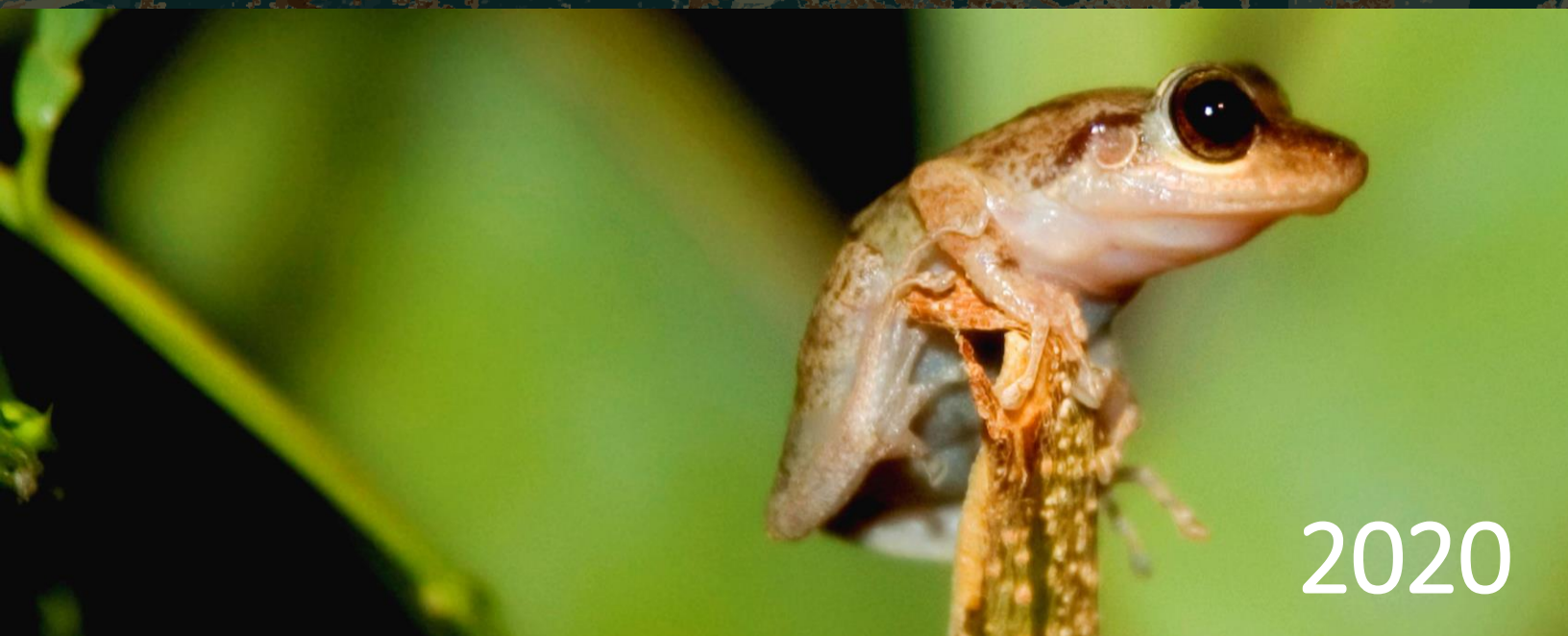




EVALUACIÓN DE RESILIENCIA COSTERA DE PUERTO RICO



2020

Greg Dobson, Ian Johnson, Kim Rhodes

*Centro Nacional de Modelado y Análisis Ambiental (NEMAC)
de la Universidad de Carolina del Norte en Asheville*

Kristen Byler

Fundación Nacional de Pesca y Vida Silvestre

Bridget Lussier

*Lynker, en contrato con la Oficina para la Administración
Costera de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA)*



NEMAC
NATIONAL ENVIRONMENTAL
MODELING & ANALYSIS CENTER



INFORMACIÓN IMPORTANTE/EXENCIÓN DE RESPONSABILIDAD: Este informe representa una Evaluación de Resiliencia Costera Regional que se puede utilizar para identificar lugares en el paisaje para los esfuerzos de desarrollo de resiliencia y las acciones de conservación a través de la comprensión de las amenazas de inundación costera, la exposición de las poblaciones y la infraestructura para esas amenazas, y la presencia de hábitats adecuados para peces y vida silvestre. Al igual que con todos los datos de observación remota o disponibilidad pública, todas las características deben verificarse con una visita al sitio, ya que las ubicaciones de paisajes adecuados, de áreas bajo amenaza de inundación y de activos comunitarios son aproximadas. Los datos, mapas y análisis provistos deben usarse únicamente como recurso de evaluación para propósitos de decisiones administrativas. Este informe se debe usar estrictamente como una herramienta de referencia de planificación y no para permisos u otros fines legales.

Los resultados y conclusiones científicos, así como cualquier punto de vista u opinión expresados en el presente, son de los autores y no deben interpretarse como una representación de las opiniones o políticas del Gobierno de EE. UU. o de los socios de la Fundación Nacional de Pesca y Vida Silvestre. La mención de nombres comerciales o productos comerciales no constituye su respaldo por parte del Gobierno de EE. UU. o de la Fundación Nacional de Pesca y Vida Silvestre o sus fuentes de financiación.

EXENCIÓN DE RESPONSABILIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN NACIONAL OCEÁNICA Y ATMOSFÉRICA: Los resultados y conclusiones científicas, así como cualquier punto de vista u opinión expresados en el presente, son los del autor o autores y no reflejan necesariamente aquellos de la NOAA o del Departamento de Comercio.

Cita sugerida: Dobson, J.G., Johnson, I.P., Rhodes, K.A., Lussier, B.C. y Byler, K.A. (2020) Evaluación de Resiliencia Costera de Puerto Rico. Centro Nacional de Modelado y Análisis Ambiental de la Universidad de Carolina del Norte en Asheville. Preparado para la Fundación Nacional de Pesca y Vida Silvestre. Acceso en línea: <https://www.nfwf.org/programs/national-coastal-resilience-fund/regional-coastal-resilience-assessment>.

Informe de imágenes de portada: Costa del Viejo San Juan, Puerto Rico (arriba); coqui (abajo)

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
GLOSARIO DE TÉRMINOS RELEVANTES	ii
RESUMEN EJECUTIVO	iii
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Puerto Rico	1
1.2 Descripción general de las Evaluaciones de Resiliencia Costera Regional	2
MÉTODOS	4
2.1 Introducción	4
2.2 Área de estudio	4
2.3 Recopilación de datos y participación de las partes interesadas	5
2.4 Creación del Índice de Exposición Comunitaria	6
2.5 Creación del Índice de Peces y Vida Silvestre	8
2.6 Creación de los Centros de Resiliencia	10
RESULTADOS	14
3.1 Índice de Exposición Comunitaria	14
3.2 Índice de Peces y Vida Silvestre	17
3.3 Análisis del Centro de Resiliencia	20
3.4 Herramienta de evaluación y emplazamiento de resiliencia costera	23
CASO PRÁCTICO	24
4.1 Aumento de la resiliencia local a través de la restauración de dunas	24
CONCLUSIÓN	29
5.1 Resumen y conclusiones clave	29
5.2 Trabajo futuro	29
REFERENCIAS	30
APÉNDICE	32

AGRADECIMIENTOS

Financiadores

Las Evaluaciones de Resiliencia Costera Regional fueron contratadas por la Fundación Nacional de Pesca y Vida Silvestre (NFWF) y financiadas por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) y llevadas a cabo en asociación con esta.

Equipo del proyecto y socios

Fundación Nacional de Pesca y Vida Silvestre	Kristen Byler, Kaity Goldsmith, Chris Burdett, Mike Laguna
Centro Nacional de Modelado y Análisis Ambiental	Greg Dobson, Ian Johnson, Kim Rhodes, Dave Michelson, Matthew Geiger
Estudiantes de internado del Centro Nacional de Modelado y Análisis Ambiental	Lindsey Nystrom, Anitra Griffin
Administración Nacional Oceánica y Atmosférica:	Bridget Lussier*, Elaine Vaudreuil, Laura Petes, Julia Royster, Janine Harris

Comité Asesor

Sistema Integrado de Observación de la Costa y el Océano del Caribe	Julio Morell
Administración Nacional Oceánica y Atmosférica:	Jose Rivera, Rob Ferguson**
Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico	Ernesto Díaz
Servicio de Pesca y Vida Silvestre de EE. UU.	Iván Llerandi-Román

También queremos agradecer al Equipo de Estudio de la Costa del Atlántico Sur del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, CDM Smith, el Programa de Conservación de Arrecifes de Coral de la NOAA, la Universidad de Puerto Rico en Aguadilla y los numerosos asistentes del taller para partes interesadas, por contribuir información valiosa, datos, experiencia técnica y otros tipos de apoyo.

**Contratista con Lynker Technologies*

***Contratista con CSS*

GLOSARIO DE TÉRMINOS RELEVANTES

El análisis se desarrolló en cumplimiento de los siguientes términos y sus definiciones adaptadas del Kit de herramientas de resiliencia climática de EE. UU. y la NFWF.

Término	Definición
Amenaza	Un evento o condición que puede causar lesiones, enfermedades o la muerte de personas o daños a los activos.
Capacidad adaptativa	La capacidad de una persona o sistema para adaptarse a un factor estresante, aprovechar las nuevas oportunidades o hacer frente al cambio.
Características basadas en la naturaleza	Características que pueden imitar rasgos de las características naturales, pero que son creadas por seres humanos mediante el diseño, la ingeniería y la construcción para brindar servicios específicos como la reducción de riesgos costeros (Bridges 2014).
Características naturales	Características de paisaje que se crean y evolucionan con el tiempo a través de las acciones de procesos físicos, biológicos, geológicos y químicos que operan en la naturaleza (Bridges 2014).
Exposición	La presencia de personas, activos y ecosistemas en lugares donde podrían verse afectados negativamente por peligros.
Impactos	Efectos en los sistemas naturales y humanos que resultan de los peligros. La evaluación de los posibles impactos es un paso crítico para evaluar la vulnerabilidad.
Resiliencia	La capacidad de una comunidad, negocio o entorno natural para prevenir, soportar, responder y recuperarse de una interrupción.
Riesgo	El posible costo total si algo de valor se daña o se pierde, considerado junto con la probabilidad de que se produzca esa pérdida. El riesgo se evalúa a menudo como la probabilidad de que ocurra un peligro multiplicado por la consecuencia que resultaría si ocurriera.
Sensibilidad	El grado en que un sistema, una población o un recurso es o podría verse afectado por los peligros.
Servicios del ecosistema	Beneficios que los humanos reciben de los sistemas naturales.
Soluciones basadas en la naturaleza	Acciones para proteger, manejar la sostenibilidad y restaurar ecosistemas naturales o modificados, que abordan los desafíos sociales de manera efectiva y adaptativa, y a la vez ofrecen beneficios para el bienestar humano y la biodiversidad (UICN).
Vulnerabilidad	La propensión o predisposición de los activos a verse afectados negativamente por los peligros. La vulnerabilidad abarca la exposición, la sensibilidad, los posibles impactos y la capacidad adaptativa.

RESUMEN EJECUTIVO

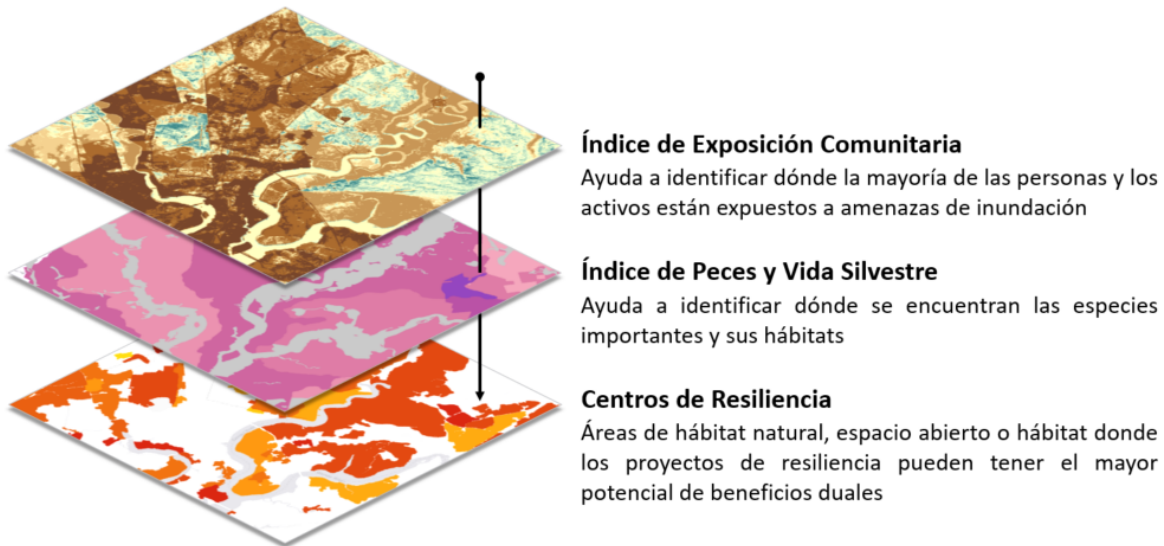
Las comunidades costeras en los Estados Unidos se enfrentan a graves amenazas actuales y futuras de los acontecimientos naturales, y se prevé que estos acontecimientos se intensifiquen a corto y largo plazo. Los procesos dinámicos como la erosión costera, las inundaciones por marejadas ciclónicas y la escorrentía fluvial exacerban la amenaza del aumento del nivel del mar. Los huracanes intensos y las inundaciones extremas tienen el potencial de devastar comunidades humanas y hábitats de peces y vida silvestre, como se ha visto en los últimos años en todo el Caribe. Recientemente, Puerto Rico ha experimentado numerosos huracanes consecutivos y otros acontecimientos importantes de tormentas que han dejado a las comunidades expuestas a efectos graves y devastadores de las inundaciones costeras. A medida que las comunidades comienzan a reconstruirse, los responsables de la toma de decisiones necesitan herramientas y recursos que permitan el apoyo a la toma de decisiones basada en datos en un esfuerzo por maximizar las oportunidades de financiamiento disponibles y otras necesidades de planificación.

La Evaluación de Resiliencia Costera de Puerto Rico tiene como objetivo apoyar decisiones eficaces para ayudar a desarrollar resiliencia en las comunidades que se enfrentan a amenazas relacionadas con las inundaciones. La Fundación Nacional de Pesca y Vida Silvestre (NFWF), en asociación con la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA), se compromete a apoyar programas y proyectos que mejoren la resiliencia reduciendo la vulnerabilidad de las comunidades a las tormentas costeras, el aumento del nivel del mar y las inundaciones a través del fortalecimiento de los ecosistemas naturales y los hábitats de peces y vida silvestre que sustentan.

Esta Evaluación de Resiliencia Costera basada en el sistema de información geográfica (SIG) combina datos espaciales relacionados con el uso de la tierra, áreas protegidas, activos de la comunidad humana, amenazas de inundación y recursos de peces y vida silvestre con el fin de identificar y priorizar los Centros de Resiliencia (consulte la figura a continuación). Los Centros de Resiliencia son grandes áreas de hábitat o espacio natural y abierto donde, si se realizan inversiones en conservación o restauración, existe la posibilidad de mejorar la resiliencia de la comunidad humana y los beneficios para los hábitats y las especies de peces y vida silvestre.

OBJETIVO: EVALUACIONES DE RESILIENCIA COSTERA REGIONAL

Identificar áreas en el paisaje donde la implementación de características naturales y basadas en la naturaleza puede maximizar los beneficios duales para la *resiliencia de la comunidad humana y los peces y la vida silvestre*

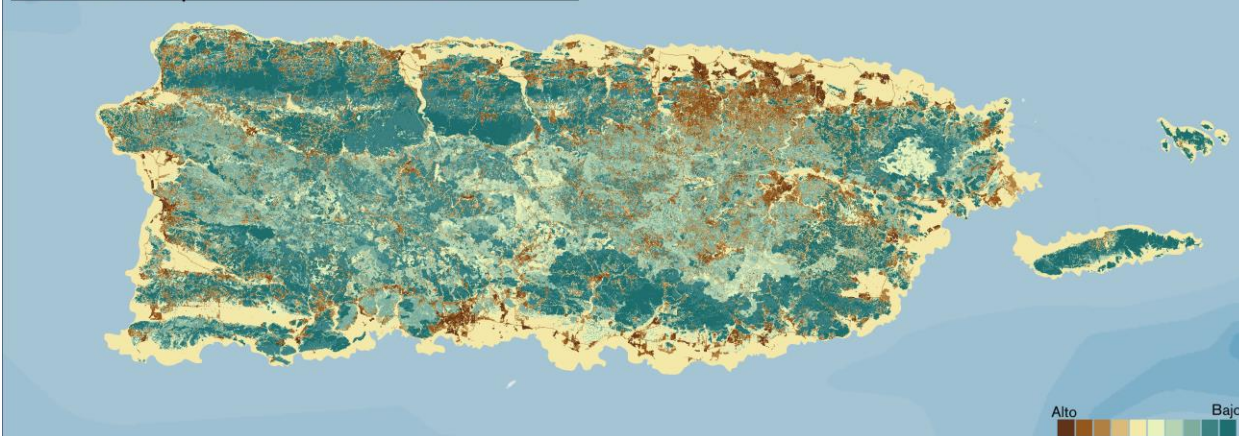


La Evaluación identificó áreas en todo Puerto Rico que no solo están expuestas a una serie de amenazas relacionadas con inundaciones costeras, sino que también contienen mayores concentraciones de activos comunitarios. Además, mediante el desarrollo de modelos de extensión e idoneidad del hábitat, el análisis identificó áreas marinas terrestres y cercanas a la costa con importantes recursos de peces y vida silvestre. En conjunto, la Evaluación reveló áreas naturales de espacio abierto y hábitat ideales para la implementación de proyectos de resiliencia que pueden ser capaces de sustentar tanto a las personas como a la vida silvestre de Puerto Rico. Los principales productos de mapeo de la Evaluación de Puerto Rico se muestran a continuación.

