ATTACHMENT 1

Análisis espacial y económico

Comunidades, infraestructura y biodiversidad en riesgo

28 de octubre de 2019

Estudios Técnicos Inc.
Investigación | Estrategias | Soluciones

Contenido

03 Introducción

03 Metodología

06 Los recursos naturales en riesgo

14 Las comunidades en riesgo

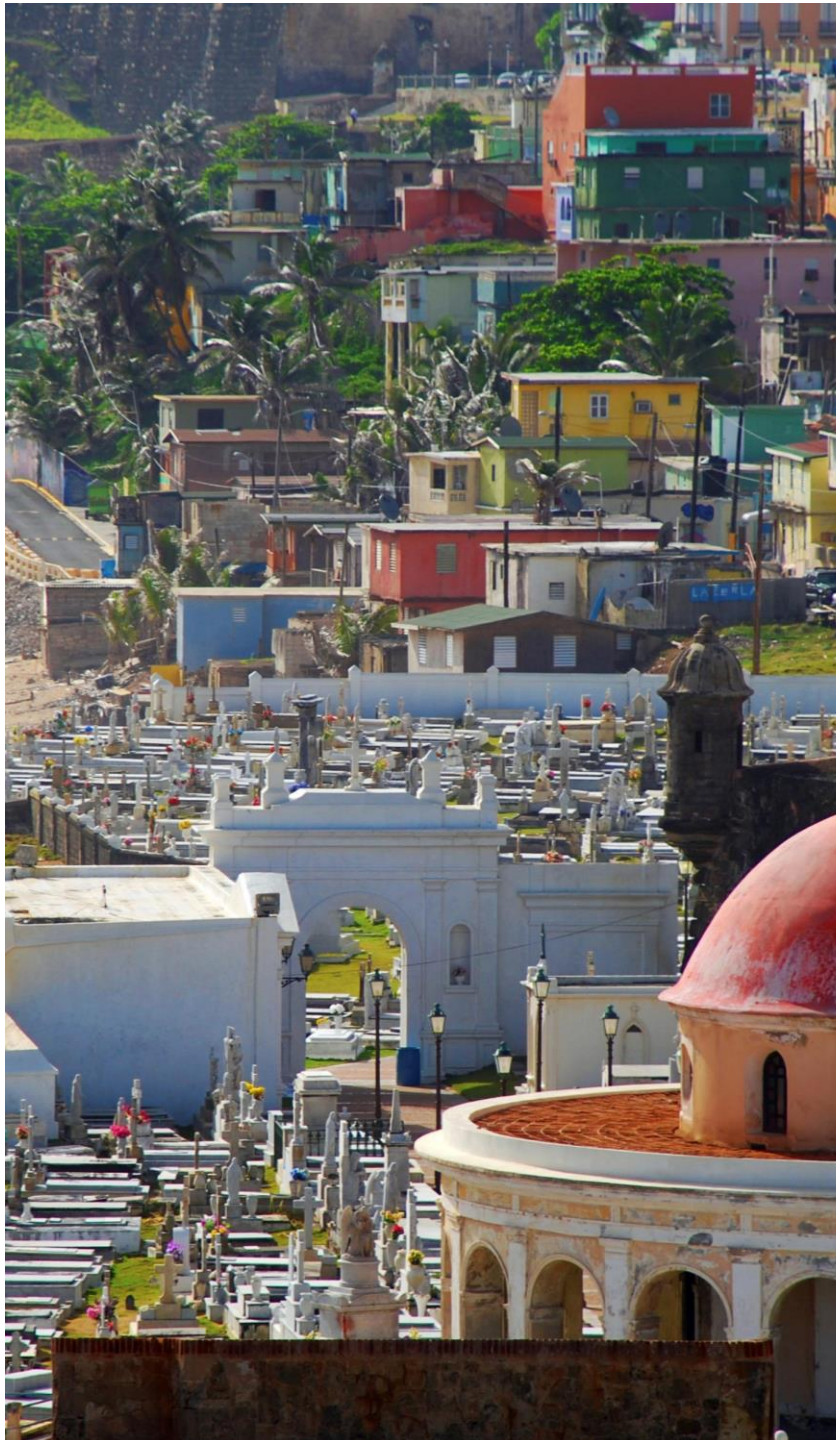
25 La infraestructura en riesgo

38 Conclusiones y recomendaciones

40 Notas

41 Referencias

42 Anejos



Introducción

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

Conocer dichas consecuencias e impactos sirve de base para guiar las decisiones conducentes a la adaptación. Por tanto, 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 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.

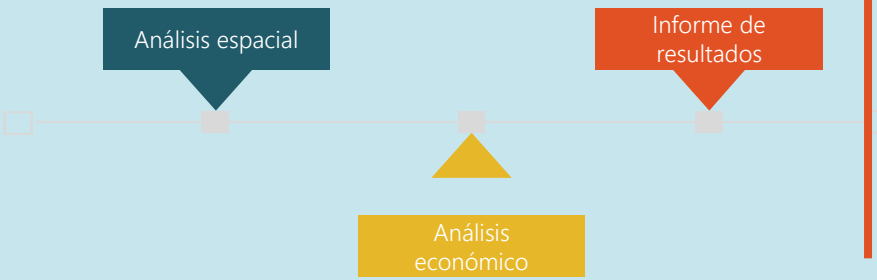
2. *Exposición a riesgos*: Generar un perfil de las comunidades costeras, la infraestructura y la biodiversidad ubicadas en las áreas de riesgos climáticos como la inundación, incluyendo el aumento en el nivel del mar y la erosión costera proyectada.

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 e infraestructura vial, de energía y de agua expuesta a los riesgos considerados. Finalmente, se presentan los resultados de ambos ejercicios en este informe integrado.



La información generada como parte de este proyecto provee una idea de la magnitud de la exposición de ciertas áreas, poblaciones y activos en Puerto Rico a riesgos costeros.

Análisis espacial

Para obtener los datos socioeconómicos de la población y de la 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.[1]

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.[2] 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 dos pies (0.61 metros (m)), tres pies (0.91m) y de seis pies (1.83 m). 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 30yr 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.[3]

Ejercicio de valorización económica

Como parte de este estudio se llevó a cabo un ejercicio de valorización, el cual comprende una descripción monetaria del valor de los activos ubicados en zonas de riesgo. 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 valorización 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 propósitos de este estudio se utilizó la mejor información georreferenciada disponible sobre los riesgos y activos con el fin de tener una radiografía de la exposición de las comunidades costeras, activos naturales y construidos en Puerto Rico.

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

1

Los recursos naturales en riesgo

44
Municipios costeros

56%
De la extensión territorial de Puerto Rico

10%
Zona costanera como por ciento de la extensión territorial de Puerto Rico

689
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% de la extensión territorial del país.

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.[4] Se estima, además, que Puerto Rico tiene 689 millas de línea de costa.

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

Fuente: DRNA; JP

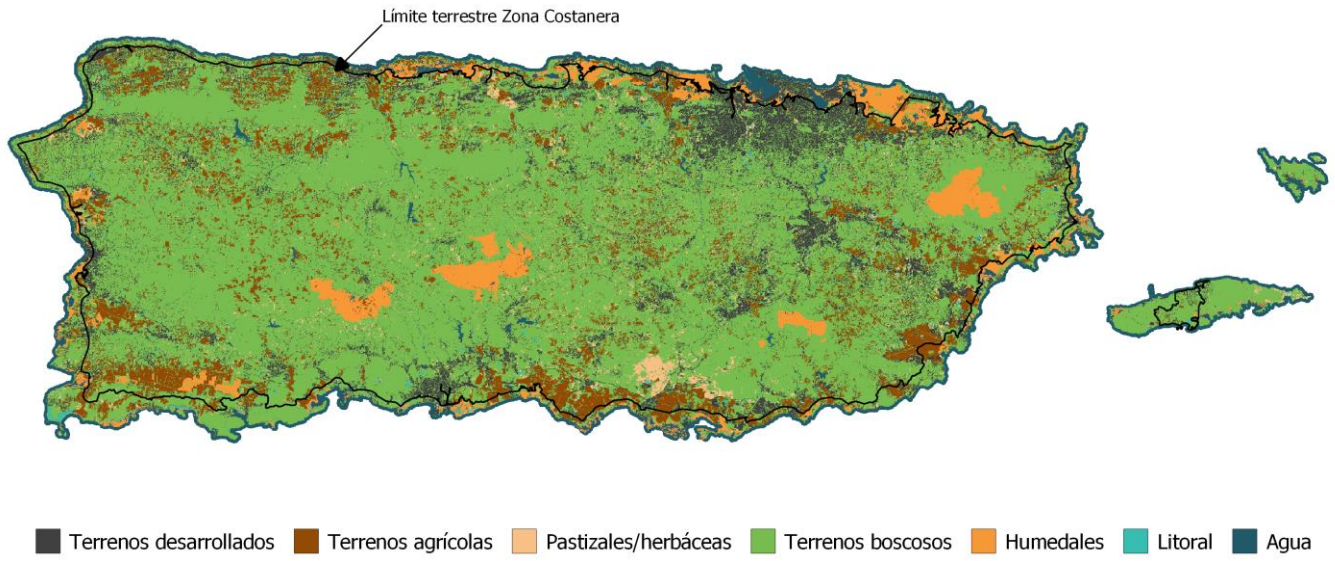
Límite interno Zona Costanera
Municipios costeros

La cobertura de terrenos en Puerto Rico

De acuerdo con la información sobre cobertura de terrenos del *Coastal Change Analysis Program* (C-CAP) en Puerto Rico, al igual que en los municipios costeros, predominan los bosques, arbustos y vegetación leñosa.

