

ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ANTE TSUNAMIS DE LA COMUNIDAD DE PUNTA DE MAISÍ EN LA PROVINCIA GUANTÁNAMO, CUBA

Dario Candebat Sánchez ^{1*}, Madelin Villalón Semanat ¹, Manuel Cutié Musteliey ¹ y Orlis Cantillo ²

1. Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas de Cuba, Santiago de Cuba, Cuba.

2. Delegación del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de la provincia Guantánamo, Guantánamo, Cuba.

*Autor de correspondencia: dario@cenaais.cu

DOI:
<https://doi.org/10.55467/reder.v10i1.208>

RECIBIDO
12 de abril de 2024

ACEPTADO
12 de julio de 2025

PUBLICADO
1 de enero de 2026

Formato cita Recomendada (APA):
Candebat Sánchez, D., Villalón Semanat, M. Cutié Musteliey, M. & Cantillo, O. (2026). Estimación de la Vulnerabilidad ante Tsunamis de la Comunidad de Punta de Maisí en la Provincia Guantánamo, Cuba. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 10(1), 75-90. <https://doi.org/10.55467/reder.v10i1.208>



Todos los artículos publicados en REDER siguen una política de Acceso Abierto y se respaldan en una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres (REDER)

RESUMEN

Se realizó una evaluación de las vulnerabilidades física, no estructural, socioeconómica y educativa ante tsunamis de Punta de Maisí, municipio Maisí, provincia Guantánamo de Cuba. Se identificaron las edificaciones emplazadas en el área de inundación: 53 viviendas, una instalación turística, un conjunto patrimonial, una estación biológica, el centro meteorológico del territorio y, además, el cementerio de la localidad. Se utilizaron metodologías validadas por la comunidad científica, que fueron modificadas según las condiciones socio-económicas de Cuba. El análisis arroja que la vulnerabilidad física se clasifica entre alta y muy alta en la generalidad de las estructuras analizadas, entre las cuales prevalecen edificaciones de madera y mampostería simple que presentan menor resistencia a la fuerza del agua. Por otra parte, el número de personas que puede ser afectado es significativo (33.8 %), y por tanto la vulnerabilidad socioeconómica es alta. Con relación a la preparación y percepción del riesgo de la comunidad, en su mayoría, los habitantes consideran que la probabilidad de ser afectados por las olas de un tsunami es baja, debido a la altura que posee la costa. Sin embargo, los habitantes saben cómo actuar ante la alerta de tsunami por lo que la vulnerabilidad educativa es evaluada de moderada.

PALABRAS CLAVES

Vulnerabilidad física; Vulnerabilidad socioeconómica; Vulnerabilidad educativa; Tsunami; Cuba

TSUNAMI VULNERABILITY ASSESSMENT OF PUNTA DE MAISÍ COMMUNITY IN GUANTÁNAMO PROVINCE, CUBA

ABSTRACT

An evaluation of the physical, non-structural, socioeconomic, and educational vulnerabilities to tsunami of the Punta de Maisí popular council, located in the municipality of Maisí, Guantánamo province, Cuba, was carried out. The buildings located in the flood area were identified as 53 houses, a tourist village, a heritage complex, a biological station, a meteorological station, and the local cemetery. Methodologies validated by the international scientific community were used, which were modified according to the socio-economic conditions of Cuba. The analysis shows that the physical vulnerability is classified between high and very high in the generality of the analysed structures, among which wooden buildings and simple masonry prevail, which present less resistance to the water force. Additionally, the number of people who may be affected is significant (33.8%), and therefore socioeconomic vulnerability is high. In relation to the preparation and risk perception of the community, most of the inhabitants consider that the probability of being affected by tsunami waves is low, due to the coastal elevation. However, they know how to act in the face of the tsunami warning, so educational vulnerability is classified in a moderate rank.

KEYWORDS

Physical vulnerability; Socioeconomic vulnerability; Educational vulnerability; Tsunami; Cuba

INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista geodinámico, el archipiélago cubano forma parte de la Placa de Norteamérica, próximo al límite con la microplaca de Gonave. Este límite lo constituye la falla Oriente, situada al sur de la región oriental de Cuba (Arango, 2014).

El entorno geológico de Cuba puede diferenciarse, en síntesis, en a) la faja plegada, que comprende elementos de varias placas tectónicas antiguas, como la norteamericana, la caribeña y quizás la del Pacífico, y b) el dominio neotectónico, que evolucionó completamente sobre un segmento pasivo del borde de la placa norteamericana, tras el proceso de acreción que condujo a la formación de la faja plegada (Iturralde Vinent, 1996).

Se han identificado varias fallas potencialmente activas en Cuba y sus alrededores, entre ellas la falla Cauto-Nipe, la falla La Trocha, la falla Norte de La Española y la falla Pinar (p. ej., Álvarez et al., 1985; Cotilla Rodríguez et al., 2007; García et al., 2003; Vega Garriga, 2022). Sin embargo, con base en terremotos históricos, el Sistema de Fallas Oriente es el más sísmicamente activo, con 23 de los 29 terremotos en la región cubana con intensidades superiores a VII (EMS) (Álvarez et al., 1999). Ubicado a lo largo de la costa sureste de Cuba, el Sistema de Fallas Oriente acomoda aproximadamente la mitad del movimiento, generalmente hacia el este de la placa del Caribe con respecto a América del Norte (DeMets et al., 2000), la otra mitad es acomodada por el sistema de fallas Walton-Enriquillo a lo largo del borde sur de la Fosa de Caimán (Symithe et al., 2015). Las dos fallas aíslan la microplaca de Gonave (Mann et al., 1995), cuyo movimiento actual es paralelo al rumbo de la falla de Oriente (Benford et al., 2012). Recientes mediciones GNSS en Cuba confirman esta cinemática, en gran parte de deslizamiento por el rumbo, a lo largo del margen marino del sureste de Cuba (Calais et al., 2023).

Con relación a la ocurrencia de tsunamis de origen sísmico, que han afectado a la isla de Cuba, Rubio (1982) describe que una ola, supuestamente asociada al sismo del 1 de noviembre de 1755, que afectó a Portugal, produjo daños a las edificaciones de la bahía de Santiago de Cuba.

Igualmente, este autor hace referencia a movimientos del mar que pudieran ser asociados a eventos sísmicos ocurridos en el área (Sismos del 17 de julio de 1852, 18 de noviembre de 1867 y 15 de agosto de 1939) y que causaron, el primero, afectaciones a obras portuarias y embarcaciones emplazadas en el puerto de Santiago de Cuba, el segundo, fuertes olas que fueron observadas en los puertos de la antigua provincia de Oriente y el último, perturbaciones a marineros de un barco y un yate en Cayo Francés, actual provincia Villa Clara. Asimismo, afirma que el terremoto de República Dominicana, del 4 de agosto de 1946, con magnitud 8,1, produjo un tsunami que causó daños significativos en ese país y alarma a bañistas en diferentes playas de la costa norte de Cuba.

En relación con este tema, González et al. (2009) expresan que:

En la región del Caribe, a la que pertenece Cuba, han ocurrido tsunamis de menor envergadura, pues no se conocen olas mayores de seis metros. Estos han sido causados por terremotos en el arco de las Antillas Menores, Haití, el noreste de República Dominicana, Puerto Rico y Jamaica. Afortunadamente, en Cuba no hay reportes históricos de daños asociados a olas de tsunamis, no obstante, el gran terremoto de Lisboa, en 1755, generó un 'teletsunami' que produjo algunas afectaciones en las Antillas Menores y se registraron olas de tres metros de alto en la región oriental cubana. De igual modo, se produjo un fuerte oleaje en las playas del litoral norte del centro y el occidente del país, como consecuencia del terremoto ($M=8,1$) del 4 de agosto de 1946, con epicentro en República Dominicana. Este sismo, que alcanzó 9,0 grados de intensidad cerca del epicentro, fue perceptible en varias localidades de la región oriental de Cuba (p. 90).