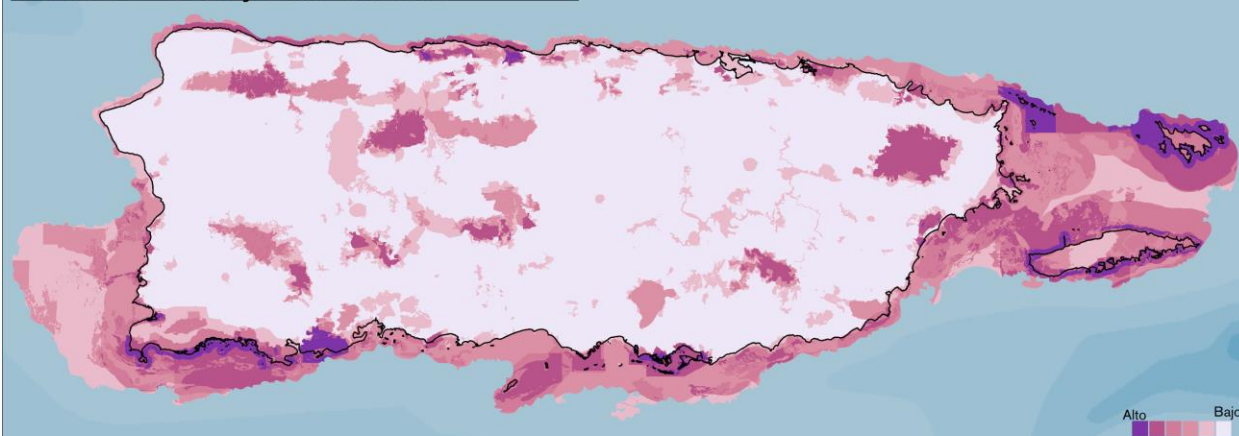
Los planificadores comunitarios locales, especialistas en conservación y demás pueden usar los resultados de la Evaluación de Puerto Rico para ayudar a tomar decisiones informadas sobre el potencial de los proyectos de restauración, conservación o resiliencia para aportar beneficios duales tanto para las comunidades humanas como para los peces y la vida silvestre.

Este informe de Evaluación de Resiliencia Costera de Puerto Rico presenta un debate detallado sobre los datos y métodos utilizados para los tres análisis (Exposición Comunitaria, Peces y Vida Silvestre, y Centros de Resiliencia), resultados regionales y casos prácticos. Además de los resultados presentados en este informe, la NFWF ha desarrollado la Herramienta de Evaluación y Emplazamiento de Resiliencia Costera (CREST), una herramienta web basada en SIG adjunta que permite a los usuarios ver, descargar e interactuar con la información y los resultados de esta evaluación (disponible en resilientcoasts.org).

Índice de Exposición Comunitaria



Índice de Peces y Vida Silvestre



Centros de Resiliencia



Índice de Exposición Comunitaria final (arriba), Índice de Peces y Vida Silvestre (centro) y los Centros de Resiliencia (abajo) para la Evaluación de Resiliencia Costera de Puerto Rico. Los valores más altos representan áreas donde mayores concentraciones de activos están expuestos a amenazas de inundación (Índice de exposición comunitaria), áreas donde se encuentran numerosas especies importantes y sus hábitats (Índice de peces y vida silvestre), o áreas donde los proyectos de resiliencia pueden tener el mayor potencial para beneficiar tanto a las comunidades humanas como a la vida silvestre (Centros de Resiliencia).

INTRODUCCIÓN

1.1 Puerto Rico

Con más de 480 kilómetros (300 millas) de costa, muchas comunidades en todo Puerto Rico están altamente expuestas a una variedad de amenazas relacionadas con las inundaciones costeras, que pueden tener efectos devastadores, particularmente en áreas densamente pobladas. La alta densidad de población de Puerto Rico y el desarrollo concentrado a lo largo de la costa hacen que muchas comunidades sean altamente vulnerables a los peligros costeros. Aunque las áreas costeras se enfrentan a una amplia variedad de amenazas de inundación, las comunidades del interior no son inmunes a los peligros relacionados con las inundaciones, especialmente en lo que se refiere a los eventos de precipitación intensa y las inundaciones fluviales o repentinas. Además, los efectos de las inundaciones costeras a menudo se exacerban cuando se combinan con fuertes precipitaciones en el interior, lo que sugiere que los esfuerzos para aumentar la resiliencia deberían considerar los beneficios de un enfoque holístico de toda la isla (Bush et al. 2009).

Las amenazas de inundaciones locales van desde tormentas costeras y huracanes hasta la amenaza a largo plazo de los niveles crecientes del mar. Las inundaciones compuestas asociadas con acontecimientos múltiples, simultáneos o secuenciales de lluvias intensas y tormentas costeras pueden afectar significativamente tanto a las comunidades costeras como a las del interior. Por ejemplo, en 2017, los huracanes Irma y María causaron daños catastróficos en todo Puerto Rico. El huracán María es considerado uno de los peores huracanes que azotaron la isla en 80 años, causando una pérdida total de electricidad en toda la isla y resultando en más de \$90 mil millones en daños (Pasch et al. 2019). El huracán de categoría cuatro tocó tierra cerca de Yabucoa el 20 de septiembre de 2017, lo que resultó en inundaciones costeras extremas e inundaciones repentinas del interior asociadas con fuertes lluvias. Tres años después de la tormenta, gran parte de Puerto Rico sigue recuperándose.

En respuesta a los huracanes y otras tormentas de 2017, se iniciaron numerosos esfuerzos a nivel nacional y territorial para comprender mejor las amenazas, necesidades, brechas y enfoques basados en la naturaleza que podrían aplicarse para ayudar a desarrollar la resiliencia en Puerto Rico. Tales esfuerzos incluyen, entre otros, los resultados de la Comisión Asesora para un Puerto Rico Resiliente (Puerto Rico Resiliente 2018) y la Evaluación Nacional del Clima de EE. UU. (USGCRP 2018). Estos estudios son fundamentales para ayudar a las comunidades a comprender, responder y prepararse para futuras tormentas. Además de estos estudios, varias reuniones y talleres recientes han progresado hacia la planificación y aplicación de la infraestructura gris y verde diseñada para responder a la amenaza de inundaciones y tormentas. En agosto de 2019, la NOAA organizó talleres de partes interesadas en San Juan centrados en la infraestructura verde y la planificación de la adaptación¹. En un esfuerzo de planificación amplio y continuo, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos también organizó un taller reciente en San Juan en octubre de 2019 para obtener comentarios de las partes interesadas y promover el Estudio de la Costa del Atlántico Sur². Para permitir una participación amplia y coordinada de las partes interesadas, el taller incluyó una sesión especial enfocada en esta Evaluación de Resiliencia Costera de Puerto Rico.

A medida que Puerto Rico toma medidas para reducir su exposición y planificar un futuro más resiliente, los recursos como esta Evaluación de Resiliencia Costera de Puerto Rico pueden equipar a los responsables de la toma de decisiones y a las partes interesadas con herramientas e información valiosas para ayudarlos a planificar mejor para futuras inundaciones y tormentas. Esta Evaluación presenta un marco para un enfoque holístico que incluye no solo considerar la resiliencia de la comunidad humana, sino el hábitat de los peces y la vida silvestre.

¹ Hay disponible información relacionada con la NOAA en el Taller de partes interesadas del Caribe [aquí](#).

² Para obtener información sobre el Estudio de la Costa del Atlántico Sur, visite <https://www.sad.usace.army.mil/SACS/>.

1.2 Descripción general de las Evaluaciones de Resiliencia Costera Regional

La Fundación Nacional de Pesca y Vida Silvestre (NFWF) y la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) se comprometen a apoyar programas y proyectos que mejoren la resiliencia comunitaria reduciendo la vulnerabilidad de las comunidades a las tormentas costeras, el aumento del nivel del mar y las inundaciones a través del fortalecimiento de los ecosistemas naturales y el hábitat de peces y vida silvestre que sustentan. En respuesta a las crecientes amenazas de inundaciones costeras, la NFWF contrató al Centro Nacional de Modelado y Análisis Ambiental (NEMAC) de la Universidad de Carolina del Norte en Asheville con el fin de desarrollar una evaluación para identificar áreas costeras que son ideales para la implementación de soluciones basadas en la naturaleza que desarrollan tanto la resiliencia de la comunidad humana como el hábitat de peces y vida silvestre. Las Evaluaciones de Resiliencia Costera Regional resultantes (denominadas de aquí en adelante “Evaluaciones Regionales” o “Evaluaciones”) tienen como objetivo identificar y clasificar las áreas de espacio abierto y los núcleos de hábitat donde las inversiones específicas pueden implementar proyectos de desarrollo de resiliencia antes de que ocurran eventos devastadores e impacten a las comunidades circundantes.

La Evaluación de Resiliencia Costera de Puerto Rico es parte de un esfuerzo más amplio que busca evaluar la resiliencia regional para todas las costas de EE. UU. Las Evaluaciones Regionales ya se han completado para las costas del Atlántico, del Golfo de México y del Pacífico de los Estados Unidos, las Islas Vírgenes de EE. UU. y la Mancomunidad de las Islas Marianas del Norte. Se esperan evaluaciones adicionales para Samoa Americana, Guam, Hawái, Alaska y los Grandes Lagos (Figura 1).



Figura 1. La extensión geográfica de las Evaluaciones de Resiliencia Costera Regional en gris oscuro y la Evaluación de Puerto Rico en anaranjado. Todas las Evaluaciones Regionales se completarán para el año 2021. El mapa no está a escala.

La implementación estratégica de proyectos de resiliencia puede aumentar la capacidad de las comunidades y los hábitats circundantes para amortiguar y recuperarse después de tormentas costeras e inundaciones (Narayan et al. 2017). Los esfuerzos para desarrollar la resiliencia comienzan determinando la exposición de los activos de una comunidad a un peligro o una amenaza. Las Evaluaciones Regionales utilizan un enfoque basado en el sistema de información geográfica (SIG) para modelar las características del paisaje y sus posibles impactos

con el fin de identificar lugares en los Estados Unidos donde los activos están posiblemente expuestos a amenazas de inundación. Combina activos de la comunidad humana, amenazas de inundación y datos espaciales de recursos de peces y vida silvestre con el fin de identificar y clasificar los Centros de Resiliencia. Los Centros de Resiliencia son grandes áreas de hábitat o espacio natural y abierto donde, si se realizan inversiones en conservación o restauración, existe la posibilidad de mejorar la resiliencia de la comunidad humana y los beneficios para los hábitats y las especies de peces y vida silvestre.

Desde el punto de vista del modelado, las Evaluaciones Regionales constan de tres análisis separados pero interrelacionados: (1) el Índice de Exposición Comunitaria, (2) el Índice de Peces y Vida Silvestre y (3) los Centros de Resiliencia (Figura 2). Estos tres componentes hacen que estas Evaluaciones sean únicas porque analizan el potencial de resiliencia desde el punto de vista de las comunidades humanas y de la vida silvestre.

Específicamente, el Índice de Exposición Comunitaria puede guiar a los planificadores de uso de la tierra y mitigación de riesgos en la identificación de posibles limitaciones de desarrollo y mejorar la comprensión de los posibles riesgos para la infraestructura crítica y las poblaciones humanas. El Índice de Peces y Vida Silvestre puede informar dónde en el paisaje se encuentran especies y hábitats importantes. A continuación, los Centros de Resiliencia identifican espacios abiertos y hábitats adecuados para la implementación de proyectos que se espera que desarrollen la resiliencia de las comunidades ante las inundaciones, al tiempo que benefician a los peces y la vida silvestre.

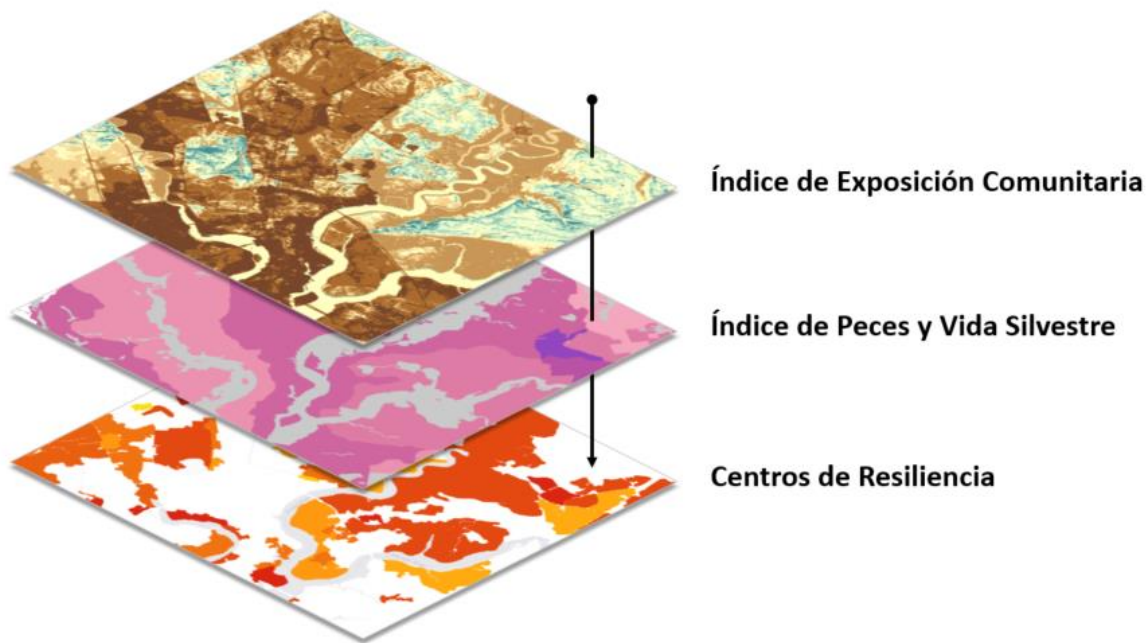


Figura 2. Un modelo conceptual muestra los componentes separados, pero interrelacionados, de las Evaluaciones de Resiliencia Costera Regional.

Si bien los Centros de Resiliencia son el resultado principal de las Evaluaciones Regionales, cada componente se puede utilizar individualmente o en combinación para ayudar a los planificadores comunitarios, especialistas en conservación, solicitantes de financiamiento y otros a tomar decisiones informadas sobre la capacidad de posibles proyectos de restauración, conservación o resiliencia para aportar beneficios duales tanto para la resiliencia de la comunidad humana como para las especies y hábitats de peces y vida silvestre.

MÉTODOS

2.1 Introducción

La base de las Evaluaciones de Resiliencia Costera Regional se basa en la investigación sobre vulnerabilidad costera esbozada en Gornitz et al. (1994). En el 2011, la Oficina de Administración Costera y el Departamento de Protección Ambiental de Nueva Jersey adaptaron esa investigación para evaluar las vulnerabilidades de peligros existentes y futuras a escala local (NJ-DEP 2011). Esta investigación fue fundamental para estructurar la información y la metodología de este análisis.

Las siguientes secciones presentan una breve descripción general de los métodos utilizados en la Evaluación de Resiliencia Costera de Puerto Rico (o Evaluación de Puerto Rico). Para obtener más detalles sobre la metodología general y las fuentes de datos comunes en todas las Evaluaciones de Resiliencia Costera Regional, consulte (Dobson et al. 2020). En la medida de lo posible, las Evaluaciones Regionales tienen por objeto utilizar la misma metodología y datos en todas las regiones. Sin embargo, dadas las características geográficas particulares de cada región y el hecho de que la disponibilidad de datos varía, se requirieron algunas modificaciones específicas a nivel regional. Además, dada la menor escala de Puerto Rico, el Comité Asesor recomendó que todo el modelado de SIG se completara con una resolución de 10 metros (30 pies) para que coincida mejor con la resolución común de los datos de entrada. En las secciones siguientes se analizan brevemente los cambios metodológicos pertinentes en el Índice de Exposición Comunitaria, el Índice de Peces y Vida Silvestre y los Centros de Resiliencia para Puerto Rico.

2.2 Área de Estudio

La Evaluación de Resiliencia Costera de Puerto Rico incluye la isla grande, así como las islas de Vieques y Culebra justo al este de la isla grande. La extensión del área de estudio se extiende en alta mar hasta el límite de profundidad de 30 metros (100 pies) de acuerdo con los datos de batimetría (Figura 3). Como se describe a continuación, se utilizó el límite de 30 metros (100 pies) de profundidad para el Índice de Peces y Vida Silvestre a fin de permitir la inclusión de hábitats marinos con el potencial para albergar una biodiversidad significativa. Sin embargo, en función de la recomendación de expertos técnicos, el análisis del Centro de Resiliencia solo consideró hábitats menores de 10 metros (30 pies) en profundidad, ya que se espera que los hábitats de aguas llanas brinden mayores beneficios de protección costera a través de la implementación de soluciones basadas en la naturaleza.

Puerto Rico es un archipiélago en la parte oriental de la región del Caribe, y el más pequeño de las Antillas Mayores. Varía geográficamente y tiene una variedad de ecosistemas, que consisten en bosques de alta elevación y pantanos costeros. Con una superficie total de casi 9,000 kilómetros cuadrados (3,435 millas cuadradas), es una isla densamente poblada con más de 3 millones de personas. La isla principal contiene más de 480 kilómetros (300 millas) de costa, la mayoría de los cuales son playas naturales.

Esta Evaluación es única en el sentido de que no solo tiene en cuenta la costa inmediata, como han hecho muchos otros estudios, sino que también se centra en las zonas interiores que a menudo pueden contribuir directamente a problemas relacionados con las inundaciones costeras. Por ejemplo, las intensas lluvias y las inundaciones fluviales que luego drenan directamente a la costa pueden exacerbar las inundaciones costeras. En todas las regiones, el límite de las Evaluaciones sigue las cuencas hidrográficas designadas por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos, que son cuencas hidrográficas que drenan directamente al océano y están representadas en un código de unidad hidrológica de ocho escalas (HUC-8)³. Para Puerto Rico, las

³ Según la Iniciativa de Humedales Costeros de la Agencia de Protección Ambiental: <https://www.epa.gov/wetlands/coastal-wetlands>.

cuencas hidrográficas HUC-8 cubren toda la isla; en consecuencia, el área de estudio también cubre la totalidad de cada isla (Figura 3).



Figura 3. El área de estudio de la Evaluación de Resiliencia Costera de Puerto Rico, incluyendo todas las áreas costeras e interiores de Puerto Rico, Vieques y Culebra. El límite de profundidad de 30 metros (100 pies) se muestra en negro.

2.3 Recopilación de datos y participación de las partes interesadas

El Equipo del Proyecto recopiló un conjunto inicial de datos de múltiples fuentes de datos nacionales y regionales, incluidos los datos de aumento del nivel del mar de la NOAA y los datos de llanuras de inundación de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA). Además de revisar las fuentes de datos disponibles públicamente, la Evaluación de Puerto Rico se basó en información significativa de partes interesadas locales y regionales para identificar e informar el uso de conjuntos de datos adicionales.

Para ayudar a guiar el proceso de Evaluación, el Equipo del Proyecto estableció un Comité Asesor compuesto por cinco miembros que representan a la NOAA, el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de EE. UU., el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico y el Sistema Integrado de Observación de la Costa y el Océano para el área del Caribe. El Comité Asesor se reunió periódicamente con el Equipo del Proyecto para:

1. brindar orientación al Equipo del Proyecto en los puntos clave de decisión de los análisis, incluidas las recomendaciones sobre los datos que se incluirán;
2. ayudar a identificar a otras partes interesadas locales dentro de agencias federales, gobiernos locales y territoriales, universidades, organizaciones no gubernamentales y otras para que brinden información que aporte al desarrollo de la Evaluación de Puerto Rico; y
3. asesorar sobre productos y herramientas finales, incluyendo la difusión eficaz de los resultados.

