



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS



**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD HABITACIONAL EN LA ZONA COSTERA  
SUR DE LA BAHÍA DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO BAJO  
ESCENARIOS DE INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR POR CAMBIO CLIMÁTICO**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

OCEANÓLOGA

PRESENTA:

CASSANDRA GUERRERO DEMESA

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. VIOLETA ZETZANGARI FERNÁNDEZ DÍAZ

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA; JUNIO DE 2024



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS  
CAMPUS ENSENADA



**“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD HABITACIONAL EN LA ZONA COSTERA  
SUR DE LA BAHÍA DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO BAJO  
ESCENARIOS DE INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR POR CAMBIO CLIMÁTICO”**

TESIS

PARA CUBRIR LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
OCEANÓLOGO

PRESENTA:

**Cassandra Guerrero Demesa  
354553**

A quien el comité de Tesis autoriza el trabajo terminal, después de haber efectuado una revisión minuciosa del mismo y de acuerdo con el Art. 19 del R.G.E.P.E.P., las y los señores profesores emiten los siguientes votos aprobatorios mediante rubrica:

  
**Dra. Violeta Zetzangari Fernández Díaz  
DIRECTORA**

  
**Dra. Rosa María Carmona Enríquez  
SECRETARIA**

  
**Dra. Karla Gabriela Mejía Piña  
SINODAL**

  
**Dra. Gabriela De Jesús Arreguín Rodríguez  
SINODAL**

**“Por la Realización Plena del Ser”**

C.c.p.- Archivo  
C.c.p.- Minutario

**COMITÉ ASIGNADO:**

Directora: DRA. VIOLETA ZETZANGARI FERNÁNDEZ DÍAZ

Sinodal: DRA. GABRIELA DE JESÚS ARREGUÍN RODRÍGUEZ

Sinodal: DRA. KARLA GABRIELA MEJÍA PIÑA

Secretario: DRA. ROSA MARÍA CARMONA ENRÍQUEZ

Lugar donde se realizó la tesis:

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS, UABC; ENSENADA, BAJA CALIFORNIA,  
MÉXICO

**TUTORA DE TESIS:**

DRA. VIOLETA ZETZANGARI FERNÁNDEZ DÍAZ



---

FIRMA

*A mí abuelito Abel*

## **Agradecimientos**

A mi directora la Dra. Violeta Fernández por su invaluable instrucción, por su tiempo, el apoyo y orientación, los consejos, las oportunidades, por impulsarme, por toda la paciencia, pero sobre todo por su disposición de querer compartir su conocimiento conmigo, muchas gracias, profesora Violeta.

A mis sinodales, por sus enseñanzas, sus aportaciones, consejos, comentarios y observaciones para la elaboración de esta tesis; gracias profes, mi profunda admiración.

A mis padres, Lalala y Chenko, por ser mis guías y brindarme las herramientas que me han ayudado a lograr mis metas.

A Andrés, por cada palabra de aliento cuando más las necesitaba, por inspirarme y siempre confiar en mí. Tu apoyo y ejemplo ha sido mi ancla en las tormentas académicas.

A mis amigos y compañeros, su amistad y los buenos momentos hicieron más amena esta aventura.

A Makki y Osi, compañeros incondicionales.

## RESUMEN

En las últimas décadas, el interés por la evaluación del riesgo de inundación en zonas costeras debido al incremento del nivel del mar y la expansión de las actividades humanas en la costa ha aumentado de manera significativa. En este trabajo se presentan los resultados de una evaluación de vulnerabilidad habitacional por riesgo de inundación y el costo aproximado por daño al menaje bajo dos escenarios de aumento del nivel del mar (1 m, 2 m) para finales de siglo en la zona costera sur de la Bahía de Ensenada, Baja California, México. Para evaluar la vulnerabilidad, se aplicaron dos metodologías las cuales utilizan información a nivel manzana del tipo de vivienda y la Población Económicamente Activa (PEA). Esta información se obtuvo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) seleccionando las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) y permitió tener una aproximación del costo por daño al menaje de las viviendas con base en la vulnerabilidad. Para evaluar el peligro, se tomaron los mapas de peligro de inundación por incremento del nivel del mar generados en trabajos previos. La evaluación del riesgo se realizó en función de un criterio que combina el peligro y la vulnerabilidad, y permite obtener el porcentaje de daño causado al menaje de las viviendas. Se utilizaron herramientas de geoprocésamiento para generar mapas de vulnerabilidad y riesgo de inundación. Los resultados muestran que la franja costera de Playa Corona, Nueva España, Mona Lisa, El Faro y la costa más estrecha de la barra de arena del Estero de Punta Banda poseen un nivel medio y alto, con costos aproximados por daño al menaje de \$50,000 a \$150,000 pesos.

**Palabras clave:** Vulnerabilidad habitacional, pérdida de menaje, incremento del nivel del mar, cambio climático.

## Índice

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. ANTECEDENTES.....</b>	<b>3</b>
2.1 <i>Cambio climático y aumento del nivel medio del mar.....</i>	3
2.2 <i>El aumento del nivel medio del mar y las costas.....</i>	4
2.3 <i>Aumento del nivel medio del mar en México.....</i>	6
2.4 <i>La vulnerabilidad como una componente básica del riesgo.....</i>	7
<b>3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>9</b>
<b>4. HIPÓTESIS.....</b>	<b>12</b>
<b>5. OBJETIVOS.....</b>	<b>13</b>
5.1 <i>Objetivo general.....</i>	13
5.2 <i>Objetivos particulares.....</i>	13
<b>6. METODOLOGÍA.....</b>	<b>13</b>
6.1 <i>Caracterización por uso de suelo de la franja costera de Ensenada.....</i>	13
6.2 <i>Peligro de inundación por aumento del nivel medio del mar.....</i>	14
6.3 <i>Evaluación de la vulnerabilidad habitacional.....</i>	15
6.4 <i>Evaluación del riesgo por inundación y aproximación al costo por pérdida de menaje.....</i>	18
<b>7. RESULTADOS.....</b>	<b>19</b>
7.1 <i>Usos de suelo en la franja sur de la Bahía de Ensenada.....</i>	19
7.2 <i>Peligro de inundación por aumento del nivel medio del mar.....</i>	20
7.3 <i>Evaluación de la vulnerabilidad habitacional.....</i>	21
7.4 <i>Evaluación del riesgo por inundación y aproximación al costo por pérdida de menaje.....</i>	24
<b>8. DISCUSIÓN.....</b>	<b>26</b>
<b>9. CONCLUSIONES.....</b>	<b>29</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>30</b>

## Lista de figuras

**Figura 1.** Mapa de localización del área de estudio y aspectos representativos de la misma. Se resalta la playa de El Conalep (1), El Ciprés (2), Playa Corona (3), Nueva España (4), Mona Lisa (5) y El Faro (6). **11**

**Figura 2.** Mapa de usos de suelo y vegetación en la franja costera de la Bahía de Ensenada. **20**

**Figura 3.** Mapa de peligro de inundación en la zona de estudio para los tres escenarios analizados: actual (a), 1 m de aumento del nivel del mar (b) y 2 m de aumento del nivel del mar (c). **22**

**Figura 4.** Mapa de vulnerabilidad habitacional para la zona de estudio. Se establecen cuatro niveles con base en el tipo de vivienda y la PEA. **22**

**Figura 5.** Riesgo de inundación en la zona de estudio para los tres escenarios analizados. **25**

**Figura 6.** Viviendas situadas en la barra arenosa. **28**

**Lista de tablas**

**Tabla I.** Criterios establecidos para la generación de mapas de peligro por inundación. **15**

**Tabla II.** Vulnerabilidad por tipo de vivienda obtenida del análisis de información en el AGEB. **17**

**Tabla III.** Criterios de riesgo en función del peligro, vulnerabilidad y daño al menaje de las viviendas **18**

## 1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático se refiere, de manera general, a los cambios a largo plazo de las temperaturas y los patrones climáticos, en donde estos cambios pueden ser naturales, (e.g., variaciones del ciclo solar) o antrópicos (e.g., emisiones del CO<sub>2</sub>). De hecho, desde el siglo XIX las actividades humanas han sido el motor principal de los cambios en el clima, debido principalmente a la quema de combustibles fósiles (e.g., carbón, petróleo, gas) (Naciones Unidas, sf). El aumento de la temperatura media mundial resultante del cambio climático se manifiesta en la modificación de diversos patrones y procesos que ocurren paulatinamente (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2012). Sin embargo, el cambio climático no representa únicamente un aumento en la temperatura global, ya que la Tierra es un sistema y todo en ella está conectado; las variaciones en la temperatura son solo un factor que provoca una cascada de efectos y cambios que pueden repercutir de diferentes formas en diferentes regiones y a diferentes escalas (Bárcena *et al.*, 2020). Dentro de los efectos adversos se incluyen sequías intensas y prolongadas, escasez de agua, incendios, derretimiento de los glaciares, aumento del nivel medio del mar (NMM), tormentas más severas que influyen los patrones de oleaje en las costas, inundaciones, disminución de la biodiversidad, entre otros (Bárcena *et al.*, 2020; Naciones Unidas, sf).

En el informe *Un nuevo clima para la paz: tomando medidas sobre los riesgos climáticos y de fragilidad* (Rüttinger *et al.*, 2015), elaborado por miembros del grupo de naciones del Grupo de los Siete (G7), se identifican y describen siete riesgos de “fragilidad climática” que representan serias amenazas para la estabilidad global en las próximas décadas. Uno de los riesgos identificados es el aumento del NMM, el cual es inequívoco, progresivo y de los más preocupantes y mayormente difundidos en el mundo (Kopp *et al.*, 2019; Nicholls, 2002). Las proyecciones de aumento del NMM establecidas en el 6<sup>to</sup> Reporte de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático ((Intergovernmental Panel on Climate

Change [IPCC], 2021) por sus siglas en inglés) establecen que para el año 2100 el NMM podría subir entre un metro y 7.5 metros para el año 2300, derivado del continuo calentamiento de los océanos y el derretimiento de los glaciares. Sin embargo, los cambios en el NMM no dependen únicamente de factores climáticos globales, también están dados por procesos regionales y locales que generan un cambio en el volumen de la cuenca oceánica, influenciados por diversos eventos como huracanes, tormentas tropicales, cambios de presión atmosférica, reajuste isostático, ondas atrapadas a la costa, corrientes costeras, mareas, movimientos verticales de la corteza terrestre, orogenia, subsidencia, entre otros (Rivas, 2000; Zavala-Hidalgo *et al.*, 2010).

En este contexto de cambio climático, el aumento del NMM toma especial interés si consideramos que cerca del 10% de la población mundial habita en zonas costeras, situadas en cotas topográficas <10 m sobre el NMM actual. Además, el 40% de la población mundial reside a menos de 100 km de distancia de la costa (Desarrollo de los Recursos Hídricos [WWDR], 2019 por sus siglas en inglés). La acelerada ocupación de las costas que se prevé para las próximas décadas y la deficiente gestión de los litorales, convierte a las zonas costeras bajas en un foco vulnerable ante inundaciones de origen marino (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático [UNFCCC], 2001 por sus siglas en inglés). Esto representa, una amenaza para la viabilidad económica y física de estos espacios, ya que los recursos costeros podrían perderse gradualmente, ocasionando pérdidas económicas relevantes y conduciendo a un desequilibrio social, al desplazamiento y la migración humana, así como a desacuerdos sobre las fronteras marítimas y los recursos oceánicos (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [UNEP], 2019 por sus siglas en inglés).