Por su parte, Cotilla (2011), que difiere en algunas de las aseveraciones realizadas por Rubio (1982), manifiesta que:

Cuba como estructura neotectónica del sur de la placa de Norteamérica ha tenido tres tsunamis. Uno de ellos [local] ocurrió en la zona centro-septentrional [1931.10.01, falla Nortecubana], el otro fue un teletsunami [1755.11.01, del suroeste de la Península Ibérica] que afectó a la bahía de Santiago de Cuba, y el tercero aconteció en 1867.11.18 [$M=7,5$], por la fuente regional de Islas Vírgenes, que produjo oleaje en la región oriental cubana (p. 173).

Algunas de estas afirmaciones continúan siendo debatidas por la comunidad científica cubana; sin embargo, los análisis realizados por Rubio (1982), González et al. (2009) y Cotilla (2011), constituyen punto de partida para las investigaciones actuales relacionadas con el peligro ante tsunamis de Cuba.

Refiriéndose a la ocurrencia de tsunamis en la falla Oriente, al sur de la Sierra Maestra, Arango (2015) explica que:

En la zona de la falla Oriente, al sur de la Sierra Maestra, en las inmediaciones de la fosa de Oriente, la probable ocurrencia de tsunamis estaría causada por la ocurrencia de deslizamientos del borde del territorio emergido. En esta zona el talud de la costa sur cubana alcanza una pendiente superior a los 45° con una profundidad que oscila entre 5 000 y más de 6 000 metros (p. 6).

La probabilidad de ocurrencia de tsunamis en el área del Caribe, generados por deslizamientos submarinos, ha sido tratada por varios autores (Teeuw et al. 2009; Córdova et al., 2013); sin embargo, no se han encontrado referencias de tsunamis generados por estas causas en el área cercana a la isla de Cuba.

Por otra parte, Tada et al. (2002), González et al. (2009), Iturralde Vinent (2017), Matos (2017), Matos et al. (2018) y Matos et al. (2023) abordan el tema de los tsunamis antiguos o paleotsunamis en Cuba. Algunos de estos autores describen la presencia, en el litoral, de grandes bloques rocosos o partes de estructuras, los cuales pueden haber sido movilizados por el oleaje asociado a huracanes o tsunamis. No obstante, hasta la fecha, no se ha demostrado científicamente la existencia de evidencias geológicas de paleotsunamis en Cuba.

Atendiendo a estas contribuciones, a los datos históricos y al contexto geodinámico del Caribe, Moreno et al. (2021), para la estimación del peligro ante tsunamis de origen sísmico de Cuba, evalúan los posibles escenarios y seleccionan 24 zonas fuentes. Para caracterizarlas se definen sus parámetros, a decir: ancho y longitud de ruptura, magnitud máxima esperada, tipo de mecanismo de la falla, entre otros. A partir de la modelación de dichos escenarios, confirman que la zona tsunamigénica potencialmente peligrosa para Cuba y el resto de las Antillas Mayores es la zona de fallas del Norte de Puerto Rico-La Española, para terremotos fuertes, con magnitud de momento mayor que 7,5 Mw. Según estos autores, el municipio Maisí, específicamente Punta de Maisí, sería uno de los más afectados en caso de ocurrir un terremoto fuerte tsunamigénico en la falla Norte de La Española.

El análisis realizado por Moreno et al. (2021) ratifica lo expresado por Arango (2015) cuando expresa:

El trazo de la falla Oriente va desde la zona de expansión de Caimán hasta el norte de La Española. El mecanismo predominante de esta zona de falla es del tipo de deslizamiento por el rumbo el cual no es favorable para la ocurrencia de tsunamis (p. 6).

Este autor explica que, en un sector de esta falla, denominado Cinturón Deformado de Santiago, predominan los mecanismos de movimiento inverso, causados por el proceso de transpresión que ocurre en esta zona al chocar la placa de Norteamérica con la microplaca de Gonave. Aunque este mecanismo podría generar olas de tsunami, la potencialidad sismogeneradora de este sector es de 6,5 a 7 de magnitud, por lo que no es muy probable la generación en el mismo de terremotos tsunamigénicos significativos.

Igualmente, Arango (2015) afirma que:

La probabilidad de que se formen tsunamis por terremotos que ocurran en la zona de Gran Caimán es muy escasa. Esta se caracteriza por una pequeña franja de generación de corteza o margen de extensión donde predominan fallas de tipo normal. Este mecanismo de movimiento no genera tsunamis (p. 6).

Peligrosidad sísmica y ante tsunamis del municipio Maisí

Maisí está ubicado en la provincia Guantánamo, la más oriental de Cuba, que limita al Norte con la provincia de Holguín y el Océano Atlántico, al Sur con el Mar Caribe, al Este con el Paso de

los Vientos y al Oeste con la provincia de Santiago de Cuba (Colectivo de autores, 2011a). Este municipio ocupa la parte más oriental de la provincia y del territorio nacional.

En este estudio (Colectivo de autores, 2011b) se afirma que:

En esta área geográfica, existe un sistema de Terrazas Marinas calificadas dentro de las más conservadas del mundo, y además son visibles más de 200 sitios arqueológicos pertenecientes a la cultura aborígen, sobresaliendo los de Pueblo Viejo, Punta de Maisí y Patana. La acción del mar va desgastando las rocas que forman la costa, hasta crear en la base de la pared rocosa una plataforma donde se depositan los materiales arrancados por las olas. Posteriormente, al ocurrir un ascenso de la tierra o un descenso de las aguas, queda al descubierto una especie de escalón y así sucesivamente irán formándose otros, hasta semejar una enorme escalera o terraza marina, donde cada peldaño representa una etapa de la elevación de Cuba o una antigua línea de costa. Este accidente geográfico es característico de las costas de la región oriental cubana. Son conocidas las terrazas marinas de Punta de Maisí, se consideran las más bellas de Cuba y son apreciadas entre las más grandes del mundo. Un sistema de terrazas marinas superpuestas, que a manera de escalones gigantes rodean el extremo de la isla hasta una altura superior a los 400 metros (p. 5).

Desde el punto de vista sismotectónico, Maisí se encuentra en las proximidades de la zona límite entre las placas tectónicas de Norteamérica y El Caribe. De acuerdo con las características geodinámicas de la región norte del Caribe, la falla transformante Oriente y la falla Norte de la Española (ver Figura 1) constituyen las principales fallas activas de primer orden donde pueden ocurrir sismos fuertes que afecten el territorio oriental de Cuba (Arango, 2008 en Arango, 2014). A estas estructuras se relaciona la principal actividad sísmica registrada en esta región, tanto en magnitud como en frecuencia (Arango, 2014).

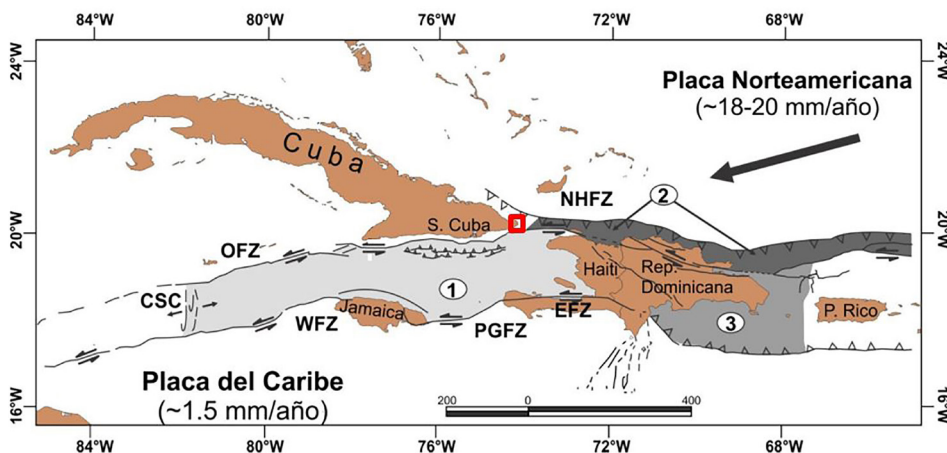


Figura 1. Marco tectónico del norte del Caribe

Fuente: Autores, 2026, modificado de Ávila et al. (2019)

Notas: 1. Microplaca Gonave, 2. Microplaca Norte, 3. Microplaca Puerto Rico-La Española, NHFZ- Zona de falla Norte de La Española, OFZ- Zona de falla Oriente, PGFZ- Zona de falla Plantain-Garden, EFZ- Zona de falla Enriquillo, CSC- Centro de dispersión Caimán, WFZ- Zona de falla Walton. S. Cuba- Santiago de Cuba. P. Rico- Puerto Rico. Rep. Dominicana-República Dominicana. La zona de Punta de Maisí aparece encerrada en un cuadrado rojo.