Con el aporte del Comité Asesor y basándose en la recopilación inicial de datos, el Equipo del Proyecto organizó un taller para permitir que las partes interesadas locales revisaran y presentaran información sobre los productos preliminares de la Evaluación de Puerto Rico. El Taller de Partes Interesadas de Puerto Rico se llevó a cabo el 7 de octubre de 2019 en San Juan en el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, junto con el Taller del Estudio de la Costa del Atlántico Sur del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos. Más de 30 personas asistieron al taller, ayudando al Equipo del Proyecto a:

1. identificar características geográficas, amenazas de inundaciones, factores culturales y socioeconómicos, y consideraciones adicionales que son exclusivas de la región;
2. identificar, recopilar y utilizar adecuadamente conjuntos de datos de SIG relacionados con amenazas de inundación, activos comunitarios y especies y hábitats;

3. presentar referencias e información de contacto para expertos adicionales que puedan aportar datos o conocimientos al esfuerzo; y
4. obtener la aceptación general del proceso de la Evaluación y solicitar formas en las que puede ser utilizado por las partes interesadas locales en Puerto Rico.

Los participantes revisaron los borradores de mapas y fuentes de datos, y brindaron comentarios y recomendaciones importantes para mejorar los análisis.

Tras el taller de partes interesadas, el Equipo del Proyecto se volvió a reunir con el Comité Asesor para evaluar las aportaciones, comentarios y sugerencias presentados durante el taller y determinar qué contenido y datos incorporar en los productos revisados. A continuación, NEMAC hizo un seguimiento individual con los miembros del Comité y otras partes interesadas clave para seguir analizando los datos y la metodología conforme sea necesario. Los resultados finales de la Evaluación de Puerto Rico fueron revisados por el Comité Asesor y compartidos con las partes interesadas locales a través de un seminario web público.

2.4 Creación del Índice de Exposición Comunitaria

El Índice de Exposición Comunitaria se creó combinando el Índice de Amenazas y el Índice de Activos Comunitarios, que representan la distribución espacial de la posible exposición de los activos a amenazas de inundación (Figura 4). La siguiente ecuación calcula la exposición:

$$\text{Índice de Amenazas} \times \text{Índice de Activos Comunitarios} = \text{Índice de Exposición Comunitaria}$$

Para contemplar los conjuntos de datos y necesidades locales, el siguiente texto describe los métodos específicos utilizados para la Evaluación de Puerto Rico. Puede encontrar una lista completa de los conjuntos de datos incluidos para la Evaluación de Puerto Rico en el [Apéndice A](#). Consulte el [Apéndice D](#) para obtener una descripción de la metodología utilizada para calcular el Índice de Exposición Comunitaria para Puerto Rico.



Figura 4. Elementos del Índice de Amenazas y el Índice de Activos Comunitarios utilizados para crear el Índice de Exposición Comunitaria.

2.4.1 Índice de Amenazas

Los conjuntos de datos relacionados con las inundaciones se utilizan para ayudar a las comunidades a comprender qué tipo de amenazas están posiblemente presentes en su área. Aunque pueden existir otras amenazas, para los fines de este análisis solo se incluyeron aquellas amenazas relevantes para las inundaciones costeras en Puerto Rico. Las amenazas se definen como conjuntos de datos que muestran peligros de inundaciones costeras y tormentas severas en el paisaje. El Índice de Amenazas es un modelo basado en trama con una puntuación acumulativa de información (Dobson et al. 2020). Al igual que en otras Evaluaciones Regionales, el análisis de Puerto Rico incluyó datos relacionados con marejadas, el aumento del nivel del mar, áreas propensas a inundaciones, la erosión del suelo, suelos impermeables, áreas de baja pendiente y factores de estrés geológicos, cada uno de los cuales se describe en detalle en el Informe de metodología y datos (Dobson et al. 2020).

Específicamente para Puerto Rico, se incluyeron modelos de inundación por tsunami de la Red Sísmica y el Programa de Tsunami de Puerto Rico en la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez⁴ reconociendo que esta área sísmicamente activa enfrenta un peligro real de inundación por tsunamis. Además, Puerto Rico experimenta con frecuencia derrumbes de tierra desencadenados por lluvias extremas; estos derrumbes se clasifican como factores de estrés geológicos para fines de esta Evaluación. Por ejemplo, el huracán María desencadenó más de 40,000 derrumbes de tierra en al menos tres cuartas partes de los 78 municipios de Puerto Rico (Bessette-Kirton et al. 2019). La susceptibilidad a las inundaciones y los derrumbes de tierra fue una de las principales preocupaciones de quienes asistieron al taller de partes interesadas. El Índice de Amenazas incluía los mejores datos disponibles en el momento del modelado: un mapa digitalizado de 1979 (Monroe, 1979), actualizado en el 2013 para incluir pendientes superiores al 50 por ciento⁵. Puede encontrar más detalles sobre los datos utilizados para crear el Índice de Amenazas para Puerto Rico en el [Apéndice A.1](#) y el [Apéndice B](#).

2.4.2 Índice de Activos Comunitarios

El Índice de Activos Comunitarios incluye infraestructura y población humana. El Índice utiliza conjuntos de datos que cuantifican el número de activos presentes, no su magnitud de vulnerabilidad o susceptibilidad a amenazas de inundación. La infraestructura y las instalaciones que se incorporaron a las Evaluaciones Regionales fueron elegidas por su capacidad para ayudar a las personas a responder a las inundaciones.

En Puerto Rico, el Índice de Activos Comunitarios incluyó la densidad de población, la vulnerabilidad social y el complemento completo de instalaciones e infraestructura críticas detalladas en el Informe de metodología y datos (Dobson et al. 2020). Era de suma importancia incluir los datos disponibles localmente siempre que fuera posible. Por lo tanto, en función de los comentarios del taller de partes interesadas y del Comité Asesor, se incluyeron tipos de infraestructura adicionales, como helipuertos y puertos deportivos, debido a su importancia para responder a las tormentas e inundaciones en islas remotas. Los siguientes tipos de infraestructura crítica se incluyeron en la Evaluación de Puerto Rico:

- Carreteras principales
- Puentes
- Aeropuertos
- Puertos y helipuertos
- Plantas y subestaciones eléctricas
- Instalaciones de tratamiento de aguas residuales
- Ferrocarriles (tren urbano)
- Rutas y terminales de ferry
- Principales represas
- Terminales de petróleo
- Sitios peligrosos
- Marinas

⁴ Modelos de inundación por tsunami disponibles en el Programa de Tsunami de Puerto Rico:
<http://redsismica.uprm.edu/Spanish/tsunami/programatsunami/prc/index.php>.

⁵ Acceso a los datos actualizados sobre derrumbes de tierra de 2013 en línea:
http://www.gis.pr.gov/descargaGeodatos/Riesgos_Naturales/Pages/Riesgos-Geol%C3%B3gicos.aspx.

Además, al igual que con todas las demás regiones, se incluyó la siguiente lista de instalaciones críticas debido a su relevancia y uso generalizado después de inundaciones u otros desastres:

- Instalaciones médicas (hospitales, hogares de ancianos, etc.)
- Escuelas (públicas y privadas, universidades)
- Agencias de seguridad (policía, estaciones de alguaciles, etc.)
- Estaciones de bomberos

Puede encontrar una lista detallada de los conjuntos de datos utilizados para toda la información del Índice de Activos Comunitarios incluidos en la Evaluación de Puerto Rico en el [Apéndice A.2](#). Consulte el [Apéndice C](#) para obtener una descripción de los métodos utilizados para crear el Índice de Activos Comunitarios para Puerto Rico.

2.5 Creación del Índice de Peces y Vida Silvestre

El Índice de Peces y Vida Silvestre, que consiste en un componente Marino y Terrestre, permite una mejor comprensión de hábitats importantes y recursos de peces y vida silvestre para ayudar en la identificación de áreas donde la implementación de soluciones basadas en la naturaleza puede apoyar la resiliencia costera (Figura 5). El Índice intenta identificar áreas en el paisaje donde se encuentran las especies terrestres, acuáticas y marinas y sus hábitats. Para fines de la Evaluación de Puerto Rico, solo se consideraron aquellas especies de interés con un estatus de protección a nivel federal o estatal y/o incluidas en los planes de administración de recursos. Por naturaleza, el Índice de Peces y Vida Silvestre varía a nivel regional; sin embargo, una descripción detallada de los métodos generales que rigen el Índice de Peces y Vida Silvestre está disponible en el Informe de metodología y datos (Dobson et al. 2020). Las consideraciones regionales para Puerto Rico se analizan a continuación; puede encontrar una lista completa de datos en el [Apéndice A](#) y puede encontrar una descripción de los métodos utilizados para crear el Índice de Peces y Vida Silvestre para Puerto Rico en el [Apéndice E](#).



Figura 5. Los elementos del Índice Terrestre y del Índice Marino utilizados para crear el Índice de Peces y Vida Silvestre.

2.5.1 Índice Terrestre

El Índice Terrestre tiene como objetivo identificar hábitats adecuados para los principales grupos taxonómicos utilizando los datos disponibles de cubierta terrestre y hábitat. El Índice se crea en relación con las preferencias y necesidades de hábitat de las especies de mayor interés de conservación en la región, que fueron identificadas utilizando el Plan de Acción de Vida Silvestre del Estado Libre Asociado de Puerto Rico de 2015 (PR-DNER 2015) y las especies catalogadas como amenazadas o en peligro de extinción en virtud de la Ley de Especies en Peligro

de Extinción de 2015. Se utilizaron amplias agrupaciones taxonómicas para modelar las preferencias de hábitat de las especies en toda la región, incluyendo:

- Anfibios
- Reptiles
- Aves
- Peces de agua dulce, de agua salobre, anfítrons y/o diátrons
- Invertebrados de agua dulce
- Mamíferos terrestres

En función de las preferencias de hábitat asociadas a cada grupo taxonómico, el análisis modeló la idoneidad del hábitat primario, secundario y terciario (para obtener más detalles, consulte Dobson et al. 2020). Una lista completa de especies (organizadas por grupo taxonómico) incluidas en la Evaluación de Puerto Rico está disponible en el [Apéndice E.1](#).

Además de utilizar la Cubierta Terrestre del Programa de Análisis de Cambios Costeros de la NOAA, el Inventario Nacional de Humedales del Servicio Nacional de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos y el Conjunto Nacional de Hidrografía del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) para identificar los tipos de hábitat, el análisis utilizó la Cubierta Terrestre de GAP del USGS de 2006 y las Zonas Críticas de Vida Silvestre del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico. También se incluyeron áreas importantes de aves (IBA) de BirdLife International. Puede encontrar una lista completa de conjuntos de datos y métodos utilizados para crear el Índice Terrestre de Puerto Rico en el [Apéndice A.3](#) y el [Apéndice E.1](#), respectivamente.

2.5.2 Índice Marino

El Índice Marino tiene como objetivo identificar los tipos de hábitats marinos que son capaces de sustentar una biodiversidad significativa. En Puerto Rico, se consideraron tres tipos de hábitat importantes: arrecifes de coral, lechos de hierba marina y manglares. Si bien otros tipos de hábitats marinos pueden sustentar una biodiversidad significativa, la Evaluación de Puerto Rico se centró en aquellos tipos de hábitat donde los proyectos de restauración y resiliencia pueden ofrecer el beneficio dual de la riqueza de especies y la protección costera.

Los mapas de hábitat bentónicos, que se extienden hasta un límite de batimetría de 30 metros (100 pies) de profundidad alrededor de todas las islas, se utilizaron para definir la extensión espacial del hábitat de arrecifes de coral y hierba marina. Estos datos también se utilizaron para evaluar el porcentaje de cobertura de las áreas de hierba marina, donde se supone que más especies ocupan áreas más densas (McCloskey & Unsworth 2015). Para evaluar la condición del coral, se obtuvieron estimaciones de cobertura de corales vivos del Programa Nacional de Monitoreo de Arrecifes de Coral de la NOAA, que implementa regularmente encuestas de muestras aleatorias estratificadas en todo Puerto Rico. En función de las encuestas de 2014-2016, las áreas con una cubierta de corales superior al siete por ciento ocuparon un lugar alto (consulte el [Apéndice E.2](#)) y, por lo tanto, son más propensas a sustentar un mayor número de especies asociadas a los arrecifes (Komyakova et al. 2013). También se incorporaron datos sobre la extensión y la salud de los manglares (Bunting et al. 2018), donde el hábitat de los manglares que está creciendo en extensión espacial se consideró más saludable y, por lo tanto, capaz de sustentar una mayor riqueza de especies.

Además de la extensión espacial y la condición de estos tipos de hábitat, el Índice Marino invoca una serie de conjuntos de datos adicionales, incluidas áreas administradas como las Áreas de Hábitat de Interés Particular (HAPC), el Hábitat Esencial para Peces (EFH) y las Áreas Marinas Protegidas. Varios planes de administración de pesquerías designan el EFH en Puerto Rico, incluyendo corales, caracolas reinas, corales marinos, langosta espinosa y especies altamente migratorias (HMS). Puede encontrar una lista completa de conjuntos de datos y métodos utilizados para crear el Índice Marino de Puerto Rico en el [Apéndice A.4](#) y el [Apéndice E.2](#), respectivamente.

2.6 Creación de los Centros de Resiliencia

Los Centros de Resiliencia son áreas de espacio natural, no desarrollado, que intentan identificar lugares adecuados para los esfuerzos de conservación o restauración que desarrollan la resiliencia y pueden ayudar en la preparación para los posibles impactos adversos a las comunidades y la infraestructura, al tiempo que mejoran los hábitats de las especies de peces y vida silvestre. Por lo tanto, los Centros de Resiliencia representan espacios abiertos y hábitats que tienen un alto potencial para brindar beneficios tanto a las comunidades humanas como a los peces y la vida silvestre. Teniendo en cuenta los espacios naturales tanto en el interior como en el entorno marino cercano a la costa, los Centros de Resiliencia se forman en función de paisajes y tipos de hábitat no desarrollados y crean dos resultados: Núcleos de Hábitat Verde (interior) y Núcleos de Hábitat Azul (marino) (Figura 6).

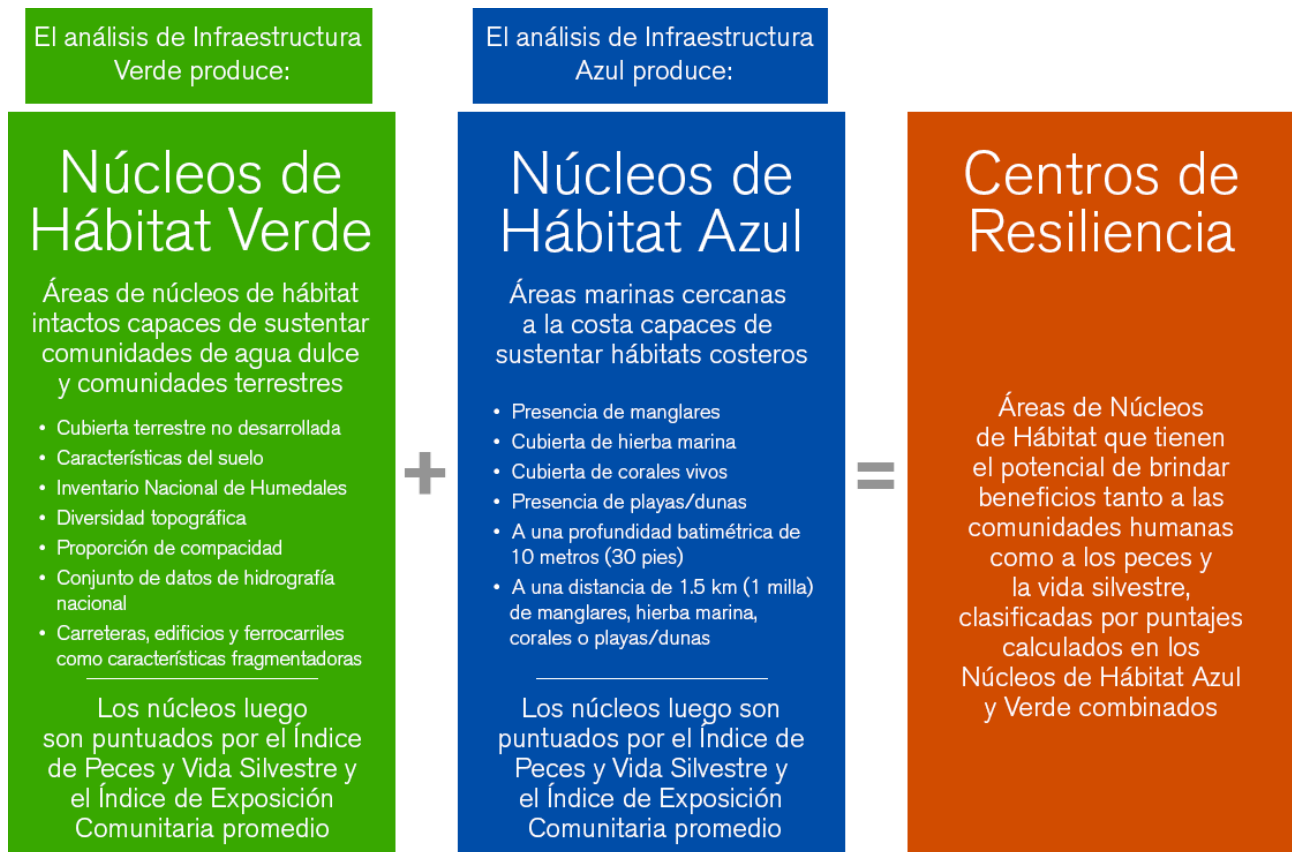


Figura 6. Los elementos del Núcleo de Hábitat Verde y Azul utilizados para crear los Centros de Resiliencia.

Si bien los criterios difieren entre los Núcleos de Hábitat Verde y Azul, ambos modelos clasifican los Centros de Resiliencia de acuerdo con los valores promedio combinados del Índice de Exposición Comunitaria y el Índice de Peces y Vida Silvestre (para obtener una descripción detallada de los métodos, consulte Dobson et al. 2020). Para mostrar la variación dentro de los Centros de Resiliencia, los Núcleos de Hábitat se subdividen y puntúan en una cuadrícula hexagonal más fina de 4 hectáreas (10 acres) (Figuras 7, 8 y 9). Esta escala fue elegida para todas las Evaluaciones Regionales a fin de facilitar la toma de decisiones local en consonancia con el tamaño de los posibles proyectos y soluciones basados en la naturaleza.



Figura 7. Un paso inicial en la creación de los Núcleos de Hábitat Verde y Azul. Tenga en cuenta que los Núcleos de Hábitat Verde incluyen áreas acuáticas terrestres y de agua dulce. Los Núcleos de Hábitat Azul incluyen áreas marinas de estuario, playa y duna, manglar y cercanas a la costa a menos de 10 metros (30 pies) de profundidad, pero que aún no se han agrupado en Núcleos.



Figura 8. Núcleos de Hábitat Verde y Azul convertidos en hexágonos de 4 hectáreas (10 acres). Junto con cada Núcleo de Hábitat, cada hexágono se clasifica para mostrar la variación en los Centros de Resiliencia.