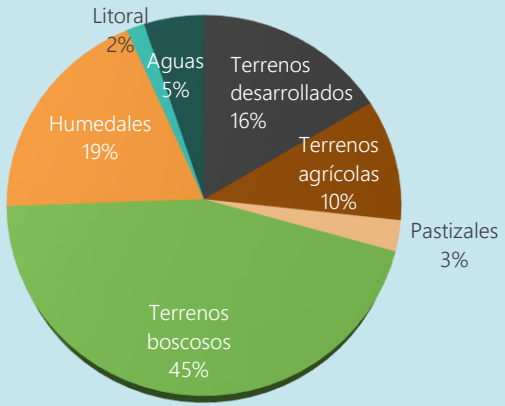
En la zona costanera también predominan los bosques, arbustos y vegetación leñosa. Se observa, también, una proporción mayor de humedales y de terrenos desarrollados en comparación con el resto de Puerto Rico y los municipios costeros.

Mapa 2. Cobertura de terrenos en Puerto Rico

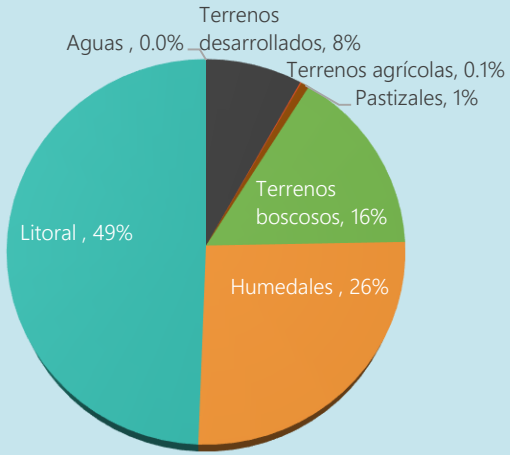


Fuente: C-CAP Land Cover, Puerto Rico, 2010. Preparado por NOAA.

GRÁFICA 1. COBERTURA DE TERRENOS EN LA ZONA COSTANERA DE PUERTO RICO



GRÁFICA 2. COBERTURA DE TERRENOS EN LA LÍNEA DE COSTA



Fuente: Department of Commerce (DOC), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), National Ocean Service (NOS), Office for Coastal Management (OCM).

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

Bosques: Incluye los bosques de tierra firme y arbustos y matorrales. Los bosques comprenden el 67.2% de la cobertura de terrenos en Puerto Rico, el 61.9% en municipios costeros y el 44.5% en la zona costanera. Dentro de esta clasificación, predominan los bosques de tierra firme (58.6%, 52.5% y 33.1%, respectivamente).
Los bosques de tierra firme se afectarían menos por el aumento en el nivel del mar que los humedales o el litoral. Sin embargo, mayor cantidad de terrenos en arbustos y matorrales serían inundados si se comparan con los 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% de la zona costanera.
Se estima que al menos el 49.5% del litoral no consolidado se afectaría con un aumentó en el nivel del mar de 3 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% de cubertura para los municipios costeros y una proporción menor, 2.6% para la zona costanera.
Se estima que al menos el 238 cuerdas de terrenos cubiertos por pastizales se afectarían con un aumentó en el nivel del mar de 3 pies.

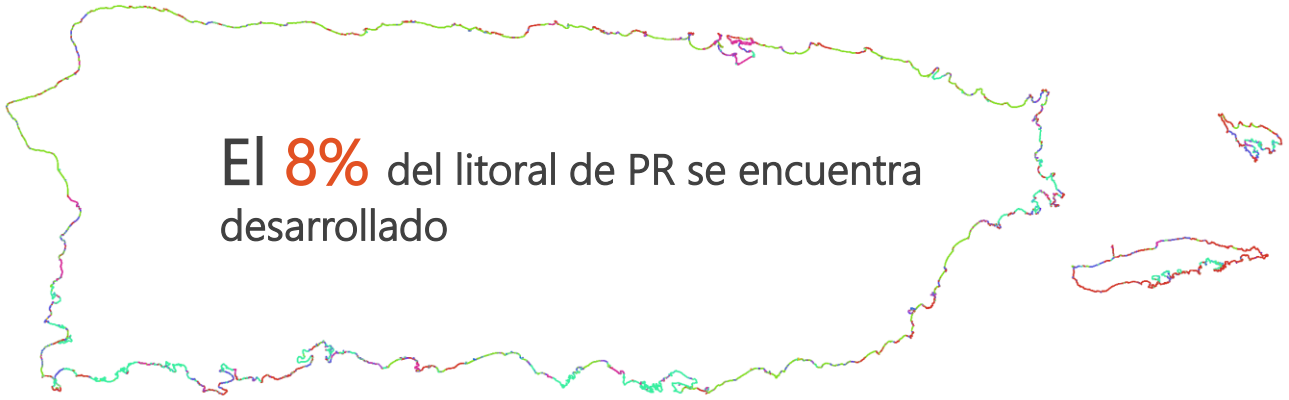
Humedales: Representan el 5.1% de la cobertura total de terrenos en Puerto Rico y el 6.9% en los municipios costeros. En la zona costanera el 18.7% del terreno está cubierto por humedales. En Puerto Rico el humedal predominante es el palustrino forestado y en la zona costanera el humedal estuarino forestado.
En un escenario de tres pies de aumento en el nivel del mar, se afectaría casi el 60% de los humedales estuarinos y al menos una tercera parte (30%) de los humedales estuarinos emergentes, compuestos mayormente por hidrófitas herbáceas.

Los terrenos desarrollados

Se estima que, al menos, el 12.6% de Puerto Rico está cubierto por terrenos desarrollados o superficie impermeable.[5] Esta cobertura de terrenos es mayor en las comunidades costeras. En los municipios costeros el 13.8% de los terrenos se clasifican como desarrollados, así como el 16.2% del límite terrestre de la zona costanera.

Se estima que Puerto Rico tiene 689 millas de línea de costa, de las que el ocho porciento se encuentran desarrollladas, de acuerdo con los datos del CCAP, 2010.

Por otra parte, se estima que al menos unas 1,306.3 cuerdas de terrenos que actualmente se clasifican como desarrolladas en el CCAP estan susceptibles a ser inundadas de forma permanente por el aumento en el nivel del mar de tres pies.



70%
Se encuentra en los municipios costeros

24%
Se encuentran dentro del límite interior de la zona costanera

21 %
Se verían impactados por el aumento en el nivel del mar de tres pies

Terrenos protegidos

Las áreas naturales protegidas

En Puerto Rico hay aproximadamente 72,968 cuerdas de terrenos en áreas naturales protegidas terrestres, las cuales incluyen reservas naturales, refugios de vida silvestre, servidumbres de conservación y fincas privadas protegidas mediante diversos mecanismos.[6]

Aproximadamente el 70.2% de estos terrenos protegidos se encuentran en los municipios costeros, y cerca de una cuarta parte (24.3%) dentro del límite terrestre de la zona costanera.

Se estima que al menos dos de cada diez cuerdas de terrenos (21.3%) de estas áreas protegidas se verían afectados por el incremento en el nivel del mar de tres pies.

Las áreas naturales protegidas terrestres con mayores proporciones de terrenos a ser impactadas por el aumento en el nivel del mar de tres pies son: la Reserva Natural (RN) Cayo Ratones, la Reserva Natural Bosque Estatal (BE) de Piñones, la Reserva Nacional de Investigación Estuarina de Bahía de Jobos (JBNEER), la RN Punta Petrona, el BE de Aguirre, el BE de Ceiba, el BE de Boquerón, el Area Natural Protegida (ANP) Medio Mundo y Daguao, la RN del Caño Martín Peña, el ANP Finca Los Frailes (56.8%), la RN Las Cabezas de San Juan, la RN Punta Cucharas, y la RN Pantano Bosque Pterocarpus Lagunas Mandry y Santa Teresa en Humacao.

