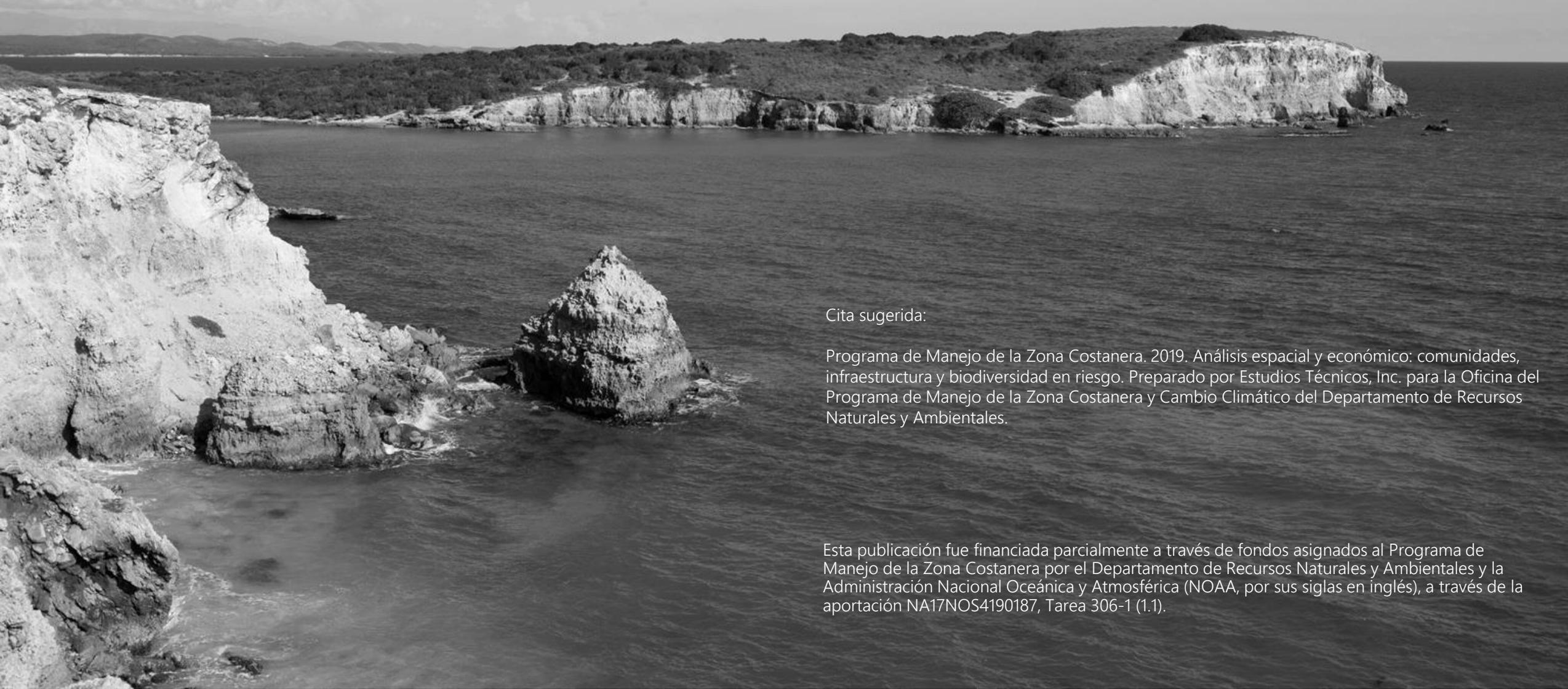




# **Análisis espacial y económico:**

**Comunidades, infraestructura y  
biodiversidad en riesgo**

30 de diciembre de 2019



Cita sugerida:

Programa de Manejo de la Zona Costanera. 2019. Análisis espacial y económico: comunidades, infraestructura y biodiversidad en riesgo. Preparado por Estudios Técnicos, Inc. para la Oficina del Programa de Manejo de la Zona Costanera y Cambio Climático del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales.

Esta publicación fue financiada parcialmente a través de fondos asignados al Programa de Manejo de la Zona Costanera por el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales y la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés), a través de la aportación NA17NOS4190187, Tarea 306-1 (1.1).

# Contenido

---

**04** Introducción

---

**04** Metodología

---

**07** Los recursos naturales en riesgo

---

**16** Las comunidades en riesgo

---

**27** La infraestructura en riesgo

---

**40** Conclusiones y recomendaciones

---

**42** Notas

---

**43** Referencias

---

**44** Anejos



# Introducción

Las costas de Puerto Rico albergan hábitats, comunidades, infraestructura y centros de actividad económica, histórica y cultural que proveen servicios fundamentales al país. Riesgos actuales como las inundaciones y la erosión costera, sumados a los efectos del cambio climático, particularmente el incremento en el nivel del mar, tienen consecuencias en la actividad económica y en la calidad de vida de la población.

El conocimiento de las posibles consecuencias asociadas a estos riesgos sirve de base para guiar las decisiones conducentes a la adaptación. La Oficina del Programa de Zona Costanera y Cambio Climático del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) ha identificado la necesidad de generar datos sobre las comunidades, la infraestructura y la biodiversidad en riesgo y sobre esa base estimar, en la medida que sea posible, su valor económico. Este tipo de ejercicio permite evidenciar cuánto se afectarían los activos en la costa y la actividad económica, de no tomarse medidas adecuadas para la adaptación.

Este proyecto tiene tres objetivos principales:

1. *Análisis espacial*: Generar un perfil general de las comunidades, la infraestructura y los ecosistemas en la zona costanera del país y su relación con los municipios costeros y el resto de Puerto Rico.
2. *Exposición a riesgos*: Generar un perfil de las comunidades costeras, la infraestructura y la biodiversidad ubicadas en las áreas de riesgos climáticos como la inundación, incluyendo el aumento en el nivel del mar y la erosión costera proyectada.

3. *Valor económico*: Estimar el valor económico de determinados activos ubicados en áreas susceptibles a las inundaciones costeras y ribereñas, el aumento en el nivel del mar y la erosión costera proyectada.

## Metodología

El estudio se llevó a cabo en tres etapas secuenciales. Primero se identificaron las capas de información georreferenciadas que se encuentran disponibles para poder generar el perfil de las comunidades, de la infraestructura y de los recursos naturales ubicados en la zona costanera, en los municipios costeros y en Puerto Rico, así como aquellas capas disponibles sobre los riesgos. Luego se realizaron los análisis espaciales utilizando los sistemas de información geográfica (GIS, por sus siglas en inglés).

La segunda fase consistió en la valoración de las viviendas, los negocios y la infraestructura vial, de energía y de agua expuesta a los riesgos considerados. Finalmente, se presentan los resultados de ambos ejercicios en este informe integrado.



## Análisis espacial

Para obtener los datos socioeconómicos de la población y de las viviendas se utilizó la Encuesta a la Comunidad de Puerto Rico 2012-2016 (estimado de cinco años) del Negociado del Censo Federal. Los datos fueron estimados para los bloques censales, los cuales son la unidad geográfica más pequeña para la cual se puede obtener información censal.<sup>1</sup>

Para hallar las variables censales por riesgo, se intersecó la capa de bloques para las variables censales, con las distintas capas de riesgos. Como las áreas no coinciden, se utilizó la ponderación por área.<sup>2</sup> Esto permite calcular la cantidad de determinada variable en el área del bloque que forma parte de una zona de riesgo determinada y procurar no sobreestimar los datos al incluir la totalidad del bloque censal.

Se reconoce que las comunidades costeras son susceptibles a múltiples riesgos, pero no todos se encuentran georreferenciados, particularmente los vinculados al clima, los cuales son de interés para este proyecto. Como resultado, se utilizaron las capas de información indicadas a continuación.

- *Inundaciones*- Mapas de Niveles de Inundación Base Recomendados desarrolladas por la Junta de Planificación (JP) y la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA, por sus siglas en inglés), en 2018. Estos mapas identifican las áreas susceptibles a inundaciones costeras por el efecto de la marejada bajo las zonas: VE, Zona A Costera y Zona A costera-cauce mayor. Las zonas A, AE y AO son inundaciones causadas mayormente por cuerpos de aguas interiores como ríos, pero también se observan inundaciones por el desbordamiento de ensañadas y lagunas costeras, entre otras.

- *Aumento en el nivel del mar*- NOAA Coastal Services Center Sea Level Rise Data: Current Mean Higher High-Water Inundation Extent, desarrollada por la Administración Federal Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés). Estos presentan la extensión de la inundación para varios escenarios. Para el análisis fueron considerados los siguientes escenarios: incremento de tres pies (0.91m), que se considera como el escenario intermedio y de seis pies (1.83 m), el cual sería el escenario más extremo para propósitos de este estudio. Es importante indicar que el informe como el *Fourth National Climate Assessment* presenta los siguientes tres escenarios de aumento en el nivel del mar para Puerto Rico e islas Vírgenes de EE.UU. Estos son: intermedio-bajo I (1–2 pies), intermedio (3–4 pies), y extremo (9–11 pies) para el año 2100 (Gould et al, 2018).

Cabe señalar que el modelo utilizado para generar las capas permite visualizar la escala potencial de la inundación, pero no indica el periodo específico cuándo ocurrirá. Otras limitaciones de esta información es que no considera la erosión costera actual o proyectada, la subsidencia o cambios futuros en la hidrodinámica del área, entre otros factores. Sin embargo, es información útil para visualizar las áreas de mayor vulnerabilidad.

Erosión costera proyectada 30 yr y 60 yr- Se utilizaron las capas de información generadas por la JP y FEMA, publicadas en 2018. Esta información georreferenciada contiene polígonos de las áreas expuestas a la erosión costera para los próximos 30-60 años. Dichos polígonos fueron creados para áreas que tienen un cambio costero igual o mayor a -1 pie/año.

También fueron identificadas las infraestructuras e instalaciones dotacionales que se consideran activos críticos y “socialmente importantes” para los cuales se pudo obtener información georreferenciada. Esto incluyó la infraestructura de energía, agua y vial, y dotaciones como escuelas, hospitales, estaciones de policía y bomberos, entre otros.<sup>3</sup>

## Ejercicio de valoración económica

Como parte de este estudio se llevó a cabo un ejercicio de valoración, el cual comprende una descripción monetaria del valor de los activos ubicados en zonas de riesgo al año 2019. Los activos considerados fueron las viviendas, los negocios y la infraestructura vial, de agua y de energía. El objetivo fue llegar a un estimado razonable del valor monetario de las estructuras con el potencial de ser impactadas por dichos riesgos. Esto difiere de una valoración del daño potencial que un riesgo particular pueda tener sobre la infraestructura, ya que los distintos riesgos podrían afectar toda o parte del valor de una infraestructura y sería necesario considerar factores como el posible efecto en la misma y la intensidad de los eventos. Esto implicaría una serie de simulaciones y modelajes que están fuera del alcance de este estudio. No obstante, esta información es valiosa para los procesos de reconstrucción y planificación para la adaptación al cambio climático y los riesgos. Para más información sobre el ejercicio de valoración refiérase al Anejo 3.

*Para propósitos de este estudio se utilizó la mejor información georreferenciada disponible, con el fin de tener una radiografía de la exposición de las comunidades costeras, los activos naturales y construidos en Puerto Rico y su valor monetario.*



### Organización del informe

Este informe está organizado en las siguientes secciones principales:

- Perfil de los recursos en riesgo
- Perfil de las comunidades en riesgo
- Perfil de la infraestructura en riesgo

# 1

## Los recursos naturales en riesgo



44

Municipios costeros

56%

Del área total de Puerto Rico (1,227,323.5 cuerdas)

10%

Zona costanera como por ciento de la extensión territorial de Puerto Rico (231,160 cuerdas)

799

millas de línea de costa

# Puerto Rico y sus costas

La extensión territorial de Puerto Rico es de 2,280,934.8 cuerdas, exceptuando los terrenos sumergidos. Puerto Rico tiene 44 municipios costeros, los cuales constituyen el 56.0% del area total del país (1,227,323.5 cuerdas).

La zona costanera se define como la franja de terreno costero mil metros lineales (1,000 m) tierra adentro, medidos a partir de la línea de costa, así como distancias adicionales necesarias para incluir sistemas naturales clave de la costa. Incluye, además, las aguas territoriales de Puerto

Rico y el suelo oceánico o marino bajo éstas (tres leguas marinas, 9 millas náuticas o 10.35 millas terrestres), las islas de Vieques, Culebra, Mona, Monito, Desecheo, Caja de Muertos y todos los cayos e islotes dentro de ellas.

El límite interior de la zona costanera comprende aproximadamente 231,160 cuerdas. Este límite constituye el 18.1% del territorio de los municipios costeros y el 10.1% del territorio de Puerto Rico.<sup>5</sup> Se estima, además, que Puerto Rico tiene 799 millas de línea de costa, incluyendo cayos e islotes.

Mapa 1. Municipios costeros y límite interior de la zona costanera de Puerto Rico

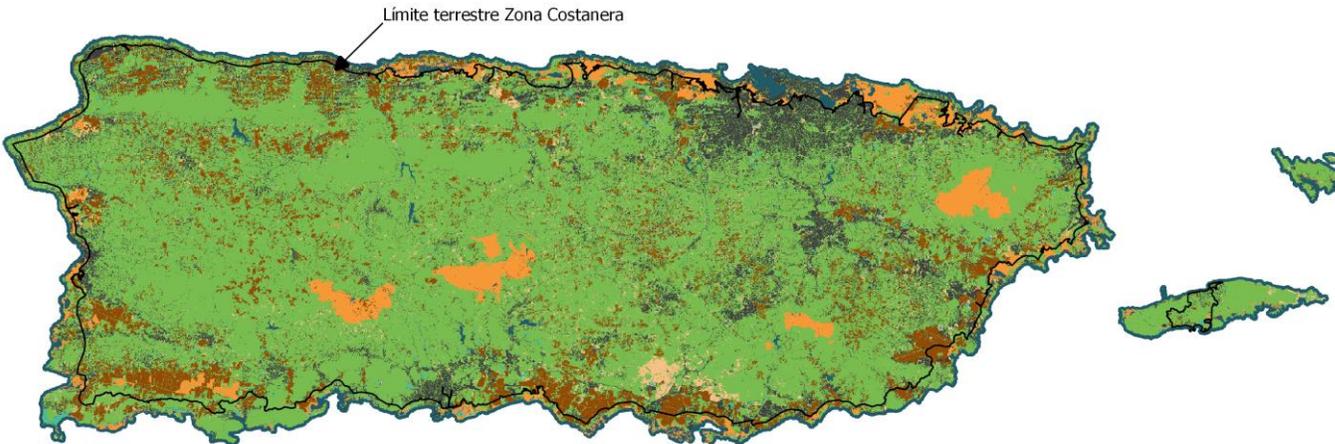


## La cobertura de terrenos en Puerto Rico

Para conocer la distribución de la cobertura de terrenos en Puerto Rico, los municipios costeros y la zona costanera, y aquellas coberturas que se encuentran más susceptibles al aumento del nivel del mar de tres y seis pies, se utilizó la información del *Coastal Change Analysis Program (C-CAP)*. Cabe señalar que la información del C-CAP no incluye a Mona, Monito ni demás islotes que forman parte de Puerto Rico.

Se estima que en Puerto Rico, al igual que en los municipios costeros, predominan los terrenos boscosos: bosques, arbustos y vegetación leñosa. En la zona costanera también predominan los bosques, arbustos y vegetación leñosa. En esta zona se observa, también, una proporción mayor de humedales y de terrenos desarrollados en comparación con el resto de Puerto Rico y los municipios costeros.

Mapa 2. Cobertura de terrenos en Puerto Rico

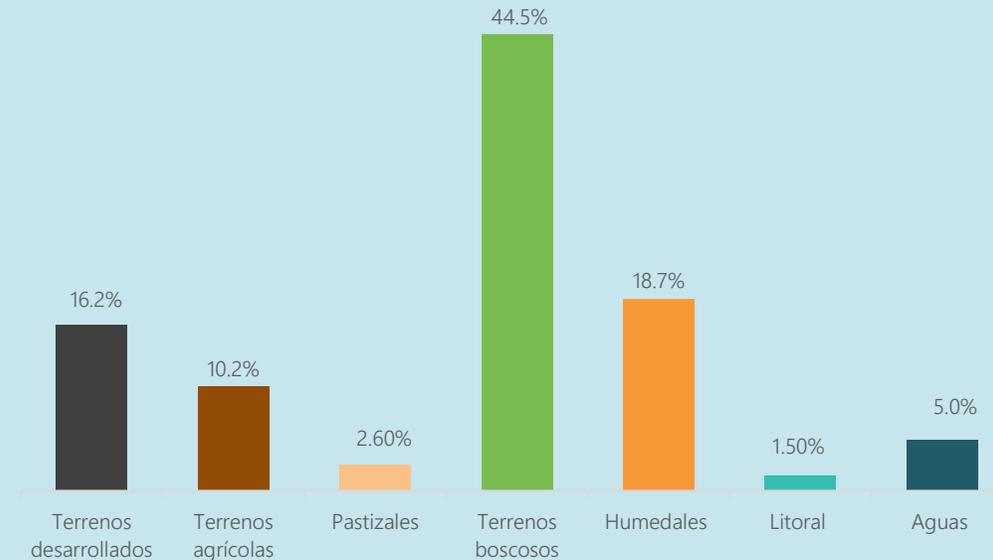


■ Terrenos desarrollados ■ Terrenos agrícolas ■ Pastizales/herbáceas ■ Terrenos boscosos ■ Humedales ■ Litoral ■ Agua

GRÁFICA 1. COBERTURA DE TERRENOS EN LOS MUNICIPIOS COSTEROS DE PUERTO RICO



GRÁFICA 2. COBERTURA DE TERRENOS EN LA ZONA COSTANERA DE PUERTO RICO



# La cobertura de terrenos en Puerto Rico: ¿cuáles hábitats están en mayor riesgo ante el aumento en el nivel del mar de tres y seis pies?