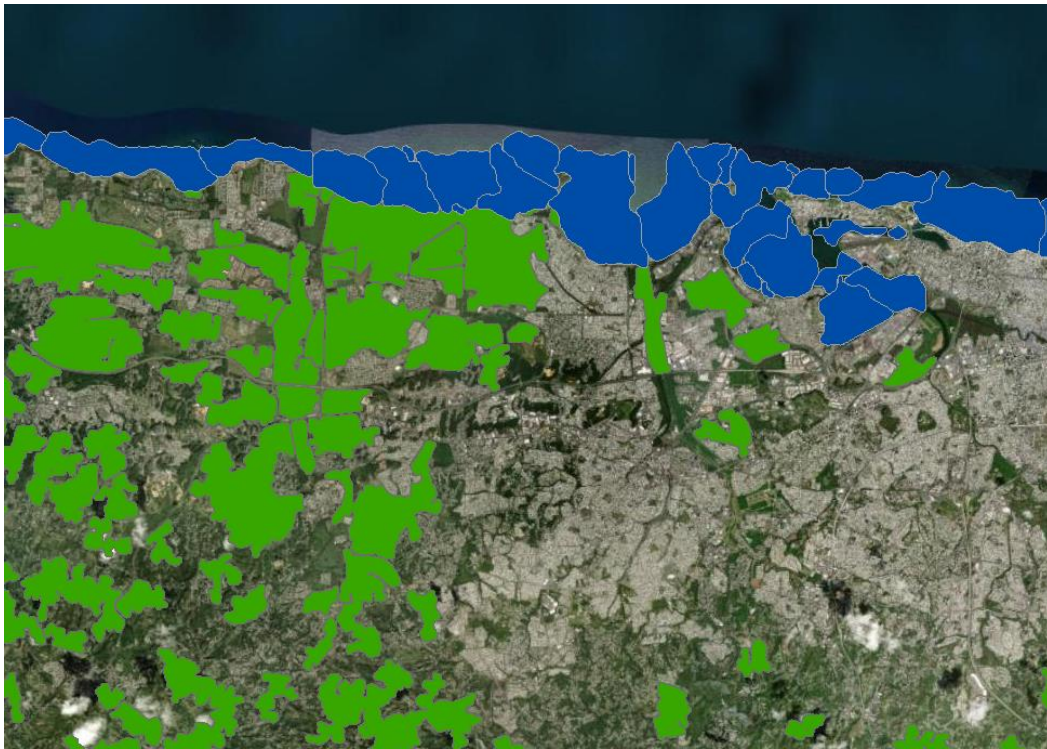


Figura 9. Núcleos de Hábitat Verde y Azul. Los Núcleos de Hábitat Azul se agrupan por cuenca batimétrica. A continuación, se clasifican los Núcleos Verdes y Azules para convertirse en Centros de Resiliencia.

2.6.1 Infraestructura Verde

El análisis de la Infraestructura Verde⁶ utilizado en las Evaluaciones Regionales se basa en la metodología desarrollada por el Green Infrastructure Center para los Estados Unidos continentales (Firehock y Walker 2019). Dado que estos datos no estaban disponibles para Puerto Rico, NEMAC replicó el análisis para crear esta importante capa para la Evaluación de Puerto Rico. El análisis identifica “núcleos de hábitat intactos”, o cada área natural de 40.5 hectáreas (100 acres) o más, independientemente de su propiedad o estado de preservación. El conjunto de datos está destinado a guiar a los planificadores locales, regionales y urbanos en la identificación de lugares importantes para conservar antes de planificar proyectos de desarrollo. El conjunto de datos también ayuda a priorizar qué paisajes proteger y conectar, tales como los sistemas naturales que mitigan las inundaciones, ofrecen oportunidades recreativas y benefician la calidad del aire y el agua (Firehock y Walker 2019). Los núcleos de hábitat también representan un hábitat relativamente intacto que es de un tamaño suficiente para sustentar a más de un individuo de una especie y tiene en cuenta las características fragmentarias que pueden alterar el movimiento de las especies de vida silvestre.

Aplicando estos métodos a Puerto Rico, el análisis de Infraestructura Verde resultó en la creación de Núcleos de Hábitat Verde, o núcleos de hábitat interior que abarcan hábitats terrestres y acuáticos. Las características resultantes del Núcleo de Hábitat Verde se convierten en una cuadrícula hexagonal de 4 hectáreas (10 acres) (Figura 8). La cuadrícula hexagonal ayuda a resaltar la variación en el Índice de Exposición Comunitaria y las puntuaciones del Índice de Peces y Vida Silvestre asociadas con cada núcleo de hábitat para ayudar a facilitar la toma de decisiones a pequeña escala. Para obtener documentación completa sobre cómo se crearon los Núcleos de Hábitat Verde, consulte Dobson et al. (2020).

⁶ Tenga en cuenta que el análisis de Infraestructura Verde, como se hace referencia al mismo en esta Evaluación, pertenece a una metodología específica y no está destinado a representar otros proyectos de planificación y administración locales.

En resumen, el enfoque de Infraestructura Verde, al determinar tanto los Núcleos de Hábitat Verde como sus hexágonos posteriores, identifica paisajes naturales contiguos compuestos de características paisajísticas similares. Las tierras identificadas tienen el potencial de mayor integridad ecológica y, por lo tanto, pueden ofrecer un mejor potencial para el beneficio de los seres humanos y de la vida silvestre. Esto permite una determinación más precisa de los límites de los paisajes naturales al formar y clasificar los Centros de Resiliencia. Consulte el [Apéndice A.5](#) y el [Apéndice F](#) para obtener más detalles.

2.6.2 Infraestructura Azul

Reconociendo el protagonismo de los valiosos hábitats marinos costeros en Puerto Rico, la Evaluación desarrolló un análisis de Infraestructura Azul.⁷ Los hábitats marinos y costeros, como los arrecifes de coral, los lechos de hierba marina, los manglares y los sistemas de playas y dunas, no solo sustentan una biodiversidad significativa, sino que también aportan características naturales importantes que pueden proteger a las comunidades humanas y la infraestructura. A diferencia de la metodología utilizada en el análisis de Infraestructura Verde, los entornos marinos normalmente carecen de las características fragmentarias que son necesarias para delinear y formar espacios abiertos en núcleos de hábitat interiores. Como resultado, el Equipo del Proyecto desarrolló un enfoque diferente con el fin de identificar Núcleos de Hábitat Azul, o áreas marinas y costeras representadas por hábitats que pueden ser adecuados para la implementación de proyectos de conservación o resiliencia basada en la naturaleza. Los Núcleos de Hábitat Azul fueron delineados mediante la creación de una cuadrícula hexagonal de 4 hectáreas (10 acres) de todos los hábitats costeros y marinos de menos de 10 metros (30 pies) de profundidad y luego agrupando hexágonos de acuerdo con las cuencas batimétricas de Puerto Rico (según la extensión del límite de la cuenca HUC-8) y los hábitats marinos que contienen. A diferencia del Índice de Peces y Vida Silvestre, en el análisis de Infraestructura Azul solo se consideraron hábitats menores o iguales a 10 metros (30 pies) de profundidad, ya que las soluciones basadas en la naturaleza tienen más probabilidades de brindar protección costera cuando se implementan en hábitats de aguas llanas. Para obtener documentación completa sobre cómo se crearon los Núcleos de Hábitat Azul, consulte el [Apéndice F](#) y Dobson et al. (2020).

2.6.3 Combinación de Núcleos de Hábitat y clasificación de Centros de Resiliencia

Para capturar el impacto potencial de los Núcleos de Hábitat Verde y Azul en la reducción de los efectos de inundaciones costeras en los activos comunitarios cercanos y, al mismo tiempo, beneficiar a la vida silvestre, los Núcleos de Hábitat se puntuaron utilizando los valores promedio del Índice de Exposición Comunitaria y el Índice de Peces y Vida Silvestre para determinar la clasificación de los Centros de Resiliencia. Para obtener más información sobre cómo se puntuaron los Núcleos de Hábitat Verde y Azul, consulte Dobson et al. (2020). Como se señaló anteriormente, cada característica del núcleo de hábitat se convirtió en una cuadrícula hexagonal de 4 hectáreas (10 acres) de resolución más pequeña. Como resultado, cada hexágono también recibió su propia clasificación individual, lo que permite una vista a escala más pequeña de las áreas dentro de cualquier Núcleo de Hábitat dado. Cuando se consideran en combinación con los Centros de Resiliencia, los hexágonos pueden ayudar a identificar áreas que pueden ser ideales para los esfuerzos de desarrollo de resiliencia que aportan beneficios duales de la comunidad humana y la vida silvestre. Consulte el [Apéndice A.5](#) y el [Apéndice F](#) para obtener más detalles.

⁷ Tenga en cuenta que el análisis de Infraestructura Azul, como se hace referencia al mismo en esta Evaluación, pertenece a una metodología específica y no está destinado a representar otros proyectos de planificación y administración locales.

RESULTADOS

La Evaluación de Resiliencia Costera de Puerto Rico revela abundantes oportunidades para utilizar soluciones basadas en la naturaleza a fin de ayudar a desarrollar la resiliencia de la comunidad humana mientras sustenta el hábitat y las especies de peces y vida silvestre. Las soluciones basadas en la naturaleza incluyen acciones que manejan y utilizan de manera sostenible los sistemas naturales para abordar los desafíos sociales, como la administración de aguas pluviales, inundaciones urbanas e islas de calor, al tiempo que benefician a la biodiversidad y al bienestar humano. La implementación de soluciones basadas en la naturaleza, como la restauración de playas y dunas, puede brindar enormes beneficios para las personas y la vida silvestre, como se describe en el caso práctico que se presenta a continuación (consulte la [Sección 4](#)). El Índice de Exposición Comunitaria muestra que las áreas de alta exposición se distribuyen por toda la isla principal. Por el contrario, las puntuaciones más altas del Índice de Peces y Vida Silvestre son frecuentes a lo largo de la costa y las áreas marinas cercanas a la costa, con concentraciones relativamente escasas de áreas interiores de alta puntuación. Por último, los Centros de Resiliencia muestran que, en su mayor parte, hay Centros altamente valorados distribuidos uniformemente en Puerto Rico, tanto a lo largo de la costa como en el interior.

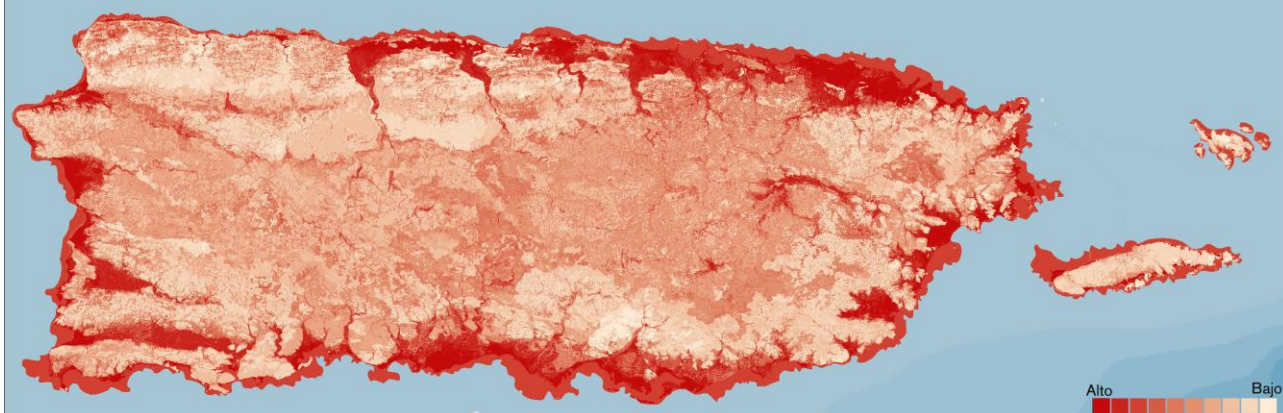
3.1 Índice de Exposición Comunitaria

El Índice de Exposición Comunitaria para Puerto Rico muestra que la exposición se distribuye de manera bastante uniforme en toda la isla principal, donde las áreas urbanas densamente pobladas se contrastan con grandes áreas de espacios abiertos naturales no desarrollados (Figura 10). Con una densidad de población promedio en el 2018 de 362 personas por kilómetro cuadrado, las áreas pobladas son muy evidentes en el Índice de Activos Comunitarios. En Puerto Rico, se hicieron esfuerzos para incorporar tipos adicionales de infraestructura crítica, tales como infraestructura de comunicación, puertos deportivos y rutas y terminales de ferry. La inclusión de estos conjuntos de datos adicionales acentúa aún más las áreas más pobladas de toda la isla. Los valores más altos, indicados por los marrones más oscuros (Figura 10), están bastante concentrados en varias áreas discretas de alta población, como San Juan, Caguas, Ponce y Mayagüez. Si bien la información del Índice de Activos Comunitarios es evidente en los productos cartográficos, las puntuaciones también incluyen las amenazas relacionadas con las inundaciones, que se concentran claramente a lo largo de la costa (Figura 10).

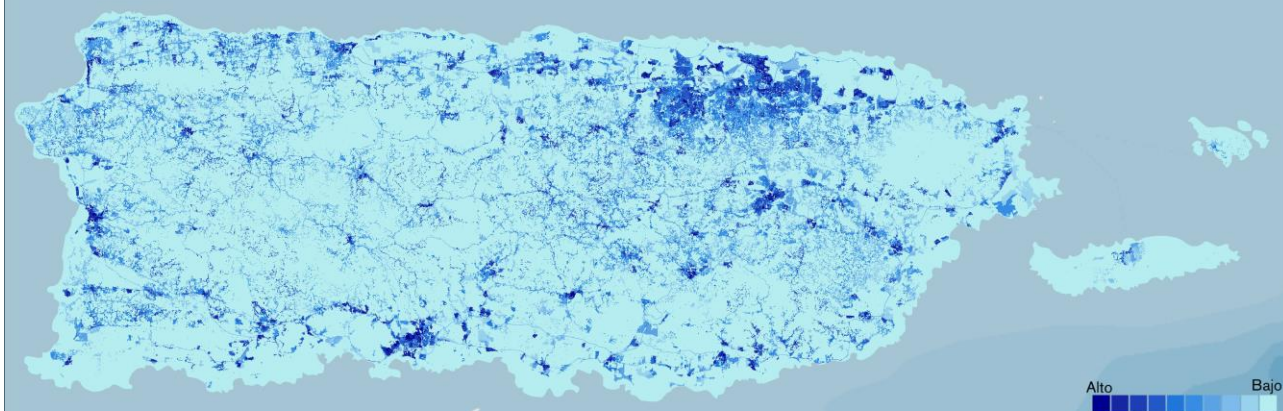
Como se observa en la Figura 10, el municipio interior de Caguas, al sur de San Juan, obtuvo una puntuación muy alta en el Índice de Exposición Comunitaria. Caguas está rodeado por cinco ríos cercanos (Río Grande de Loíza, Río Turabo, Río Cagüitas, Río Cañaboncito, Río Bairoa y Río Cañas), que contribuyen a una alta puntuación del Índice de Amenazas impulsada principalmente por la información sobre áreas propensas a inundaciones. Además, este municipio está densamente poblado y contiene grandes cantidades de suelos impermeables. En conjunto, esta y otra información indica que, a pesar de estar en el interior, Caguas está expuesto a amenazas de inundación que pueden justificar la implementación de soluciones basadas en la naturaleza para ayudar a desarrollar la resiliencia.

En la parte suroeste de la isla, cerca de Ponce y Mayagüez, la información predominante del Índice de Amenazas incluye áreas bajas y superficies impermeables, pero otros aportes como áreas propensas a inundaciones y marejadas ciclónicas también contribuyen al valor general. Además, tanto Mayagüez como Ponce están densamente poblados, pero Mayagüez parece tener comunidades más vulnerables socialmente en comparación con Ponce, lo que contribuye a un alto valor en el Índice de Exposición Comunitaria. Para las islas de Vieques y Culebra, los valores de exposición son mucho más bajos y cada isla solo contiene un área de valores más altos, que se encuentran en los municipios de Vieques y Culebra, respectivamente. Estas islas están mucho menos pobladas y contienen muy pocos activos e infraestructura crítica en comparación con la isla principal. Las amenazas relacionadas con inundaciones también se limitan más a las costas inmediatas.

Índice de Amenazas



Índice de Activos Comunitarios



Índice de Exposición Comunitaria

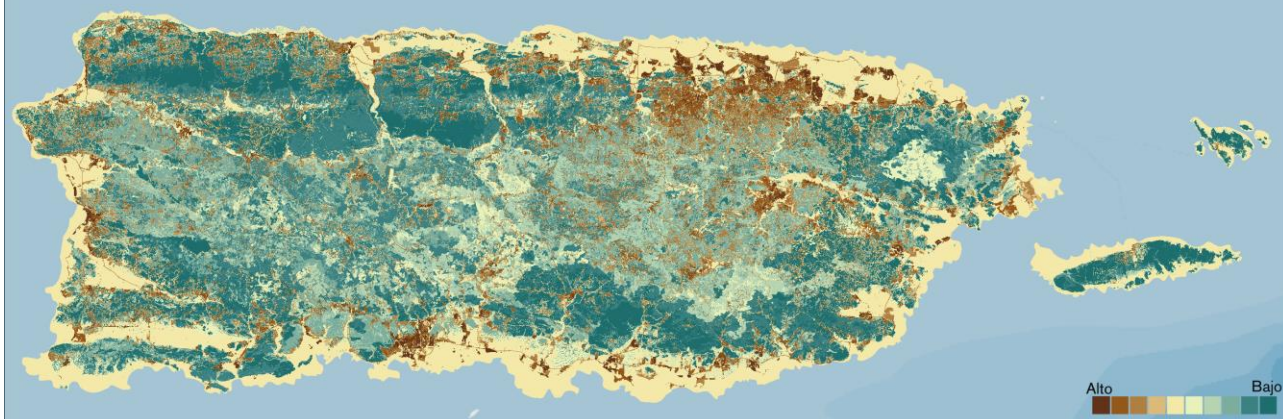


Figura 10. Índice de Amenazas, Índice de Activos Comunitarios e Índice de Exposición Comunitaria para Puerto Rico. El Índice de Amenazas y el Índice de Activos Comunitarios se multiplican para producir el Índice de Exposición Comunitaria, que muestra las áreas en las que los activos se superponen a las amenazas de inundación.

En las áreas que rodean San Juan (Figura 11), el Índice de Amenazas es impulsado por la marejada ciclónica y la prevalencia de superficies impermeables (información de suelos impermeables). Como se esperaba de un municipio de este tamaño, el Índice de Activos Comunitarios está impulsado principalmente por la densidad de población y la densidad de infraestructura e instalaciones críticas. Para explorar más detalladamente los

resultados del análisis para cualquier área de interés, consulte la Herramienta de Evaluación y Emplazamiento de Resiliencia Costera (CREST) en resilientcoasts.org. Para obtener más detalles sobre CREST, consulte la [Sección 3.4](#).

