

# Infraestructura Natural – Costas, Agua y Bosques

## Resumen

Comisión Asesora para un  
Puerto Rico Resiliente

Febrero 2018

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Descripción general de la infraestructura natural en Puerto Rico</b>	<b>3</b>
	<b>Características principales y tendencias de la infraestructura natural</b>	<b>4</b>
	i. Recursos costeros y marinos	4
	ii. Recursos de agua dulce	4
	iii. Recursos forestales	5
	<b>Retos y vulnerabilidades previo a los huracanes Irma y María</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Políticas existentes relacionadas a la infraestructura natural</b>	<b>8</b>
	<b>Entidades estatales, federales y no gubernamentales</b>	<b>8</b>
	<b>Políticas y planes estatales y federales</b>	<b>9</b>
	<b>Políticas estatales y federales relevantes aprobadas como parte de los esfuerzos de recuperación</b>	<b>11</b>
	i. Puerto Rico	11
	ii. Federal	11
<b>4</b>	<b>Impactos de los huracanes en la infraestructura natural</b>	<b>12</b>
	<b>Áreas clave de interrupción</b>	<b>12</b>
	i. Recursos costeros y marinos	12
	ii. Recursos de agua dulce	13
	iii. Recursos forestales	13
	<b>La infraestructura natural como infraestructura crítica</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Áreas de oportunidad para la resiliencia</b>	<b>15</b>
	<b>Descripción de las áreas de enfoque para la resiliencia</b>	<b>15</b>
	i. Recursos marinos y costeros	16
	ii. Recursos de agua dulce	16
	iii. Recursos forestales y agrícolas	17
	<b>Mejores prácticas de otras áreas comparables</b>	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>Referencias</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>Anejos</b>	<b>21</b>

# 1 Introducción

La infraestructura natural de Puerto Rico la constituyen los ecosistemas marinos, costeros, de agua dulce, además de los forestales y agrícolas, los cuales proveen bienes y servicios a la población. La infraestructura natural, tanto como la construida, desempeña un papel importante en el desarrollo del país; es el fundamento para sostener la vida, el desarrollo económico, físico y social.

Durante los pasados años, la infraestructura natural de Puerto Rico ha estado sujeta a diversos factores de estrés natural y antropogénico. Sin embargo, muchos de los ecosistemas han tenido la capacidad de recuperarse y continuar proveyendo sus bienes y servicios, aún sin la necesidad de intervención humana. Este potencial de recuperación, conocido como resiliencia, se define como *la capacidad de los sistemas, individuos, comunidades, instituciones y negocios para sobrevivir, adaptarse y crecer, no importa el tipo de estrés crónico o evento agudo que haya experimentado*. Recientemente, Puerto Rico experimentó los impactos de los huracanes Irma y María, eventos naturales que tuvieron múltiples efectos sobre los bienes y servicios ecosistémicos de esta infraestructura natural.

**Principales Shocks y Estresores en Puerto Rico**

- Infraestructura en obsolescencia
- Inundaciones costeras y mareales
- Reducción en población / fuga de capital humano
- Aumento en población adulta mayor
- Brotes de enfermedades
- Terremotos
- Eventos extremos del tiempo
- Fallas de infraestructura

## 2 Descripción general de la infraestructura natural en Puerto Rico

Puerto Rico está ubicado entre el Océano Atlántico y el Mar Caribe. Su territorio está compuesto por una isla principal y otras islas pequeñas, cayos, aguas territoriales y terrenos sumergidos, que comprenden un área total de 8,529 millas cuadradas (mi<sup>2</sup>) (DRNA, 2017a). La porción terrestre tiene un área de 3,454 mi<sup>2</sup> y los terrenos sumergidos comprenden unas 5,075 mi<sup>2</sup> (DRNA, 2017a). Puerto Rico tiene 44 municipios costeros, incluyendo las islas municipio de Vieques y Culebra. La isla de Puerto Rico y las islas-municipio de Vieques y Culebra se encuentran habitadas.

**Figura 1. Municipios costeros y aguas territoriales de Puerto Rico**



## Características principales y tendencias de la infraestructura natural

### i. Recursos costeros y marinos

Los ecosistemas costeros y marinos son diversos e incluyen humedales, hábitats de tierra firme y de litoral (DRNA, 2013). Los humedales se encuentran entre los hábitats más productivos de la costa, donde predominan los de humedales de agua dulce sobre los salinos (Gould et. al, 2007). Los humedales de agua dulce están dominados por vegetación herbácea, la cual se inunda estacionalmente. Los humedales costeros forestados cubren aproximadamente el 1% del territorio del País, de los que 67km<sup>2</sup> son manglares y 2.6km<sup>2</sup> son pantanos de *Pterocarpus* (Gould et. al, 2007).

Los hábitats de tierra firme en la costa están compuestos mayormente por bosques secundarios, cocales y ambientes construidos. Mientras que el litoral se caracteriza por las playas arenosas, rocosas, manglares y planicies aluviales (Barreto, 2017). En las 799 millas de costa de Puerto Rico, se han identificado 1,225 unidades de playas, siendo estas el tipo de costa más común. Las playas arenosas con formaciones de dunas predominan en el norte de la Isla (Barreto, 2017).

Las aguas tropicales que rodean a Puerto Rico mantienen las condiciones aptas para el desarrollo de una diversidad de ecosistemas marinos que incluyen yerbazales, praderas de algas y arrecifes de coral. Puerto Rico está rodeado por sobre 5,000 km<sup>2</sup> de arrecifes poco profundos.<sup>1</sup> Las principales formaciones de arrecifes de coral se encuentran al este, noreste y suroeste, aunque existen formaciones más pequeñas al norte de la Isla (DRNA, 2009). En las aguas territoriales se han identificado unas 228 especies de coral y 800 especies de peces de arrecifes (DRNA, 2015). Además, se han documentado siete especies de yerbas marinas.

Las costas de Puerto Rico albergan los complejos de generación de energía eléctrica, las plantas de tratamiento de aguas residuales, puertos y aeropuertos, carreteras, entre otra infraestructura crítica. Los recursos costeros y marinos también son intensamente utilizados para actividades económicas, recreativas y turísticas. Las playas son un recurso importante no solo para la vida silvestre, sino para el turismo y la recreación. De hecho, ir a la playa es una de las actividades de recreación al aire libre preferida por el 63.1% de los puertorriqueños (SCORP, 2013). Actualmente, en la zona costanera de Puerto Rico se han protegido 44 áreas naturales mediante diversos mecanismos, las cuales además de humedales contienen hábitats de tierra firme, aguas costeras y terrenos sumergidos (DRNA, 2013). En Puerto Rico, además, hay seis áreas con cierres permanentes a la pesca y tres cierres estacionales.

### ii. Recursos de agua dulce

Puerto Rico cuenta con recursos de agua dulce superficiales y subterráneos. Los recursos de agua superficiales se dividen en 134 cuencas hidrográficas, subdivididas en 54 cuencas mayores, 10 cuencas menores y 70 áreas costaneras (DRNA,2016b). En la Isla hay 224 ríos (5,052 millas), de los cuales 55 desembocan al mar y 553 quebradas con nombre (JCA, 2016). Es importante indicar que las islas municipio de Vieques y Culebra carecen de cuerpos de agua dulce superficiales perennes, excepto por algunas quebradas intermitentes. En la Isla hay 38 embalses que comprenden unos 7,232 acres, dos de los cuales fueron construidos fuera del cauce del río para

---

<sup>1</sup> <https://www.coris.noaa.gov/portals/puertorico.html>

reducir la sedimentación y los impactos a la vida silvestre acuática, particularmente las especies acuáticas nativas (DRNA, 2016b; JCA, 2016). En Puerto Rico existen 34 lagunas principales, la mayoría ubicadas en las costas. Dos de estas, Tortuguero y Cartagena, son las únicas remanentes de agua dulce.

Los cuerpos de agua subterráneos más importantes de Puerto Rico son los acuíferos de la costa Norte, los acuíferos de la costa Sur y los acuíferos de los valles de Caguas, Juncos y Cayey, que son los de mayor caudal entre los acuíferos de los valles interiores (DRNA, 2016b). Los acuíferos de la costa Norte se extienden desde Luquillo hasta Aguadilla y consisten de roca caliza y formaciones aluviales en los valles de los ríos. Estos acuíferos se recargan principalmente por la percolación del agua de lluvia, de las escorrentías a través de sumideros e infiltración por el fondo de los ríos. Se divide en dos, acuífero superior e inferior y, aunque ambos descargan al mar, el superior descarga a ecosistemas costeros importantes como el Caño Tiburones, el cual es el humedal herbáceo más grande de Puerto Rico y la Laguna Tortuguero. Mientras que el inferior es la fuente principal para las industrias entre Manatí y Barceloneta.

