



Proyecto de Resiliencia en Ciudades Costeras y Acción Contra el Calor Extremo

Fichas Informativas sobre Riesgos Costeros en Ciudades #5

Marejada Ciclónica

Junio 2024



Marejada Ciclónica en las Ciudades

[¿Qué son las](#)

[Marejadas Ciclónicas?](#)

[Causas de las](#)

[Marejadas Ciclónicas](#)

[¿Cómo impacta el Cambio Climático a las](#)

[Marejadas Ciclónicas?](#)

[¿De qué forma afectan las Marejadas Ciclónicas a los sistemas de la ciudad?](#)

[Estrategias de Adaptación ante las Marejadas](#)

[Ciclónicas](#)

[Casos de Estudio](#)

¿Qué son las Marejadas Ciclónicas?

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) define la marejada ciclónica como un aumento repentino y significativo del nivel del mar a lo largo de una costa causado principalmente por los fuertes vientos y la baja presión asociados con un ciclón tropical (como un huracán o un tifón).ⁱ Durante los últimos 200 años, 2,6 millones de personas pueden haberse ahogado durante los episodios de oleaje.ⁱⁱ

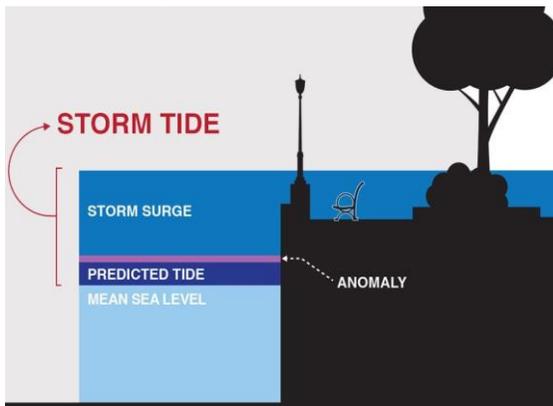


Figura 1: Figura que ilustra la diferencia en el nivel del agua durante la marejada ciclónica, la marea alta normal y el nivel del mar (Fuente: Administración Nacional Oceánica y Atmosférica)

El Informe especial del IPCC sobre el océano y la criósfera en un clima cambiante ⁱⁱⁱ concluyó que. 1) la proporción de tormentas que alcanzan niveles de Categoría 4 a 5 puede aumentar (conferencia media) y que la intensidad promedio de las tormentas aumentará (aproximadamente entre un 1% y un 10%, suponiendo un aumento de la temperatura global de 2°C) (nivel de confianza bajo), 2) Las tasas promedio de precipitación de tormentas (para una tormenta determinada) aumentarán al menos un 7% por cada grado Celsius de calentamiento de la TSM, debido a un mayor contenido de vapor de agua atmosférico (confianza media) y 3) el aumento del nivel del mar conducirá a mayores niveles de marejadas ciclónicas para los CT. que ocurren, suponiendo que todos los demás factores se mantengan sin cambios (confianza muy alta).

Causas de las Marejadas Ciclónicas:

- Baja presión atmosférica: las marejadas ciclónicas suelen ocurrir durante tormentas tropicales o huracanes. Estas tormentas se caracterizan por una baja presión atmosférica en sus centros, es decir, el ojo, y son más altas en el borde del ciclón. La diferencia de presión entre el sistema tormentoso y la atmósfera circundante puede provocar un aumento del nivel del mar y, por tanto, provocar marejadas ciclónicas.^{iv}
- Vientos fuertes: La fuerza de los vientos que se arremolinan alrededor de las tormentas tropicales y huracanes pueden empujar grandes volúmenes de agua hacia la costa. Este avance se combina con las mareas normales y puede aumentar el nivel del agua en 30 pies o más.^v
- Ubicación geográfica: Ciertas áreas son más propensas a marejadas ciclónicas porque están cerca de aguas cálidas del océano y están influenciadas por patrones climáticos. Por ejemplo, la costa del Golfo de Estados Unidos y secciones específicas de la costa atlántica son más vulnerables a las marejadas ciclónicas.^{vi}

¿Cómo impacta el Cambio Climático a las Marejadas Ciclónicas?