En las últimas décadas el interés por la evaluación del riesgo de inundación en zonas costeras, producto del aumento del NMM y la expansión de las actividades humanas en la costa, ha incrementado significativamente. Esto como consecuencia de lo mencionado anteriormente, así como la falta de identificación de las potenciales zonas en riesgo de inundación y los bienes expuestos, considerando un componente

fundamental del manejo costero y el desarrollo de planes de acción y atención de emergencias.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de la evaluación de la vulnerabilidad habitacional para la zona costera sur de la Bahía de Ensenada, así como una aproximación al costo por pérdida de menaje para las viviendas que en ella se localizan. El menaje de casa se considera como aquel constituido por mercancías usadas que comprenden el ajuar y bienes muebles de una casa que sirvan exclusiva y propiamente para el uso y trato ordinario de una familia, tal como ropa, libros, muebles y aparatos electrónicos (Secretaría de Relaciones Exteriores, 2023).

Es importante mencionar que, debido a que este trabajo forma parte de una evaluación más compleja (evaluación del riesgo de inundación asociado al incremento del nivel del mar y eventos extremos en la zona costera de Ensenada, Baja California, México) en donde además de la vulnerabilidad, se evaluó el riesgo de inundación costera bajo escenarios de peligro de aumento del nivel del mar y eventos críticos de oleaje, se presentan también los resultados obtenidos de dicha evaluación, los cuales complementan los resultados de vulnerabilidad y permiten tener un mejor entendimiento de este trabajo de tesis.

## **2. ANTECEDENTES**

### *2.1 Cambio climático y aumento del nivel medio del mar*

*“Un aumento en el nivel del mar debido al cambio climático podría incidir significativamente en las zonas costeras del mundo” - IPCC, 1990.*

La quema de combustibles fósiles genera emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) (e.g., CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>), los cuales retienen la energía infrarroja que genera la Tierra, atrapando el calor del sol en la atmósfera y elevando la temperatura terrestre. A este fenómeno se le denomina efecto invernadero, y las consecuencias asociadas a él repercuten en los diversos entornos terrestres (Bárcena *et al.*, 2020). Los GEI son de origen natural (e.g., vapor de agua, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, y O<sub>3</sub>) y antropogénico (e.g., vapor de agua, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, O<sub>3</sub> y SF<sub>6</sub>,

HFC's, PFC's). El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es uno de los GEI de mayor impacto (Compañía Española de Petróleos [CEPSA], 2015; Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2007). Entre los principales sectores que generan una mayor aportación de CO<sub>2</sub>, corresponden a la generación eléctrica (e.g., carbón, gas, petróleo), la industria, la agricultura, ganadería y el de uso de suelo (Naciones Unidas, sf), por lo que es inequívoco que las actividades humanas han contribuido al calentamiento del sistema climático haciendo que los cambios sean más rápidos e intensos (IPCC, 2021).

Como consecuencia del efecto invernadero, a nivel global se espera, además del ascenso de temperatura en la Tierra, los fenómenos climáticos sean extremos (e.g., sequías e inundaciones más frecuentes y de mayor intensidad) (CEPAL, 2012). De hecho, la temperatura media mundial ha aumentado 0.85 °C en un periodo de 130 años (1880 a 2012) y, se presume que las últimas tres décadas han sido progresivamente más cálidas (1983 -2019), donde probable que éste haya sido el periodo de mayor temperatura en los últimos 1.400 ka (Bárcena *et al.*, 2020). Como resultado, los mantos de hielo en Groenlandia y la Antártida han decrecido, la mayoría de los glaciares han retrocedido y el hielo en el Ártico se ha reducido significativamente (Bárcena *et al.*, 2020).

En 2012, la CEPAL declaró que el NMM subió 0.19 m en el periodo de 1901-2010, y que, en la actualidad el alza es de aproximadamente 3 mm a<sup>-1</sup>. De acuerdo con los reportes del IPCC (2013, 2014, 2019, 2021), la cubierta de hielo ártico y la extensión de los glaciares continuarán disminuyendo durante las próximas décadas, por lo que el NMM seguirá en aumento a un ritmo mayor que en el periodo antes mencionado.

## *2.2 El aumento del nivel medio del mar y las costas*

A escala global, el aumento del NMM se manifiesta como una variabilidad del volumen de agua en los océanos impulsada por la expansión térmica, el deshielo de la criósfera y el intercambio entre depósitos de agua superficiales y subterráneos en el continente (Church *et al.*, 2013; IPCC, 2019). Regionalmente, el NMM está

fuertemente relacionado con la variabilidad climática de la zona, pero también con los procesos hidrodinámicos asociados al viento, la presión atmosférica y la circulación de las corrientes marinas (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2010). A escala local, el NMM puede variar por factores como la subsidencia o el levantamiento del continente, así como por la configuración de la costa y los procesos costeros cercanos al litoral (Losada, 2020; Zavala-Hidalgo *et al.*, 2010).

La zona costera es una franja situada en la transición de dos ambientes, el continente y el océano, en donde se desarrollan procesos e interacciones marinas, terrestres y atmosféricas que la moldean constantemente (Moreno-Casasola *et al.*, 2010). Esta zona está limitada por la plataforma continental en la zona marina y el primer cambio topográfico importante que se encuentre fuera del alcance del máximo oleaje de tormenta (Silva-Casín *et al.*, 2017). La costa y sus diferentes ecosistemas representan un área muy importante para la sociedad, ya que provee servicios ecosistémicos que permiten desarrollar actividades económicas (e.g., pesquería, transporte, energías limpias, turismo, recreación, uso habitacional). Además, la costa funge como una barrera natural que protege a las ciudades costeras ante el embate de fenómenos naturales extremos (Godschalk y Burns, 2019; Monzón-Bruguera, 2009; Silva-Casasol *et al.*, 2017).

El aumento del NMM es uno de los asuntos más preocupantes y mayormente difundidos en el mundo. Los impactos potencialmente adversos de la variabilidad y el cambio climático sobre las costas (Kopp *et al.*, 2016; Nicholls, 2002), el embate del oleaje y las mareas y fenómenos hidrometeorológicos extremos como los huracanes (Bárcena *et al.*, 2020), representan amenazas (peligros) naturales para las zonas costeras. Además, la alta concentración de la población mundial en la zona costera genera una presión extra sumada a las amenazas naturales, debido al desarrollo de infraestructura y la modificación de los litorales (Neumann *et al.*, 2015; Rangel-Buitrago y Posada-Posada, 2013). De manera global, se espera que continúe el crecimiento de las poblaciones costeras y la urbanización para las próximas décadas, y con ello, la exposición de la población costera, así como la infraestructura y bienes inmuebles a la variedad de peligros que se presentan en

ella, especialmente al aumento del NMM (Durand *et al.*, 2022; B. Neumann *et al.*, 2015).

### 2.3 Aumento del nivel medio del mar en México

México es el tercer país con más litoral de América, el cual se extiende a lo largo de más de 11,122 km con zonas donde se ubican centros urbanos y se desarrollan importantes actividades para la economía nacional (Vázquez-Botello, 2008). El territorio litoral mexicano representa el 61% del territorio nacional, está distribuido en 17 estados (de los 32 que tiene el país), 11 corresponden a la costa oeste en el Océano Pacífico y el Golfo de California y seis a la costa este en el Golfo de México y Mar Caribe. Éstos se conforman de 111 municipios interiores con influencia costera alta y media y 150 municipios con frente de playa, que en conjunto y hasta 2010, albergaban el 15.4% de la población total del país (17.25 millones de personas) (Azuz *et al.*, 2011).

En México, estudios previos de las tendencias de aumento del NMM muestran que éstas son similares a las tendencias globales (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2010). Resultados de Zavala-Hidalgo *et al.*, (2010) derivados de análisis de datos del NMM tomados por mareógrafos del Servicio Mareográfico Nacional (SMN) localizados en 16 sitios de las costas mexicanas, establecen que: 1) en el Golfo de México, las tendencias de aumento son positivas, resultando Ciudad Madero (Tamaulipas) con el mayor incremento de hasta  $9.2 \pm 5.1 \text{ mm a}^{-1}$  y el menor para Alvarado (Veracruz) con  $1.8 \pm 2.3 \text{ mm a}^{-1}$ ; 2) las costas del Pacífico sobresale Acapulco por presentar una serie con una tendencia de aumento negativa de  $1.4 \pm 3.2 \text{ mm a}^{-1}$  y Guaymas con la serie con mayor tendencia de  $4.2 \pm 1.7 \text{ mm a}^{-1}$  en la región. Para Baja California, Ensenada presenta una tendencia positiva de  $2.7 \pm 1.7 \text{ mm a}^{-1}$ . Sin embargo, a pesar de contar con estos resultados, uno de los principales problemas es que las estaciones mareográficas cuentan con registros del NMM discontinuos y poco robustos, que no obedecen a una tendencia estadísticamente significativa, lo que impide establecer proyecciones de aumento del NMM confiables para las costas del país (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2010). Derivado de esta escasez de datos confiables, es que comúnmente se opta por utilizar escenarios globales de aumento

del NMM establecidos por grupos internacionales como el IPCC para llevar a cabo evaluaciones del riesgo de inundación partiendo del peligro y la vulnerabilidad como componentes básicos del riesgo. De hecho, México es uno de los países de Latinoamérica con la mayor porción de costa baja expuesta, lo que lo hace especialmente vulnerable al aumento del NMM y a los impactos ecológicos y socioeconómicos asociados (Fernández-Díaz *et al.*, 2022; Lithgow *et al.*, 2017; Romero *et al.*, 2012; Silva-Casarín *et al.*, 2014).

#### *2.4 La vulnerabilidad como una componente básica del riesgo*

Las inundaciones costeras son de los peligros naturales más comunes y mayormente distribuidos en el mundo para la vida y la propiedad. Un peligro representa una probabilidad (i.e., riesgo) de sufrir pérdidas o daños (Balica, 2012; Nicholls *et al.*, 1999). Evaluar el riesgo por inundación como resultado del aumento en el NMM es un problema complejo, debido a la gran variabilidad espacial de la dinámica costera, la gama de variables que participan (e.g., batimetría, oleaje, corrientes, mareas, erosión) y su estado cambiante antes dichas variables (Balica, 2012; McInnes *et al.*, 2003; Nicholls y Lowe, 2004; Villatoro *et al.*, 2014). Como resultado de esta complejidad, las evaluaciones del riesgo se han desarrollado bajo distintas perspectivas (e.g., ciencias naturales y exactas, ciencias sociales), utilizando métodos que mejor se adapten a su contexto, ya que no existe una metodología universal establecida o un marco conceptual que permita analizar cualquier tipo de riesgo en cualquier lugar (Carmona-Enríquez, 2013). En este sentido, cuando se habla de riesgo se debe hablar de qué o quién es vulnerable y ante cuál peligro (natural o antrópico) se es vulnerable, así como el riesgo resultante al relacionar ambas componentes.

El concepto de vulnerabilidad puede abordarse desde diferentes enfoques, ya que se han establecido definiciones según el contexto en donde se evalúe (Roberts *et al.*, 2009; United Nations Disaster Relief Co-ordinator [UNDRO], 1979; Wilches-Chaux, 1993). Por ejemplo, un enfoque de las ciencias naturales y exactas la vulnerabilidad se define como vulnerabilidad física, asociada principalmente a la pérdida y a los impactos en el medio físico debido a un peligro (Cardona-Arboleda,

2001). Desde las ciencias sociales, se asume que la vulnerabilidad no solo consiste en un daño físico, si no también consideran la capacidad de la sociedad para enfrentar, responder y adaptarse a cualquier amenaza (Cardona-Arboleda, 2001; Roberts *et al.*, 2009; Rodríguez-Esteves, 2007; Wilches-Chaux, 1993). Independientemente del contexto sobre el que se trabaje, la combinación de los peligros y la vulnerabilidad dan como resultado el riesgo para una zona en específico (Dassanayake *et al.*, 2012; Nicholls *et al.*, 2015). Cuando una zona costera se ve afectada por un fenómeno de una intensidad determinada, la población, los ecosistemas, las infraestructuras, los servicios y/o las actividades económicas también se ven afectadas. Es entonces que la vulnerabilidad es una manera de cuantificar los daños, puesto que se refiere a la capacidad que tienen las regiones o zonas de anticiparse, enfrentarse, resistir y recuperarse del impacto producido por un fenómeno perturbador. La vulnerabilidad está constituida por múltiples factores institucionales, económicos y socioculturales (IPCC, 2014; Rodríguez-Velázquez, 2015).