*Bosques:* Incluye los bosques de tierra firme y arbustos y matorrales. Los bosques comprenden el 67.2% (1,516,836 cuerdas) de la cobertura de terrenos en Puerto Rico, el 61.9% (783,270.1 cuerdas) en municipios costeros y el 44.5% (100,971.3 cuerdas) en la zona costanera. Dentro de esta clasificación, predominan los bosques de tierra firme (58.6%, 52.5% y 33.1%, respectivamente).

Ante el incremento en el nivel del mar de tres pies y seis pies una mayor cantidad de terrenos en arbustos y matorrales serían inundados, si se comparan con los terrenos cubiertos por bosques de tierra firme.



*Litoral:* Incluye las playas arenosas y rocosas, áreas de dunas, escarpados, acantilados, entre otros. En Puerto Rico estas clasificaciones ocupan una proporción pequeña del territorio. De acuerdo con la información estimada, estas coberturas de terrenos comprenden solo el 2.7% (6,189.4 cuerdas) de la zona costanera.

Se estima que al menos el 49.5% del litoral no consolidado se afectaría con un aumento en el nivel del mar de tres pies y el 78.6% por el aumento en el nivel del mar de seis pies.



*Pastizales:* Incluye áreas dominadas por gramíneas o vegetación herbácea. Cubren aproximadamente unas 77,013 cuerdas, lo que representa un 3.4% del área total de Puerto Rico. Los pastizales componen un 3.6% (45,456.2 cuerdas) de cobertura para los municipios costeros y una proporción menor, 2.6% (5,987.6 cuerdas) para la zona costanera.

Se estima que al menos 238 cuerdas de terrenos cubiertos por pastizales se afectarían con un aumento en el nivel del mar de tres pies. Con el aumento en el nivel del mar de seis pies, se inundarían, al menos, 5,944,580 cuerdas de terrenos, lo que constituye cerca del dos por ciento del área de pastizales.



*Humedales:* Representan el 5.1% (114,961.2 cuerdas) de la cobertura total de terrenos en Puerto Rico y el 6.9% (86,830.6 cuerdas) en los municipios costeros. En la zona costanera el 18.7% (42,557.8 cuerdas) del terreno está cubierto por humedales. En Puerto Rico el humedal predominante es el palustrino forestado y en la zona costanera el humedal estuarino forestado.

En un escenario de tres pies de aumento en el nivel del mar, se afectaría casi el 60% de los humedales estuarinos dominados por arbustos y al menos una tercera parte (30%) de los humedales estuarinos emergentes, compuestos mayormente por hidrófitas herbáceas. Con el aumento en el nivel del mar de seis pies, se afectarían las condiciones de al menos una de cada cuatro cuerdas de humedales palustrinos y estuarinos.

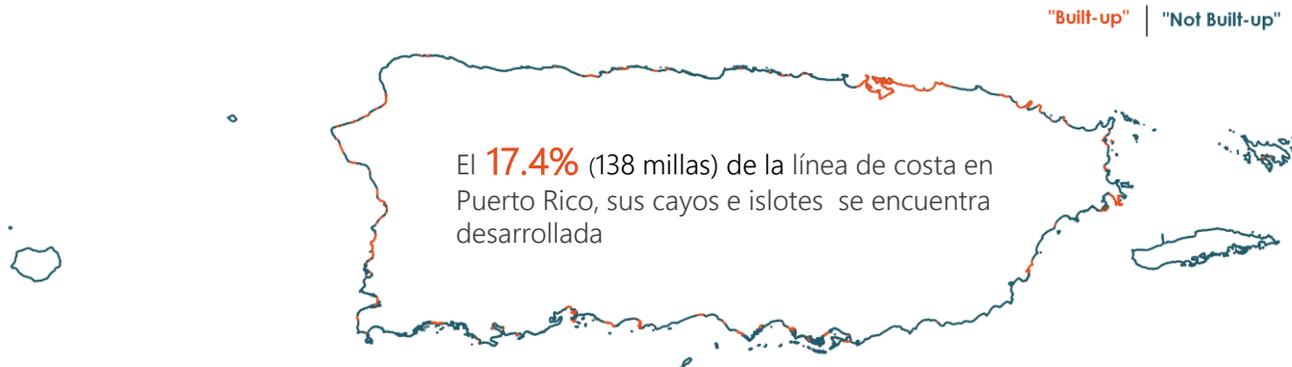
## Los terrenos desarrollados

Aproximadamente el 12.6% (283,348.7 cuerdas) del área total de Puerto Rico está cubierta por terrenos desarrollados o superficie impermeable, de acuerdo con el CCAP (NOAA, 2010).<sup>4</sup> Esta cobertura de terrenos es mayor en los municipios costeros, donde el 13.8% (174,334 cuerdas) de los terrenos se clasifican como desarrollados, así como el 16.2% (36,788.9 cuerdas) del límite terrestre de la zona costanera.

Cerca de 1,318 cuerdas de terrenos que se clasifican como desarrolladas o superficie impermeable en el CCAP son susceptibles a ser inundadas de forma permanente por el aumento en el nivel del mar de tres pies. Los estimados para el aumento en el nivel del mar de seis pies son de 6,194.9 cuerdas de terrenos, como mínimo.

Por otra parte, se estima que el 17.4% (138 millas) de la línea de costa de Puerto Rico, incluyendo sus islotes y cayos, se encuentra desarrollada "built-up coastline". (Véase Anejo 1 para más detalle).

Mapa 3. Línea de costa desarrollada versus no desarrollada en Puerto Rico



Puerto Rico

**12.6%**

Del área total de Puerto Rico está cubierta por terrenos desarrollados o superficie impermeable (283,348/7 cuerdas)

Municipios costeros

**13.8%**

Del área total de los 44 municipios costeros está cubierta por terrenos desarrollados o superficie impermeable (174,334 cuerdas)

Zona costanera

**16.2%**

Del límite terrestre de la zona costanera está cubierta por terrenos desarrollados o superficie impermeable (36,788.9 cuerdas)

Línea de costa

**17.4%**

Del de la línea de costa está desarrollada (138 millas)



# Las áreas naturales protegidas

De acuerdo con el inventario más reciente de áreas protegidas, en Puerto Rico hay 159 áreas protegidas terrestres (o emergidas) que ocupan 365,394 cuerdas o el 16.1% de los terrenos del país (Castro-Prieto et al, 2019). Además, hay 27 áreas marinas protegidas que ocupan 920,611 cuerdas (26.7%) de las aguas territoriales y terrenos sumergidos bajo la jurisdicción de Puerto Rico.

Un área natural protegida es definida como “un área geográfica, claramente definida y delimitada a través de medios legales u otros medios eficaces para la conservación a largo plazo de la naturaleza, biodiversidad, servicios ecosistémicos y valores culturales asociados” (Castro-Prieto et al, 2019, p.49). Dicho inventario incluyó bosques estatales, refugios de vida silvestre, reservas naturales, servidumbres de conservación y fincas privadas protegidas mediante diversos mecanismos. También incluye terrenos públicos y privados que forman parte del Área Restringida del Carso<sup>5</sup>, la cual se encuentra tanto en

municipios costeros como del interior, y el Parque Ceremonial Indígena de Caguana Utuado, el cual es un Monumento Nacional Histórico, administrado por el Instituto de Cultura Puertorriqueña.

Se estima que unas 246,514 cuerdas (66.3%) de los terrenos emergidos en áreas protegidas se encuentran en los municipios costeros. Esto quiere decir que aproximadamente el 19.3% del territorio de los 44 municipios costeros se encuentran protegidos.

Aproximadamente 49,910 cuerdas de estos terrenos protegidos se encuentran en el límite terrestre de la zona costanera. Esto constituye el 14.2% de las áreas protegidas incluidas en el inventario. De acuerdo con estos datos se podría decir que el 22.8% del límite terrestre de la zona costanera se encuentra protegido mediante algún mecanismo legal según definido en el inventario de áreas protegidas.

**16.1%**

De los terrenos en Puerto Rico se encuentran protegidos (365,394 cuerdas)

**19.3%**

De los terrenos en los municipios costeros se encuentran protegidos (246,514 cuerdas)

**22.8%**

De los terrenos en la zona costanera se encuentran protegidos (49,910 cuerdas)

Terrenos emergidos en áreas protegidas

## Las áreas protegidas y el aumento en el nivel del mar de tres y seis pies

Los mapas muestran las áreas protegidas costeras con mayores proporciones de terrenos susceptibles al aumento en el nivel del mar de tres y seis pies. Se observa que la costa sur de Puerto Rico alberga una mayor cantidad de áreas protegidas con proporciones más altas de terrenos susceptibles al aumento en el nivel del mar de tres pies.

El Bosque Estatal de Boquerón (Cayo Ratones y La Reserva Natural La Parguera), la Reserva Nacional de Investigación Estuarina de Bahía de Jobos y los bosques estatales de Ceiba, Aguirre y Piñones serían algunos de más impactados por el incremento en el nivel del mar de tres y seis pies.

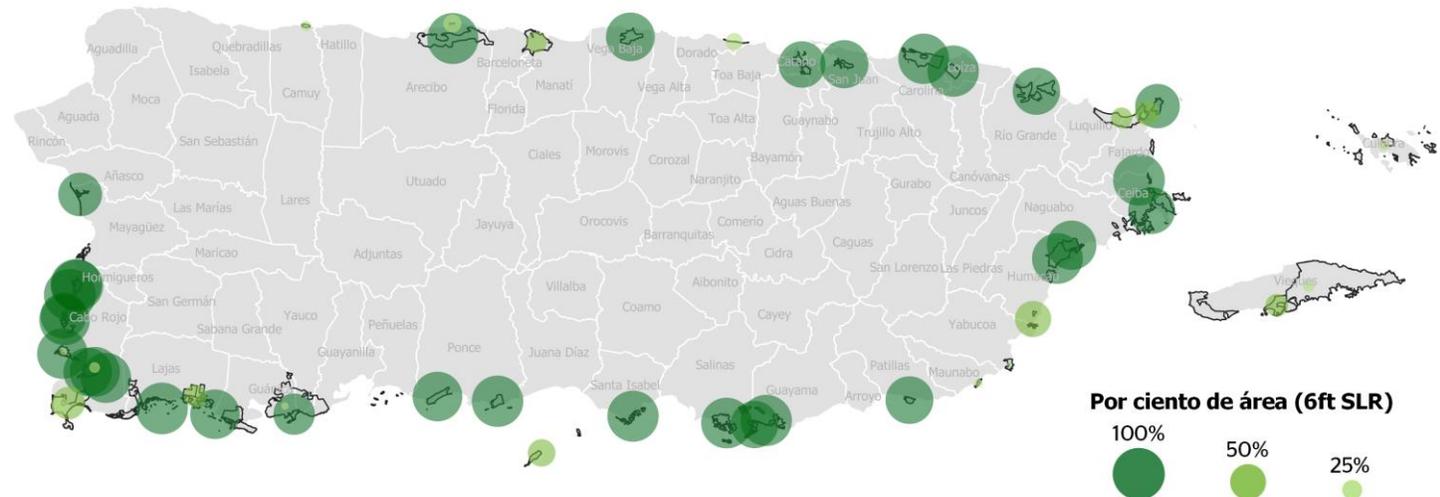
Es importante indicar que actualmente estas áreas protegidas están compuestas por humedales sujetos a distintos regímenes hidrológicos y de salinidad, y se desconoce la magnitud y extensión de los impactos sobre estos ecosistemas ante el incremento en el nivel del mar y otros efectos del cambio climático, así como su capacidad de adaptarse.

Por otra parte, el área natural protegida en mayor riesgo por la erosión costera proyectada es la Reserva Natural Playa Grande El Paraíso en Dorado. Se estima que el 17.7% del área designada como reserva natural se afectaría por la erosión costera proyectada a 30 años y el 38.8% se con erosión proyectada a 60 años (JP y FEMA, 2018; estimados realizados por Estudios Técnicos, Inc.).

Mapa 4. Proporción de los terrenos en áreas protegidas susceptibles al aumento en el nivel del mar de tres pies



Mapa 5. Proporción de terrenos en áreas protegidas susceptibles al aumento en el nivel del mar de seis pies



## Las Reservas Agrícolas

Las reservas agrícolas son terrenos con una alta capacidad agrícola que han sido designados por la Junta de Planificación para separarlos del proceso urbanizador y ser utilizados para la producción agrícola. En Puerto Rico se estima que han sido designadas 79,804.5 cuerdas de terrenos como reservas agrícolas. Se estima que el 88.5% de todos los terrenos en reservas agrícolas (70,596.5 cuerdas) se encuentran en municipios costeros y el 14.8% (11,789 cuerdas) en la zona costanera (Junta de Planificación y Departamento de Agricultura s.f., estimados por ETI).

# 88.5%

De los terrenos designados como reservas agrícolas se encuentran dentro de los municipios costeros (70,596.5 cuerdas)

# 14.8%

De los terrenos designados como reservas agrícolas se encuentran dentro de la zona costanera (11,789 cuerdas)

Terrenos en reservas agrícolas



## Las Reservas Agrícolas y el aumento en el nivel del mar

Los mapas 6 y 7 muestran la proporción de cada una de las reservas agrícolas que serían afectadas por el aumento en el nivel del mar de tres y seis pies, respectivamente. De acuerdo con esta información, todas las reservas agrícolas, excepto la del Valle de Guanajibo se impactarían por el aumento en el nivel del mar. El Valle de Yabucoa y el de Vega Baja tienen la mayor cantidad de terrenos que serían inundados en proporción a la cabida de cada una de estas reservas agrícolas. También cabe señalar que las reservas agrícolas de los valles de Lajas y Yabucoa se impactarían por la erosión costera proyectada. Por lo que el Valle de Yabucoa se encuentra en una situación más vulnerable, en relación a las demás reservas.

Se reconoce que la cantidad de terrenos impactados podría ser mayor a los datos obtenidos con la información georreferenciada disponible, pero al menos estos proveen una idea de los activos para la agricultura más vulnerables para iniciar acciones de adaptación. Esto no considera la intrusión salina, la salinidad de los suelos y los cambios en precipitación, entre otros efectos del cambio climático.

Mapa 6. Proporción de los terrenos en reservas agrícolas susceptibles al aumento en el nivel del mar de tres pies



Mapa 7. Proporción de terrenos en reservas agrícolas susceptibles al aumento en el nivel del mar de seis pies



# 2

## Las comunidades en riesgo

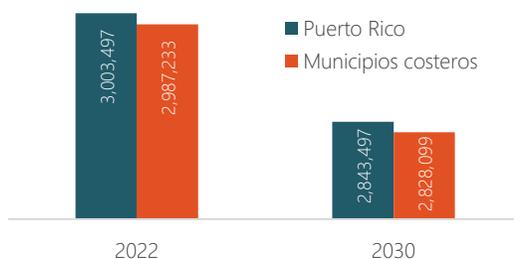


# La población costera

De acuerdo con la Encuesta a la Comunidad 2012-2016 la población de Puerto Rico es de 3,529,385 habitantes. En los municipios costeros reside cerca del 62% de la población total del país (2,179,007 personas). Mientras que uno de cada diez residentes de Puerto Rico habita dentro de la zona costanera (11% de la población de Puerto Rico o 383,470 personas). De hecho, los municipios costeros y la zona costanera tienen una mayor densidad poblacional que el resto de Puerto Rico.

Durante los pasados años la población en la zona costanera, los municipios costeros y en Puerto Rico se ha estado reduciendo. De acuerdo con las proyecciones poblacionales, se prevé que esta tendencia continúe durante las próximas décadas, según se observa en la siguiente gráfica.

GRAFICA 1. PROYECCIONES POBLACIONALES



Fuente: Proyecciones preparadas por ETI, Inc. utilizando como año base: 2018: ACS 1-Year Estimates Data Profiles

Durante los pasados años la zona costanera ha estado perdiendo población a una razón mayor que la totalidad de los municipios costeros y que el resto de Puerto Rico, según se observa en la tabla 1.

Algunas variables examinadas reflejan la vulnerabilidad de esta población que habita en la zona costanera. Su mediana de la edad es más alta que la correspondiente a los municipios costeros y el resto de Puerto Rico. La proporción de personas de 65 años o más también es mayor. La proporción de personas y de hogares que vive bajo niveles de pobreza es mayor en la zona costanera. Mientras que la proporción de personas desempleadas también es más alta.

## Población costera en riesgo

La población que habita la zona costanera se encuentra susceptible a las inundaciones por el desborde de cuerpos de agua, por la marejada ciclónica, el aumento en el nivel del mar y la erosión costera.

La tabla siguiente presenta diversas características y estimados realizados para la población costera en relación al resto del país y a los municipios costeros.