Según los estudios, el escenario esperado es que la altura de las marejadas ciclónicas en Europa aumente aproximadamente un 15% en promedio para 2100 en escenarios de altas emisiones globales. Los factores dominantes del aumento del riesgo de marejadas ciclónicas son el aumento del nivel relativo del mar y la mayor intensidad de las tormentas.^{vii}

Más específicamente:

- Aumento del nivel del mar: La evidencia más reciente sugiere que el aumento del nivel del mar podría alcanzar 1 metro o más durante este siglo.^{viii}
- Temperaturas oceánicas más cálidas: Según el Sexto AR del IPCC, para 2100, es muy probable que el océano se caliente entre 2 y 4 veces más para el escenario de bajas emisiones (RCP2.6) y de 5 a 7 veces más para el escenario de altas emisiones (RCP8.5) en comparación con los cambios observados desde 1970.^{ix}
- El cambio climático provoca un aumento de las temperaturas de la superficie del mar, lo que proporciona la energía necesaria para alimentar las tormentas tropicales. Los océanos más cálidos pueden aumentar la evaporación y la humedad en la atmósfera, lo que favorece el desarrollo y la intensificación de las tormentas.
- Aumento del vapor de agua en la atmósfera: El Sexto AR del IPCC establece que el vapor de agua atmosférico total está aumentando entre un 1% y un 2% por década. ^x A medida que aumentan las emisiones de GEI, aumenta la temperatura, aumentando el vapor de agua en la atmósfera. Esta humedad adicional puede alimentar marejadas ciclónicas, lo que provoca lluvias más intensas y tormentas potencialmente más intensas.

¿De qué forma afectan las Marejadas Ciclónicas a los sistemas de la ciudad?

Impactos Físicos:

- Red eléctrica: la marejada ciclónica durante el tifón Haiyan, Filipinas (2013), derribó líneas y torres de transmisión de energía, interrumpiendo el flujo de electricidad en todas las regiones.^{xi}
- Redes de transporte: las marejadas ciclónicas pueden provocar el cierre de carreteras, autopistas y puentes debido a inundaciones, escombros o daños estructurales. Los sistemas de transporte público, incluidos autobuses y trenes, pueden verse gravemente afectados por las inundaciones y los cortes de energía causados por la tormenta. La marejada ciclónica provocada por el huracán Ike, que azotó la costa del Golfo de Estados Unidos en septiembre de 2008, causó importantes daños a la infraestructura de transporte y dañó al menos 53 puentes.^{xii}
- Infraestructura de comunicación: las marejadas ciclónicas pueden interrumpir las redes de comunicación, incluidos los servicios celulares y

fijos. Esto dificulta los esfuerzos de comunicación y coordinación de emergencia durante las emergencias. Durante el ciclón Amphan en Bangladesh y la India (2020), los vientos alcanzaron los 185 km/h (115 mph), y la ciudad india de Calcuta, hogar de 15 millones de personas, sufrió graves daños en edificios, cortes de energía y destrucción de infraestructuras de comunicación, algunas de los cuales podría haber sido el resultado de la marejada ciclónica.^{xiii}

Impactos Socio-Económicos:

- *Pérdida de vidas y lesiones:* las marejadas ciclónicas que causan inundaciones, fuertes vientos y escombros pueden provocar muertes y lesiones entre los residentes. La marejada ciclónica provocada por el tifón Haiyan en Filipinas en 2013 afectó a más de 16 millones de personas y dejó a 4 millones sin hogar. El gobierno filipino confirmó 6.300 muertos y más de 1.000 aún desaparecidos.^{xiv} Es posible que algunas de estas muertes se debieran a la marejada ciclónica, aunque afortunadamente la tormenta tocó tierra durante la marea baja.