Por otra parte, la RN Manglar Punta Tuna, el BE de Ceiba, la RN Humedal Punta Vientos y el ANP Punta Ballenas se encuentran entre aquellas con las proporciones más altas de terrenos susceptibles a la erosion proyectada de 30 años.

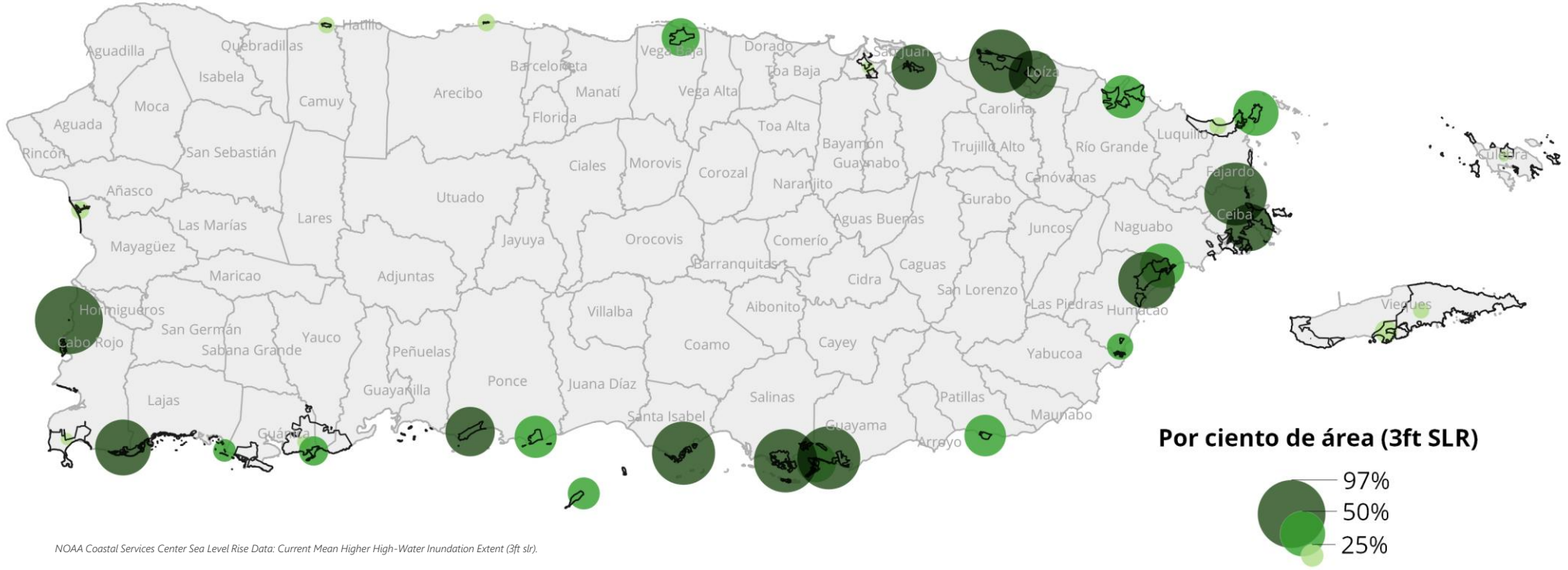
.

Las áreas protegidas y el aumento en el nivel del mar

El mapa muestra las áreas protegidas con mayores proporciones de terrenos susceptibles al aumento en el nivel del mar de tres 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.

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.

Mapa 3. Análisis proporcional de terrenos en áreas protegidas susceptibles al aumento en el nivel del mar de tres pies de Puerto Rico



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

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. 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) en la zona costanera.

En un escenario de incremento en el nivel del mar de tres pies, se inundarían porciones de todas las reservas agrícolas, excepto la del Valle de Guanajibo.

El siguiente mapa tiene el propósito de mostrar las reservas agrícolas que serían más impactadas por el aumento en el nivel del mar de tres pies, siendo el Valle de Yabucoa y el de Vega Baja los más susceptibles. Se reconoce que la cantidad de terrenos es mayor a los datos que se pueden obtener con la información georreferenciada disponible, pero al menos estos proveen una idea de los activos para la agricultura más vulnerables. Esto no considera la intrusión salina, la salinidad de los suelos y los cambios en precipitación, entre otros efectos del cambio climático.

También cabe señalar que las reservas agrícolas de los valles de Lajas y Yabucoa también 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.

88.5%

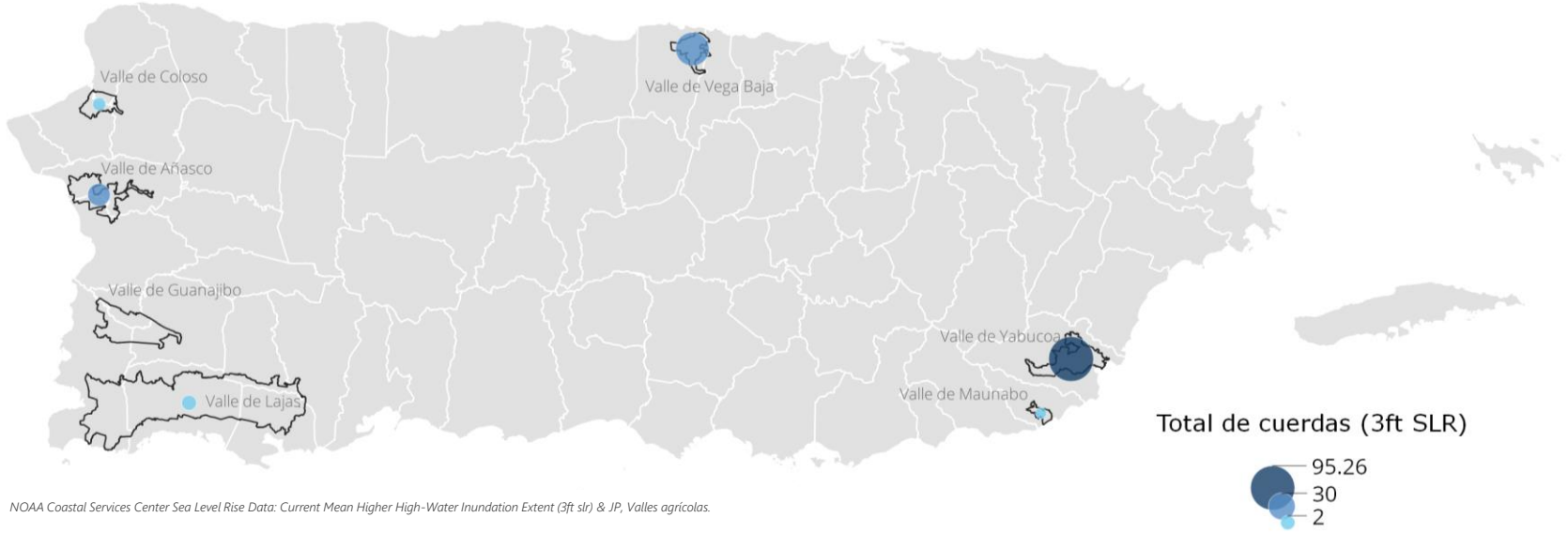
De estos terrenos se encuentran dentro de los municipios costeros

14.8%

De los terrenos designados como reservas agrícolas se encuentran dentro de la zona costanera

Terrenos en reservas agrícolas

Mapa 4. Análisis proporcional de las Reservas Agrícolas impactadas por el 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) & JP, Valles agrícolas.

2

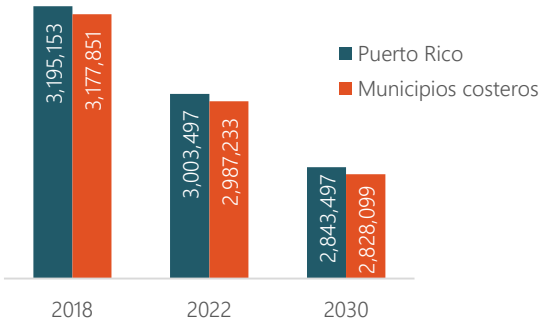
Las comunidades en riesgo

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 habita 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 zona costanera ha estado perdiendo población, incluso a una razón mayor que la totalidad de los municipios costeros y el resto de Puerto Rico. Se prevé que esta tendencia continúe durante las próximas décadas.

GRAFICA 1. PROYECCIONES POBLACIONALES



Fuente: Proyecciones preparadas por ETI, Inc.

La población de la zona costanera presenta ciertas tendencias que reflejan su vulnerabilidad. 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. La proporción de personas desempleadas también es más alta.

Población costera en riesgo

La población que habita la zona costanera se encuentra más susceptible a las inundaciones por el desbordamiento de cuerpos de agua y por la marejada ciclónica que aquella de los municipios costeros y el resto del país.