La vulnerabilidad de una zona costera ante el aumento del NMM varía según las características morfológicas de la costa, el tamaño de la población y cantidad de desarrollo, la capacidad de respuesta de la planificación del uso de la tierra y la infraestructura a nivel local (Carmona-Enríquez, 2013). Las afectaciones cambiarán de acuerdo con la ubicación y dependen de diferentes factores biofísicos y socioeconómicos, incluyendo la respuesta humana (Neumann *et al.*, 2000). Para estudiar la vulnerabilidad ante los impactos asociados al cambio climático es necesario entender no sólo la exposición al riesgo de la población, sino también a la naturaleza e interrelación con los medios que la conforman, las características sociodemográficas de la población, niveles de marginación, exclusión económica y social, de igual manera las percepciones de la propia población con respecto a la problemática climática (Ferrera-Bergues *et al.*, 2020). Por ejemplo, la pérdida de operatividad y seguridad en los puertos, así como los daños a la infraestructura representa costos económicos, sociales y ambientales (i.e., se debe reevaluar la funcionalidad de las infraestructuras dañadas). Los impactos derivados del cambio climático en los ecosistemas costeros se dan en un contexto de vulnerabilidad

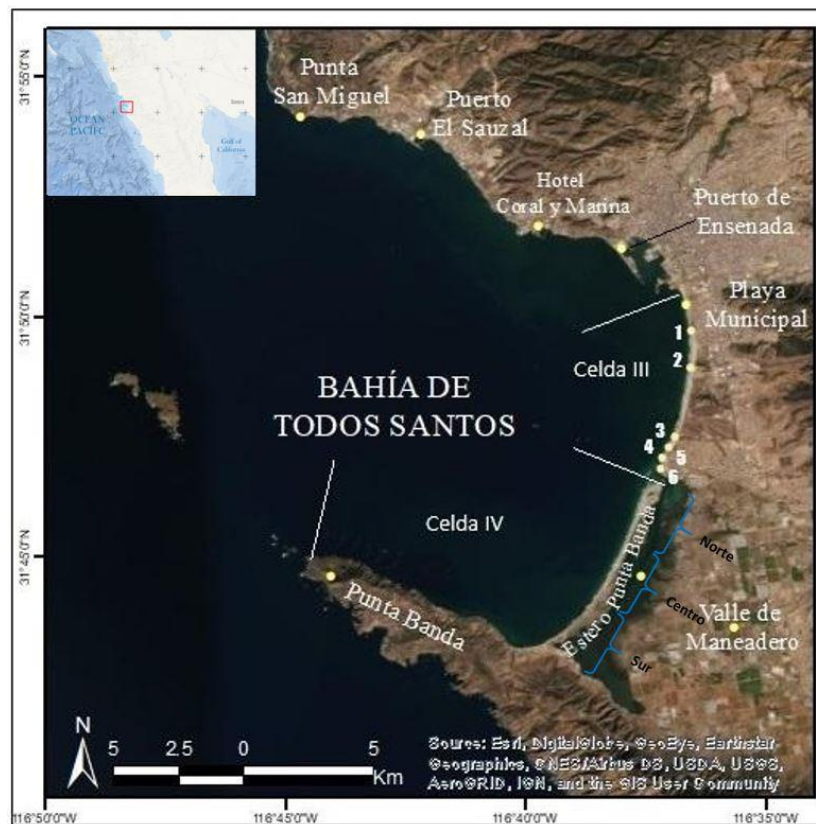
preexistente, fruto de las actividades humanas que se desarrollan en el entorno, como lo es el turismo, la expansión urbana no planificada, etcétera (Bárcena *et al.*, 2020). Por otro lado, evaluar la vulnerabilidad por tipo habitacional permite establecer costos por pérdida de menaje de una casa habitación según las condiciones socioeconómicas de sus habitantes y con ello, entender de manera muy general, las necesidades más inmediatas de protección para las comunidades (Bamber *et al.*, 2019).

En las últimas décadas, el interés por la evaluación de la vulnerabilidad y riesgo de inundación en los litorales producto del incremento en la magnitud de los peligros naturales y la expansión de las actividades humanas en la costa ha aumentado de manera significativa. Evaluar la vulnerabilidad habitacional en la costa es primordial en estudios de riesgo de inundación enfocados en identificar áreas propensas a sufrir daños socioeconómicos. La vulnerabilidad es una variable que se presenta de manera desigual según grupos sociales, actividades productivas o territorios y permite sentar bases para el desarrollo de un plan de adaptación ante el cambio climático (Rangel-Buitrago y Posada-Posada, 2013).

### **3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

Ensenada es el segundo municipio más extenso del país con un área de ~20,017.096 km<sup>2</sup> que representan el 27.23% de la superficie del territorio estatal (Comité de Planeación para el Desarrollo Municipal de Ensenada [COPLADEM], 2021). Dentro de este municipio se encuentra la Bahía de Todos Santos (BTS) también conocida como Bahía de Ensenada (31° 40' – 31° 56' N y 116° 36' – 116° 50' O), localizada sobre la costa noroeste de la Península de Baja California a 111 km al sur de la frontera entre México y Estados Unidos (Figura 1). La BTS posee una heterogeneidad muy marcada de los elementos costeros naturales que la componen, tiene como límites fisiográficos Punta San Miguel (al norte), la Península de Punta Banda (al sur), las Islas de Todos Santos (al este) y la ciudad de Ensenada (al oeste). Ensenada se encuentra rodeada por una serie de lomeríos y gran parte de la mancha urbana se sitúa sobre planicies costeras y aluviales (Bojórquez *et al.*,

2009). En la BTS se localizan los puertos de Ensenada y El Sauzal, así como una marina que pertenece al Hotel Coral y Marina. Tomando como referencia las características geomorfológicas (Punta San Miguel, Punta Morro, Puerto de Ensenada, Estero de Punta Banda, península de Punta Banda) y los procesos costeros (e.g., erosión y sedimentación) que se presentan en la Bahía de Ensenada, ésta se divide en cuatro celdas litorales (celda I: desde Punta San Miguel hasta Punta Morro; celda II: desde Punta Morro hasta el Puerto de Ensenada; celda III: desde el espigón El Gallo hasta la boca del Estero de Punta Banda; celda IV: desde la boca del Estero de Punta Banda hasta la punta de la península de Punta Banda) que utilizan como criterio principal las características geomorfológicas y procesos costeros dentro de ellas (Cruz-Colín, 1994). En donde la zona de estudio corresponde a las celdas III y IV (Figura 1) las cuales se caracterizan por poseer cotas topográficas bajas y asentamientos habitacionales.



**Figura 1.** Mapa de localización del área de estudio y aspectos representativos de la misma. Se resalta la playa de El Conalep (1), El Ciprés (2), Playa Corona (3), Nueva España (4), Mona Lisa (5) y El Faro (6).

La celda litoral III tiene una extensión de ~7.5 km de playa entre las que destacan playa Municipal, El CONALEP (1), El Ciprés (2), playa Corona (3), Nueva España (4), Mona Lisa (5) y El Faro (6), por ser las más conocidas entre los locales. Las playas localizadas en la celda litoral III se caracterizan por ser arenosas, están alimentadas por material sedimentario de arroyos adyacentes y la dirección del transporte litoral proviene del norte de la bahía. En su mayoría, las playas se encuentran limitadas por dunas bajas que son más predominantes en la zona del Ciprés y la barra del Estero de Punta Banda (EPB) (Martínez-Rocha, 1991; Secretaría de Marina, 1974). La celda litoral IV comienza en la boca del EPB y abarca hasta la punta de la Península de Punta Banda con una extensión de ~16 km, sus aportes sedimentarios son principalmente los cantiles de la misma península. En esta celda, los procesos erosivos y deposicionales se encuentran en proporción equilibrada dada la erosión de los cantiles y la acreción en la barra del EPB (Administración Portuaria Integral de Ensenada [API-Ensenada], 2010).

Ecológicamente, el EPB, está designado como zona de preservación ecológica en el Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Ensenada de 1995 (PDUCP-Ensenada) (Ayuntamiento del Municipio de Ensenada, 1995) y reconocido como sitio Ramsar (humedal de importancia internacional) por la convención RAMSAR (2006). El EPB cubre una superficie de 20 km<sup>2</sup>, de los cuales una cuarta parte corresponde a una barra de arena de 7 km de largo por 0.5 km de ancho, caracterizada por playas con pendientes suaves y dunas bajas. Esta área es zona de refugio de diversas especies de flora y fauna y, en las últimas décadas, su valor social y cultural ha ido aumentando debido a su uso turístico (Bojórquez *et al.*, 2009). Desde la década de 1980, la barra arenosa del EPB ha sido afectada principalmente por el cambio de uso de suelo a causa de proyectos de ampliación del desarrollo habitacional. En la actualidad, la tenencia de tierra y régimen de propiedad en la barra de arena son de tipo privado con 11 propietarios en una franja habitacional que se extiende por gran parte de la barra de frente al mar, que colinda con el Valle agrícola de Maneadero (Martínez-Ríos Del Río, 2005).

Desde un aspecto socioeconómico, la zona de estudio cuenta con un valle agrícola de gran relevancia, infraestructura comercial, social, turística y habitacional. Las playas son principalmente de uso recreativo y ofrecen un atractivo visual por su paisaje, siendo ésta una causa para el desarrollo de áreas de viviendas residenciales y centros turísticos (Bojórquez *et al.*, 2009). La Playa Municipal y el resto de la franja costera sur, también representan un espacio preferible para llevar a cabo actividades turístico-recreativas, económicas y el asentamiento de la población, buscando el acceso a los mejores servicios, equipamientos e infraestructuras (Bojórquez *et al.*, 2009). La ciudad de Ensenada concentra a poco más del 60% de la población del municipio, y en ella se ha registrado un rápido crecimiento en el desarrollo de viviendas dada su alta demanda (IMIP-Ensenada, 2009). No obstante, el COPLADEM (2021), presenta datos de la población total del municipio de Ensenada, en el año 2010 era de 446,816 habitantes y para el año 2020 disminuyó a 443,807 habitantes, por lo que la tasa de crecimiento anual en la última década fue de -0.5.

Existe un Atlas de Riesgos Naturales desarrollado por la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) y el Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO) en el 2012. En este Atlas se establecen zonas propensas a inundación de origen pluvial y fluvial. Sin embargo, no existe información local sobre los sitios propensos a inundación de origen marino y vulnerabilidad habitacional. En este sentido, los estudios más recientes que se han realizado asociados a inundaciones costeras por variaciones del NMM en Ensenada se han enfocado en: 1) utilizar metodologías estáticas y análisis de vulnerabilidad, peligro y riesgo (Carmona-Enríquez, 2013); 2) el uso de modelos numéricos para evaluar el peligro de inundación y la identificación de zonas propensas a sufrir daños bajo escenarios extremos de oleaje (Fernández-Díaz *et al.*, 2018); y 3) aproximaciones de escala nacional para identificar zonas propensas a inundarse bajo escenarios de aumento del NMM futuros y valuaciones económicas por pérdida de servicios ecosistémicos (Fernández-Díaz *et al.*, 2022).

## 4. HIPÓTESIS

La franja costera de Playa Corona, Nueva España, Mona Lisa y El Faro posee la mayor vulnerabilidad habitacional de la franja sur de la Bahía de Ensenada ante el aumento del nivel medio del mar por el cambio climático.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1 *Objetivo general*

Evaluar la vulnerabilidad habitacional y establecer una aproximación al costo por pérdida de menaje para las viviendas localizadas en la franja costera sur de la Bahía de Ensenada, Baja California, México; considerando el riesgo de inundación bajo dos escenarios de aumento del nivel medio del mar (1 m, 2 m) y eventos críticos de oleaje.

