



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

### Fichas Informativas sobre Riesgos Costeros en Ciudades #6

Intrusión de Agua Salina

Junio 2024



# Intrusión de Agua Salina en las Ciudades

[¿Qué es la Intrusión de Agua Salina?](#)

[Causas de la Intrusión de Agua Salina](#)

[¿Cómo impacta el Cambio Climático en la Intrusión de Agua Salina?](#)

[¿De qué forma afecta la Intrusión de Agua Salina a los sistemas de la ciudad?](#)

[Estrategias de Adaptación ante la Intrusión de Agua Salina](#)

[Casos de Estudio](#)

## ¿Qué es la Intrusión de Agua Salina?

La intrusión de agua salada se produce cuando el agua de mar se filtra en los sistemas costeros de aguas subterráneas debido a factores naturales o humanos. <sup>i</sup> Aproximadamente el 70% de la población mundial vive en zonas costeras, lo que a menudo resulta en una sobreexplotación de los embalses de agua subterránea, lo que lleva a la intrusión de agua salada. <sup>ii</sup>

La mezcla de agua salada con agua dulce en las zonas costeras es un proceso natural, pero se convierte en un problema ambiental y social cuando aumenta la tasa de intrusión y la salinidad del agua subterránea costera comienza a aumentar por encima de los niveles normales. Esto puede deberse al aumento del nivel relativo del mar en una región costera, a una menor recarga de aguas subterráneas o a una mayor extracción (bombeo) de agua dulce de un acuífero subterráneo. El agua dulce es un recurso escaso. Según la Organización Meteorológica Mundial, sólo el 2,5 por ciento del volumen total de agua de la Tierra es agua dulce y el resto es salina. <sup>iii</sup> La intrusión salina en las aguas subterráneas costeras puede afectar el acceso al agua potable, así como los usos agrícolas de las aguas subterráneas costeras.

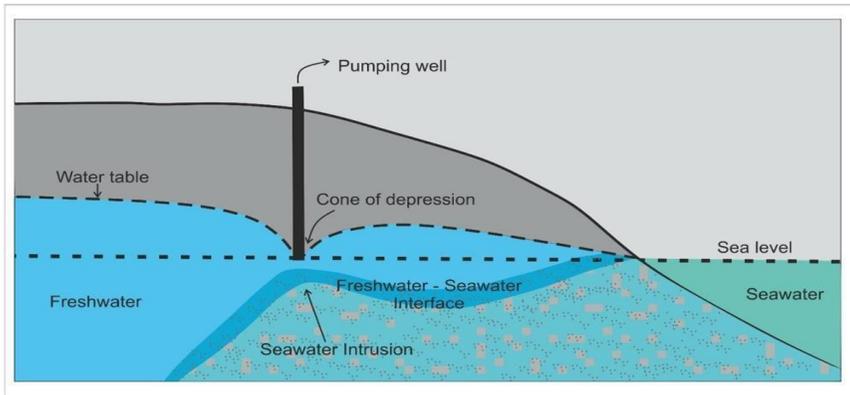


Figura 1: Diagrama esquemático de la intrusión de agua de mar en el acuífero costero, [Fuente](#)

A nivel mundial, los problemas de suministro de agua dulce debidos al cambio climático son más probables en los países en desarrollo con una alta proporción de tierras bajas costeras, costas áridas y semiáridas, megaciudades costeras, particularmente en la región de Asia y el Pacífico, y pequeños estados insulares, lo que refleja tanto factores naturales como socioeconómicos. -Factores económicos que potencian los niveles de riesgos.<sup>iv</sup>

### Causas de la Intrusión de Agua Salina:

Las causas de la intrusión de agua salada que se produce debido a actividades naturales e inducidas por el hombre se describen a continuación:

#### Factores Naturales

- *Geomorfología costera*: La permeabilidad de la arena y las rocas puede influir en la mezcla de agua subterránea y agua de mar. Debido a su proximidad a la Bahía de Bengala, Dhaka en Bangladesh está expuesta a la intrusión de agua salada. El estudio realizado por el Banco Mundial sugiere que es probable que el cambio climático aumente la salinidad de los ríos, lo que provocará una disminución del rendimiento del arroz en un 15,6% y provocará cambios significativos en los ecosistemas acuáticos para 2050.<sup>v</sup>
- *Aumento del nivel del mar*: El aumento del nivel relativo del mar resultante del hundimiento costero o del aumento absoluto del nivel del mar puede contribuir a aumentar la intrusión salina. La Bahía de Chesapeake en Maryland, EE.UU., ya ha experimentado la pérdida de varias islas y costas debido al aumento del nivel del mar y la erosión. Debido al cambio climático, la zona está experimentando amenazas de tormentas, inundaciones y aumento del nivel del mar, que se está produciendo a casi el doble del

promedio mundial.<sup>vi</sup> El aumento de la salinidad ya ha inutilizado algunas de sus tierras de cultivo costeras y está alterando el paisaje ecológico de los humedales y bosques costeros de Maryland.<sup>vii</sup>

- *Desastres:* Los desastres naturales como las marejadas ciclónicas y los tsunamis pueden provocar una intrusión temporal de agua de mar. La Isla del Príncipe Eduardo en Canadá es particularmente vulnerable a la intrusión de agua salada debido a condiciones naturales como la acción de las mareas, los cambios en las tasas de recarga y los numerosos estuarios que penetran tierra adentro.<sup>viii</sup> El delta del Mekong en Vietnam sufrió gravemente debido a la intrusión de agua salina inducida por El Niño durante El Niño de 2015/2016, reportando una pérdida de 15.032 mil millones (aproximadamente 674 millones de dólares), equivalente a alrededor del 0,35% del PIB en 2015.<sup>ix</sup>

### **Factores Antropogénicos**

- *Extracción excesiva de aguas subterráneas:* el rápido crecimiento demográfico provocó un aumento de la demanda de agua, lo que dio lugar a un bombeo excesivo de aguas subterráneas. Esta sobre-extracción hace que los niveles de agua en los acuíferos bajen, creando una presión desequilibrada que permite que el agua de mar penetre en los acuíferos de agua dulce. En Chennai, Tamil Nadu (India), el bombeo excesivo de agua subterránea provocó una intrusión de agua de mar de 10 m de profundidad hasta una extensión de 2km, es decir, casi 2.600 kilómetros cuadrados de agua dulce por debajo del nivel medio del mar se vieron afectados por el agua de mar debido a la sobre-extracción de aguas subterráneas por parte de las comunidades costeras.<sup>iv</sup> Además, el rápido desarrollo urbano y los cambios en el uso del suelo están provocando hundimientos del suelo, especialmente en las zonas costeras. A medida que la tierra se hunde, aumenta la vulnerabilidad de los acuíferos costeros a la intrusión de agua salada al reducir el gradiente de elevación que separa el agua dulce del agua salada. Este hundimiento exagera el problema de la intrusión de agua de mar causada por la sobre-extracción, creando un riesgo agravado para los recursos de agua dulce en las regiones costeras.

- *Subsidencia de la tierra:* Las actividades humanas como la extracción de aguas subterráneas, la extracción de petróleo y gas y el desarrollo urbano pueden provocar hundimientos de la tierra, particularmente en las zonas costeras. A medida que la tierra se hunde, aumenta la vulnerabilidad de los acuíferos costeros a la intrusión de agua salada al reducir el gradiente de elevación que separa el agua dulce del agua salada.

Figura 2: Different scenarios of saltwater intrusion in freshwater level, [Fuente](#)

## ¿Cómo impacta el Cambio Climático a la Intrusión de Agua Salina?

El cambio climático tiene el potencial de influir en las tasas de intrusión salina en las áreas costeras a través de cambios en el nivel relativo del mar, así como los cambios en los patrones de lluvia y evaporación costeras y los niveles reducidos de agua del río costero debido a la menor lluvia en las cuencas interiores.<sup>xv</sup>

A nivel mundial, es más probable que estos problemas afecten a las ciudades de los países en desarrollo con una alta proporción de tierras bajas costeras, costas áridas y semiáridas, megaciudades costeras, particularmente en la región de Asia y el Pacífico, y pequeños estados insulares, lo que refleja tanto factores naturales como socioeconómicos. factores económicos que aumentan los niveles de riesgos. (ibídem).

