



Indicadores para la zonificación y construcción de una escala de vulnerabilidad geomorfológica de la costa manabita (Ecuador) ante eventos de tsunami

Williams Méndez¹, Kervin Chunga¹, Gloria I. López², Theofilos Toulkeridis³, Carlos Martillo⁴, María Quiñónez⁵, Bernardo Romero¹

¹Universidad Técnica de Manabí – UTM (Portoviejo, Ecuador); ²Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana – CENIEH (Burgos, España); ³Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE (Quito, Ecuador); ⁴Escuela Superior Politécnica del Litoral (Guayaquil, Ecuador); ⁵Secretaría de Gestión de Riesgos (Guayaquil, Ecuador)

INTRODUCCIÓN

El borde continental occidental de Suramérica es definido por un límite de placas convergentes, en el cual la corteza oceánica Nazca subduce debajo de la corteza continental Suramericana y del bloque norandino (Yepes et al., 2016; Meltzer et al., 2019). Esta condición geodinámica, determina una alta sismicidad para la región, caracterizada por la ocurrencia de eventos sísmicos de magnitudes importantes (Chunga et al., 2016; Chunga et al., 2017) (Figura 1). La mayor frecuencia de eventos sísmicos en territorio ecuatoriano, ha tenido sus epicentros en la región costera (Figura 1), con un número importante en plataforma continental y piso oceánico (Chunga et al., 2018), por lo que, las probabilidades de ocurrencia de tsunamis son bastante altas (Contreras, 2013; Ioualalen et al., 2018).



Fig. 1. Marco geodinámico-tectónico y sismicidad en Ecuador

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza en la costa ecuatoriana sobre el océano Pacífico, específicamente, la correspondiente al margen costero de la provincia Manabí (Figura 2), la cual se extiende desde Cojimies (canton Pedernales) como localidad más septentrional, hasta Ayampe (canton Puerto López) como localidad más meridional.

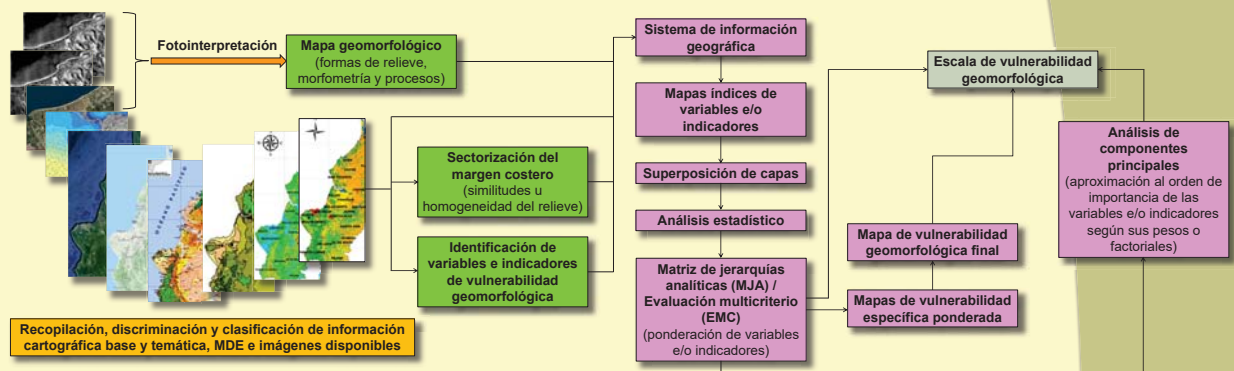


Fig. 2. Localización del área de estudio

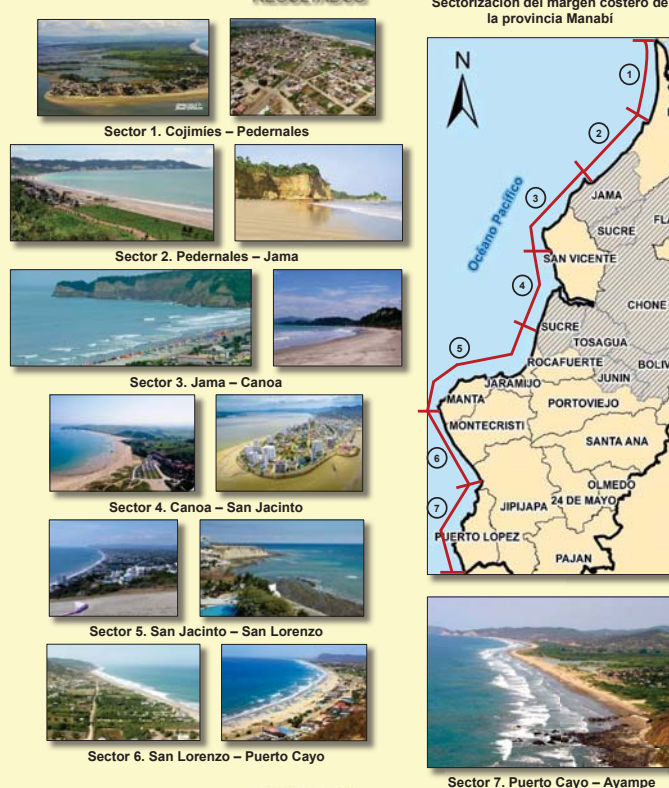
OBJETIVO

Sistematizar un conjunto de indicadores para la zonificación y construcción de una escala de vulnerabilidad geomorfológica de la costa manabita ante eventos de tsunamis, herramienta que coadyuvará a fortalecer los planes de evacuación y de gestión de riesgos asociados a esta amenaza.