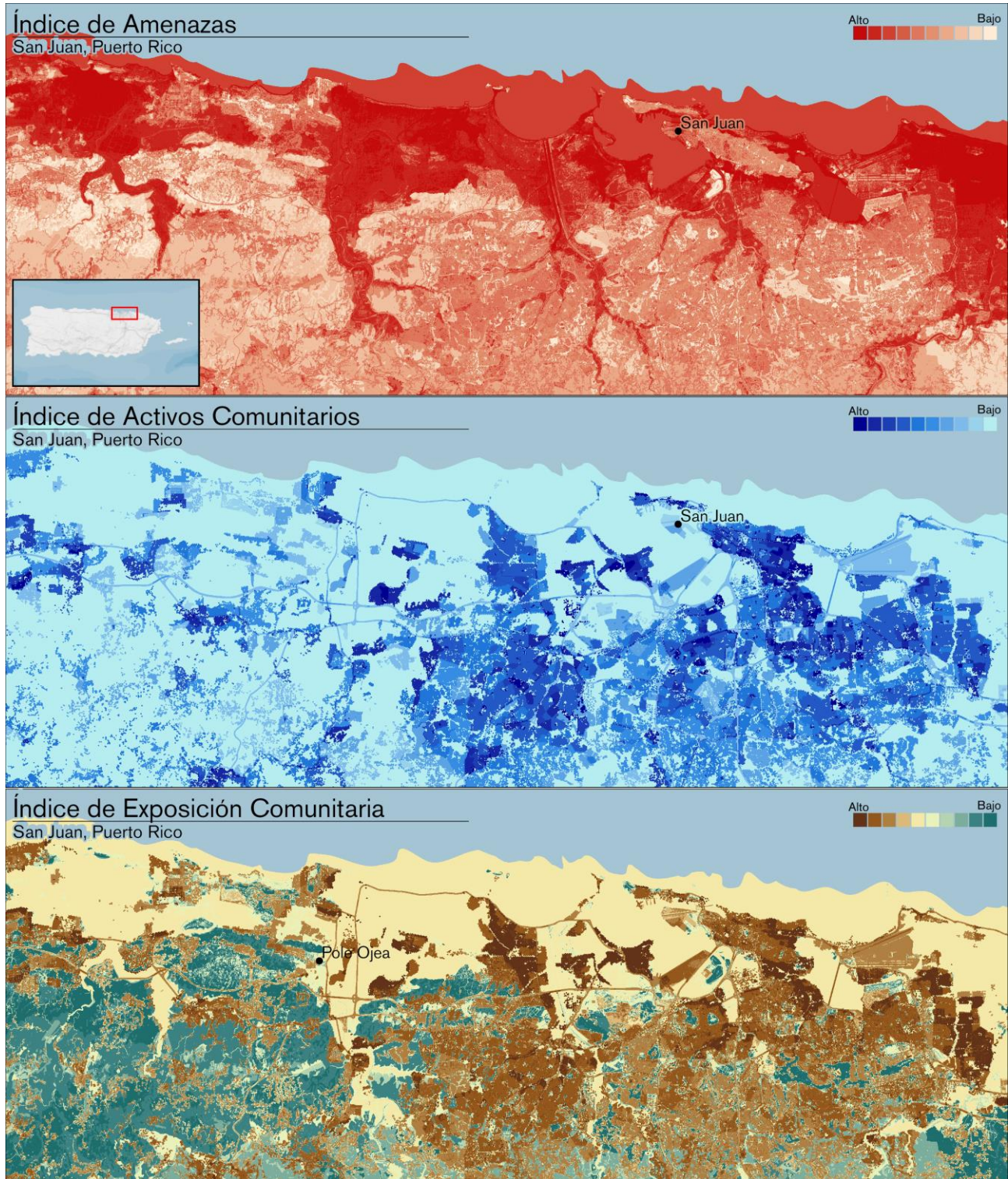


Figura 11. San Juan y las comunidades circundantes muestran valores más altos de exposición, como resultado de la combinación de amenazas de inundación y activos comunitarios.

3.2 Índice de Peces y Vida Silvestre

El Índice de Peces y Vida Silvestre combinado muestra que los tipos de hábitat que se espera que sustenten las especies silvestres también están bastante concentrados a lo largo de las costas de las tres islas, aunque hay áreas escasamente distribuidas en el interior que sustentan altas concentraciones de hábitat importante (Figura 12).

Como se señaló en la sección Métodos, el Índice Terrestre evaluó la idoneidad del hábitat entre los grupos taxonómicos. Debido al número proporcionalmente bajo de mamíferos nativos, peces e invertebrados de agua dulce/salobre, y reptiles enumerados en el Plan de Acción de Vida Silvestre del Estado Libre Asociado de Puerto Rico, las aves y los anfibios dominaron el Índice Terrestre. El Índice Terrestre muestra claramente mayores concentraciones de activos de vida silvestre a lo largo de las costas debido a la importancia de los hábitats costeros para las aves marinas y reptiles, en particular el tinglar y el Carey (Figura 12). Por supuesto, varias áreas en el interior de la isla principal también recibieron valores más altos en el Índice Terrestre, incluyendo el Bosque Estatal Río Abajo, el Bosque Estatal Guajataca y el Bosque Estatal Toro Negro. Casi todas las porciones del Bosque Nacional El Yunque incluían un hábitat primario, secundario o terciario para cada grupo taxonómico incluido en la Evaluación de Puerto Rico, destacando su importancia para la conservación de la biodiversidad.

El Índice Marino muestra que algunos de los valores más altos se encuentran en la parte suroeste de la isla principal cerca de los poblados de Pole Ojea y La Parguera (Figura 13). Esto es el resultado de la combinación de información variada al Índice, incluyendo cantidades moderadas a altas de hierba marina y cubierta de corales y la presencia del Hábitat Esencial para Peces, Áreas de Hábitat de Interés Particular y Áreas Marinas Protegidas. La parte noreste de la isla principal dentro de la Reserva Natural Corredor Ecológico del Noreste también cuenta con valores marinos más altos. Debido en parte a las protecciones ofrecidas por la Reserva, esto es probablemente impulsado por la alta cantidad de hierba marina y cubierta de corales, y la presencia de manglares y el Hábitat Esencial para Peces. Como se destaca en estos dos ejemplos, la presencia de arrecifes de coral saludables y lechos de hierba marina junto con áreas administradas con frecuencia coincidían con áreas de alto rango. Para explorar más detalladamente los resultados del análisis para cualquier área de interés, consulte la Herramienta de Evaluación y Emplazamiento de Resiliencia Costera (CREST) en resilientcoasts.org. Para obtener más detalles sobre CREST, consulte la [Sección 3.4](#).

Cuando se combina en el Índice de Peces y Vida Silvestre, los patrones evidentes en el Índice Marino y el Índice Terrestre siguen siendo prevalentes. Como es de esperar, la Reserva Natural La Parguera en el suroeste de Puerto Rico muestra algunas de las puntuaciones más altas de Peces y Vida Silvestre. Del mismo modo, las reservas marinas en el noreste de Puerto Rico y Culebra, así como en las costas de Vieques, tienen un alto puntaje. Sin embargo, hay importantes activos de peces y vida silvestre en todas las islas, lo que indica que hay amplias oportunidades para proyectos de conservación y restauración de hábitats para sustentar la increíble biodiversidad de Puerto Rico.

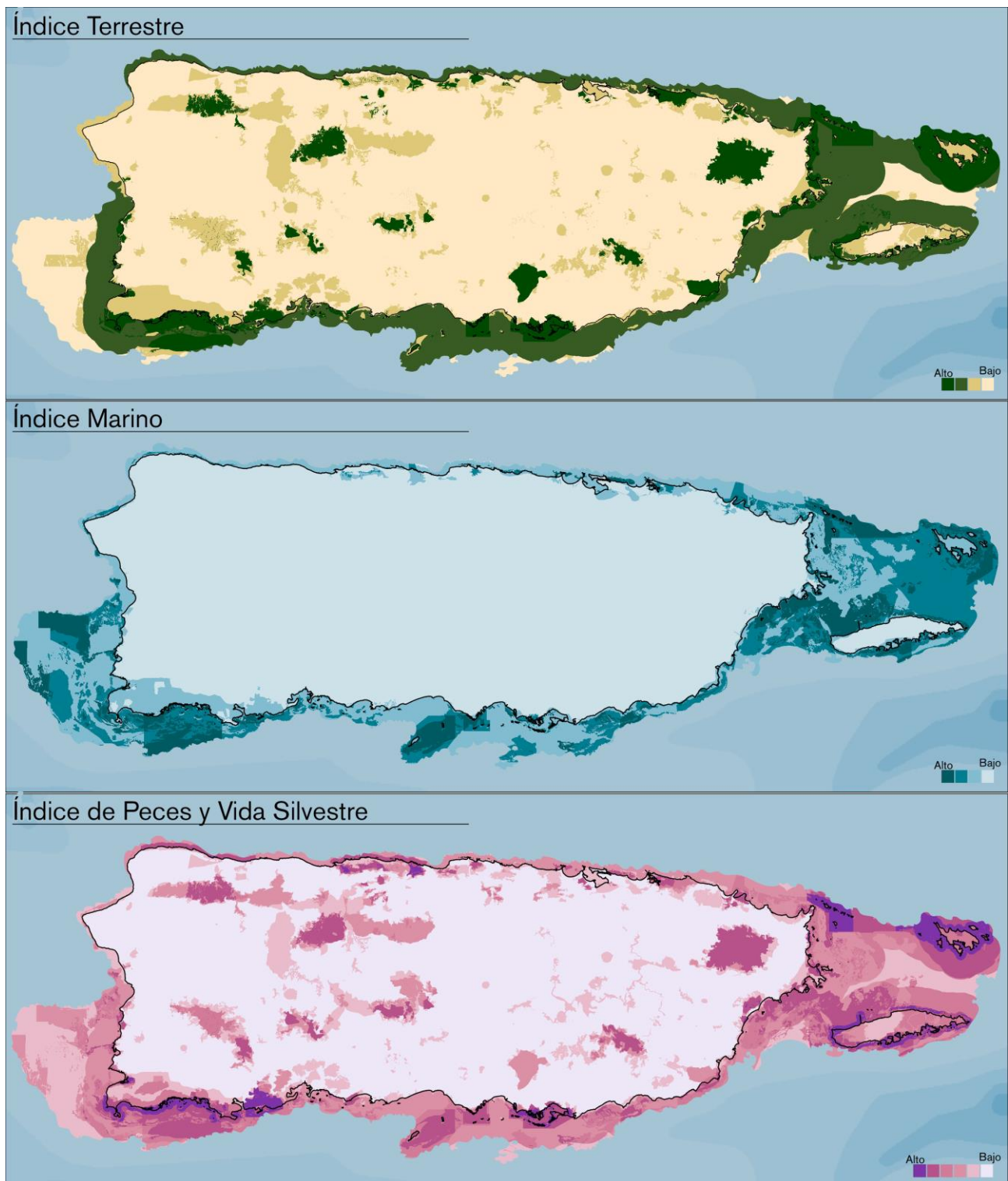


Figura 12. Índice Terrestre, Índice Marino, y el Índice de Peces y Vida Silvestre resultante para Puerto Rico.

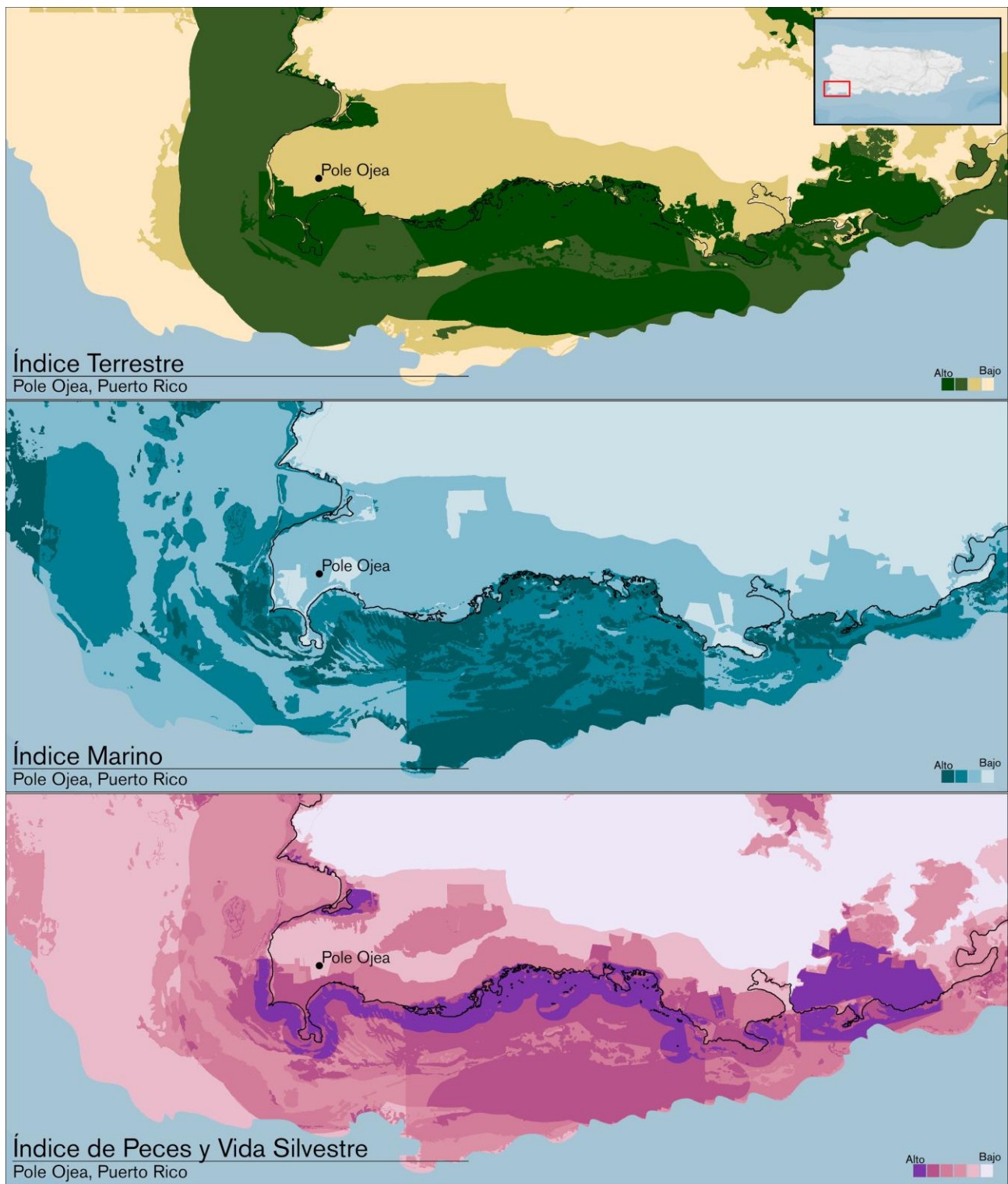


Figura 13. Pole Oja es un área con altos valores en el Índice Terrestre y el Índice Marino, lo que resulta en valores moderados a altos en el Índice de Peces y Vida Silvestre. Esto es el resultado de una combinación de la presencia de varios tipos importantes de hábitat marino y costero, y la presencia de hábitat preferido por especies como las aves marinas.

3.3 Análisis del Centro de Resiliencia

El análisis de Centros de Resiliencia muestra que los Centros de Resiliencia están esparcidos de manera bastante uniforme en todo Puerto Rico, incluidas las islas de Vieques y Culebra (Figura 14). Los Centros de Resiliencia con los valores más altos no solo se limitan a la costa, sino que también se encuentran en las secciones interiores de las tres islas. El Índice de Peces y Vida Silvestre contribuye significativamente a la clasificación de los Centros, como lo demuestran los altos valores en el Bosque Nacional El Yunque y el Bosque Estatal Guajataca.

Las *clasificaciones* finales del Centro de Resiliencia son el producto del Índice de Exposición Comunitaria y el Índice de Peces y Vida Silvestre. Como se describe en la sección Métodos anterior, los límites reales de los Centros de Resiliencia se forman a través del análisis de Infraestructura Verde y Azul, que identifica los Núcleos de Hábitat Verde y Azul. Los siguientes mapas muestran los Núcleos de Hábitat Azul y Verde clasificados y cómo se combinan para crear la clasificación final del Centro de Resiliencia.

Algunos de los valores más altos observados en los Núcleos de Hábitat Azul están a lo largo de la costa este. Esto se debe en gran medida a los altos valores tanto del Índice de Exposición Comunitaria como del Índice de Peces y Vida Silvestre. Además, esta área incluye corales, manglares y hierba marina, lo cual aumentó la puntuación del Núcleo de Hábitat Azul debido al aumento de los beneficios de protección costera acumulados asociados con la presencia de múltiples tipos de hábitat (Guannel et al. 2016). Esta área puede representar una oportunidad para implementar un conjunto de soluciones coordinadas basadas en la naturaleza para maximizar el potencial de protección de las comunidades costeras circundantes frente a tormentas e inundaciones. Las áreas que contienen los Núcleos de Hábitat Verde de mayor clasificación se encuentran entre los humedales cerca de la Bahía de San Juan, que también está impulsada por los altos valores en el Índice de Peces y Vida Silvestre y el Índice de Exposición Comunitaria.

La Evaluación de Puerto Rico se completó con una resolución de 10 metros (30 pies), facilitando un análisis a escala más pequeña de los resultados. Por ejemplo, en el área que rodea Ponce en la costa sur de la isla principal hay una variedad de puntuaciones del Centro de Resiliencia (Figura 15). Los sitios que podrían ser adecuados para los esfuerzos de restauración (los tonos rojos más oscuros) existen a lo largo de la costa inmediata, pero los Centros también se encuentran más en el interior. Por ejemplo, numerosos sitios marinos y costeros cerca de la costa pueden ser adecuados para soluciones basadas en la naturaleza, como la restauración de manglares, arrecifes de coral o hierba marina (los tonos azules más oscuros en el mapa de Núcleos de Hábitat Azul). Más hacia el interior, hay sitios adicionales que pueden ser adecuados para proyectos de conservación o restauración de humedales costeros (tonos verdes o rojos más oscuros en los mapas de Núcleos de Hábitat Verde y Centros de Resiliencia, respectivamente). Para explorar más detalladamente los resultados del análisis para cualquier área de interés, consulte la Herramienta de Evaluación y Emplazamiento de Resiliencia Costera (CREST) en resilientcoasts.org. Para obtener más detalles sobre CREST, consulte la [Sección 3.4](#).