- A continuación se describen los factores que pueden empeorar los impactos del cambio climático en la intrusión de agua salada:
- Aumento del nivel del mar: existe un alto nivel de confianza en que el aumento del nivel del mar aumentará la intrusión de agua salada en los humedales costeros (IPCC, AR6, WG1, Capítulo 8).
- Además, el aumento del nivel del mar exacerbará las inundaciones costeras con el potencial de aumentar la intrusión de agua salada en los acuíferos de las islas pequeñas (IPCC 2021, AR6, WG1, Resumen técnico). En Bangladesh, los expertos en clima predicen que para 2050, el aumento del nivel del mar

sumergirá el 17% de la tierra del país y desplazará a unos 20 millones de personas.<sup>xvii</sup>

- *Cambio en el patrón de precipitaciones:* El Informe AR6 del IPCC informa que el aumento de los gases de efecto invernadero ha contribuido a la sequía en algunas regiones climáticas, incluido el Mediterráneo, el suroeste de Australia, el suroeste de América del Sur, el sur de África y el oeste de América del Norte (confianza media a alta).<sup>xviii</sup>
- La disminución de las precipitaciones puede afectar la recarga de los acuíferos subterráneos y el gradiente resultante creado puede provocar la infiltración de agua salada.
- *Aumento de las marejadas ciclónicas e inundaciones:* las tormentas pueden causar aumentos temporales en los niveles del mar y mayores niveles de agua a lo largo de las costas, lo que puede empujar el agua salada hacia el interior, impactando las fuentes de agua subterránea.
- *Aumento de la temperatura:* la temperatura global está aumentando actualmente 0,2°C ( $\pm 0,1^\circ\text{C}$ ) por década; El calentamiento inducido por el hombre alcanzó 1°C por encima de los niveles preindustriales alrededor de 2017 y, si este ritmo de calentamiento continúa, podría alcanzar 1,5°C alrededor de 2040. <sup>xxii</sup> El aumento de las temperaturas globales hace que el agua de mar se expanda térmicamente, lo que contribuye a niveles más altos del mar que en a su vez contribuyen a la intrusión de agua salada.

¿De qué forma afecta la Intrusión de Agua Salina a los sistemas de la ciudad?

### **Impactos Físicos:**

Las ciudades costeras que sufren intrusión de agua salada enfrentan desafíos en términos de infraestructura y daños a la construcción.

- **Sistemas de suministro de agua potable contaminados:** la intrusión de agua salada aumenta la salinidad del agua subterránea, lo que afecta los sistemas de suministro de agua, las instalaciones de tratamiento y las redes de distribución.
- **Daños en carreteras y puentes:** el agua salada puede provocar grietas y baches en carreteras y puentes, afectando los sistemas de transporte y aumentando los riesgos de accidentes.

- Daños a edificios residenciales y servicios esenciales como hospitales, escuelas, edificios comunitarios, líneas eléctricas y telecomunicaciones.
- Perturbación de las actividades y costos económicos al aumentar los costos de reparación y mantenimiento de la infraestructura.

Un estudio realizado por Abdelhafez en 2022 predijo que los costos anuales esperados de reparación de los cimientos de las casas estudiadas, es decir, casi 137.000 edificios residenciales en áreas bajas, podrían alcanzar hasta 90 millones de dólares estadounidenses para 2100 en Mobile Bay, Golfo de México. debido a la intrusión de agua salada.<sup>xii</sup>

### **Impactos Socio-Económicos:**

La intrusión de agua salada puede tener un impacto social significativo en las comunidades que dependen en gran medida del agua subterránea para su sustento, como la agricultura, la pesca, la silvicultura, etc., que se describe a continuación:

- Desplazamiento de población: debido al deterioro de las condiciones de vida, incluida la falta de agua potable, agua para riego y daños a la infraestructura, las comunidades se ven obligadas a migrar a áreas alternativas.
- Perturbación de los medios de vida: la intrusión de agua de mar puede provocar una reducción del rendimiento de los cultivos, la producción de la acuicultura y las actividades turísticas, que pueden verse interrumpidas debido a preocupaciones sobre la calidad del agua.
- Estrés social y salud mental: la perturbación puede provocar disparidad social entre las comunidades y un aumento del estrés social, la ansiedad y los problemas de salud mental entre las personas y las comunidades afectadas.
- Acceso a agua potable: el aumento de la salinidad puede dificultar el acceso al agua potable y puede exigir costosos procesos de tratamiento o desalinización del agua.