Específicamente, para el municipio Maisí, la estructura tectónica más importante y de mayor influencia es un segmento de la falla Norte de La Española, al norte de Haití y República Dominicana. Esta falla es inversa activa en la cual la placa de Norteamérica penetra por debajo de la microplaca que conforma la isla de La Española con una velocidad promedio anual aproximada de 20 mm/año (Mann, 1995 en Arango, 2014). En ella han ocurrido terremotos fuertes que han generado tsunamis (1882 y 1946 entre los más significativos).

Moreno et al. (2021), en su estimación del peligro ante tsunamis para Cuba, obtienen que en algunas zonas de la costa de Punta de Maisí, el mar alcanzaría una altura máxima de 13 metros (ver Figura 2) disminuyendo a medida que penetra tierra adentro.

A partir de esta información, se identifican los barrios (conjunto de viviendas), instalaciones económicas, turísticas y sociales emplazadas en el área de inundación (ver Figura 2) y se realiza un levantamiento de cada una para determinar sus características fundamentales.

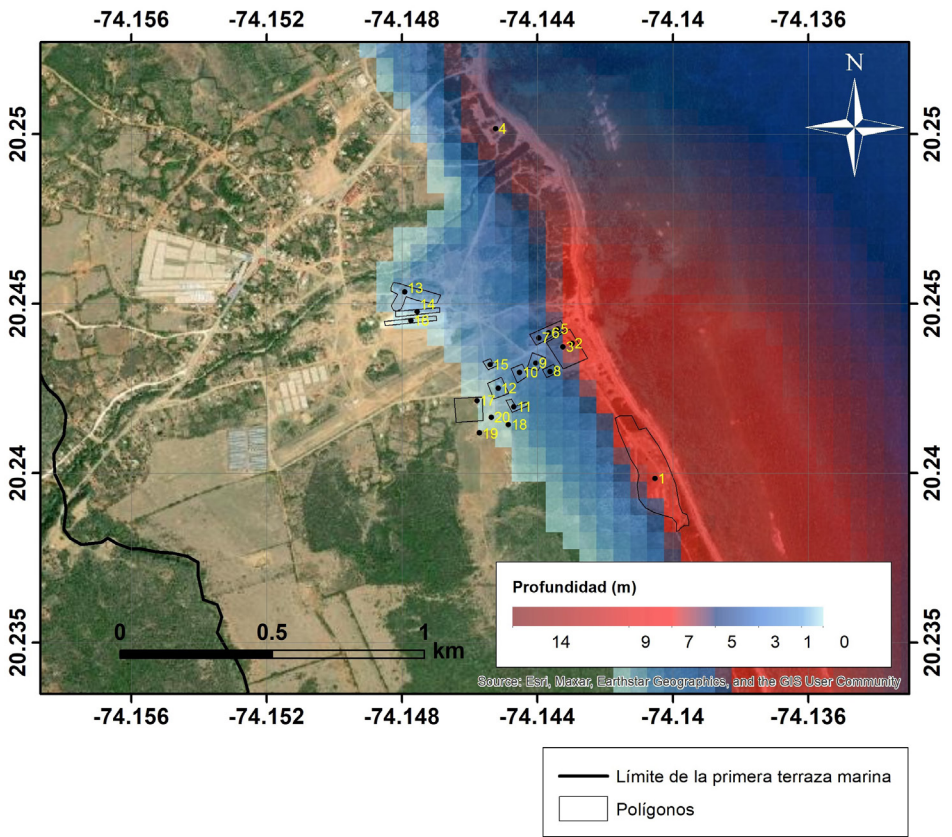


Figura 2. Mapa de peligro ante tsunamis en el Consejo popular Punta de Maisí

Fuente: Autores, 2026.

En la Figura 2 se muestran los sitios estudiados, delimitados por polígonos. Los puntos se utilizan para referenciar la ubicación espacial de dichos sitios y de algunas edificaciones específicas (instalaciones económicas, turísticas y sociales). Con polilínea negra se define el límite de la primera terraza marina, que constituye el punto más alto de la zona estudiada. El área más afectada pertenece al Consejo popular (demarcación física determinada por subdivisiones de un municipio) Punta de Maisí. En la Tabla 1 se muestran las coordenadas, la descripción de cada sitio y la altura o profundidad de la inundación.

No.	Longitud	Latitud	Descripción	Altura (m)
1	20.239838	-74.140530	Campamento de refugiados internacionales	7.36
2	20.243827	-74.142983	Faro de Punta de Maisí o La Concha	7.20
3	20.243722	-74.143256	Casa de los Fareros	6.03
4	20.250163	-74.145238	Cementerio	5.69
5	20.244246	-74.143415	Ranchón de la Villa Punta de Maisí	5.48
6	20.244137	-74.143676	Edificios administrativos y cafetería Villa Punta de Maisí	4.79
7	20.243987	-74.143963	Cabañas de la Villa Punta de Maisí	3.33
8	20.242995	-74.143626	Estación biológica	3.68
9	20.243243	-74.14405	Viviendas	2.60
10	20.242999	-74.145227	Viviendas	1.90

(Continúa en la siguiente página)

(Continuación)

No.	Longitud	Latitud	Descripción	Altura (m)
11	20.241923	-74.144596	Viviendas	1.22
12	20.245222	-74.145191	Viviendas	0.91
13	20.24534	-74.147926	Viviendas	1.66
14	20.244766	-74.147562	Petrocasas primera línea	0.98
15	20.243200	-74.145401	Viviendas	0.70
16	20.244502	-74.147743	Petrocasas segunda línea	0.26
17	20.242136	-74.145787	Centro Meteorológico	0.13
18	20.241428	-74.144858	Viviendas	0.13
19	20.241187	-74.145715	Viviendas	0.12
20	20.241641	-74.145362	Viviendas	0.12

Tabla 1. Coordenadas, descripción y altura de inundación de barrios, edificaciones e instalaciones estudiadas
Fuente: Autores, 2026.

METODOLOGÍA

Evaluación de la vulnerabilidad física

Se utiliza el modelo de evaluación de vulnerabilidad ante tsunamis propuesto por Papathoma, versión 3 (PTVA-3, Dall'Osso et al., 2009). Este modelo ha sido aplicado en diversas partes del mundo (Contreras et al., 2019) y, ha sido validado por Fritis et al. (2018) a partir de los daños reales, causados por el tsunami ocurrido el 16 de septiembre del 2015, en las ciudades de Coquimbo – La Serena, Chile.

Al decir de Contreras et al. (2019), el objetivo de la metodología es identificar características de fácil reconocimiento en edificaciones amenazadas por inundación, y valorarlas de acuerdo con la vulnerabilidad. Incorpora atributos de las edificaciones y su entorno y permite construir mapas de riesgo.

