



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

Fichas Informativas sobre Riesgos Costeros en Ciudades #3

Erosión

Junio 2024



Erosión Costera en las Ciudades

[¿Qué es la Erosión](#)

[Costera?](#)

[Causas de la Erosión](#)

[Costera](#)

[¿Cómo impacta el Cambio Climático en la Erosión](#)

[Costera?](#)

[¿De qué forma afecta la Erosión Costera a los sistemas de la ciudad?](#)

[Estrategias de Adaptación ante la](#)

[Erosión Costera](#)

[Casos de Estudio](#)

¿Qué es la Erosión Costera?

La erosión costera, el cambio en la posición de la costa, ocurre cuando el aumento del nivel del mar, las corrientes cercanas a la costa, las marejadas ciclónicas y las inundaciones costeras erosionan, eliminan o transportan colectivamente rocas, suelos y arenas a lo largo de la costaⁱ. Se han observado tasas de retroceso de la costa de hasta 1 m por año en todo el continente durante 1984-2015, excepto en el este de África austral, que ha experimentado una tasa de progradación de la costa de 0,1 m/a durante el mismo período.ⁱⁱ Se informó de una pérdida de zonas costeras de 160 km² y 460 km² en 30 años (1984-2015) a lo largo de las costas del océano Atlántico e Índico del continente.ⁱⁱⁱ La erosión costera puede estar asociada con impactos devastadores, ya que las zonas costeras pueden albergar infraestructuras críticas, así como ecosistemas. y alrededor del 40% de la población global del mundo^{iv}.

Figura 1: Modelo de retirada costera hacia tierra bajo el aumento del nivel del mar (SLR) *Fuente: Adaptado de French, 2001^v*

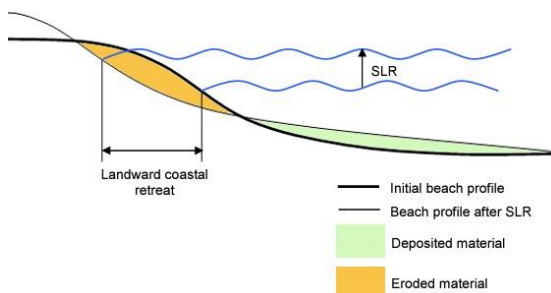




Figura 2: Vista de la erosión costera en Coney Island, Nueva York^{vi}

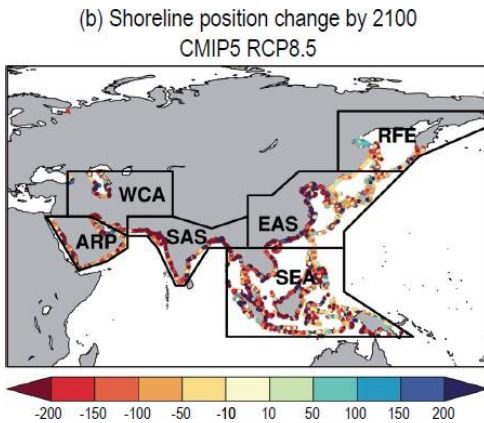


Figura 3: Cambios proyectados en la posición de la costa a lo largo de las costas arenosas de Asia para el año 2100 en relación con 2010 para RCP8.5 (metros; los valores negativos indican retroceso de la costa) del conjunto de datos basado en CMIP5 adaptado del IPCC, 2021, AR6, WG1, Figura 12.6)

Un ejemplo del impacto ecológico de la erosión costera en el sur de Asia se puede ver en la ciudad de Cox's Bazar, en la Bahía de Bengala, en Bangladesh. El aumento del nivel del mar, combinado con el hundimiento de la tierra, provocó la erosión costera en la zona, lo que afectó gravemente a los bosques de manglares, la biodiversidad marina, las especies de aves y el turismo de la zona^{vii}. En Kumarajiva, situada a 100 km al norte de Yakarta, en la costa de Java Occidental (Indonesia), durante los últimos 16 años, la erosión costera ha desplazado a más de 300 hogares^{viii}. Desde 2016, la costa ha retrocedido 2 km, lo que ha provocado que el océano invada miles de hectáreas de tierra. En consecuencia, una aldea entera está ahora sumergida bajo el agua. La ciudad

de Dakar, Senegal, situada en el oeste de África, es otro ejemplo de erosión costera. Debido a la intensa extracción de arena y al aumento del nivel del mar entre 1954 y 2018, la costa del país retrocedió una media de 3 metros por año. Este retiro costero ha destruido varias casas, edificios turísticos, terrenos agrícolas e infraestructuras pesqueras y ha provocado la desaparición de playas ^{ix}. En los Estados Unidos, la erosión costera es responsable de aproximadamente 500 millones de dólares al año en pérdidas de propiedades costeras, incluidos daños a estructuras y pérdida de tierra.^x