La ciudad de Can Tho, en el delta del Mekong de Vietnam, enfrenta varios impactos sociales, económicos y de seguridad alimentaria, particularmente para las comunidades que dependen en gran medida de la agricultura y la pesca para su sustento. El agua de mar salada comenzó a entrar en el delta a principios de mediados de noviembre de 2019 y, en enero, se proyectaba que el agua de mar alcanzaría entre 30 y 40km tierra adentro.<sup>xiii</sup> La gente de la ciudad de Can Tho enfrenta desafíos económicos y problemas de seguridad

alimentaria debido al aumento de la salinidad del agua subterránea.

### **Impactos Ambientales:**

Los ecosistemas costeros como los humedales y los estuarios prosperan gracias al delicado equilibrio entre el agua dulce y el agua salada. La intrusión de agua salada puede perturbar estos ecosistemas al afectar a las especies vegetales y animales y sus hábitats y perturbar el delicado equilibrio ecológico, y tener los siguientes impactos:

- Alteración del hábitat: la intrusión de agua salada puede cambiar la composición física de las tierras, como la estructura del suelo y la composición de la vegetación, y los cambios en los patrones hidrológicos pueden provocar una alteración significativa en el hábitat de las plantas y animales en las zonas costeras.
- Pérdida de biodiversidad: la alteración del hábitat, así como la incapacidad de las especies para adaptarse al entorno altamente salino, puede provocar el desplazamiento y la pérdida de plantas y animales con importante importancia ecológica.
- Especies invasoras: las especies tolerantes a la sal pueden invadir el hábitat natural de las especies locales y superarlas.
- Erosión y pérdida de hábitat: la fragmentación y degradación del hábitat pueden provocar erosión costera y aumentar la pérdida de hábitat de especies importantes.
- Servicios ecosistémicos: los valiosos servicios ecosistémicos proporcionados por el entorno costero, como la purificación del agua, la prevención de inundaciones y el secuestro de carbono, pueden verse afectados debido a la creciente pérdida de biodiversidad y daños ecológicos.

Un ejemplo de esto son las cada vez más reducidas marismas de Florida en Estados Unidos. El ecosistema, hogar de 301 especies de plantas, 422 especies de invertebrados, 217 especies de peces, 11 anfibios, 31 reptiles y 15 mamíferos, está amenazado debido a la intrusión de agua salada.<sup>xiv</sup>

## Estrategias de Adaptación ante la Intrusión de Agua Salina

### Nivel Comunitario

- Fomentar técnicas de recolección y almacenamiento de agua de lluvia a nivel doméstico y comunitario en usos como limpieza, descarga y riego para reducir la demanda de agua de pozos y bombas.
- Promover la conciencia sobre la conservación del agua fomentando el uso eficiente del agua, reparando fugas y utilizando electrodomésticos que ahorren agua.
- Adopción de prácticas agrícolas sostenibles mediante el uso de sistemas de riego eficientes en el uso del agua, como riego por goteo o riego subterráneo, y el uso de especies tolerantes a la sal para adaptarse a condiciones de salinidad cada vez mayores.
- Gestión de las aguas subterráneas mediante el seguimiento periódico del nivel y evitando el sobre-bombeo de agua.
- Plantación de barreras naturales como manglares y restauración de vegetación costera, y creación de humedales y marismas.
- Creación de coaliciones y creación de redes a través de talleres y compromisos combinados que reúnan a residentes, expertos técnicos, expertos ambientales, empresas y líderes locales, y organismos gubernamentales provinciales y municipales para realizar consultas.
- Aumentar la conciencia y la educación entre las comunidades locales y los responsables políticos sobre el uso sostenible de las aguas subterráneas y la importancia de tomar iniciativas a nivel local para adaptarse a las consecuencias negativas de la intrusión de agua salada, el cambio climático y el aumento del nivel del mar.
- Sistemas de alerta temprana para concienciar a las comunidades locales sobre tormentas o inundaciones próximas que pueden provocar una intrusión de agua salada.

