



Caribe estadounidense



Capítulo 23. Caribe estadounidense

Autores y colaboradores

Autor principal de coordinación federal

Lisamarie Carrubba, NOAA Fisheries, Office of Protected Resources

Autores principales del capítulo

Pablo A. Méndez-Lazaro, University of Puerto Rico (junio de 2021-septiembre de 2022 y desde abril de 2023 en adelante)

Patricia Chardón-Maldonado, Caribbean Coastal Ocean Observing System (septiembre de 2022-abril de 2023)

Autores del capítulo

Nora Álvarez-Berrios, USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry

Maritza Barreto, University of Puerto Rico Rio Piedras Campus, Graduate School of Planning

Jared H. Bowden, North Carolina State University

Patricia Chardón-Maldonado, Caribbean Coastal Ocean Observing System

Wanda I. Crespo-Acevedo, NOAA Climate Adaptation Partnerships Program–Puerto Rico/Lynker

Ernesto L. Diaz, Tetra Tech Inc.

Lloyd S. Gardner, Foundation for Development Planning Inc.

Grizelle Gonzalez, USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry

Gregory Guannel, University of the Virgin Islands

Zack Guido, University of Arizona, Arizona Institute for Resilience

Eric W. Harmsen, University of Puerto Rico, Department of Agricultural and Biosystems Engineering

Amanda J. Leinberger, University of Arizona, Center for Climate Adaptation Science and Solutions

Kathleen McGinley, USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry

Pablo A. Méndez-Lazaro, University of Puerto Rico

Ana P. Ortiz, University of Puerto Rico Comprehensive Cancer Center

Roger S. Pulwarty, National Oceanic and Atmospheric Administration

LaVerne E. Ragster, University of the Virgin Islands

Isabel C. Rivera-Collazo, University of California, San Diego

Ruth Santiago, Lawyer

Carlos Santos-Burgoa, George Washington University

Ingrid M. Vila-Biaggi, CAMBIO

Contribuyentes técnicos

Odalys Martínez-Sánchez, NOAA National Weather Service

Melissa Meléndez, University of Hawai'i at Mānoa, School of Ocean and Earth Science and Technology

Kim Waddell, University of the Virgin Islands

Editor revisor

Edna L. Negrón-Martínez, University of Puerto Rico, Medical Sciences Campus

Obra de arte

Melanie Mills

Cita recomendada

Méndez-Lazaro, P.A., P. Chardón-Maldonado, L. Carrubba, N. Álvarez-Berrios, M. Barreto, J.H. Bowden, W.I. Crespo-Acevedo, E.L. Diaz, L.S. Gardner, G. Gonzalez, G. Guannel, Z. Guido, E.W. Harmsen, A.J. Leinberger, K. McGinley, P.A. Méndez-Lazaro, A.P. Ortiz, R.S. Pulwarty, L.E. Ragster, I.C. Rivera-Collazo, R. Santiago, C. Santos-Burgoa, and I.M. Vila-Biaggi, 2023: Cap. 23. Caribe estadounidense. En: *La Quinta Evaluación Nacional del Clima*. Crimmins, A.R., C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, B.C. Stewart, and T.K. Maycock, Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA. <https://doi.org/10.7930/NCA5.2023.CH23.ES>

Índice de Contenidos

Introducción	6
Recuadro 23.1. Vulnerabilidades diferenciales en el Caribe estadounidense.....	10
Cambio climático observado y proyectado en el Caribe estadounidense	11
Recuadro 23.2. Falta de datos en el Caribe estadounidense y las islas del Pacífico	14
Mensaje clave 23.1	
Los eventos climáticos extremos agravan las desigualdades e impactan la salud y el bienestar humanos.....	14
La identidad y el patrimonio comunitarios son necesarios para la resiliencia y la recuperación después de un desastre	16
Impactos de los eventos extremos en la salud y los servicios esenciales	17
Enfermedades no transmisibles.....	18
Enfermedades transmitidas por vectores causadas por el clima	18
Impactos del clima en las enfermedades zoonóticas humanas	18
Calor excesivo y carga social diferencial de los impactos climáticos.....	19
Salud humana y fuentes naturales de contaminación atmosférica	19
Intersecciones entre el sargazo y la salud	19
Interacciones entre los recursos hídricos y la salud humana	20
Subestimación de la mortalidad.....	20
Mensaje clave 23.2	
La ecología y la biodiversidad son únicas y vulnerables	22
Impactos del cambio climático en los bienes y servicios de los ecosistemas y la biodiversidad	22
Asuntos emergentes y orientaciones futuras.....	23
Mensaje clave 23.3	
El cambio climático amenaza la seguridad hídrica y alimentaria	25
Características de los sistemas alimentarios insulares	25
Características de los sistemas hídricos insulares.....	25
Factores de estrés climático en los componentes de los sistemas alimentario e hídricos	26
Protección social.....	29
Asuntos emergentes	29
Mensaje clave 23.4	
Las infraestructuras y la energía son vulnerables, pero la descentralización podría mejorar la resiliencia.....	30

Mensaje clave 23.5

La efectividad de la adaptación aumenta cuando se combina con la gobernanza y la planificación estratégicas34