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

62%
Población en los municipios costeros

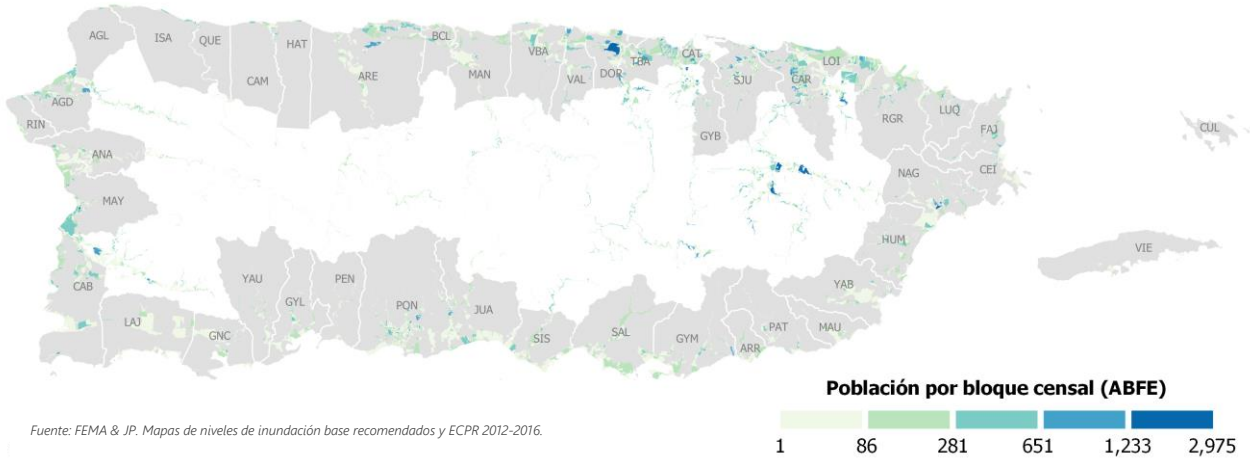
11%
Población dentro de la zona costanera

Población de Puerto Rico

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

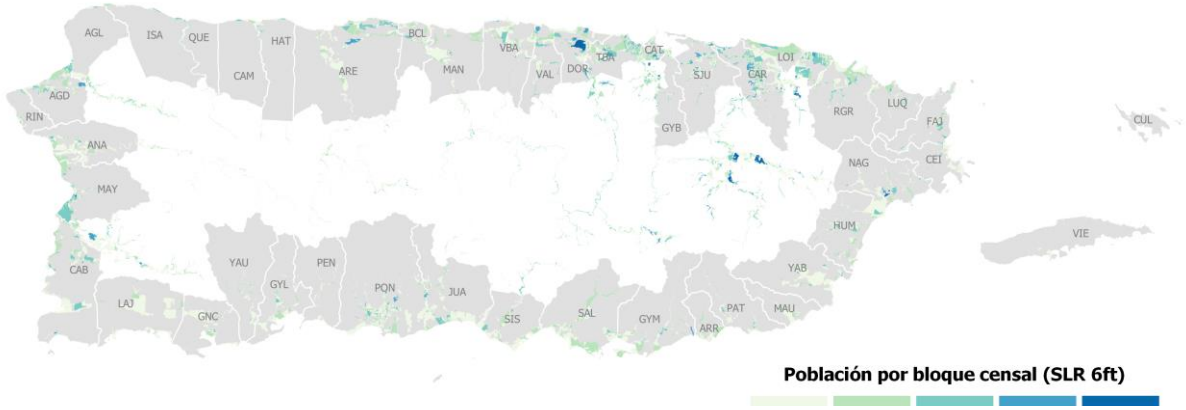
Características seleccionadas	Puerto Rico	Municipios costeros	Zona costanera
Población 2016	3,529,385	2,179,007	383,470
Población 2010	3,725,789	2,317,179	416,599
Crecimiento poblacional 2010-2016	-0.90%	-1.00%	-1.40%
Densidad poblacional (hab./km2)	394	434	422
Mediana de la edad	36.9	39.8	41
Población 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 areas 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 areas susceptibles al incremento en el nivel del mar de tres pies (3 pies slr)	24,189	23,769	20,332
% población susceptible 3 pies slr	0.7%	1.1%	5.3%
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

Mapa 5. 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 6. Distribución de la población a 2016 en áreas susceptibles al aumento en el nivel del mar



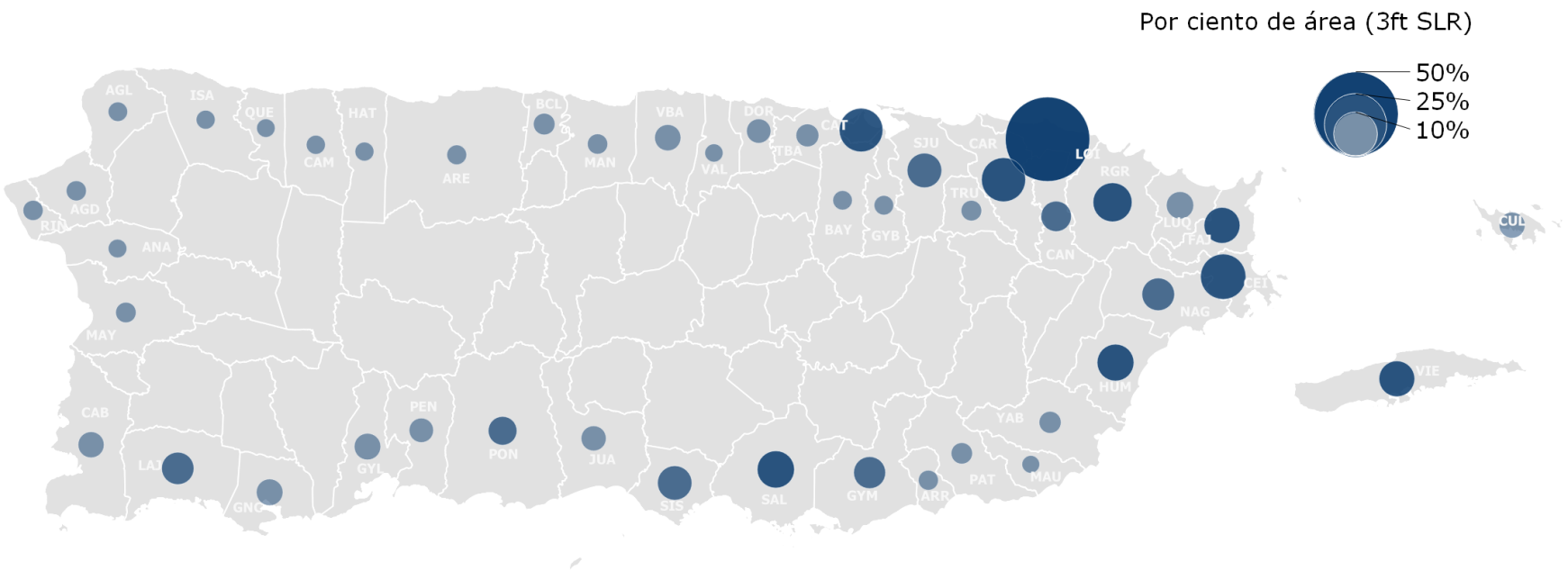
NOAA Coastal Services Center Sea Level Rise Data: Current Mean Higher High-Water Inundation Extent (3ft slr) & ECPR 2012-2016.

Los municipios costeros y el aumento en el nivel del mar (3 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 se puede tener una idea de los municipios costeros con mayor susceptibilidad a ser inundados por el aumento en el nivel del mar de tres pies.

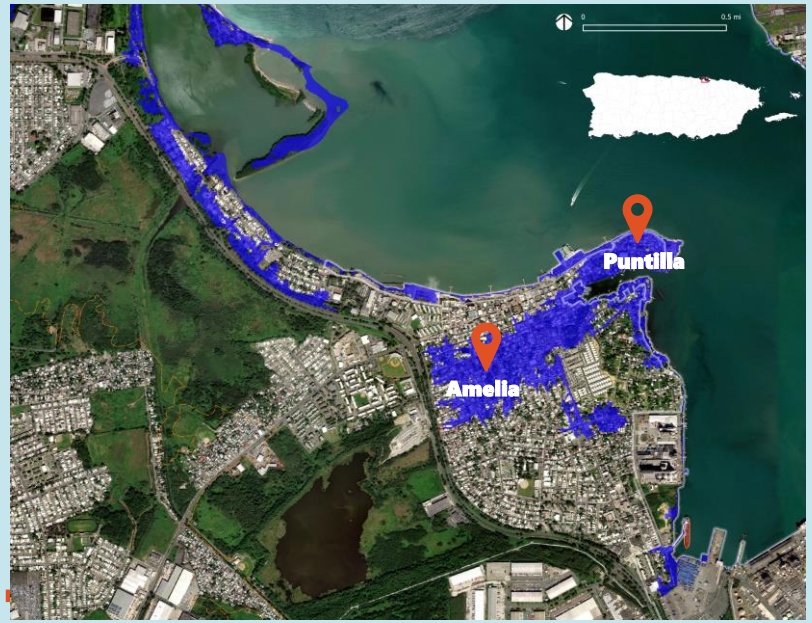
Según se observa en el mapa siguiente, municipios como Loíza, Ceiba, Cataño y Salinas tienen mayores extensiones de terrenos susceptibles a ser inundados ante el incremento de tres pies en el nivel del mar.