## Nivel Municipal/Gobierno

- Recargar artificialmente acuíferos de agua dulce con aguas residuales tratadas, aguas pluviales o exceso de agua superficial durante períodos de menor demanda para reponer los niveles de agua subterránea.
- Desarrollar fuentes de agua alternativas, como plantas desalinizadoras, que produzcan agua dulce eliminando la sal y otras impurezas del agua de mar.
- Inspecciones y reparaciones periódicas mediante inhibidores de corrosión en la edificación urbana.
- Identificar y mapear necesidades y barreras en la gestión de las aguas dulces subterráneas costeras mediante la evaluación de los riesgos y posibles daños económicos para las actividades humanas y los sistemas naturales mediante la creación de una red de cooperación.
- Identificar políticas para la explotación futura de acuíferos costeros vulnerables mediante la creación de estrategias para el uso sostenible de los acuíferos subterráneos.
- Mantener y restaurar humedales identificando y protegiendo áreas de alta diversidad ecológicamente significativas.
- Mantener la calidad y disponibilidad del agua mediante la gestión de la demanda de agua mediante la reutilización, el reciclaje, la recolección de agua de lluvia y la desalinización, y prevenir o limitar la extracción de agua subterránea de acuíferos poco profundos.
- Preservar y restaurar la complejidad estructural de la vegetación y la biodiversidad en marismas, praderas marinas y manglares.
- Instalar una presa de baja altura para separar el agua salada y la piscina de agua dulce para evitar el movimiento río arriba, creando una barrera para que el agua salada invada las recargas de agua dulce.<sup>xxiv</sup>
- Diseñar sistemas mejorados de gestión de aguas pluviales para drenar el exceso de agua de mar causado durante épocas de tormentas e inundaciones y reducir el riesgo de intrusión de agua salada.
- Mantenimiento de la costa utilizando medidas suaves como la creación de marismas mediante la plantación de especies apropiadas, la plantación de pastos en las dunas, la plantación de plantas tolerantes a la sal y la plantación de vegetación acuática sumergida para estabilizar los sedimentos y aumentar la capacidad de recarga de agua de las tierras costeras.<sup>xxv</sup>
- Garantizar el uso sostenible de las aguas subterráneas mediante la implementación de regulaciones y políticas para la extracción de aguas subterráneas y el mantenimiento de un equilibrio entre el agua salada y los acuíferos subterráneos.

## Casos de Estudio

### Caso de Estudio 1

*Marina Barrage* en Singapur es una convincente historia de éxito en la adaptación a la intrusión de agua salada. Es una presa y un embalse que regula el flujo de almacenamiento de agua dulce, controla las inundaciones, proporciona actividades acuáticas recreativas y previene la intrusión de agua salada. Al gestionar eficazmente los recursos de agua dulce y crear una barrera contra la invasión del agua de mar, Singapur ha mejorado su resiliencia a los impactos del cambio climático y el aumento del nivel del mar. <sup>xxvi</sup>

### Caso de Estudio 2

La ciudad de Rotterdam en los Países Bajos es otro éxito que muestra estrategias efectivas de gestión del agua a través de estructuras diseñadas por humanos para mitigar la intrusión de agua salada. Se han construido técnicas e infraestructuras innovadoras como presas, esclusas, esclusas, diques y barreras contra marejadas ciclónicas para proteger la costa holandesa del Mar del Norte durante las inundaciones. En la ciudad se han implementado amplios sistemas de agua para capturar y almacenar agua dulce durante el exceso de lluvia y utilizarla estratégicamente durante los períodos secos. También controlan eficazmente el flujo de agua dulce de los ríos, utilizan esclusas y compuertas para gestionar el equilibrio del agua salada y dulce, y utilizan medidas naturales como plantar cultivos tolerantes a la sal. Mediante la planificación estratégica y la construcción de estructuras innovadoras diseñadas por el hombre, Rotterdam sirve como ejemplo para mitigar la intrusión de agua salada inducida por el cambio climático. <sup>xxvii</sup>