### 5.2 *Objetivos particulares*

1. Identificar los principales usos de suelo mediante una caracterización de la zona de estudio.
2. Evaluar la vulnerabilidad por tipo de vivienda (mediante los indicadores: tipo de vivienda y población económicamente activa, derivada del peligro de inundación por aumento del nivel medio del mar; y establecer el nivel de vulnerabilidad habitacional (bajo, medio, alto) para la franja litoral del área de estudio.
3. Evaluar el nivel de peligro de inundación tomando como base los resultados de Fernández-Díaz *et al.*, (2018).
4. Evaluar el nivel de riesgo por inundación y establecer una aproximación al costo por pérdida de menaje asociando la vulnerabilidad habitacional y el peligro de inundación costera.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1 *Caracterización por uso de suelo de la franja costera de Ensenada*

Utilizando herramientas de geoprocésamiento, se llevó a cabo el análisis de bases de datos del Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación de la

Serie VI (2016) obtenida del Portal de Geoinformación de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Adicionalmente, se utilizaron datos vectoriales del Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Ensenada (IMIP-Ensenada) y la carta urbana propuesta en el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Ensenada (PDUCP-Ensenada) (Bojórquez *et al.*, 2009). Los datos obtenidos fueron contrastados con el objetivo de corroborar que el uso de suelo en las bases de datos corresponda con la realidad y se generó un mapa de los principales usos de suelo de la franja costera de Ensenada.

### *6.2 Peligro de inundación por aumento del nivel medio del mar*

Se aplicó el criterio de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias de los Estados Unidos (Federal Emergency Management Agency [FEMA] 2009, por sus siglas en inglés) para la generación de mapas de peligro, en el que se relacionan el tirante máximo ( $h$ ; m) con la velocidad máxima del agua ( $v$ ;  $m\ s^{-1}$ ) para establecer el volcamiento, el cual resulta de multiplicar el tirante máximo por la velocidad del agua. Para ello, se tomó como referencia los resultados de inundación costera reportados por Fernández-Díaz *et al.* (2018) obtenidos mediante modelaciones numéricas en la Bahía de Ensenada para escenarios de inundación que consideran: a) eventos de oleaje crítico, b) pleamar máxima y c) dos proyecciones de aumento del NMM para finales de siglo de 1 m y 2 m, tomados del Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California (PEACC-BC) (Cavazos *et al.*, 2012). En dicho criterio (FEMA, 2009) se establecen cuatro niveles de peligro, los cuales se describen en la tabla I.

**Tabla I.** Criterios establecidos para la generación de mapas de peligro por inundación (modificado del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA, 2015) en (Alcocer-Yamanaka *et al.*, 2016).

Nivel de peligro	Altura (m)	Volcamiento (m <sup>2</sup> /s)	Interpretación
Nulo	$h < 0.3$	$vh < 0.3$	No hay afectaciones de ningún tipo
Bajo	$0.3 \geq h < 0.5$	$0.3 \geq vh < 0.5$	No hay afectaciones a la población, pero puede haber daños ligeros a la infraestructura habitacional y menaje
Medio	$0.5 \geq h < 1.5$	$0.5 \geq v h < 1.5$	Puede haber daños a la integridad de las personas y afectaciones considerables a la infraestructura habitacional y menaje
Alto	$h \geq 1.5$	$h \geq 1.5$	La vida de las personas puede estar amenazada, el costo por pérdida de menaje es considerable y la infraestructura habitacional puede tener fallas estructurales

Con base en los criterios de la tabla I y los resultados obtenidos por Fernández-Díaz *et al.*, (2018), se generó un mapa de peligro para la zona de estudio mediante herramientas de procesamiento. En el mapa obtenido se establecieron los niveles de peligro para el escenario actual y los dos escenarios de NMM del mar (1 m y 2 m) proyectados para finales de siglo.

### 6.3 Evaluación de la vulnerabilidad habitacional

Es importante mencionar que para este trabajo, el cálculo de la vulnerabilidad está limitado a los daños directos que puede sufrir la infraestructura habitacional y el menaje, además no se consideran daños indirectos (e.g., psicológicos, pérdida de trabajo, pérdida de vidas humanas). Se consultaron los datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE, 2010) y del Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI para obtener información de las viviendas que se sitúan en el área de estudio para las Área Geoestadística Base (AGEB) y a nivel manzana. Esta información permitió caracterizar las viviendas y el nivel

socioeconómico de la población que ahí habita. Para caracterizar las viviendas se relacionaron el número de cuartos (habitaciones) que tiene cada una, la Población Económicamente Activa (PEA) y el número total de viviendas en la zona de estudio, ya que para clasificar el tipo de vulnerabilidad de las casas a nivel manzana, se requiere aplicar el indicador establecido por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2007), el cual clasifica la vulnerabilidad habitacional en cuatro tipos de viviendas:

$$\text{Tipo I} = \frac{\text{Viviendas de un solo cuarto}}{\text{Viviendas totales en la manzana}}$$

$$\text{Tipo II} = \frac{\text{Viviendas con dos cuartos}}{\text{Viviendas totales en la manzana}}$$

$$\text{Tipo III} = \frac{\text{Viviendas con tres o más cuartos}}{\text{Viviendas totales en la manzana}} \text{ y } PEA \leq 0.4$$

$$\text{Tipo IV} = \frac{\text{Viviendas con tres o más cuartos}}{\text{Viviendas totales en la manzana}} \text{ y } PEA > 0.4$$

En la tabla II se muestra una descripción de los tipos de vivienda, la clasificación de la vulnerabilidad y el nivel de vulnerabilidad correspondiente, así como el costo por la pérdida del menaje asociado. La información fue geoprocesada utilizando diversas capas y archivos que conformaron un Sistema de Información Geográfica (SIG), y a partir de éste, se generó un mapa de nivel de vulnerabilidad habitacional para la zona de estudio.

**Tabla II.** Vulnerabilidad por tipo de vivienda obtenida del análisis de información en el AGEB (IMTA, 2015 en Alcocer-Yamanaka *et al.*, 2016).

<b>Tipo de viviendas en la manzana</b>	<b>Clasificación de vulnerabilidad de viviendas (CENAPRED, 2007)</b>	<b>Nivel de vulnerabilidad</b>	<b>Costo del menaje</b>
Tipo I	Corresponde a los hogares más humildes, por lo general con un cuarto multifuncional, construido con material poco resistente, el daño estructural de la casa es mínimo pero la pérdida puede ser total.	Alta	\$12,500.00
Tipo II	Corresponde a hogares que pueden ser clasificados como de clase baja, construida con material de la zona y poca estructura, casas con dos habitaciones	Media	\$50,000.00
Tipo III	Se identifica como típica de la clase media, algunas veces similares a las de tipo II, pero con techo más resistente hasta equiparadas como una vivienda de interés social, corresponde a casa de familia con integrantes profesionales que ejercen una carrera y que vive sin complicaciones económicas, con tres cuartos o más pero un valor de PEA menor a 0.4 y que excluya a las viviendas tipo I y II.	Baja	Menaje para casa de dos pisos: \$150,500.00 se debe considerar solo el 50% (daños en el primer piso).
Tipo IV	Corresponde a casas residenciales, construidas con acabados y elementos decorativos que aumentan el valor de menaje, es decir, incrementa el valor de pérdida y daños a estructuras y artículos de buena calidad y con muchos elementos de comodidad. Este tipo de hogares se integran en general por profesionales que ejercen una carrera y que viven sin complicaciones económicas, similar a las viviendas de tipo III, pero con una PEA de valores mayores a 0.4.	Muy baja	Menaje para casa de dos pisos: \$300,000.00 se debe considerar solo el 50% (daños en el primer piso).

#### 6.4 Evaluación del riesgo por inundación y aproximación al costo por pérdida de menaje

Tomando como base los resultados obtenidos del análisis de peligro de inundación y la evaluación de la vulnerabilidad habitacional por tipo de vivienda, se realizó una evaluación del riesgo de inundación considerando un escenario actual y dos escenarios proyectados de aumento del NMM para finales de siglo de 1 m y 2 m para el año 2100 (Cavazos *et al.*, 2012). La combinación de estos resultados permite calcular y obtener el mapa de riesgo de inundación y el porcentaje de daño causado al menaje de las viviendas. El proceso para la construcción de este mapa de riesgo se llevó a cabo mediante un análisis matricial y un criterio de riesgo que se definió a partir de lo descrito por el IMTA (2015), en donde se establecen cuatro rangos de riesgo y el porcentaje de daño asociado al menaje (Tabla III).

**Tabla III.** Criterios de riesgo en función del peligro, vulnerabilidad y daño al menaje de las viviendas (IMTA, 2015)\*.

Vulnerabilidad por tipo de vivienda	Nivel de peligro			
	Nulo	Bajo	Medio	Alto
<b>Muy baja (Tipo IV)</b>	RN (0%)	RN (0%)	RB (10%)	RM (50%)
<b>Baja (Tipo III)</b>	RN (0%)	RB (10%)	RM (50%)	RA (100%)
<b>Media (Tipo II)</b>	RN (0%)	RB (10%)	RM (50%)	RA (100%)
<b>Alta (Tipo I)</b>	RN (0%)	RM (50%)	RA (100%)	RA (100%)

\*RN = riesgo nulo, RB = riesgo bajo, RM = riesgo medio, RA = riesgo alto.

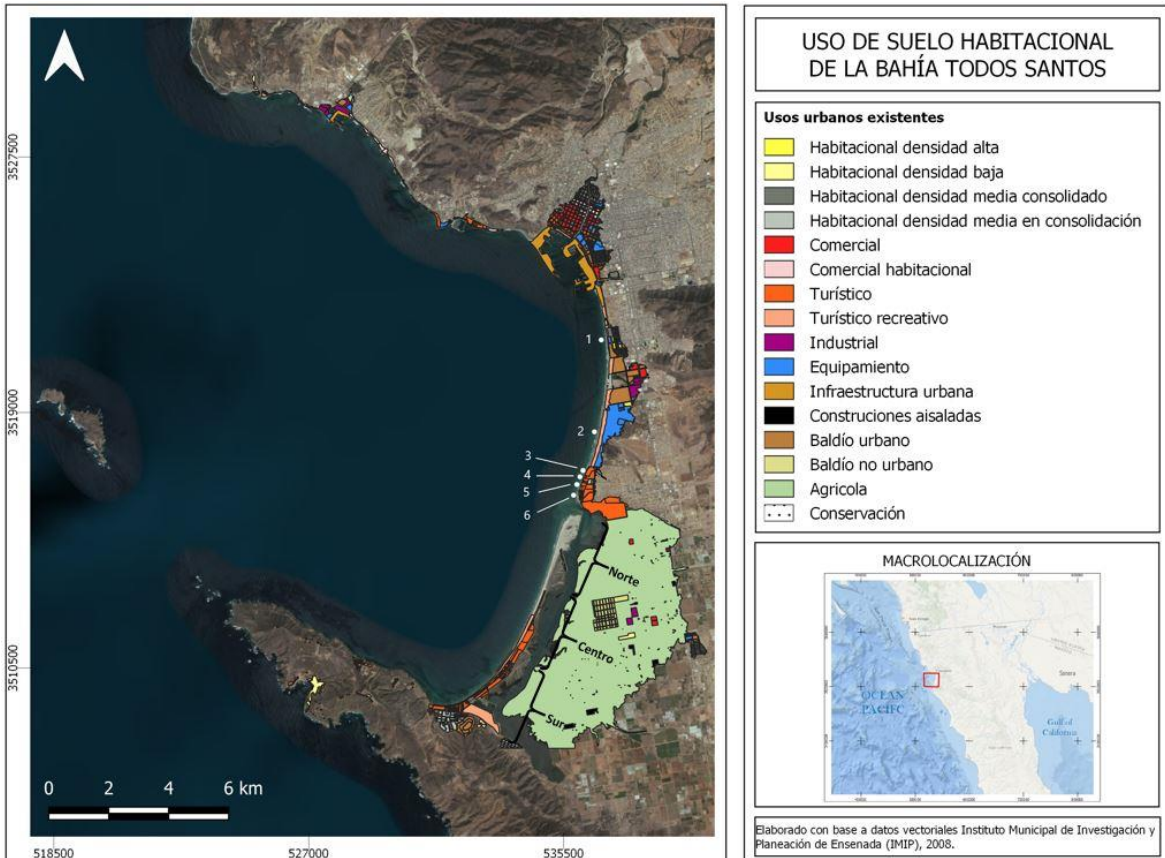
De acuerdo con la tabla III, los riesgos se definen como:

- (a) *Riesgo nulo*, se define para las zonas en donde el peligro resulta nulo o para la vulnerabilidad muy baja y peligro bajo.
- (b) *Riesgo bajo*, son aquellas zonas en donde se presenta peligro bajo y vulnerabilidad baja o media, o peligro medio y vulnerabilidad muy baja. Para este nivel de riesgo se considera que la pérdida del menaje de la vivienda será del 10%.
- (c) *Riesgo medio*, es cuando el peligro es bajo y la vulnerabilidad alta; el peligro medio y la vulnerabilidad baja o media; peligro alto vulnerabilidad muy baja. La pérdida del costo del menaje es de 50%.
- (d) *Riesgo alto*, cuando el peligro es medio y la vulnerabilidad alta; peligro alto y vulnerabilidad de baja a alta. La pérdida del menaje resulta de 100%.

## 7. RESULTADOS

### 7.1 Usos de suelo en la franja sur de la Bahía de Ensenada

La franja costera de la BTS cuenta con diversos usos de suelo, entre los que destacan el uso habitacional, comercial, turístico, industrial, infraestructura y agrícola. En primera línea de playa de la zona de estudio predominan baldíos urbanos (inmediaciones a playa Pacífica), turístico recreativo (desde la playa del CONALEP, playa Corona, Nueva España y Mona Lisa hasta El Faro), turístico (boca del EPB y porción centro y sur de la barra arenosa frente al mar), agrícola (Valle de Maneadero) y comercial habitacional (barra de arena del EPB y margen interior sur del estero) (Figura 2).



**Figura 2.** Mapa de usos de suelo y vegetación en la franja costera de la Bahía de Ensenada.

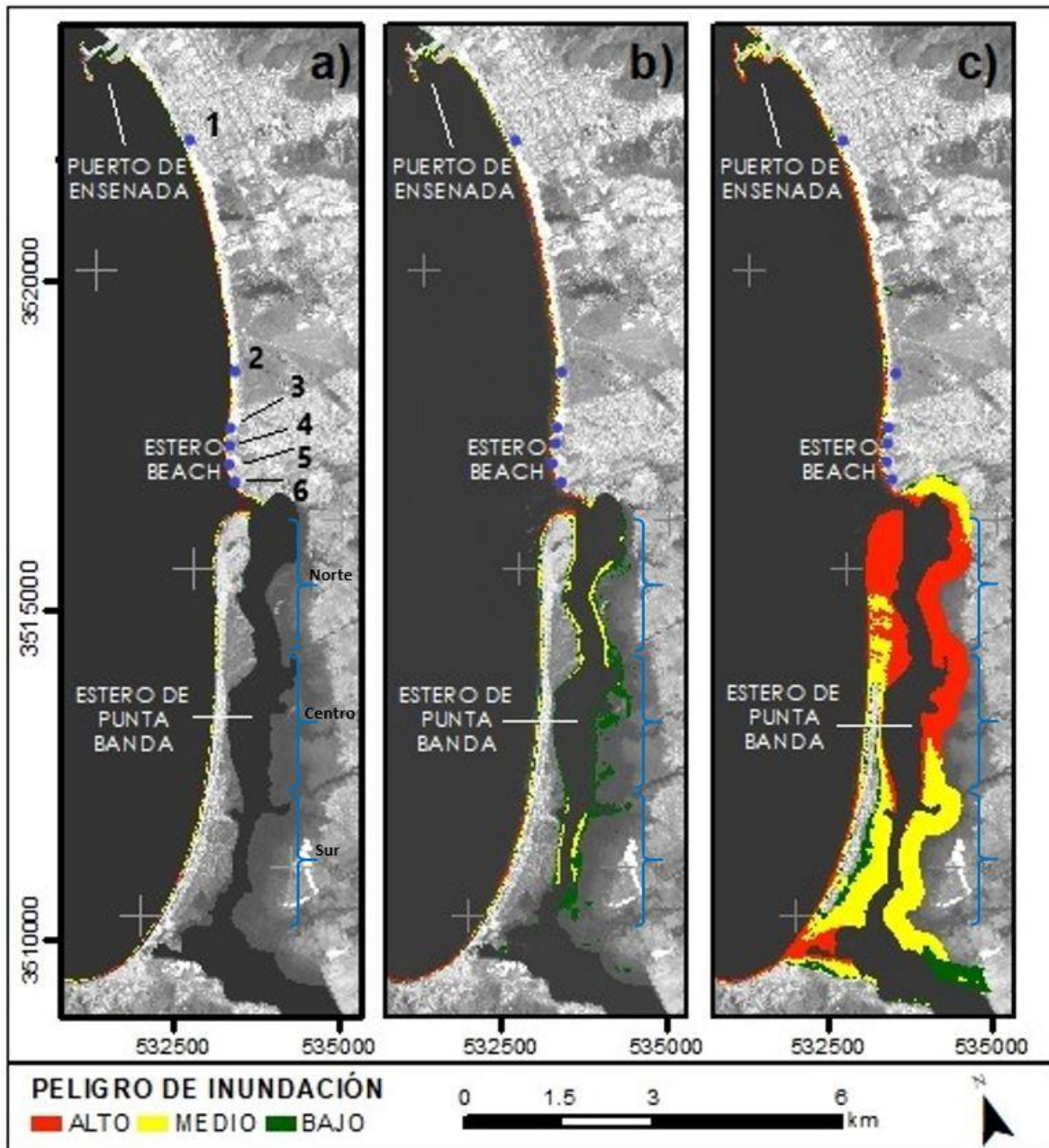
### 7.2 Peligro de inundación por aumento del nivel medio del mar

Los resultados del análisis de peligro de inundación bajo tres escenarios de aumento en el NMM se muestran en la Figura 3: 1) escenario actual, sin aumento del NMM (Figura 3a); 2) escenario de aumento del NMM de 1 m (Figura 3b); y 3) escenario de 2 m de aumento del NMM (Figura 3c). En el escenario actual se puede identificar que durante la pleamar máxima y oleaje crítico (oleaje de tormenta), el peligro de inundación alto se presenta mayormente en playa Corona, Nueva España, Mona Lisa, El Faro, la boca del EPB y la porción sur de la barra de arena; mientras que el resto de la costa presenta peligro de inundación medio y sin peligro. Sin embargo, en los escenarios dos y tres, que contemplan las condiciones anteriores más el aumento del NMM, el alcance del agua sobre la costa se maximiza. Por ejemplo, un aumento del NMM de 1 m ocasionaría que, la franja costera de la BTS presente un peligro de inundación alto (desde la playa del

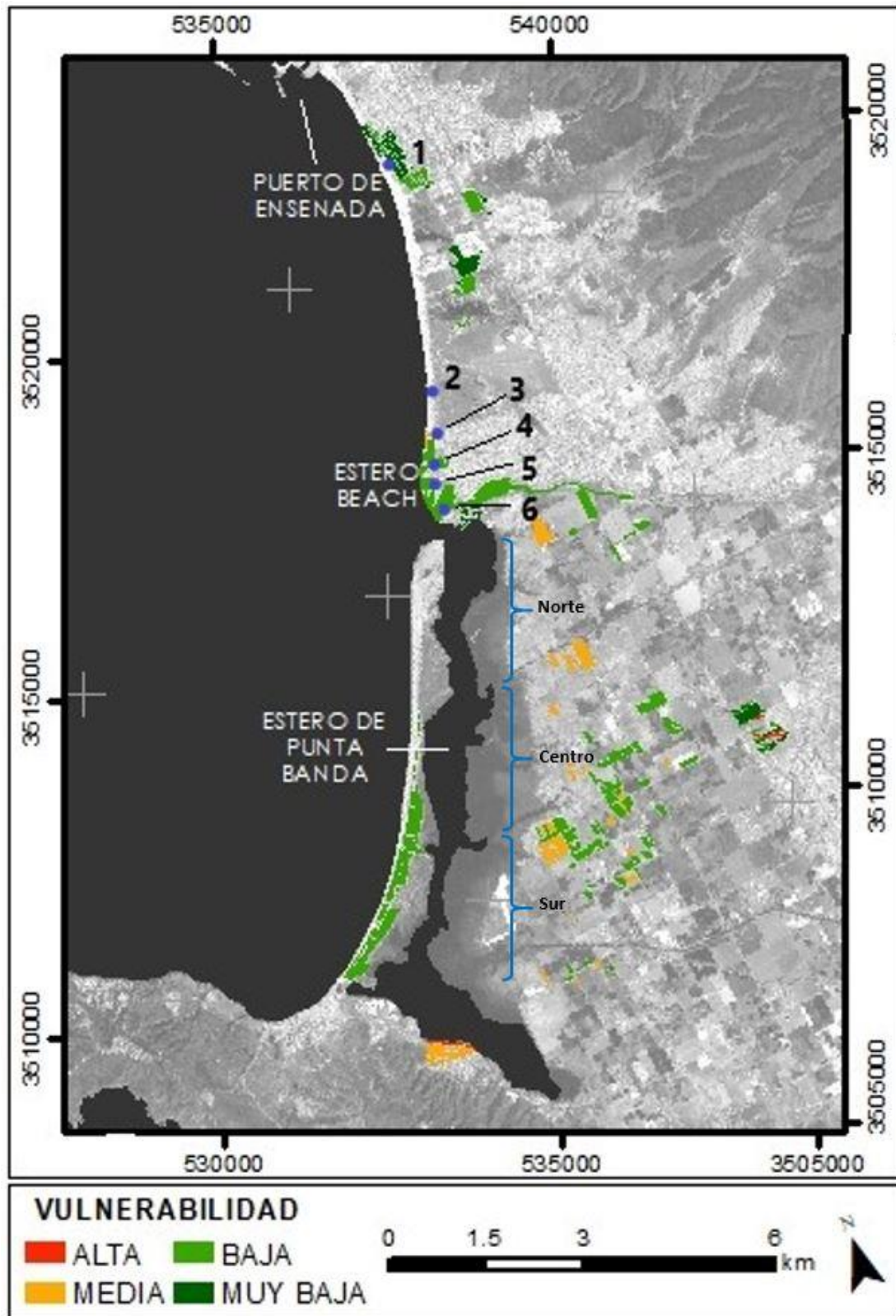
CONALEP hasta la boca del EPB y en la zona sur de la barra de arena). Adicionalmente, bajo el mismo escenario se determinó que existe peligro de inundación medio y bajo dentro del EPB y en la zona centro de la barra arenosa. Por otro lado, bajo el escenario de aumento de 2 m en el NMM, toda la franja costera desde la playa del CONALEP hasta playa Corona, Nueva España, Mona Lisa y El Faro, presentan peligro de inundación alto. En la boca del EPB, la porción de tierra con peligro de inundación alto se extiende considerablemente hasta Punta Estero (punta de la barra arenosa o zona norte), zona centro y sur de la barra arenosa y al interior del EPB. Además, se identificó también un incremento en la extensión de las zonas con peligro medio sobre el canal y planicies de inundación dentro del EPB, con peligro de inundación bajo únicamente en la porción más interna del cuerpo de agua.