Retos y oportunidades 35

Cuentas rastreables.....38

Descripción del proceso 38

Mensaje clave 23.1..... 38

Mensaje clave 23.2..... 40

Mensaje clave 23.3..... 41

Mensaje clave 23.4..... 42

Mensaje clave 23.5..... 43

Referencias45

Introducción

El Caribe estadounidense comprende Puerto Rico (PR) y las Islas Vírgenes de EE. UU. (US Virgin Islands, USVI; Figura 23.1). Ambos son territorios de EE. UU., y las personas nacidas allí adquieren la ciudadanía estadounidense por nacimiento. En las USVI viven unos 87,000 ciudadanos estadounidenses (Tabla 23.1)¹. Las USVI tienen una población mayoritariamente negra y una mezcla de comunidades que hablan inglés, español y creole. Puerto Rico (que incluye las islas habitadas de Vieques y Culebra) tiene una población de unos 3 millones de ciudadanos estadounidenses predominantemente hispanos o latinos que hablan español. Las comunidades de ambos territorios son ahora el origen de importantes flujos migratorios hacia EE. UU. continental^{2,3,4,5,6}.

El Caribe estadounidense

The US Caribbean



La región del Caribe estadounidense en la Quinta Evaluación Nacional del Clima está formada por Puerto Rico y las Islas Vírgenes de EE. UU.

Figura 23.1. El mapa muestra la ubicación de Puerto Rico y las Islas Vírgenes de EE. UU. en la cuenca del Caribe. El recuadro muestra la isla principal de Puerto Rico (verde; las dos islas municipales de Vieques y Culebra se muestran al este y la isla de Mona al oeste) y las Islas Vírgenes de EE. UU. (amarillo; St. Thomas y St. John al norte y St. Croix al sur). Créditos de la figura: Universidad de Puerto Rico; Centros Nacionales de Información Medioambiental (National Centers for Environmental Information, NCEI) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA); e Instituto Cooperativo de Estudios del Sistema Terrestre por Satélite (Cooperative Institute for Satellite Earth System Studies, CISESS) de Carolina del Norte (North Carolina, NC).

Las USVI y PR comparten una región geográfica. Ambas están pobladas por grupos que el Gobierno estadounidense considera minorías, y ambas se enfrentan a enormes retos socioeconómicos. Al mismo tiempo, tienen realidades socioeconómicas, geopolíticas y climáticas diferentes. También son bastante diferentes en cuanto a escala, gobernanza y demografía (Tabla 23.1). Los habitantes de las islas han aprendido a hacer frente a la adversidad debido a siglos de desigualdad social desfavorable, políticas coloniales y eventos climáticos extremos⁷.

Tabla 23.1. Geografía de los territorios del Caribe estadounidense

Los perfiles sociodemográficos de Puerto Rico y de las Islas Vírgenes de EE. UU. se basan en largas historias de colonización, desigualdad sistémica y antecedentes históricos paralelos con tradiciones indígenas profundamente arraigadas. Estos territorios se enfrentan a peligros similares relacionados con el clima que se ven agravados por la contracción de las economías, el envejecimiento de la población y la ineffectividad de las estructuras gubernamentales. Fuentes: Media de ingresos familiares del Departamento de Vivienda y Desarrollo Urbano de EE. UU.⁸; otros datos de la Oficina del Censo de EE. UU.⁹.

Categoría	Puerto Rico	Islas Vírgenes de EE. UU.
Población que vive por debajo del umbral de pobreza (promedio de EE. UU.: 11.4 %)	43.5 %	18.4 %
Superficie de las islas principales	3,515 millas cuadradas	St. Thomas: 32 millas cuadradas St. John: 20 millas cuadradas St. Croix: 81 millas cuadradas
Población total	3,075,000*	St. Thomas: 42,261 St. John: 3,881 St. Croix: 41,004 Total: 87,146
Idioma principal	Español	Inglés
Población urbana	93 %	96.3 %
Población rural	7 %	3.7 %
Raza y etnia	98.7 % hispanos o latinos** (EE. UU.: 18.5 % hispanos o latinos)	76 % negros (afrocaribeños) (EE. UU.: 13.4 % negros o afroamericanos)
Media de los ingresos familiares (en dólares de 2020; promedio de EE. UU.: \$67,521)	\$20,539	\$37,254
Cambios poblacionales 2010-2020	17.4 %	18.1 %
Gobierno	1 gobernador 27 senadores 51 representantes 78 alcaldes/municipios 1 miembro sin derecho a voto de la Cámara de Representantes de EE. UU.	1 gobernador 15 senadores (7 por distrito, 1 por circunscripción) Ningún representante No hay alcaldes 1 miembro sin derecho a voto de la Cámara de Representantes de EE. UU.

* Encuestas posteriores a la enumeración de 2020⁹. ** Aunque “hispano o latino” es la categoría oficial del Censo de EE. UU., no capta la diversidad racial y étnica de PR, el Caribe o América Latina. La definición oficial del Censo de EE. UU. de “hispano o latino” se refiere a una persona de origen cubano, mexicano, puertorriqueño, sudamericano o centroamericano u otro origen cultural español, independientemente de su raza. Esta definición pretende abarcar todas las culturas que hablan español.