- *Desplazamiento y reubicación:* las marejadas ciclónicas pueden obligar a las comunidades a reubicarse en áreas más seguras, alterando la vida diaria y añadiendo estrés mental y emocional. El ciclón Idai en Mozambique en 2019 provocó el desplazamiento de 400.000 personas, de las cuales 160.927 se refugiaban en 164 centros de alojamiento temporal.^{xv} Parte de este impacto estuvo asociado con el impacto de la marejada ciclónica.

- *Disrupción comunitaria e inequidad social:* el desplazamiento puede fragmentar a las comunidades y causar inequidad social al verse obligadas a comenzar sus vidas en otro lugar.

- *Salud y Seguridad:* Las marejadas ciclónicas pueden provocar accidentes y lesiones. El acceso a la atención sanitaria, a los servicios de emergencia y al agua potable también puede verse obstaculizado.^{xvi}

- *Mayor vulnerabilidad:* las poblaciones vulnerables, como los ancianos, los discapacitados y las personas y niños de bajos ingresos, a menudo se ven afectados de manera desproporcionada por las marejadas ciclónicas debido a los recursos limitados y los desafíos de movilidad.

Impactos Ambientales:

- Destrucción del hábitat: las marejadas ciclónicas pueden arrancar árboles y dañar la vegetación, lo que afecta los hábitats. La marejada ciclónica durante el ciclón Nargis en Myanmar (2008) causó daños importantes al hábitat ecológico.^{xvii}
- Deslizamientos de tierra y erosión: las marejadas ciclónicas pueden provocar erosión costera y deslizamientos de tierra, que pueden alterar la forma de las costas.
- Contaminación del agua: Las fuertes lluvias y los vientos pueden introducir contaminantes, sedimentos y desechos en ríos, lagos y aguas costeras, causando daños a las especies marinas.
- Arrecifes de coral y manglares: el aumento de la acción de las olas asociado con las marejadas ciclónicas puede causar daños físicos a los arrecifes de coral y los ecosistemas de manglares. La marejada ciclónica provocada por el ciclón Nargis en Birmania, Myanmar, en 2008 inundó los manglares costeros y los arrozales en el delta del Irrawaddy.^{xviii}
- Humedales y marismas: Las marejadas ciclónicas y las fuertes lluvias pueden alterar los niveles y la salinidad del agua de los humedales y marismas, afectando la flora y la fauna que dependen de estos ambientes. La marejada ciclónica asociada con el huracán Sandy en el noreste de EE. UU. en 2012 provocó la inundación de marismas, playas y dunas costeras.^{xix}

Estrategias de Adaptación ante las Marejadas Ciclónicas

Nivel Comunitario

Regenerar bosques de manglares naturales y plantaciones de manglares a lo largo de las riberas de los ríos y alrededor de las aldeas.^{xx} Consideración de los impactos en la salud del aumento del nivel del mar y la posterior ocurrencia de marejadas ciclónicas en enfoques de planificación a nivel comunitario.^{xxi} Traslado de comunidades, estructuras y/o activos de áreas que probablemente verse significativamente afectado por las marejadas ciclónicas.^{xxii}

- Aumentar la conciencia pública para alentar a la población local a adaptarse y estar preparada para los posibles impactos de las marejadas ciclónicas y fomentar la participación comunitaria en la toma de decisiones.^{xxiii}
- Desarrollar planes de recuperación post-tormenta para facilitar una respuesta rápida y la distribución de ayuda.
- Aplicación de soluciones basadas en la naturaleza como restauración de manglares, nutrición de playas y restauración de humedales para reducir el impacto de las marejadas ciclónicas.^{xxiv}
- Implementar prácticas de infraestructura verde, como pavimentos permeables y bioalcantarillas para gestionar las aguas pluviales en áreas urbanas.^{xxv}
- Educar y crear conciencia entre las comunidades locales sobre los riesgos de tormentas tropicales, sus causas y la importancia de la adaptación a través de talleres comunitarios, capacitación, campañas de información y programas en escuelas y comunidades.