Causas de la Erosión Costera:

La erosión costera ocurre debido a un desequilibrio en los procesos de acreción (acumulación de material) y erosión (eliminación de material costero) a través de una variedad de dinámicas costeras que incluyen la acción de las olas, las corrientes, los vientos (movimiento de sedimentos secos/arena) y la desembocadura/desembocadura de los ríos. estuarios. Con el tiempo, este desequilibrio conduce al agotamiento gradual del material a lo largo de la costa, lo que en última instancia resulta en un retroceso destructivo de la costa. Puede ser causada tanto por factores naturales como antropogénicos.

Factores Naturales

- *Acción del oleaje*: Las zonas costeras con costas rocosas están continuamente expuestas al oleaje generado por vientos y mareas en distintos grados. Este tiempo extra conduce a un proceso llamado abrasión, en el que se produce una trituración física y un desgaste de las rocas en forma de sedimentos, como arena, guijarros, etc., lo que provoca el retroceso de la costa ^{xi}. En Cox's Bazar, Bangladesh, una de las playas marinas naturales más largas del mundo, con una costa de 120km a lo largo de la Bahía de Bengala, una carretera de 24km se vio afectada por el retroceso costero provocado por fuertes vientos monzónicos y ciclones. ^{xii}
- *Marejadas ciclónicas*: Las tormentas poderosas, como huracanes y ciclones, generan grandes olas y marejadas ciclónicas que pueden provocar una erosión rápida y grave al arrastrar grandes cantidades de sedimentos, afectando las costas. La tormenta, el huracán Katrina, que azotó la costa del Golfo en agosto de 2005, produjo poderosas olas de 5m de altura, provocando una erosión generalizada que alteró permanentemente la forma de la costa en el sur de Luisiana. ^{xiii}
- *Mareas y Corrientes*: El flujo y reflujo de las mareas pueden producir fuertes corrientes que contribuyen a la erosión.
- *Desequilibrio de sedimentos*: los cambios naturales en el suministro de

sedimentos, como los cambios en el suministro de sedimentos de los ríos o el movimiento de sedimentos debido a las corrientes, pueden alterar el equilibrio entre la erosión y la deposición.

- *Factores geológicos*: La composición geológica de las rocas también puede influir en las tasas de erosión. Las rocas y los sedimentos más blandos suelen ser más susceptibles a la erosión que los más duros.

Factores Antropogénicos:

- *Entorno construido*: la construcción de estructuras como edificios, carreteras y diques cerca de la costa puede alterar los patrones naturales de transporte de sedimentos, lo que puede afectar la acumulación de sedimentos y la erosión y, en algunos casos, provocar la erosión costera. En la zona costera de Miami Beach, Florida, la construcción pesada de infraestructuras como edificios de gran altura y hoteles provoca una alteración en la dinámica costera natural, haciéndola susceptible a la erosión costera. Por lo tanto, el área ahora está pasando por un proceso de renovación de arena en el que la ciudad arroja arena fresca en la playa por un valor de \$16 millones para contrarrestar la erosión.^{xiv}

- *Minería de playas*: la extracción de arena y grava para materiales de construcción de playas y zonas costeras puede agotar las fuentes de sedimentos, lo que provoca erosión de playas y dunas.

- *Represas y desvío de ríos*: las represas construidas a lo largo de los ríos pueden atrapar sedimentos que de otro modo fluirían hacia la costa y provocarían erosión costera.

- *Deforestación*: la tala de vegetación natural a lo largo de las costas reduce la estabilidad del suelo, haciéndolo más susceptible a la erosión.