Estas islas son especialmente vulnerables a los eventos meteorológicos extremos que se ven exacerbados por el cambio climático provocado por el hombre, y existe un mayor potencial de impacto porque las personas, las ciudades y las infraestructuras críticas suelen estar situadas en los lugares más vulnerables^{10,11,12}. Los eventos meteorológicos extremos están desencadenando crisis en cascada y poniendo de relieve las divisiones políticas, las cuales condicionan los esfuerzos de respuesta y recuperación. Al mismo tiempo, estos acontecimientos están poniendo de manifiesto las capacidades organizativas de las comunidades de base, normalmente ignoradas por los discursos a escala nacional o regional sobre la vulnerabilidad y la resiliencia^{13,14}. Un clima cambiante en el Caribe pone de relieve las interdependencias de los sistemas de infraestructuras críticas. Asimismo, el cambio climático amenaza la conservación del patrimonio, en particular del patrimonio tangible, tanto terrestre como subacuático¹⁵. Además de los fallos catastróficos causados por los fuertes huracanes, los impactos de los eventos extremos en muchos lugares del Caribe se ven agravados por factores intangibles que socavan los cimientos de comunidades fuertes y de ecosistemas funcionales. La recuperación después de un desastre es especialmente compleja en el Caribe estadounidense debido a las diversas prácticas culturales, las complicadas estructuras de gobernanza y el acceso desigual a información y recursos, lo que a veces se llama vulnerabilidad social diferencial (Recuadro 23.1).

La ausencia de una respuesta gubernamental adecuada al cambio climático y a los eventos extremos, unida a una larga historia de marginación política, ha catalizado el surgimiento de organizaciones comunitarias que llevan a cabo esfuerzos de desarrollo sostenible por su cuenta¹³.

Recuadro 23.1. Vulnerabilidades diferenciales en el Caribe estadounidense

Los impactos del cambio climático en las sociedades del Caribe estadounidense deben entenderse en el contexto de los procesos sociales e históricos que conforman la identidad y la exposición (vea el Capítulo 20 para obtener una explicación detallada de estos conceptos y los vínculos con la justicia). El cambio climático no impacta a todo el mundo por igual. La vulnerabilidad social es un proceso multidimensional afectado por fuerzas sociales, políticas y económicas que interactúan desde la escala local a la internacional¹⁶. En el Caribe estadounidense, la vulnerabilidad social y los determinantes sociales de la salud se analizan mejor dentro de un marco de riesgo sistémico y están influidos, al menos parcialmente, por lo siguiente:

- *Cultura*: el Caribe estadounidense se caracteriza por una gran diversidad étnica, diferentes orígenes económicos y profundos traumas históricos relacionados con la colonización y el conflicto. Estos antecedentes conforman las visiones del mundo, la percepción del riesgo, la toma de decisiones y las estrategias de adaptación y mitigación pertinentes localmente. La percepción de los riesgos climáticos y la respuesta a estos incluyen los conocimientos ecológicos locales y tradicionales y la memoria a largo plazo de los desastres, que puede o no ser transferible dentro de una misma isla o entre islas (Capítulo 20).
- *Acceso a los recursos*: los altos índices de pobreza y la marcada estratificación social, junto con la creciente gentrificación, migración, desplazamientos, impactos acumulados de desastres pasados y preocupaciones vinculadas a la salud humana, influyen en el acceso a los recursos —desde los económicos hasta los materiales— que podrían utilizarse para disminuir riesgos y prepararse para la adaptación. Aparte de los recursos económicos, el acceso a los recursos naturales se ve afectado por los efectos acumulativos de las actividades humanas a lo largo del tiempo. En el Caribe, por ejemplo, años de prácticas agrícolas indígenas, los sistemas de plantaciones coloniales y la industrialización han contribuido a la reducción de la biodiversidad, a la pérdida de la cubierta forestal, al agotamiento de los suelos, a la inestabilidad de las laderas y a la degradación de los ecosistemas marinos, que convergen para aumentar la severidad de los riesgos (Capítulos 17 y 18).
- *Acceso a la información*: a menudo, los datos climáticos solo están disponibles a escalas demasiado grandes para las necesidades de islas relativamente pequeñas con una diversidad microclimática muy amplia. Otros obstáculos para acceder a la información son el idioma (el español y el inglés son los principales idiomas de PR y las USVI, respectivamente), las barreras educativas, la pobreza, los crecientes índices de analfabetismo y la desconfianza en las entidades oficiales.
- *Gobernanza*: la relación política entre los territorios del Caribe estadounidense y el Gobierno federal afecta la capacidad de acción local. Otros sistemas formales e informales de gobernanza local también influyen en la acción, como el liderazgo de las comunidades locales, las organizaciones no gubernamentales locales y las organizaciones religiosas.
- *Situación fiscal y económica de Puerto Rico*: la prolongada y profunda contracción de la economía de Puerto Rico desde 2006, unida a la crisis fiscal y a la quiebra del Gobierno de Puerto Rico, generó importantes recortes en las instituciones gubernamentales, los servicios sociales y las mejoras y el mantenimiento de las infraestructuras^{17,18,19}. Estas medidas de austeridad, intensificadas por la creciente intervención de la Junta de Supervisión Fiscal controlada por el Gobierno federal, influyen en la capacidad de Puerto Rico para abordar las causas subyacentes de la vulnerabilidad y dificultan su capacidad de recuperación y adaptación²⁰.