62%

Población en los municipios costeros (2,179,007 personas)

11%

Población dentro de la zona costanera (383,470 personas)

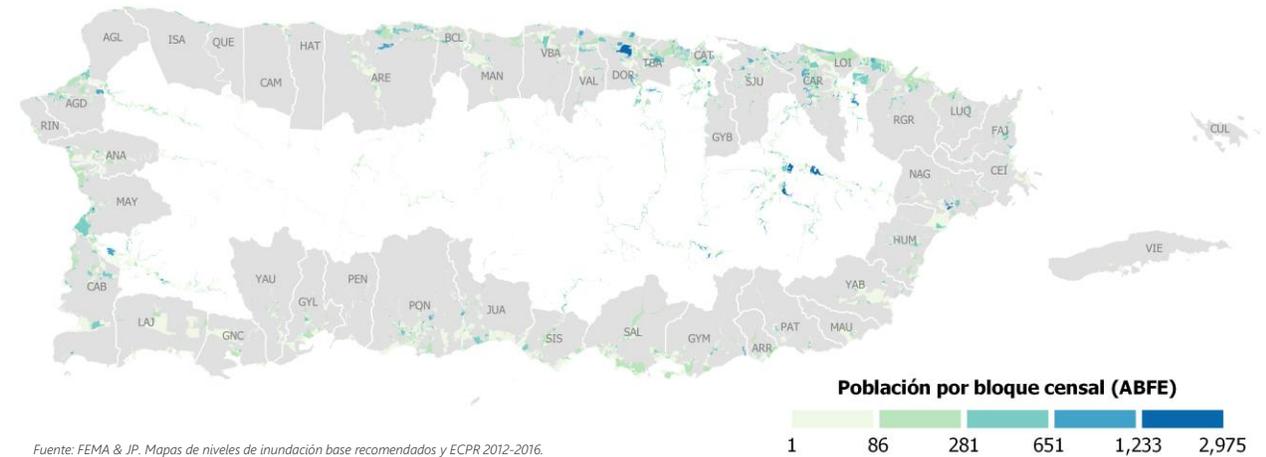
Población de Puerto Rico

**Tabla 1. Características seleccionadas de la población costera en relación al resto del país y los municipios costeros**

Características seleccionadas	Puerto Rico	Municipios costeros	Zona costanera
 Población 2016	3,529,385	2,179,007	383,470
Población 2010	3,725,789	2,317,179	416,599
Crecimiento poblacional 2010-2016	-0.90%	-1.00%	-1.40%
Densidad poblacional (hab./km2)	394	434	422
 Mediana de la edad	36.9	39.8	41
Población 65 años o más	614,232	393,825	71,306
% población 65 años o más	17%	18%	19%
 Por ciento de la población bajo el nivel de pobreza	45%	45.4%	49.5%
% hogares bajo el nivel de pobreza	45.1%	45.1%	48.2%
Desempleo	17.7%	17.6%	19.9%
 Población ubicada en áreas susceptibles a inundaciones costeras y ribereñas (A, AE, AO y VE)	584,126	473,511	151,034
% población en áreas inundables (0.1%)	16.6%	21.7%	39.4%
 Población ubicada en áreas susceptible a la marejada ciclónica o al efecto del oleaje (VE y AE costera)	9,516	9,516	9,424
% población susceptible a marejada ciclónica y oleaje	0.3%	0.4%	2.5%
 Población en áreas susceptibles al incremento en el nivel del mar de tres pies slr	24,189	23,769	20,332
% población susceptible 3 pies slr	0.7%	1.1%	5.3%
 Población en áreas susceptibles al incremento en el nivel del mar de seis pies slr	88,687	87,881	68,898
% población susceptible 6 pies slr	2.5%	4.0%	18.0%
 Población estimada en áreas susceptibles a la erosión costera proyectada a 30 años	882	882	811
Población estimada en áreas susceptibles a la erosión costera proyectada a 60 años	2,096	2,096	1,961

Fuente: Negociado del Censo de los EE.UU. Encuesta sobre la Comunidad de Puerto Rico del 2012 al 2016; NOAA Coastal Services Center Sea Level Rise Data: Current Mean Higher High-Water Inundation Extent (3ft y 6ft slr); FEMA (2018). Erosion 30yr Risk and Erosion 60yr Risk; FEMA (2018). Floodzone\_02pct\_Seamless & Floodzone\_1pct\_Seamless.

**Mapa 8. Distribución de la población a 2016 en áreas susceptibles a inundaciones**



Fuente: FEMA & JP. Mapas de niveles de inundación base recomendados y ECPR 2012-2016.

**Mapa 9. Distribución de la población a 2016 en áreas susceptibles al aumento en el nivel del mar**



Fuente: NOAA Coastal Services Center Sea Level Rise Data: Current Mean Higher High-Water Inundation Extent (3ft slr) & ECPR 2012-2016.

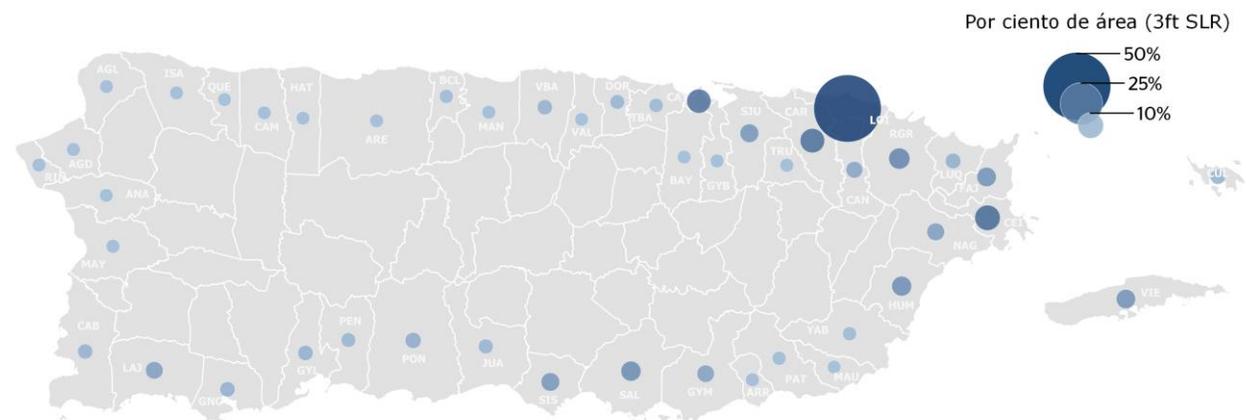
## Los municipios costeros y el aumento en el nivel del mar de tres y seis pies

Se desconoce con precisión la extensión de terrenos que serían inundados permanentemente por el aumento en el nivel del mar. Sin embargo, con la información disponible generada por el *Coastal Services Center de la NOAA* se puede tener una idea de los municipios costeros con mayor susceptibilidad a la inundación de tres y seis pies por el aumento en el nivel del mar.

El modelo utilizado para visualizar estos datos no considera cambios geológicos como la erosión costera y subsidencia o cambios futuros en la hidrodinámica del área entre otros factores. Por tanto, es probable que la extensión de terrenos a ser impactados por el aumento en el nivel del mar en Puerto Rico sea mayor.

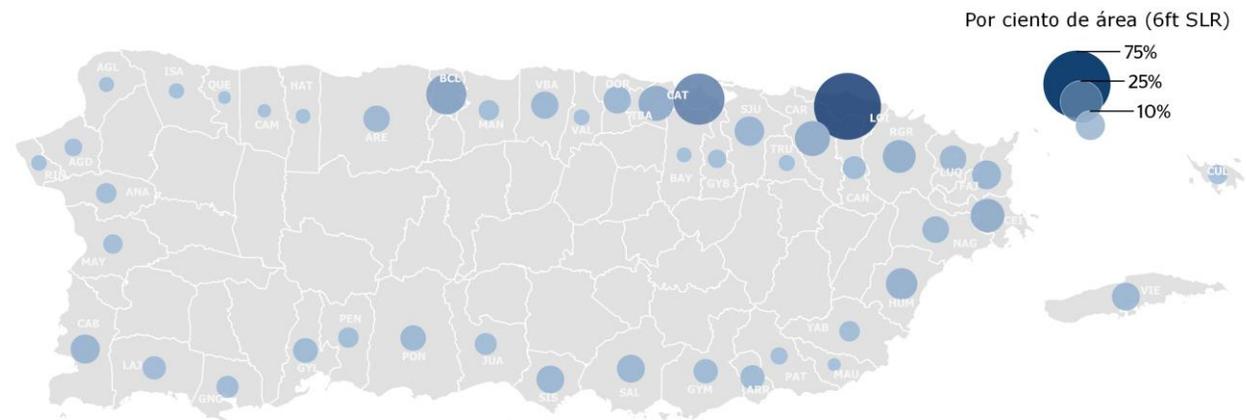
Los siguientes mapas muestran la proporción de terrenos impactados por el aumento en el nivel del mar de tres y seis pies en los municipios costeros, en relación con sus respectivas extensiones territoriales. Según se observa en los siguientes mapas, el municipio de Loíza sería uno de los más afectados por el aumento en el nivel del mar de tres y seis pies. Otros municipios susceptibles al aumento en el nivel del mar de tres y seis pies son Cataño, Ceiba, Carolina y Barceloneta, entre otros.

Mapa 10. Proporción de los terrenos de municipios costeros susceptibles al aumento en el nivel del mar de tres pies



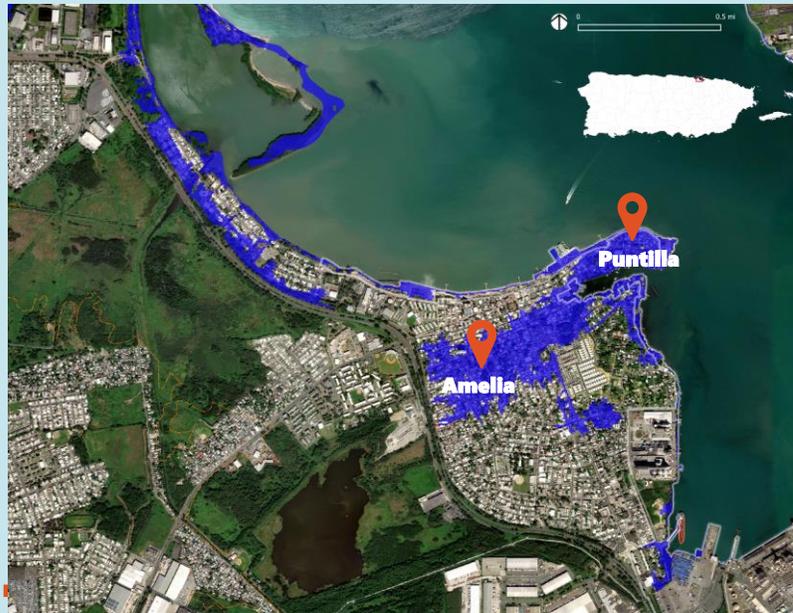
NOAA Coastal Services Center Sea Level Rise Data: Current Mean Higher High-Water Inundation Extent (3ft slr).

Mapa 11. Proporción de los terrenos de municipios costeros susceptibles al aumento en el nivel del mar de seis pies



NOAA Coastal Services Center Sea Level Rise Data: Current Mean Higher High-Water Inundation Extent (6ft slr).

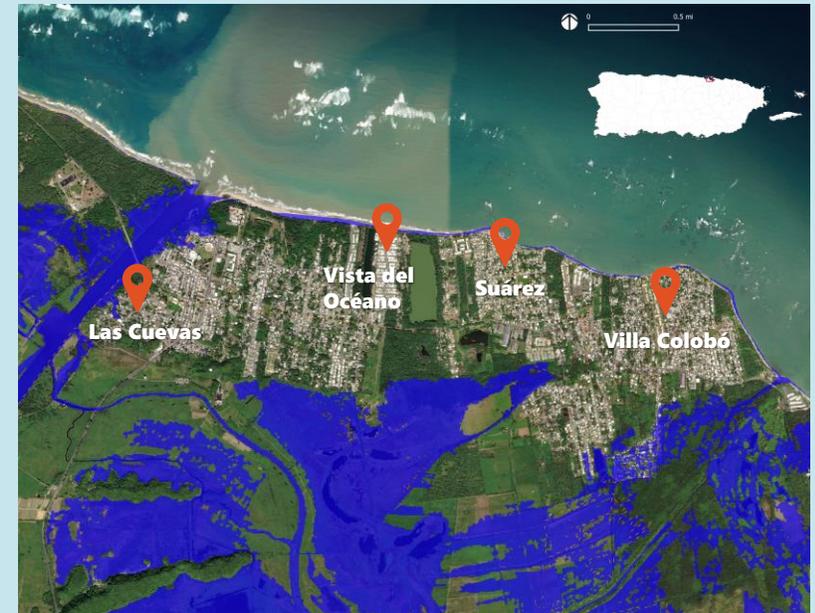
## Las comunidades costeras y el aumento en el nivel del mar (3 pies): algunos ejemplos



*Cataño*: Se estima que al menos una de cada diez cuerdas de terrenos en Cataño se afectaría por un incremento en el nivel del mar de tres pies (alrededor de 333.2 cuerdas). Cataño alberga múltiples complejos industriales y almacenes, que son importantes para la economía del país. También es altamente vulnerable por su exposición a riesgos naturales y antropogénicos, la alta concentración de personas bajo niveles de pobreza (53.2%), entre otras características sociales.



*Salinas*: Se estima que al menos el seis por ciento del territorio de Salinas se afectaría por un incremento en el nivel del mar de tres pies (alrededor de 2,830.1 cuerdas). Salinas alberga instalaciones de generación de energía que son importantes para la economía del país. También es altamente vulnerable por su exposición a riesgos naturales y antropogénicos, la alta concentración de personas bajo niveles de pobreza (53.6%), entre otras características sociales.



*Loíza*: Se estima que cerca del 50% del territorio de Loíza se afectaría por un incremento en el nivel del mar de tres pies (alrededor de 6,751.1 cuerdas). Múltiples comunidades costeras quedarían incomunicadas antes este escenario. Se estima que el 49.6% de la población del municipio vive bajo niveles de pobreza.



# Las estructuras

Para conocer las estructuras en riesgo se utilizó la capa de información georreferenciada del Centro de Recaudaciones de Ingresos Municipales (CRIM). La misma contiene las huellas de los edificios, los cuales pudieran ser viviendas multifamiliares y unifamiliares, comercios, e instituciones; pero también gazebos, entre otras estructuras. Esta capa no permite distinguir por tipo de estructuras y si están ocupadas o desocupadas, pero es la mejor información oficial disponible para hacer este análisis.

Estas estructuras se concentran en los municipios de Cataño, Salinas, Cabo Rojo y Arecibo, con 587, 388, 363 y 271 unidades, respectivamente.

Se estima que bajo el escenario de aumento en el nivel del mar de tres pies, se verían afectadas 5,934 estructuras en Puerto Rico. En un escenario de aumento en el nivel del mar de seis pies se afectarían 21,809 estructuras en Puerto Rico, lo que constituye el 2.5%.

Mientras que actualmente hay 489 estructuras ubicadas en las áreas de erosión costera proyectada a 30 años y 997 en las áreas de erosión proyectada a 60 años. Cabe señalar que el informe técnico que acompaña las capas de erosión costera proyectada a 30 y 60 años, indica que dichas áreas deberían estar protegidas o tener actividades de recuperación ubicadas fuera del área de peligro, en función de su ciclo de vida (Agencia Federal para el Manejo de Emergencias, 2018).

Se estima que en Puerto Rico hay aproximadamente 884,866 estructuras, de las que 549,133 (62.1%) se encuentran en municipios costeros y 99,157 (11.2%) en la zona costanera.<sup>6</sup>

## Estructuras en riesgo

Se estima que en Puerto Rico hay cerca de 4,250 estructuras que se encuentran sujetas al riesgo de inundación costera por la marejada ciclónica o por el efecto del oleaje (VE, A costera y A costera cauce mayor).

**62%**  
De las estructuras en PR se encuentra en los municipios costeros (549,133 estructuras)

**11%**  
De las estructuras en PR se encuentran dentro del límite interior de la zona costanera (99,157 estructuras)

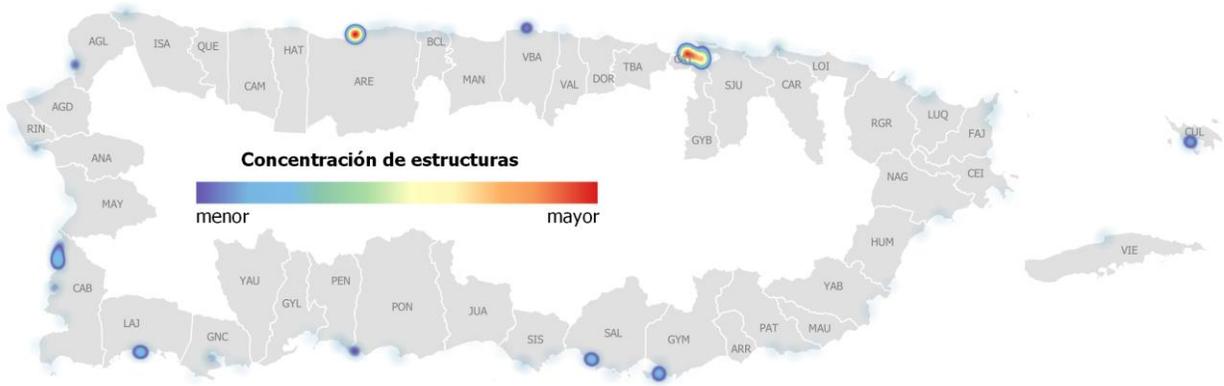
**4,250**  
Susceptibles a la marejada ciclónica o efecto del oleaje

**5,934**  
Susceptibles al aumento en el nivel del mar de tres pies

**489**  
Susceptibles a la erosión costera proyectada a 30 años

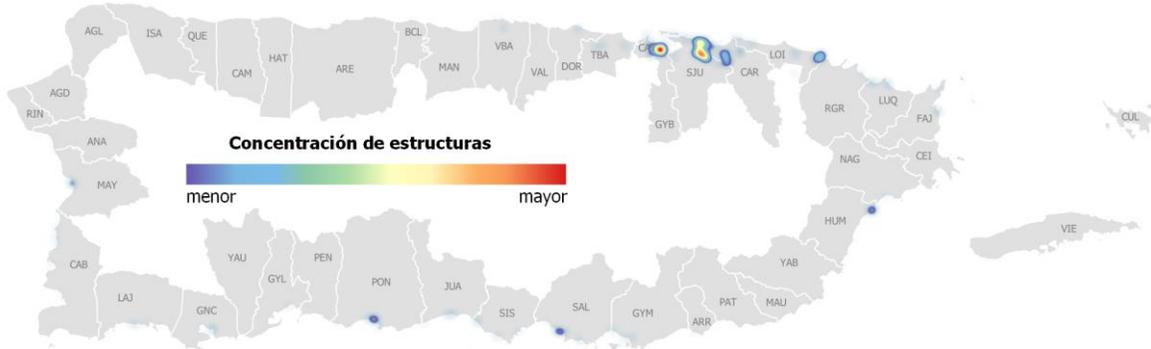
## Estructuras en riesgo

Mapa 12. Concentración de estructuras susceptibles a inundaciones costeras por la marejada ciclónica y el efecto del oleaje



Fuente: FEMA & JP. (2018). Mapas de niveles de inundación base recomendados & CRIM (s.f.) Parcelario y estructuras.