- *Tendencia de asentamiento*: Los factores antropogénicos no climáticos, como los cambios en los patrones de población y el uso de la tierra, así como el hundimiento de tierras inducido por el hombre debido a la extracción de aguas subterráneas, han desempeñado un papel importante en el aumento de la exposición y vulnerabilidad de las comunidades costeras bajas a la erosión costera.

¿Cómo afecta el Cambio Climático a la Erosión Costera?

El cambio climático continúa aumentando el nivel del mar, lo que provoca erosión costera en la mayoría de las costas arenosas (nivel de confianza alto, IPCC 2021).

- *Aumento del nivel del mar*: El nivel medio global del mar exhibió un aumento anual de 3,7 mm de 2006 a 2018, que fue casi tres veces mayor que el 1,3 mm por año observado desde 1901 hasta 1971 ^{xv}. El aumento del nivel del mar se debe al derretimiento de glaciares y casquetes polares, junto con la expansión térmica del agua de mar. Este aumento del nivel del mar aumenta el efecto de la erosión de las olas y las corrientes, lo que provoca la erosión y el retroceso de la costa.
- El cambio climático puede alterar los patrones de las olas, provocando condiciones más erosivas. Los cambios en los patrones del viento y las corrientes oceánicas pueden influir en la energía y la dirección de las olas, lo que resulta en una mayor erosión en ciertas áreas. ^{xvi}.
- *Suministro de sedimentos alterado*: el aumento del nivel del mar y los cambios en los patrones de olas pueden provocar el desplazamiento de sedimentos costeros, debilitando los cimientos y provocando erosión. La playa de Feiyan, situada en el sector norte del delta del río Amarillo, experimentó un amplio retroceso de la costa. La reducción del suministro de sedimentos procedente del río Amarillo, sumada a las sólidas fuerzas hidrodinámicas ejercidas por el mar de Bohai ^{xvii}.
- *Acidificación de los océanos*: el aumento de dióxido de carbono debido a las actividades humanas también está provocando un proceso llamado acidificación de los océanos. El exceso de dióxido de carbono absorbido por el agua de mar puede afectar a los arrecifes de coral y los criaderos de mariscos, que son barreras naturales contra la erosión. Los arrecifes de coral proporcionan bienes y servicios ecosistémicos por un valor de aproximadamente 375 mil millones de dólares al año a 500 millones de personas en todo el mundo. ^{xviii}
- *Intrusión de agua salada*: el aumento del nivel del mar está provocando que el agua salina se desplace tierra adentro, afectando a los acuíferos y haciéndola propensa a la erosión costera ^{xix}. Tras el incidente de *Deepwater Horizon* en 2010, el derrame en el Golfo de México afectó gravemente a la vegetación y los hábitats de las ostras. Debido a la falta de vegetación y al flujo entrante de agua de mar, los casos de erosión aumentaron entre 2010 y 2013, afectando un tramo de más de 100 millas

a lo largo del Golfo de México. ^{xx}.

- *Derretimiento del permafrost en las regiones polares:* En las regiones polares, el permafrost se está derritiendo debido al aumento de las temperaturas provocado por el cambio climático. Esto provoca que la tierra costera se hunda y se erosione. El deshielo del permafrost y las olas erosionan la costa ártica a un ritmo promedio de 0,5 metros (1,6 pies) por año ^{xxi}.

¿De qué forma afecta la Erosión Costera a los sistemas de la ciudad?

Impactos Físicos:

- Carreteras y redes de transporte: la pérdida de tierra inducida por la erosión a lo largo de las costas puede afectar la conectividad y causar interrupciones en carreteras, puentes y otras infraestructuras de transporte; Las carreteras cercanas a las costas erosionadas pueden volverse inestables o colapsar debido a la pérdida de tierra inducida por la erosión.
- Suministros de agua y sistemas de alcantarillado: puede interrumpir servicios esenciales como agua, alcantarillado y líneas eléctricas, provocando fugas e interrupciones del servicio.
- Infraestructura de servicios públicos: la erosión costera puede dañar la infraestructura de servicios públicos, como plantas de energía, redes eléctricas y redes de telecomunicaciones, lo que provoca interrupciones del servicio y cortes de servicios públicos.
- Edificios y zonas residenciales: La erosión costera provoca la inestabilidad de los cimientos, lo que provoca colapsos o daños estructurales a edificios y casas.
- Infraestructura de servicios de emergencia: La erosión puede comprometer la accesibilidad y eficacia de los servicios de emergencia, como estaciones de bomberos, hospitales y comisarías ubicadas en zonas costeras.

