

## Evaluación de las proyecciones del aumento del nivel del mar en la costa de Mayagüez y sus implicaciones socioeconómicas

Zuriel N. Cruz Reyes

### Introducción

Uno de los fenómenos relacionados al cambio climático más discutidos es el alza en el nivel del mar. Los factores más importantes que aumentan el nivel del mar son: el derretimiento de los glaciares en tierra y la expansión térmica de los océanos (Englander, 2021). Generalmente, las zonas costeras son utilizadas como puertos comerciales, zonas turísticas y/o son altamente cotizadas por su belleza. Eso las hace el blanco principal de desarrollos de alto costo, como hoteles, puertos, apartamentos vacacionales o casas lujosas en muchos países desarrollados o en vías de desarrollo. Al mismo tiempo, en países con economías de subsistencia o países pobres, hay muchas comunidades de escasos recursos económicos localizadas en la zona costera. Estas comunidades dependen de los beneficios del mar para poder subsistir. En caso de afectarse los recursos y espacios costeros, muchas comunidades no tendrían la capacidad de tener acceso a un sistema eficaz para relocalizarse, acceder al mercado laboral, o transportarse para evitar la hambruna. Estas personas sufren el primer impacto de los cambios en el nivel del mar sin tener las herramientas para resolver su situación (Arkema, 2013).

En la literatura se han enumerado un sinnúmero de posibles consecuencias del aumento en el nivel del mar. Algunas consecuencias relacionadas al ambiente son: pérdida de playas,

intrusión salina en cuerpos de agua dulce, mayores tormentas tropicales y mareas ciclónicas entrando con mayor fuerza, pérdida de comunidades naturales costeras y pérdida de biodiversidad. Además, posibles consecuencias sociales como: mayor inversión en programas sociales para relocalización de comunidades, pérdida de vidas y estructuras, pérdida de comercios, pérdida de proyectos de alto valor, mayor inversión para la remoción de escombros, inversión para restauración de áreas, y pérdida de espacio público, entre otros (Anthoff, 2010; Dasgupta, 2007; Hummel, 2021).

Dadas las diversas consecuencias de este fenómeno, se vuelve urgente llevar a cabo un profundo análisis económico del impacto del aumento en el nivel del mar sobre las comunidades costeras. Este artículo tiene como objetivo contribuir a esta discusión, analizando el impacto del alza del nivel de mar en el Municipio de Mayagüez del Estado Libre Asociado de Puerto Rico.

#### Revisión de literatura

El aumento en el nivel del mar afecta directamente a todos los países con zonas costeras en el mundo. Durante el siglo pasado, las temperaturas de la superficie del Mar Caribe aumentaron 1.5 °C y estudios muestran claras tendencias hacia el calentamiento (Tetra Tech, 2015).

Según Barreto (2021):

“hay que buscar cuál es el curso de acción que tenemos que hacer, desde la perspectiva de una planificación adecuada dirigida hacia la resiliencia y enfocada a todos estos escenarios, como lo son los eventos extremos y el cambio climático, para buscar las soluciones adecuadas y no continuar teniendo pérdidas de vida ni de propiedad.”

Los científicos coinciden en que el aumento en el nivel del mar es un evento ineludible y están haciendo esfuerzos por determinar la magnitud del impacto (Jubb, 2014). El Grupo Intergubernamental de Expertos de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (IPCC) hizo su quinto informe en 2014 y determinó cuatro posibles trayectorias (Representative Concentration Pathways-RCP) de cambio climático por una combinación de emisiones de carbono, uso de suelo y política pública, tomando en consideración emisiones desde 1850. En este informe, conocido como AR5 (Assessment Report 5), participaron expertos de todas las disciplinas relacionadas al cambio climático, usuarios de los informes de IPCC y representantes de distintos gobiernos. Estas posibles trayectorias son una herramienta para hacer modelos de futuros efectos de cambio climático. RCP 2.6, es el escenario más ambicioso donde las emisiones de carbono suben y luego bajan rápidamente antes de 2100, debido a la remoción de CO<sub>2</sub> atmosférico y por la implementación de acciones acertadas globalmente. RCP4.5 y RCP6 son trayectorias intermedias donde la combinación de factores permite estabilizar la atmósfera y el efecto de temperatura luego del año 2100. Por último, la trayectoria más extrema sería RCP8.5

donde seguimos haciendo todo como hasta ahora y las políticas para resolver problemas de cambio climático son nulas o muy livianas. Un escenario así tendría el mayor impacto de pérdidas sobre las personas y las propiedades en las costas (Jevrejeva, et al., 2021). Procesos similares ya están ocurriendo en comunidades alrededor del mundo (ej. Zhang, et al. 2020). Además, a la hora de tomar decisiones, el desconocimiento de la pérdida económica que representa el deterioro de la zona costera pudiera aumentar el daño. El aumento en el nivel del mar, sumado a las presiones de construcción y desarrollo no sostenible que sufrirán estas áreas, es la mejor receta para un desastre si no se hace nada al respecto.

En Puerto Rico, un 24% de la costa está desarrollada u ocupada (González, 2018). En el municipio de Rincón hay investigaciones activas para ver cuán costo efectivo sería la realimentación con arena, combinada con otros métodos, para lograr retardar el proceso de pérdida de playas. (Aponte-Bermúdez et al., 2018)

En este contexto, darles un valor económico a los servicios ambientales pudiera ayudar a viabilizar una mejor gestión administrativa, ya que genera información cuantitativa para la evaluación de proyectos, políticas públicas y el aprovechamiento sostenible de los recursos ambientales. (Rangel, et al., 2013; Ripka de Almeida, 2018).

Independientemente de la situación económica del país, un aumento en el nivel del mar cambiaría las posibilidades económicas de manera drástica, impactando a su paso todo lo establecido allí. El aumento del nivel del mar es un problema difícil de manejar a largo plazo. En

lo que surge una solución, podrían producirse costosas inundaciones a gran escala. Por lo tanto, todos los países deben considerar este asunto seriamente a la hora de pensar el tipo de uso que le darán a la zona costera y las medidas que tomarán para adaptarse a los cambios (Hinkel, 2014). El atractivo de la zona costera dependerá de decisiones que garanticen la seguridad de las personas y la conservación de su ecología y biodiversidad (Yong, 2021).