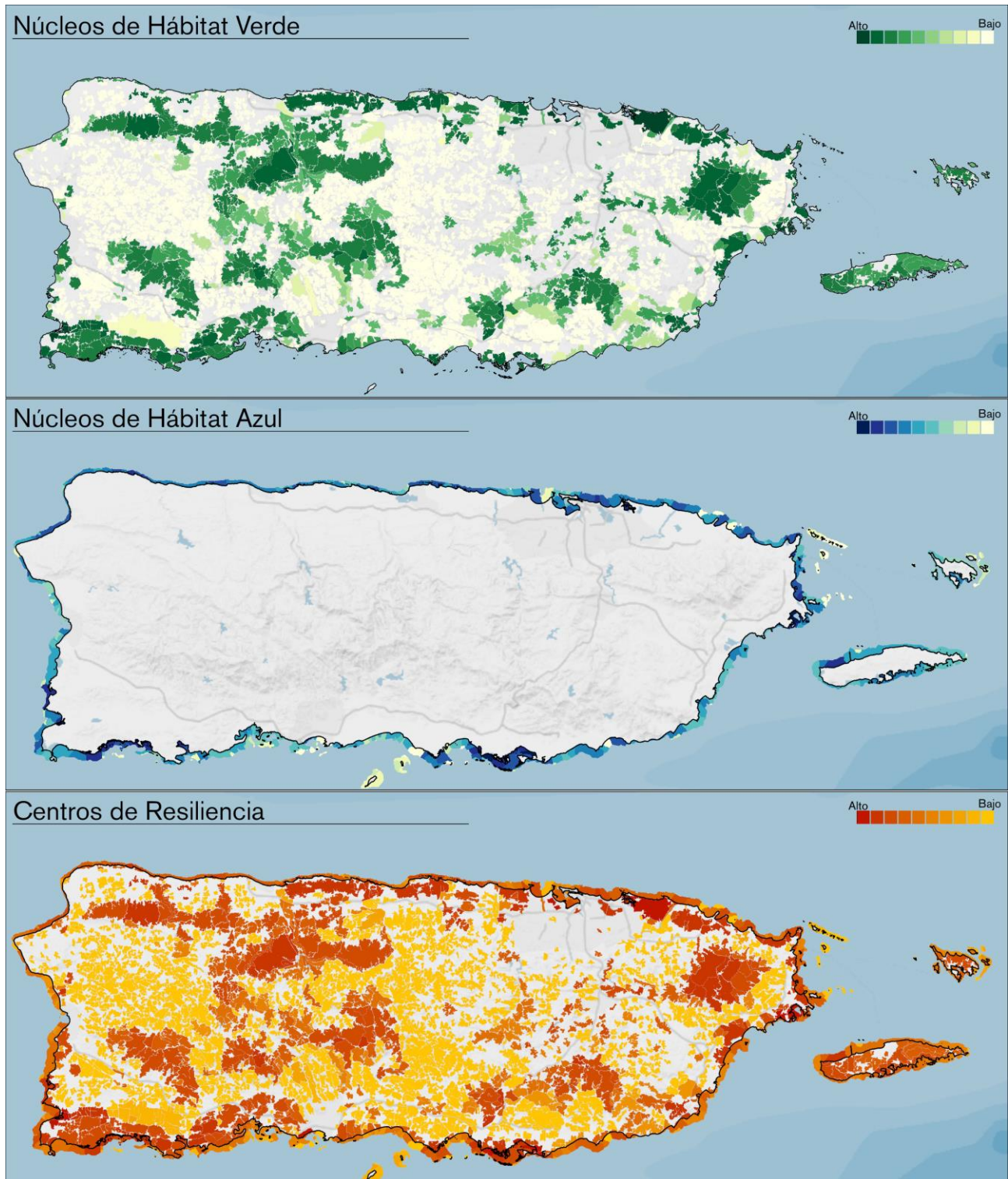


Figura 14. Centros de Resiliencia para Puerto Rico. Los tonos rojos más oscuros muestran áreas con mayor potencial para los esfuerzos de desarrollo de resiliencia que ofrecen beneficios duales a las comunidades humanas y de peces y vida silvestre.

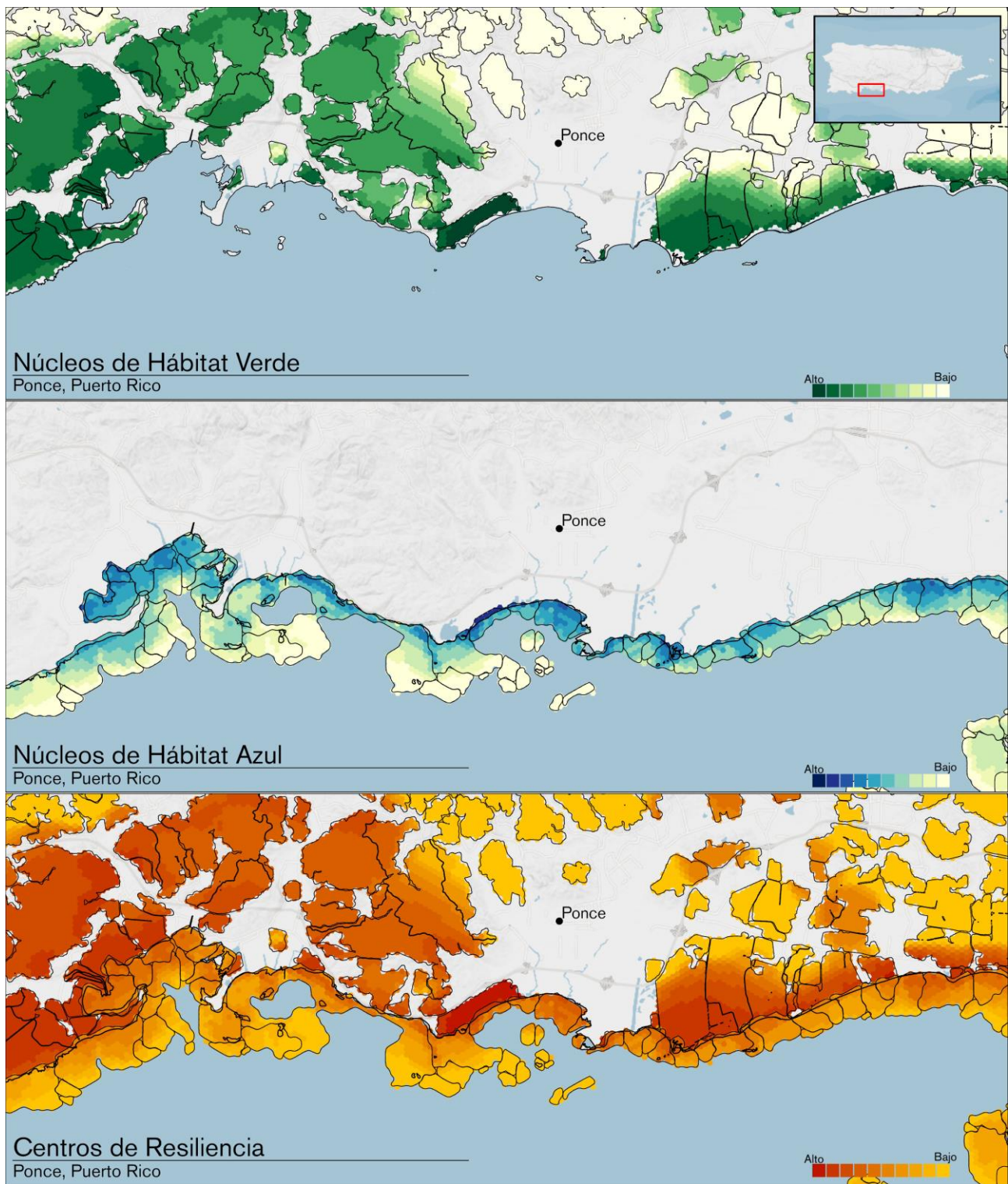


Figura 15. El área alrededor de Ponce muestra una variedad de puntajes clasificados del Centro de Resiliencia.

3.4 Herramienta de evaluación y emplazamiento de resiliencia costera

Para el diseño de una interfaz en línea que permita a los usuarios interactuar con datos clave de la Evaluación, incluidos los datos de entrada y los modelos finales para el Índice de Exposición Comunitaria, el Índice de Peces y Vida Silvestre, y los Centros de Resiliencia, se desarrolló la Herramienta de Evaluación y Emplazamiento de Resiliencia Costera (CREST) como una herramienta web complementaria basada en SIG (disponible en resilientcoasts.org). CREST ayuda a los usuarios a tomar decisiones informadas sobre los sitios de proyecto propuestos y a abordar otras preguntas clave sobre cómo desarrollar resiliencia dentro de su comunidad. También permite a los usuarios tener acceso completo a los datos de la Evaluación de Puerto Rico para que puedan incorporar esos datos en sus propias aplicaciones de SIG u otros procesos de planificación. Además, CREST ofrece acceso a los resultados de la Evaluación incluso si el usuario no tiene experiencia con SIG o acceso al software de SIG.

Los usuarios pueden acceder directamente a los resultados de la Evaluación de Puerto Rico directamente desde la página de inicio. Además de simplemente explorar los resultados de las Evaluaciones Regionales, CREST permite a los usuarios analizar los resultados para áreas específicas de interés. Por ejemplo, si un usuario ya ha identificado la posible ubicación de su proyecto, puede dibujar o cargar el límite del proyecto dentro de la herramienta para ver los resultados específicos del sitio para los Centros de Resiliencia, el Índice de Exposición Comunitaria, el Índice de Peces y Vida Silvestre y los resultados de la información de cada modelo. Alternativamente, si un usuario no tiene en mente una ubicación de proyecto específica, pero está interesado en evaluar oportunidades dentro de una región determinada, puede dibujar una amplia área de interés para ver los resultados. En ambos casos, el usuario puede ver los resultados en CREST o descargar los resultados en formatos tabulares o SIG para el análisis adicional.

CASO PRÁCTICO

4.1 Aumento de la resiliencia local a través de la restauración de dunas

Las dunas de arena vegetada bordean la mayor parte de la costa norte de Puerto Rico. Estas formaciones de tierra costeras dinámicas sirven como hábitats importantes para la vida silvestre y ofrecen beneficios esenciales para la mitigación de daños por tormentas para las comunidades costeras. Estas dunas de arena se encuentran en 13 municipios a lo largo de la costa norte. Aproximadamente el 48 por ciento de las dunas de arena se encuentran en los municipios de Isabela, Dorado y Loíza, la mayoría de los cuales se encuentran muy cerca de áreas densamente pobladas y carreteras de acceso principales. En particular, la costa noroeste de Puerto Rico, incluyendo el área de Middles Beach en el municipio de Isabela, contiene paisajes dramáticos, olas constantes y populares playas de surf (Figura 16). El sistema de dunas naturales protege a la comunidad circundante de marejadas ciclónicas y de inundaciones.



Figura 16. El mapa que muestra la ubicación general del área de Middles Beach en el noroeste de Puerto Rico.

Desafortunadamente, estas dunas de arena fueron severamente explotadas comercialmente durante aproximadamente 40 años, lo que resultó en una reducción significativa en el volumen y el área total. A su vez, esto ha dado lugar a una reducción significativa de la protección ofrecida por estas formas terrestres a las comunidades costeras, haciendo que estas áreas sean menos resilientes a las tormentas y otros efectos del cambio climático. En los últimos años, las dunas también se han visto gravemente afectadas por los huracanes Irma y María y la tormenta de invierno Riley. La costa norte de la isla recibió olas de hasta 13 metros (42 pies) de altura durante el huracán María en septiembre de 2017 y la tormenta de invierno Riley en marzo de 2018 produjo olas de hasta 5 metros (16 pies).

Las dunas costeras en Puerto Rico ahora consisten en un sistema muy frágil de formas terrestres con severas amenazas de conservación, incluyendo la extracción ilegal de arena, el tráfico peatonal no dirigido y las iguanas verdes invasoras que dañan la vegetación, el uso ilegal de vehículos todoterreno y la falta de educación sobre su valor. Puerto Rico también carece de programas de reubicación para la arena desplazada, lo que resulta en

grandes volúmenes de arena que se pierden cada año de las playas. Existen leyes que protegen las dunas en Puerto Rico, pero podrían beneficiarse de una mayor aplicación de la ley.

Con el fin de abordar estas necesidades y restaurar los sistemas críticos de playas y dunas, los investigadores y estudiantes del Centro de Restauración Ecológica y Conservación de la Universidad de Puerto Rico (UPR) en Aguadilla junto con otros socios locales, han estado trabajando para implementar intervenciones que puedan ayudar a restaurar estas dunas naturales. Con el financiamiento del Fondo Nacional para la Resiliencia Costera⁸ y otras fuentes, la UPR está implementando dos proyectos que juntos restaurarán aproximadamente 4 hectáreas (10 acres) de hábitat de playas y dunas en 21 sitios a lo largo de toda la costa norte de Puerto Rico. Si bien los proyectos utilizan actividades de restauración similares en todos los sitios, el Equipo del Proyecto de Evaluación visitó varios sitios en Isabela y Aguadilla en octubre de 2019 para obtener más información sobre los tipos de intervenciones utilizadas para reducir las amenazas costeras en la región.

El siguiente texto describe las actividades específicas de restauración emprendidas en Middles Beach, Isabela utilizando los resultados de la Evaluación de Puerto Rico para demostrar la utilidad de varios resultados a fin de evaluar posibles ubicaciones para los esfuerzos de resiliencia del sitio. Por ejemplo, la Figura 17 muestra el impacto del aumento del nivel del mar en la huella aproximada del proyecto y las áreas circundantes, destacando una de las amenazas relacionadas con inundaciones costeras que afectan a esta región.



Figura 17. Las dunas ayudan a proteger a las comunidades costeras de amenazas de inundación tales como el aumento del nivel del mar. Con el tiempo, el aumento del nivel del mar exacerbará otras amenazas relacionadas con inundaciones.

Para ayudar a desarrollar la resiliencia contra las amenazas de inundación costera, el proyecto incluye la construcción de paseos marítimos de madera que dan acceso a la playa, la instalación de matrices biomiméticas (madera de palés) en la arena para desalentar el tráfico peatonal, plantar vegetación nativa en pequeños huecos de duna para promover la acumulación de arena y disminuir la erosión y el pisoteo de la duna nativa (Figura 18). Además, la UPR planta vegetación nativa en la duna para estabilizar la arena. Las plantas incluyen haba de playa (*Canavalia rosea*), uva de playa (*Coccoloba uvifera*), algodóncillo (*Calotropis gigantea*), mangle botón (*Conocarpus erectus*) y bejuco de playa (*Ipomea pes-caprae*). Las hojas de las plantas ralentizan el viento creando turbulencias que promueven la deposición de arena mientras disipan la lluvia y la energía de sobretensión, y así protegen la duna. Los sistemas radiculares de estas plantas también contribuyen a mantener la arena impidiendo aún más la erosión. Cuanto más alta sea la vegetación y cuanto más rugosidad, mayores serán los beneficios derivados de la disipación de vientos y la promoción de la deposición de arena.

⁸ Consulte el sitio web del Fondo Nacional para la Resiliencia Costera de la NFWF para obtener más información sobre el programa: <https://www.nfwf.org/programs/national-coastal-resilience-fund>



Figura 18. Las características basadas en la naturaleza, como las dunas a lo largo de la costa norte de Puerto Rico en Middles Beach, cerca de Isabela, ofrecen una solución de mitigación para las comunidades y los activos comunitarios. Izquierda: Estudiantes y profesores de la UPR construyen paseos marítimos de madera a través de dunas frágiles para permitir el acceso a la playa sin causar daños. Derecha: Dunas plantadas con hierbas y uvas de playa. El área de intrusión de agua marina en el fondo se plantará para reparar esta brecha. Créditos fotográficos: Bridget Lussier, NOAA.

Además de los numerosos beneficios físicos de la plantación de vegetación, las plantas nativas y los ecosistemas de playa saludables también ofrecen un hábitat importante para la vida silvestre. En conjunto, estas actividades benefician a importantes especies de peces y vida silvestre (Figura 19), al tiempo que protegen a las comunidades detrás de las dunas (Figura 20).

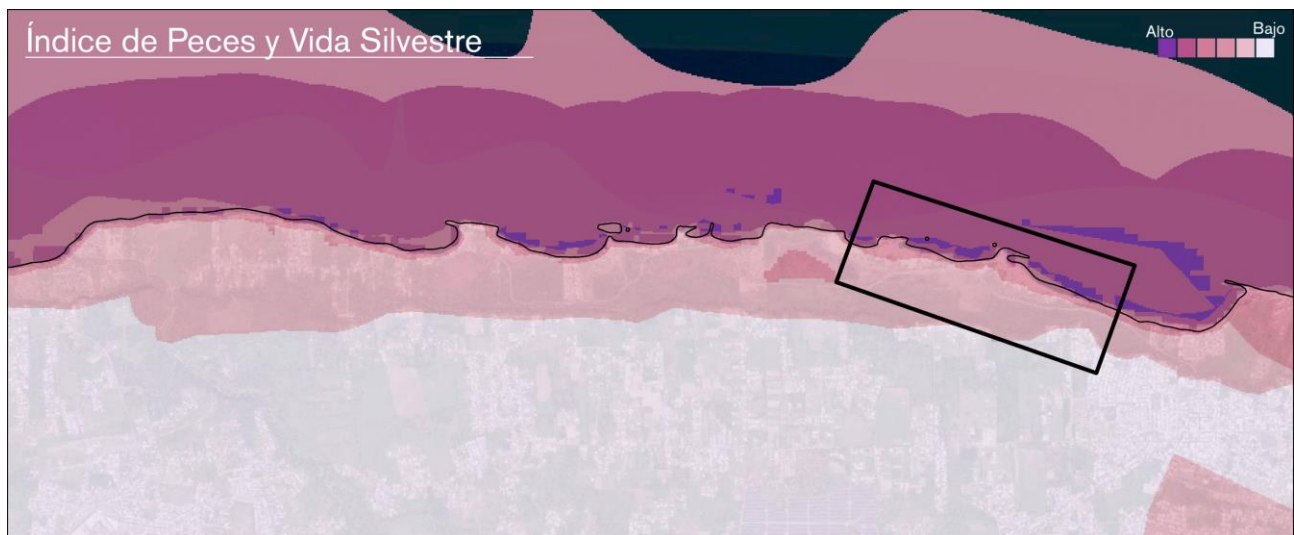


Figura 19. El sitio del proyecto de Middles Beach contiene una gama de valores moderados a muy altos en el Índice de Peces y Vida Silvestre. Esto se debe probablemente a los recursos de hábitat disponibles para las especies en el medio marino cerca de la costa y la zona costera inmediata.