Los acuíferos de la costa Sur son un sistema de acuíferos aluviales costeros que se extienden desde Patillas hasta el Valle de Lajas. Es la fuente principal de agua potable para los municipios de Salinas, Santa Isabel Coamo y Guánica, y la fuente de agua dulce que sostiene el estuario de la Bahía de Jobos, única Reserva Nacional Estuarina en Puerto Rico y el Caribe protegida (DRNA, 2016b; DRNA, 2017b). Una de las fuentes de recarga más importantes para este acuífero ha sido el excedente de agua que se utiliza para el riego de los cultivos del área; aunque cambios en los métodos de irrigación y la reducción de la precipitación a lo largo del tiempo han causado una disminución en el aporte de agua dulce de los acuíferos del sur (DRNA 2016b; USGS, 2010). Otras fuentes son la lluvia y la escorrentía de ríos y quebradas, las cuales no son suficientes para reemplazar la cantidad extraída. Mientras que los acuíferos de los valles interiores se recargan mayormente del agua de lluvia y las escorrentías.

Las extracciones de aguas superficiales y subterráneas en Puerto Rico se utilizan para uso residencial, comercial, industrial, gobierno y uso público, industrial, agrícola y para las plantas hidroeléctricas, ed. adición a los usos ecosistémicos. En Puerto Rico se extraen cerca de 724 mgd de agua dulce- 83.7% superficial y 16.3% subterránea- para satisfacer las necesidades sociales y económicas del País, excepto para la generación de energía.

Los embalses son la fuente principal de agua potable en Puerto Rico; suplen agua para riego principalmente en los valles costaneros de la Región Sur; proporcionan agua para generar aproximadamente el 1.9% de la energía eléctrica; proveen control parcial a las inundaciones en varias cuencas y son áreas para la recreación, particularmente la pesca en aguas interiores. Estos embalses son fuente de recreación para miles de residentes dedicados a la pesca deportiva y navegación y proveen hábitat para la vida silvestre (DRNA, 2016b).

### **iii. Recursos forestales**

La cubierta forestal en Puerto Rico se estima en 58.9% (DRNA, 2016). Se estima que el 68% de la cobertura forestal de Puerto Rico son bosques secundarios jóvenes y el 12% bosques maduros. Los cambios en los usos de terreno, las transformaciones de las actividades económicas, las implantación de políticas ambientales, la concientización ciudadana y la reciente crisis económica han sido factores clave en la transformación de la cobertura forestal de Puerto Rico.

Los bosques ribereños son los terrenos adyacentes a los cuerpos de aguas, como ríos, quebradas, pantanos y costas. La abundancia y riqueza de especies tienden a ser mayor en los ecosistemas ribereños que en las tierras altas (Odum

1979 en DRNA, 2016). Los bosques ribereños proveen importantes servicios para propiciar la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, mientras habilitan y fortalecen el balance ecológico de especies acuáticas y terrestres a lo largo de las cuencas hidrográficas. El estado de los bosques riparios inciden directamente en la calidad y el funcionamiento de los recursos costeros, recursos de agua dulce y en el aprovechamiento de los mismos para las actividades económicas y sociales en Puerto Rico.

Los bosques urbanos son ecosistemas forestados caracterizados por una alta concentración de población humana (Dwyer et al., 2000). La vegetación dentro de los entornos urbanos es importante para proporcionar hábitat a la vida silvestre, servicios ambientales relacionados con el agua, control de calor, calidad del aire, regulación de la temperatura y almacenamiento de carbono, así como espacios de contemplación de paisaje y actividades recreativas. Reservas forestales urbanas como el Bosque Urbano de San Patricio y el Bosque Urbano del Tercer Milenio, ambas administradas por el DRNA, han brindado estos servicios ecosistémicos al área metropolitana de San Juan durante décadas.

### Retos y vulnerabilidades previo a los huracanes Irma y María

La infraestructura natural de Puerto Rico está expuesta a estresores naturales principales están asociados a eventos climáticos o a especies exóticas invasoras y a factores antropogénicos, los cuales han afectado a los recursos costeros, marinos y de agua dulce por décadas. El cambio climático añade retos adicionales, incrementando la vulnerabilidad existente. En Puerto Rico se prevén variaciones en el ciclo hidrológico que pudieran reducir la disponibilidad de agua y el aumento en los eventos de lluvia extrema tendrían efectos adversos sobre los humedales, los recursos marinos y los cuerpos de agua dulce superficiales y subterráneos.

La competencia por los usos de terrenos se podría considerar el reto principal de la infraestructura natural en Puerto Rico. Esto ha causado la pérdida y degradación de los hábitats, lo que constituye una de las razones principales de la extinción, amenaza o vulnerabilidad de las especies. Por décadas, las costas de Puerto Rico han estado sujetas a fuertes presiones de desarrollo para usos no dependientes del agua. Esto ha traído consigo problemas de acceso a la costa y pérdida y degradación de los hábitats costeros, particularmente los humedales y de los ambientes marinos, así como conflictos entre usos y usuarios. Las costas, especialmente en el norte y oeste, son susceptibles a fuertes marejadas producidas por frentes fríos, las cuales en ocasiones generan eventos severos de erosión. Un análisis reciente encontró que aproximadamente el 60% de las playas de Puerto Rico exhiben algún tipo de erosión, siendo más severa en Loíza, Arroyo, Rincón, Humacao y Dorado (Barreto, 2017). Otras costas, particularmente en el sureste, son más susceptibles a los efectos de la marejada ciclónica. Mientras que las áreas bajas son susceptibles al aumento en el nivel del mar e, incluso, las áreas un poco más alejadas del litoral, donde el nivel freático es alto, están expuestas a “inundaciones molestosas” que tienen impactos sobre las actividades diarias de la población. Aunque es un tema poco estudiado, se ha comenzado a observar en áreas del Condado y en Aguadilla.

Los humedales costeros también han sido severamente impactados y durante siglos su cobertura se redujo sustancialmente. Sin embargo, en lo que respecta a los manglares, por ejemplo, la cobertura ha aumentado tras su destrucción masiva en las primeras décadas del siglo XX debido a las nuevas protecciones legales (DRNA, 2016). Aun cuando el conocimiento sobre el valor de los humedales de agua salina y dulce continúan experimentando fuertes presiones antropogénicas y ambientales y al ser muy susceptibles a cambios en los regímenes hidrológicos y de salinidad.

Los ambientes marinos son muy susceptibles a los usos y actividades que se llevan a cabo en las costas y el interior de Puerto Rico, particularmente a los usos de terrenos. Las descargas de sedimentos, nutrientes y otros contaminantes, el sobrecrecimiento de algas y la sobrepesca, han tenido efectos devastadores sobre la salud de los corales. A esto se suman las enfermedades, el blanqueamiento, el cual está ligado al continuo incremento en las temperaturas oceánicas, las especies exóticas invasoras y los daños físicos causados mayormente por usuarios, y las hélices, anclaje y encallamiento de las embarcaciones, factores que han llevado a una reducción significativa en los arrecifes de coral. En Puerto Rico, aproximadamente el 93% de los arrecifes de coral están amenazados y el 84% en alto riesgo.<sup>2</sup> La acidificación de los océanos y el incremento en la temperatura superficial del mar son factores que agravan esta condición.

El incremento en temperaturas del agua agrava, además, la condición de deterioro de las aguas costeras lo que tiene repercusiones para los usos de contacto primario y para la vida silvestre. Las aguas costeras de Puerto Rico han estado incumpliendo con los estándares de calidad de agua, en particular para enterococos, turbidez, bajos niveles de oxígeno disuelto y el pH (JCA, 2016). Las causas principales de incumplimiento son las fuentes dispersas de contaminación.

En las aguas interiores, las hidromodificaciones han tenido impactos sobre la estructura y función de los hábitats, la fauna silvestre y en muchas instancias crean o agravan problemas de inundaciones. En el año 2016 unas 3,251 millas de ríos y quebradas incumplían con diversos parámetros de calidad de agua, en particular los estándares de coliformes permitidos, además de los parámetros de turbidez y fosfatos (JCA, 2016). En los embalses, la sedimentación es uno de los problemas principales, lo que ha reducido su capacidad y afectado la calidad del agua para el consumo humano y la vida silvestre. En 2016, unos 7,323 acres reportaron incumplimiento con los estándares de calidad de agua para la vida acuática y para el uso de agua potable (JCA, 2016). Las fuentes dispersas de contaminación, como los sedimentos, plaguicidas y fertilizantes, los aceites y grasas, las descargas de aguas residuales sin tratar, el desbordamiento de pozos sépticos aguas usadas, detergentes y la disposición inadecuada de residuos sólidos son las causas principales de la contaminación de las aguas superficiales (JCA, 2016).

Las aguas subterráneas son susceptibles a la precipitación, la escorrentía, la permeabilidad de los suelos y a los niveles del mar. Varios pozos y lugares del acuífero de la costa Norte fueron declarados como Superfondo debido a la contaminación de sus aguas con químicos y sustancias volátiles de las industrias. Los procesos de limpieza están en distintas etapas e incluso algunos no han iniciado las actividades de remediación (DRNA, 2016b). Los acuíferos de la costa norte, donde la elevación del terreno es menor, son más susceptibles a la penetración lateral de agua salina que aquellos de la costa sur, este u oeste (DRNA, 2016b). Sin embargo, en el Sur la reducción en la recarga al acuífero ha reducido el nivel freático, el aporte de agua a humedales costeros lo que, por ejemplo, causó mortandad de mangle negro en JBNERR y podría propiciar la intrusión salina (DRNA, 2016b; USGS, 2016; USGS, 2010). El incremento en el nivel de mar supone un estresor adicional para estos recursos subterráneos. Mientras que los acuíferos de los valles interiores no están sujetos a problemas de intrusión de agua salina ya que no tienen conexión hidráulica con el mar, pero sí son susceptibles a los cambios en precipitación y de usos de terrenos.