Nivel Municipal/Gobierno

- Proporcionar asistencia financiera y técnica a los agricultores para hacer frente a los cambios relacionados con el clima.^{xxvi}
- Mejor gestión ambiental, incluida la creación de arrecifes y entornos artificiales.^{xxvii}
- Instalación de dispositivos para evitar el retorno del agua de mar a las alcantarillas pluviales.^{xxviii}
- Planificación (1) para evitar las peores consecuencias de los fenómenos meteorológicos previstos, lo que implica la producción y actualización frecuente de mapas de inundaciones y peligros; (2) legislación centrada en (a) no permitir el desarrollo en terrenos vulnerables a peligros, o (b)

establecer códigos de construcción apropiados para las condiciones climáticas proyectadas.^{xxxix xxx}

- Nutrición de la playa y la costa en la que la arena se extiende sobre la playa donde se produce la erosión para compensar la erosión de la costa y restaurar el valor recreativo de la playa.^{xxxix}
- Construcción de diques y diques marinos, presas, canales, rompeolas, embarcaderos y arrecifes artificiales a lo largo de la costa para proteger la tierra del impacto de las olas y marejadas ciclónicas.^{xxxii}
- Ajuste y mejora de las capacidades laborales y profesionales para que se puedan implementar nuevos códigos de construcción y nuevas normas agrícolas.^{xxxiii}
- Apoyar a las pequeñas empresas y microempresas que puedan reactivarse rápidamente después de una tormenta.^{xxxiv}
- Construcción y fortalecimiento de dunas plantando pasto, cubriendo la cara de la duna con restos de plantas, construcción de vallas a lo largo del frente de la duna que da al mar para reducir la velocidad del viento en la superficie y aplicando una combinación de estructuras duras hechas por el hombre rematadas con arena, dunas y vegetación.^{xxxv}
- Establecer sistemas de alerta temprana para monitorear y crear sistemas de comunicación sobre tormentas tropicales para alertar a los residentes sobre amenazas potenciales.^{xxxvi}
- Retirarse de las zonas de alto riesgo retirando infraestructuras demasiado cercanas a la playa o a los ríos sin la debida autorización proporcionando indemnizaciones y costes de demolición.^{xxxvii}
- Fortalecimiento y estabilización de acantilados, cambiando el ángulo de la pendiente y/o reduciendo la altura de los acantilados mediante la eliminación de bloques inestables, eliminando la escorrentía superficial y la infiltración en la pendiente, asegurando rocas inestables para aumentar la cohesión y estabilidad y evitar deslizamientos, etc.
- Construcción de compuertas contra marejadas ciclónicas y barreras contra inundaciones para proteger áreas urbanas e infraestructuras altamente vulnerables donde las marejadas ciclónicas y las inundaciones marinas podrían tener impactos significativos.^{xxxviii}
- Facilitar la integración entre diferentes niveles de gobierno (regional, estatal y nacional) para que se puedan implementar rápidamente respuestas complejas y costosas (por ejemplo, evacuación rápida y/o construcción de diques).^{xxxix}

Casos de Estudio

Casos de Estudio 1

Colombo, the largest city in Sri Lanka, implemented the Colombo Urban Regeneration Project (CURP) to enhance resilience to storm surges and sea-level rise. The project is a combined effort between the government and local authorities in designing and implementing systems aimed at reducing flooding in the Colombo Water Basin's catchment and strengthening local authorities' capacity through large-scale investments. The project includes a flood and drainage management component by managing street and drainage infrastructure, including canals and flood gates. A concerted effort has been made to provide a higher quality of life through increased public space for the residents, such as protecting wetlands coupled with providing access and education, enhancing pedestrian walkways, and rehabilitating parks.^{xi}