Este autor afirma que el modelo fue desarrollado para identificar y cuantificar la vulnerabilidad de cada estructura por separado a un tsunami hipotético, con una evaluación multicriterio, pero sin considerar las características hidrodinámicas de la inundación (Papathoma y Dominey - Howes, 2003 en Contreras et al., 2019). Se analiza y clasifica individualmente cada edificación y espacio abierto dentro de la zona de inundación estimada para el peor escenario posible.

Factores que afectan la vulnerabilidad, según Contreras et al. (2019):

- » Entorno construido: número de plantas de cada edificación (si solo es un piso la evacuación vertical es imposible y por lo tanto la vulnerabilidad es alta, pero si hay más de un piso, la vulnerabilidad es baja); descripción de la planta baja (abierta con objetos móviles genera alta vulnerabilidad a lesiones, mientras que, sin objetos móviles, la vulnerabilidad es moderada); materiales de construcción, edad, diseño, entre otros.
- » Datos sociológicos como la densidad de población o económicos como el uso de suelo (comercial, residencial, servicios), para evaluar la exposición.
- » Datos ambientales y físicos: existencia de barreras ante inundación, recubrimiento del suelo, tamaño de la zona intermareal.

Cada atributo es evaluado con una escala estandarizada y ponderado con factores que se han validado con casos reales y juicios de expertos (método Delphi).

Parámetros a evaluar

1. Número de plantas: Los edificios de varios pisos tienen una buena posibilidad de no sumergirse por completo en el agua y de promover la evacuación vertical. Se asigna la menor vulnerabilidad a los edificios con $s \geq 4$ y el más alto a los edificios con $s = 1$.
2. Materialidad: Edificios de hormigón armado resisten mejor los efectos del tsunami que otras tipologías de edificaciones.

3. Resistencia hidrodinámica planta baja: Los edificios con aberturas en la planta baja sufren un daño menor que otras tipologías de edificios.
4. Tipo de cimentación: Los edificios con cimentaciones profundas resisten mejor una inundación, que aquellos con cimentaciones superficiales.
5. Forma y orientación: Mayor vulnerabilidad en edificios rectangulares o "L" con mayor longitud perpendicular a la dirección del flujo. Vulnerabilidad baja en formas cuadrículas (reaccionan por igual a los flujos a pesar de la dirección del impacto).
6. Riesgo por objetos móviles: Entre más grandes y mayor cantidad, mayor es la vulnerabilidad.
7. Estado de conservación: edificaciones con mal estado técnico manifiestan mayor vulnerabilidad.
8. Edad: entre más antiguo es un edificio, mayor es su vulnerabilidad. La edad puede ser función del número de eventos en la zona, los cambios de normativa, cambios de tecnología, entre otros.
9. Línea de edificación: Número de estructuras ubicadas entre cada edificio y la costa es uno de los factores de protección más importantes contra el impacto del tsunami. Cuanto menor es el valor de este atributo, mayor es la vulnerabilidad.
10. Protección natural: arboles, dunas, humedales, elevaciones de terreno, disminuyen vulnerabilidad.
11. Protección costera: forma y altura del malecón, de acuerdo con la altura y grado de inclinación.
12. Muros perimetrales: se mide en porcentaje de elevación con respecto a la altura de inundación proyectada. Solo se consideran muros cerrados.

En la Tabla 2 se muestran los índices y atributos para la evaluación de la vulnerabilidad física utilizando el método de Papathoma y Dominey - Howes (2003). Los elementos de edad que se plantean se refieren a la norma chilena de construcciones sismorresistentes. En el caso de Cuba se tomarán en cuenta los años de puesta en vigor de las normas de diseño de estructuras sismorresistentes de 1999 y 2017. Esta decisión responde a que, aunque el peligro de tsunamis no ha sido considerado hasta la fecha en Cuba, las normas sísmicas cubanas han evolucionado, propiciando la construcción de estructuras más seguras.

Atributos	Índices						
	-1.0	-0.5	0	+0.25	+0.5	+0.75	+1.0
Vulnerabilidad estructural de la construcción (Bv)							
No. de plantas	5 ó más	4	3		2		1
Materialidad	Hormigón armado		Mampostería reforzada		Mampostería simple	Adobe	Madera o similares
Resistencia hidrodinámica del primer piso	Planta abierta	Planta abierta con ventanas	Planta abierta 50%		Planta cerrada con muchas ventanas		Planta cerrada
Tipo de cimentación	Profunda		Intermedia				Superficial
Forma y orientación	Forma 100% hidrodinámica		Forma 50% hidrodinámica				Forma poco hidrodinámica
Riesgo de Objetos móviles			Mínimo	Moderado	Promedio	Alto	Extremo
Estado de conservación	Muy bueno	Bueno	Promedio		Malo		Muy Pobre
Edad	Posterior a 2017		1999 - 2017				Anterior a 1999
Protección del edificio (Prot)							
Línea de la edificación			>10	7 - 10	4 - 6	2 - 3	1
Barreras naturales			Protección muy alta	Protección alta	Protección promedio	Protección moderada	Sin protección
Forma y altura del malecón			Vertical y >5 [m]	Vertical y de 3 a 5 [m]	Vertical y de 1,5 a 3 [m]	Vertical y de 0 a 1,5 [m] ó inclinado y de 1,5 a 3 [m]	Inclinado y de 0 a 1,5 [m] ó sin protección
Muro alrededor del edificio			La altura de la pared es del 80% al 100% de la profundidad del agua	La altura de la pared es del 60% al 80% de la profundidad del agua	La altura de la pared es del 40% al 60% de la profundidad del agua	La altura de la pared es del 20% al 40% de la profundidad del agua	La altura de la pared es de 0% a 20% de la profundidad del agua

Tabla 2. Índices y atributos para la evaluación de la vulnerabilidad física

Fuente: Autores, 2026, modificado de Contreras et al. (2019).

Los parámetros del 1–8 son considerados en la clasificación de la vulnerabilidad estructural de las edificaciones (B_v), los parámetros del 9 al 12 corresponden a la protección de las edificaciones ($Prot$). Se calcula la vulnerabilidad a la intrusión de agua (W_v) que es determinada por el número de niveles inundados (ver Ecuación 1) y se determina el grado de exposición a la profundidad del agua (E_x). Finalmente se calculan la vulnerabilidad estructural (S_v) (ver Ecuación 2) y la descripción del nivel de vulnerabilidad relativa (RVI) (ver Ecuación 3).

Ecuación 1

$$W_v = \frac{\text{Número de niveles inundados}}{\text{número total de niveles}}$$

Ecuación 2

$$S_v = B_v * E_x * Prot$$

Ecuación 3

$$RVI = \frac{2}{3} * S_v + \frac{1}{3} * W_v$$

Evaluación de la vulnerabilidad no estructural

Se evalúan, de forma cualitativa, las posibles afectaciones a las redes viales, redes eléctricas y de comunicación.

Evaluación de la vulnerabilidad socioeconómica

Se analizan los parámetros propuestos por Jaque et al. (2020), quienes consideran los siguientes elementos: la población expuesta, su nivel socioeconómico, ingresos mensuales, y sus actividades productivas. Se modifican los aspectos teniendo en cuenta las condiciones sociales y económicas de Cuba e, igualmente, se incluyen en el análisis socioeconómico la valoración de la existencia de obras importantes en el área, a decir: hoteles, fábricas, industrias e instalaciones con capacidad para alojar a más de 300 personas. En la Tabla 3 se muestran los parámetros a considerar en la evaluación.