### Caso de Estudio 3

Perth, ubicada en Australia Occidental, enfrentó importantes desafíos relacionados con la intrusión de agua salada en sus aguas subterráneas debido a su clima semiárido y su fuerte dependencia de las aguas subterráneas para el suministro de agua. Perth construyó plantas desalinizadoras a gran escala utilizando tecnología avanzada para eliminar la sal del agua de mar, que proporciona una parte sustancial del suministro de agua potable de la ciudad, reduciendo la dependencia del agua subterránea. Perth también introdujo sistemas gestionados de recarga de acuíferos (MAR), en los que las aguas residuales tratadas se inyectan en los acuíferos durante los períodos húmedos. Esto ayuda a crear una barrera contra la intrusión de agua salada y repone las reservas de agua subterránea. <sup>xxvii</sup>

#### **Caso de Estudio 4**

Tokio, Japón, ha implementado un sistema integral de control de inundaciones, que incluye diques, compuertas y túneles subterráneos, para proteger contra las marejadas ciclónicas y la intrusión de agua salada. Además, la ciudad ha promovido la captación de agua de lluvia y el uso de pavimentos permeables para reducir la escorrentía y recargar los acuíferos subterráneos. <sup>xxix</sup>

#### **Caso de Estudio 5**

Copenhague ha implementado un plan *Climate ADAPT* que incluye medidas para adaptarse al aumento del nivel del mar y reducir el riesgo de intrusión de agua salada, incluida la construcción de barreras costeras, la restauración de hábitats naturales a lo largo de la costa y la promoción de sistemas de drenaje urbano sostenibles para gestionar la escorrentía de aguas pluviales y proteger las fuentes de agua dulce. <sup>xxx</sup>

#### **Caso de Estudio 6**

Bangladesh es muy vulnerable a la intrusión de agua salada debido a su geografía baja y sus frecuentes ciclones. El Proyecto de mejora de diques costeros (CEIP) tiene como objetivo mejorar la resiliencia de la población costera mejorando los diques que protegen contra las marejadas ciclónicas y la intrusión de agua salada. El proyecto se centra en rehabilitar y mejorar los diques costeros para evitar inundaciones y la intrusión de agua salada, protegiendo así las tierras agrícolas y las fuentes de agua dulce. Incluye la construcción y rehabilitación de pólderes (una extensión de tierra baja rodeada por diques) y la instalación de sistemas de drenaje mejorados para gestionar el flujo de agua de manera eficaz. Esta iniciativa ha reducido significativamente la vulnerabilidad de las comunidades costeras a la intrusión de agua salada, ha salvaguardado los medios de vida y ha mejorado la seguridad alimentaria. <sup>xxxi</sup>