Casos de Estudio 2

In 2016, several cities in Vietnam initiated a project led by the Ministry of Agriculture and Rural Development, with the involvement of the Ministry of Construction and the seven provincial People's Committees, intending to improve the resilience of vulnerable communities in the provinces of Nam Dinh, Thanh Hoa, Quang Binh, Thua Thien Hue, Quang Nam, Quang Ngai, and Ca Mau. The project has added storm- and flood-resilient design features to 4,000 new houses on safe sites, benefiting 20,000 people in disaster-prone communes to date, to build 5,000 homes in total by June 2023. The project has replanted or regenerated 4,003 hectares of mangrove forest to restore Vietnam's green shield, which protects against waves and storm surges. The rejuvenated mangroves have boosted local livelihoods, with the project also supporting 4,358 people. The project has invested in improving data collection, risk mapping, and information sharing, as well as local capacity-building as well.^{xii}

Casos de Estudio 3

As a coastal megacity, Shanghai faces risks from storm surges and sea-level rise exacerbated by climate change. The city has implemented a range of measures to enhance resilience, including the construction of seawalls and flood barriers along the Huangpu River to provide protection against typhoon-induced flooding. This project also includes upgrading drainage systems and investing in green spaces and sponge city initiatives to absorb excess water and reduce flood risk. However, there is limited insight into the actual safety level of the flood defenses in Shanghai, and recent failures have highlighted their vulnerability.^{xiii}

Casos de Estudio 4

Dhaka, one of the world's most densely populated cities and highly vulnerable to flooding and storm surges, has undertaken the Dhaka Integrated Flood Protection Embankment Project. This project involves the construction of reinforced embankments along major rivers surrounding the city, along with flood shelters and early warning systems to protect residents and infrastructure during extreme weather events. According to the Project Completion Report by ADB, the Project has had significant positive environmental impacts as it successfully protects the western half of Dhaka from annual floods. In particular, the poorer segments of the population who inhabit the low-lying areas benefited from the Project. By improving the efficiency of disposing internal floods from rains, through pumping and the drainage system, the chance of frequent localized floods has also been minimized. The living conditions in the poorer areas of the city were enhanced through the physical improvement of slums, and the improvement and wider application of the solid waste management system.^{xliii}

Referencias

- ⁱ <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/publications/projections-of-extreme-storm-surge-levels-along-europe>
- ⁱⁱ https://www.cgdev.org/sites/default/files/1422836_file_Future_Storm_Surge_Disasters_FINAL.pdf
- ⁱⁱⁱ Collins M., M. Sutherland, L. Bouwer, S.-M. Cheong, T. Frölicher, H. Jacot Des Combes, M. Koll Roxy, I. Losada, K. McInnes, B. Ratter, E. Rivera-Arriaga, R.D. Susanto, D. Swingedouw, and L. Tibig, 2019: Extremes, Abrupt Changes and Managing Risk. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [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.)]. In press.
- ^{iv} <https://education.nationalgeographic.org/resource/storm-surge/>
- ^v <https://oceantoday.noaa.gov/hurricanestormsurge/#:~:text=Storm%20surge%20is%20water%20from,waves%20can%20cause%20extensive%20damage.>
- ^{vi} https://www.weather.gov/media/owlie/surge_intro.pdf
- ^{vii} <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/publications/projections-of-extreme-storm-surge-levels-along-europe>
- ^{viii} https://www.cgdev.org/sites/default/files/1422836_file_Future_Storm_Surge_Disasters_FINAL.pdf
- ^{ix} [https://climate.nasa.gov/explore/ask-nasa-climate/3143/steamy-relationships-how-atmospheric-water-vapor-amplifies-earths-greenhouse-effect/#:~:text=It%20works%20like%20this%3A%20As,concentration%20of%20water%20vapor%20increases.\)](https://climate.nasa.gov/explore/ask-nasa-climate/3143/steamy-relationships-how-atmospheric-water-vapor-amplifies-earths-greenhouse-effect/#:~:text=It%20works%20like%20this%3A%20As,concentration%20of%20water%20vapor%20increases.)
- ^x <https://climate.nasa.gov/explore/ask-nasa-climate/3143/steamy-relationships-how-atmospheric-water-vapor-amplifies-earths-greenhouse-effect/#:~:text=It%20works%20like%20this%3A%20As,concentration%20of%20water%20vapor%20increases.>
- ^{xi} <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/2013-state-climate-record-breaking-super-typhoon-haiyan>
- ^{xii} https://www.researchgate.net/publication/273025037_Impact_of_2008_Hurricane_Ike_on_Bridge_Infrastructure_in_the_HoustonGalveston_Region
- ^{xiii} <https://www.dw.com/en/cyclone-amphan-kills-dozens-leaves-trail-of-destruction-in-india-bangladesh/a-53521178>
- ^{xiv} <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/2013-state-climate-record-breaking-super-typhoon-haiyan>
- ^{xv} <https://www.undp.org/publications/mozambique-cyclone-idai-post-disaster-needs-assessment-pdnadna>
- ^{xvi} <https://juniperpublishers.com/cerj/pdf/CERJ.MS.ID.555649.pdf>
- ^{xvii} <https://earthobservatory.nasa.gov/images/19880/cyclone-nargis-floods-burma-myanmar>
- ^{xviii} https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/14116/myanmar_cyclonenargis_case_study.pdf
- ^{xix} <https://www.downtoearth.org.in/news/natural-disasters/wetlands-prevented-property-loss-worth-625-million-in-hurricane-sandy-says-study-58606>