Mapa 7. Proporción de los terrenos de municipios costeros susceptibles al aumento en el nivel del mar de tres pies

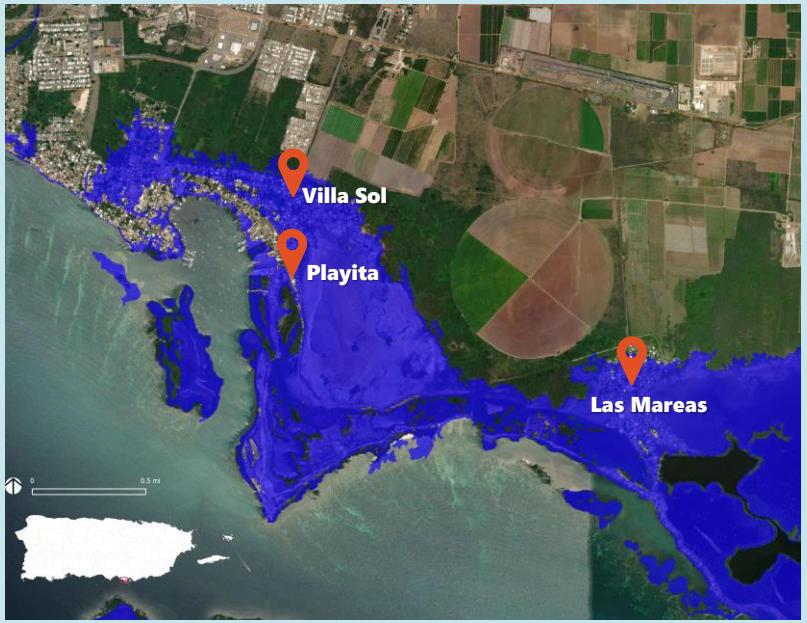


NOAA Coastal Services Center Sea Level Rise Data: Current Mean Higher High-Water Inundation Extent (3ft slr).

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. 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. 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. Múltiples comunidades costeras quedarían incomunicadas antes este escenario. Se estima que el 49.6% de la población del municipio vive bajo niveles de pobreza.

62%
Se encuentra en los municipios costeros

11%
Se encuentran dentro del límite interior de la zona costanera

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

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

1,607
Susceptibles a la erosión costera proyectada a 30 años

Estructuras en Puerto Rico

Las estructuras

De acuerdo con la información del Centro de Recaudaciones de Ingresos Municipales (CRIM), se estima que en Puerto Rico hay aproximadamente 884,866 estructuras, de las que el 62.1% se encuentran en municipios costeros y el 11.2% en la zona costanera.[7] Es importante aclarar que la capa de información del CRIM contiene las huellas de los edificios y no permite distinguir por tipo de estructuras o si están ocupadas o desocupadas. La misma incluye estructuras que pudieran ser edificios de vivienda multifamiliares y unifamiliares, comercios, e instituciones; pero también gazebos, entre otras. Sin embargo, esta información es importante para el análisis porque permite tener una idea de todo tipo de estructura existente en Puerto Rico que tiene el potencial de ser impactada por diversos riesgos costeros.

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). 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 intermedio de aumento en el nivel del mar de tres pies, se verían afectadas 5,934 estructuras en Puerto Rico.

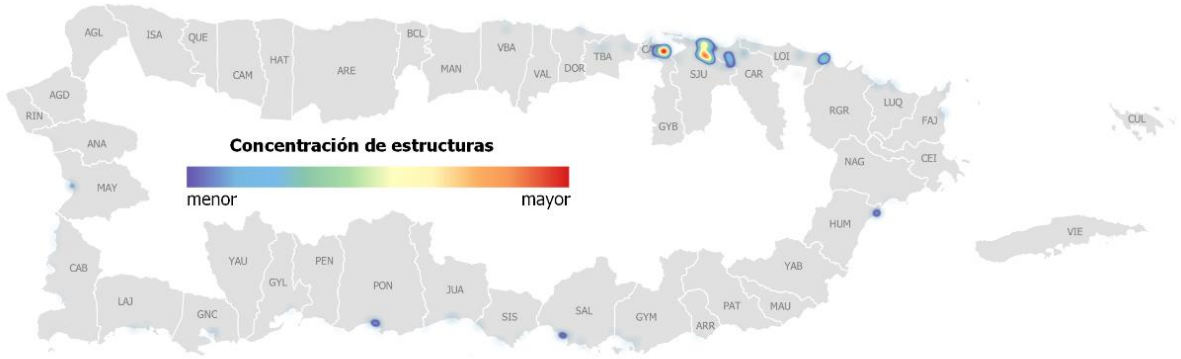
Mientras que actualmente hay 1,607 estructuras ubicadas en las áreas de erosión costera proyectada a 30 años y 2,150 en las áreas de erosión proyectada a 60 años.

Estructuras en riesgo

Mapa 8. Concentración de estructuras susceptibles a inundaciones costeras

Fuente: FEMA & JP. Mapas de niveles de inundación base recomendados & CRIM.

Mapa 9. Concentración de estructuras susceptibles al aumento en el nivel del mar



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

Viviendas

El 64.9% de las viviendas de 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 viviendas, respectivamente). El 65.1% de las viviendas en la zona costanera se encuentran ocupadas y el 35.0% se encuentran vacantes (ECPR 2012-2016).

Viviendas en riesgo

Se estima que en Puerto Rico unas 277,592 viviendas, con un valor estimado 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.

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, 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 8,181 viviendas ubicadas en las áreas susceptibles al aumento en el nivel del mar de dos pies, cuyo valor estimado es de $902 millones. Hay 14,570 viviendas ubicadas en áreas que serían permanentemente inundadas por un aumento en el nivel del mar de tres pies cuyo valor al presente es de $1,606 millones y 50,298 con un incremento de seis pies, con un valor agregado de $5,544 millones.

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

84,233
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 y AE costera)

$822
millones

811
Viviendas susceptibles a la erosión costera proyectada (30 años)

$89
millones

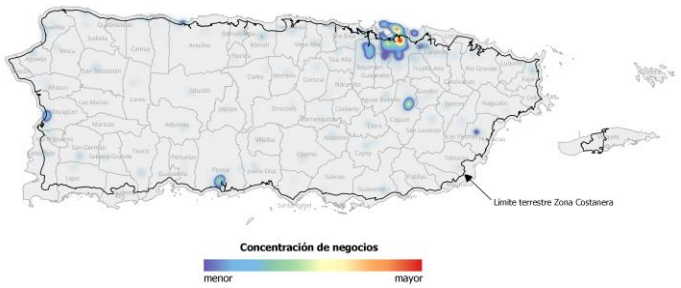
12,501
Viviendas susceptibles al aumento en el nivel del mar de tres pies

$1,378
millones

Negocios

Se estima que en Puerto Rico 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.

CONCENTRACIÓN DE NEGOCIOS EN PUERTO RICO (REGISTRADOS EN EL DUNS)



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, con un valor estimado 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. La cantidad de negocios podría incrementar a 36 en el periodo de 60 años, cuyo valor actual es de $157 millones.

Con el incremento en el nivel del mar de dos pies se afectarían 1,206 negocios en Puerto Rico, con un valor estimado en $4,460 millones. Incrementos de tres pies afectarían 1,123 negocios valorados en $4,882 millones. Mientras que, en el escenario de seis pies se afectarían 2,383 establecimientos en Puerto Rico, con un valor de $10,360 millones. Unos 1,444 negocios en los municipios costeros se ubican en las áreas a ser inundadas por un aumento de seis pies en el nivel del mar, con un valor de $6,278 millones y 1,309 en la zona costanera, con un valor de $5,691 millones.