Variables	Vulnerabilidad baja	Vulnerabilidad media	Vulnerabilidad alta
Población expuesta	≤ 10 % de la población vive o trabaja en la zona de inundación.	11 % - 25 % de la población vive o trabaja en la zona de inundación.	Más del 25 % de la población vive o trabaja en la zona de inundación.
Nivel socioeconómico de la población	Alto nivel de ingresos de la población (3260.00 pesos < per cápita por mes).	Nivel de ingresos que le permite cubrir satisfactoriamente sus necesidades (2100.00 pesos < per cápita por mes ≤ 3260.00 pesos).	Nivel de ingreso que solo cubre las necesidades básicas (1528.00 ≤ per cápita por mes ≤ 2100 pesos).
Tipo de actividad socioeconómica	Población que reside en el área, pero su actividad productiva está fuera de esta.	Población que reside y se desempeña en actividad de servicio en el área.	Población que reside en el área y su actividad productiva está relacionada con el mar.
Existencia en el área de objetivos de valor económico.	No existen	-	Existen instalaciones de turismo, industrias o fábricas que inciden en la economía del municipio.

Tabla 3. Variables de evaluación en el análisis de la vulnerabilidad socioeconómica
Fuente: Autores, 2026, modificada de Jaque et al. (2020).

Evaluación de la vulnerabilidad educativa

Jaque et al. (2013) consideran los siguientes elementos: conocimiento acerca del fenómeno de tsunami, zonas de seguridad y reacción durante la ocurrencia. Los autores de este trabajo proponen la inclusión del análisis de la existencia del plan de reducción de desastres relacionado con tsunamis y modifican la evaluación de cada aspecto en función de las características del tratamiento al tema de la reducción de desastres en Cuba. En la Tabla 4 se muestran las variables y parámetros considerados.

Variables	Vulnerabilidad baja	Vulnerabilidad media	Vulnerabilidad alta
Conocimiento del tema de inundación por tsunami	Población que es consciente y se encuentra preparada para enfrentar la eventual ocurrencia de un tsunami.	Población que estima que puede ocurrir un tsunami. Utiliza los medios de comunicación en preferencia la televisión y la radio para conocer el tema.	Población que valora como baja la probabilidad de ocurrencia de un tsunami que afecte la zona, y no posee mayor información del tema.
Existe el plan de reducción del riesgo de desastres	Existe y ha sido divulgado y debatido en las comunidades.	Existe, pero no ha sido divulgado. La población no lo conoce.	No existe.
Identificación de las zonas de seguridad y las vías de evacuación.	Están identificadas, de manera oficial, las zonas de seguridad y las vías de evacuación. La población posee un amplio conocimiento sobre ellas.	Están identificadas, de manera oficial, las zonas de seguridad y las vías de evacuación. La población posee conocimiento limitado sobre ellas.	No están identificadas, de manera oficial, las zonas de seguridad y las vías de evacuación o, de estarlas, la población no tiene conocimiento sobre ellas.
Reacción frente a la alarma por la probable ocurrencia de un tsunami.	Población que utiliza las vías de evacuación y se dirige a las zonas de seguridad identificadas.	Población que se dirige a las zonas que ella considera seguras.	Población que no sabe cómo enfrentar el evento tsunamigénico (espera en su hogar).

Tabla 4. Variables para la evaluación de la vulnerabilidad educativa

Fuente: Autores, 2026, modificada de Jaque et al. (2013).

RESULTADOS

Evaluación de la vulnerabilidad física

Las edificaciones emplazadas en el área de inundación corresponden a diferentes sectores, a decir:

- » Sector social: Campamento de refugiados internacionales.
- » Sector patrimonial: Faro Punta de Maisí y casas de los fareros.
- » Sector del turismo: Islazul Villa Punta de Maisí.
- » Sector ciencia y medio ambiente: Estación meteorológica y Estación biológica
- » Sector residencial: Viviendas unifamiliares.

Caracterización de las edificaciones expuestas al peligro de tsunamis

Campamento de refugiados internacionales

Constituido, en su mayoría, por naves y edificaciones de mampostería simple con cubierta ligera de tejas de asbesto cemento. Poseen configuración rectangular en planta y se encuentran dispersas en el área (ver Figura 3a).

Faro Punta de Maisí y casas de los fareros

La torre del Faro de Punta de Maisí posee una altura de 121,9 pies (\approx 37 metros). Su potencia es de 3790 bujías y tiene un alcance geográfico de 17,7 millas. Su luz es blanca y posee ocultaciones en grupo de tres; alternada con una ocultación simple de cada 20 segundos. La torre fue construida con sillería durante cinco años, culminando su construcción el 19 de noviembre de 1862 (ver Figura 3b)¹.

Contiguas al faro se encuentran las viviendas de los encargados de la vigilancia (tres fareros con sus familias). Estas edificaciones poseen tipología de mampostería, de un nivel estructural, cubierta ligera con tejas de zinc y de barro (ver Figura 3c). Se observan columnas de hormigón de pequeña sección en algunos casos.

Islazul Villa Punta de Maisí

Compuesta por edificaciones de diversas tipologías constructivas.

- » Ranchón de madera conformado por varios módulos con horcones y vigas de palos rollizos, cubierta de guano, sin paredes y levantados sobre el terreno (ver Figura 3d).
- » Oficinas administrativas y cafetería de pórticos y losa de cubierta de hormigón armado (ver Figura 3e).

1. https://www.ecured.cu/Faro_de_Punta_de_Maisi

- » Cabañas con elementos de cierre metálicos y cubierta ligera. Poseen un nivel estructural y están agrupadas en forma de U alrededor de un área central (ver Figura 3f).

Estación meteorológica

Edificación construida con la tipología Sandino, un nivel estructural con puntal de aproximadamente 2.70 metros, configuración en planta rectangular. La cubierta es una losa de hormigón armado (ver Figura 3g). Posee estado técnico entre regular y bueno. Existe además una edificación de mampostería con cubierta de losa de hormigón armado, de planta cuadrada, donde se ubica el grupo electrógeno, y que posee estado técnico bueno.

Estación biológica

Actualmente en construcción para su uso como estación para investigaciones relacionadas con la Flora y Fauna. Construida de madera, con tablas y palos rollizos, con cubierta de pencas de guano y conformada por varias edificaciones (ver Figura 3h).



Figura 3. Instalaciones ubicadas en el área de inundación

Fuente: Autores, 2026.

Notas: a) Campamento de refugiados internacionales. b) Faro Punta de Maisí. c) Casas de los fareros. d) Cabañas de la Villa Punta de Maisí. e) Ranchón de madera de la Villa Punta de Maisí. f) Oficinas administrativas y cafetería de la Villa Punta de Maisí. g) Estación meteorológica. h) Estación biológica.

Viviendas unifamiliares

29 viviendas de madera (ver Figura 4a) y de mampostería simple (sin refuerzo ni confinamiento) (ver Figura 4b y 4c) con cubierta ligera con tejas de zinc y/o asbesto cemento, con estado técnico regular y malo. La distribución de las viviendas no es uniforme, se ubican en el área de inundación de manera desorganizada. Muchas de estas edificaciones fueron construidas por esfuerzo propio de sus propietarios sin los requisitos de diseño adecuados. La población se estima en 97 personas.

Petrocasas (ver Figura 4d). Construidas a partir del 2016, constituidas de piezas prefabricadas a base de policloruro de vinilo (PVC) rellenos de hormigón simple. La cubierta es de tejas de zinc galvanizado y la carpintería de aluminio y cristal. Están ubicadas en líneas uniformes. Se analizan las viviendas emplazadas en las dos primeras líneas, con respecto a la inundación, con 11 y 13 viviendas respectivamente. La población de este barrio se estima en 96 personas.

Igualmente, se tiene en cuenta la evaluación cualitativa de la vulnerabilidad del cementerio de la localidad, que ocupa un área de 5018 m² y está ubicado a aproximadamente 40 metros de la línea de costa.

En la Tabla 5 se muestran los resultados del análisis de la vulnerabilidad física.



Figura 4. Viviendas ubicadas en el área de inundación
Fuente: Autores, 2026.
Notas: a) Vivienda de madera. b y c) Viviendas de mampostería simple. c) Petrocasas.