---

<sup>2</sup> <https://www.coris.noaa.gov/portals/puertorico.html>

La fragmentación de los bosques ha generado problemas que afectan el funcionamiento de los recursos forestales. La deforestación asociada con la expansión urbana y agrícola ha reducido drásticamente la extensión de los bosques. Los fragmentos pequeños de bosque no son capaces de mantener una alta población de vida silvestre. Otra consecuencia de la fragmentación de los bosques es el aumento en la probabilidad de incendios de vegetación, debido al aumento en la temperatura.

Los huracanes son una de las diversas perturbaciones naturales que contribuyen a la dinámica, estructura y función de los ecosistemas forestales (Borman y Likens 1979a, b; Pickett y White 1985). El impacto de los huracanes en los bosques del Caribe incluye: defoliación, mortalidad de árboles, caída de árboles por arrancamiento y chasquidos, variación de los suministros de alimentos para las poblaciones de animales y daño directo a una proporción de sus individuos, modificación del microclima y de la dinámica de los bancos de semillas y plántulas (Tanner et al., 1991)

### **3 Políticas existentes relacionadas a la infraestructura natural**

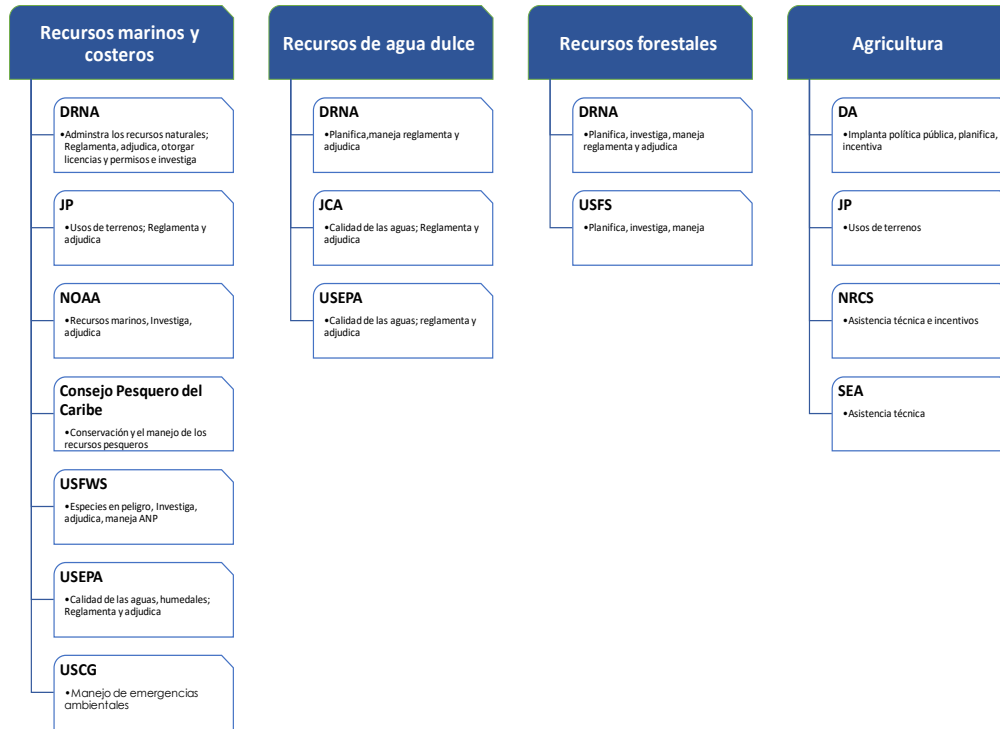
#### **Entidades estatales, federales y no gubernamentales**

En Puerto Rico, aproximadamente 17 agencias estatales, ocho agencias federales y los 78 municipios tienen algún tipo de injerencia sobre la infraestructura natural. La jurisdicción del gobierno de Puerto Rico cubre todo el territorio y se extiende hasta una distancia mar afuera de nueve millas náuticas (10.35 millas lineales). En el espacio marino, las agencias del gobierno federal de Estados Unidos tienen injerencia hasta 200 millas náuticas, espacio que comprende la zona económica exclusiva.

El Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) es la agencia responsable de administrar la infraestructura natural de Puerto Rico y promover su protección y aprovechamiento. La Junta de Calidad Ambiental (JCA) es responsable de velar por la calidad de las aguas, los suelos, el aire, los niveles de ruido y la contaminación lumínica. La Junta de Planificación (JP) dispone los usos de terrenos y la Oficina de Gerencia de Permisos (OGPe) evalúa y toma determinaciones sobre permisos de construcción. Con la aprobación de la Ley de Municipios Autónomos, los municipios pueden aprobar ordenanzas municipales y también les pueden ser transferidas ciertas facultades de la JP y la OGPe. Otras agencias estatales, federales y los municipios tienen distintos ámbitos de actuación, dependiendo de sus deberes ministeriales. La siguiente ilustración resume los ámbitos de actuación y facultades de las entidades federales y estatales.



**Figura 2. Resumen de agencias estatales y federales asociadas a la infraestructura natural de Puerto Rico**



En Puerto Rico, las organizaciones no gubernamentales y de base comunitaria han tenido un rol importante en la protección, manejo y aprovechamiento de la infraestructura natural. Actualmente, el 16% de los terrenos de Puerto Rico están protegidos dentro del sistema de áreas naturales protegidas, así como el 27% de las aguas jurisdiccionales y terrenos sumergidos (CLCC, 2016). La titularidad de estos terrenos se divide entre 20 organizaciones, siendo el DRNA el propietario principal. El gobierno estatal es titular del 59% de las ANP, seguido por el Gobierno Federal de Estados Unidos con 30% y las instituciones no gubernamentales y/o privadas son dueñas del 11%, principalmente Para La Naturaleza y Ciudadanos del Karso. El DRNA, además, ha suscrito acuerdos de manejo y colaboración con cerca de 15 organizaciones de base comunitaria para diversos aspectos asociados al manejo de las áreas protegidas.

### Políticas y planes estatales y federales

La Constitución de Puerto Rico es el estatuto fundamental para la protección y el aprovechamiento de los recursos naturales del País. En su Artículo VI, Sección 19, establece que el Gobierno de Puerto Rico tiene un deber dual con respecto a los recursos naturales: velar por éstos, al mismo tiempo que procura su desarrollo y aprovechamiento. Por tanto, todas las leyes, reglamentos, decisiones y acciones del Gobierno Estatal deberán estar enmarcadas y cumplir con esta política pública. Con la aprobación de La Ley Orgánica del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, Ley Núm. 23 de 1972, según enmendada, se designa al DRNA como la agencia del Gobierno de Puerto Rico responsable de implementar, en lo que respecta a la fase operacional, la política pública contenida en la Constitución. Algunas leyes abarcadoras asociadas a la infraestructura natural incluyen:

Ley/Política pública	Reglamento/Plan	
<b>Abarcadoras</b>	Ley de Política Pública Ambiental, Ley Núm. 416 del 22 de septiembre de 2004	
	Ley de Política Pública de Desarrollo Sostenible, Ley 267 de 10 de septiembre de 2004	
	Ley para el Plan de Uso de Terrenos del Estado Libre Asociado de Puerto Rico, Ley Núm. 550 de 3 de octubre de 2004	Plan de Usos de Terrenos para Puerto Rico, 2015
	Ley de Municipios Autónomos, Ley Núm. 81 del 30 de agosto de 1991	Planes de Ordenación Territorial: Planes Territoriales, Planes de Área
<b>Recursos costeros y marinos</b>	Ley Orgánica del DRNA, Ley Núm. 23 del 20 de junio de 1972 y Plan de Reorganización Núm. 1 de 1993 (aplica a toda la infraestructura natural de Puerto Rico)	Reglamento para el aprovechamiento, vigilancia, conservación y administración de las aguas territoriales, los terrenos sumergidos bajo éstas y la zona marítima terrestre. Reglamento 4860 del 1992.
	Coastal Zone Management Act (CZMA, por sus siglas en inglés), Pub.L. 92-583 (16 U.S.C. 1451-1466) del 1972	Documento rector del Programa de Manejo de la Zona Costera de Puerto Rico, 1978 (bajo revisión)
	Ley para la Política Pública sobre Humedales en Puerto Rico, Ley Núm. 314 del 1998, según enmendada. Clean Water Act (CWA), según enmendada, Pub.L. 107-303 (33 U.S.C. 1251-1387)	
	Ley de Pesca de Puerto Rico, Ley Núm. 278 de 29 de noviembre de 1998, y sus respectivas enmiendas. (aplica a recursos marinos y de agua dulce)  Ley para la Protección, Conservación y Manejo de los Arrecifes de Coral en Puerto Rico. Ley Núm. 147 de 15 de julio de 1999.	Reglamento de Pesca de Puerto Rico. Reglamento Núm. 7949 del 2010 Reglamento de Arrecifes de Coral, Reglamento Núm. 8809 de 2016  Reglamento para el Controlar la Extracción, Posesión, Transportación y Venta de Recursos Coralinos en Puerto Rico, Reglamento Núm. 2577 del 28 septiembre de 1979 Reglamento para el control de la pesca de la langosta, Reglamento Núm. 4087 del 10 de enero de 1990. Plan de Manejo para la Conservación y Protección de los Arrecifes de Coral de Puerto Rico del 31 de marzo de 2009
<b>Recursos de agua dulce</b>	Ley para la conservación, uso y desarrollo de los recursos de agua de Puerto Rico, Ley Núm. 136 de 1976, según enmendada. Ley para la Protección de Cuencas y la Prevención de Inundación. Ley Núm. 47 del 6 junio de 1963 (12 L.P.R.A. § 251-§254)	Reglamento para el Aprovechamiento, Uso, Conservación y Administración de las Aguas de Puerto Rico. Reglamento Núm. 6213. Plan Integral de los Recursos de Agua de Puerto Rico (PIRA), 2016
	Ley de Política Pública Ambiental, Ley Núm. 416 del 22 de septiembre de 2004 Clean Water Act (CWA), según enmendada, Pub.L. 107-303 (33 U.S.C. 1251-1387) del 1972.	Reglamento de Estándares de Calidad de Agua de Puerto Rico. Reglamento 7837 Reglamento para el Control de la Erosión y Prevención de la Sedimentación. Reglamento Núm. 5754. Reglamento para el control de la inyección subterránea. Reglamento 3029 y 3637 (enmienda).
<b>Recursos forestales</b>	Ley de Bosques de Puerto Rico, Ley Núm. 133 del 1 de julio de 1975, según enmendada. Food, Conservation, and Energy Act (2008 Farm Bill) Ley del Programa de Patrimonio Natural, Ley Núm. 150 del 4 de agosto de 1988 Ley de Servidumbre de Conservación de Puerto Rico, Ley Núm. 183 del 27 diciembre 2001, según enmendada. Ley del Bosque Modelo de Puerto Rico, Ley Núm. 182 del 3 de noviembre de 2014	Puerto Rico Forest Action Plan, 2016
	Ley para la Protección y Conservación de la Fisiografía Cársica de Puerto Rico Ley Núm. 292 del 21 de agosto de 1999 Ley para la Protección y Conservación de Cuevas, Cavernas o Sumideros de Puerto Rico” Ley Núm. 111 de 12 de Julio de 1985, según enmendada	Plan y Reglamento del Área de Planificación Especial del Carso (PRAPEC)

Ley/Política pública	Reglamento/Plan
<b>Recursos agrícolas</b> Plan de Reorganización del Departamento de Agricultura de 2010, Núm. 4 de 26 de Julio de 2010 Ley de Incentivos Contributivos Agrícolas de Puerto Rico. Ley Núm. 225 de 1 de diciembre de 1995, según enmendada. Leyes de reservas agrícolas: Valle de Lajas, Valle del Coloso, Estación Experimental agrícola de Gurabo, Vega baja, Corredor Agrícola de la Costa Sur, Valle de Yabucoa, Finca La Hermosura en las Piedras	

## Políticas estatales y federales relevantes aprobadas como parte de los esfuerzos de recuperación

Tras el paso del huracán María no se han aprobado medidas dirigidas a manejar la infraestructura natural desde la perspectiva de la recuperación. No obstante, se han identificado tres medidas, dos estatales y una federal, que podrían tener impactos sobre la infraestructura natural del país.

### i. Puerto Rico

- Orden Administrativa 2017-07- Para eximir del trámite ordinario de permisos de construcción y urbanización y el pago de derechos a ciertas actividades esenciales afectadas por el huracán María con el fin de realizar trabajos de reconstrucción del 5 de octubre del 2017.* Dispone que las obras de reparación para atender la situación de emergencia serían consideradas exclusiones categóricas, podrían realizarse y operar, excepto aquellas que exceden el 50% del valor de la estructura o que estén ubicadas en áreas costaneras de alto peligro (zonas V, VE), las cuales deberían cumplir con requisitos de mitigación. Permite nuevas estructuras condicionado a cumplimiento al Reglamento de Planificación Núm. 13. Esta dispensa tendría una vigencia de 120 días. Esta medida, si no es fiscalizada apropiadamente, podría agravar los problemas de erosión costera y en los márgenes de los ríos, por ejemplo, en la medida que no se utilicen medidas de mitigación apropiadas.
- Referendum Núm. 17-22— Aprobando disposiciones para la operación de generadores de electricidad, autorización de centros de acopio, computo de términos y otras medidas para atender la emergencia relacionada al paso del Huracán María. 19 de septiembre de 2017.* Aprobada por la JCA para, entre otros asuntos, autorizar a los municipios y a la Autoridad de Desperdicios Sólidos a establecer lugares de acopio de residuos sólidos no peligrosos con el único requisito de que sean lugares de fácil acceso. Además, autoriza a los municipios y a la Autoridad de Carreteras y Transportación a realizar movimientos de terreno o depósitos de material de la corteza terrestre como material de relleno en cualquier lugar que estos entiendan necesario para eliminar o prevenir una emergencia, requiriéndose la implantación de medidas de mitigación para los rellenos. Autorización estuvo vigente hasta el 30 de noviembre de 2017 ya que fue extendida por el *Referendum Núm. 17-31- Procedimientos especiales de Emergencia de la Junta de Calidad Ambiental, de conformidad con la Orden Ejecutiva del Gobernador, OE-2017-047 del 18 de octubre de 2017.*

### ii. Federal

La EPA aprobó el *No Action Assurance for Mobile Power Generators for Hurricane Recovery Efforts in Puerto Rico del 22 de septiembre de 2017, enmendada el 27 de septiembre.* Esta “Garantía de No Proceder”, exime a Puerto Rico de ciertas

condiciones y requisitos de permisos, incluyendo límites de emisiones bajo los estándares de azufre, con el fin de evitar las interrupciones en el suministro de combustible diesel para los vehículos y equipos de emergencia. Estuvo disponible hasta 15 de octubre.

## **4 Impactos de los huracanes en la infraestructura natural**

### **Áreas clave de interrupción**

Al momento las evaluaciones de los efectos del huracán María sobre la infraestructura natural son muy limitadas o se encuentran en proceso o no han sido publicadas. Sin embargo, de la información disponible, mayormente de artículos de prensa, se desprende que, en el corto plazo, ha habido impactos adversos significativos sobre los recursos marinos y costeros, la vida silvestre y la calidad de las aguas superficiales, según se describe a continuación.

Actualmente las agencias estatales y federales vinculadas a la infraestructura natural están identificando cuáles serían las evaluaciones necesarias para dirigir la inversión federal tras el paso del huracán María, bajo el National Disaster Recovery Framework, específicamente bajo el Natural and Cultural Resources Recovery Support Function, por lo que se vislumbra que próximamente puedan estar disponibles evaluaciones adicionales de los efectos del huracán María sobre la infraestructura natural de Puerto Rico.

#### **i. Recursos costeros y marinos**

Los impactos del huracán María en las costas estuvieron mayormente ligados a la fuerza del viento y la marejada ciclónica. En varias áreas de la costa, las playas cambiaron y hasta desaparecieron, se destruyeron propiedades, rampas y muelles para embarcaciones, villas pesqueras, cuyos escombros ocuparon el espacio del litoral costero (Programa Sea Grant, 2017). Se ha documentado que casi todas las playas perdieron elevación, reduciendo su capacidad de prevenir inundaciones costeras y aumentando la vulnerabilidad de las comunidades, de acuerdo con análisis llevados a cabo por la Dra. Maritza Barreto. La arena que estaba en las playas se salió por el efecto del agua y viento, agravando el problema de erosión costera (Alvarado, 2018).

La calidad de las aguas costeras también se vio afectada por diferentes fuentes de contaminación, particularmente descargas de aguas residuales sin tratar, las escorrentías urbanas y combustibles. Por ejemplo, los cuerpos de agua del Estuario de la Bahía de San Juan, que fueron monitoreados con frecuencia, no se consideraban aptos para el contacto directo por las razones antes planteadas que se agravaron por la condición de la infraestructura (Torres en Alvarado, 2017). Como resultado, el disfrute de la población de este recurso fue limitado, lo que es significativo cuando se considera que varias de las playas más visitadas en Puerto Rico se encuentran en el Área Metropolitana de San Juan (DRNA, 2014).

En el espacio marino, el hundimiento de embarcaciones también trajo consigo problemas de calidad de las aguas y daños físicos a ecosistemas marinos y costeros. Se hundieron 377 embarcaciones de las que aún quedan 100 por recuperar (Agencias EFE, 2018). Hasta el momento se han logrado mitigar 37 incidentes ambientales y se han retirado 16.3 galones de agua con aceite derramado, lo que continúa comprometiendo la calidad de las aguas, limitando su uso y afectando la vida marina (Agencias EFE, 2018).