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

2,613

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 y AE costera)

$ 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

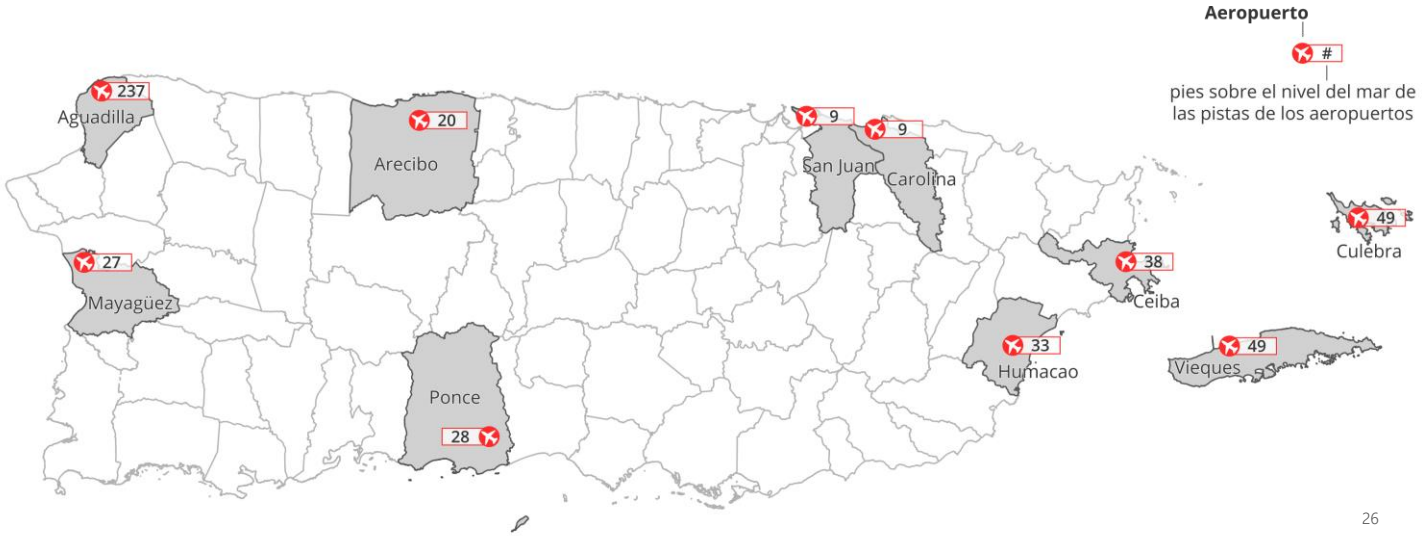
Aeropuertos

Los 10 aeropuertos principales en Puerto Rico se encuentran en los municipios costeros, de los que cuatro 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.

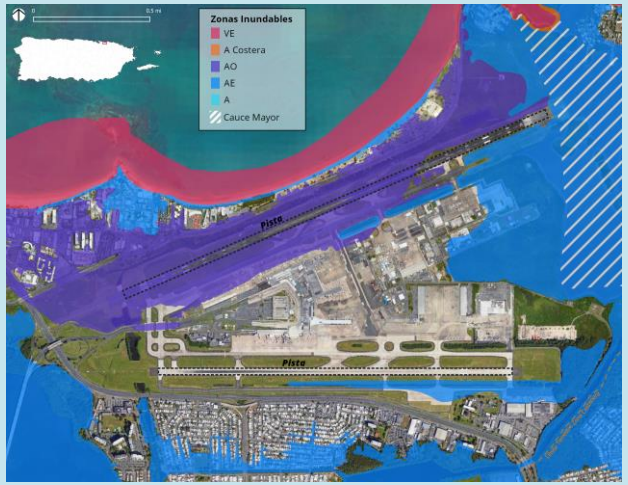
Actualmente las pistas de todos los aeropuertos, excepto el de Aguadilla y el de Vieques, se encuentran en áreas susceptibles a inundaciones costeras y/o ribereñas.[8]

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.

Mapa 10. Aeropuertos principales en Puerto Rico y altura sobre el nivel del mar

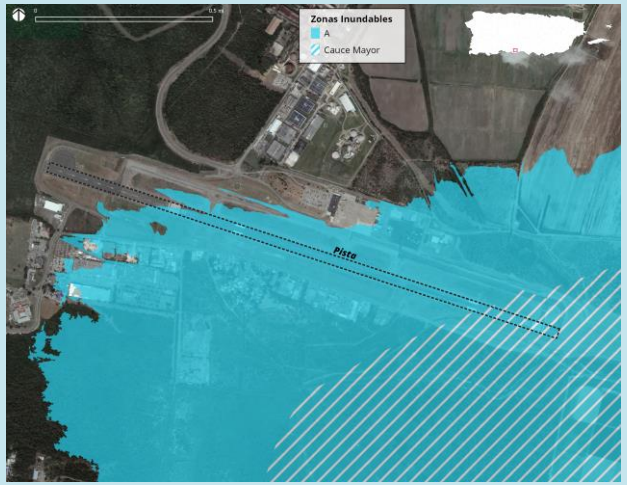


Susceptibilidad a inundaciones de los aeropuertos de Puerto Rico



Luis Muñoz Marín, Carolina

Isla Grande, San Juan



Mercedita, Ponce

Antonio Rivera Rodríguez, Arecibo

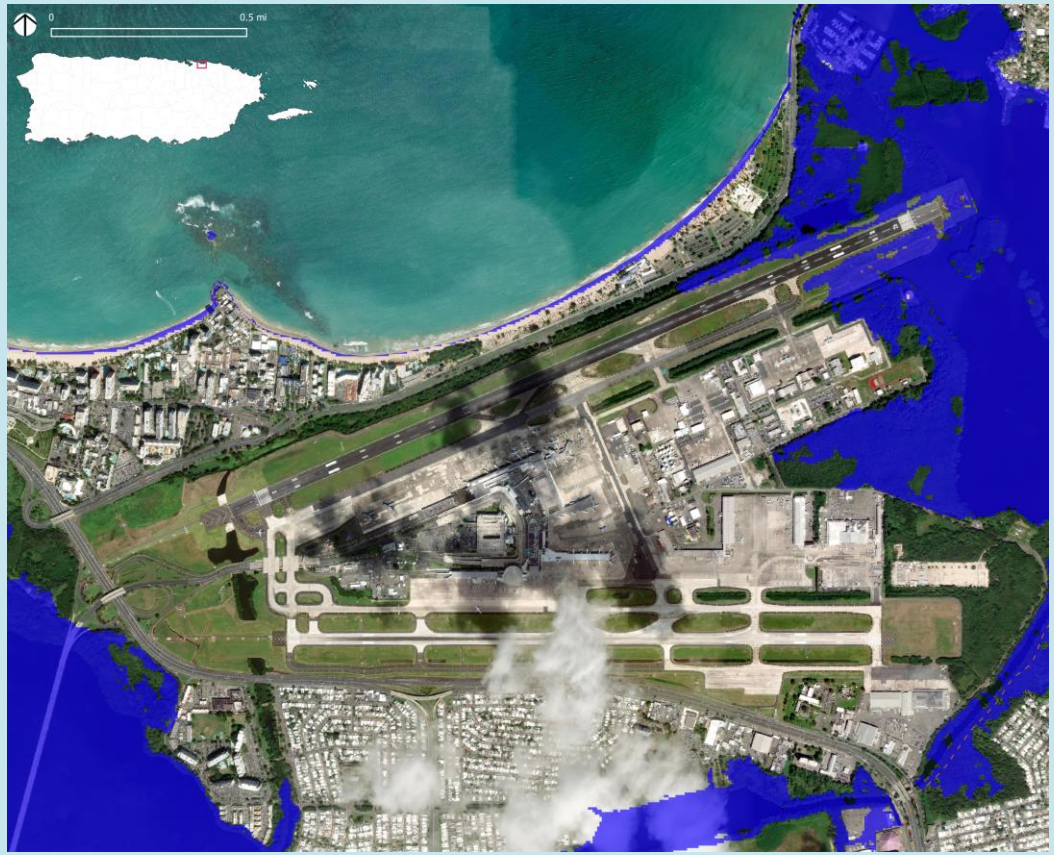
Eugenio Maria de Hostos, Mayagüez

Benjamín Rivera Noriega, Culebra

José Aponte de la Torre, Ceiba

Dr. Hermenegildo Ortiz Quiñones, Humacao

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

Puertos marítimos

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.