Impactos Socio-Económicos:

- Desplazamiento y reubicación: debido a los riesgos de erosión, las comunidades terrestres costeras pueden verse obligadas a reubicarse en áreas más seguras, lo que provoca trastornos en la vida diaria y añade estrés mental y emocional.
- Amenazas a los medios de vida: los medios de vida de las comunidades costeras que dependen en gran medida de la pesca y la agricultura son los más afectados debido a la erosión.

- 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: La erosión puede aumentar el riesgo de accidentes y lesiones. También puede verse obstaculizado el acceso a la atención sanitaria, a los servicios de emergencia y al agua potable.
- Migración y Urbanización: El desplazamiento causado por la erosión también puede conducir a la migración a áreas urbanas, provocando hacinamiento, competencia por los recursos y desafíos sociales.
- Desigualdad de género: El Informe Especial del IPCC sobre los océanos y la criosfera en un clima cambiante destaca que los cambios ambientales graduales, como la erosión costera, perjudican más a las mujeres que a los hombres a la hora de desarrollar respuestas efectivas ^{xxii}. Por ejemplo, un estudio reciente en la costa de Bangladesh muestra que las mujeres tienen menos acceso que los hombres a la información relacionada con el clima y los desastres (tanto información de emergencia como programas de capacitación), procesos de toma de decisiones a nivel doméstico y comunitario, recursos económicos, incluidos medios financieros. como el microcrédito, la propiedad de la tierra y la movilidad dentro y fuera de las aldeas ^{xxiii}.

Impactos Ambientales:

- *Pérdida de hábitat y biodiversidad:* La erosión costera provoca la alteración y pérdida de hábitats de importancia ecológica, como playas, dunas, marismas y manglares. La alteración del hábitat de las especies vegetales y animales puede provocar la pérdida de la biodiversidad general de la zona.
- Impacto en los Arrecifes de Coral: Los depósitos provocados por la erosión submarina pueden afectar los sistemas de arrecifes de coral, afectando la penetración de la luz solar. Esto puede provocar el blanqueamiento de los corales, un crecimiento reducido y una degradación general de estos ecosistemas vitales.
- *Dinámica costera alterada:* los cambios en la geomorfología costera debido a la erosión costera pueden afectar las zonas de reproducción y anidación de especies como tortugas y aves costeras.
- *Impacto en la calidad del agua:* La erosión puede causar contaminación y contaminar las aguas costeras, afectando la calidad del agua y perjudicando tanto a las personas como a la vida acuática.