Este año 2021, se celebró la 26va Conferencia de las Naciones Unidas-COP26 (*Conference of the Parties 26*) en la ciudad de Glasgow, Inglaterra, para atender el problema del cambio climático (Czapla, 2021). La participación de unos 200 países es evidencia de la importancia que va adquiriendo la realidad del cambio climático a nivel global. Hay interés en hacer un esfuerzo colectivo para disminuir las emisiones de carbón y combustibles fósiles significativamente. Por primera vez, todos los países presentes incluyendo a Estados Unidos, lograron un acuerdo conjunto para enfrentar el cambio climático. El GCP (*Glasgow Climate Pact*) acordó: llevar a cabo acciones para evitar el aumento de la temperatura del planeta por más de dos grados sobre los niveles promedio de temperatura preindustriales (para el año 2100), revertir la deforestación antes de mitad de siglo y un mayor apoyo económico de los países en desarrollo para financiar políticas ambientales positivas y adiestramiento en países subdesarrollados que deseen unirse al esfuerzo. Aparte de este acuerdo central, muchos países hicieron sus propios compromisos para mejorar los problemas climáticos en sus regiones.

Puerto Rico no está exento de ser afectado por el cambio climático. Al ser una isla tropical, sus costas son vulnerables al reflujo de las olas, las corrientes y a cualquier cambio temporero o permanente en el nivel del mar (González, 2018). Las tormentas y los huracanes también contribuyen al movimiento de los materiales de la costa, siendo visitantes frecuentes y cada vez más intensos.

El clima ha sido un factor determinante para la geomorfología actual de Puerto Rico. Sus costas han sido modeladas como respuesta a la interacción entre el clima y la intervención humana sobre los procesos naturales. Por eso es importante levantar evidencia que demuestre la magnitud real del aumento en el nivel del mar sobre estos espacios y qué estrategias concretas pueden funcionar para evitar las pérdidas (Coronese, 2019; Kettle, 2012). De esta forma, gobierno, comunidades e investigadores pueden prepararse y mitigar las posibles consecuencias de un aumento en el nivel del mar. Similarmente, con esa evidencia, las comunidades y los municipios pueden someter propuestas que apoyen proyectos relacionados con la mitigación y la respuesta a este problema (Barreto et al., 2020). Puerto Rico sufre una crisis financiera y necesita soluciones que tomen en consideración los impactos significativos del cambio climático en su futuro económico. En la valoración del cambio climático, el aumento en el nivel del mar es un tema que no se puede ignorar ni minimizar porque tiene un impacto directo en la economía del país.

Este estudio pretende hacer conciencia acerca del problema económico y social del cambio climático que estamos viviendo. Además, se explorarán las posibles consecuencias socioeconómicas de la inacción ante el problema de aumento en el nivel del mar. Este ejercicio podría ayudar en la toma de decisiones y planificación sobre la relocalización de estructuras costeras, categorizar el riesgo a la vida humana y la conservación de ecosistemas que protegen la costa del impacto de este fenómeno. Esta información podría ser beneficiosa para las agencias de gobierno, ciudadanos, comerciantes, aseguradoras, bancos, transportación e investigadores.

#### Método

El área de estudio es la zona costera del municipio de Mayagüez, localizada en el centro de la costa oeste de Puerto Rico. Sus playas colindan con el Canal de Mona, donde se mezclan las aguas del Mar Caribe y el Océano Atlántico. Por el norte, bordea el Río Grande de Añasco y por el sur, el Río Guanajibo. La zona costera del municipio de Mayagüez tiene unos 16.61 km de largo y está dividida en cinco barrios: Sabanetas, Algarrobos, Mayagüez Pueblo, Sábalos y Guanajibo.

La Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA por sus siglas en inglés) ha desarrollado una herramienta para uso público conocida como *Sea-Level Viewer*. Esta herramienta brinda una proyección del aumento en el nivel del mar de las áreas costeras del municipio de Mayagüez, para diferentes años y escenarios. La proyección nos da una idea de

cuánto tiempo existe para la preparación del evento. Este informe se limitará a estudiar el caso más conservador (escenario *Intermediate Low* en las clasificaciones de NOAA) y el caso más severo (escenario *High*) para los años 2040, 2060, 2080 y 2100.

La sobreposición de los datos del aumento promedio en el nivel del mar sobre un mapa geo-referenciado permite hacer una estimación de las zonas que serán afectadas por el aumento en el nivel del mar. NOAA brinda un listado con valores decimales para cada escenario. Sin embargo, la herramienta presenta una proyección visual con datos redondeados a los enteros más cercanos. Esta es una estimación del promedio del nivel del mar global, así que pudieran existir variaciones regionales que no estemos considerando. La herramienta es útil para hacer una evaluación general de lo que podría suceder y las porciones costeras que serían más afectadas por un aumento en el nivel del mar. Se considerará el área afectada (en km<sup>2</sup>), la cantidad de edificios, áreas recreativas, vías de transporte principales y los cuerpos agua en el análisis. Una vez identificadas estas zonas, se determina el impacto por cada barrio y sector utilizando ArcGIS Pro-2.8 con los datos de NOAA, mencionados anteriormente. En esta estimación, no se considerarán factores de erosión adicionales y otras variables que también podrían influenciar los procesos costeros.

Finalmente, se discutirán las implicaciones socioeconómicas y fiscales de estos escenarios, al igual que posibles cursos de acción que el Municipio, el gobierno central, las comunidades y la Universidad de Puerto Rico podrían desarrollar.