Cambio climático observado y proyectado en el Caribe estadounidense

El estudio de las tendencias observadas y proyectadas en relación con el clima ofrece información para evaluar las consecuencias climáticas y medioambientales de los futuros cambios, riesgos e impactos climáticos. La siguiente evaluación se basa en los resultados más recientes^{1,12,20,21,22,23,24,25}.

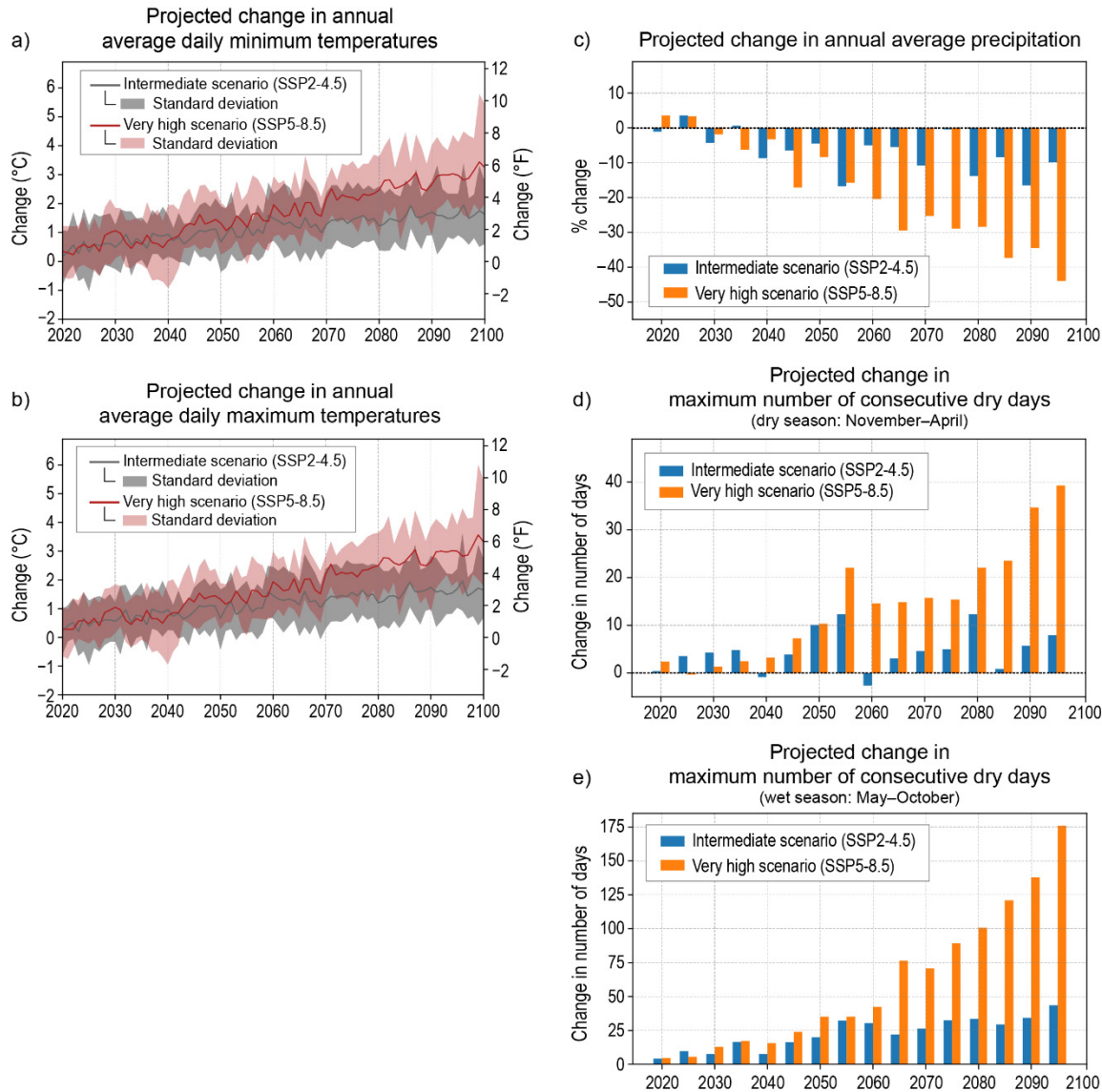
- La variabilidad climática natural (Tabla 23.2), incluido El Niño-Oscilación Sur (El Niño-Southern Oscillation, ENSO), la Oscilación del Atlántico Norte (North Atlantic Oscillation, NAO) y los eventos de polvo sahariano, tiene un papel importante en el clima subestacional interanual (año a año) dentro del Caribe estadounidense.
- Las temperaturas promedio diarias en PR han aumentado 2 °F desde 1950. Las temperaturas mínimas están aumentando más rápido que las temperaturas promedio diarias, y el mayor aumento se registra en las temperaturas mínimas de las zonas más bajas. Las proyecciones para las temperaturas de fin de siglo muestran un calentamiento adicional, desde 1.1 °F en un escenario intermedio (trayectoria socio-económica compartida [Shared Socioeconomic Pathway] SSP2-4.5) hasta 7 °F en un escenario muy alto (SSP 5-8.5; Figura 23.2).
- No se detecta tendencia clara a largo plazo en las precipitaciones promedio estacionales o anuales en PR, aunque la Figura 2.4 indica un ligero aumento (menos que 5%) en Puerto Rico para el periodo 2002-2021 en comparación al promedio de 1901-1960. Sin embargo, los modelos climáticos proyectan una reducción significativa de las precipitaciones promedio anuales para finales de siglo, con reducciones del 10 % para la SSP2-4.5 y del 33 % para la SSP5-8.5. Las reducciones de precipitaciones para la SSP5-8.5 en comparación con la SSP2-4.5 son cada vez mayores después de mediados de siglo. La consecuencia de la reducción de la precipitación promedio anual es un gran aumento del número de días secos consecutivos, especialmente en la estación húmeda (Figura 23.2).
- En la cuenca atlántica, se proyecta que el índice de precipitaciones de ciclones tropicales aumente en torno a un 15 % y la intensidad promedio de los vientos de tormentas en torno a un 3 % para un aumento de la temperatura promedio mundial de 3.6 °F (2 °C) por encima de los niveles actuales. También se proyecta un aumento del número de ciclones tropicales intensos (categorías 4 y 5) (KM 2.2). Existen indicios en Puerto Rico de que los índices de precipitaciones de ciclones tropicales están aumentando con respecto al registro climatológico, lo que incrementa la probabilidad de que se produzcan eventos extremos como las lluvias del huracán María. Las temperaturas de la superficie del mar se han calentado y los océanos se están acidificando, absorbiendo mayores concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) atmosférico.
- El nivel del mar está subiendo y se prevé que siga subiendo durante siglos (KM 9.1). Los escenarios a largo plazo del nivel del mar indican una subida adicional de aproximadamente 0.6 pies (0.2 m; escenario bajo) a 1.4 pies (0.4; escenario alto) para 2050 y de 1.9 pies (0.4 m; escenario bajo) a 6.8 pies (2.1 m; escenario alto) para 2100²⁵; para ver las conexiones con las trayectorias socioeconómicas compartidas (SSP), consulte la Guía del Informe. La trayectoria de las observaciones de mareógrafos en el archipiélago del Caribe estadounidense entre 1970 y 2020 coincide con el escenario intermedio hasta 2050.