Estrategias de Adaptación ante la Erosión Costera

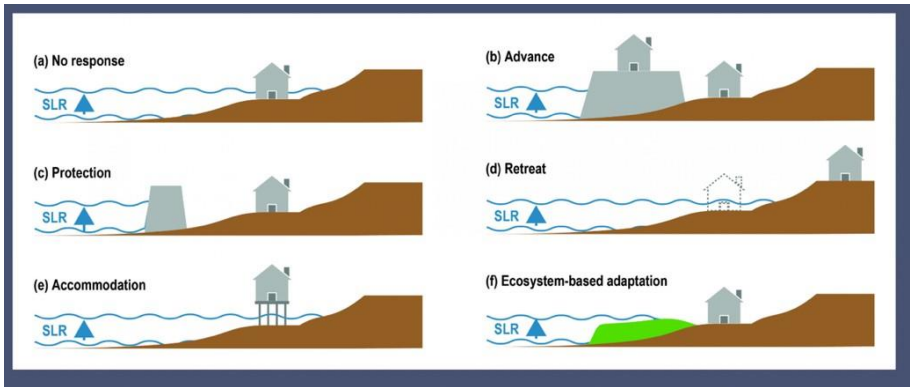
Nivel Comunitario

- Considerar prácticas sostenibles de gestión de playas reduciendo el uso intensivo o el tráfico en playas sensibles propensas a la erosión.
- Adoptar soluciones basadas en la naturaleza, como gestionar y conservar los manglares, que actúan como barrera natural contra la erosión. ^{xxiv}
- Restauración de dunas a lo largo de las costas para amortiguar la erosión y las marejadas ciclónicas.
- Diversificar los medios de vida de las comunidades costeras para reducir su dependencia de actividades que contribuyen a la erosión, como las prácticas de pesca insostenibles o la sobreexplotación de los recursos naturales. ^{xxv}
- Involucrar a los miembros de la comunidad para mapear áreas con alto riesgo de erosión y alentar a las comunidades vulnerables a planificar la reubicación.
- Organizar esfuerzos liderados por la comunidad para restaurar áreas dañadas o erosionadas mediante la plantación de vegetación nativa y plantas tolerantes a la sal.
- El conocimiento indígena y el conocimiento local son clave para determinar la respuesta de la comunidad al riesgo ambiental y, por lo tanto, para aumentar la capacidad de adaptación y reducir la vulnerabilidad a largo plazo a la erosión costera.
- Monitoreo e investigación de patrones de erosión, dinámica de sedimentos y los impactos en los ecosistemas para planificar estrategias de mitigación.
- Participación comunitaria involucrando a las comunidades locales en la planificación e implementación de esfuerzos de conservación y creando conciencia sobre la importancia de los ecosistemas costeros.
- Concientizar sobre la erosión y educar a las comunidades locales sobre los riesgos de erosión, sus causas y la importancia de la adaptación a través de talleres comunitarios, capacitación, campañas de información y programas en escuelas y comunidades.
- Fortalecimiento de capacidades de las comunidades locales brindándoles capacitación y educación en los riesgos y gestión de la erosión costera.

- Colaboración y creación de redes a través de talleres y compromisos combinados que involucran a residentes, expertos técnicos, expertos ambientales, empresas y líderes locales, y organismos gubernamentales regionales y municipales para su consulta.
- Establecer sistemas de alerta temprana para monitorear y crear sistemas de comunicación sobre la erosión para alertar a los residentes sobre amenazas potenciales. ^{xxvi}

Nivel Municipal/Gobierno

- Desarrollar e implementar planes de Gestión Integrada de Zonas Costeras (ICZM) que coordinen varios sectores (medio ambiente, desarrollo, turismo) para equilibrar los objetivos de conservación y desarrollo. ^{xxvii}
- Nutrición de playas o reposición de zonas costeras con arena de calidad adecuada que se ha perdido debido a la erosión. ^{xxviii}
- Creación de dunas artificiales utilizando diversos materiales como sacos de arena, contenedores geotextiles u otras estructuras ^{xxix}
- Construcción de diques y diques marinos a lo largo de la costa para proteger la tierra del impacto de las olas, las marejadas ciclónicas y la erosión costera. ^{xxx}
- Invertir en proyectos de infraestructura verde, como costas vivas y restauración de humedales costeros, que proporcionan reservas naturales contra la erosión y al mismo tiempo mejoran la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.
- Establecer regulaciones sobre erosión costera que orienten el desarrollo, la construcción y el uso de la tierra en áreas propensas a la erosión.
- Creación de mapas detallados de peligro de erosión utilizando tecnología GIS para identificar áreas de alto riesgo y guiar las decisiones de uso de la tierra.
- Actualizar o desarrollar códigos de infraestructura y construcción que requieran diseños resistentes a la erosión y cimientos elevados para estructuras en zonas costeras. ^{xxxi}
- Financiar iniciativas de investigación e innovación destinadas a desarrollar nuevas tecnologías, materiales y estrategias de adaptación a la erosión.
- Participar en acuerdos y convenios internacionales que aborden la erosión costera, promoviendo la cooperación y el conocimiento compartido.
- Asignar fondos específicos para los esfuerzos continuos de adaptación y gestión de la erosión, garantizando una protección sostenida de las comunidades costeras.