## Resultados y análisis

La proyección de los efectos del aumento en el nivel del mar para los años 2040, 2060 y 2080, en el escenario *Intermediate Low*, es similar. Los cambios experimentados aparecen de forma más lenta y moderada que en escenario *High*. Las playas, las desembocaduras y los cauces de los ríos cerca de la costa son los más afectados. Los cuerpos de agua dulce sufren la intrusión de agua salada, aumento de sus cauces y la pérdida de sedimentos en su desembocadura. La franja de arena de las playas va desapareciendo, pero no uniformemente, en algunas secciones de la costa el efecto es mayor que en otras. En este escenario, con el aumento de un pie en el nivel del mar, ninguna vía de transporte es afectada directamente.

Figura 1: Barrio Sabanetas (SLR 1ft)

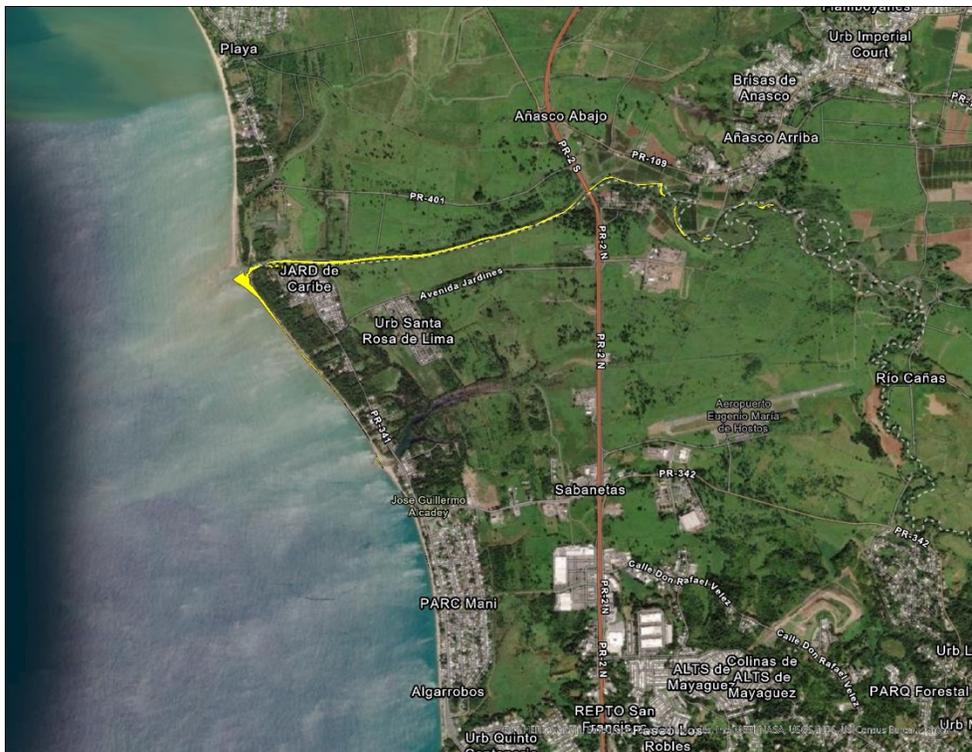


Figura 2: Barrio Algarrobo (SLR 1ft)

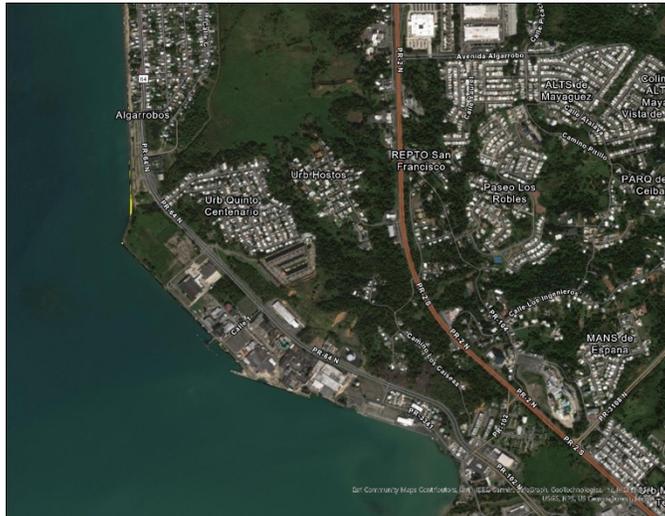


Figura 3: Barrio Mayagüez Pueblo (SLR 1ft)



Figura 4: Barrio Sábalos (SLR 1ft)

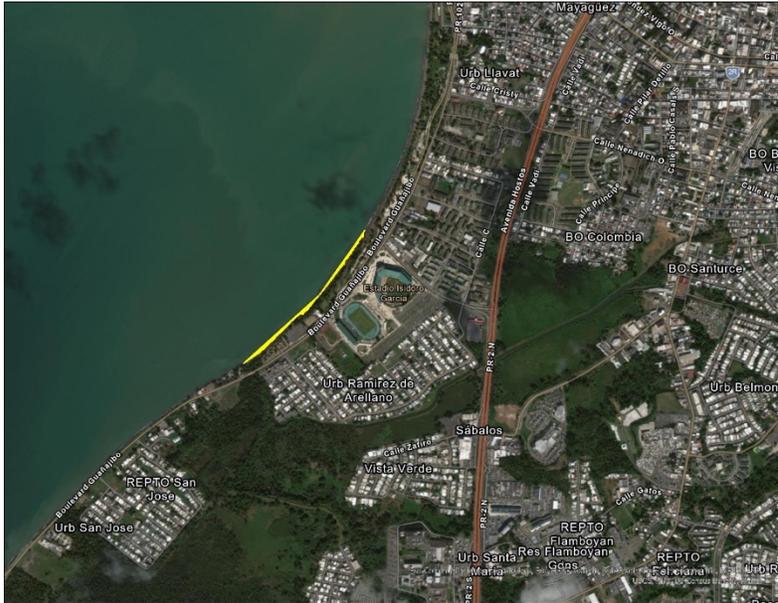
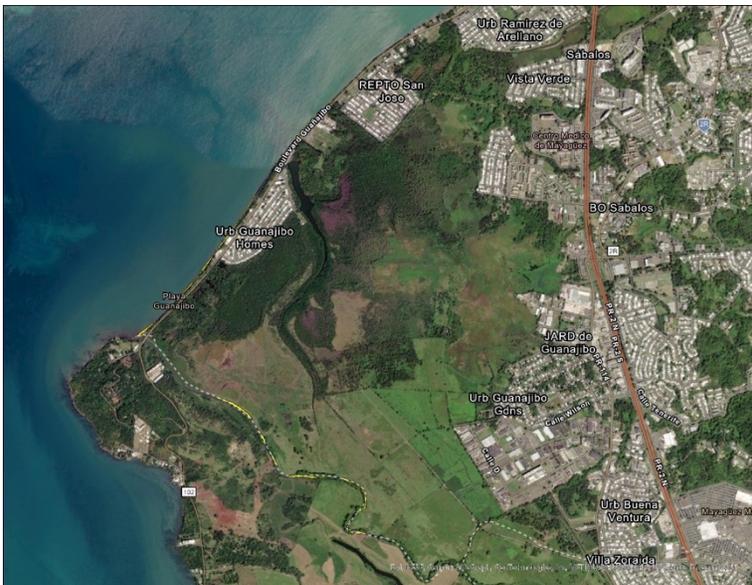