Tabla 23.2. Circulación a gran escala y variabilidad climática

Los cambios en la circulación mundial (a gran escala) afectan la variabilidad climática en el Caribe estadounidense. El Niño-Oscilación Sur (ENSO) es la principal fuente de variabilidad climática anual en todo el planeta. Una fase cálida del ENSO se denomina El Niño y está asociada a las aguas más cálidas del Pacífico ecuatorial oriental. La fase fría se denomina La Niña y está asociada a aguas más frías en esa región. Estas aguas más cálidas y más frías afectan la atmósfera y los patrones meteorológicos mundiales. Las distintas fases del ENSO suelen durar entre 6 y 18 meses y se repiten cada de 2 a 7 años^{26,27,28}. La Oscilación del Atlántico Norte (NAO) es una oscilación de la presión a nivel del mar entre la Depresión de Islandia y el Alto/Anticiclón Subtropical del Atlántico Norte^{29,30,31,32}. Una NAO positiva se produce cuando tanto las bajas de Islandia como las altas de las Azores son más fuertes que el promedio, lo que crea marcadas diferencias de presión atmosférica en el Atlántico Norte. Una NAO negativa se asocia a débiles bajas de Islandia y altas de las Azores y al debilitamiento de las diferencias de presión en el Atlántico Norte. El polvo sahariano (compuesto por partículas que contienen minerales, materia orgánica, sales marinas, virus y bacterias, cuarzo, calcita, hematitas, sulfatos y otros materiales) llega a América desde África (principalmente desde el Sáhara y el Sahel). La temporada de polvo en el Caribe se produce entre mayo y septiembre (verano), con picos máximos de junio a agosto^{31,32}.

Variabilidad climática	El Niño	La Niña	Oscilación del Atlántico Norte (positiva)	Oscilación del Atlántico Norte (negativa)	Polvo sahariano
Actividad ciclónica tropical en el Atlántico Norte	Suprime la actividad	Aumenta la actividad	Suprime la actividad	Aumenta la actividad	Suprime la actividad
Precipitaciones en el Caribe estadounidense	Impacto débil o insignificante	Impacto débil o insignificante	Suprime las precipitaciones	Aumenta las precipitaciones	Suprime las precipitaciones

Temperatura y precipitaciones en Puerto Rico



Se proyecta que Puerto Rico se vuelva más cálido y seco, con una incertidumbre cada vez mayor en cuanto a la magnitud del cambio más allá de mediados de siglo; qué tan cálido y seco depende del escenario que se siga.