El huracán María causó daños físicos a los corales, situación que se ha agravado por la calidad del agua. En Aguadilla, la devastación observada en los arrecifes es total, donde cientos de colonias de coral cerebro y otras especies de

corales masivos fueron arrancadas por la marejada de fondo; el 100% de las poblaciones de varias especies murió en el huracán o muestran mortandad parcial; aproximadamente 75% de las colonias muestran blanqueamiento como resultado combinado de las temperaturas altas y la exposición a escorrentías dramáticas de agua dulce durante el huracán; el 100% de la población del coral cuerno de alce (*Acropora palmata*), especie amenazada murió y el 100% de la población del coral estrella (*Orbicella faveolata*), también amenazada, se arrancó y blanqueó o muestra mortandad parcial significativa (Hernández, 2017).

## ii. Recursos de agua dulce

El impacto más significativo a corto plazo del huracán en los ríos, quebradas y embalses fueron los escombros y sedimentos arrastrados por las lluvias extremadamente intensas (NWS, 2017). Posteriormente, las aguas residuales sin tratamiento, debido al cese de operaciones de 22 plantas de tratamiento de aguas sanitarias, el desbordamiento y fallas de pozos sépticos y la ruptura de tuberías resultó en el desbordamiento de aguas sanitarias por distintas partes de Puerto Rico (Ortega, 2017). Otras fuentes de contaminación de los recursos de agua dulce fueron las sustancias tóxicas, los aceites y grasas, las bacterias transmitidas por el orín de rata y los coliformes fecales provenientes, principalmente, de desechos de ganado (EPA, 2017). Esto ha tenido consecuencias en la disponibilidad del recurso para la población, afectado la salud pública, el acceso de la población al recurso para la recreación, entre otros aspectos que han impactado las condiciones de vida de la población.

## iii. Recursos forestales

Se estima que los huracanes Irma y María provocaron la mortandad de aproximadamente 30% de los árboles en algunos sectores en Puerto Rico, según indicado por el Dr. Ariel Lugo (Agencias EFE, 2018). En El Yunque, los árboles fueron destruidos y algunos perdieron más de la mitad de su altura, aunque no murieron. Personal del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical estima que las áreas que experimentaron más daños podrían tomar un siglo en recuperarse (Ferré, 2017). La Secretaria del DRNA informó que al menos en las áreas protegidas del interior de la Isla hubo una pérdida del 98% de los árboles adultos, lo que ha impactado directamente la fauna (EFE, 2017).

Una de las especies de mayor preocupación ha sido la cotorra puertorriqueña (*Amazona vittata*). Se considera que ambos huracanes provocaron un retroceso de años en el Programa de Conservación de la Cotorra Puertorriqueña, debido a que hubo que remover los individuos en cautiverio en Maricao, a la desaparición de gran parte de la población silvestre y la muerte de algunos individuos que estaban en cautiverio (Rosario, 2017). Un conteo preliminar realizado encontró 201 individuos de los 207 que había en cautiverio antes del huracán. Había 56 cotorras en estado silvestre antes del huracán Irma y luego se documentaron tres y, aunque se sabe que ha habido una reducción tras el paso de María, el número no se ha podido determinar (Rosario, 2017).

Los polinizadores, que son fundamentales no solo para los bosques sino para la actividad agrícola, fueron severamente impactados, en particular la población de abejas. Se estima que el 80%-90% de la población de abejas en la Isla no resistió el embate del huracán María (Alvarado, 2018). Inmediatamente después del huracán, se afectó cerca del 50% de las colonias por factores como la inundación, pérdida de lugares de anidación o impactos por objetos como troncos; condición que fue agravada posteriormente por la falta de flores, polen y néctar (Alvarado, 2018). Situación similar experimentaron las aves y murciélagos que sobrevivieron el impacto del huracán.

Un servicio importante provisto por la infraestructura natural a los puertorriqueños es la recreación, la apreciación del paisaje y el contacto con la naturaleza. Debido a los daños experimentados, el acceso a las áreas naturales ha estado limitado parcial o totalmente y muchas playas y los cuerpos de aguas interiores se identifican como no aptos para el contacto primario o la infraestructura de acceso ha sido destruida. Esto puede tener efectos sociales y económicos, particularmente sobre la salud mental de la población impactada. Esto es un aspecto importante, considerando que la apreciación de la naturaleza es la actividad de recreación al aire libre preferida por el 76% de los puertorriqueños (SCORP, 2013).

### La infraestructura natural como infraestructura crítica

La infraestructura natural es fundamental para la reducción del riesgo, mejorar las condiciones de vida de la población mediante la promoción de la equidad, el empoderamiento y el liderato. En Puerto Rico la recuperación de la cobertura forestal ha sido el ejemplo más evidente de la resiliencia. Aunque no se ha estudiado el rol protector de la infraestructura natural tras el paso de los huracanes, se observó que, por ejemplo, en las comunidades del Estuario de la Bahía de San Juan las estructuras que estaban protegidas por manglares experimentaron menos daños físicos que aquellas expuestas (Santiago, 2017). En distintos puntos de la Isla se observó cómo las áreas que fueron desprovistas de árboles, dunas, humedales, arrecifes de coral y, donde la construcción de estructuras obstruyó la dinámica costera, tuvieron impactos adversos mayores. Ejemplos de esto fueron Ocean Park en el Condado, Rincón y El Maní en Mayagüez, por mencionar algunos.

La infraestructura natural saludable reduce la inversión pública en obras de control de inundaciones, incluyendo los sistemas de bombeo; reduce los costos de operación de las plantas de tratamiento de agua potable; el consumo energético y mejora las condiciones de salud. Todos estos factores son temas de preocupación en Puerto Rico que comúnmente se abordan mediante la inversión en infraestructura gris, cuyo costo de construcción y mantenimiento es más alto (Gartner et al, 2014).

En Puerto Rico se ha documentado un aumento en la mortalidad debido al efecto de las temperaturas altas, especialmente por causa de derrames y enfermedades cardiovasculares (Méndez-Lázaro et al, 2016). La temperatura superficial se ha mantenido en aumento continuo, lo que hace necesario incrementar la protección y el mejoramiento de la infraestructura verde, ya que también se ha documentado que las temperaturas en las áreas forestadas son menores que en las impermeabilizadas (Méndez-Lázaro, et al, 2017). Esto es un aspecto sumamente relevante en el contexto demográfico, donde se ha observado el incremento de la población de adultos mayores.

La infraestructura natural de Puerto Rico es fundamental para la economía, la recreación y el turismo y, en general, para sostener los modos de vida de la población. Sus múltiples bienes y servicios ecosistémicos se verían severamente comprometidos de continuar los factores de estrés actuales. En Puerto Rico, aproximadamente 4,295 negocios son dependientes del mar, los cuales tienen 66,720 empleados con salario total de cerca de \$922 millones (Abt Associates Inc, 2016). Se estima que los usuarios recreativos aportaron de forma directa \$748 millones en gastos de consumo a la economía del área Este de Puerto Rico mientras realizaron alguna actividad asociada a los arrecifes de coral y ambientes asociados (DRNA, 2007).

En Puerto Rico existen microempresas y comunidades que trabajan con el aprovechamiento maderero, la agricultura agroecológica, proveen excursiones, incluyendo la observación de aves, entre otras actividades que no han sido cuantificadas, pero se conoce que son esfuerzos importantes para las economías locales. De hecho, la

infraestructura natural es el fundamento del turismo en Puerto Rico, lo que ha hecho que muchas entidades de base comunitaria vean el turismo de naturaleza y el ecoturismo como oportunidades de desarrollo económico para sus comunidades y se ha creado una base sólida de voluntariado.

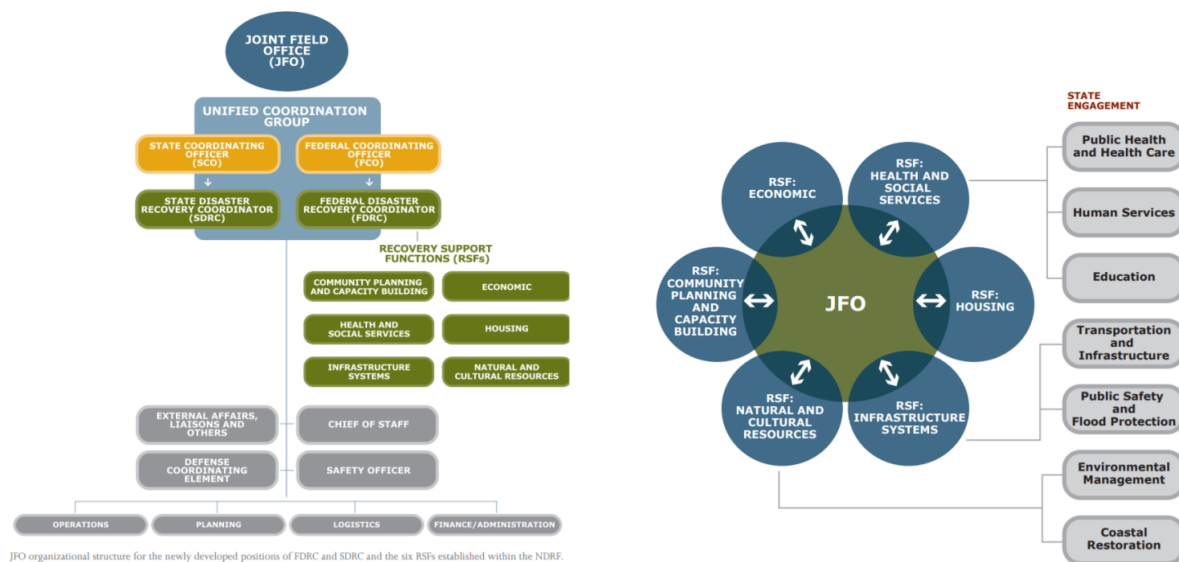
## 5 Áreas de oportunidad para la resiliencia

Un Puerto Rico resiliente necesita de ecosistemas funcionales para el desarrollo de la actividad económica y social, donde las comunidades sean custodios junto a las entidades gubernamentales, tengan un rol importante en el proceso de toma de decisiones y puedan beneficiarse de los bienes y servicios que se derivan de esta.