Figura 5: Barrio Guanajibo (SLR 1ft)



Para el año 2100, ante un aumento de 2 pies en el nivel del mar, aumenta el estimado de los edificios afectados por la inundación permanente y son afectadas algunas calles cercanas al mar en sector El Seco. Este sector, pierde la playa y sus espacios recreativos y de reunión comunitaria. El Río Guanajibo se sale de su cauce e inunda la llanura pluvial cerca de la desembocadura poniendo en riesgo las comunidades Guanajibo Homes y San José. La infraestructura cercana queda comprometida.

En el escenario *High*, los cambios son acelerados. En 20 años ocurren los cambios que tomaron 80 años en el escenario *Intermediate Low* y las pérdidas alcanzan niveles catastróficos. Hasta el 2040, los efectos del alza de 1 a 2 pies son similares al escenario anterior.

Figura 6: Barrio Sabanetas (SLR 2ft)

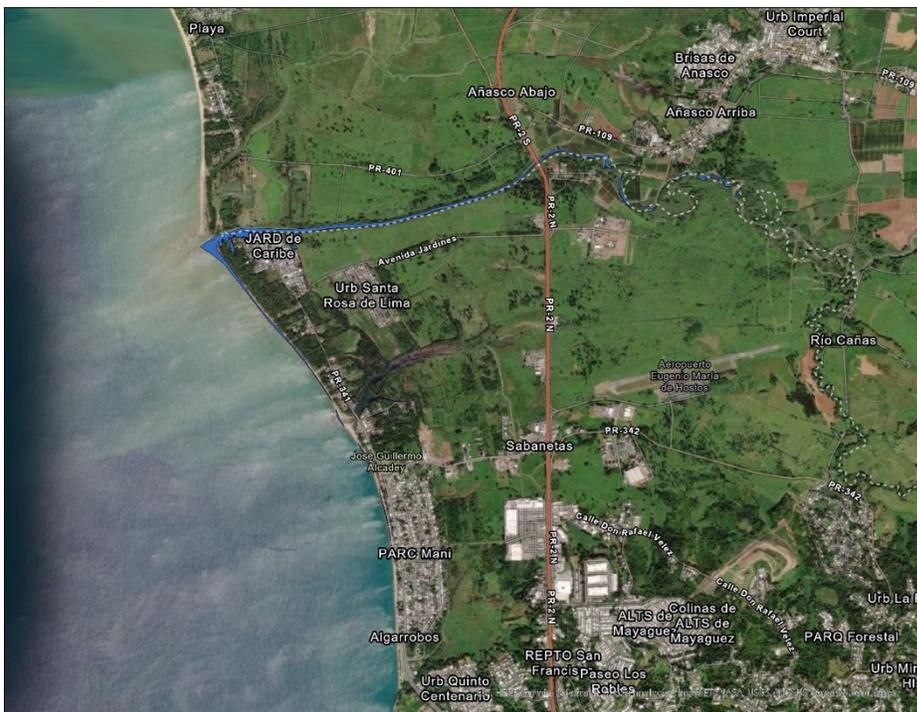


Figura 7: Barrio Algarrobos (SLR 2ft)

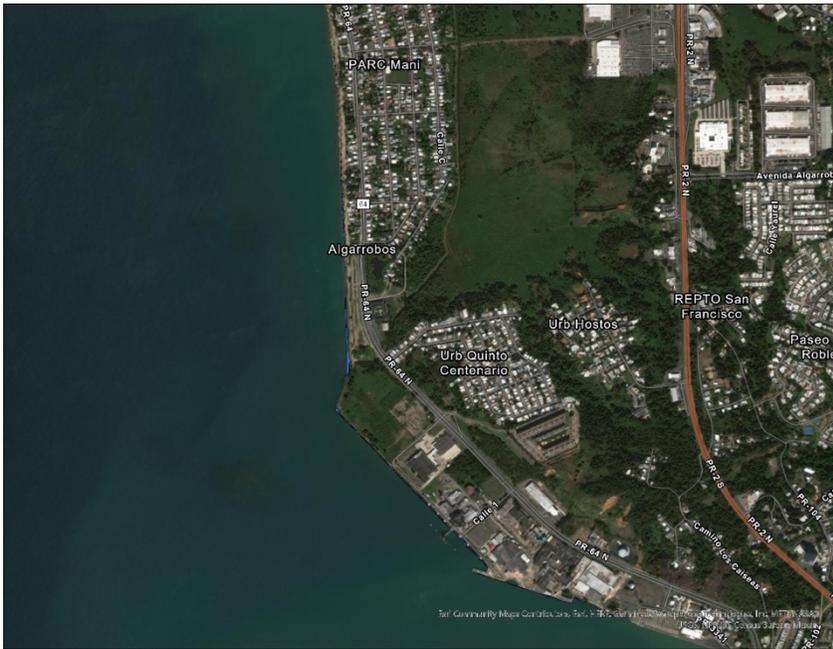


Figura 8: Barrio Mayagüez Pueblo (SLR 2ft)