Figura 23.2. Los cambios proyectados de temperatura y precipitación para Puerto Rico se muestran para un escenario intermedio (SSP2-4.5) y un escenario muy alto (SSP5-8.5) para demostrar el rango de cambios futuros plausibles en el clima. Se muestran las proyecciones de cambio climático para las temperaturas promedio diarias mínimas (a) y máximas (b), las precipitaciones promedio anuales (c) y el número máximo de días secos consecutivos durante la estación seca (d) y la estación húmeda (e). Ambos escenarios indican un clima más cálido y seco para Puerto Rico, pero la magnitud del cambio para el escenario muy alto es alarmante, especialmente si se tiene en cuenta la disponibilidad de agua dulce. Los aumentos promedio máximos de temperatura para finales de siglo (2071-2100) oscilan entre 2.8 °F (1.5 °C) en el escenario intermedio y 4.8 °F (2.7 °C) en el escenario muy alto. El aumento de las temperaturas, unido a una reducción de las precipitaciones promedio anuales a finales de siglo de aproximadamente el 10 % (escenario intermedio) a más del 30 % (escenario muy alto), son ambos indicios de un clima significativamente más seco, con impactos muy grandes previstos para el escenario muy alto. Especialmente preocupante es la reducción de las precipitaciones durante la estación húmeda y el gran aumento del número de días consecutivos sin lluvia, superando un aumento de 115 días, en promedio, a finales de siglo para el escenario muy alto. Los gráficos de barras de los paneles (c-e) son promedios de períodos de cinco años. Todos los gráficos son diferencias relativas a todo el período (2021-2100). Créditos de la figura: NCEI de la NOAA y CISESS de NC.

Recuadro 23.2. Falta de datos en el Caribe estadounidense y las islas del Pacífico

El Caribe estadounidense y las islas del Pacífico siguen afrontando retos similares relacionados con el cambio climático (Capítulo 30), incluidas las limitaciones geográficas (p. ej., superficie terrestre limitada y topografía variable), la dependencia de las importaciones, la dependencia crítica de los recursos naturales locales (agua dulce y pesca) y las vulnerabilidades diferenciales a la sequía, la subida del nivel del mar y los desastres naturales. Estos territorios albergan comunidades desatendidas e infrarrepresentadas que se ven sistemáticamente excluidas de los esfuerzos de recopilación de datos debido a estructuras administrativas arraigadas en el colonialismo^{33,34}. Estas estructuras, combinadas con la falta de datos, han ocasionado problemas de capacidad que siguen promoviendo la discriminación, la inequidad y la desigualdad en una amplia gama de sectores (p. ej., salud, recursos naturales, educación, agricultura, seguridad alimentaria, importaciones y vivienda)^{35,36,37,38}.

Faltan datos para el Caribe estadounidense sobre parámetros como las fuentes de dióxido de carbono y los sumideros de carbono, las proyecciones de población municipales y las proyecciones a escala reducida pertinentes a nivel local tanto para los cambios en las condiciones promedio (p. ej., temperatura y precipitaciones) como para los eventos extremos (p. ej., olas de calor, huracanes, sequías, olas de calor marinas, tormentas invernales y tormentas de polvo). Incluso en los casos en que se dispone de datos redimensionados para la región del Caribe estadounidense, no tienen una resolución lo suficientemente fina como para distinguir islas pequeñas como las Islas Vírgenes de EE. UU., Culebra y Vieques. Además, los sistemas de conocimientos tradicionales y la administración del Caribe han sido fundamentales para responder al cambio climático, pero generaciones de conocimientos han sido infravaloradas, suprimidas e ignoradas por la ciencia occidental y solo recientemente han sido reconocidas como fuentes de conocimiento válidas a nivel federal^{39,40}. Al identificar y abordar las causas subyacentes de la falta de información en el Caribe estadounidense, las instituciones científicas podrán desarrollar de forma más equitativa futuras investigaciones y evaluaciones climáticas. De este modo, se facilitaría la toma de decisiones basada en evidencia en toda la región del Caribe.

Mensaje clave 23.1

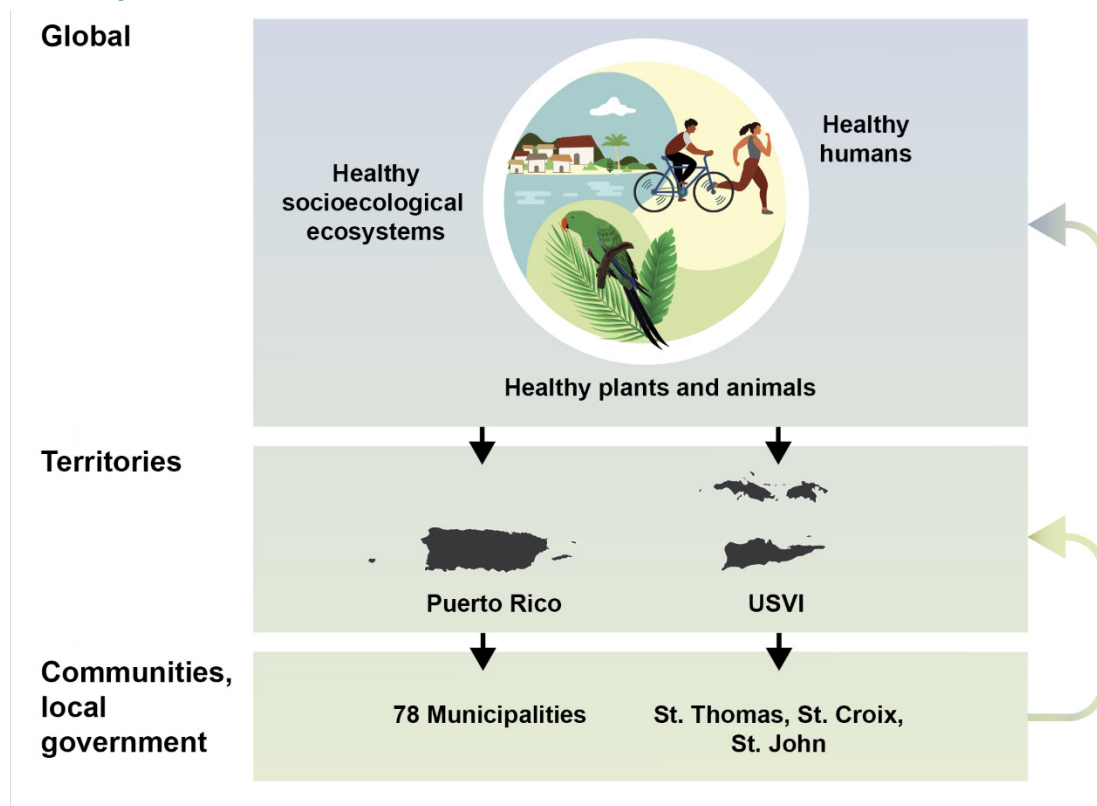
Los eventos climáticos extremos agravan las desigualdades e impactan la salud y el bienestar humanos