La Agencia Federal de manejo de emergencias (FEMA) fue establecida en 1979 para coordinar la política de desastre federal, incluyendo la preparación, mitigación, respuesta y recuperación. En 2011, FEMA lanzó el marco nacional de recuperación de desastres (NDRF). El NDRF es un marco rector que permite la recuperación efectiva de apoyo a zonas afectadas por el desastre y permite a los gestores de recuperación de desastres funcionar de manera unificada y de colaboración (véase próximo organigrama, izquierda).

Su enfoque es cómo restaurar mejor, rehabilitar y revitalizar la salud, el tejido social, económico, natural y ambiental de la comunidad. Dentro la NDRF, se proporciona un marco que en caso de producirse un desastre catastrófico que impacte a múltiples sectores (véase próximo organigrama, derecha). La oficina de campo conjunta (JFO) tiene un grupo unificado de funcionarios estatales y federales al igual que coordinadores de recuperación, para ofrecer funciones de recuperación de las (RSFs) para cada sector tal como se define en la figura<sup>3</sup>.

**Figura 3. Estructura organizativa de las estructuras de Funciones de Recuperación (RSF) y de la Oficina de Campo Conjunta bajo el marco de recuperación de desastres de FEMA (NDRF)**



<sup>3</sup> <https://www.fema.gov/pdf/recoveryframework/ndrf.pdf>

## Descripción de las áreas de enfoque para la resiliencia

Una estrategia fundamental para que los ecosistemas puedan manejar los efectos del cambio climático y continúen proveyendo efectivamente los servicios ecosistémicos a la población es reducir los estresores sobre los ecosistemas, mediante la implantación rigurosa del marco legal vigente. En el contexto isleño, considerando nuestros factores físicos, climatológicos y nuestra exposición, es fundamental la planificación apropiada de los usos del territorio. A continuación, se presentan algunas estrategias generales de mejores prácticas para fomentar la resiliencia de la infraestructura natural.

### i. Recursos marinos y costeros

- Retiros de la costa para permitir que los ecosistemas del litoral puedan funcionar apropiadamente y reajustarse luego de eventos agudos como los huracanes. Los retiros se pueden establecer utilizando mecanismos como la zonificación o servidumbres y se considera una solución en el corto mediano plazo a los efectos del cambio climático (DRNA, 2017c). Una vez establecida esta línea de retiro, se pueden utilizar otras herramientas reglamentarias para mejorar la resiliencia de las áreas costeras.
- Medidas de adaptación y protección costera basadas en ecosistemas: El uso de técnicas de blindaje suave utilizando costas vivas es una herramienta que protege las costas de la erosión e inundaciones. Esta técnica usa barreras naturales para fortalecer y mejorar los ecosistemas protectores de la costa e incluye medidas como la regeneración de playas, la creación y revegetación de dunas, la siembra de corales y la restauración de humedales (DRNA, 2017c).
- La adaptación basada en ecosistemas puede ser una oportunidad de desarrollo económico de las comunidades. El adiestramiento de la población para el desarrollo y mantenimiento de este tipo de medidas podría ser fuente de empleo para las comunidades locales.
- Red de infraestructura verde conectando diversos ecosistemas desde la costa al interior, como medida para la adaptación del recurso, la migración de especies, el mejoramiento del paisaje y la promoción del turismo de naturaleza y el ecoturismo. La infraestructura verde es de gran valor en contextos urbanos pues también ayuda a controlar las inundaciones, mejora el paisaje y el espacio público, reduce las temperaturas, entre otros beneficios para la salud, seguridad y el bienestar de la población. La misma se puede planificar mediante los usos de terrenos, pero también se puede combinar con elementos de ingeniería o construidos como parques, jardines de lluvia, techos verdes, estacionamientos permeables, conectores para la vida silvestre en la red vial, entre otras medidas.

### ii. Recursos de agua dulce

Tal como se propone en el Plan Integral de Recursos de Agua, es fundamental el manejo integrado del recurso de agua. Acciones de mejores prácticas incluyen:

- Uso de infraestructura verde para el mejoramiento de la calidad de las aguas en las áreas urbanas, según antes descrito.
- Protección y manejo activo de las cuencas hidrográficas y las áreas de importancia hídrica.
- El enfoque en la gestión demanda buscaría reducir el consumo de agua empleando un enfoque integral que combine la reducción de pérdidas del sistema, el reúso de aguas residuales de lavamanos, lavadoras,



entre otros, que no están contaminadas y podrían ser reusadas para otros propósitos y fomentar el recogido de agua de lluvia en cisternas. Se podría tomar como ejemplo otras islas y áreas con vulnerabilidades similares, Culebra en las que se ha requerido la instalación de cisternas en nuevas construcciones y para incentivar hogares a recoger agua de lluvia. Esta medida podría ser considerada en la cuenca del acuífero de la Costa Sur, donde la extracción del agua subterránea es significativa, lo que podría suponer un alivio para el recurso.

### iii. Recursos forestales y agrícolas

- Manejo colaborativo de las áreas naturales - al momento, ha sido una práctica que ayuda a apalancar los recursos del estado en varias áreas y, al mismo tiempo, se promueve el desarrollo económico y social de las comunidades. Casos emblemáticos de manejo forestal exitoso han sido el Bosque del Pueblo en Adjuntas, que es manejado por la organización casa Pueblo; el Comité Pro Desarrollo de Naguabo, que ayuda a recaudar dinero para el desarrollo de instalaciones y la Coalición Pro Corredor Ecológico del Noreste que apoya en la compra de equipos para el monitoreo de especies, entre otras.
- Robustecer la política pública sobre la agricultura para incluir otras modalidades que permiten la protección de la infraestructura natural, al mismo tiempo que se lleva a cabo el aprovechamiento de los recursos. La agroecología es una práctica que debe ser promovida como pilar de la política pública agrícola en Puerto Rico. De hecho, tras el huracán ninguno de los agricultores con prácticas agroecológicas perdió el 100% de sus cosechas, versus las fincas de monocultivo que fueron severamente impactadas, lo que demuestra que es una práctica más resiliente (Rodríguez, 2017).
- La agricultura de base comunitaria y la agricultura urbana. La diversificación fomenta seguridad alimentaria. Los beneficios de estas prácticas también han sido ampliamente documentados y, en contextos como el que se encuentra Puerto Rico, son un área de oportunidad al permitir el aprovechamiento de espacios vacantes, proveer oportunidades de desarrollo económico, reducir la huella de carbono, entre otros beneficios sociales, económicos y ambientales.

### Mejores prácticas de otras áreas comparables

En Puerto Rico existen varios esfuerzos de adaptación basada en ecosistemas, particularmente en contextos marinos y costeros. Por ejemplo, en Isabela existe un proyecto exitoso de restauración de dunas, liderado por la Universidad de Puerto Rico en Aguadilla, estudiantes y miembros de la comunidad, el cual ha contado con subvenciones estatales y federales.

Por muchos años, la Sociedad de Ambiente Marino ha trabajado junto a otros voluntarios y miembros de la comunidad en la siembra de corales en Culebra. Las fincas de corales, previo al huracán, se convirtieron en áreas frecuentadas por turistas.

Fuera de Puerto Rico, hay múltiples experiencias exitosas relacionadas al manejo de la infraestructura natural forestal y agrícola. Por ejemplo, en Rosario Argentina se ha promovido la agricultura urbana como parte de la política pública de desarrollo económico y de protección de espacios abiertos. Esto se desarrolló en un contexto económico y fiscal similar al que enfrenta Puerto Rico. Los resultados han sido muy positivos y se han generado múltiples fuentes de empleo. El siguiente enlace contiene ejemplos de varias iniciativas exitosas con potencial de ser replicadas en Puerto Rico: [<http://www.fao.org/ag/agp/greencities/es/cmvalc/rosario.html>].