## Referencias

- i. [efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.gov.pe.ca/photos/original/cle\\_WA1.pdf](http://www.gov.pe.ca/photos/original/cle_WA1.pdf)
- ii. Darnault, C.J.G., and I.G. Godinez, 2008. Coastal aquifers and saltwater intrusion. In *Overexploitation and Contamination of Shared Groundwater Resources*, 185–201. Springer Science Business Media B.V.
- iii. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- iv. Alcamo and Henrichs, 2002; [https://www.researchgate.net/publication/225345007 Critical regions A model-based estimation of world water resources sensitive to global changes](https://www.researchgate.net/publication/225345007_Critical_regions_A_model-based_estimation_of_world_water_resources_sensitive_to_global_changes) Ragab and Prudhomme, 2002  
<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1612187>
- v. <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2015/02/17/salinity-intrusion-in-changing-climate-scenario-will-hit-coastal-bangladesh-hard>
- vi. <https://eri.iu.edu/erit/case-studies/maryland-analyzes-coastal-wetlands-susceptibility-climate-change.html>
- vii. <https://planning.maryland.gov/Documents/OurWork/envr-planning/2019-1212-Marylands-plan-to-adapt-to-saltwater-intrusion-and-salinization.pdf>
- viii. CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). 2010. Review and Assessment of Canadian Groundwater Resources, Management, Current Research Mechanisms and Priorities. PN 1441.
- ix. [https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/vn/Recovery-draft-Sep-2016\\_final.pdf](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/vn/Recovery-draft-Sep-2016_final.pdf)
- x. [https://www.nyc.gov/html/sirr/downloads/pdf/final\\_report/Ch\\_1\\_SandyImpacts\\_FINAL\\_singles.pdf](https://www.nyc.gov/html/sirr/downloads/pdf/final_report/Ch_1_SandyImpacts_FINAL_singles.pdf)
- xi. [https://www.researchgate.net/profile/Vereda-Williams/publication/41892496 Identifying the Economic Effects of Salt Water Intrusion after Hurricane Katrina/links/0046353bc041fd176b000000/Identifying-the-Economic-Effects-of-Salt-Water-Intrusion-after-Hurricane-Katrina.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Vereda-Williams/publication/41892496_Identifying_the_Economic_Effects_of_Salt_Water_Intrusion_after_Hurricane_Katrina/links/0046353bc041fd176b000000/Identifying-the-Economic-Effects-of-Salt-Water-Intrusion-after-Hurricane-Katrina.pdf)
- xii. <https://www.nature.com/articles/s41598-022-18467->
- xiii. <https://www.aljazeera.com/features/2020/4/22/the-great-salt-drought-desiccating-vietnams-mekong-delta>
- xiv. <https://eri.iu.edu/erit/case-studies/southwest-florida-assesses-salt-marsh-vulnerability-to-sea-level-rise.html>
- xv. [https://archive.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg2/en/ch3s3-4-2.html](https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/ch3s3-4-2.html)
- xvi. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589757820300123>
- xvii. <https://www.nrdc.org/stories/bangladesh-country-underwater-culture-move#:~:text=Climate%20experts%20predict%20that%20by,a%20city%20of%20last%20esort.>
- xviii. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/chapter/chapter-4/>
- xix. Najibi, N. and N. Devineni, 2018: Recent trends in the frequency and duration of global floods. *Earth Syst. Dynam.* , 9 (2), 757–783, doi:10.5194/esd-9-757-2018.
- xx. WMO, 2021: Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes (1970-2019). WMO, Geneva, Switzerland
- xxi. Shugar, D.H., et al., 2020: Rapid worldwide growth of glacial lakes since 1990. *Nat. Clim. Chang.* , 10 (10), 939–945

- xxii. <https://www.ipcc.ch/sr15/fag/faq-chapter-1/#:~:text=Given%20that%20global%20temperature%20is,1.5%C2%B0C%20around%20040.>
- xxiii. [https://programming14-20.italy-croatia.eu/documents/276485/0/ASTERIS\\_Abstract+%281%29.pdf/45cf718a-bf80-38b5-fa8d-288864efc811?t=1630995811018](https://programming14-20.italy-croatia.eu/documents/276485/0/ASTERIS_Abstract+%281%29.pdf/45cf718a-bf80-38b5-fa8d-288864efc811?t=1630995811018)
- xxiv. [https://programming14-20.italy-croatia.eu/documents/276485/0/ASTERIS\\_Abstract+%281%29.pdf/45cf718a-bf80-38b5-fa8d-288864efc811?t=1630995811018](https://programming14-20.italy-croatia.eu/documents/276485/0/ASTERIS_Abstract+%281%29.pdf/45cf718a-bf80-38b5-fa8d-288864efc811?t=1630995811018)
- xxv. <https://eri.iu.edu/erit/case-studies/maryland-analyzes-coastal-wetlands-susceptibility-climate-change.html>
- xxvi. <https://www.sciencetheearth.com/uploads/2/4/6/5/24658156/igel-marina-barrage.pdf>
- xxvii. <https://www.sierraclub.org/sierra/2019-1-january-february/innovate/how-netherlands-preparing-for-sea-level-rise>
- xxviii. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0303243421003445>
  
- xxix. ([https://www.japan.go.jp/kizuna/2021/01/utilizing\\_the\\_citys\\_underground\\_space\\_s.html](https://www.japan.go.jp/kizuna/2021/01/utilizing_the_citys_underground_space_s.html))
- xxx. (<https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/countries-regions/countries/denmark>)
- xxxi. (<https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/project-detail/P128276>)