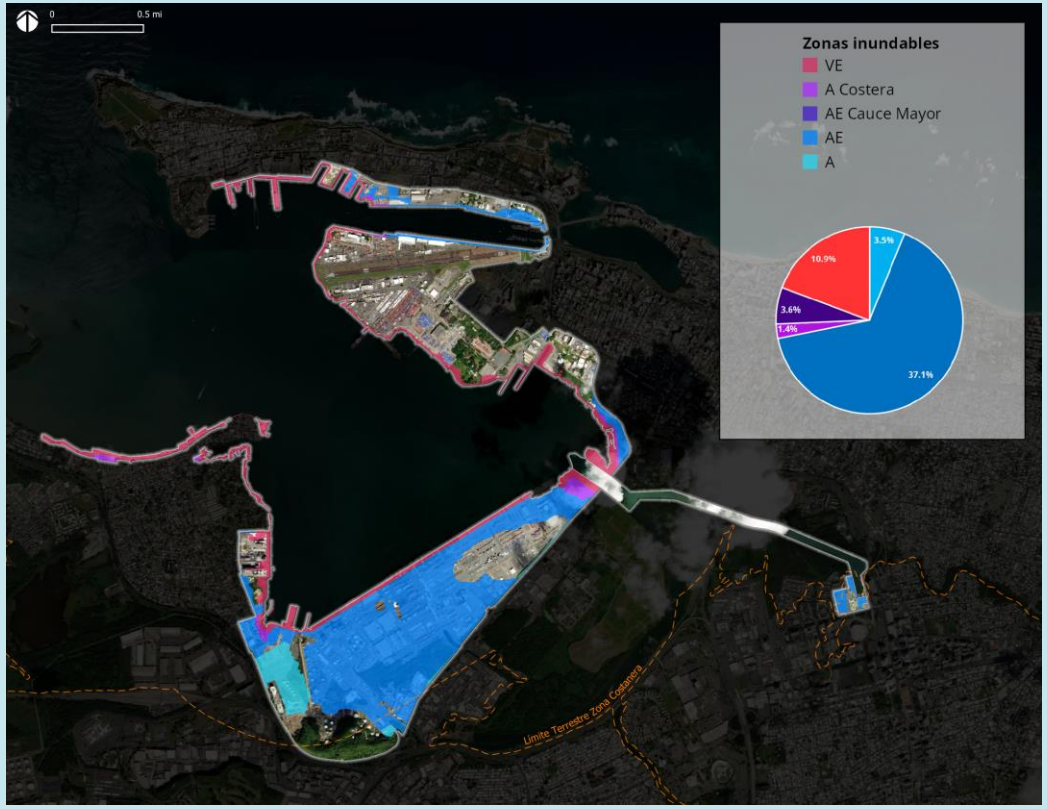
El Puerto de San Juan es el principal puerto de carga marítima de Puerto Rico. Por ella ingresan la mayoría de los bienes, incluyendo los alimentos que consumimos y los turistas que llegan en crucero. Para contextualizar la importancia del Puerto de San Juan, el mismo ocupaba en el 2016 la posición número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

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).

Se estima que más de la mitad (51.5%) del puerto es susceptible a inundaciones. Más del 10% de los terrenos son susceptibles a los efectos de la marejada ciclónica y el oleaje que se considera lo suficientemente significativo para causar daños a estructuras con cimientos bajos o de pared sólida.

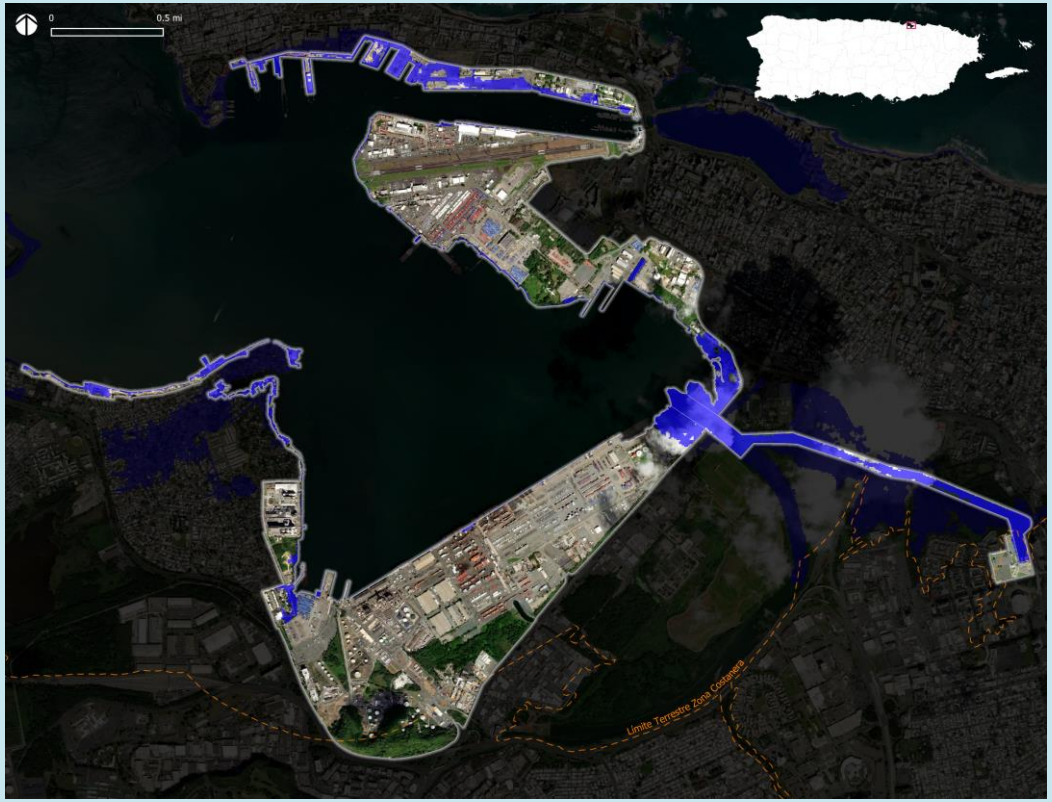
En un escenario de incremento en el nivel del mar de dos pies se impactaría al menos el cinco porciento de los terrenos que forman parte de la zona portuaria (74 cuerdas). Bajo tres pies se inundaría el 10% (125 cuerdas) y en el escenario de seis pies el 30% (410 cuerdas).

Zona portuaria de San Juan



Inundaciones costeras

Sobre el 12% 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%).



Aumento en el nivel del mar

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

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

Carreteras en Puerto Rico

Carreteras

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. San Juan, Ponce, Arecibo y Carolina son los municipios con la mayor cantidad de millas de carreteras (972.8 millas, 845.7 millas, 645.2, 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 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 de $15.8 millones.

Se estima que en Puerto Rico 64 millas de carreteras, con un valor de $50.2 millones se afectarían por un incremento en el nivel del mar de dos pies. En un escenario de tres pies se inundarían permanentemente 129 millas de carreteras, con un valor de $101.8 millones. Mientras que un aumento de seis pies en el nivel del mar inundaría 543 millas de carreteras con un valor de $427.6 millones.

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 y AE costera)

$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

13

En Puerto Rico

9

Se encuentran en los municipios costeros

7

Se encuentran dentro de la zona costanera

Plantas generatrices de energía

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, la cual 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 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 tienen un valor estimado de $1,192.2 millones.

Cabe destacar la susceptibilidad a la marejada ciclónica de los complejos de generación de energía eléctrica Aguirre, Costa Sur y Palo Seco.

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 dos pies es de $30.4 millones. En un escenario de tres pies, se inundaría infraestructura de energía valorada en $171.7, esto incluye las generatrices de AES en Guayama, el Complejo Aguirre, Costa Sur y Palo Seco. Mientras que con incrementos de seis pies se impactaría infraestructura de energía valorada en $404.7 millones.

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

$1,192 millones

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

$81 millones

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

$0.5 millones

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

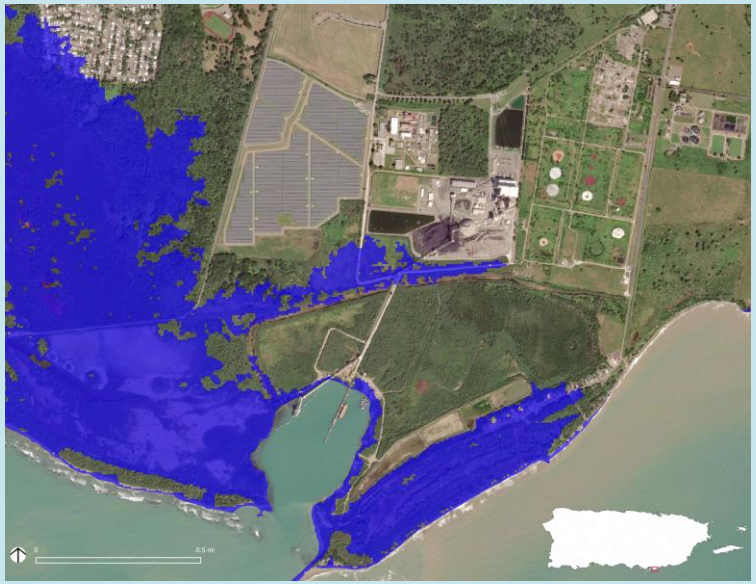
$112.6 millones

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

Inundación proyectada con el potencial de impactar las plantas generatrices ante un aumento en el nivel del mar de tres pies

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 alcantarillado

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 y una de cada diez en en la zona costanera.

Para realizar los estimados económicos asociados a la infraestructura de agua potable y residual 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 2 plantas de tratamiento de agua potable en la zona A cauce mayor; además de 31 estaciones de bomba y 7 tanques de almacenamiento de agua potable. Respecto a la infraestructura de aguas residuales, se identificaron 5 plantas de tratamiento en zona A cauce mayor y otras 2 en el cauce mayor de la Zona AE. Unas 8 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 ubicada en 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 dos y tres pies. Mientras que 11 estaciones de bomba de aguas residuales se ubican en áreas susceptibles a ser inundadas por el aumento de tres pies en el nivel del mar.