Las comunidades tradicionalmente desatendidas y desfavorecidas sufren impactos desproporcionados del cambio climático porque han sido sistemáticamente excluidas de servicios sociales, medios de subsistencia seguros, educación de calidad y otros beneficios sociales que ayudan a mantener la salud y el bienestar (*confianza alta*). Los huracanes y otros eventos extremos relacionados con el clima se han asociado a tasas más elevadas de enfermedades, trastornos mentales y mortalidad general, así como a la pérdida de patrimonio cultural que es fundamental para la identidad de la comunidad (*confianza alta*). A medida que los eventos meteorológicos extremos sean más intensos y frecuentes, los residentes seguirán experimentando niveles crecientes de enfermedades no transmisibles, exceso de mortalidad, problemas de salud del comportamiento y pérdida de calidad de vida (*confianza alta*). Se prevé que tanto la frecuencia de los episodios de calor como la severidad de los huracanes aumenten en la región debido al cambio climático inducido por el hombre, lo que afectará la salud pública, a menos que se tomen medidas de adaptación (*confianza alta*).

Las largas historias de colonización y desigualdad sistémica condicionan la capacidad de los pueblos del Caribe estadounidense para mantener la salud, la calidad de vida y el bienestar individual y social en general. Tanto en PR como en las USVI se han observado riesgos derivados de los impactos del clima en múltiples

aspectos de la salud humana, como enfermedades transmitidas por vectores y enfermedades no transmisibles, salud mental y calidad de vida en general (Capítulo 15)⁴¹. Las sociedades del Caribe estadounidense, con su composición multiétnica y multirracial de altas proporciones de personas de ascendencia africana e indígena, son más vulnerables a los riesgos relacionados con el clima debido a las políticas económicas y los sistemas sociales, a los diversos niveles de logros educativos, al desempleo, a la pobreza, a la emigración, a la demografía de edad avanzada, a la inseguridad alimentaria, al colonialismo y al histórico trato injusto⁴². Para hacer frente a estas circunstancias y a la amenaza de eventos extremos más frecuentes, el enfoque One Health, similar al concepto de salud comunitaria descrito en el Capítulo 15, moviliza el trabajo colaborativo entre comunidades, partes interesadas, profesionales, sectores y disciplinas para abordar el cambio climático y mejorar al mismo tiempo el bienestar y la calidad de vida de todos los organismos vivos (Figura 23.3).

El enfoque One Health



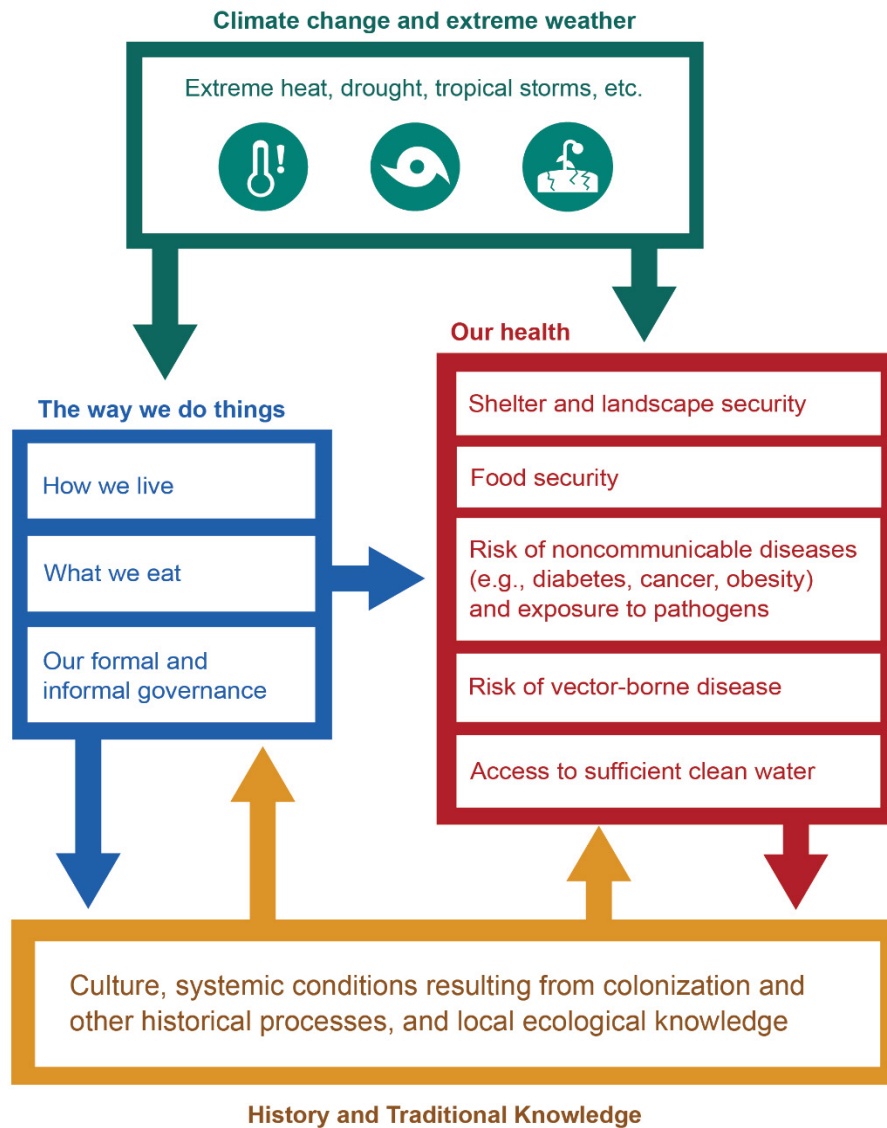
Ante el cambio climático, la salud de la población, las plantas, los animales y los ecosistemas del Caribe depende de la coordinación a través de múltiples escalas y fronteras.