### *7.3 Evaluación de la vulnerabilidad habitacional*

Los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad habitacional en la zona de estudio bajo el escenario actual se muestran en la Figura 4. De hecho, se establecen cuatro niveles de vulnerabilidad siguiendo la clasificación del CENAPRED y con base en el tipo de vivienda y PEA: alta, media, baja y muy baja. Los resultados muestran que la mayor parte de la franja costera de la zona de estudio tiene vulnerabilidad baja (color verde), se trata de viviendas tipo III que refleja típicamente a la clase social media. En este nivel de vulnerabilidad se sitúan las viviendas aledañas a la playa del CONALEP, Nueva España, Mona Lisa, El Faro y todas las viviendas localizadas en la porción centro y sur de la barra arenosa. Con vulnerabilidad media y alta se identifica a las viviendas localizadas en playa Corona y al interior del EPB en el ejido Esteban Cantú (Figura 3). En estos niveles se trata de viviendas tipo I y II, las cuales corresponden a viviendas que pueden ser clasificadas como de clase baja (Figura 4).



**Figura 3.** Mapa de peligro de inundación en la zona de estudio para los tres escenarios analizados: actual (a), 1 m de aumento del nivel del mar (b) y 2 m de aumento del nivel del mar (c).



**Figura 4.** Mapa de vulnerabilidad habitacional para la zona de estudio. Se establecen cuatro niveles con base en el tipo de vivienda y la Población Económicamente Activa (PEA).

#### *7.4 Evaluación del riesgo por inundación y aproximación al costo por pérdida de menaje*

Respecto al riesgo de inundación, se establecen tres niveles: alto, medio y bajo; en función del criterio (Tabla I) que combina los resultados de la vulnerabilidad por tipo de vivienda y los resultados del peligro de inundación. Los resultados se muestran en la figura 5, en donde se puede observar que para el escenario actual (Figura 5a) el nivel de riesgo no es representativo y puede considerarse nulo. Sin embargo, para los dos escenarios de aumento del NMM (Figura 5b, 5c), la zona de playa Corona, Nueva España, Mona Lisa y El Faro presentan riesgo medio y alto, resultado de tener vulnerabilidad media y baja, pero peligro de inundación alto (ver Tabla III). Para este caso el costo por menaje representa una pérdida del 100%, que considerando los valores establecidos por el CENAPRED (2007) corresponde a viviendas tipo II y III con valor aproximado entre \$50,000 y \$75,000 pesos (este último correspondiente al primer piso de la vivienda tipo III). Además, bajo el escenario de 2 m de aumento del NMM, la porción sur de la barra arenosa y el Ejido Esteban Cantú presentan riesgo de inundación medio principalmente, también como resultado de tener vulnerabilidad baja, pero peligro de inundación alto. En este sentido, la pérdida de menaje también corresponde al 100% y un costo de entre \$50,000 y \$75,000 pesos.

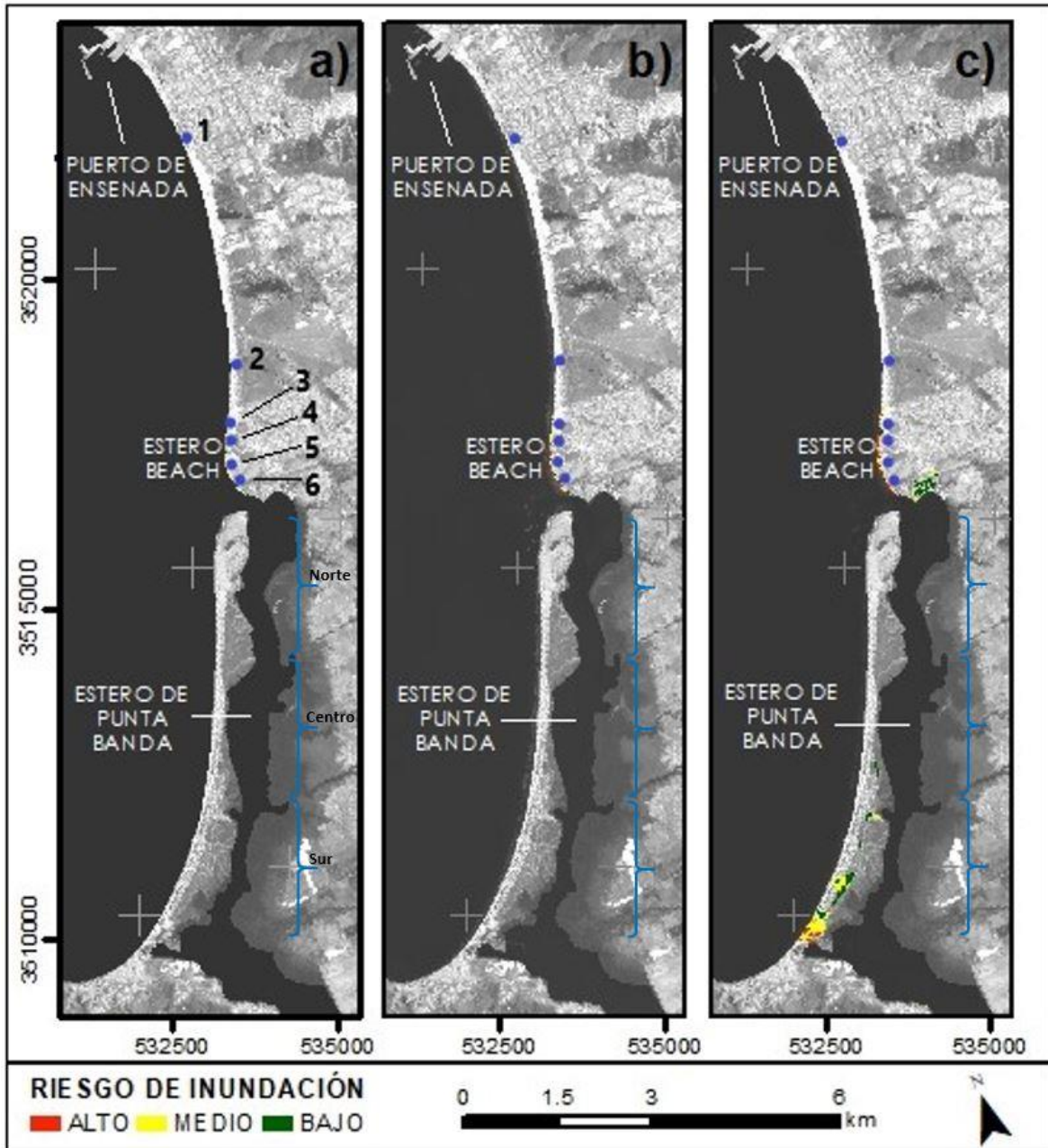


Figura 5. Riesgo de inundación en la zona de estudio para los tres escenarios analizados.

## 8. DISCUSIÓN

En términos estadísticos, las inundaciones costeras son de los peligros naturales más comunes y mayormente distribuidos en el mundo (Balica, 2012). Las zonas costeras son atacadas por fenómenos hidrometeorológico (e.g., oleaje, mareas, marea de tormenta) y, aunado a estos, el aumento del NMM por cambio climático (McInnes *et al.*, 2003). Además, la baja elevación topográfica que comúnmente

presentan las costas dominadas por playas arenosas, potencia el daño a la infraestructura por eventos de inundación y erosión, en comparación con costas de topografía elevada (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [PNUD-INECC], 2016).

En Ensenada, se tienen registros de inundaciones ocasionadas por las lluvias de tormentas invernales (1978, 1980, 1993, 2010); es decir, inundaciones de origen fluvial, las cuales han causado diversos daños materiales y económicos (UABC - IIO, 2012). El Atlas de Riesgos Naturales de Ensenada (UABC – IIO, 2012) considera un capítulo para la identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen hidrometeorológicos, sin embargo, son contados los trabajos previos en donde se analiza el peligro de inundación, la vulnerabilidad y el riesgo de inundación o algún modelo asociado a inundación costera por incremento del NMM asociado al cambio climático.

Las zonas identificadas en este trabajo con nivel alto de peligro de inundación (playa del CONALEP, Corona, Nueva España, Mona Lisa, El Faro, la boca del EPB, interior del EPB) prácticamente engloban a toda la franja costera sur de la BTS. El peligro aumenta conforme los escenarios de aumento del NMM incrementan. De hecho, la zona de la boca del EPB, así como el mismo cuerpo de agua, son las de mayor peligro de inundación (Figura 3). Estos resultados son comparables con lo presentado por Carmona-Enríquez (2013), ya que en su trabajo utiliza escenarios de inundación basados en el aumento del NMM para finales de siglo (elevaciones proyectadas entre 2012 y 2100 con el aumento del NMM de 0.1m, 0.4m y 0.7m) y pleamar máxima, con valores similares a los utilizados en este trabajo (1m, 2m de incremento del NMM); aunque el modelo usado por Carmona-Enríquez (2013) es estático y no considera el oleaje. A pesar de la diferencia en la metodología, los resultados son similares a los aquí obtenidos, ya que identifica a toda la franja de playa arenosa al sur de la ciudad de Ensenada como una de las más expuestas a inundación costera, en donde la exposición es una componente estrechamente ligada al peligro. De igual manera, Fernández-Díaz *et al.* (2018) establecieron que el área con mayor peligro de inundación es el sur de la BTS, principalmente la zona

de la boca del estero (playa Coronado, Nueva España, Mona Lisa, El Faro y el hotel Estero Beach) y la barra arenosa del EPB; es importante mencionar que en este trabajo no se toma en consideración ningún efecto del cambio climático, únicamente eventos críticos de oleaje. Por su parte Montoya-Turrillas y Gómez Morín-Fuentes (1991), establecen que la zona de la franja costera sur posee las cotas topográficas más bajas de la BTS, así como rasgos físicos de mayor exposición a escenarios de inundación potenciales, como son las playas arenosas y el cuerpo de agua del estero, lo que hace que esta zona sea más susceptible a inundación.

En cuanto a la vulnerabilidad habitacional, los resultados indican que la mayor parte de la franja costera de la zona de estudio tiene vulnerabilidad baja (viviendas tipo III que reflejan la clase social media [véase Tabla II]). Ésto concuerda con observaciones en el área de estudio, en donde es evidente que las casas situadas sobre la barra de arena son de nivel económico medio, cuentan con dos, tres o más cuartos y están construidas con elementos estructurales sólidos (Figura 6).

En zonas como playa Corona, Nueva España, Mona Lisa, El Faro y la zona centro y sur de la barra arenosa, el uso de suelo está designado como turístico recreativo y comercial habitacional. La mayoría de estas viviendas pertenecen a dueños extranjeros y son utilizadas en periodos vacacionales, por lo que están equipadas con el respectivo menaje. Es importante mencionar que, en la zona de estudio no hay trabajos previos que relacionen la vulnerabilidad habitacional por tipo de vivienda con el peligro de inundación. Sin embargo, Carmona-Enríquez (2013) identifica al área del Estero Beach con vulnerabilidad física alta (no por tipo de vivienda) y peligro de inundación alto, como se identificó en este trabajo para playa Corona, Nueva España, Mona Lisa, El Faro y zona centro y sur de la barra arenosa del EPB. En este sentido, los resultados aquí presentados pueden considerarse pioneros en la zona de estudio y tomarse como aproximaciones base para la mejora y desarrollo de futuros análisis.



**Figura 6.** Viviendas situadas en la barra arenosa. Se pueden identificar como tipo III con base en el CENAPRED (2007).