Mapa 13. Concentración de estructuras susceptibles al aumento en el nivel del mar de seis pies



Fuente: NOAA Coastal Services Center Sea Level Rise Data: Current Mean Higher High-Water Inundation Extent (6ft slr) & CRIM (s.f.) Parcelario y estructuras.





64.9%

De las viviendas en Puerto Rico se encuentran en los municipios costeros (1,020,233 viviendas)

14.3%

De las viviendas en Puerto Rico se encuentran dentro del límite terrestre de la zona costanera (224,070 viviendas)

Viviendas en Puerto Rico

# Viviendas

De acuerdo con los datos de la Encuesta a la Comunidad 2012-2016, el 64.9% de las viviendas en Puerto Rico se encuentran en los municipios costeros y el 14.3% dentro de la zona costanera (PR: 1,571,744, municipios costeros: 1,020,233 y zona costanera: 224,070 unidades de viviendas, respectivamente). El 65% de las viviendas en la zona costanera se encuentran ocupadas (145,954 viviendas) y el 35% (78,424 viviendas) se encuentran vacantes (ECPR, 2012-2016).

## Viviendas en riesgo

Se estima que en Puerto Rico unas 277,592 viviendas, con un valor estimado a 2019 de \$27,641 millones, se ubican en áreas susceptibles a la inundación costera y ribereña (A, AE, AO y VE). De estas, unas 7,894 viviendas, valoradas en \$870 millones, están susceptibles a la marejada ciclónica o al efecto del oleaje.

En los municipios costeros se encuentran más de 231,800 viviendas en riesgo de inundaciones, con un valor de \$23,085 millones. Mientras que en la zona costanera hay 84,233 viviendas en riesgo de inundaciones, con un valor de \$8,388 millones. En la siguiente página se presentan los valores para las viviendas sujetas a diversos riesgos en la zona

costanera.

Se estima que en Puerto Rico hay 936 viviendas ubicadas en las áreas susceptibles a la erosión costera proyectada dentro de los próximos 30 años. El valor estimado para dichas estructuras residenciales a 2019 es de \$103 millones. En el área de erosión costera proyectada a 60 años se estimaron 2,119 unidades, con un valor de \$234 millones. En el kilómetro interior de la zona costanera, actualmente hay cerca de 811 viviendas ubicadas en las áreas que serían erosionadas en un periodo de 30 años, cuyo valor es de \$89 millones. Unas 1,961 viviendas se ubican en las áreas a ser erosionadas en un periodo de 60 años, con un valor presente de \$216 millones.

Se estima que en Puerto Rico hay 14,570 viviendas ubicadas en áreas que serían permanentemente inundadas por un aumento en el nivel del mar de tres pies. El valor agregado de estas a 2019 es de \$1,606 millones. Aproximadamente 50,298 viviendas se encuentran en el área que sería inundada por el aumento en el nivel del mar de seis pies, con un valor agregado de \$5,544 millones. Para más información sobre el ejercicio de valoración, refiérase al Anejo 3.

# Valor de las viviendas ubicadas en áreas de riesgos dentro de la zona costanera



84,233

Viviendas susceptibles a inundación costera y ribereña (A, AE, AO y VE).

**\$8,388**

millones



7,458

Viviendas susceptibles a la marejada ciclónica o al efecto del oleaje (VE, AE costera y AE costera-cauce mayor)

**\$822**

millones



811

Viviendas susceptibles a la erosión costera proyectada (30 años)

**\$89**

millones



12,501

Viviendas susceptibles al aumento en el nivel del mar de tres pies

**\$1,378**

millones



# Negocios

Se estima que en Puerto Rico al año 2019, hay 41,260 negocios registrados bajo el *Data Universal Numbering System* (DUNS). De estos, 29,056 (70.4%) se encuentran en los municipios costeros y 7,934 (19.2%) dentro de la zona costanera.

Mapa 14. Concentración de negocios en Puerto Rico



Fuente: Base de datos de Dun & Bradstreet (2019) y de Estudios Técnicos, Inc. (2019).

## Negocios en riesgo

Aproximadamente unos 9,262 negocios en Puerto Rico se ubican en áreas de inundación A, AE, AO y VE, con un valor estimado al año 2019 de \$45,256 millones.

Unos 142 de estos, cuyo valor estimado es de \$5,207 millones, se encuentra susceptible a la marejada ciclónica o al efecto del oleaje. Al menos 7,548 negocios en los municipios costeros se encuentran susceptibles a las inundaciones costeras y ribereñas (A, AE, AO y VE). Su valor se estima en \$37,804 millones. En el límite interior de la zona costanera se identificaron 2,613 negocios con un valor estimado de \$16,181 millones.

Al menos, 12 negocios en Puerto Rico se ubican en las áreas susceptibles a la erosión costera proyectada a 30 años, con un valor estimado en \$52 millones a 2019. En el área identificada con erosión costera en 60 años actualmente se ubican cerca de 36 negocios, cuyo valor a 2019 es de \$157 millones.

Con el incremento en el nivel del mar de tres pies se afectarían 1,123 negocios en Puerto Rico, valorados en \$4,882 millones. En el escenario de aumento en el nivel del mar de seis pies se afectarían 2,383 negocios en Puerto Rico, con un valor de \$10,360 millones a 2019.

**70.4%**

De los negocios en Puerto Rico se encuentran en los municipios costeros (29,056 negocios)

**19.2%**

De los negocios en Puerto Rico se encuentran dentro del límite terrestre de la zona costanera (7,934 negocios)

# Valor de los negocios ubicados en áreas de riesgos dentro de la zona costanera



2,613

Negocios susceptibles a inundación costera y ribereña (A, AE, AO y VE).

**\$16,181**

millones



141

Negocios susceptibles a la marejada ciclónica o al efecto del oleaje (VE, AE costera y AE costera-cauce mayor)

**\$ 5,158**

millones



11

Negocios susceptibles a la erosión costera proyectada (30 años)

**\$48**

millones



195

Negocios susceptibles al aumento en el nivel del mar de tres pies

**\$848**

millones

# 3

## La infraestructura en riesgo

---





# Aeropuertos

Los 10 aeropuertos principales que se encuentran en operaciones en Puerto Rico se ubican en los municipios costeros. Cuatro de estos se encuentran total o parcialmente dentro de la zona costanera. Estos son: el Aeropuerto Internacional Luis Muñoz Marín y los aeropuertos regionales Fernando Luis Ribas Dominicci, conocido como el aeropuerto de Isla Grande, el Benjamín Rivera Noriega en el municipio de Culebra, y el Antonio Rivera Rodríguez en Vieques.

## Aeropuertos en riesgo

Actualmente las pistas de todos los aeropuertos, excepto el de Aguadilla y el de Vieques, se encuentran en áreas susceptibles a inundaciones costeras y/o ribereñas.<sup>7</sup>

Las pistas de los aeropuertos Luis Muñoz Marín y el de Isla Grande se encuentran en una ubicación muy vulnerable, a una altura de tan solo nueve pies sobre el nivel del mar. Ambos aeropuertos serían severamente impactados por el aumento en el nivel del mar, según se presenta en las siguientes imágenes.

Mapa 15. Aeropuertos principales en Puerto Rico y altura sobre el nivel del mar



Fuente: USGS (20188). National Transportation Dataset (NTD) for Puerto Rico; Elevación, 2016 - 2017 USGS Lidar DEM: Puerto Rico. Mapa preparado por Estudios Técnicos, Inc. (2019).

10

Aeropuertos en operaciones en Puerto Rico que se encuentran en los municipios costeros

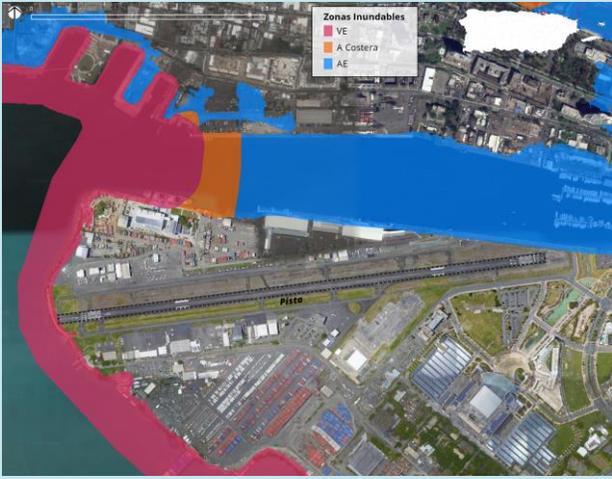
4

De los aeropuertos en operaciones en Puerto Rico se ubican en el límite terrestre de la zona costanera

# Susceptibilidad a inundaciones de los aeropuertos de Puerto Rico de acuerdo con los Mapa de Niveles de Inundación Base Recomendados



Luis Muñoz Marín, Carolina



Isla Grande, San Juan



Mercedita, Ponce



Antonio Rivera Rodríguez, Arecibo



Eugenio María de Hostos, Mayagüez



Benjamín Rivera Noriega, Culebra



José Aponte de la Torre, Ceiba



Dr. Hermenegildo Ortiz Quiñones, Humacao

Fuente: FEMA & JP, (2018). Mapas de niveles de inundación base recomendados & CRIM (s.f.) & Imagen de Mapbox, 2019.

# Aeropuerto Luis Muñoz Marín aumento en el nivel del mar de tres y seis pies



Aeropuerto Internacional Luis Muñoz Marín  
Municipio: Carolina  
3ft Sea Level Rise



Aeropuerto Internacional Luis Muñoz Marín  
Municipio: Carolina  
6ft Sea Level Rise



12

Puertos marítimos en Puerto Rico

1

Puerto cuya zona portuaria ha sido delimitada oficialmente por la Junta de Planificación

Instalaciones portuarias en Puerto Rico

# Puertos marítimos

En Puerto Rico hay doce puertos marítimos ubicados en los municipios de: Arecibo, Ceiba, Culebra, Guánica, Guayama, Guayanilla, Ponce, San Juan, Vieques, Yabucoa, Mayagüez y Fajardo.

Para conocer el impacto sobre los puertos se consideró la Zona Portuaria de San Juan, por ser la única en Puerto Rico que ha sido delimitada oficialmente por la Junta de Planificación.<sup>8</sup>

El Puerto de San Juan es el principal puerto de carga marítima de Puerto Rico. Por ella ingresan la mayoría de los bienes, incluyendo los alimentos que consumimos y los turistas que llegan en crucero. Para contextualizar la importancia del Puerto de San Juan, el mismo ocupaba en el 2016 la posición número 14 entre todos los puertos de Estados Unidos (incluyendo Hawái y Alaska) en términos del total de carga manejada (U.S. Army Corps of Engineers, 2016).

El Puerto de San Juan también es importante para el turismo de cruceros. En el año 2018 un total de 1,658,822 turistas en cruceros visitaron el mismo, de los que unos 453,367 utilizaron el puerto como home port y 1,205,455 eran visitantes en tránsito (CTPR, 2019).

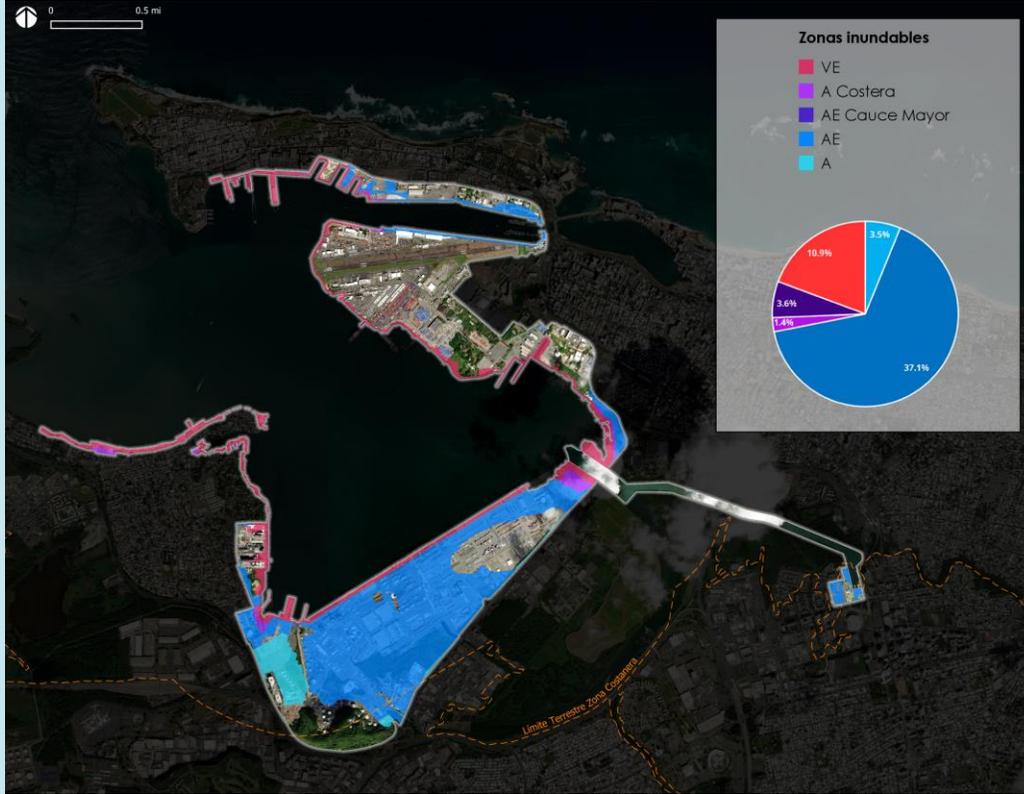
## *Puerto marítimo en riesgo*

Se estima que más de la mitad (51.5%) del Puerto de San Juan es susceptible a inundaciones. Más del 10% de los terrenos son susceptibles a los efectos de la marejada ciclónica y del oleaje.

En un escenario de incremento en el nivel del mar de tres pies se impactaría al menos, el 10% de los terrenos que forman parte de la zona portuaria (125 cuerdas). En el escenario de aumento en el nivel del mar de seis pies se impactaría cerca del 30% (410 cuerdas) de la zona portuaria de San Juan.

# Zona portuaria de San Juan

Susceptibilidad a inundaciones de acuerdo con los Mapa de Niveles de Inundación Base Recomendados y al aumento en el nivel del mar de tres y seis pies



## Inundaciones costeras

Sobre el 12% (168.3 cuerdas) de la zona portuaria de San Juan es susceptible a la marejada ciclónica o al efecto del oleaje y más de una cuarta parte se encuentra en zona AE (37.1% o 507.2 cuerdas).



## Aumento en el nivel del mar de tres y seis pies

En un escenario de tres pies de aumento en el nivel del mar, se afectaría cerca del 10% (124.7 cuerdas) de los terrenos que comprenden la zona portuaria de San Juan, según delimitada por la Junta de Planificación. En un escenario de seis pies, se impactaría sobre el 30% de la zona.

# Carreteras

De acuerdo con el *USGS National Transportation Dataset (2018)*, en Puerto Rico hay aproximadamente 20,994 millas de carreteras, de las que el 58.9% están en los municipios costeros y 11.2% dentro de la zona costanera. San Juan, Ponce, Arecibo y Carolina son los municipios con la mayor cantidad de millas de carreteras (972.8; 845.7; 645.2 y 488.3 millas, respectivamente).

## Red vial en riesgo

Se estima que 3,165 millas de carreteras se ubican en áreas susceptibles a inundaciones costeras y ribereñas (A, AE, AO y VE). El valor de esta infraestructura vial al año 2019 se estima en \$2,357.9 millones. En Puerto Rico, unas 132 millas de carreteras, con un valor estimado en \$92.1 millones están en áreas susceptibles a la marejada ciclónica o el efecto del oleaje.

De estos, 128 millas valoradas en \$89.3 millones se encuentran en los municipios costeros y 119 millas, valoradas en \$83.5 millones, se encuentran en el límite interior de la zona costanera.

Al menos seis millas de carreteras, con un valor estimado en \$4.5 millones, se encuentran en las áreas a ser erosionadas dentro de los próximos 30 años. En 60 años, se estima que se afectarían 20 millas de carreteras, con un valor estimado al año 2019 de \$15.8 millones.

Se estima que en Puerto Rico 129 millas de carreteras, con un valor de \$101.8 millones se afectarían por un incremento en el nivel del mar de tres pies. Mientras que un aumento de seis pies en el nivel del mar inundaría 543 millas de carreteras, con un valor estimado de \$427.6 millones.

20,994

Millas de carreteras en Puerto Rico

59%

De las carreteras se encuentran dentro de los municipios costeros

11.2 %

De las carreteras se encuentran dentro de la zona costanera

# Valor de las carreteras ubicadas en áreas de riesgos dentro de la zona costanera



759

Millas de carreteras susceptibles a inundación costera y ribereña (A, AE, AO y VE).

**\$562.4**

millones



119

Millas de carreteras susceptibles a la marejada ciclónica o al efecto del oleaje (VE, AE costera y AE costera-cauce mayor)

**\$83.5**

millones



6

Millas de carreteras susceptibles a la erosión costera proyectada (30 años)

**\$4.5**

millones



109

Millas de carreteras susceptibles al aumento en el nivel del mar de tres pies

**\$86.1**

millones



# Energía

En Puerto Rico existen 13 plantas o instalaciones generatrices de energía, de acuerdo con la capa de información georreferenciada disponible de la Autoridad de Energía Eléctrica. Nueve de estas se ubican en municipios costeros, de las que siete se encuentran dentro del límite interior de la zona costanera.