Figura 4: Different types of responses to coastal erosion, [Source](#):

Casos de Estudio

Caso de Estudio 1

El proyecto de adaptación comunitaria a la erosión costera de Dhaka es una historia de éxito en la adaptación a los impactos causados por la erosión costera y el aumento del nivel del mar a través de un enfoque participativo y comunitario. Es un esfuerzo de colaboración que involucra a comunidades locales, organizaciones no gubernamentales, agencias gubernamentales y socios internacionales. El proyecto promovió soluciones basadas en la naturaleza, incluida la plantación y restauración de manglares y el establecimiento de vegetación costera en lugar de depender únicamente de infraestructuras complejas. Adoptando un enfoque de base, la adaptación comunitaria de Dhaka se ha centrado en ofrecer a las personas medios de vida resilientes al clima, restaurar cinturones verdes y fortalecer la alerta temprana y la preparación para desastres, incorporando la sensibilidad de género. ^{xxxii}

Caso de Estudio 2

El Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera (GIZC) para el Golfo de Guayaquil constituye otro caso de éxito en la lucha contra el problema de la erosión costera. Adoptó un enfoque inclusivo a través de la colaboración entre agencias gubernamentales, comunidades locales, organizaciones no gubernamentales e instituciones académicas. Destacó la importancia de utilizar soluciones basadas en la naturaleza para gestionar la erosión, incluida la conservación y restauración de hábitats costeros como los manglares, que ofrecen protección contra la erosión y apoyan la biodiversidad local. El plan

también incorporó mejoras de infraestructura estratégica, como defensas costeras, rompeolas y materiales resistentes a la erosión en áreas vulnerables. Promovió prácticas de turismo sostenible que minimicen los impactos negativos en los ecosistemas y comunidades costeras. ^{xxxiii}

Caso de Estudio 3

El Proyecto de Gestión Costera Integrada (ICM) del Delta del Mekong en Vietnam demuestra una colaboración eficaz y una gestión adaptativa para abordar la erosión costera y los impactos del cambio climático. Este proyecto reúne a agencias gubernamentales, comunidades locales, instituciones de investigación y socios internacionales para desarrollar e implementar estrategias integradas de gestión costera. Se priorizan las soluciones basadas en la naturaleza, como la restauración de manglares y las prácticas de uso sostenible de la tierra, para mejorar la resiliencia costera y proteger a las comunidades vulnerables. El proyecto también incorpora enfoques innovadores, como el mapeo participativo y el monitoreo comunitario, para empoderar a las partes interesadas locales e integrar el conocimiento tradicional en los procesos de toma de decisiones. ^{xxxiv}

Caso de Estudio 4

El Corredor del Patrimonio Cultural Gullah/Geechee en el sureste de los Estados Unidos representa una iniciativa exitosa para preservar el patrimonio cultural y abordar la erosión costera. Este proyecto implica la colaboración entre comunidades Gullah/Geechee, agencias gubernamentales y organizaciones conservacionistas para proteger el patrimonio cultural y ecológico único de la región. Los conocimientos y prácticas tradicionales del pueblo Gullah/Geechee, que ha vivido a lo largo de la costa durante generaciones, se integran en los esfuerzos de conservación. Se emplean estrategias como la restauración de dunas, el cuidado de las playas y la planificación sostenible del uso de la tierra para mitigar la erosión y al mismo tiempo salvaguardar los sitios culturales y los medios de vida. El proyecto también enfatiza la educación y el compromiso de la comunidad para crear conciencia sobre la importancia de preservar los ecosistemas costeros y los sitios patrimoniales. ^{xxxv}