## 6 Referencias

- Abt Associates. 2016. Describing the Ocean Economies of the US. Virgin Island and Puerto Rico. Recuperado a través de: <https://coast.noaa.gov/data/digitalcoast/pdf/econ-usvi-pr.pdf>
- Agencia Federal de Protección Ambiental (EPA). 2017. Actualización de la EPA sobre el Huracán María correspondiente al martes 3 de octubre de 2017. Comunicado de prensa. Recuperado a través de: <https://www.epa.gov/newsreleases/actualizacion-de-la-epa-sobre-el-huracan-maria-correspondiente-al-martes-3-de-octubre>
- Alvarado, G. 4 de febrero de 2018. Las playas de Puerto Rico perdieron elevación tras el paso de María. Periódico El Nuevo Día. Recuperado a través de: <https://www.elnuevodia.com/noticias/locales/nota/lasplayasdepuertoricoperdieronelevaciontraselpasodemaria-2395639/>
- Alvarado, G. 3 de febrero de 2018. La población de abejas no resistió el azote de María. Periódico El Nuevo Día. Recuperado a través de: <https://www.elnuevodia.com/noticias/locales/nota/lapoblaciondeabejasnoresistioelazotedemaria-2395498/>
- Alvarado, G. 11 de noviembre de 2017. La calidad del agua del estuario de la bahía de San Juan retrocede. Periódico El Nuevo Día. Recuperado a través de: <https://www.elnuevodia.com/noticias/locales/nota/lacalidaddelaguadelestuariodelabahiadesanjuanretrocede-2373742/>
- Barreto, M. 2017. Assessment of beach morphology at Puerto Rico Island. Informe Final. Recuperado a través de: <http://drna.pr.gov/wpcontent/uploads/2017/05/Geomorphic-Assessment-of-Puerto-Rico-1977-to-2016.pdf>
- Caribbean Landscape Conservation Cooperative. 2016. Puerto Rico Protected Areas Database [versión de diciembre, 2016]. GIS data. San Juan, PR. Recuperado a través de: <https://caribbeanlcc.databasin.org/datasets/4db5a86ee415471f94b46e0975a1ae29>
- Causey, Billy, Joanne Delaney, Ernesto Diaz, Dick Dodge, Jorge Garcia, Jamie Higgins, Brian Keller et al. "14. Status of Coral Reefs in the US Caribbean and Gulf of Mexico: Florida, Texas, Puerto Rico, US Virgin Islands and Navassa." (2002). Recuperado a través de: [http://nsuworks.nova.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1007&context=occ\\_facreports](http://nsuworks.nova.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1007&context=occ_facreports)
- CB en Español. 20 de septiembre de 2017. Huracán María provoca que AAA pierda sistema de visualización de sus plantas. Periódico CB en Español. Recuperado a través de: <http://cb.pr/huracan-maria-provoca-que-aaa-pierde-sistema-de-visualizacion-de-sus-plantas/>
- Coral Reef Information System. 2017. Puerto Rico. Recuperado a través de: <https://www.coris.noaa.gov/portals/puertorico.html>
- Davis, M. 2017. A tale of two photos Storms deliver different hits to Puerto Rico. Recuperado a través de: <https://www.fws.gov/southeast/news/2017/10/a-tale-of-two-photos/>
- DRNA. 2017a. Estado de la Costa de Puerto Rico. Recuperado a través de: <http://drna.pr.gov/wp-content/uploads/2017/08/EstadoDeLaCostaPR-2017.pdf>
- DRNA. 2017b. Plan de Manejo 2017-2022. Reserva Natural de Investigación Estuarina de Bahía de Jobos. Recuperado a través de: <http://drna.pr.gov/wp-content/uploads/2018/02/Plan-de-Manejo-JBNERR-2017-2022-Espa%C3%B1ol.pdf>
- DRNA. 2017c. Estudio sobre la integración de estrategias para la adaptación y el desarrollo de resiliencia en la planificación de usos de terrenos. Recuperado a través de: <http://drna.pr.gov/wp-content/uploads/2017/08/Estudio-estrategias-de-adaptacion-en-la-planificacion-de-usos-de-terrenos.pdf>
- DRNA. 2016a. Plan Integral de los Recursos de Agua de Puerto Rico (PIRA). Recuperado a través de: <http://drna.pr.gov/wp-content/uploads/formidable/PIRA-2016.pdf>
- DRNA. 2016b. Puerto Rico Forest Action Plan. <http://drna.pr.gov/wp-content/uploads/2016/12/SAP-2016-FINAL-9-15-2016-rev-ETI.compressed.pdf>
- DRNA. 2015. Arrecifes. Recuperado a través de: <http://drna.pr.gov/wp-content/uploads/2015/05/arrecifes.pdf>

- DRNA. 2014. Plan de Manejo Estratégico de los Arrecifes de Coral de Puerto Rico. Recuperado a través de: [https://data.nodc.noaa.gov/coris/library/NOAA/CRCP/other/grants/NA11NOS4820005/PR\\_Coral\\_Reef\\_Strategic\\_Plan.pdf](https://data.nodc.noaa.gov/coris/library/NOAA/CRCP/other/grants/NA11NOS4820005/PR_Coral_Reef_Strategic_Plan.pdf)
- DRNA. 2013. Plan Estratégico para el Manejo de los Recursos de Pesca y Vida Silvestre en Puerto Rico.
- DRNA. 2009. Plan de Manejo para la Conservación y Protección de los Arrecifes de Coral de Puerto Rico
- DRNA. 2007. Valoración económica de los arrecifes de coral y ambientes asociados en el Este de Puerto Rico. Recuperado a través de: [https://data.nodc.noaa.gov/coris/library/NOAA/CRCP/project/1029/valoracion\\_econ\\_coral\\_pr.pdf](https://data.nodc.noaa.gov/coris/library/NOAA/CRCP/project/1029/valoracion_econ_coral_pr.pdf)
- DRNA, NOAA, UMET. 2015. Local Action Strategies (LAS) for Coral Reef Conservation 2011-2015: Puerto Rico. Recuperado a través de: <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/8069>
- EFE. 5 de febrero de 2018. María mató cerca del 30 % de los árboles. Periódico Primera Hora. Recuperado a través de: <http://www.primerahora.com/noticias/puerto-rico/nota/mariamatocercadel30delosarboles-1267080/>
- EFE. 29 de septiembre de 2017. Huracán María afectó costas, bosques y manglares en Puerto Rico. Periódico La Patilla. Recuperado a través de <https://www.lapatilla.com/site/2017/09/29/huracan-maria-afecto-costas-bosques-y-manglares-en-puerto-rico/>
- El Nuevo Día. 2 de octubre de 2017. Flora y fauna, las otras víctimas del huracán María. Periódico El Nuevo Día. Recuperado a través de: <https://www.elnuevodia.com/ciencia/ciencia/nota/florayfaunalasotrasvictimasdelhuracanmaria-2362438/>
- Ferré, L. 11 de octubre de 2017. Another Victim of Hurricane Maria: Puerto Rico's Treasured Rainforest. The New York Times Newspaper. Recuperado a través de: <https://www.nytimes.com/2017/10/11/us/another-victim-of-hurricane-maria-puerto-ricos-treasured-rainforest.html>
- Gartner, Todd; McGray, Heather; Mulligan, James; Epstein, Jonas; Dinshaw, Ayesha. 2014. Adaptation: Forests as water infrastructure in a changing climate. In: Sample, V. Alaric; Bixler, R. Patrick, eds. Forest conservation and management in the Anthropocene: Conference proceedings. Proceedings. RMRS-P-71. Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service. Rocky Mountain Research Station. p. 313-327. Recuperado a través de: <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/46591>
- Gould et al. 2007. The Puerto Rico GAP Analysis Project. Volume 1: Land Cover, Vertebrate Species Distributions, and Land Stewardship. Recuperado a través: [https://www.fs.fed.us/global/iitf/pubs/iitf\\_gtr39.pdf](https://www.fs.fed.us/global/iitf/pubs/iitf_gtr39.pdf)
- Hernández, E. 2017. Devastación casi absoluta del coral en Puerto Rico. Edwin A. Hernández Delgado. Recuperado a través de: <http://angelaaidini.com/devastacion-casi-absoluta-de-los-arrecifes-de-coral-en-puerto-rico/>
- Junta de Calidad Ambiental. 2018. Informe del 25 de enero de 2018 del Programa de Monitoreo de Playas y Notificación Pública. Recuperado a través de: <http://www2.pr.gov/agencias/jca/Documents/Monitoreo%20de%20Playas/Resultados%20Monitor%20C3%ADa%20de%20Playas%20al%2025%20de%20Enero%20de%202018.pdf>
- Junta de Calidad Ambiental. 2016. Puerto Rico 305 (b)/ 303 (d). Integrated Report. Recuperado a través de: [http://www2.pr.gov/agencias/jca/Documents/Areas%20Program%C3%A1ticas/Area%20Calidad%20de%20Agua/Planes%20y%20Proyectos%20Especiales/303-305/2016/FINAL%20Puerto%20Rico%202016%20305\(b\)303\(d\)%20Integrated%20Report.pdf](http://www2.pr.gov/agencias/jca/Documents/Areas%20Program%C3%A1ticas/Area%20Calidad%20de%20Agua/Planes%20y%20Proyectos%20Especiales/303-305/2016/FINAL%20Puerto%20Rico%202016%20305(b)303(d)%20Integrated%20Report.pdf)
- Méndez, O. 13 de diciembre de 2017. María le cortó el vuelo a la cotorra puertorriqueña. Periódico Primera Hora. Recuperado a través de: <http://www.primerahora.com/noticias/puerto-rico/nota/marialecortoelvueloalacotorrpuertorriquena-1259617/>
- Méndez-Lázaro, P., Muller-Karger, F., Otis, D., McCarthy, M., & Rodríguez, E., 2017. A heat vulnerability index to improve urban public health management in San Juan, Puerto Rico.
- National Weather Service. 2017. Major Hurricane María. Recuperado a través de: <http://www.weather.gov/sju/maria2017>
- Olán, C. 8 de diciembre de 2017. El impacto de María en las costas. Especial para presa RUM. Recuperado a través de: <http://www.uprm.edu/portada/article.php?id=4063>
- Ortega, M. 2017. Alerta por la calidad del agua tras el paso del huracán María. Periódico El Nuevo Día. <https://www.elnuevodia.com/noticias/locales/nota/alertaporlcalidaddelaguatraselpasodelhuracanmaria-2364980/>