El valor de la infraestructura eléctrica en riesgo fue estimado al año 2019. Esta infraestructura incluye además de las plantas generatrices, las torres de transmisión, centros de transmisión, *switchyards*, subestaciones y líneas eléctricas.

## *Infraestructura eléctrica en riesgo*

En Puerto Rico, la infraestructura de energía eléctrica susceptible a la inundación costera y ribereña fue valorada en \$2,048.3 millones (A, AE, AO y VE). En los municipios costeros, esta infraestructura está valorada en \$1,516.9 millones. Mientras que aquella ubicada dentro de la zona costanera tiene un valor estimado de \$1,192.2 millones. Cabe destacar que de todas las plantas generatrices, los complejos de Aguirre, Costa Sur y Palo Seco fueron los que presentaron la mayor susceptibilidad a la marejada ciclónica.

En Puerto Rico, el valor de la infraestructura de energía eléctrica ubicada en las áreas que serían afectadas por la erosión costera proyectada a 30 años es de \$1.1 millones. Esta incluye torres de transmisión, líneas de distribución y subestaciones. Mientras que el valor presente de la infraestructura ubicada en las áreas a ser afectadas en 60 años por la erosión costera es de \$4.0 millones.

Se estima que el valor de la infraestructura de energía eléctrica en Puerto Rico ubicada en las áreas a ser inundadas permanentemente por el aumento en el nivel del mar de tres pies es de \$171.7 millones, esto incluye las generatrices de AES en Guayama, el Complejo Aguirre, Costa Sur y Palo Seco. Mientras que con incrementos en el nivel del mar de seis pies, se impactaría infraestructura de energía eléctrica valorada en \$404.7 millones a 2019.

13

Plantas generatrices en Puerto Rico

9

Se encuentran en los municipios costeros

7

Se encuentran dentro de la zona costanera

Plantas generatrices de energía eléctrica

# Valor de la infraestructura de energía eléctrica ubicada en áreas de riesgos dentro de la zona costanera



Infraestructura de energía eléctrica susceptible a la inundación costera y ribereña (A, AE, AO y VE).

**\$1,192**  
millones



Infraestructura de energía eléctrica susceptible a la marejada ciclónica o al efecto del oleaje (VE, AE costera y AE costera-cauce mayor)

**\$81**  
millones



Infraestructura de energía eléctrica susceptible a la erosión costera proyectada (30 años)

**\$0.5**  
millones



Infraestructura de energía eléctrica susceptible al aumento en el nivel del mar de tres pies

**\$112.6**  
millones

# Susceptibilidad al aumento en el nivel del mar de tres y seis pies de las plantas de Palo Seco, Complejo Aguirre y AES



Palo Seco Power Plant  
Municipio: Cataño  
3ft Sea Level Rise



Complejo Aguirre Power Plant  
Municipio: Salinas  
3ft Sea Level Rise



AES Power Plant  
Municipio: Guayama  
3ft Sea Level Rise



# Infraestructura de agua potable y residual

En Puerto Rico se identificaron 139 plantas de filtración, 1,493 estaciones de bomba y 2,170 tanques de almacenamiento de agua potable. Además, 61 plantas de tratamiento y 1,065 estaciones de bomba de aguas residuales. Se estima que el 51% de esta infraestructura se ubica en los municipios costeros (2,504 estructuras) y cerca del 8% en el límite terrestre de la zona costanera (394 estructuras).

Para realizar los estimados económicos asociados a la infraestructura de agua potable y residual al año 2019, se consideraron las plantas de tratamiento y de filtración, las estaciones de bomba de agua potable y de aguas residuales y los tanques de almacenamiento de agua potable.

## *Infraestructura de agua potable y residual en riesgo*

Se identificaron 208 instalaciones ubicadas en áreas susceptibles a inundaciones, de acuerdo con los Mapas de Niveles de Inundación Base Recomendados. Esta incluye dos plantas de tratamiento de agua potable en la zona A cauce mayor; 31 estaciones de bomba y siete tanques de almacenamiento de agua potable. Respecto a la infraestructura de aguas residuales, se identificaron cinco plantas de tratamiento en

zona A cauce mayor y otras dos en el cauce mayor de la Zona AE. Unas ocho estaciones de bombas de aguas residuales se encuentran susceptibles a la marejada ciclónica.

Se estima que en Puerto Rico la infraestructura de agua potable ubicada en áreas susceptibles a las inundaciones costeras y ribereñas (A, AE, AO y VE) tiene un valor de \$910.3 millones. La infraestructura susceptible a inundaciones ubicada en las los municipios costeros tiene un valor de \$608.5 millones y en la zona costanera de \$212.2 millones. Por otra parte, no se identificaron infraestructuras de la AAA dentro de los polígonos de erosión costera proyectada a 30 y 60 años.

Se estima que una estación de bombas de agua potable, Las Ochenta (Soterrada), sería inundada como resultado del incremento en el nivel del mar de tres pies y 11 estaciones de bomba de aguas residuales. El valor combinado de esta infraestructura es de \$19.6 millones a 2019. La infraestructura ubicada en las áreas potencialmente afectadas por el aumento en el nivel del mar de seis pies es de \$93 millones. Es importante recordar que estos estimados no consideran la tubería ubicada en estas áreas, por lo que el valor sería mayor.

**51%**

De la infraestructura de agua potable y residual en Puerto Rico se encuentra en los municipios costeros (2,504 estructuras)

**8%**

De la la infraestructura de agua potable y residual de Puerto Rico se encuentra dentro de la zona costanera (394 estructuras)

# Valor de la infraestructura de agua potable y residual ubicada en áreas de riesgos dentro de la zona costanera



Infraestructura de agua potable y residual susceptible a la inundación costera y ribereña (A, AE, AO y VE).

**\$212**  
millones



Infraestructura de agua potable y residual susceptible a la marejada ciclónica o al efecto del oleaje (VE, AE costera y AE costera-cauce mayor)

**\$19.6**  
millones



Infraestructura de agua potable y residual susceptible al aumento en el nivel del mar de tres pies

**\$19.6**  
millones

# 4

## Conclusiones y recomendaciones



# Conclusiones y recomendaciones

Los análisis espaciales y económicos realizados muestran que los municipios costeros y la zona costanera concentran comunidades e infraestructura natural y construida importantes para el país. Estas también se encuentran susceptibles a peligros naturales múltiples, y a riesgos y estresores adicionales resultantes del cambio climático.

Se reitera que la información espacial disponible para estimar el alcance geográfico de los impactos del cambio climático tiene varias limitaciones. No obstante, aún cuando los datos resultantes son conservadores, los mismos son suficientes para identificar los activos y comunidades más vulnerables y desarrollar acciones dirigidas a la adaptación.

En una escala de planificación municipal y comunitaria, se recomienda llevar a cabo inventarios más precisos de las viviendas, negocios, infraestructura y otros activos, así como censos de la población. Esto permitiría refinar los datos aquí presentados y el desarrollo de estrategias más específicas para la mitigación y adaptación.

La información generada tiene múltiples aplicaciones entre las que se encuentran el desarrollo de estrategias para los usos de terrenos. Permitiría, además, priorizar acciones de manejo asociada a las áreas protegidas, incluyendo la protección de terrenos contiguos para permitir la migración de hábitats y su adaptación apropiada.

El cambio climático presenta una nueva realidad que debe ser considerada en los esfuerzos de planificación y recuperación del país. En el contexto de reconstrucción de Puerto Rico, el uso de los escenarios de aumento en el nivel del mar es fundamental para la toma de decisiones, en particular las mejoras o desarrollo de viviendas e infraestructura, especialmente aquella que tiene un ciclo de vida largo. Planificar para esta nueva realidad es no solo necesario pero inminente.

El cambio climático: una nueva realidad



## Notas

1. Zona Restringida del Carso: Incluye los terrenos separados para a conservación de acuerdo con las disposiciones de la Ley 292 conocida como la "Ley para la Protección y Conservación de la Fisiografía Kársica de Puerto Rico". Estos terrenos tienen características hidrológicas, geológicas y ecosistémicas que le merecen su protección y no pueden ser utilizados bajo ningún concepto para la extracción de materiales de la corteza terrestre con propósitos comerciales, ni para explotaciones comerciales.

2. Metodología para hallar la información censal por bloque: La Encuesta a la Comunidad no produce datos a nivel de bloque, siendo los del Censo de 2010 los más recientes. Por tanto, el primer paso fue hallar la variable poblacional por bloque. Para esto se halló la proporción del bloque dentro del grupo de bloque dividiendo la población del bloque entre la población del grupo de bloque de 2010. Ese factor se utilizó para multiplicar la variable poblacional del grupo de bloque y de esa manera se logró distribuir el total de la población del grupo de bloque entre los bloques que lo componen. Para hallar las demás variables poblacionales, como población mayor de 18 años, por ejemplo, se utilizó el mismo factor poblacional. Este proceso se hizo para hogares, y de esa manera se hallaron variables como hogares bajo nivel de pobreza.

3. Interpolación censal: Este es un método de interpolación espacial que presume que la población se distribuye homogéneamente a lo largo de una unidad (es decir, la población se distribuyó homogéneamente en cada bloque censal). Luego, el área de cada zona de riesgo que cae dentro de un bloque se dividió por el área total del bloque. Esto da la proporción del área en el bloque que interseca cada zona de riesgo.

4. Es probable que los datos de algunas infraestructuras y dotaciones en riesgo estén subestimados, ya que las capas de información disponibles en muchos casos identifican la infraestructura con puntos (centroides). Esto quiere decir que

solo se contabiliza el punto que identifica la instalación si cae dentro o interseca el polígono de riesgo correspondiente.

5. Este estimado considera la Isla Grande, Vieques y Culebra los cuales son los territorios habitados. No se incluyó la Isla de Mona y otros cayos e islotes deshabitados, ni las aguas territoriales o terrenos sumergidos.

6. Para esto se consideraron dos de las clasificaciones del CCAP: (1) Espacios abiertos desarrollados, que incluye áreas con una mezcla de materiales de construcción, pero mayormente vegetación en la forma de grama asociada a los patios y (2) superficie impermeable: rasgos antropogénicos como edificios, estacionamientos, y carreteras desarrolladas con asfalto concreto u otro material de construcción que no permite la infiltración de la precipitación. Excepto para la línea de costa que se desarrolló otra metodología que se explica en el Anejo 1.

7. Estructuras: Para estimar las estructuras en Puerto Rico se utilizó la capa de información del Centro de Recaudaciones de Ingresos Municipales (CRIM) que contiene las huellas de los edificios. Es importante indicar que esta capa de información no permite distinguir por tipo de estructuras o si están ocupadas o desocupadas. La misma incluye estructuras que pudieran ser viviendas, comercios, e instituciones; pero también gazebos, postes, entre otras. Según ha sido reconocido por la propia Junta de Planificación, no todas las estructuras que aparecen en la capa son comerciales y/o residenciales (Junta de Planificación, 2018). La capa del CRIM utilizada fue descargada de la siguiente dirección: [https://www.sigela.pr.gov/arcgis/rest/services/Structure\\_OLC/Structure\\_OLC2/MapServer](https://www.sigela.pr.gov/arcgis/rest/services/Structure_OLC/Structure_OLC2/MapServer) el 26 de octubre de 2018. Por tanto, los valores presentados en este informe varían de los presentados en documentos previos. La capa de información descargada recientemente aparenta haber sido modificada para excluir estructuras de menor tamaño que suponíamos podrían ser postes u otras estructuras menores. Sin embargo, no tenemos certeza del objetivo o metodología utilizada para

esta modificación. Otro dato importante es que la cantidad de estructuras es menor que la cantidad de viviendas reportadas por el Censo. Nótese que en una estructura puede haber múltiples viviendas que son definidas por el Negociado Federal del Censo como: "Una casa, apartamento, casa móvil o remolque, un grupo de cuartos o un solo cuarto ocupado como alojamiento separado o, si desocupado, está destinado a ser ocupado como alojamiento separado. Alojamientos separados son aquéllos en los cuales los ocupantes viven separados de otros individuos en el edificio y tienen acceso directo desde el exterior del edificio o a través de un pasillo común. Para unidades desocupadas, los criterios de separación y acceso directo se aplican a los futuros ocupantes cuando sea posible."

8. Para hacer los análisis de la susceptibilidad de los aeropuertos a los distintos riesgos se utilizaron los polígonos de las pistas de los aeropuertos, ya que no estuvo disponible información sobre los límites de las instalaciones aeroportuarias.

9. Según dispuesto en la Ley de Muelles y Puertos de Puerto Rico, Ley Núm. 151 del 28 de junio de 1968, según enmendada, la Autoridad de Puertos (AP) tiene el control, la jurisdicción y la administración de los puertos, sus aguas navegables y terrenos sumergidos, la zona marítimo-terrestre en toda zona portuaria; y todos los edificios y estructuras enclavadas en la misma que sean propiedad o estén bajo el control del gobierno de Puerto Rico. Dicha Ley dispone que la AP debe delimitar toda la zona portuaria que esté comprendida en la zona marítimo terrestre. Al presente se ha delimitado únicamente la zona portuaria de la Bahía de San Juan, la cual fue adoptada por la Junta de Planificación en el año 2016

## Referencias

- Agencia Federal para el Manejo de Emergencias. (2018). Puerto Rico Datos y Productos Recomendados Post Huracanes Irma y María. Preparado por Strategic Alliance For Risk Reduction. Recuperado de: [http://cedd.pr.gov/fema/wp-content/uploads/2018/06/Puerto\\_Rico\\_Advisory\\_Report\\_FINAL\\_SPA\\_NISH\\_2018.05.23.pdf](http://cedd.pr.gov/fema/wp-content/uploads/2018/06/Puerto_Rico_Advisory_Report_FINAL_SPA_NISH_2018.05.23.pdf)
- Agencia Federal para el Manejo de Emergencias y Junta de Planificación de Puerto Rico. (2018). Erosion 30yr Risk y Erosion 60yr Risk. Descargada en julio de 2018 de: <http://cedd.pr.gov/fema/index.php/download/>
- Agencia Federal para el Manejo de Emergencias y Junta de Planificación de Puerto Rico. (2018). Floodzone\_02pct\_Seamless & Floodzone\_1pct\_Seamless. Descargado en julio de 2018 de: <http://cedd.pr.gov/fema/index.php/download>
- Asociación Puertorriqueña del Concreto. (2017). Beneficios Económicos y Ambientales del Aumento en el Uso de Pavimentos en Concreto en Puerto Rico.
- Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (2017). Estados Financieros Auditados 2016 [Tabla "Capital Assets"]
- Autoridad de Acueductos y Alcantarillado. (s.f.) Agua potable: w\_treatment\_plant; w\_storage\_tank; w\_service\_line; w\_pump\_station; w\_network\_structure; w\_main; w\_intake; w\_hydrant; w\_fitting; w\_control\_valve. Descargada en julio de 2018 de: <http://geoserver.gis.pr.gov/geoserver/web/?wicket:bookmarkablePage=:org.geoserver.web.demo.MapPreviewPage>
- Autoridad de Acueductos y Alcantarillado. (s.f.). Tratamiento de aguas residuales: ww\_treatment\_plant; ww\_pump\_station; ww\_outfall ww\_network structure; ww\_gravity\_main; ww\_force\_main; ww\_fitting; ww\_control\_valve. Descargado en julio de 2018 de: <http://geoserver.gis.pr.gov/geoserver/web/?wicket:bookmarkablePage=:org.geoserver.web.demo.MapPreviewPage>
- Autoridad de Edificios Públicos. (2016). Policía: Cuarteles y comandancias. Descargado en julio de 2018 de: <https://data.pr.gov/Desarrollo-e-Infraestructura/Cuarteles-y-Comandancias/rjqj-csd2>
- Autoridad de Energía Eléctrica (2017). Estados Financieros Auditados 2016 [Tabla "Capital Assets"].
- Autoridad de Energía Eléctrica. (s.f.) Infraestructura eléctrica: Electric\_transmission\_towers; Electric\_transmission\_center; Electric\_switch\_yards; Electric\_substations ;Electric\_power\_plants; Electric\_lineas\_distribution; Electric\_lineas\_38\_kv; Electric\_lineas\_230\_kv and Electric\_lineas\_115\_kv. Descargado en julio de 2018 de: <https://services.arcgis.com/85ZqtFFgqCh5li9K/arcgis/rest/services>.
- Autoridad de los Puertos. (2017). Airport. Descargado en julio de 2018 de: <https://services.arcgis.com/85ZqtFFgqCh5li9K/arcgis/rest/services/pridco4/FeatureServer/2>
- Caribbean Landscape Conservation Cooperative. 2015. Puerto Rico Protected Areas Database [version of December, 2018]. GIS data. San Juan, PR.
- Castro-Prieto, Jessica; Gould, William A.; Ortiz-Maldonado, Coralys; Soto-Bayó, Sandra; Llerandi-Román, Ivan, Gaztambide-Arandes, Soledad; Quiñones, Maya; Cañón, Marcela; Jacobs, Kasey R. 2019. A Comprehensive Inventory of Protected Areas and other Land Conservation Mechanisms in Puerto Rico. Gen. Tech. Report IITF-GTR-50. San Juan, PR: U.S. Department of Agriculture Forest Service, International Institute of Tropical Forestry.161 p.
- Centro de Recaudaciones de Ingresos Municipales (CRIM). (s.f.). Parcelario y estructuras. Descargado en julio de 2018 de: <http://crimpr.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=e07b6c46a90b4f7090173d7f9f4b68b3>
- Compañía de Turismo de Puerto Rico. 2019. Cruise Passenger Movement in Old San Juan (Fiscal Year) 2018/2019. Publicado por el Instituto de Estadísticas de Puerto Rico. [[https://estadisticas.pr/en/inventario-de-estadisticas/movimiento\\_pasajeros\\_cruceros\\_sj](https://estadisticas.pr/en/inventario-de-estadisticas/movimiento_pasajeros_cruceros_sj)]
- Departamento de Educación de Puerto Rico. (2017). Escuelas públicas. Descargado en julio de 2018 de: <https://data.pr.gov/Educaci-n/Directorio-Comprensivo-de-Escuelas-P-blicas-Puerto/gb92-58gc>
- Departamento de Salud de Puerto Rico. (s.f.). Hospitales: Dotacional Salud Hospitales. Descargado en julio de 2018 de: <https://services.arcgis.com/85ZqtFFgqCh5li9K/arcgis/rest/services/pridco4/FeatureServer/3>
- Gould, W.A., E.L. Díaz, (co-leads), N.L. Álvarez-Berrios, F. Aponte-González, W. Archibald, J.H. Bowden, L. Carrubba, W. Crespo, S.J. Fain, G. González, A. Goulbourne, E. Harmsen, E. Holupchinski, A.H. Khalyani, J. Kossin, A.J. Leinberger, V.I. Marrero-Santiago, O. Martínez-Sánchez, K. McGinley, P. Méndez-Lázaro, J. Morell, M.M. Oyola, I.K. Parés-Ramos, R. Pulwarty, W.V. Sweet, A. Terando, and S. Torres-González, 2018: U.S. Caribbean. In Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: Fourth National Climate Assessment, Volume II [Reidmiller, D.R., C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, and B.C. Stewart (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, pp. 809–871. doi: 10.7930/NCA4.2018.CH20
- Junta de Planificación de Puerto Rico. (2015). Bomberos. Parques de Bombas. Descargado en julio de 2018 de: <http://gis.jp.pr.gov/ArcGIS/rest/services/PUT/infraestructura/MapServer/4>
- Junta de Planificación. (2015). Municipios. Descargada en julio de 2018 de: <https://data.pr.gov/en/Desarrollo-e-Infraestructura/Mapa-oficial-de-los-Municipios/fvqe-f7x9>
- Junta de Planificación de Puerto Rico. (2017).Puerto de San Juan. Descargado en julio de 2018 de: [https://services.arcgis.com/85ZqtFFgqCh5li9K/arcgis/rest/services/ports\\_08162017/FeatureServer/0](https://services.arcgis.com/85ZqtFFgqCh5li9K/arcgis/rest/services/ports_08162017/FeatureServer/0)
- Junta de Planificación y el Departamento de Agricultura. (s.f.) Valles agrícolas. Conservación Valles Agrícolas. Descargado en julio de 2018 de: <http://geoserver.gis.pr.gov/geoserver/web/?wicket:bookmarkablePage=:org.geoserver.web.demo.MapPreviewPageCobertura> de suelos
- National Oceanic and Atmospheric Administration, Office for Coastal Management. (2010). 2010 Puerto Rico C-CAP 30m Land Cover. Coastal Change Analysis Program (C-CAP) Regional Land Cover. Charleston, SC: NOAA Office for Coastal Management. Accessed 2018 at [www.coast.noaa.gov/ccapftp](http://www.coast.noaa.gov/ccapftp).
- Negociado del Censo de los EE.UU. (2016). Encuesta sobre la Comunidad de Puerto Rico del 2012 al 2016. Población y sus características. Descargado en julio de 2018 de: <https://factfinder.census.gov/faces/nav/jsf/pages/searchresults.xhtml?refresh=tEstructuras-Costo>
- NOAA Coastal Services Center Sea Level Rise Data: Current Mean Higher High-Water Inundation Extent. Preparado por NOAA Office of Coastal Management Digital Coast. 2012. Disponible a través de <http://www.csc.noaa.gov/slrFloodzone>
- RSMeans (2019). Square Foot Costs with RS Means Data. Gordian.
- Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). (2018). Carreteras. USGS National Transportation Dataset (NTD) for Puerto Rico 20180523 State or Territory File GDB 10.1. Descargado en julio de 2018 de: [ftp://rockyftp.cr.usgs.gov/vdelivery/Datasets/Staged/Tran/GDB/TRAN\\_Puerto\\_Rico\\_State\\_GDB.zipuert](ftp://rockyftp.cr.usgs.gov/vdelivery/Datasets/Staged/Tran/GDB/TRAN_Puerto_Rico_State_GDB.zipuert)
- US Bureau of Labor Statistics (2019). Quarterly Census of Employment and Wages.
- U.S. Army Corps of Engineers. (2016). Waterborne Commerce Statistics Center.
- Fotos: Estudios Técnicos, Inc.: Cristina Vargas Marquez, Kevin González Toro, Wanda I. Crespo Acevedo