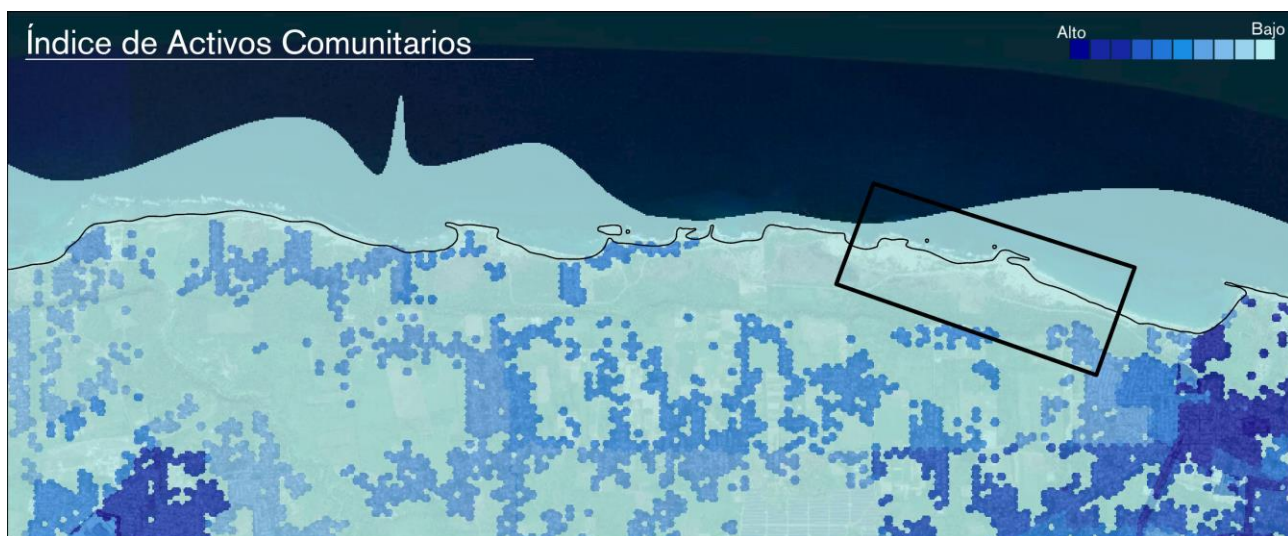


Figura 20. El Índice de Activos Comunitarios en el área del proyecto. Los proyectos de restauración de dunas tienen el potencial de mejorar la resiliencia general de la comunidad a los impactos de las amenazas de inundación.

Con la presencia de considerables amenazas de inundación, concentraciones de activos comunitarios costeros y hábitat de vida silvestre, el proyecto de restauración de Middles Beach demuestra la importancia de colocar proyectos de resiliencia en áreas que pueden aportar beneficios duales para las comunidades y los peces y la vida silvestre. La Evaluación revela cómo los Centros de Resiliencia son una herramienta útil para identificar áreas adecuadas para intervenciones basadas en la naturaleza y de desarrollo de la resiliencia. En las áreas que rodean Middles Beach, una variedad de centros de alta clasificación son visibles (Figura 21). Además, al visualizar la cuadrícula hexagonal de 4 hectáreas (10 acres), el usuario puede acceder a información de resolución más pequeña para comprender la variación en las puntuaciones dentro de un Centro de resiliencia. Los Centros de Resiliencia a lo largo de la costa, y en todo Puerto Rico, pueden ayudar en la priorización de hábitats para otros tipos similares de proyectos.

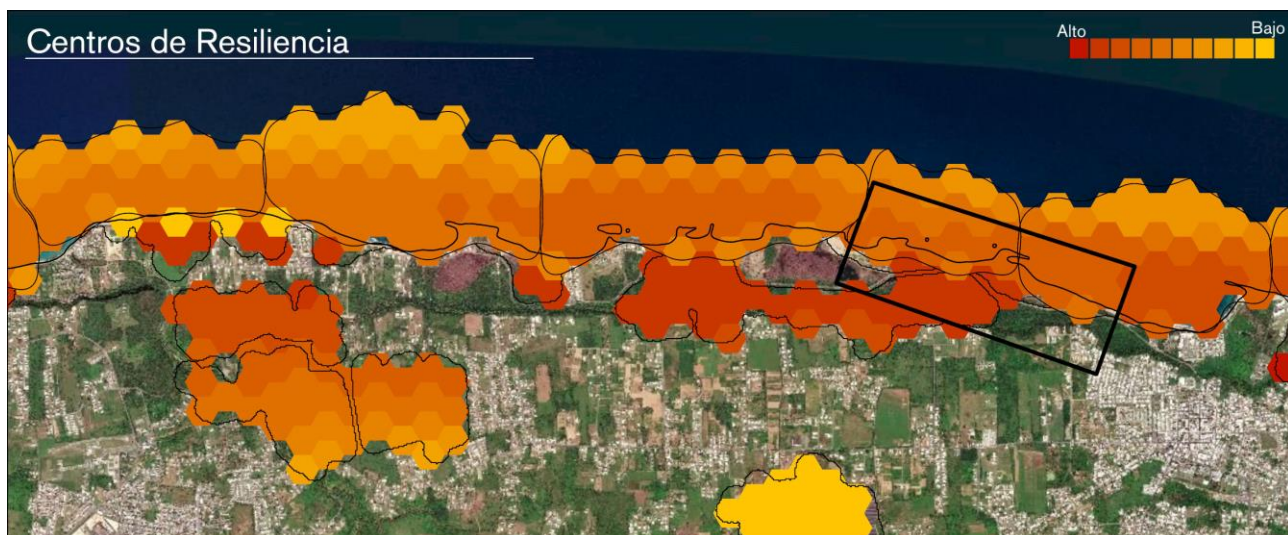


Figura 21. Los Centros de Resiliencia (contornos negros) en esta área indican que hay varias áreas posiblemente adecuadas para proyectos de restauración, incluido el sitio de proyecto de Middles Beach (rectángulo negro). Tenga en cuenta que los hexágonos de 4 hectáreas (10 acres) muestran la variación en las puntuaciones dentro de los Centros de Resiliencia.

Para lograr resultados exitosos, el proyecto desplegó un conjunto diverso de herramientas y recursos, incluyendo la captura de arena, la plantación de dunas, la construcción de paseos marítimos, la educación y

difusión a través de rótulos sobre los proyectos, y un vivero de plantas nativas para cultivar plantas utilizadas en la restauración (Figura 22). Estos esfuerzos críticos de restauración continuarán brindando importantes beneficios a las comunidades locales y a la vida silvestre. El equipo del proyecto de la UPR supervisa los sitios de restauración mediante el uso de drones y software de fotogrametría con el fin de ayudar a demostrar los impactos positivos de las características naturales y basadas en la naturaleza. Trabajar con los residentes locales y terratenientes para encontrar puntos en común ha sido y seguirá siendo crítico para su éxito. Para obtener más información sobre este proyecto y otros similares, visite el [sitio web del Fondo Nacional para la Resiliencia Costera](#) y la [Costa Digital de la NOAA](#).



Figura 22. Las características basadas en la naturaleza, como las dunas a lo largo de la costa norte de Puerto Rico en Middles Beach, cerca de Isabela, ofrecen una solución de mitigación para las comunidades y los activos comunitarios. Izquierda: mirando hacia el oeste por las dunas en Middles Beach, donde se ha restaurado el sistema de dunas. Derecha: Las tablillas de madera de los palés hacen que la arena se acumule, y desalienten el tráfico peatonal, haciendo que la arena se convierta en dunas. Créditos fotográficos: Bridget Lussier, NOAA.

CONCLUSIÓN

5.1 Resumen y conclusiones clave

A medida que las comunidades costeras e interiores de Puerto Rico lidian con las amenazas de inundación actuales y futuras de los acontecimientos naturales, las herramientas como esta Evaluación pueden ayudar a los responsables de la toma de decisiones y otras partes interesadas a utilizar los datos para tomar decisiones informadas sobre cómo identificar áreas que pueden ser adecuadas para proyectos de restauración centrados en la resiliencia y basados en la naturaleza. La NFWF y la NOAA permanecen comprometidas a apoyar programas y proyectos que mejoren la resiliencia comunitaria reduciendo la vulnerabilidad de las comunidades a las tormentas costeras, el aumento del nivel del mar y otros tipos de inundaciones costeras a través del fortalecimiento de los ecosistemas naturales y el hábitat de peces y vida silvestre que sustentan.

Con más de 480 kilómetros (300 millas) de costa, Puerto Rico sigue estando muy expuesto a una variedad de peligros relacionados con las inundaciones costeras en muchas áreas. Esto se agrava en áreas con mayores poblaciones y activos comunitarios, como San Juan y Ponce. Las comunidades interiores tampoco son inmunes a las amenazas relacionadas con inundaciones, especialmente en lo que se refiere a los eventos de precipitación intensa y las inundaciones fluviales o repentinas. Además, los efectos de las inundaciones costeras se exacerban cuando se combinan con fuertes precipitaciones en el interior, lo que sugiere que los esfuerzos para aumentar la resiliencia deberían considerar los beneficios de un enfoque holístico de toda la isla.

Puerto Rico es ecológicamente diverso, con una abundancia de activos de vida silvestre en ambientes terrestres, acuáticos y marinos. Combinando esta información del Índice de Peces y Vida Silvestre con el Índice de exposición a la comunidad, la Evaluación de Puerto Rico identifica los Centros de Resiliencia, o áreas donde los proyectos de desarrollo de resiliencia pueden beneficiar tanto a las comunidades humanas como a la vida silvestre.

5.2 Trabajo futuro

Las Evaluaciones de Resiliencia Costera Regional se elaboraron mediante un proceso iterativo respaldado por la orientación sustancial de expertos técnicos y regionales. Las Evaluaciones Regionales y la Herramienta de Evaluación y Emplazamiento de Resiliencia Costera (CREST) asociada seguirán actualizándose, afinándose y ampliándose en el futuro, según corresponda. La metodología general seguirá siendo evaluada y perfeccionada conforme sea necesario a través de Evaluaciones Regionales en curso en los Estados Unidos. La aplicación y el desarrollo continuo de las Evaluaciones ayudarán a la NFWF y a otros en la implementación de soluciones basadas en la naturaleza que fomenten la resiliencia de la comunidad ante las amenazas de inundación, al tiempo que benefician a las poblaciones de peces y vida silvestre en todo el país.

REFERENCIAS

- Bessette-Kirton, E.K., Cerovski-Darriau, C., Schulz, W.H., Coe, J.A., Kean, J.W., Godt, J.W., Thomas, M.A., Hughes, K.S. (2019) Landslides Triggered by Hurricane Maria: Assessment of an Extreme Event in Puerto Rico. *GSA Today* 29(6): 4-10. <https://doi.org/10.1130/GSATG383A.1>.
- Bridges, T.S., Wager, P.W., Burks-Copes, K.A., Bates, M.E., Collier, Z., Fischenich, C.J., Gailani, J.Z., Leuck, L.D., Piercy, C.D., Rosati, J.D., Russo, E.J., Shafer, D.J., Suedel, B.C., Vuxton, E.A., Wamsley, T.V. (2014) Use of Natural and Nature-Based Features (NNBF) For Coastal Resilience. ERDC SR-15-1. Vicksburg, MS: Centro de Investigación y Desarrollo del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos. Acceso al informe en línea: <https://usace.contentdm.oclc.org/digital/collection/p266001coll1/id/3442/>.
- Bunting P., Rosenqvist A., Lucas R.M., Rebelo L-M., Hilarides L., Thomas N., Hardy A., Itoh T., Shimada M., Finlayson C.M. (2018) The Global Mangrove Watch – A New 2010 Global Baseline of Mangrove Extent. *Remote Sensing* 10(10): 1669. <https://doi.org/10.3390/rs10101669>.
- Bush, D.M., Neal, W.J., Jackson, C.W. (2009) Summary of Puerto Rico's vulnerability to coastal hazards: Risk, mitigation, and management with examples. Kelley, J.T., Pilkey, O.H. y Cooper, J.A.G., (ed.). American's Most Vulnerable Coastal Communities: Geological Society of America Special Paper 460, p. 149-165. [https://doi.org/10.1130/2009.2460\(11\)](https://doi.org/10.1130/2009.2460(11)).
- Dobson, J.G., Johnson, I.P., Rhodes, K.A., Lussier, B.C. y Byler, K.A. (2020) Regional Coastal Resilience Assessments: Methodology and Data Report. Centro Nacional de Modelado y Análisis Ambiental de la Universidad de Carolina del Norte en Asheville. Preparado para la Fundación Nacional de Pesca y Vida Silvestre. Acceso en línea: <https://www.nfwf.org/programs/national-coastal-resilience-fund/regional-coastal-resilience-assessment>.
- Firehock, K. y Walker, R.A. (2019) Green Infrastructure: Map and Plan the Natural World with GIS. Esri Press, primera edición. ISBN: 9781589484863.
- Gornitz, V.M., Daniels, R.C., White, T.W., Birdwell, K.R. (1994) The Development of a Coastal Risk Assessment Database: Vulnerability to Sea-Level Rise in the U.S. Southeast. *Journal of Coastal Research* 12: 327-338. <http://www.jstor.org/stable/25735608>.
- Guannel, G., Arkema, K., Ruggiero, P., Verutes, G. (2016) The Power of Three: Coral Reefs, Seagrasses, and Mangroves Protect Coastal Regions and Increase Their Resilience. *PLoS ONE* 11(7): e0158094. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158094>.
- Komyakova, V., Munday, P.L., Jones, G.P. (2013) Relative Importance of Coral Cover, Habitat Complexity and Diversity in Determining the Structure of Reef Fish Communities. *PLoS ONE* 8(12): e83178. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0083178>.
- McCloskey, R.M., Unsworth, R.K.F. (2015) Decreasing seagrass density negatively influences associated fauna. *PeerJ* 3:e1053. <https://doi.org/10.7717/peerj.1053>.
- Monroe, W.H. (1979) Map showing landslides and areas of susceptibility to landsliding in Puerto Rico. United States Geological Survey, Department of the Interior. <https://doi.org/10.3133/i1148>.
- Narayan, S., Beck, J.W., Wilson, P., Thomas, C.J., Guerrero, A., Shepard, C.C., Reguero, B.G., Franco, G., Ingram, J.C., Trespalacios, D. (2017) The Value of Coastal Wetlands for Flood Damage Reduction in the Northeastern USA. *Scientific Reports* 7(9463). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-09269-z>.
- [NJ-DEP 2011] Departamento de Protección Ambiental de Nueva Jersey, Oficina de Administración Costera (2011) New Jersey's Coastal Community Vulnerability Assessment and Mapping Protocol. Acceso al informe en línea: http://www.midatlanticocean.org/022013_njccva_mp.pdf.
- Pasch, R.J., Penny, A.B., Berg, R. (2019) National Hurricane Center Tropical Cyclone Report: Hurricane Maria (AL152017). Servicio Nacional de Meteorología, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica. Acceso al informe en línea: https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL152017_Maria.pdf.

- [PR-DNER 2015] Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico (2015) Puerto Rico State Wildlife Action Plan: Ten Year Review. Acceso al informe en línea: <http://www.drna.pr.gov/documentos/puerto-rico-state-wildlife-action-plan-ten-year-review/>.
- [Puerto Rico Resiliente 2018] Comisión Asesora para un Puerto Rico Resiliente (2018) Relimagina Puerto Rico: Informe sectorial de infraestructura natural. San Juan, PR. Acceso al informe en línea: https://reimaginapuertorico.org/wp-content/uploads/2019/05/Infraestructura_Natural_Informe_Sectorial_Relimagina_Puerto_Rico_ESP_08.15.2018.pdf.
- USGCRP (2018) Impactos, riesgos y adaptación en los Estados Unidos: Cuarta Evaluación Nacional del Clima, Volumen II. Reidmiller, D.R., C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock y B.C. Stewart (ed.). U.S. Global Change Research Program, Washington, D.C., USA, 1515 pp. doi: 10.7930/NCA4.2018.

APÉNDICE

En las secciones siguientes se describen en detalle los datos utilizados para la Evaluación de Resiliencia Costera de Puerto Rico, así como cualquier desviación regional de las metodologías descritas en el Informe de metodología y datos (Dobson et al. 2020).

La Evaluación de Puerto Rico se completó con una resolución de 10 metros (30 pies) utilizando la proyección *Sistema de Coordenadas: Coordenadas Planas NAD 1983 — Puerto Rico e Islas Vírgenes FIPS 5200* (WKID 32161).

A. Resumen de datos

A.1 Índice de Amenazas

La siguiente es una lista completa de conjuntos de datos utilizados para crear el Índice de Amenazas para la Evaluación de Resiliencia Costera de Puerto Rico. **Los nombres de capas en negrita indican que los datos fuente eran específicos de la Evaluación de Puerto Rico.**

Nombre de la capa	Conjunto de datos y fuente
Áreas propensas a inundaciones	Capas nacionales de peligro de inundación de la FEMA, USDA-NRCS SSURGO (2.2 o posterior)
Aumento del nivel del mar	Oficina para la Administración Costera de la NOAA (2015 o posterior)
Marejada ciclónica	Modelo de Marejadas en Mares, Lagos y Tierra debidas a Huracanes (SLOSH) de la NOAA/NHC (2014 o posterior)
Áreas de pendiente baja	Conjunto de datos de elevación nacional del USGS, resolución de 10 metros o 30 pies (datos más recientes disponibles)
Erosionabilidad del suelo	USDA-NRCS SSURGO (2.2 o posterior)
Superficies impermeables	USDA-NRCS SSURGO (2.2 o posterior), Cubierta Terrestre del Programa de Análisis de Cambios Costeros de la NOAA (2010)
Factores estresantes geológicos: Susceptibilidad a los derrumbes de tierra	USGS/Oficina de Administración y Presupuesto a través de la descarga de geodatos de Puerto Rico (2013)
Inundación por tsunami	Departamento de Geología, Red Sísmica, Universidad de Puerto Rico en Mayagüez a través de la descarga de geodatos de Puerto Rico

A.2 Índice de Activos Comunitarios

La siguiente es una lista completa de conjuntos de datos utilizados para crear el Índice de Activos Comunitarios para la Evaluación de Resiliencia Costera de Puerto Rico. **Los nombres de capas en negrita indican que los datos fuente eran específicos de la Evaluación de Puerto Rico.**

Nombre de la capa	Conjunto de datos y fuente
Densidad de población	Oficina del Censo de los Estados Unidos, Encuesta de la Comunidad Estadounidense 2016, geografía del grupo de bloques
Vulnerabilidad social	Herramienta de evaluación y mapeo de justicia ambiental de la EPA de EE. UU. (2016 o posterior)
Instalaciones críticas	Estaciones de bomberos: Conjunto de datos de estructuras nacionales del USGS; estaciones de policía, escuelas e instalaciones médicas: Datos identificados durante el taller de partes interesadas.
Parcelas	Datos locales identificados durante el taller de partes interesadas (Registro de parcelas PR, 2017)
Huellas de construcción	OpenStreetMap

Infraestructura crítica (*información diversa, consulte a continuación*)

Carreteras principales	<i>Datos identificados durante el taller de partes interesadas y de la Autoridad de Carreteras y Transporte a través de la descarga de geodatos de Puerto Rico</i>
Puentes	<i>Administración Federal de Carreteras: Inventario nacional de puentes (v.7 o posterior)</i>
Pistas de aeropuerto	<i>Junta de Planificación de Puerto Rico a través de la descarga de geodatos de Puerto Rico</i>
Puertos/helipuertos	<i>Junta de Planificación de Puerto Rico a través de la descarga de geodatos de Puerto Rico, Helipuertos adicionales digitalizados por el equipo de NEMAC según corresponda</i>
Plantas y subestaciones eléctricas	<i>Datos identificados durante el taller de partes interesadas y de la Autoridad de Energía Eléctrica a través de la descarga de geodatos de Puerto Rico</i>
Instalaciones de tratamiento de aguas residuales	<i>Autoridad de Acueductos y Alcantarillados a través de la descarga de geodatos de Puerto Rico</i>
Ferrocarriles (tren urbano)	<i>Autoridad de Carreteras y Transporte a través de la descarga de geodatos de Puerto Rico</i>
Terminales de ferry	<i>Ubicaciones digitalizadas por el equipo de NEMAC</i>
Principales represas	<i>Base de Datos del Atlas Nacional de Transporte del Departamento de Transporte de los Estados Unidos (USDOT)/Oficina de Estadísticas Laborales (2015 o posterior)</i>
Terminales de petróleo	<i>Administración de Información Energética de los Estados Unidos: EIA-815, Informe mensual de terminales a granel y mezclador</i>
Sitios peligrosos	<i>Servicio de Registro de Instalaciones de la EPA de EE. UU. (2016 o posterior)</i>
Puertos deportivos	<i>Ubicaciones digitalizadas por el equipo de NEMAC</i>

A.3 Índice Terrestre

En la tabla siguiente se enumeran los conjuntos de datos que se utilizaron para crear el Índice Terrestre para Puerto Rico.