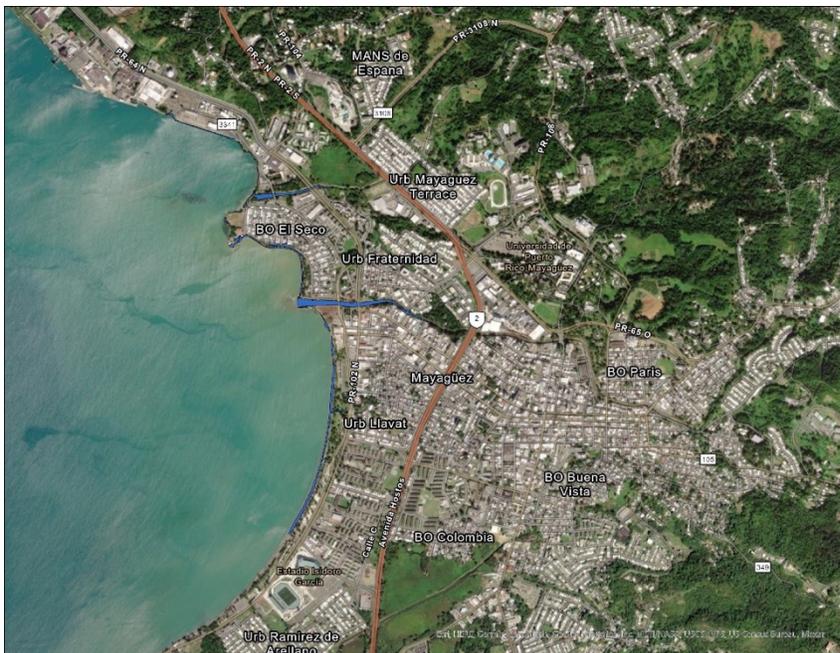


Figura 9: Barrio Sábalos (SLR 2ft)

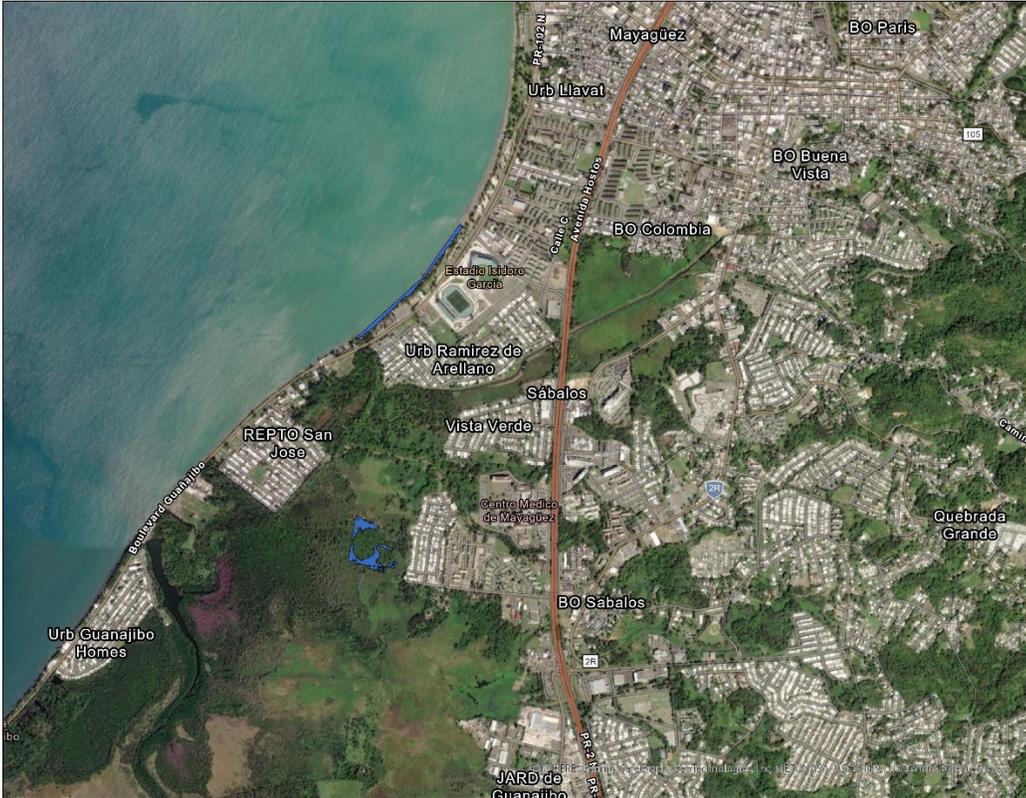
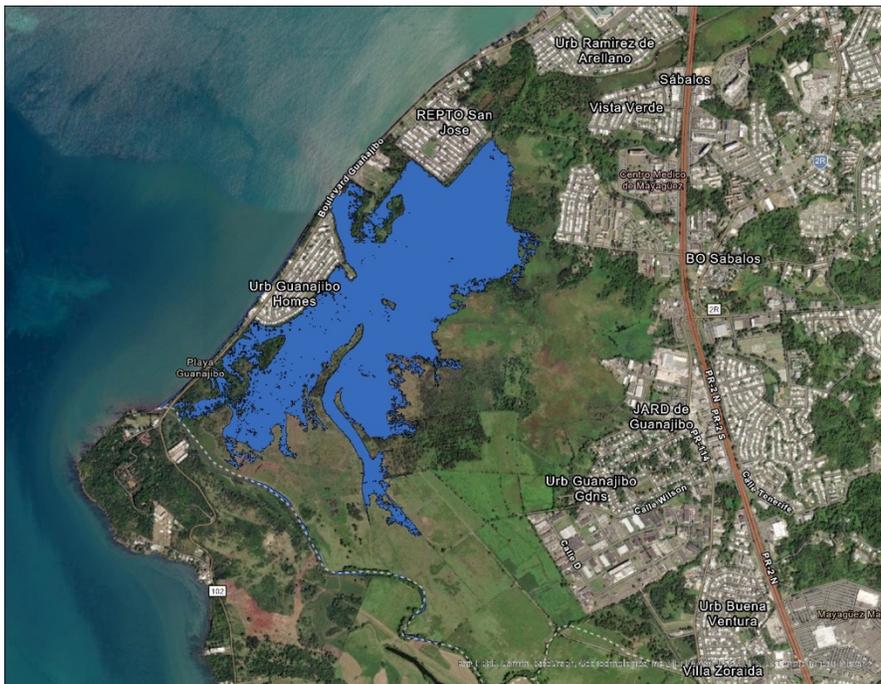