Referencias

- i <https://toolkit.climate.gov/topics/coastal-flood-risk/coastal-erosion>
- ii (IPCC, 2021, AR6, WG1, Chapter 12)
- iii Mentaschi et al., 2018, [Global long-term observations of coastal erosion and accretion | Scientific Reports \(nature.com\)](#)
- iv Adger, W. N. Social-Ecological Resilience to Coastal Disasters. *Science* (80-). 309, 1036–1039 (2005)
- v Zhu, X., Linham, M. M., & Nicholls, R. J. (2010). Technologies for Climate Change Adaptation - Coastal Erosion and Flooding. Danmarks Tekniske Universitet, Risø Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi. TNA Guidebook Series
- vi <https://www.sciencedirect.com/topics/social-sciences/coastal-erosion>
- vii <https://www.lawyersnjurists.com/article/human-impact-coastal-environment-case-study-coxs-bazaar-sea-beach/>
- viii <https://asia.nikkei.com/Life-Arts/Life/The-drowning-land-Indonesia-s-climate-crisis>
- ix <https://www.preventionweb.net/news/rising-sea-levels-are-driving-faster-erosion-along-senegals-coast>
- <https://toolkit.climate.gov/topics/coastal-flood-risk/coastal-erosion>
- x <https://www.seasidesustainability.org/post/the-effects-of-coastal-erosion#:~:text=According%20to%20the%20U.S.%20Climate,are%20being%20lost%20and%20threatened.>
- xi <https://www.studysmarter.co.uk/explanations/geography/coasts-geography/coastal-erosion-landforms/>
- <https://www.ipcc.ch/srocc/chapter/chapter-4-sea-level-rise-and-implications-for-low-lying-islands-coasts-and-communities/>
- xii <https://www.mdpi.com/2077-1312/6/3/80>
- xiii <https://ocean.si.edu/ecosystems/coasts-shallow-water/how-hurricanes-shape-wetlands-southern-louisiana#:~:text=Hurricane%20Katrina%20did%20major%20damage,of%20marshes%20in%20southern%20Louisiana.>
- xiv <https://www.tampabay.com/news/environment/2020/01/15/miami-beach-is-dumping-16-million-in-fresh-sand-to-push-back-against-erosion/>
- xv (IPCC, 2021)
- xiii <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212094721000505>
- xiv <https://bioone.org/journals/journal-of-coastal-research/volume-74/issue-sp1/SI74-005.1/Shoreline-Change-of-the-Northern-Yellow-River-Huanghe-Delta-after/10.2112/SI74-005.1.full>
- xvi <https://benthamopen.com/ABSTRACT/TOHYDJ-6-52>
- xvii https://soils.ifas.ufl.edu/media/soilsifasufledu/sws-main-site/pdf/technical-papers/Savoy_Melissa_6_Month_Embargo.pdf
- xviii [https://nsidc.org/learn/ask-scientist/how-does-arctic-sea-ice-loss-affect-coastlines#:~:text=Together%2C%20thawing%20permafrost%20and%20waves,\(66%20feet%20per%20year.](https://nsidc.org/learn/ask-scientist/how-does-arctic-sea-ice-loss-affect-coastlines#:~:text=Together%2C%20thawing%20permafrost%20and%20waves,(66%20feet%20per%20year.)
- ix <https://ecologicalprocesses.springeropen.com/articles/10.1186/s13717-023-00419-y>
- xx <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2920305/>

-
- xxi <https://sdma.kerala.gov.in/wp-content/uploads/2018/11/TVM-EWSP-2016.pdf>
- xxii <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/adaptation-options/adaptation-of-integrated-coastal-management-plans>
- xxiii <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>
- xxiv https://www.researchgate.net/publication/232303312_Rehabilitation_of_a_Geotextile-reinforced_Sand_Dune
- xxv The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
<https://www.ipcc.ch> › SROCC_FullReport_FINAL
- xxvi (Rahman, 2013; Alam and Rahman, 2014; Garai, 2016)
- xxvii <https://ecologicalprocesses.springeropen.com/articles/10.1186/s13717-023-00419-y>
- xxviii <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2920305/>
- xxix <https://sdma.kerala.gov.in/wp-content/uploads/2018/11/TVM-EWSP-2016.pdf>
- xxx <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/adaptation-options/adaptation-of-integrated-coastal-management-plans>
- 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.researchgate.net/publication/232303312_Rehabilitation_of_a_Geotextile-reinforced_Sand_Dune
- xxxiii <https://www.fao.org/3/ag127e/ag127e09.htm>
- xxxiv <https://www.iisd.org/system/files/2021-07/climate-resilience-canadian-infrastructure-en.pdf>
- xxxv <https://www.preventionweb.net/news/rising-above-adversity-community-led-climate-adaptation-along-bangladeshs-coastal-belt>
- xxxvi <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/22/6386>
- xxxvii <https://www.giz.de/en/worldwide/18661.html>
- xxxviii <https://gullahgeechecorridor.org/>
- xxxix <https://www.giz.de/en/worldwide/18661.html>)
- xl <https://gullahgeechecorridor.org/>