Periódico Primera Hora. 6 de febrero de 2018. Quedan por recuperar menos de cien barcos hundidos por María. Recuperado a través de: <http://www.primerahora.com/noticias/puerto-rico/nota/quedanporrecuperarmenosdecienbarcoshundidospormaria-1267199/>

Programa Sea Grant. 27 de noviembre de 2017. Video publicado. Recuperado a través de: <https://www.youtube.com/watch?v=Olpnju7Uj00&feature=youtu.be>

Puerto Rico National Parks Company. (October 2013). Statewide Comprehensive Outdoor Recreation Plan. (SCORP) for Puerto Rico 2013-2018.

Redacción Medio Ambiente. 6 de octubre de 2017. Ecosistema de Puerto Rico tardaría diez años en recuperarse del huracán María. Periódico El Espectador. Recuperado a través de: <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/ecosistema-de-puerto-rico-tardaria-diez-anos-en-recuperarse-del-huracan-maria-articulo-716742>

Rodríguez, M. 14 de noviembre de 2017. Industria agroecológica lanza llamado al gobernador para revitalizar mercado en Puerto Rico. <http://cb.pr/industria-agroecologica-lanza-llamado-al-gobernador-para-revitalizar-mercado-en-puerto-rico/>

Rosario, F. 11 de noviembre de 2017. Retroceso en la conservación de la cotorra puertorriqueña. Periódico El Nuevo Día. Recuperado a través de: <https://www.elnuevodia.com/noticias/locales/nota/retrocesoenlaconservaciondelacotorrapuertorriquena-2373713/>

Santiago, L. 3 de octubre del 2017. Manglares: barrera protectora contra huracanes. Recuperado a través de: <https://www.metro.pr/pr/estilo-vida/2017/10/13/manglares-barrera-protectora-huracanes.html>

SCOPR.2013. Statewide Comprehensive Outdoor Recreation Plan (SCORP) for Puerto Rico 2013-2018.

United States Geological Survey. 2016. Hydrologic Conditions in the South Coast Aquifer, Puerto Rico, 2010–15. Open-File Report 2015–1215

United States Geological Survey. 2010. Effects of Changes in Irrigation Practices and Aquifer Development on Groundwater Discharge to the Jobos Bay National Estuarine Research Reserve near Salinas, Puerto Rico.

## 7 Anejos

### Informes clave y relevantes para el grupo de trabajo de infraestructura natural

- **Plan de Usos de Terrenos para Puerto Rico, aprobado en el año 2015:** El PUTPR es un instrumento de planificación cuyo propósito es disponer los usos de terrenos, mediante la clasificación, de todo el territorio de Puerto Rico. El PUTPR tiene dos componentes principales: el Memorial y el Plano de Clasificación. El mismo puede ser accedido a través de: [http://jp.pr.gov/Portals/0/Plan%20de%20Usos%20de%20Terrenos/Memorial/Memorial%20PUT%20\(para%20busqueda\).pdf?ver=2017-05-10-161155-587](http://jp.pr.gov/Portals/0/Plan%20de%20Usos%20de%20Terrenos/Memorial/Memorial%20PUT%20(para%20busqueda).pdf?ver=2017-05-10-161155-587)
- **Documento rector del Programa de Manejo de la Zona Costera de Puerto Rico, 1978 (bajo revisión):** Este documento fue adoptado por la Junta de Planificación como el componente costero del plan de uso de terrenos para Puerto Rico, mediante la Resolución PU-002. El mismo puede ser accedido a través de: <http://drna.pr.gov/historico/oficinas/arn/recursosvivientes/costasreservasrefugios/pmzc/publicaciones/PRCMP%201978.pdf>
- **Plan Integral de los Recursos de Agua de Puerto Rico (PIRA), 2016:** El PIRA es el instrumento mediante el cual se expone la política pública y estrategias del Gobierno de Puerto Rico para proteger, conservar y utilizar los recursos de agua del País. El mismo puede ser accedido a través de: <http://drna.pr.gov/wp-content/uploads/formidable/PIRA-2016.pdf>
- **Plan de Manejo para la Conservación y Protección de los Arrecifes de Coral de Puerto Rico del diciembre de 2014:** El propósito de este Plan es abordar el manejo estratégico de los arrecifes de coral mediante acciones a corto, mediano y largo plazo que contribuyan a la conservación y a la protección este ecosistema. El mismo puede ser accedido a través de: [https://data.nodc.noaa.gov/coris/library/NOAA/CRCP/other/grants/NA11NOS4820005/PR\\_Coral\\_Reef\\_Strategic\\_Plan.pdf](https://data.nodc.noaa.gov/coris/library/NOAA/CRCP/other/grants/NA11NOS4820005/PR_Coral_Reef_Strategic_Plan.pdf)
- **Plan de Adaptación a los Cambios Climáticos – Departamento de Recursos Naturales y Ambientales:** Este documento analiza las vulnerabilidades a los efectos del al cambio climático en la infraestructura natural y construida que maneja el DRNA y establece recomendaciones de medidas de adaptación. El mismo puede ser accedido a través de: [http://drna.pr.gov/wp-content/uploads/2016/05/BORRADOR\\_PLAN-DE-ADAPTACIO%CC%81N-ANTE-LOS-CAMBIOS-CLIMA%CC%81TICOS-2016\\_webview.pdf](http://drna.pr.gov/wp-content/uploads/2016/05/BORRADOR_PLAN-DE-ADAPTACIO%CC%81N-ANTE-LOS-CAMBIOS-CLIMA%CC%81TICOS-2016_webview.pdf)
- **Puerto Rico Forest Action Plan, 2016:** Este documento provee una evaluación integral de los recursos forestales y bosque en Puerto Rico. Esta evaluación es requerida para participar de los programas de asistencia técnica y financiera del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. El mismo puede ser accedido a través de: <http://drna.pr.gov/wp-content/uploads/2016/12/SAP-2016-FINAL-9-15-2016-rev-ETI.compressed.pdf>
- **Plan y Reglamento del Área de Planificación Especial del Carso (PRAPEC), 2013:** El PRAPEC, es un instrumento de planificación que persigue promover un balance armonioso entre la conservación y el desarrollo sostenible de los recursos naturales bajo su jurisdicción. Constituye un mecanismo de planificación que permite alertar sobre la necesidad de evaluar detenidamente las propuestas de intervención directa e indirecta y aplicarles disposiciones especiales, parámetros y restricciones al uso y desarrollo. El mismo puede ser accedido a través de: [http://gis.jp.pr.gov/Externo\\_Econ/Otras%20Areas%20-%20Vistas%20Publicas/Plan%20y%20Reglamento%20Area%20de%20Planificacion%20Especial%20del%20Carso.pdf](http://gis.jp.pr.gov/Externo_Econ/Otras%20Areas%20-%20Vistas%20Publicas/Plan%20y%20Reglamento%20Area%20de%20Planificacion%20Especial%20del%20Carso.pdf)

- **Economic Development Plan for the Agriculture Sector, First Draft (s.f.):** Documento de la Junta de Planificación que tiene el propósito de incluir antecedentes históricos e información de diagnóstico sobre la agricultura de la Isla y la relevancia del sector agrícola como parte de un plan de desarrollo económico equilibrado. Contiene recomendaciones para el sector agrícola en el contexto de su relevancia para el desarrollo económico de Puerto Rico. El mismo puede ser accedido a través de:  
<http://jp.gobierno.pr/LinkClick.aspx%3Ffileticket%3DywwUp7PPac0%253D%26tabid%3D277%26portalid%3D0%26mid%3D1487+&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=pr>
- **Plan de Seguridad Alimentaria para Puerto Rico, 2013:** Aumentar la producción agrícola, mediante incentivos, y reducir la dependencia en la importación de alimentos en Puerto Rico, dada la vulnerabilidad de la cadena de suministros de alimentos actual. El mismo puede ser accedido a través de:  
<http://www2.pr.gov/agencias/Agricultura/Documents/Temas%20de%20interes/PLAN%20SEGURIDAD%20ALIMENTARIA.pdf>