Figura 10: Barrio Guanajibo (SLR 2ft)



Para 2080, cerca de 450 edificios están inundados permanentemente ya que el nivel del mar ha subido unos 4 pies en toda la costa. En Sabanetas, quedan inundadas las residencias alrededor de Jardines del Caribe y el sector queda aislado. Otras propiedades cerca de la costa quedan permanentemente inundadas y la inundación comienza a afectar la comunidad Santa Rosa de Lima. Cerca de Guanajibo, el sector San José y Guanajibo Homes quedan rodeados por el agua que amenaza entrar por las calles circundantes.

Figura 11: Barrio Sabanetas (SLR 4ft)







Estas comunidades pierden edificios y/o quedan aisladas por la inundación pues sus vías de acceso están afectadas. En este punto, la franja de arena de la playa desaparece totalmente. Gran parte del Parque Litoral “Shorty” Castro se inunda al igual que la Reserva Natural del Caño La Boquilla.

Figura 16: Barrio Sabanetas (SLR 7ft)



Figura 17: Barrio Algarrobos (SLR 7ft)



Figura 18: Barrio Mayagüez Pueblo (SLR 7ft)

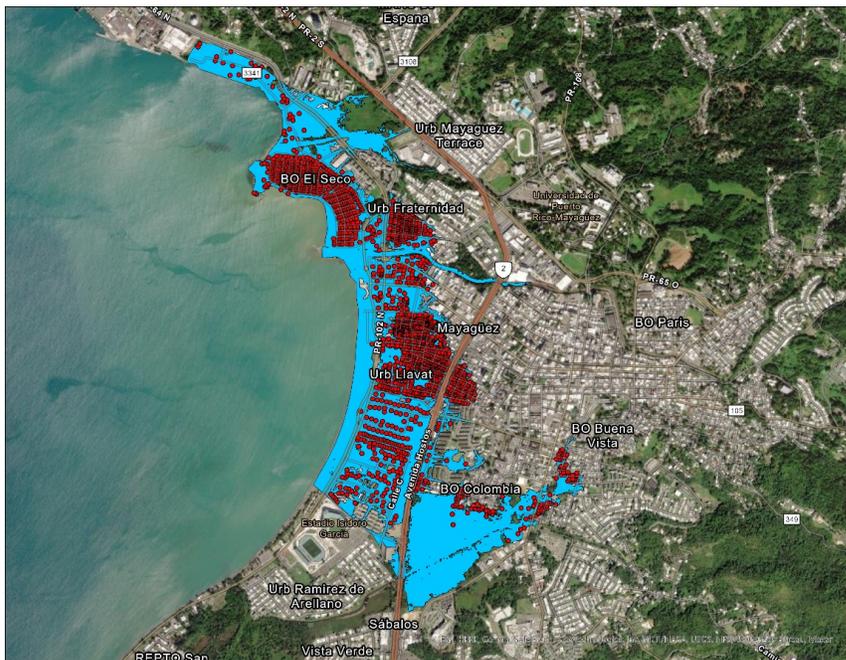
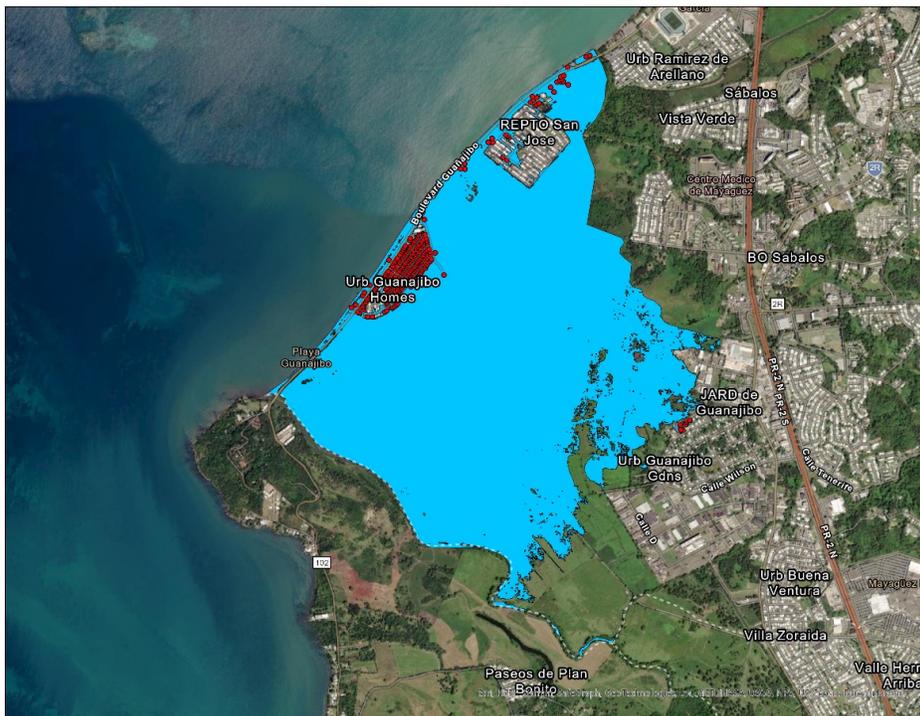


Figura 19: Barrio Sábalos (SLR 7ft)



Figura 20: Barrio Guanajibo (SLR 7ft)