La infraestructura de agua potable y residual ubicadas en áreas susceptibles al aumento de dos pies en el nivel del mar tiene un valor de $8.2 millones, en las áreas de tres pies es de $19.6 millones y en la de seis pies, de $93 millones. Es importante recordar que estos estimados no consideran la tubería ubicada en estas áreas, por lo que el valor sería mayor.

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

$212
millones

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

$19.6
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

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, las cuales también se encuentran susceptibles a peligros naturales múltiples y a riesgos y estresores adicionales resultantes del cambio climático.

Se reitera nuevamente que la información espacial disponible para hacer estimados sobre el alcance geográfico de los impactos del cambio climático es limitada. 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.

Notas

1. 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.

2. 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.

3. 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.

4. 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.

5 Espacios abiertos desarrollados: Incluye áreas con una mezcla de materiales de construcción, pero mayormente vegetación en la forma de grama asociada a los patios. Por su parte, la 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.

6. Estos datos no incluye las áreas protegidas marinas como las extensiones marinas de las ANP o las reservas marinas.

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 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.

Referencias

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 Energía Eléctrica (2017). Estados Financieros Auditados 2016 [Tabla "Capital Assets"]

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]

Federal Emergency Management Agency. 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_SPANISH_2018.05.23.pdf

RSMeans (2019). Square Foot Costs with RS Means Data. Gordian.

US Bureau of Labor Statistics (2019). Quarterly Census of Employment and Wages.

Capas de información georreferenciadas:

Agua potable. w_treatment_plant; w_storage_tank; w_service_line; w_pump_statio'; w_network_structure; w_main; w_intake; w_hydrant; w_fitting; w_control_valve. Preparada por la Autoridad de Acueductos y Alcantarillado. s.f. Disponible a través de: http://geoserver.gis.pr.gov/geoserver/web/?wicket:bookmarkablePage=:org.geoserver.web.demo.MapPreviewPage

Airport. Preparada por la Autoridad de los Puertos. 2017. Disponible a través de: https://services.arcgis.com/85ZqtFFgqCh5li9K/arcgis/rest/services/pridco4/FeatureServer/2

Áreas Naturales Protegidas. Puerto Rico Natural Protected Areas (December 2016 Inventory). Preparado por The Caribbean Landscape Conservation Cooperative. 2016. Disponible a través de: https://caribbeanlcc.databasin.org/datasets/4db5a86ee415471f94b46e0975a1ae29. Actualizada por Estudios Técnicos, Inc.

Bomberos. Parques de Bombas. Preparado por la Junta de Planificación de Puerto Rico. 2015. Disponible a través de http://gis.jp.pr.gov/ArcGIS/rest/services/PUT/infraestructura/MapServer/4

Carreteras. USGS National Transportation Dataset (NTD) for Puerto Rico 20180523 State or Territory FileGDB 10.1 Preparada por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, en inglés). 2018. Disponible a través de: ftp://rockyftp.cr.usgs.gov/vdelivery/Datasets/Staged/Tran/GDB/TRAN_Puerto_Rico_State_GDB.zipuert

C-CAP Land Cover, Puerto Rico, 2010. Preparado por el Department of Commerce (DOC), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), National Ocean Service (NOS), Office for Coastal Management (OCM). 2010. Disponible a través de: https://coast.noaa.gov/dataviewer/#/imagery/search/where:ID=6201

Erosion 30yr Risk y Erosion 60yr Risk. Preparado por la Agencia Federal de Manejo de Emergencias (FEMA). 2018. Disponible a través de: http://cedd.pr.gov/fema/index.php/download/

Floodzone_02pct_Seamless & Floodzone_1pct_Seamless. Preparado por FEMA y JP. 2018. Disponible a través de: http://cedd.pr.gov/fema/index.php/download

Escuelas públicas. Preparado por el Departamento de Educación de Puerto Rico. 2017. Disponible a través de: https://data.pr.gov/Educaci-n/Directorio-Comprensivo-de-Escuelas-P-blicas-Puerto/gb92-58gc

Hospitales. Dotacional Salud Hospitales. Preparada por el Departamento de Salud de Puerto Rico. Disponible a través de: https://services.arcgis.com/85ZqtFFgqCh5li9K/arcgis/rest/services/pridco4/FeatureServer/3

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. Preparada por la Autoridad de Energía Eléctrica. s.f. Disponible a través de: https://services.arcgis.com/85ZqtFFgqCh5li9K/arcgis/rest/services. Datos sobre líneas de transmisión fueron actualizados en el 2017.

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

Parcelario y estructuras. Preparado por el Centro de Recaudaciones de Ingresos Municipales (CRIM). Más reciente. Encontrado a través de: http://crimpr.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=e07b6c46a90b4f7090173d7f9f4b68b3

Población y sus características. Preparado por Negociado del Censo de los EE.UU., Encuesta sobre la Comunidad de Puerto Rico del 2012 al 2016. Disponible a través de: https://factfinder.census.gov/faces/nav/jsf/pages/searchresults.xhtml?refresh=tEstructuras-Costo

Policía. Cuarteles y comandancias. Preparado por la Autoridad de Edificios Públicos. 2016. Disponible a través de: https://data.pr.gov/Desarrollo-e-Infraestructura/Cuarteles-y-Comandancias/rjqi-csd2

Puerto de San Juan. Preparado por: Junta de Planificación de PR. 2017.Disponible a través de : https://services.arcgis.com/85ZqtFFgqCh5li9K/arcgis/rest/services/ports_08162017/FeatureServer/0

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. Preparada por la Autoridad de Acueductos y Alcantarillado. s.f. Disponible a través de: http://geoserver.gis.pr.gov/geoserver/web/?wicket:bookmarkablePage=:org.geoserver.web.demo.MapPreviewPage

Valles agrícolas. Conservación Valles Agrícolas. Preparada por la Junta de Planificación y el Departamento de Agricultura. s.f. Disponible a través de: http://geoserver.gis.pr.gov/geoserver/web/?wicket:bookmarkablePage=:org.geoserver.web.demo.MapPreviewPageCobertura de suelos

Fotos: Estudios Técnicos, Inc.: Cristina Vargas Marquez, Kevin González Toro, Wanda I. Crespo

Anejos

Anejo 1.

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 residuals, 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 2.

Resultados de los ejercicios de valoración

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

Valor de la infraestructura residencial en riesgo por 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	2 pies	8,181	$902	8,146	$898	7,271	$801
	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

Valor de la infraestructura comercial e industrial en riesgo por 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	2 pies	1,026	$4,460	106	$461	106	$461
	3 pies	1,123	$4,882	199	$865	195	$848
	6 pies	2,383	$10,360	1,444	$6,278	1,309	$5,691

Valor de la infraestructura vial en riesgo por 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)	millas de carreteras	Kilómetros de carreteras	Valor ($ millones)
Inundación costera y ribereña	Zona A	2,557.6	$1,908.00	1,563	$1,166.10	493	306.335903	$228.50
	Cauce Mayor	556	$412.10	475	$351.70	139	86.370569	$64.10
	Zona AE	479	$358.10	395	$295.00	568	352.938728	$263.60
	Zona A costera	46	$33.10	46	$33.10	68	42.253228	$30.60
	Zona A costera- cauce mayor	3	$2.40	3	$2.40	5	3.106855	$2.40
	Cauce mayor	35	$26.70	35	$26.70	52	32.311292	$24.80
	Zona AO	45	$35.20	45	$35.20	41	25.476211	$19.80
	Zona VE	83	$56.60	79	$53.80	119	73.943149	$50.50
	Zona X*	613	$468.30	451	$344.80	298	185.168558	$141.70
Erosión costera proyectada	30 años	6	$4.50	6	$4.50	9	5.592339	$4.50
	60 años	20	$15.80	20	$15.80	32	19.883872	$15.80
Aumento en el nivel del mar	2 pies	64	$50.20	60	$47.00	88	54.680648	$43.00
	3 pies	129	$101.80	125	$98.40	176	109.361296	$86.10
	6 pies	543	$427.60	537	$423.00	684	425.017764	$334.60

Valor de la infraestructura de AEE en riesgo por 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	2 pies	$30.4	$26.2	$25.1
	3 pies	$171.7	$114.7	$112.6
	6 pies	$404.7	$317.5	$306.5

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	2 pies	5	$8.2	5	$8.2	5	$8.2
	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 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	2 pies	$801	$461	$40.7	$25.1	$8.2
	3 pies	$1,378	$848	$81.6	$112.6	$19.6
	6 pies	$4,473	$5,691	$317.3	$306.5	$86.5

Preparado por

Estudios Técnicos, Inc.
787-751-1675
www.estudiostecnicos.com