Nombre del conjunto de datos	Fuente y año
Cubierta terrestre de C-CAP	Oficina para la Administración Costera de la NOAA (2010)
Inventario Nacional de Humedales	Servicio de Pesca y Vida Silvestre de EE. UU. (datos más recientes disponibles)
Conjunto de datos de hidrografía nacional	USGS (datos más recientes disponibles)
Cubierta terrestre de GAP	USGS (2006)
Áreas importantes para aves y áreas clave de biodiversidad	BirdLife International (2020)
Hábitat de especies del Índice de sensibilidad ambiental	Oficina de Respuesta y Restauración de la NOAA (2000)
Designaciones críticas de hábitat	NOAA y USFWS (datos más recientes disponibles)
Lista de especies del Plan de Acción de Vida Silvestre del Estado	Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico (2015)
Esquema de clasificación de hábitats	Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (versión 3.1)
Base de datos de áreas protegidas de EE. UU. (PADUS)	USGS (versión 2.0)
Áreas de vida silvestre críticas	Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico (2015)

A.4 Índice Marino

En la tabla siguiente se enumeran los conjuntos de datos utilizados para crear el Índice Marino para Puerto Rico.

Nombre del conjunto de datos	Fuente y año
Designaciones críticas de hábitat	NOAA y USFWS (datos más recientes disponibles)
Hábitat Esencial para Peces	Pesquerías de la NOAA (2018)
Hábitat Esencial para Peces, Áreas Protegidas de la Pesca	Pesquerías de la NOAA (2018)
Áreas de Hábitat de Interés Particular	Pesquerías de la NOAA (2018)
Mapas de hábitat bentónico	Centros Nacionales de Ciencia Oceánica Costera de la NOAA (2015)
Estudios de cubierta de corales	Programa Nacional de Monitoreo de Arrecifes de Coral de la NOAA (2014, 2016)
Monitor global de manglares	UNEP y otros (2010/2016)

A.5 Centros de Resiliencia

En la tabla siguiente se enumeran los conjuntos de datos utilizados para crear los Centros de Resiliencia para Puerto Rico.

Nombre del conjunto de datos	Fuente y año
Atlas de la cubierta terrestre de C-CAP	Oficina para la Administración Costera de la NOAA (2010)
Inventario Nacional de Humedales	Servicio de Pesca y Vida Silvestre de EE. UU. (datos más recientes disponibles)
Conjunto de datos de hidrografía nacional	Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) 1:24,000
Batimetría	Modelo de Alivio Costero de EE. UU. del Centros Nacionales de Información Ambiental (NCEI)
Estudios de cubierta de corales	Programa Nacional de Monitoreo de Arrecifes de Coral de la NOAA (2014, 2016)
Mapas de hábitat bentónico	Centros Nacionales de Ciencia Oceánica Costera de la NOAA (2015)
Monitor global de manglares	UNEP y otros (2010/2016)
Conjunto de datos de elevación nacional	Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), Centro de Datos del Centro para la Observación y Ciencia de los Recursos de la Tierra (EROS)
Estudio sobre suelos de SSURGO	USDA, NRCS
Polilínea de carreteras	OpenStreetMap (datos más recientes disponibles)
Polilínea de carreteras	OpenStreetMap (datos más recientes disponibles)

B. Metodología detallada: Índice de Amenazas

El Índice de Amenazas de Puerto Rico fue creado siguiendo la metodología descrita en el Informe de metodología y datos (Dobson et al. 2020). Para cualquier información que no se describe aquí, consulte Dobson et al. (2020) para obtener más detalles.

B.1 Factores estresantes geológicos: Susceptibilidad a los derrumbes de tierra

Este conjunto de datos modela la susceptibilidad a los derrumbes de tierra para Puerto Rico, Vieques y la Isla de Culebra e identifica todas las pendientes superiores al 50 por ciento como que tienen un alto riesgo de derrumbes de tierra. Para incorporar estos datos en el modelo, se utilizaron las dos clasificaciones más altas de susceptibilidad a los derrumbes de tierra y se clasificaron según la tabla a continuación.

Susceptibilidad a derrumbes de tierra en Puerto Rico	Valor de clasificación
Pendiente inferior al 50%	0
“Alta susceptibilidad a derrumbes de tierra”	1
“La más alta susceptibilidad a derrumbes de tierra”	2

B.2 Inundación por tsunami

La trama de elevación de inundaciones por tsunami de Puerto Rico (2012) fue desarrollada por el Programa de Preparación para Tsunamis de la Universidad de Puerto Rico en colaboración con el Departamento de Ciencias Marinas y el Departamento de Geología de la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez. El conjunto de datos Trama de Elevación de Inundación por Tsunami Máximo de Máximo (MOMRAS) modela la altura de inundación sobre el suelo para un punto determinado (es decir, los datos de salida del modelo de propagación e inundación por tsunami) y se convierte en un archivo de cuadrícula.

Distribución de inundación por tsunami en Puerto Rico	Valor de clasificación
0	0
<= 0.30	1
<= 0.61	2
<= 1.01	3
<= 1.81	4
<= 15.9	5

B.3 Cálculo del Índice de Amenazas

El Índice de Amenazas se clasificó en 10 clases con el fin de multiplicarlas y, en última instancia, crear el Índice de Exposición Comunitaria. A continuación se muestra la clasificación que se utilizó para el Índice de Amenazas de Puerto Rico.

Distribución del Índice de Amenazas de Puerto Rico

Valor de Ruptura del Índice de Amenazas	0	1	2 - 3	4	5	6 - 8	9	10	11 - 15	16 - 35
Valor de clasificación final	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

C. Metodología detallada: Índice de Activos Comunitarios

C.1 Densidad de población

El seguimiento de la metodología para la densidad de población se detalla en el Informe de metodología y datos (Dobson et al. 2020); la distribución que se muestra en la siguiente tabla se utilizó para clasificar la densidad de población en Puerto Rico.

Distribución de densidad de población para Puerto Rico	Valor de clasificación
0	0
≤ 21.771	1
≤ 40.194	2
≤ 101.6	3
≤ 221.33	4
≤ 553.461	5

C.2 Vulnerabilidad social

El seguimiento de la metodología para la vulnerabilidad social se detalla en el Informe de metodología y datos (Dobson et al. 2020); la distribución que se muestra en la siguiente tabla se utilizó para clasificar la vulnerabilidad social en Puerto Rico.

Distribución de vulnerabilidad social para Puerto Rico	Valor de clasificación
0	0
<= 88.745	1
<= 90.956	2
<= 90.256	3
<= 96.062	4
<= 100	5

C.3 Modificaciones realizadas en la información de infraestructura crítica e instalaciones críticas

Es necesario revisar la infraestructura e instalaciones críticas específicas de cada región para identificar los datos que no sean aplicables y/o cualquier información adicional que se deba tener en cuenta. La tabla de la sección A.2 identifica las fuentes de datos y los datos que se incluyeron en la Evaluación de Puerto Rico.

Los datos de infraestructura e instalaciones se incluyeron en el análisis siguiendo las mismas metodologías que se encuentran en el Informe de metodología y datos (Dobson et al. 2020).

C.4 Cálculo del Índice de Activos Comunitarios

El Índice de Activos Comunitarios se clasificó en 10 clases con el fin de multiplicarlas y, en última instancia, crear el Índice de Exposición Comunitaria. A continuación se muestra la clasificación que se utilizó para el Índice de Activos Comunitarios de Puerto Rico.

Distribución del Índice de Activos Comunitarios de Puerto Rico

Valor de ruptura del Índice de Activos Comunitarios	0	1	2	3	4	5	6	7 - 8	9	10 - 16
Valor de clasificación final	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

D. Metodología detallada: Índice de Exposición Comunitaria

Después de clasificar el Índice de Amenazas y el Índice de Activos Comunitarios en 10 clases cada uno, se multiplican para crear el Índice de Exposición Comunitaria. La exposición es la superposición de activos comunitarios y amenazas de inundación. Como esta multiplicación da como resultado un índice final con valores de 1 a 100, el Índice de Exposición Comunitaria se clasifica aún más para facilitar el trabajo y la comprensión de los resultados. La distribución utilizada para el Índice de Exposición Comunitaria en Puerto Rico se muestra a continuación.

Distribución del Índice de Exposición Comunitaria de Puerto Rico

Valor de ruptura del Índice de exposición comunitaria	0 - 2	3	4	5	6 - 7	8 - 10	11 - 17	18 - 30	31 - 54	55 - 100
Valor de clasificación final	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

E. Metodología detallada: Índice de Peces y Vida Silvestre

E.1 Cálculo del Índice Terrestre

El Índice Terrestre para Puerto Rico se basa en la misma metodología descrita en el Informe de metodología y datos (Dobson et al. 2020). Sin embargo, debido a las diferencias regionales, los grupos taxonómicos entre regiones pueden diferir. Los grupos taxonómicos incluidos dependen de las especies de interés determinadas por el Plan de Acción de Vida Silvestre del Estado de cada región y las especies enumeradas en la Ley de Especies en Peligro de Extinción. Las preferencias de hábitat para estas especies se identificaron en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Los siguientes grupos taxonómicos y especies asociadas se incorporaron al Índice Terrestre de Puerto Rico.

Anfibios

Sapo concho puertorriqueño	Coquí caoba	Coquí de Mona
Coquí de las hierbas	Coquí duende	Coquí verrugoso
Coquí grillo	Rana rugosa	Coquí de la montaña
Coquí de Hedrick	Coquí dorado	Coquí palmeado
Coquí de Eneida	Coquí guajón	

Aves

Pato quijada colorada	Querequequé	Reinita tigre
Carpintero de Puerto Rico	Guabairo de Puerto Rico	Reinita galana
San Pedrito	Paloma sabanera	Reinita trepadora
Pájaro bobo piquiamarillo	Paloma perdiz áurea	Candelita
Pájaro bobo mayor	Paloma perdiz de Martinica	Pizpita de mangle
Zumbador verde	Carrao	Juí blanco
Zumbador pechiazul	Gallareta azul	Julián chiví
Esmeralda puertorriqueña	Playero aliblanco	Reinita de bosque enano
Múcaro común	Ostrero americano	Mariquita
Múcaro real	Chorlito marítimo	Reinita amarilla
Juí	Guaraguao de bosque	Reinita pechidorada
Clérigo	Tigua	Pizpita dorada
Bienteveo	Zaramago	Pato chorizo
Chorlito melódico	Martinetito	Palometa
Gorrión chicharra	Pizpita de río	Playero gordo
Zorzalito de Bicknell	Llorosa	Charrán oscuro
Reinita alidorada	Reina mora	Cervera parda
Boba patirroja	Calandria	Boba enmascarada
Boba parda	Paloma cabeciblanca	Pampero de Audubon
Tijereta	Bobito	Chiriría caribeña
Pelícano pardo	Chorlito blanco	Chirre piquirrojo
Charrán monja	Chirre	
Gavilán de sierra	Vencejo negro	

Peces de agua dulce, de agua salobre, anfídomos y/o diádromos

Guavina esmeralda	Masaguán	Saga
Cetí	Moroncillo	Pez pipa de agua dulce
Anguila	Guavina bocón	Viejo

Invertebrados de agua dulce

Guabara
Buruquena

Reptiles

Lagartijo gigante de Culebra	Tortuga verde	Salamanquita de Desecheo
Lagarto pigmeo	Tortuga carey	Salamanquita de Monito
Iguana de Mona	Tortuga tinglar	

Mamíferos terrestres

Murciélago rojo	Murciélago frutero nativo	Murciélago hocico de cerdo
Murciélago frutero común	Murciélago bigotudo mayor	Murciélago viejo
Murciélago pescador	Murciélago alioscuro	

La distribución para el Índice Terrestre de Puerto Rico se muestra a continuación. El valor de clasificación final para el Índice se determinó utilizando una distribución cuantitativa y luego se combina con el Índice Marino para crear el Índice de Peces y Vida Silvestre.

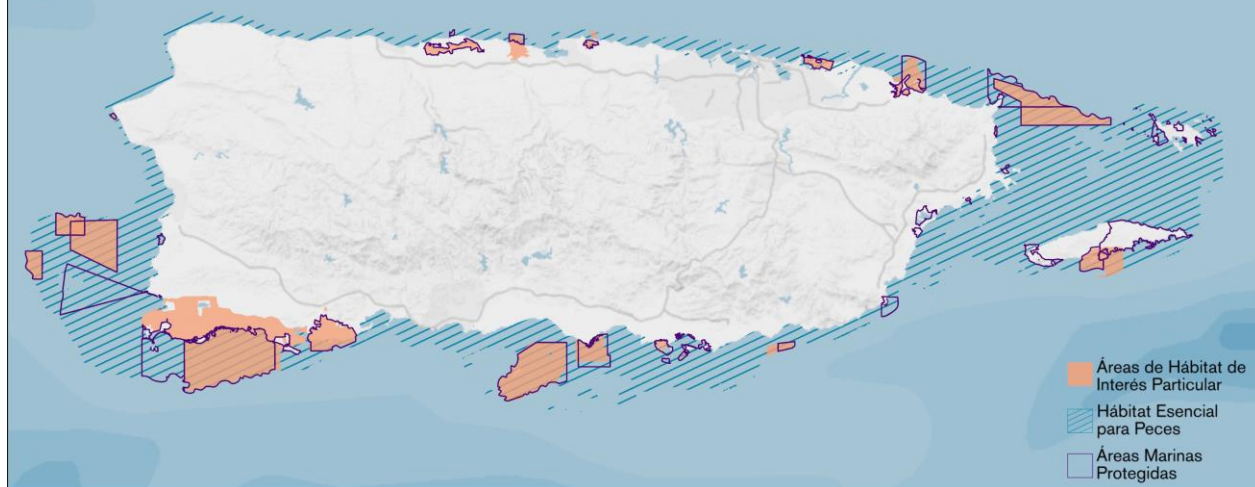
Distribución del Índice Terrestre de Puerto Rico

Valores de ruptura del Índice Terrestre	0	1 - 6	7	8 - 18
Valor de clasificación final	1	2	3	4

E.2 Cálculo del Índice Marino

La metodología descrita en el Informe de metodología y datos (Dobson et al. 2020) fue seguida exactamente para Puerto Rico. La única desviación fue excluir un área de Hábitat Esencial para Peces, el área de Restricción de herramientas de la ZEE del Caribe, ya que era irrelevante para los objetivos de esta Evaluación. Además, en el Caribe se incluyó el Hábitat Esencial para Peces para las Especies Altamente Migratorias (HMS) del Atlántico; se dieron valores más altos a las etapas de vida larvaria, juvenil o neonata para las HMS en comparación con las etapas de vida adulta. Como hay múltiples especies altamente migratorias con Hábitats Esenciales para Peces (EFH) en y alrededor de Puerto Rico, las áreas con EFH para múltiples especies/etapas de vida recibieron un valor más alto. Consulte el [Apéndice A.4](#) para obtener detalles sobre los conjuntos de datos utilizados en este análisis y el mapa siguiente para la distribución del Hábitat Esencial para Peces, Áreas Marinas Protegidas y Áreas de Hábitat de Interés Particular utilizadas en la Evaluación.

Designaciones del Índice Marino



La extensión espacial de los arrecifes de coral, las curvas de hierba marina y los manglares incluidos en la Evaluación se muestran en el siguiente mapa. Las clasificaciones para la cubierta de corales y la cubierta de hierba marina en Puerto Rico se muestran en las tablas siguientes, utilizando los datos recopilados de 2014 a 2016. Estas distribuciones difieren según la región. Tenga en cuenta que la cubierta de corales se clasificó en una escala de 5 clases para que coincida con la de la cubierta de hierba marina.

Hábitats del Índice Marino



Porcentaje de cubierta de corales en Puerto Rico

Valor de clasificación

0	0
<= 2.19	2
<= 6.25	3
<= 7.82	4
<= 10.04	5

Cubierta de hierba marina en Puerto Rico	Valor de clasificación
0	0
Irregular, 10 - <30%	1
Irregular, 30 - <50%	2
Irregular, 50 - <70%	3
Irregular, 70 - <90%	4
Continuo	5

La distribución para el Índice Marino se muestra a continuación. El valor de clasificación final se determinó utilizando una distribución de rupturas naturales para el Índice y luego se combinó con el Índice Terrestre para crear el Índice de Peces y Vida Silvestre.

Distribución del Índice Marino de Puerto Rico

Valor de ruptura del Índice Marino	0	1 - 4	5 - 7	8 - 18
Valor de clasificación final	1	2	3	4

E.3 Cálculo del Índice de Peces y Vida Silvestre

A continuación se muestra la distribución para el Índice de Peces y Vida Silvestre de Puerto Rico. Como se explica en el Informe de metodología y datos (Dobson et al. 2020), el Índice Terrestre y el Índice Marino se clasifican en cuatro clases antes de que se combinan para crear el Índice de Peces y Vida Silvestre.

Distribución del Índice de Peces y Vida Silvestre de Puerto Rico

Valores de ruptura del Índice de Peces y Vida Silvestre	2	3 - 4	5	6	7 - 8	9 - 11
Valor de clasificación final	1	2	3	4	5	6

Utilizando una distribución cuantitativa, el Índice de Peces y Vida Silvestre fue reclasificado para mantenerse consistente entre las regiones de Evaluación Regional y permitir a los lectores distinguir más fácilmente los valores.

F. Metodología detallada: Centros de Resiliencia

La metodología descrita en el Informe de metodología y datos (Dobson et al. 2020) para crear los Centros de Resiliencia fue seguida exactamente para Puerto Rico.