Terminando el siglo, para 2100 con cerca de 7 pies de aumento en el nivel del mar, la zona costera tiene cambios permanentes catastróficos con aproximadamente 4,000 edificios afectados por una inundación general. Comunidades enteras desaparecen, incluyendo infraestructura, escuelas, edificios públicos, comercios, industrias, el puerto de Mayagüez y áreas recreativas importantes. Estas son:

1. Jardines del Caribe
2. Santa Rosa de Lima
3. El Maní
4. El Seco
5. Trastalleres
6. Urbanización Fraternidad
7. Urbanización Llavat
8. Residencial Columbus Landing
9. Dulces Labios
10. Residencial Manuel Hernández
11. Residencial El Carmen
12. Residencial Rafael Hernández (Kennedy)
13. Parte del Residencial Jardines de Concordia
14. Urbanización Ramírez de Arellano
15. Reparto San José
16. Urbanización San José
17. Guanajibo Homes

Proyectos millonarios como los estadios Centroamericanos, el Parque Litoral Israel “Shorty” Castro y el Parque del Nuevo Milenio se pierden permanentemente. El barrio con más edificios afectados es Mayagüez pueblo, seguido por Sabanetas, Algarrobos, Guanajibo y Sábalo

(en ese orden). En kilómetros cuadrados de área, las inundaciones más extensas son en los Barrios Sabanetas y Guanajibo, ambos con cerca de 5 kilómetros cuadrados de terreno invadido por el mar. Sin embargo, Mayagüez pueblo tiene 2 kilómetros cuadrados de inundación y presenta mayores pérdidas de edificios, ya que la densidad de construcción costera es mayor en esta área. La densidad de los edificios en la costa coincide con la severidad de los daños. Sábalo es el barrio que menos inundación presenta entre todos, las pérdidas se concentran en la urbanización Ramírez de Arellano. En cuanto a las calles e infraestructura, todas las vías entre la PR-2 y el mar quedan inundadas o afectadas. Vías principales como la PR-102 y la PR-2 quedan intransitables, al nivel actual. En una sección, la inundación cruza la PR-2 afectando parte de las comunidades Buena Vista y Villa Teresa, inundando la Calle Nenadich y otras a su alrededor. Los edificios y el área afectada por cada barrio calculado con el programa ArcGIS Pro 2.8, ante cada escenario revelan que la infraestructura del barrio Mayagüez pueblo, será la más afectada en el evento de un aumento extremo en el nivel del mar.

Tabla 1: Resultados

|                                 | Edificios (Cantidad) |             |             |             | Area afectada (Km2) |             |             |             |
|---------------------------------|----------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|
|                                 | Año<br>2040          | Año<br>2060 | Año<br>2080 | Año<br>2100 | Año<br>2040         | Año<br>2060 | Año<br>2080 | Año<br>2100 |
| Escenario 1<br>Intermediate Low |                      |             |             |             |                     |             |             |             |
| Sabanetas                       | 0                    | 0           | 0           | 0           | 0.130008            | 0.130008    | 0.130008    | 0.17219     |
| Algarrobo                       | 0                    | 0           | 0           | 0           | 0.004118            | 0.004118    | 0.004118    | 0.0059      |
| Mayaguez pueblo                 | 1                    | 1           | 1           | 1           | 0.036625            | 0.036625    | 0.036625    | 0.056989    |
| Sábalos                         | 0                    | 0           | 0           | 0           | 0.011921            | 0.011921    | 0.011921    | 0.0309      |
| Guanajibo                       | 0                    | 0           | 0           | 0           | 0.022942            | 0.022942    | 0.022942    | 1.627347    |

|                     | Edificios (Cantidad) |             |             |             | Area afectada (Km2) |             |             |             |
|---------------------|----------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|
|                     | Año<br>2040          | Año<br>2060 | Año<br>2080 | Año<br>2100 | Año<br>2040         | Año<br>2060 | Año<br>2080 | Año<br>2100 |
| Escenario 2<br>High |                      |             |             |             |                     |             |             |             |
| Sabanetas           | 0                    | 0           | 45          | 1034        | 0.072903            | 0.105903    | 1.430192    | 5.013803    |
| Algarrobo           | 0                    | 0           | 0           | 550         | 0.008935            | 0.012015    | 0.041349    | 0.975394    |
| Mayaguez pueblo     | 1                    | 1           | 389         | 2,006       | 0.03818             | 0.058615    | 0.363569    | 1.471133    |
| Sábalos             | 0                    | 0           | 0           | 126         | 0.006242            | 0.022969    | 0.190665    | 0.902739    |
| Guanajibo           | 0                    | 0           | 4           | 262         | 0.031921            | 1.641397    | 3.095983    | 4.660345    |

### Conclusiones y recomendaciones

La proyección actual señala que puede haber pérdidas significativas en nuestras costas. Si el aumento del nivel del mar sucede al ritmo del escenario 1, estaríamos perdiendo gran parte de la playa, un recurso natural importante. La intrusión de agua de mar por las desembocaduras de los ríos y la pérdida de sedimentos en esa zona puede afectar las especies y los procesos actuales del ecosistema. En el escenario 2, estos efectos se dan más rápido. Además, habrá más áreas afectadas al mismo tiempo. Por lo tanto, habrá un impacto socioeconómico mayor y el gobierno tendrá que tomar acción rápidamente para identificar los recursos económicos que necesita para

asistir a las personas afectadas. Las zonas afectadas pueden ser aún más vulnerables a otros desastres naturales como terremotos, tsunamis o tormentas.

Si no se prepara un plan para lidiar con el evento del aumento del nivel del mar en el municipio de Mayagüez, puede ocurrir un impacto socioeconómico negativo y severo durante las próximas décadas. Comunidades históricas desaparecerán, personas se verán obligadas a mudarse por la inundación y perderán sus propiedades. La relocalización será más difícil para las personas más pobres ya que no tienen los mismos recursos para adquirir o alquilar nuevas propiedades. Si no se logra articular una agenda de planificación de largo plazo, el gobierno se verá forzado a improvisar y gastar fondos adicionales para poder resolver las situaciones que surjan. Además, el gobierno no tendría la información necesaria para lidiar con las consecuencias del evento.