METODOLOGÍA



RESULTADOS



Variables e indicadores de vulnerabilidad geomorfológica

Variables	Indicadores
Hidrodinámica litoral	Rango de marea Régimen de marea Altura del oleaje Dirección del oleaje Frecuencia del oleaje
Geología	Litología Estructuras Densidad de fracturamiento Grado de meteorización Grado de erodabilidad de la roca Disponibilidad de sedimentos Tamaño del sedimento
Formas de relieve continentales	Morfología Geomorfología Pendientes Desniveles Altitudes Orientación
Formas de relieve submarinas	Morfología Geomorfología Pendientes Desniveles Profundidades
Vegetación	Formación vegetal Cobertura Densidad Estratificación Altura del dosel
Uso actual de la tierra	Tipo de uso Infraestructura

Modelo de MJA para la ponderación de variables intervinientes en la vulnerabilidad geomorfológica de la costa ante eventos de tsunami

(X)	Hidrodinámica litoral	Geología	Formas de relieve continentales	Formas de relieve submarinas	Vegetación	Uso actual de la tierra	(X)	(X)	Peso relativo
Hidrodinámica litoral	1								
Geología		1							
Formas de relieve continentales			1						
Formas de relieve submarinas				1					
Vegetación					1				
Uso actual de la tierra						1			

Escala de valoración para estimar el coeficiente a asignarle a cada una de las variables consideradas en la MJA

Importancia	Definición	Descripción
1	Igual preferencia	Los dos criterios (x, y) contribuyen de igual manera a la vulnerabilidad geomorfológica de un determinado sector costero, ante eventos de tsunami
2	Moderada preferencia	Pasadas experiencias favorecieron ligeramente al criterio (x) sobre el (y)
3	Fuerte preferencia	Prácticamente la dominancia del criterio (x) sobre el (y) está demostrada
4	Absoluta preferencia	Existen evidencias que determinan la supremacía del criterio (x)

Modelo de categorías de vulnerabilidad geomorfológica ante eventos de tsunami, para mapas de vulnerabilidad específica ponderada y final

Valor	Rango	Categoría de vulnerabilidad geomorfológica	Color
1	Depende de cada variable	Muy bajo	
2	Depende de cada variable	Bajo	
3	Depende de cada variable	Medio	
4	Depende de cada variable	Alto	
5	Depende de cada variable	Muy alto	

CONCLUSIONES

Se han definido de manera preliminar, siete tramos a lo largo de la línea de costa de la provincia Manabí, para los cuales se discuten, como una primera aproximación, sus niveles de vulnerabilidad geomorfológica, siendo los más susceptibles Cojimies – Pedernales, Canoa – San Jacinto y San Jacinto – San Lorenzo, condicionados, principalmente, por la presencia significativa de áreas dominadas por formas de relieve bajas, de topografía llana y escasa pendiente. El proceso de ponderación de los indicadores, la construcción de la escala y del modelo matemático, permitirán una valoración más aproximada de los niveles de vulnerabilidad geomorfológica del margen costero en estudio.

REFERENCIAS

- Chunga, K., Livio, F., Mulas, M., Ochoa, F., Besereton, D., Ferraro, M., y Michelli, A. (2018). Earthquake ground effects and intensity of the 16 April 2016 Mw 7.8 Pedernales, Ecuador, earthquake: Implications for the source characterization of large subduction earthquakes. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 108 (6), 3384-3397. <https://doi.org/10.1785/BSSA-108.00561>
- Chunga, K., Quiñónez, M., Huaman, F., Besereton, D., Mulas, M., Garcés, D., Larrea, E., Goshkov, A., y Michelli, A. (2016). Geología de terremotos y tsunamis. Quito, Ecuador: Instituto Panamericano de Geografía e Historia.
- Chunga, K., Toulkeridis, T., Vera, X., Gálvez, M., Cahuana, N., y Álvarez, A. (2017). Review of earthquakes and tsunami records and characterization of capable faults on the northwestern coast of Ecuador. *Science of Tsunami Hazards*, 36 (3), 100-127.
- Contreras, M. (2013). Cronología de tsunamis en Ecuador desde 1586 a 2012. *Revista La Técnica*, 11, 50-59.
- Gómez, M., y Ballester, J. (2005). Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. Madrid, España: Ra-Ma.
- Ioualalen, M., Pazmino, N., Rentería, W., Charvis, P., Solís, G., Delouis, B., Nath, J., Gómez, H., Córdova, J., y Burbano, L. (2018). Analysis of tsunami tide gauge records following the 2016 Ecuadorian earthquake and tsunami. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, 144 (2), 06017004-8. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1080-4069\(2018\)144:2\(06017004-8\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1080-4069(2018)144:2(06017004-8))
- Meltzer, A., Beck, S., Ruiz, M., Hoskins, M., Soto, L., Slacik, J., Lynner, C., Porritt, D., Alvarado, A., Hernández, S., Yepes, H., Charvis, P., Font, Y., Regnier, M., Aguirre, H., Retzsch, A., Lado, S., y Mercader, E. (2019). The 2016 Mw 7.8 Pedernales, Ecuador, Earthquake: Rapid response deployment. *Seismological Research Letters*, 90 (3), 1346-1354. <https://doi.org/10.1785/SRLR-2018-0044>
- Saaty, T. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48 (1), 9-26. [https://doi.org/10.1016/0377-2216\(90\)00073-7](https://doi.org/10.1016/0377-2216(90)00073-7)
- Saaty, T. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1 (1), 83-88.
- Yepes, H., Audin, L., Alvarado, A., Basualto, C., Aguilar, J., Font, Y., y Cotton, F. (2016). A new view for the geodynamics of Ecuador: Implication in seismogenic source definition and seismic hazard assessment. *Tectonics*, 35, 1249-1279. <https://doi.org/10.1002/2015TC004641>