ANEJOS

# Anejos

An aerial photograph of a coastal area. In the background, a city skyline with various buildings and a prominent tower is visible under a blue sky with light clouds. The middle ground is dominated by a large body of blue water. In the foreground, a small island or peninsula features a sandy beach, several palm trees, a small blue building, and a pier extending into the water. The left side of the image is partially covered by an orange semi-transparent overlay containing text.

## Anejo 1.

Proceso y fuentes de información utilizadas para estimar la línea de costa edificada en Puerto Rico “built-up” coastline

## Metodología

Para propósitos de este análisis la línea de costa edificada es la línea de costa delimitada por la Junta de Planificación que se encuentra inmediatamente contigua a la línea de referencia oficial de la zona marítimo terrestre y presenta edificaciones de acuerdo con inspecciones visuales realizadas utilizando imágenes aéreas de 2019.

Para llevar a cabo el estimado de la línea de costa que se encuentra edificada se utilizaron las siguientes capas de información georreferenciadas:

- La línea de costa: Junta de Planificación. 2015. Mapa oficial de los Municipios. Disponible a través de: <https://data.pr.gov/en/Permisos-y-Ambiente/Mapa-de-Permisos-y-Tr-mites-Procesados/mpjk-dz7h>
- Línea de referencia oficial de Bienes de Dominio Público Marítimo Terrestre. Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. 2018. Disponible a través de: <http://www.drna.pr.gov/avisos/sistema-de-referencia-oficial-para-el-deslinde-de-bienes-de-dominio-publico-maritimo-terrestre/>
- Áreas Naturales Protegidas: Caribbean Landscape Conservation Cooperative. 2015. Puerto Rico Protected Areas Database [version of December, 2015]. GIS data. San Juan, PR. Disponible a través de: <https://www.fs.usda.gov/detailfull/itf/research/?cid=fseprd667356&width=full>
- Imágenes aéreas: Google, 2019. Accedido a través de QGIS. Múltiples fuentes de imagen satelital.

Estas capas de información fueron combinadas utilizando los sistemas de información geográfica (GIS, por sus siglas en inglés). Según acordado con el Director de la Oficina del Programa de la Zona Costanera y Cambios Climáticos, se partió de la premisa que la línea de costa no está desarrollada si para el área existe la línea de referencia oficial de la zona marítimo terrestre. Refiérase al punto 1 en la imagen contigua para más detalle.

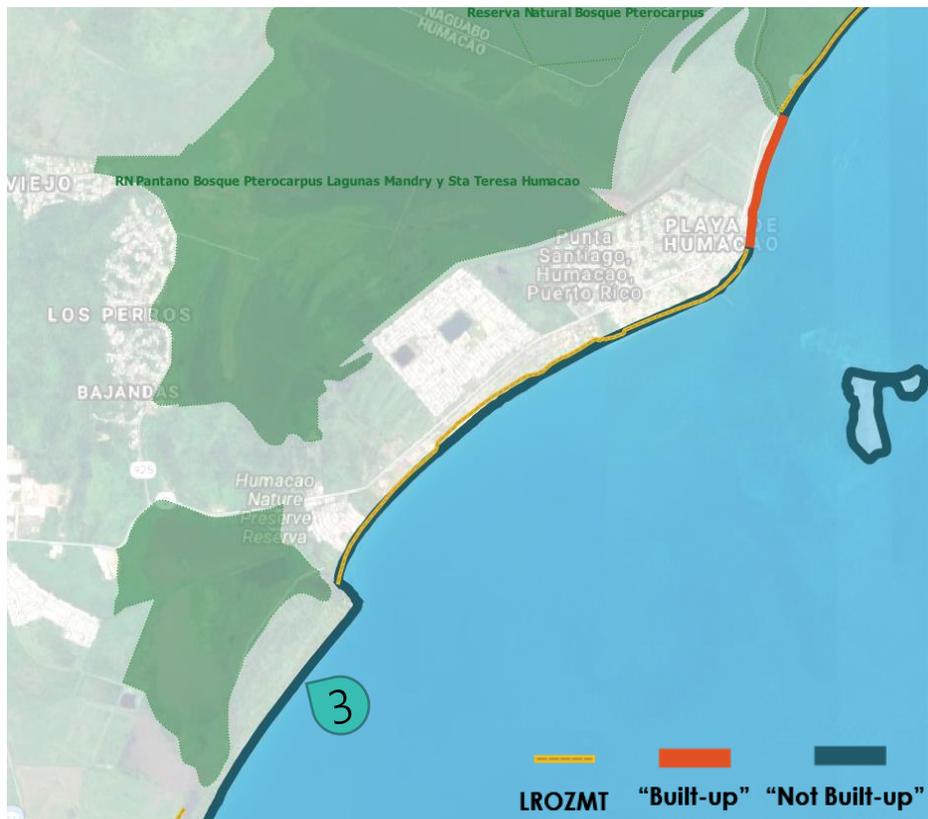
No obstante, se inspeccionó la totalidad de la línea de costa visualmente contra una imagen aérea del año 2019 y en caso de detectarse algún asentamiento, esa parte de la línea de costa fue considerada como “edificada”. Refiérase al punto 2 en la siguiente imagen para más detalle.



Proporción de la línea de costa que se encuentra edificada en relación a la Línea de Referencia Oficial de la Zona Marítimo Terrestre

## Metodología (continuación)

En los casos en que no hubiera Línea de Referencia Oficial de la Zona Marítimo Terrestre, pero si un área natural protegida adyacente a la costa, se consideró que dicho tramo de la línea de costa no está desarrollado Refiérase al punto 3 en la siguiente imagen para más detalle.



Proporción de la línea de costa que se encuentra edificada en relación a límites de un área natural protegida

Hubo casos, sin embargo, en los que a pesar de haber Línea de Referencia Oficial de la Zona Marítimo Terrestre y un área natural protegida cercana a la costa, se clasificó la línea de costa como desarrollada, debido a que la imagen mostraba asentamientos a lo largo de la costa. Refiérase al punto 4 en la siguiente imagen para más detalle.



Proporción de la línea de costa que se encuentra edificada en relación a la Línea de Referencia Oficial de la Zona Marítimo Terrestre

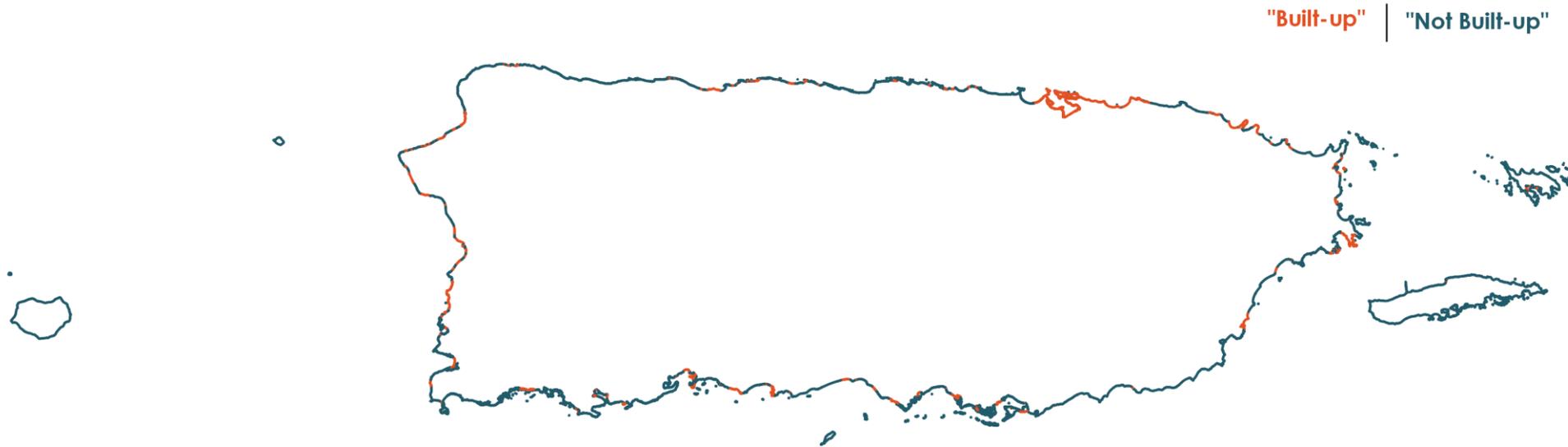
## Resultado: Proporción de la línea de costa edificada en relación al total de línea de costa de Puerto Rico, sus islas y cayos

Todos los segmentos de línea de costa que fueron clasificados como "edificados" mediante las inspecciones visuales antes descritas fueron agregados y se obtuvo que 138 millas de línea de costa, lo que constituye el 17% se encuentran edificadas.

Se estima que la línea de costa en Puerto Rico mide 799 millas. Esta medida incluye a Mona, Monito, Desecheo y otros tantos cayos e islotes.

Es importante indicar que el espacio definido para propósitos de este estudio como "línea de costa" no es la zona marítimo terrestre ni la zona costanera. Nótese que la medida es lineal.

En conclusión, un 17% de la línea de costa edificada en Puerto Rico es una proporción significativa cuando se considera que son edificaciones que se encuentran susceptibles a riesgos costeros, entre otros factores.



Resultado final del análisis de la línea de costa construida versus la no construida

## Anejo 2.

### Resumen de activos en la zona costanera



383,470  
Habitantes



145,954  
Hogares



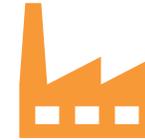
224,070  
Viviendas



99,157  
Estructuras



7,934  
Negocios



108  
Parques industriales



5,686  
Instalaciones de  
energía  
(7 Generatrices, 5,601  
postes y torres de  
transmisión  
84 subestaciones)



2,353  
Millas de carreteras



415  
Instalaciones de agua  
(17 plantas de tratamiento, 226  
estaciones de bomba de aguas  
residuales, 1 planta de filtración,  
68 estaciones de bombas de  
agua potable 103 tanques de  
almacenaje)



4  
Aeropuertos



10  
Hospitales



136  
Escuelas



16  
Estaciones de bomberos



23  
Cuarteles y comandancias  
de la Policía

**Anejo 3.**

**Resultados de los ejercicios de valoración**

## Introducción al ejercicio de valoración

Este anejo contiene la metodología y los resultados de la estimación del valor de la infraestructura y los activos seleccionados en riesgo.

### Objetivo

Su objetivo fue llegar a un estimado razonable del valor monetario de la infraestructura que se encuentra en zonas con el potencial de ser impactadas por los siguientes tres tipos de riesgos costeros: inundaciones costeras por la marejada ciclónica o el desbordamiento de ríos; la erosión costera proyectada y el aumento en el nivel del mar.

### Enfoque utilizado

Para este proyecto se llevó a cabo un ejercicio de valorización, el cual comprende una descripción monetaria del valor de los activos ubicados en zonas de riesgo. Esto difiere de una valorización del daño potencial que un riesgo particular pueda tener sobre la infraestructura. Los distintos riesgos podrían afectar toda o parte del valor de una infraestructura y sería necesario considerar factores como el posible efecto en la misma y la intensidad de los eventos. Esto implicaría una serie de simulaciones y modelajes que están fuera del alcance de este estudio.

### Metodología

**Riesgos considerados:** Los riesgos considerados para llevar a cabo los estimados fueron las inundaciones costeras y ribereñas, la erosión costera proyectada y el aumento en el nivel del mar. La selección de estos riesgos se debió a la disponibilidad de capas de información georreferenciadas, lo que permitió la estimación de las infraestructuras susceptibles a cada riesgo.

- **Inundaciones costeras y ribereñas:** Se utilizaron los Mapas de Niveles de Inundación Base Recomendados generados por la Junta de Planificación (JP) y la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA, por sus siglas en inglés), publicados en 2018.
- **Erosión costera proyectada:** Se utilizaron las capas de información georreferenciadas generadas por la JP y FEMA, que contienen polígonos de las áreas expuestas a la erosión costera para los próximos 30 y 60 años.
- **Aumento en el nivel del mar:** Se utilizaron las capas de información preparadas por la Administración Federal Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés), conocidas como NOAA Coastal Services Center Sea Level Rise Data: Current Mean Higher High-Water Inundation Extent. Estos presentan la extensión de la inundación para varios escenarios desde un pie, hasta diez pies. Para este ejercicio se consideraron tres y seis pies.

**Unidades geográficas:** Los estimados se realizaron para tres unidades geográficas. Estas son: todo Puerto Rico, los municipios costeros y la zona costanera.

**Infraestructura considerada:** La infraestructura en Puerto Rico es administrada por distintas agencias y corporaciones públicas y, en determinadas instancias, por entidades privadas. Actualmente, no existe un sistema coordinado para obtener información sobre el valor de las distintas infraestructuras. Por tal razón, se combinaron diversas fuentes de información para realizar las valoraciones correspondientes a las siguientes infraestructuras: Residencial (viviendas), Comercial e Industrial, Carreteras, Infraestructura energética e Infraestructura de agua potable y residual.

La siguiente tabla resume las fuentes de información utilizadas para hacer los estimados correspondientes a cada una de las infraestructuras.