Estos resultados adquieren significado porque el análisis del riesgo se basó en los análisis de vulnerabilidad y peligro, como componentes básicos del riesgo de inundación. De la misma forma, es de esperarse que, bajo niveles de riesgo alto, los costos por pérdida de menaje sean mayores, representando pérdidas potenciales del 100%, las cuales, según datos del CENAPRED (2007) rondarían entre \$50,000 y \$75,000 pesos para la zona de estudio, aproximadamente.

Cabe destacar que, en este trabajo, se analizaron el peligro de inundación por aumento del NMM y la vulnerabilidad habitacional como componentes del riesgo en planos temporales diferentes. Es decir, el análisis de vulnerabilidad refleja las condiciones actuales de la infraestructura localizadas en la franja costera de estudio; mientras que, los escenarios de aumento del NMM de 1 m y 2 m se consideran para finales de siglo (2080 - 2100). Sin embargo, esta limitante se debe a que no se cuenta con información que permita conocer los planes de desarrollo futuros para

poder considerar el tipo de infraestructura y las características de éstas en las próximas décadas, así como la evolución de la PEA en la zona de estudio. No obstante, es importante considerar que, esta limitante debe tomarse en cuenta sobre todo en ciudades como Ensenada, que está influenciada por un crecimiento poblacional resultado de las actividades económicas y turísticas que permiten un desarrollo económico y de infraestructura en la franja costera, el cual se ha venido dando por las necesidades del mercado inmobiliario. Por lo que, este análisis se puede fortalecer conociendo cómo evolucionará el desarrollo de la infraestructura habitacional e inferir las características de la población.

Respecto a los costos por la pérdida de menaje, en este trabajo se consideran los establecidos en la metodología del CENAPRED, por lo que se tienen que actualizar considerando la inflación al año que se quiera establecer como base de comparación, ya que los valores establecidos por el CENAPRED están dados para el año 2007. Para actualizar los valores se pueden utilizar diversos factores económicos, por ejemplo, el factor de actualización que considera el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC); sin embargo, esto se sale de los márgenes del trabajo presentado.

A pesar de las limitantes mencionadas, este trabajo representa una primera aproximación a la identificación de zonas potenciales a inundarse y el nivel de peligro, la vulnerabilidad habitacional ante el peligro, el riesgo de inundación ante escenarios de eventos críticos de oleaje y aumento del NMM por cambio climático, así como el costo aproximado por pérdida de menaje. Aun cuando se consideran escenarios actuales de vulnerabilidad, es de esperarse que, si el desarrollo inmobiliario en la franja sur de la BTS se incrementa como se ha venido observando en otras zonas de la BTS, la vulnerabilidad puede también incrementar, sobre todo si estos desarrollos se llevan a cabo de forma desmedida y sin un ordenamiento territorial adecuado. Bajo estas condiciones, se podría esperar que los costos por pérdida de menaje sean mayores en las próximas décadas.

## 9. CONCLUSIONES

En la caracterización de uso de suelo de la primera línea de playa de la franja costera de la BTS predominan el uso de suelo de tipo turístico recreativo (desde la playa del CONALEP, playa Corona, Nueva España, Mona Lisa y El Faro), turístico (boca del EPB y la porción centro y sur de la barra arenosa), agrícola (Valle de Maneadero) y comercial habitacional (barra de arena y margen interior sur del EPB).

La clasificación de la vulnerabilidad por tipo de vivienda permite identificar las zonas más propensas a sufrir daños ante el aumento del NMM. Las zonas con baja vulnerabilidad corresponden a la barra arenosa del EPB frente al mar, debido a que las casas son en su mayoría viviendas tipo III. Las viviendas ubicadas en Playa Corona, Nueva España, Mona Lisa y El Faro son de tipo II y presentan vulnerabilidad media.

El peligro de inundación es mayor conforme aumenta el NMM, siendo de medio a alto para toda la franja costera sur de la Bahía de Ensenada bajo los dos escenarios de aumento (1 y 2 m). Se resaltan como zonas con peligro de inundación alto: playa Corona, Nueva España, Mona Lisa y El Faro, la parte más estrecha de la barra de arena del EPB, así como Punta Estero y el interior del cuerpo de agua.

Debido a lo anterior, el riesgo de inundación es de medio a alto en playa Corona, Nueva España, Mona Lisa y El Faro, así como la parte más estrecha de la barra arenosa. Bajo estos escenarios la pérdida del menaje corresponde al 100% y representa una pérdida aproximada de \$50,000 a \$75,000 pesos por vivienda.

Para fortalecer y robustecer los resultados presentados, se identifican dos áreas de oportunidad: a) los costos por pérdida de menaje deberán actualizarse al año comparativo con base en la inflación, y b) el análisis de vulnerabilidad deberá ser dinámico considerando los posibles cambios en la distribución y tipo de desarrollos inmobiliarios futuros.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Administración Portuaria Integral de Ensenada [API-Ensenada]. (2010). *Proyecto de desarrollo del puerto de El Sauzal, Baja California*. Manifestación de Impacto Ambiental.
- Alcocer-Yamanaka, V. H., Rodríguez-Varela, J. M., Bourguett-Ortiz, V. J., Llaguno-Guilberto, O. J., y Albornoz-Góngora, P. M. (2016). Metodología para la generación de mapas de riesgo por inundación en zonas urbanas. *Tecnología y Ciencias del Agua*, VIII(5), 33–55.
- Ayuntamiento del Municipio de Ensenada, B.C. (1995) *Programa de Desarrollo Urbano Ensenada 1991 – 1995*, primera actualización del PDUCP-Ensenada.
- Azuz, I., Rivera-Arriaga, E., Muñoz, P., y Ortega-Rubio, A. (2011). Política nacional para el desarrollo sustentable de océanos y costas en México: génesis y gestión. *Región y Sociedad*, XXIII(50), 279–289. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10218443011>
- Balica, S. F. (2012). *Applying the flood vulnerability index as a knowledge base for flood risk assessment* [Doctoral thesis, Delft University of Technology].
- Bamber, J. L., Oppenheimer, M., Kopp, R. E., Aspinall, W. P., and Cooke, R. M. (2019). Ice sheet contributions to future sea-level rise from structured expert judgment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(23), 11195–11200. <https://doi.org/10.1073/pnas.1817205116>
- Bárcena, A., Samaniego, J., Wilson, P., y Alatorre, J. E. (2020). *La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe: ¿seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción?* Naciones Unidas.
- Bojórquez, A., Flores-Calderón, A., Correo A., A., Lozano-López, A., Villarino, A., Álvarez D., A., Carrillo, A., Shorts, A., Topete, A., Muller, A., Arce M., A., Espinoza-Arroyo, A., Palacios-P., A., Saidez-B., A., Marín-Duran, A., Morales-V., A., Sevilla, A., Armenta-G., A., Silva-Canto, A., ... Salas-S., F. (2009). *Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población -Ensenada 2030*. <https://imipens.org/pducpl/>
- Cardona-Arboleda, O. D. (2001). *Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos* [Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya]. <https://www.researchgate.net/publication/277163871>
- Carmona-Enríquez, R. M. (2013). *Modelo de riesgo de inundación costera causada por variaciones del nivel del mar, aplicado a la ciudad de Ensenada, B.C., México* [Tesis de maestría]. Universidad Autónoma de Baja California.
- Cavazos, T., Pavia, E. G., Villanueva-Miranda, I., Kretschmar, T., Bullock, S., Baumgartner, T. R., Lavaniegos, B. E., Pares-Sierra, A., Gaxiola, G., Heckel, G., Herzka, S., Ortiz, M., Zavala-Alvarez, J., Rodríguez-Esteves, J., Orozco-Alvarado, A., Villa-Aparicio, A., Riemann, H., Fuentes-Flores, N., Rivera, P., ... Radilla-Chávez, P. (2012). *Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California*. <https://www.researchgate.net/publication/256700992>

- Centro Nacional de Prevención de Desastres [CENAPRED]. (2007). *Inundaciones*. CENAPRED. <https://www.gob.mx/cenapred/documentos/serie-de-fasciculos-inundaciones>
- Church, J. A., Clark, P. U., Cazenave, A., Gregory, J. M., Jevrejeva, S., Levermann, A., Merrifield, M. A., Milne, G. A., Nerem, R. S., Nunn, P. D., Payne, A. J., Pfeffer, W. T., Stammer, D., and Unnikrishnan, A. S. (2013). Sea Level Change en T. F. Stocker, D. Qin, K. G. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, and P. M. Midgley (Eds.), *Climate change: the physical science basis* (pp. 1137–1177). Cambridge University.
- Comité de Planeación para el Desarrollo Municipal [COPLADEM]. (2021). *Visión en cifras del municipio de Ensenada. Coordinación de Estudios Demográficos*. Recuperado en marzo de 2024 de <https://copladem.ensenada.gob.mx/>
- Compañía Española de Petróleos, S. A. [CEPSA]. (2015). *El cambio climático y los gases de efecto invernadero en Cepsa*. Recuperado en febrero de 2024 de <https://www.cepsa.com/es/sostenibilidad/cambio-climatico>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2012). *Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe: Vulnerabilidad y exposición*. Naciones Unidas. [www.cepal.org/ddsah](http://www.cepal.org/ddsah)
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO]. (2016). *Catálogo de metadatos geográficos: Uso del suelo y vegetación serie VI*. Recuperado en octubre de 2019 de <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/usv250s6gw.html>
- Cruz-Colin, M.E. (1994). Balance sedimentario de la Bahía de Todos Santos, Baja California, México [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California].
- Dassanayake, D. R., Burzel, A., and Oumeraci, H. (2012). Coastal flood risk: the importance of intangible losses and their integration. *Coastal Engineering Proceedings*, 1(33), 1-11. <https://doi.org/10.9753/icce.v33.management.80>
- Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas [DENUE]. (2010). *Sistema de consulta: espacio y datos de México*. Recuperado en febrero de 2020 de <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/Espacioydatos/Default.aspx?Il=23.840000000000003,-102.98&z=5>
- Durand, G., van den Broeke, M. R., Le Cozannet, G., Edwards, T. L., Holland, P. R., Jourdain, N. C., Marzeion, B., Mottram, R., Nicholls, R. J., Pattyn, F., Paul, F., Slangen, A. B. A., Winkelmann, R., Burgard, C., van Calcar, C. J., Barré, J.-B., Bataille, A., and Chapuis, A. (2022). Sea-level rise: from global perspectives to local services. *Frontiers in Marine Science*, 8(709595). <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.709595>
- Federal Emergency Management Agency [FEMA]. (2009). *Criterio para la generación de mapas de peligro*. Recuperado en julio de 2020 de <https://www.fema.gov/multimedia-library>

- Fernández-Díaz, V. Z., Silva-Casarín, R., Mendoza-Baldwin, E. G., y Canul-Turriza, R. A. (2018). Evaluación del riesgo de inundación costera asociado al cambio climático en Ensenada, Baja California, México. *XXVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica*.
- Fernández-Díaz, V. Z., Canul-Turriza, R. A., Kuc-Castilla, A., and Hinojosa-Huerta, O. (2022). Loss of coastal ecosystem services in Mexico: an approach to economic valuation in the face of sea level rise. *Frontiers in Marine Science*, 9, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.898904>
- Ferrera-Bergues, A., Pérez-Montero, O., y Soler-Nariño, O. (2020). Población y vulnerabilidad social ante los efectos del cambio climático en el municipio costero de Guamá. *Novedades en Población*, 16(32), 242–269.
- Godschalk, D. R., and Burns, C. J. (2019). Coastal zone management in J. H. Steele (Ed.), *Encyclopedia of Ocean Sciences* (2nd ed., Vols. 1–5, pp. 500–506). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11378-8>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. Recuperado en febrero de 2024 de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima/clima>
- Instituto Metropolitano de Investigación y Planeación de Ensenada [IMIP-Ensenada]. (2009). *Sistema de información territorial y urbano*. Recuperado en diciembre de 2019 de <https://sigenlinea.imipens.org/>
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua [IMTA]. (2015). *Estudio de riesgos de inundaciones en zonas urbanas de la república mexicana del Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua [FSIDSA]* Conagua-Conacyt. Clave del proyecto: Conagua-2011-167009. Jiutepec, México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2010). *Uso de suelo y vegetación*. Recuperado en febrero de 2020 de <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (1990). *IPCC Supplement*. (pp. 1-46). Press Syndicate of University of Cambridge. Cambridge CB2 IRP. UK.
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2013). Summary for policymakers in T. F. Stocker, D. Qin, G. K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, and P. M. Midgley (Eds.), *Climate change: the physical science basis*. (pp. 3–29). Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2014). Summary for policymakers in C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea and L.L. White (Eds.), *Climate change: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (pp. 1-32). Cambridge University Press.

- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2019). Summary for Policymakers in H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama., N.M. Weyer (Eds.), *The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* (pp. 3–36). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157964.001>
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2021). Summary for Policymakers in V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (Eds.), *Climate change: the physical science basis* (pp. 3–32). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.001>
- Kopp, R. E., Kemp, A. C., Bittermann, K., Horton, B. P., Donnelly, J. P., Gehrels, W. R., Hay, C. C., Mitrovica, J. X., Morrow, E. D., and Rahmstorf, S. (2016). Temperature-driven global sea-level variability in the Common Era. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(11), 1434–1441. <https://doi.org/10.1073/pnas.1517056113>
- Kopp, R. E., Gilmore, E. A., Little, C. M., Lorenzo-Trueba, J., Ramenzoni, V. C., and Sweet, W. V. (2019). Usable science for managing the risks of sea-level rise. *Earth's Future*, 7(12), 1235–1269. <https://doi.org/10.1029/2018EF001145>
- Lithgow, D., Martínez, M. L., Silva, R., Geneletti, D., Gallego-Fernández, J. B., Cerdán, C. R., Mendoza, E., and Jermain, A. (2017). Ecosystem Services to Enhance Coastal Resilience in Mexico: The Gap between the Perceptions of Decision-Makers and Academics. *Journal of Coastal Research*, 77, 116–126. <https://doi.org/10.2112/SI77-012.1>
- Losada, I. J. (2020). La afección del cambio climático a las costas españolas. *Obras Públicas: Órgano profesional de los ingenieros de caminos, canales y puertos*, (3616), 26-33.
- Martínez-Ríos Del Río, L. (2005). *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar* (pp. 1–12). Pro-Esteros, A.C. Ensenada, Baja California, México.
- Martínez-Rocha, I. A. (1991). *Estudio de vocación de uso de suelo en una región de la Bahía de Todos Santos, municipio de Ensenada, Baja California, México*. [Trabajo terminal de especialidad, Universidad Autónoma de Baja California].
- McInnes, K., Walsh, K., Hubbert, G., and Beer, T. (2003). Impact of Sea-level Rise and Storm Surges on a Coastal Community. *Natural Hazards*, 30, 187–207.
- Montoya-Turrillas, F., y Gómez Morín-Fuentes, L. (1991). Definición de zonas de riesgo por erosión e inundación en la Bahía de Todos Santos, Baja California, México. *Ciencias Marinas*, 17(2), 25–36. <https://doi.org/10.7773/cm.v17i2.806>
- Monzón-Bruguera, Y. (2009). Derecho y manejo integrado de las zonas costeras, una aproximación teórica. *Ciencias y Sociedad*, XXXIV(4), 597–617. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87014516005>

- Moreno-Casasola, P., Infante-Mata, D., y Sánchez-Vigil, G. (2010). *Veracruz, tierra de ciénagas y pantanos* (1a ed.). Gobierno del Estado Veracruz. Instituto de Ecología, A.C.
- Naciones Unidas, sf. *¿Qué es el cambio climático?* Recuperado en enero 2021 de <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>
- Neumann, J. E., Yohe, G., Nicholls, R., and Manion, M. (2000). *Sea-level rise & global climate change: a review of impacts to U.S. coasts*. Prepared for the pew center on global climate change
- Neumann, B., Vafeidis, A. T., Zimmermann, J., and Nicholls, R. J. (2015). Future coastal population growth and exposure to sea-level rise and coastal flooding - A global assessment. *PLOS ONE*, 10(3), 1-34. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118571>
- Nicholls, R. J. (2002). Analysis of global impacts of sea-level rise: a case study of flooding. *Physics and Chemistry of the Earth*, 27, 1455–1466.
- Nicholls, R. J., and Lowe, J. A. (2004). Benefits of mitigation of climate change for coastal areas. *Global Environmental Change*, 14(3), 229–244. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.04.005>
- Nicholls, R. J., Hoozemans, F. M. J., and Marchand, M. (1999). Increasing food risk and wetland losses due to global sea-level rise: regional and global analyses. *Global Environmental Change*, 9, 69–87.
- Nicholls, R., Zanuttigh, B., Vanderlinden, J. P., Weisse, R., Silva, R., Hanson, S., Narayan, S., Hoggart, S., Thompson, R. C., Vries, W. de, and Koundouri, P. (2015). Developing a holistic approach to assessing and managing coastal flood risk In B. Zanuttigh, J.P. Vanderlinden, R.C. Thompson, R. Nicholls and H.F. Burcharth (Eds.), *Coastal Risk Management in a Changing Climate* (pp. 9–53). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397310-8.00002-6>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [PNUD - INECC]. (2016). *Impacto de la elevación del nivel del mar en la superficie y línea de costa de 35 islas pobladas y prioritarias de México. Serie 2: Evaluación y mapeo de la vulnerabilidad y los riesgos climáticos*. Informe final. Autor y responsable técnico: Alfonso Aguirre Muñoz (pp. 1-24). PNUD-INECC.
- Ramsar. (2006). *La convención sobre los humedales*. Recuperado en febrero de 2020 de <https://www.ramsar.org/es/country-profile/mexico>
- Rangel-Buitrago, N. G., y Posada-Posada, B. O. (2013). Determinación de la vulnerabilidad y el riesgo costero mediante la aplicación de herramientas SIG y métodos multicriterio. *Intrópica*, 8, 29–42. <https://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/intropica/article/view/730>
- Rivas, V. (2000). Clima y nivel del mar: reconstrucción de las posiciones marinas cuaternarias a través de las evidencias en el litoral cantábrico. *V Reunión Nacional de Climatología*, 180–212.

- Roberts, N. J., Nadim, F., and Kalsnes, B. (2009). Quantification of vulnerability to natural hazards. *Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards*, 3(3), 164–173. <https://doi.org/10.1080/17499510902788850>
- Rodríguez-Esteves, J. M. (2007). La conformación de los “desastres naturales”, construcción social del riesgo y variabilidad climática en Tijuana, B.C. *Frontera Norte*, 19(37), 83–112.
- Rodríguez-Velázquez, D. (2015). Vulnerabilidad y riesgos en C. Gay y García, A. Cos-Gutiérrez y C. T. Peña-Ledón (Eds.), *Impactos, vulnerabilidad y adaptación: Vol. II* (pp. 257–288). Programa de Investigación en Cambio Climático.
- Romero, C., Athayde, S., Collomb, J.-G. E., DiGiano, M., Schmink, M., Schramski, S., and Seales, L. (2012). Conservation and development in Latin America and Southern Africa: setting the stage. *Ecology and Society*, 17(2), art17. <https://doi.org/10.5751/ES-04863-170217>
- Rüttinger, L., Smith, D., Stang, G., Tänzler, D., and Vivekananda, J. (2015). *A New Climate for Peace: Taking Actions on Climate and Fragility Risks*. An independent report commissioned by the G7 members. <https://www.international-alert.org/publications/new-climate-peace/>
- Secretaría de Marina. (1974). *Estudio geográfico de la región de Ensenada, B. C.* Dirección general de oceanografía y señalamiento marítimo. México D. F. 465 pp.
- Secretaría de Relaciones Exteriores. (2023). *Certificado a lista de menaje de casa*. Menaje de casa. Recuperado en octubre de 2023 de <https://consulmex.sre.gob.mx/sanbernardino/index.php/menaje-de-casa#:~:text=El%20Certificado%20a%20Lista%20de,libres%20de%20impuestos%20de%20importaci%C3%B3n>.
- Silva-Casarín, R., Martínez, M. L., Hesp, P. A., Catalan, P., Osorio, A. F., Martell, R., Fossati, M., Miot da Silva, G., Mariño-Tapia, I., Pereira, P., Cienguegos, R., Klein, A., and Govaere, G. (2014). Present and future challenges of coastal erosion in Latin America. *Journal of Coastal Research*, 71, 1–16. <https://doi.org/10.2112/SI71-001.1>
- Silva-Casarín, R., Martínez, M. L., Moreno-Casasola, P., Mendoza-Baldwin, E., López-Portillo, J., Lithgow, D., Vázquez, G., Martínez-Martínez, R. E., Monroy-Ibarra, R., Cáceres-Puig, J. I., Ramírez-Hernández, A., y Boy-Tamborrell, M. (2017). *Aspectos generales de la zona costera* (Unidad de Promoción y Comunicación del Instituto de Ingeniería, Ed.; 1a ed.). Instituto de Ecología, A.C. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/>
- Universidad Autónoma de Baja California – Instituto de Investigaciones Oceanológicas [UABC- IIO]. (2012). *Atlas de riesgos naturales del municipio de Ensenada*. C. R. Torres-Navarrete, J. García-Toscano, S. I. Larios-Castillo, I., Pacheco-Ruiz, F. Correa-Sandoval, A. Gálvez-Télles (Eds.) Secretaría de Desarrollo Social.
- United Nations Disaster Relief Co-ordinator [UNDRO]. (1979). *Natural disasters and vulnerability analysis*. Report of Expert Group Meeting. 49 p.

- United Nations Environment Programme [UNEP]. (2019). El aumento del nivel del mar tendría efectos catastróficos si no tomamos medidas ahora. Recuperado en noviembre de 2022 de <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/el-aumento-del-nivel-del-mar-tendria-efectos-catastroficos-si-no>
- United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC]. (2001). *Manual sobre evaluaciones de vulnerabilidad y adaptación*. Grupo consultor de expertos en comunicaciones nacionales de los países no incluidos en el Anexo I de la convención (GCE).
- Vázquez-Botello A. (2008). Evaluación de la vulnerabilidad actual y futura de la zona costera mexicana y los deltas más impactados ante el incremento del nivel del mar debido al cambio climático y fenómenos hidrometeorológicos extremos. Informe final INE/A1-051/2008, Instituto Nacional de Ecología, Universidad Autónoma de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. SEMARNAT. 121 p.
- Villatoro, M., Silva, R., Méndez, F. J., Zanuttigh, B., Pan, S., Trifonova, E., Losada, I. J., Izaguirre, C., Simmonds, D., Reeve, D. E., Mendoza, E., Martinelli, L., Formentin, S. M., Galiatsatou, P., and Eftimova, P. (2014). An approach to assess flooding and erosion risk for open beaches in a changing climate. *Coastal Engineering*, 87, 50–76. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2013.11.009>
- Wilches-Chaux, G. (1993). La vulnerabilidad global en A. Maskrey (Ed.), *Los desastres no son naturales* (LA RED, pp. 11–41). La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.
- World Water Development Report [WWDR]. (2019). *No dejar a nadie atrás*. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. UNESCO. París, Francia. 213 p.
- Zavala-Hidalgo, J., de Buen Kalman, R., Romero-Centeno, R., & Hernández-Maguey, F. (2010). Tendencias del nivel del mar en las costas mexicanas en A. Botello, S. Villanueva, J. Gutiérrez, & J. Galaviz (Eds.), *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático* (pp. 249–268). Semarnat-INE, UNAM-ICMyI, Universidad Autónoma de Campeche.