- xx https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/14116/myanmar_cyclonenargis_case_study.pdf
- xxi <https://nceh.ca/resources/evidence-reviews/community-based-adaptation-approaches-sea-level-rise-and-health>
- xxii <https://www.mdpi.com/2225-1154/8/1/7>
- xxiii <https://www.mdpi.com/2225-1154/8/1/7>
- xxiv <https://www.iucn.org/resources/issues-brief/nature-based-solutions-disasters#:~:text=Coastal%20vegetation%20and%20natural%20features,wave%20energy%20during%20coastal%20storms.>
- xxv <https://www.epa.gov/eco-research/researching-green-infrastructure-tropical-climates#:~:text=Many%20communities%20are%20turning%20to,negative%20impacts%20of%20stormwater%20runoff.>
- xxvi <https://www.mdpi.com/2225-1154/8/1/7>
- xxvii <https://www.mdpi.com/2225-1154/8/1/7>
- xxviii <https://www.mdpi.com/2225-1154/8/1/7>
- xxix <https://www.mdpi.com/2225-1154/8/1/7>
- xxx <https://www.iisd.org/system/files/2021-07/climate-resilience-canadian-infrastructure-en.pdf>
- xxxi <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/case-studies/sand-motor-2013-building-with-nature-solution-to-improve-coastal-protection-along-delfland-coast-the-netherlands>
- xxxii <https://www.fao.org/3/ag127e/ag127e09.htm>
- xxxiii <https://www.mdpi.com/2225-1154/8/1/7>
- xxxiv <https://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2013/en/bgdocs/UNDP,%202013.pdf>
- xxxv <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/case-studies/implementation-of-the-integrated-master-plan-for-coastal-safety-in-flanders>
- xxxvi <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/adaptation-options/establishment-of-early-warning-systems>
- xxxvii <http://www.agglopoie.fr/wp-content/uploads/2019/03/EN.pdf>
- xxxviii <https://www.gov.uk/guidance/the-thames-barrier>
- xxxix <https://www.mdpi.com/2225-1154/8/1/7>
- xl <https://www.worldbank.org/en/results/2018/09/24/metro-colombo-urban-development-project>
- xli <https://undp-climate.exposure.co/taking-shelter-building-coastal-resilience-in-vit-nam>
- xlii <https://www.hrwallingford.com/insight/tale-two-cities-flood-protection-shanghai-using-thames-estuary-2100-approach>
- xliii <https://www.adb.org/projects/documents/bangladesh-24>