**Tabla 1. Información obtenida para valorizar la infraestructura**

Tipo de infraestructura	Fuentes	Datos
Residencial	Encuesta a la comunidad de Puerto Rico 2012-2016 (5 Años).	Valor mediano de la vivienda ocupada por el dueño; número de unidades de vivienda.
Comercial e Industrial	US Bureau of Labor Statistics (2019). Quarterly Census of Employment and Wages.	Establecimientos por Sector Industrial en PR y EE. UU.
	RSMeans (2019). Square Foot Costs 2019.	Costo mediano por proyecto de infraestructura y tamaño mediano de proyectos de infraestructura en EE. UU. y PR
Carreteras	Asociación Puertorriqueña del Concreto (2017). Beneficios Económicos y Ambientales del Aumento en el Uso de Pavimentos en Concreto en Puerto Rico.	Costo por kilómetro vial de carretera, por tipo
Energía	Autoridad de Energía Eléctrica (2017). Estados Financieros Auditados 2016 [Tabla "Capital Assets"]	Costo total de la Infraestructura, por Tipo (Transmisión, Distribución y Generación)
Agua	Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (2017). Estados Financieros Auditados 2016 [Tabla "Capital Assets"]	Costo total de la Infraestructura

Para llevar a cabo los estimados económicos, se tomó como base los datos sobre la infraestructura susceptible a los tres riesgos indicados. Estos fueron combinados con los estimados de valorización de infraestructura, en los casos que fue posible. En el caso de infraestructura comercial, industrial y las carreteras, no fue posible obtener un valor monetario para su infraestructura. Por tanto, se usó el costo de construcción de cada establecimiento como variable supletoria.

### Métodos utilizados para la estimación por tipo de infraestructura

**Residencial:** Para llevar a cabo los estimados para las estructuras residenciales, se aplicó el valor mediano de los hogares ocupados por el propietario, a las unidades de vivienda ocupadas. A las unidades vacantes se les aplicó, aproximadamente, un 80% del valor de una unidad de vivienda ocupada, el cual es un promedio ponderado de los tipos de viviendas vacantes. De acuerdo con la Encuesta a la Comunidad de Puerto Rico, la mediana de valor de la vivienda fue de \$115,300.

**Comercial e industrial:** Debido a la heterogeneidad de los dueños y estructuras de este tipo de infraestructura, no es posible obtener un valor monetario total de los activos comerciales e industriales en Puerto Rico. Por tal razón, se utilizó el costo de construcción como variable supletoria del valor de la infraestructura. La fuente principal para estos costos fue la base de proyectos, creada por RSMeans (2019). De esta fuente se obtuvo la mediana de los costos por pie cuadrado de un proyecto (por tipo), así como la mediana del tamaño de un proyecto comercial e industrial en EE. UU. y P.R.

El estimado de esta fuente proviene de todo EE. UU. y Puerto Rico, por lo que fue necesario atemperarlo a las escalas y valores de proyectos en Puerto Rico. Esto se realizó en varios pasos. Primero, mediante un proceso de imputación, se asignaron distintos sectores industriales (NAICS) a cada tipo de proyecto. Luego, se dividió el tamaño mediano del proyecto por la razón de empleados por establecimiento en PR vs. EE. UU. Finalmente, se le aplicó el coeficiente de localización, provisto en la publicación, a los costos por pie cuadrado. La siguiente tabla presenta los costos actuales y los ponderados de un proyecto típico.

**Tabla 2. Ponderación de precios y tamaños medianos de proyecto de RSMEANS (2019)**

Tipo de Proyecto	Costo Mediano por Pie Cuadrado (RSMMeans)	Costo Mediano por Pie Cuadrado Ponderado (RSMMeans PR)	Tamaño Mediano en Pies Cuadrados (RSMMeans)	Tamaño Mediano Ponderado (PR)
Venta y/o Reparación de Autos	\$182	\$144	24,900	20,536
Instituciones Bancarias	\$293	\$231	9,300	8,318
Centros de Encarcelamiento	\$310	\$245	37,800	37,800
Estaciones de Bomberos	\$231	\$182	12,300	6,935
Hospitales	\$365	\$288	87,100	69,459
Edificios Industriales y Fábricas	\$102	\$81	22,100	24,198
Oficinas y Clínicas Médicas	\$213	\$168	22,500	6,969
Edificios de Uso Mixto	\$212	\$167	27,200	34,522
Vivienda Multi-Familiar	\$221	\$175	54,700	119,049
Hogares de Ancianos y Vivienda Asistida	\$156	\$123	38,200	11,007
Oficinas Administrativas	\$195	\$154	20,600	33,768
Garaje	\$46	\$36	151,800	104,974
Garaje de Estacionamiento y Usos Mixtos	\$171	\$135	254,200	175,787
Estaciones de Policía	\$262	\$207	28,500	28,500
Edificios de Asamblea Pública	\$253	\$200	22,600	10,580
Entretenimiento	\$287	\$227	19,900	9,316
Restaurantes	\$335	\$265	6,100	4,952
Comercio al Detalle	\$94	\$74	28,700	26,781
Escuelas	\$216	\$171	73,500	73,500
Universidad, Colegios Privados y Escuelas Privadas (Edificios Administrativos)	\$278	\$220	48,300	59,176
Universidad, Colegios Privados y Escuelas Privadas (Dormitorios)	\$222	\$175	28,900	35,408
Universidad, Colegios Privados y Escuelas Privadas (Edificios de Ciencia e Ingeniería)	\$285	\$225	73,400	61,844
Almacenes	\$123	\$97	10,400	5,332

Para obtener el estimado por zonas, se le aplicó el valor ponderado de todos los proyectos al número de estructuras en pie por cada tipo de proyecto.

**Carreteras:** Las carreteras están divididas en cuatro tipos: autopistas de acceso controlado, autopistas secundarias o vías conectoras principales, carreteras conectoras locales y carreteras locales.

Debido a que las carreteras en Puerto Rico son propiedad de diversas entidades, no fue posible obtener los datos del valor total de las carreteras, por lo cual se utilizó el costo de construcción como variable supletoria. Para estimar el valor monetario de las carreteras, se partió de un estimado del costo de construcción por kilómetro vial («lane-kilometer» en inglés), presumiendo cuatro carriles para una autopista de acceso controlado, tres carriles para una autopista secundaria, dos para carreteras conectoras locales y uno para carreteras locales. Además, este costo se aplicó de acuerdo con un supuesto sobre el porcentaje de materiales a usarse en la construcción: en autopistas se supuso un 50% concreto y 50% asfalto. El estimado final se obtuvo cruzando ambas distribuciones y multiplicando por el estimado de costo aplicable.

**Infraestructura de energía:** Para la infraestructura de energía, fue necesario estimar por separado los costos de generatrices, subestaciones, postes y líneas. Todos se estimaron a base de alguna unidad (metros cuadrados para generatrices, kilómetros para líneas, y unidades para subestaciones y postes), con el fin de distribuirlos proporcionalmente a cada zona conforme al contenido de infraestructura en cada escenario. Para los costos de postes, subestaciones y líneas, se obtuvieron estimados de costos totales de transmisión y distribución de energía de los estados financieros auditados de la Autoridad de Energía Eléctrica (AEE) para el año fiscal 2016. Usando la información provista, se le imputó un precio al número de postes por tipo en Puerto Rico, basado en información encontrada en la siguiente escala.

**Tabla 3. Costos imputados por tipo de poste (\$)**

Concreto	\$375
Madera	\$500
Aluminio	\$1,000
Metal	\$1,000

El valor promedio de las subestaciones se imputó como 1.5 veces el valor de la transmisión, dividido por el número de subestaciones en Puerto Rico. Finalmente, los costos por kilómetro/línea de transmisión y distribución se derivaron sustrayendo el costo de las subestaciones proporcionalmente de la suma del costo de transmisión y distribución, así como el costo total de los postes en riesgo por material, y dividiendo por el número de kilómetros de milla de transmisión/distribución, respectivamente.

El costo de generación se estimó por metro cuadrado, dividiendo el valor total de los activos de la AEE en generación por el área de las generatrices (en metros cuadrados).

Una vez calculados los costos unitarios de cada componente, se estimó el costo total mediante la suma de los costos unitarios de cada tipo en cada zona, multiplicados por sus respectivas unidades.

**Infraestructura de agua potable y alcantarillado :** Al igual que con la infraestructura de energía, fue necesario estimar un costo promedio unitario de una instalación de agua y aplicarlo al valor de la infraestructura de agua obtenido en los estados financieros del 2016 de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA). Dentro de la infraestructura en riesgo estimada, solo se consideraron las instalaciones como plantas de filtración, tratamiento y bombas y no las líneas. Sin embargo, los estados financieros consideran el costo total de toda la infraestructura. Por lo tanto, hubo que estimar el costo de la infraestructura para luego sustraerlo del costo total.

Para los estimados asociados a la tubería se usó una imputación de costo por kilómetro-línea de cobre y plomo, y se multiplicó por el largo de tuberías (en km) de la AAA. El valor total de la tubería fue, entonces, sustraído del valor de la infraestructura de agua obtenido en los estados financieros del 2016 de la AAA. El monto restante se dividió por el número de las instalaciones antes indicadas. Dicho costo unitario se aplicó al número de instalaciones de la AAA en cada área de riesgo.

**Tabla 4. Costos de energía por componente por riesgo**

Tipo de riesgo		Transmisión	Distribución	Postes	Subestaciones	Plantas de energía	Energía total
Inundación costera y ribereña	Zona A	\$311.9	\$409.4	\$3.5	\$1.1	\$162.6	\$888.43
	Cauce Mayor	\$127.5	\$65.9	\$1.5	\$0.0	\$0.0	\$194.89
	Zona AE	\$45.0	\$71.9	\$0.5	\$0.2	\$700.8	\$818.48
	Zona A costera	\$1.4	\$5.1	\$0.0	\$0.0	\$15.4	\$21.88
	Zona A costera Cauce mayor	\$0.0	\$0.5	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$0.46
	Cauce Mayor	\$2.1	\$5.0	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$7.10
	Zona AO	\$7.1	\$13.0	\$0.1	\$0.0	\$0.0	\$20.23
	Zona VE	\$2.7	\$8.8	\$0.0	\$0.0	\$85.3	\$96.80
	Zona X*	\$81.6	\$144.4	\$1.1	\$0.6	\$337.6	\$565.24
Aumento en el nivel del mar	3 pies	\$23.0	\$23.2	\$0.1	\$0.1	\$125.3	\$171.68
	6 pies	\$64.2	\$100.6	\$0.5	\$0.2	\$239.2	\$404.71
Erosión costera proyectada	30 años	\$0.2	\$0.9	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$1.09
	60 años	\$0.4	\$3.5	\$0.0	\$0.0	\$0.0	\$3.97

## Resultados

### Infraestructura residencial

**Inundaciones costeras y ribereñas:** Se estima que en Puerto Rico hay 1,571,744 unidades de vivienda, de las que 277,592 se ubican en áreas susceptibles a la inundación costera y ribereña (A, AE, AO y VE). El valor estimado en riesgo de las mismas sería de \$27,641 millones. De estas, unas 7,894 viviendas en Puerto Rico, valoradas en \$870 millones, están susceptibles a la marejada ciclónica o al efecto del oleaje.

En los municipios costero se encuentran más de 231,800 viviendas en riesgo, con un valor de \$23,085 millones. Mientras que se estima que en la zona costanera hay 84,233 viviendas en riesgo de inundaciones, con un valor de \$8,388 millones.

**Erosión costera proyectada:** Se estima que en Puerto Rico hay 936 viviendas ubicadas en las áreas susceptibles a la erosión costera proyectada dentro de los próximos 30 años. El valor estimado para dichas estructuras residenciales es de \$103 millones. En la erosión costera proyectada a 60 años se estimaron 2,119 unidades, con un valor de \$234 millones.

En el kilómetro interior de la zona costanera, se identificaron 811 viviendas ubicadas en las áreas costeras que serían erosionadas en los próximos 30 años, cuyo valor es de \$89 millones. Unas 1,961 viviendas se ubican en las áreas a ser erosionadas dentro de 60 años, con un valor presente de \$216 millones.

**Aumento en el nivel del mar:** Se estima que en Puerto Rico hay 14,570 viviendas ubicadas en áreas que serían permanentemente inundadas por un aumento en el nivel del mar de tres pies y 50,298 por el aumento en el nivel del mar de seis pies. El valor agregado de estas viviendas ubicadas en áreas susceptibles a aumentos de tres y seis pies en Puerto Rico, es de \$1,606 millones y \$5,544 millones,

respectivamente. La siguiente tabla muestra los valores para los municipios costeros y para la zona costanera del país.

**Tabla 5. Valor de la infraestructura residencial en riesgo de inundaciones costeras y ribereñas (valor estimado en millones de dólares)**

Tipo de riesgo	Puerto Rico		Municipios costeros		Zona costanera		
	Cantidad de viviendas	Valor (\$ millones)	Cantidad de viviendas	Valor (\$ millones)	Cantidad de viviendas	Valor (\$ millones)	
Inundación costera y ribereña	Zona A	212,276	\$21,120	166,484	\$16,564	27,110	\$2,697
	Cauce mayor	20,677	\$2,279	14,411	\$1,589	3,240	\$357
	Zona AE	50,710	\$4,912	50,710	\$4,912	45,296	\$4,387
	Zona A costera	2,438	\$269	2,438	\$269	2,356	\$260
	Zona A costera- cauce mayor	203	\$22	203	\$22	199	\$22
	Cauce mayor	3,511	\$387	3,511	\$387	2,956	\$326
	Zona AO	9,353	\$1,031	9,353	\$1,031	6,924	\$763
	Zona VE	5,253	\$579	5,253	\$579	4,903	\$540
	Zona X*	60,851	\$6,708	46,664	\$5,144	21,727	\$2,395
Erosión costera proyectada	30 años	936	\$103	936	\$103	811	\$89
	60 años	2,119	\$234	2,119	\$234	1,961	\$216
Aumento en el nivel del mar	3 pies	14,570	\$1,606	14,419	\$1,589	12,501	\$1,378
	6 pies	50,298	\$5,544	49,990	\$5,510	40,582	\$4,473

## Infraestructura comercial e industrial

Se estima que en Puerto Rico hay 41,260 negocios registrados bajo el *Data Universal Numbering System (DUNS)*. De estos, unos 29,056 o el 70.4% se encuentran en los municipios costeros y 7,934 o el 19.2% dentro de la zona costanera.

Es importante indicar que este número corresponde únicamente a los negocios registrados en DUNS y que, por tanto, se encuentran georreferenciados. Sin embargo, la ubicación tiene un margen de error implícito generado por la manera en la que se recopila la información, pero es específica en la medida de lo posible. Es decir, la manera de obtener las coordenadas es geocodificando direcciones. Si una dirección no se puede geocodificar, entonces se coloca la coordenada del centro del barrio o zipcode que corresponda.

Es importante indicar, además, que es muy probable que la cantidad de negocios sea mayor, ya que muchos de los negocios pequeños, por ejemplo, no están registrados en dicha base de datos. No obstante, el ejercicio permite tener una idea del valor mínimo de la infraestructura comercial en riesgo.

**Inundaciones costeras y ribereñas :** En Puerto Rico se estima que hay 9,262 negocios ubicados en áreas de inundación A, AE, AO y VE, con un valor estimado de \$45,256 millones. De estos, se estima que 142 negocios, con un valor estimado de \$5,207 millones, se encuentra susceptible a la marejada ciclónica o al efecto del oleaje.

**Erosión costera proyectada:** Se estima que 7,548 negocios en los municipios costeros se encuentran susceptibles a inundaciones costeras y ribereñas (A, AE, AO y VE). El valor de estos negocios se estima en \$37,804 millones. Unos 2,613 de estos negocios se encuentran en el límite interior de la zona costanera, con un valor estimado de \$16,181 millones.

Se estima que hay 12 negocios ubicados en las áreas susceptibles a la erosión costera proyectada a 30 años, con un valor estimado en \$52 millones. La cantidad de negocios podría incrementar a 36 en el periodo de 60 años. El valor de estos

establecimientos sería de \$157 millones.

**Aumento en el nivel del mar:** Con el incremento en el nivel del mar de tres pies se afectarían 1,123 establecimientos en Puerto Rico, con un valor de \$4,882 millones. Unos 2,383 negocios se ubican en las áreas a ser inundadas por un aumento de seis pies en el nivel del mar, con un valor de \$10,360 millones, según se presenta en la siguiente tabla.

Nótese que el valor de la cantidad de estructuras en Puerto Rico, municipios costeros y zona costanera varían para el aumento en el nivel del mar. Esto se debe a que en algunas áreas de Puerto Rico se observa que la huella de inundación se extiende a municipios no costeros como Canóvanas y Bayamón

**Tabla 6. Valor de la infraestructura comercial e industrial en riesgo de inundaciones costeras y ribereñas, (valor estimado en millones de dólares)**

Tipo de riesgo	Puerto Rico		Municipios costeros		Zona costanera		
	Cantidad de negocios	Valor (\$ millones)	Cantidad de negocios	Valor (\$ millones)	Cantidad de negocios	Valor (\$ millones)	
Inundación costera y ribereña	Zona A	6,720	\$29,214	5,007	\$21,767	660	\$2,869
	Cauce Mayor	548	\$2,594	304	\$1,439	59	\$279
	Zona AE	1,380	\$6,182	1,379	\$6,177	1,319	\$5,909
	Zona A costera	39	\$185	39	\$185	39	\$185
	Zona A costera-cauce mayor	1	\$5	1	\$5	1	\$5
	Cauce mayor	34	\$161	34	\$161	22	\$104
	Zona AO	1,060	\$4,842	1,060	\$4,842	533	\$2,435
	Zona VE	102	\$5,017	102	\$5,017	101	\$4,968
	Zona X*		\$0		\$0		\$0
Erosión costera proyectada	30 años	12	\$52	12	\$52	11	\$48
	60 años	36	\$157	36	\$157	35	\$152
Aumento en el nivel del mar	3 pies	1,123	\$4,882	199	\$865	195	\$848
	6 pies	2,383	\$10,360	1,444	\$6,278	1,309	\$5,691

## Infraestructura vial

De acuerdo con el USGS National Transportation Dataset en Puerto Rico hay aproximadamente 20,994 millas de carreteras, de las que el 58.9% están en los municipios costeros y 11.2% dentro de la zona costanera.