No.	Descripción	Altura (m)	Vulnerabilidad
1	Campamento de refugiados internacionales	7.36	Muy alta
2	Faro de Punta de Maisí o La Concha	7.20	Muy alta
3	Casa de los Fareros	6.03	Muy alta
4	Cementerio	5.69	Muy alta
5	Ranchón de la Villa Punta de Maisí	5.48	Muy alta
6	Edificios administrativos Villa Punta de Maisí	4.79	Muy alta
7	Cabañas de la Villa Punta de Maisí	3.33	Muy alta
8	Estación biológica	3.68	Muy alta
9	Viviendas	2.60	Muy alta
10	Viviendas	1.90	Alta
11	Viviendas	1.22	Alta
12	Viviendas	0.91	Moderada
13	Viviendas	1.66	Alta
14	Petrocasas primera línea	0.98	Media
15	Viviendas	0.70	Menor
16	Petrocasas segunda línea	0.26	Menor
17	Centro Meteorológico	0.13	Menor
18	Viviendas	0.13	Menor
19	Viviendas	0.12	Menor
20	Viviendas	0.12	Menor

Tabla 5. Resultados del análisis de la vulnerabilidad física
Fuente: Autores, 2026.

Evaluación de la vulnerabilidad no estructural

En el área de inundación se encuentran ubicados algunos de los postes de madera que sostienen las redes de transmisión eléctrica y de comunicaciones (ver Figura 5a y 5b). Estas

redes se verán afectadas por las olas del tsunami. Igualmente, las vías de comunicación, que garantizan la circulación, serán afectadas por la inundación (Figura 5c). Por tanto, la vulnerabilidad no estructural se clasifica como “alta”.

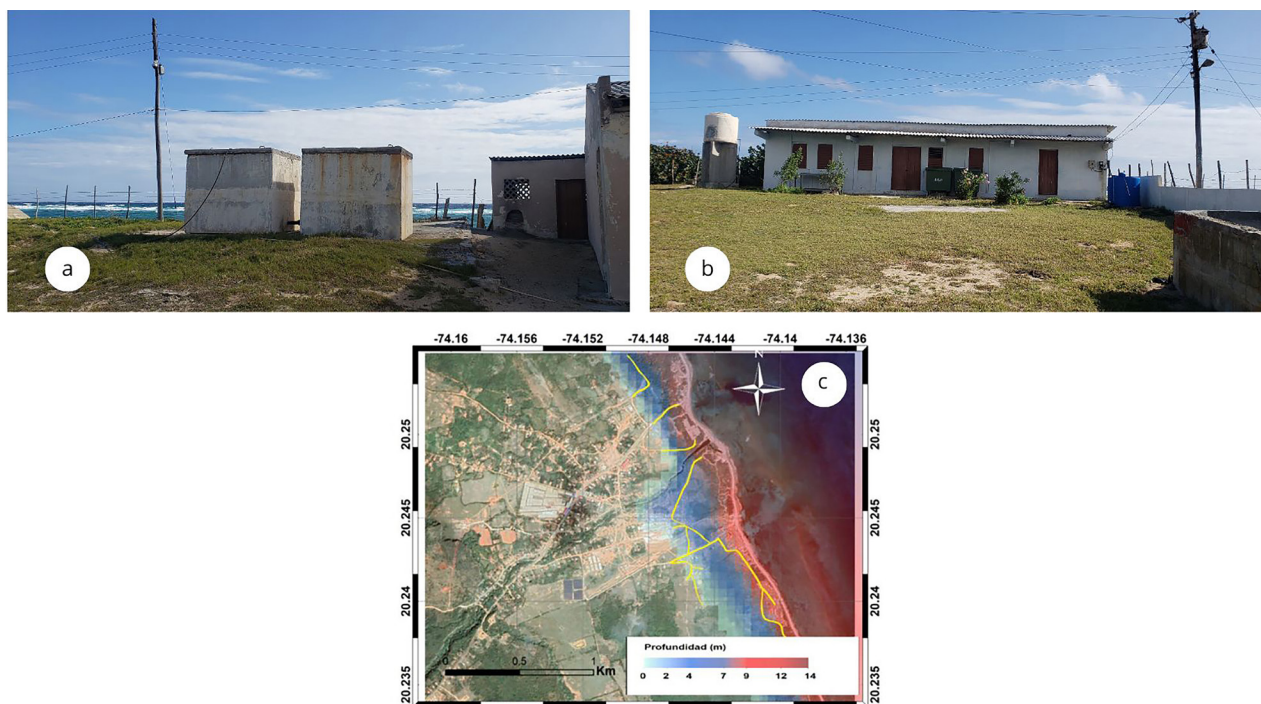


Figura 5. Redes eléctricas y comunicaciones en áreas de inundación

Fuente: Autores, 2026.

Notas: a y b) Postes que sostienen redes eléctricas y de comunicación. c) Resaltadas en amarillo las principales vías de comunicación ubicadas en el área de inundación.

Evaluación de la vulnerabilidad socioeconómica

El total de habitantes, según información del Administrador de la bodega de abastecimiento que presta servicio al Consejo popular Punta de Maisí, ubicado en la primera terraza marina y confirmada con el Presidente del Consejo popular y la trabajadora social del área, es de 1419 personas, distribuidos en 434 núcleos de consumidores. Considerando a los trabajadores y posibles clientes de la Villa Punta de Maisí (63 personas), a los trabajadores de las estaciones meteorológica y biológica (6 y 10 personas respectivamente), a los refugiados internacionales (máxima capacidad de 341 personas) y a los fareros y sus familias (13 personas), el total de población a considerar en el análisis es de 1852 personas.

Por tanto, la población que reside (193 personas) y trabaja o se aloja (población flotante de 433 personas) en el área de inundación, constituye el 33.8 % del total de individuos que habitan en el Consejo popular Punta de Maisí.

Dada la complejidad de conocer los salarios de cada uno de los habitantes y trabajadores en el área de inundación, se llegó a la conclusión, teniendo en cuenta los trabajos declarados por las personas encuestadas, que la mayoría de los salarios son próximos al salario medio (3260.00 pesos).

La mayoría de la población que reside en la zona se desempeña en actividades de servicio en el territorio.

Existen en el área de inundación objetivos de valor económico, patrimonial y social (Villa Punta de Maisí, Campamento de refugiados internacionales, Faro Punta de Maisí, Estación biológica y Estación meteorológica). Se pudo conocer, de parte de las autoridades de algunas de estas entidades, el valor económico de los inmuebles, específicamente de la Villa y la Estación Biológica, que ascienden a \$ 550,000 y \$ 60,000 (en Moneda Nacional, Cuba), respectivamente.

Teniendo en cuenta los aspectos valorados, se evalúa de “alta” la vulnerabilidad socioeconómica.

Evaluación de la vulnerabilidad educativa

Se realizaron encuestas y entrevistas a los pobladores y trabajadores de la zona ubicada en el área de inundación. Se pudo constatar que la percepción de la población de Punta de Maisí, con relación al peligro de tsunamis, es de moderada a alta. Los pobladores saben cómo actuar ante la alarma de tsunami.

No existe el Plan de reducción de desastres ante el peligro de tsunamis y no están identificadas ni señalizadas, de manera oficial, las zonas seguras ni las vías de evacuación. Sin embargo, los pobladores y trabajadores del área conocen los lugares más elevados y, ante alarmas previas han acudido a ellos para salvaguardarse. Por tanto, la vulnerabilidad educativa se clasifica de “media”.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La vulnerabilidad física se clasifica entre muy alta y alta en el 45 % y 15 % de las edificaciones estudiadas, respectivamente, entre las cuales, prevalecen edificaciones de madera y mampostería simple que presentan menor resistencia a la fuerza del agua. Igualmente inciden parámetros relacionados con la ausencia de protección natural y/o muros perimetrales.

La vulnerabilidad del cementerio se considera muy alta debido a que la altura del agua alcanza valores superiores a los 5 metros, por consiguiente, toda el área es afectada.

El 100 % de las edificaciones posee un solo nivel estructural, por tanto, es imposible promover la evacuación vertical.