Se recomienda que el gobierno, tanto a nivel estatal como municipal, desarrolle una agenda investigativa amplia y rigurosa sobre el impacto socioeconómico de estos procesos. La Universidad de Puerto Rico es la institución idónea para asistir al gobierno con dicha agenda investigativa. Además, la UPR puede orientar a toda la comunidad dictando conferencias que informen acerca de estos procesos, su importancia y las posibles consecuencias.

Similarmente, se recomienda una evaluación y un análisis económico más detallado para determinar el valor del impacto y las prioridades que deben atenderse. Estos cursos de acción deben llevarse a cabo lo más pronto posible, anticipando el peor escenario.

Otras áreas que se deben explorar incluyen la prohibición de nuevas construcciones en áreas en riesgo. Además, se debe comenzar a desarrollar un plan de relocalización por etapas para los comercios y los residentes de las áreas susceptibles a inundación. A través de alianzas con agencias de gobierno y otras universidades, la UPR también puede contribuir en los planes de relocalización y ayuda para las áreas afectadas. Finalmente, el gobierno central debe poner en marcha un proyecto para lidiar con la posible inundación de vías de tránsito principales como la PR-2.

## Referencias

- Anthoff, D., Nicholls, R. J., & Tol, R. S. (2010). The economic impact of substantial sea-level rise. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 15(4), 321-335.
- Aponte-Bermúdez, L., et al. (2018) Análisis de beneficios y costos para la recuperación de las playas de Rincón. *Marejada* 16(2), 11-20.
- Arkema, K. K., Guannel, G., Verutes, G., Wood, S. A., Guerry, A., Ruckelshaus, M., Kareiva, P., Lacayo, M., and Silver, J. M. (2013, July 14). Coastal habitats shield people and property from sea-level rise and storms. *Nature Climate Change* (3) 913–918.
- Barreto, M. (2021, April 15). El estado de costa en Puerto Rico: ArcGIS StoryMaps. Retrieved on September 11, 2021, from <https://storymaps.arcgis.com/stories/bc4b7c14ec904571a47175129f6baba8>
- Barreto et al., (2020, August 25). El estado de las playas de Puerto Rico post-María. ArcGIS StoryMaps. Retrieved on September 11, 2021 from <https://storymaps.arcgis.com/stories/dfb5b1a22af6440b809cde3aac482b42>
- Czapla E. (2021) The results of COP26. AAF. Retrieved December 6, 2021, from <https://www.americanactionforum.org/insight/the-results-of-cop26/>.
- Dasgupta, Susmita, et al., (2007). The Impact of Sea Level Rise on Developing Countries: A Comparative Analysis. Policy Research Working Paper; No. 4136. World Bank, Washington, DC. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/7174> License: CC BY 3.0 IGO.
- Englander, J. (2021, May 28). *Rising sea level*. Preparing a Workforce for the New Blue Economy. Retrieved May 10, 2022, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128214312000317>
- González González, M. (2018). Realimentación de playas. *Marejada* 16(2), 6-10

- Hinkel, J., et al. (2014, March 4). Coastal flood damage and adaptation costs under 21<sup>st</sup> century sea-level rise. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U. S. A.*, 111(9) 3292-3297
- Hummel, M. A., Griffin, R., Arkema, K., and Guerry, A. D. (2021). Economic evaluation of sea-level rise adaptation strongly influenced by hydrodynamic feedbacks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118 (29).
- Jevrejeva, S., Jackson, L.P., Riva, R.E.M., Grinsted A. and Moore, J.C. (2016, Nov. 22). Coastal sea level rise with warming above 2 °C. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U. S. A.*, 113 (47), 13342-13347
- Jubb, I. (2014). *Representative concentration pathways (RCPS) - CAWCR*. Representative Concentration Pathways (RCPs). Retrieved October 15, 2021, from [https://www.cawcr.gov.au/projects/Climatechange/wp-content/uploads/2016/11/ACCSP\\_RCP.pdf](https://www.cawcr.gov.au/projects/Climatechange/wp-content/uploads/2016/11/ACCSP_RCP.pdf).
- Kettle, Nathan (2012, January). Exposing Compounding Uncertainties in Sea Level Rise Assessments. *Journal of Coastal Research*, 28 (1), 161-173
- Leatherman, S.P. and Nicholls, R.J. (1995). Accelerated sea-level rise and developing countries: an overview. *Journal of Coastal Research*. Special Issue No. 14, 1-14.
- Matteo Coronese, et al. (2019, October 22). Evidence for sharp increase in the economic damages of extreme natural disasters. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 116 (43) 21450-21455.
- Peterson, M. S., and Lowe, M. R. (2009, September 4). Implications of Cumulative Impacts to Estuarine and Marine Habitat Quality for Fish and Invertebrate Resources. *Taylor & Francis Online*. Retrieved October 10, 2021.
- Rangel, R.A., et al. (2013) Valoración económico-ambiental de los recursos naturales seleccionados en la cuenca del Río Guanabo, La Habana, Cuba. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 20, 45-55. Retrieved on October 11, 2021, from [http://redibec.org/wp-content/uploads/2017/03/rev20\\_04.pdf](http://redibec.org/wp-content/uploads/2017/03/rev20_04.pdf)

- Ripka de Almeida, A., Luiz da Silva, C., & Hernández Santoyo, A. (2018). Métodos de valoración económica ambiental: instrumentos para el desarrollo de políticas ambientales. *Universidad y Sociedad*, 10(4), 246-255. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v10n4/2218-3620-rus-10-04-246.pdf>
- Tetra Tech. (2015, December) Community based climate adaptation plan for Rincón Municipality, Puerto Rico. 2, pp. 3.
- Zhang, Y., et al. (2020, December 30). Coastal vulnerability to climate change in China's Bohai Economic Rim. *Environment International* 147 (2021) 106359.
- Yong, E. L. (2021). Understanding the economic impacts of sea-level rise on tourism prosperity: Conceptualization and panel data evidence. *Advances in Climate Change Research*, 12(2), 240-253.