**Inundaciones costeras y ribereñas:** Se estima que 5,094 kilómetros de carreteras se ubican en áreas susceptibles a inundaciones costeras y ribereñas (A, AE, AO y VE). El valor de esta infraestructura vial se estima en \$2,357.9 millones. En Puerto Rico, unos 212 km de carreteras, con un valor estimado en \$92.1 millones están en áreas susceptibles a la marejada ciclónica o el efecto del oleaje. De estos, 205.6 km valorados en \$89.3 millones se encuentran en los municipios costeros y 192.1 kilómetros, valorados en \$83.5 millones, se encuentran en el límite interior de la zona costanera.

**Erosión costera proyectada:** Nueve kilómetros de carreteras, con un valor estimado en \$4.5 millones, se encuentran en las áreas a ser erosionadas dentro de los próximos 30 años. En 60 años, se estima que se afectarían 32 kilómetros de carreteras, con un valor estimado de \$15.8 millones.

**Aumento en el nivel del mar:** Se estima que en Puerto Rico 208 kilómetros de carreteras, con un valor de \$101.8 millones se afectarían por un incremento en el nivel del mar de tres pies. Mientras que un aumento en el nivel del mar de seis pies inundaría 874 km de carreteras, con un valor estimado en \$427.6 millones.

**Tabla 7. Valor de la infraestructura vial en riesgo de inundaciones costeras y ribereñas, (valor estimado en millones de dólares)**

Tipo de riesgo	Puerto Rico		Municipios costeros		Zona costanera		
	Kilómetros de carreteras	Valor (\$ millones)	Kilómetros de carreteras	Valor (\$ millones)	Kilómetros de carreteras	Valor (\$ millones)	
Inundación costera y ribereña	Zona A	4,116	\$1,908.0	2,515	\$1,166.1	493	\$228.5
	Cauce Mayor	895	\$412.1	764	\$351.7	139	\$64.1
	Zona AE	771	\$358.1	635	\$295.0	568	\$263.6
	Zona A costera	74	\$33.1	74	\$33.1	68	\$30.6
	Zona A costera-cauce mayor	5	\$2.4	5	\$2.4	5	\$2.4
	Cauce mayor	56	\$26.7	56	\$26.7	52	\$24.8
	Zona AO	73	\$35.2	73	\$35.2	41	\$19.8
	Zona VE	133	\$56.6	127	\$53.8	119	\$50.5
	Zona X*	986	\$468.3	726	\$344.8	298	\$141.7
Erosión costera proyectada	30 años	9	\$4.5	9	\$4.5	9	\$4.5
	60 años	32	\$15.8	32	\$15.8	32	\$15.8
Aumento en el nivel del mar	3 pies	208	\$101.8	201	\$98.4	176	\$86.1
	6 pies	874	\$427.6	865	\$423.0	684	\$334.6

## Infraestructura de energía eléctrica

La infraestructura de energía eléctrica en Puerto Rico se compone, principalmente, de las generatrices, torres y líneas de transmisión, subestaciones, postes y líneas de distribución entre otras. La infraestructura de energía eléctrica susceptible a los tres riesgos examinados se detalla en la tabla 9.

**Inundaciones costeras y ribereñas:** En Puerto Rico, la infraestructura de energía eléctrica susceptible a la inundación costera y ribereña está valorada en \$2,048.3 millones (A, AE, AO y VE). En los municipios costeros, esta infraestructura está valorada en \$1,516.9 millones. Mientras que aquella ubicada dentro de la zona costanera, sujeta a dichas áreas identificadas como vulnerables durante la inundación base, tienen un valor estimado de \$1,192.2 millones.

**Erosión costera proyectada:** En Puerto Rico, el valor de la infraestructura de energía eléctrica ubicada en las áreas que serían afectadas por la erosión costera proyectada a 30 años es de \$1.1 millones. Mientras que el valor presente de la infraestructura ubicada en las áreas a ser afectadas en 60 años por la erosión costera es de \$4.0 millones.

**Aumento en el nivel del mar:** Se estima que el valor de la infraestructura de energía eléctrica en Puerto Rico ubicada en las áreas a ser inundadas permanentemente por el aumento en el nivel del mar de tres pies es de \$171.7 millones. En el escenario de aumento en el nivel del mar de seis pies, el valor es de \$404.7 millones.

**Tabla 8. Valor de la infraestructura de AEE en riesgo de inundaciones costeras y ribereñas, (valor presente estimado en millones de dólares)**

Tipo de riesgo	Puerto Rico	Municipios costeros	Zona costanera	
	Valor (\$ millones)	Valor (\$ millones)	Valor (\$ millones)	
Inundación costera y ribereña	Zona A	\$1,083.3	\$596.7	\$285.0
	Cauce Mayor	\$194.9	\$116.3	\$19.4
	Zona AE	\$848.0	\$847.3	\$840.7
	Zona A costera	\$21.9	\$22.3	\$22.6
	Zona A costera- cauce mayor	\$0.5	\$0.5	\$0.5
	Cauce mayor	\$7.1	\$7.1	\$6.8
	Zona AO	\$20.2	\$15.0	\$9.0
	Zona VE	\$96.8	\$57.9	\$57.5
	Zona X*	\$565.2	\$450.6	\$405.2
Erosión costera proyectada	30 años	\$1.1	\$0.7	\$0.5
	60 años	\$4.0	\$2.7	\$2.5
Aumento en el nivel del mar	3 pies	\$171.7	\$114.7	\$112.6
	6 pies	\$404.7	\$317.5	\$306.5

Tabla 9. Infraestructura de energía eléctrica en riesgo

Infraestructura de energía eléctrica	Inundación costera y ribereña							Erosión costera proyectada		Aumento en el nivel del mar			
	Zona A		Zona AE				AO	VE	Zona X	30 años	60 años	3 pies	6 pies
	Zona A- total	Cauce mayor	Zona AE- total	Zona A costera	Zona A costera -cauce mayor	Cauce mayor							
<b>Municipios costeros</b>													
Torres de transmisión	7,468.0	2163	1059	22	0	50	152	72	1596	4	8	211	929
38kv km	413.0	122.8	63.8	2.3	0.0	2.5	7.2	4.0	85.0	0.2	0.5	11.4	56.9
115kv km	137.9	34.1	16.6	0.0	0.0	1.0	4.8	0.0	15.3	0.0	0.0	6.7	18.0
230kv km	42.5	19.7	1.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	0.0	0.3	2.5
Líneas distribución	388.0	49.1	471.9	31.5	2.9	28.4	43.8	52.0	288.8	2.8	13.7	80.8	396.3
Plantas Generatrices	3.0	0.0	7	2.0	0.0	0.0	0.0	3.0	7.0	0.0	0.0	4.0	7.0
área total metros	110,475.1	0.0	508564.0	10949.8	0.0	0.0	0.0	32902.9	237454.6	0.0	0.0	63382.2	143365.7
Subestaciones	77.0	13.0	20.0	1.0	0.0	2.0	3.0	1.0	36.0	0.0	0.0	4.0	14.0
área total metros	68,297.5	17857.4	10339.4	11.4	0.0	2005.8	653.5	634.2	22633.8	0.0	0.0	2376.7	7995.8
Switchyards	1.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
área total metros	2,921.5	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Centros de transmisión	-	0.0	6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0
área total metros	-	0.0	17300.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3649.9	0.0	0.0	0.0	0.0
Postes	59,284.0	7850.0	14221	1007.0	103.0	1033.0	1840.0	1636.0	16025.0	149.0	503.0	3083.0	13002.0
aluminio	3,112.0	932.0	564	21.0	0.0	28.0	202.0	83.0	817.0	17.0	27.0	127.0	581.0
concreto	28,828.0	2464.0	4672	194.0	7.0	368.0	831.0	511.0	7978.0	23.0	116.0	644.0	4117.0
metal	2,207.0	387.0	527	63.0	1.0	37.0	41.0	79.0	559.0	12.0	38.0	117.0	467.0
madera	25,137.0	4067.0	8458	729.0	95.0	600.0	766.0	963.0	6671.0	97.0	322.0	2195.0	7837.0
<b>Zona Costanera</b>													
Torres de transmisión	4.0	0.0	59	21.0	0.0	0.0	897.0	53.0	534.0	0.0	2.0	192.0	747.0
38kv km	74.9	13.3	57.0	2.2	0.0	2.5	3.3	4.0	29.7	0.0	0.0	9.7	47.0
115kv km	34.6	2.7	12.8	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0	6.3	15.6
230kv km	2.1	1.3	1.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.1	2.3
Líneas distribución	388.0	49.1	471.9	31.5	2.9	28.4	43.8	52.0	288.8	2.8	13.7	80.8	396.3
Plantas Generatrices	2.0	0.0	7	2.0	0.0	0.0	0.0	3.0	6.0	0.0	0.0	4.0	7.0
área total metros	110,136.7	0.0	508564.0	10949.8	0.0	0.0	0.0	32902.9	236935.4	0.0	0.0	63382.2	143365.7
Subestaciones	10.0	2.0	17.0	1.0	0.0	2.0	1.0	1.0	19.0	0.0	0.0	4.0	11.0
área total metros	9,485.3	1099.2	8377.0	11.4	0.0	2005.8	410.7	634.2	5314.7	0.0	0.0	2376.7	7003.3
Switchyards	-	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
área total metros	-	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Centros de transmisión	-	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
área total metros	-	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Postes	10,058.0	1410.0	12990	987.0	103.0	941.0	960.0	1635.0	6171.0	149.0	503.0	2781.0	10617.0
aluminio	620.0	126.0	526	21.0		28.0	169.0	83.0	345.0	17.0	27.0	113.0	510.0
concreto	4,639.0	449.0	4176	187.0	7.0	348.0	391.0	510.0	3000.0	23.0	116.0	586.0	3195.0
metal	498.0	168.0	491	56.0	1.0	35.0	19.0	79.0	289.0	12.0	38.0	109.0	390.0
madera	4,301.0	667.0	7797	723.0	95.0	530.0	381.0	963.0	2537.0	97.0	322.0	1973.0	6522.0

### Infraestructura de agua potable y alcantarillado

Para realizar los estimados económicos asociados a la infraestructura de agua se consideraron las plantas de tratamiento y de filtración, las estaciones de bomba de agua potable y de aguas residuales y los tanques de almacenamiento de agua potable. El detalle de la infraestructura de la AAA susceptible a cada riesgo considerado se encuentra en el segundo informe de progreso.

**Inundaciones costeras y ribereñas:** Se estima que en Puerto Rico la infraestructura de agua potable ubicada en áreas susceptibles a las inundaciones costeras y ribereñas (A, AE, AO y VE) tiene un valor de \$910.3 millones. Aquella ubicada en los municipios costeros tiene un valor de \$608.5 millones y la ubicada dentro del límite terrestre de la zona costanera, tiene un valor de \$212.2 millones.

**Erosión costera proyectada:** No se identificaron infraestructuras de la AAA dentro de los polígonos de erosión costera proyectada a 30 y 60 años.

**Aumento en el nivel del mar:** Se estima que la infraestructura de agua potable y residual ubicada en las áreas que se inundarían permanentemente con un aumento en el nivel del mar de tres pies es de \$19.6 millones. Mientras que, en escenario de incremento de seis pies en el nivel del mar, se inundarían áreas que albergan infraestructura de agua potable y alcantarillado valoradas en \$93 millones. Es importante recordar que estos estimados no consideran la tubería ubicada en estas áreas, por lo que el valor sería mayor.

**Tabla 10. Valor de la infraestructura de AAA en riesgo de inundaciones costeras y ribereñas (valor estimado en millones de dólares)**

Tipo de riesgo	Puerto Rico		Municipios costeros		Zona costanera		
	# de unidades de infraestructuras en riesgo	Valor (\$ millones)	# de unidades de infraestructuras en riesgo	Valor (\$ millones)	# de unidades de infraestructuras en riesgo	Valor (\$ millones)	
Inundación costera y ribereña	Zona A	471	\$768.3	286	\$466.5	47	\$76.7
	Cauce Mayor	81	\$132.1	56	\$91.3	7	\$11.4
	Zona AE	70	\$114.2	70	\$114.2	69	\$112.6
	Zona A costera	4	\$6.5	4	\$6.5	4	\$6.5
	Zona A costera cauce mayor	0	\$0.0	0	\$0.0	0	\$0.0
	Cauce mayor	2	\$3.3	2	\$3.3	2	\$3.3
	Zona AO	9	\$14.7	9	\$14.7	6	\$9.8
	Zona VE	8	\$13.1	8	\$13.1	8	\$13.1
	Zona X*	155	\$252.9	94	\$153.4	43	\$70.2
Erosión costera proyectada	30 años	0	\$0.0	0	\$0.0	0	\$0.0
	60 años	0	\$0.0	0	\$0.0	0	\$0.0
Aumento en el nivel del mar	3 pies	12	\$19.6	12	\$19.6	12	\$19.6
	6 pies	57	\$93.0	57	\$93.0	53	\$86.5

**Resumen del valor de las viviendas, negocios e infraestructura en la zona costanera de Puerto Rico**

La siguiente tabla resume el valor de la infraestructura y activos en riesgo dentro de la zona costanera de Puerto Rico. Se estima que el valor de las viviendas, negocios e infraestructuras vial, de agua y eléctrica sujetas a inundaciones costeras y ribereñas es de \$26,536 millones, como mínimo.

La erosión costera proyectada a 30 años afectaría viviendas, negocios e infraestructura que al presente están valoradas en \$142 millones. Mientras que la erosión proyectada a 60 años tendría un impacto sobre viviendas, negocios e infraestructura que tienen un valor en la actualidad de \$386 millones.

Un incremento en el nivel del mar de tres pies afectaría activos valorados en \$2,439 millones. Mientras que un aumento de seis pies en el nivel del mar, pondría sobre \$10,874 millones de activos en riesgo.

**Tabla 11. Valor de la infraestructura en riesgo dentro de la zona costanera de Puerto Rico (valor en millones de dólares)**

Tipo de riesgo		Viviendas	Negocios	Vial	AEE	AAA
Inundación costera y ribereña	Zona A	\$2,697	\$2,869	\$228.5	\$285.0	\$76.7
	Cauce mayor	\$357	\$279	\$64.1	\$19.4	\$11.4
	Zona AE	\$4,387	\$5,909	\$263.6	\$840.7	\$112.6
	Zona A costera	\$260	\$185	\$30.6	\$22.6	\$6.5
	Zona A costera-cauce mayor	\$22	\$5	\$2.4	\$0.5	\$0.0
	Cauce mayor	\$326	\$104	\$24.8	\$6.8	\$3.3
	Zona AO	\$763	\$2,435	\$19.8	\$9.0	\$9.8
	Zona VE	\$540	\$4,968	\$50.5	\$57.5	\$13.1
	Zona X*	\$2,395	\$0	\$141.7	\$405.2	\$70.2
Erosión costera proyectada	30 años	\$89	\$48	\$4.3	\$0.5	\$0.0
	60 años	\$216	\$152	\$14.7	\$2.5	\$0.0
Aumento en el nivel del mar	3 pies	\$1,378	\$848	\$81.6	\$112.6	\$19.6
	6 pies	\$4,473	\$5,691	\$317.3	\$306.5	\$86.5

# Valor de infraestructuras ubicadas en áreas de riesgos costeros en Puerto Rico

## VIVIENDAS



277,592  
inundación costera y ribereña  
(A, AE, AO y VE).

**\$27,641**  
millones



7,894  
Viviendas susceptibles a la  
marejada ciclónica o al efecto del  
oleaje (VE y AE costera)

**\$870**  
millones



936  
Viviendas susceptibles a la erosión  
costera proyectada (30 años)

**\$103**  
millones



14,570  
Viviendas susceptibles al aumento  
en el nivel del mar de tres pies

**\$1,606**  
millones

## NEGOCIOS



9,262  
inundación costera y ribereña  
(A, AE, AO y VE).

**\$45,256**  
millones



142  
Negocios susceptibles a la  
marejada ciclónica o al efecto del  
oleaje (VE y AE costera)

**\$5,207**  
millones



12  
Negocios susceptibles a la erosión  
costera proyectada (30 años)

**\$52**  
millones



1,123  
Negocios susceptibles al aumento  
en el nivel del mar de tres pies

**\$4,882**  
millones

## CARRETERAS



3,165  
millas de carreteras susceptibles a  
inundación costera y ribereña  
(A, AE, AO y VE).

**\$2,358**  
millones



132  
millas de carreteras susceptibles a  
la marejada ciclónica o al efecto  
del oleaje (VE y AE costera)

**\$92**  
millones



5.6  
millas de carreteras susceptibles a  
la erosión costera proyectada (30  
años)

**\$4.5**  
millones



64  
Millas de carreteras susceptibles al  
aumento en el nivel del mar de  
tres pies

**\$101.8**  
millones

## ENERGÍA



Infraestructura de energía eléctrica  
susceptible a la inundación costera  
y ribereña (A, AE, AO y VE).

**\$2,048**  
millones



Infraestructura de energía eléctrica  
susceptible a la marejada ciclónica  
o al efecto del oleaje (VE y AE  
costera)

**\$119**  
millones



Infraestructura de energía eléctrica  
susceptible a la erosión costera  
proyectada (30 años)

**\$1.1**  
millones



Infraestructura de energía eléctrica  
susceptible al aumento en el nivel  
del mar de tres pies

**\$172**  
millones

## AGUA



Infraestructura de agua potable y  
residual susceptible a la  
inundación costera y ribereña (A,  
AE, AO y VE).

**\$910**  
millones



Infraestructura de agua potable y  
residual susceptible a la marejada  
ciclónica o al efecto del oleaje (VE  
y AE costera)

**\$19.6**  
millones



Infraestructura de agua potable y  
residual susceptible al aumento en  
el nivel del mar de tres pies

**\$19.6**  
millones

Preparado por



Estudios Técnicos, Inc.  
787-751-1675  
[www.estudios tecnicos.com](http://www.estudios tecnicos.com)