El 95 % de las edificaciones presenta fachada cerrada con ventanas, elemento que incide en su elevada vulnerabilidad. Asimismo, la cimentación del 100 % de los inmuebles es superficial por lo que su resistencia a la inundación es menor.

Por otra parte, la mayoría de las edificaciones fueron construidas antes de 1999 (55 %). Aun, cuando el código considerado en el análisis se refiere al diseño sismorresistente, es válido suponer que las edificaciones diseñadas con los criterios actuales, aprobados en el año 2017, son menos propensas a ser dañadas por la fuerza del agua. Por tanto, este parámetro incrementa su nivel de vulnerabilidad. La Estación meteorológica, la segunda línea de Petrocasas y las viviendas cercanas a la estación meteorológica, que se encuentran en una zona de inundación con altura de agua menor de 1 metro, manifiestan una vulnerabilidad menor, debido, principalmente, a su ubicación en una zona con menor exposición. La Estación meteorológica y las Petrocasas poseen, además, tipologías constructivas con mejor comportamiento esperado ante la fuerza del agua.

Desde el punto de vista social, dada la cantidad de viviendas ubicadas en el área de inundación, además de la Villa Punta de Maisí, las viviendas de los fareros y el campamento de refugiados internacionales, se considera que el número de personas que puede ser afectado es significativo (33.8 %), por lo tanto, la vulnerabilidad socioeconómica es alta. En este resultado también incide la existencia de una instalación de turismo en la zona.

Con relación a la preparación y percepción del riesgo de la comunidad, en su mayoría, los habitantes consideran que la probabilidad de ser afectados por las olas de un tsunami provocado por un sismo de la Falla Norte de La Española, es baja, debido a la altura que posee la costa. Sin embargo, la mayoría sabe cómo actuar ante la alerta de tsunami por lo que la vulnerabilidad educativa es evaluada de media.

Por otra parte, la población manifiesta irregularidades en el sistema de avisos ante la ocurrencia de eventos naturales que pueden afectar la zona. Hechos relacionados con falsas alarmas de tsunamis, a partir de la ocurrencia de sismos fuertes en zonas cercanas, han provocado reacciones inadecuadas por parte de la población.

De estos resultados se desprende la necesidad de implementar un sistema de alerta temprana que incluya los siguientes elementos (PNUD República Dominicana, 2016 e Indeci, 2017):

- » Conocimiento del peligro.
- » Servicio de seguimiento o monitoreo y alerta.
- » Difusión y comunicación de la alerta.
- » Capacidad de respuesta comunitaria.

Entre las acciones principales recomendadas por estos autores, a ser implementadas en el área estudiada, se consideran las siguientes:

1. Implementar sistemas redundantes de comunicación para la recepción y diseminación de la información haciendo uso de recursos propios de las comunidades, tales como: radios, teléfonos, sirenas, bocinas, megáfonos, Facebook, X y correos electrónicos.
2. Difundir el mapa de inundación por tsunamis a través de afiches, paneles y volantes. Empezar en colegios, instituciones públicas y organizaciones sociales. Realizar esta actividad todo el año.
3. Fortalecimiento de la capacidad de respuesta a nivel local a partir de promover la participación responsable de la comunidad, autoridades e instituciones de primera respuesta en los simulacros de sismo y tsunami. Poner en práctica y evaluar los planes y protocolos establecidos.
4. Organizar talleres sistemáticos con la finalidad de incrementar la resiliencia de la comunidad a través de la preparación para la respuesta de la población.
5. Identificar y señalar las rutas de evacuación y zonas seguras en caso de tsunamis.
6. Elaborar el plan familiar de emergencia para garantizar que cada familia de la comunidad cuente con este instrumento y siga las recomendaciones del órgano de Defensa Civil durante las etapas de Preparación, Respuesta y Recuperación.
7. Evaluar el tiempo de evacuación en caso de tsunami para garantizar la llegada de todos los pobladores a los puntos de reunión.
8. Identificar, durante la evacuación, las necesidades o apoyos especiales que necesitará la población más vulnerable identificada en la comunidad.

CONCLUSIONES

El Consejo popular (demarcación física determinada por subdivisiones de un municipio) más afectado por las inundaciones que puede producir un tsunami en el municipio Maisí es Punta de Maisí. El análisis de la vulnerabilidad física arroja que, en el 60 % de las edificaciones ubicadas en el área de inundación, se clasifica como muy alta y alta debido a que predominan tipologías constructivas con poca capacidad para soportar la fuerza del agua (madera y mampostería simple), así como la ausencia de muros perimetrales y de protección natural y costera.

Por otra parte, las vulnerabilidades no estructural y socioeconómica son elevadas debido a la alta probabilidad de que las olas afecten las redes viales y a las redes de transmisión eléctrica y de comunicaciones e, igualmente, a que la cantidad de personas que pueden ser afectadas es significativo (33.8 %). También incide la existencia de una instalación de turismo, que genera significativos ingresos, en la zona de inundación. Sin embargo, la vulnerabilidad educativa es media, ya que, aunque la población sabe cómo actuar ante la alarma de tsunami, posee una percepción errónea, que minimiza su apreciación sobre la afectación que puede sufrir la zona por este fenómeno.

Los resultados confirman la necesidad de un sistema de alerta temprana que incluya sistemas de aviso y actividades de capacitación a la población, para garantizar la adopción de normas de conductas adecuadas ante la ocurrencia de este fenómeno. El reasentamiento de viviendas, instalaciones y el cementerio, emplazados actualmente en las zonas de mayor inundación; la utilización de tipologías más resistentes (pórticos de hormigón armado, petrocasas); el diseño de edificaciones con más de un nivel estructural para propiciar la evacuación vertical y el rediseño de las redes eléctricas, de comunicación y viales, son medidas imprescindibles para evitar la pérdida de vidas humanas y los daños materiales que puede provocar un tsunami en la zona estudiada.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el proyecto de investigación "Gestión del riesgo de tsunamis en Cuba e implementación de un sistema de alerta temprana" asociado al programa sectorial del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) de Cuba: Desarrollo de Investigaciones Sismológicas Aplicadas (DISA), liderado por el Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas. Para su realización fue significativo el apoyo de las autoridades del municipio Maisí y de la trabajadora social que atiende el Consejo popular.

REFERENCIAS

- Álvarez, L., Chuy, T., Cotilla, M. & Rubio, M. (1985). Estudio de la sismicidad de la región del Caribe y estimación preliminar de la peligrosidad sísmica en Cuba. Informe Final Tema 31001, Fondos del CENAI, 600 pp.
- Álvarez, L., Chuy, T., García, J., Moreno, B., Álvarez, H., Blanco, M., Expósito, O., González, O. & Fernández, A.I. (1999). An earthquake catalogue of Cuba and neighbouring areas, ICTP Internal Report IC/IR/99/1, Miramare, Trieste, 60 pp.
- Arango Arias, E.D. (2014). *Análisis sismotectónico del territorio oriental de Cuba a partir de la integración del modelo de corteza 3D de datos gravimétricos con datos sismológicos y geodésicos* (Tesis de Doctorado). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. México.
- Arango Arias, E.D. (2015). Tsunamis. Causas y peligros para Cuba y el Norte del Caribe. XI Congreso Cubano de Geología. Simposio de Riesgo Geológicos y Sismicidad, 8 pp.
- Ávila Barrientos, L., Pérez Flores, M.A., Arango Arias, E.D. & Batista Rodríguez, J.A. (2019). Evaluación sismotectónica del sureste de Cuba en el contexto geodinámico del norte del Caribe. *GEOS*, 39(1), 1-15.
- Benford, B., DeMets, C. & Calais, E. (2012). GPS estimates of microplate motions, northern Caribbean: evidence for a Hispaniola microplate and implications for earthquake hazard, *Geophys. J. Int.*, 191, 481-490. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2012.05662.x>
- Calais, E., González, O.F., Arango Arias, E.D., Moreno, B., Palau, R., Cutié, M., Díez, E., Montenegro, C., Rodríguez Roche, E., García, J., Castellanos, E. & Symthe, S. (2023). Current deformation along the northern Caribbean plate boundary from GNSS measurements in Cuba. *Tectonophysics* 868: 230068.
- Colectivo de autores. (2011a). Informe de los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgos de la provincia Guantánamo: afectaciones por fuertes vientos. Fondos de la Delegación Territorial del CITMA Guantánamo y de la Agencia de Medio Ambiente CITMA.
- Colectivo de autores. (2011b). Estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo de desastres por penetración del mar. Municipio Maisí. Fondos de la Delegación Territorial del CITMA Guantánamo y de la Agencia de Medio Ambiente CITMA.
- Contreras López, M., Araya, P., Figueroa Sterquel, R., Breuer, W.A., Igual, F., Larraguibel González, C. & Oberreuter, R. (2019). Evaluación de la vulnerabilidad ante tsunamis para el sector turismo en Valparaíso, Chile, *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 3(1), 5-23. <https://doi.org/10.55467/reder.v3i1.20>
- Córdova López, L.F., Sánchez Cruz, Y. & Castellano Abella, E. (2013). Simulation of tsunamis on the banks of the island of Cuba, generated by landslides. *Water Technology and Sciences* (in Spanish). IV (5), November-December 2013, pp. 19-32.
- Cotilla, M.O., Franzke, H.J. & Cordoba, D. (2007). Seismicity and seismoactive faults of Cuba. *Russian Geology and Geophysics*, 48, 505-522.
- Cotilla Rodríguez, M.O. (2011). ¿Tsunamis en Cuba? *Física de la Tierra*, 23(1), 173-197. http://dx.doi.org/10.5209/rev_FITE.2011.v23.36918
- Dall'Osso, F., Gonella, M., Gabbianelli, G., Withycombe, G. & Dominey Howes, D. (2009). A revised (PTVA) model for assessing the vulnerability of buildings to tsunami damage. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9(5), 1557-1565. <https://dx.doi.org/10.5194/nhess-9-1557-2009>
- DeMets, C., Jansma, P. E., Mattioli, G. S., Dixon, T. H., Farina, F., Bilham, R., Calais, E. & Mann, P. (2000). GPS geodetic constraints on Caribbean-North America plate motion. *Geophysical Research Letters* 27, 437 - 440. <https://doi.org/10.1029/1999GL005436>
- Fritis, E., Izquierdo, T. & Abad, M. (2018). Assessing the tsunami building vulnerability PTVA-3 and PTVA-4 models after the 16S 2015 event in the cities of Coquimbo-La Serena (Chile), *Natural Hazards and Earth System Science*, 18(6), 1703-1716.
- García, J.A., Slejko, D.; Álvarez, L., Peruzza, L. & Rebez, A. (2003). Seismic hazard maps for Cuba and surrounding areas, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 93(6), 2563-2590.
- González, B., Chuy, T.J. & Iturralde Vinent, M.A. (2009). Riesgos naturales de origen geológico. Capítulo 7, pp - 82 - 103. En Iturralde Vinent, M.A. (Editor). *Geología de Cuba para todos*. La Habana: Editorial Científico-Técnica. 150 p.

- Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) – CEPIG. (2016). Informe de estimación de riesgo ante tsunamis de la caleta VILA VILA, distrito de Sama – Tacna. Lima. Perú.
- Iturralde Vinent, M. A. (1996). Geología de las ofiolitas de Cuba. En: Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba. First Contribution IGCP Project 364, 83-120.
- Iturralde Vinent, M. A. (2017). Huracanolitos, eventos de oleaje extremo y protección de las obras costeras. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 7(2), 4 – 10.
- Jaquie Castillo, E., Contreras, A., Ríos, R. & Quezada Flory, J. (2013). Evaluación de vulnerabilidad ante tsunami en Chile Central. Un factor para la gestión local del riesgo. *Revista Geográfica Venezolana*, 54(1), 47-65. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=347730394004>
- Jaquie Castillo, E., Astudillo Reyes, L., Espinoza, S. & Christian Braun, A. (2020). Evaluación de la vulnerabilidad social pos-tsunami 2010 en caleta tumbes (Chile). A través del modelo “presión y descompresión”. *Urbano (Concepción)*, 23(41), 130-151. <https://dx.doi.org/10.22320/07183607.2020.23.41.07>
- Mann, P., Taylor, F. W., Lawrence, E. & Lung, T. (1995). Actively evolving microplate formation by oblique collision and sideways motion along strike-slip faults. An example from the northeastern Caribbean plate margin. *Tectonophysics*, 246, 1-69.
- Matos, F. (2017). Boulders in Cuba: hurricanes or tsunamis? Project Paleotempestología en Cuba: variabilidad espacio-temporal de la actividad de huracanes usando proxy data. Recuperado de <https://doi.org/10.13140/rg.2.2.17717.88809>
- Matos, F., Peros, M., Rodríguez, Y., Hernández Fernández, L. & Guash, F. (2018). Depósitos de huracanolitos en Jardines de la Reina (Cuba) provocados por oleajes extremos: ¿paleohuracanes o paleotsunamis? XI Congreso de Ciencias del Mar, MarCuba 2018. Palacio de Convenciones, Cuba.
- Matos, F., León, A., Seco, R. & Charles, M. (2023). Distribución espacial de huracanolitos en las costas de Cuba. *Minería y Geología*, 39(1), 1-14.
- Moreno, B., Arango, E.D. & González, O.F. (2021). Informe de estudio de peligro ante tsunamis. Proyecto sectorial: Gestión del riesgo de tsunamis en Cuba e implementación de un sistema de alerta temprana. Código: PS211SC001-01. Salida 1: Peligro de tsunami de las costas de Cuba mediante el programa Tsunawi. Fondos del Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas y de la Agencia de Energía Nuclear y Tecnología de avanzada (AENTA).
- Papathoma, M. & Dominey - Howes, D. (2003). Tsunami vulnerability assessment and its implications for coastal hazard analysis and disaster management planning, Gulf of Corinth, Greece. *Natural Hazards and Earth System Science*, 3(6), 733-747.
- PNUD República Dominicana (2016). Guía para la operación del sistema de alerta temprana frente a tsunamis. Proyecto: Acciones que salvan vidas: preparación ante desastres y reducción del riesgo sísmico y de tsunamis en la costa sur.
- Rubio, M. (1982). Ocurrencia de tsunamis en el Caribe. *Investigaciones Sismológicas en Cuba*, 2, 170-180.
- Symithe, S., Calais, E., de Chabaliere, J.B., Robertson, R. & Higgins, M. (2015), Movimientos de bloques actuales y acumulación de deformación en fallas activas en el Caribe. *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 120, 3748-3774. <https://doi:10.1002/2014JB011779>
- Tada, R., Nakano, Y., Iturralde Vinent, M.A., Yamamoto, S., Kamata, T., Tajika, E., Toyoda, K., Kiyokawa, S., García Delgado, D., Oji, T., Goto, K., Takayama, H., Rojas, R. & Matsui, T. (2002). Complex tsunami waves suggested by the Cretaceous-Tertiary boundary deposit at the Moncada section, western Cuba, in Koeberl, C., and MacLeod, K.G., eds., *Catastrophic Events and Mass Extinctions: Impacts and Beyond: Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 356*, 109-123.
- Teeuw, R., Rust, D., Solana, C., Dewdney, C. & Robertson, R. (2009), Large Coastal Landslides and Tsunami Hazard in the Caribbean, *Eos Trans. AGU*, 90(10), 81-82. <https://doi:10.1029/2009EO100001>
- Vega Garriga, N. (2022). Evolución geológica del archipiélago cubano: Génesis de sus principales fallas regionales, *Minería y Geología*, 36(2), 172-187.