Figura 23.3. En el Caribe estadounidense, el cambio climático está interactuando con el contexto institucional y medioambiental de las islas y con los determinantes sociales de la salud. Los eventos meteorológicos extremos (p. ej., fuertes huracanes, calor extremo y sequías) amenazan el acceso a aire limpio, agua potable, alimentos nutritivos y asentamientos seguros, además de dañar las infraestructuras, reducir el turismo, desplazar a las comunidades vulnerables, promover la migración entre los isleños, perturbar los servicios ecosistémicos y poner en peligro a los animales. El enfoque One Health que aquí se ilustra promueve el trabajo en colaboración a escalas local, regional y mundial para lograr la salud de los seres humanos, los ecosistemas y los animales por igual. Adaptado de la Organización Mundial de la Salud 2021⁴³ [CC BY-NC-SA 3.0 IGO].

La identidad y el patrimonio comunitarios son necesarios para la resiliencia y la recuperación después de un desastre

El patrimonio cultural del Caribe estadounidense está amenazado por el cambio climático (Figura 23.4). El patrimonio cultural incluye elementos tangibles (como edificios, artefactos, monumentos y yacimientos arqueológicos terrestres y subacuáticos) e intangibles (como prácticas, ideas, representaciones, conocimientos, música, canciones y ceremonias) que son componentes reconocibles de la identidad de una comunidad^{15,44}. Las investigaciones sobre huracanes recientes sugieren que se subestima en demasía la magnitud de la pérdida de patrimonio^{45,46} y que las medidas para mitigar los impactos climáticos amenazan en gran medida la preservación del patrimonio y la identidad culturales. Por ejemplo, los modos de vida tradicionales del Caribe estadounidense hicieron que las comunidades se situaran a las riberas de los ríos durante miles de años. Sin embargo, los yacimientos arqueológicos asociados a estas comunidades están amenazados por los proyectos de control de inundaciones¹⁵, que implican canalizar, dragar o cubrir los ríos (p. ej., Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos [United States Army Corps of Engineers, USACE], 2022⁴⁷). Estos proyectos de control de inundaciones no solo tienen un impacto en los yacimientos arqueológicos, sino que también transforman paisajes que son parte integral de la identidad, la recreación y el bienestar general de los residentes locales^{15,48}. Los impactos climáticos también aumentan la emigración, lo que puede conducir a la desintegración de las comunidades tradicionales y a la pérdida de conocimientos indígenas y tradicionales (KM 30.2)⁴⁹.

Cambio climático y salud pública



La salud pública está determinada por factores socioculturales y se ve aún más afectada por el cambio climático.

Figura 23.4. Los impactos del cambio climático sobre la salud humana en el Caribe estadounidense deben considerarse en el contexto de las realidades sociales, culturales e históricas de las islas. La vivienda y la seguridad alimentaria, el acceso al agua potable y las enfermedades transmisibles y no transmisibles se ven ciertamente afectados por el clima, pero también están condicionados por la cultura, la tradición y los procesos históricos y de colonización. Créditos de la figura: Universidad de California, San Diego; Universidad de las Islas Vírgenes; NCEI de la NOAA y CISESS de NC.

Impactos de los eventos extremos en la salud y los servicios esenciales

Se prevé que los eventos extremos, combinados con el deterioro de las infraestructuras y la distribución desigual de los determinantes sociales de la salud, sigan provocando interrupciones y un acceso insuficiente a los servicios de atención médica, como se ha documentado después de los huracanes Irma y María (KM. 15.2)^{14,50,51,52}. En PR y las USVI existen lugares contaminados donde se han desechado residuos peligrosos y, en algunos casos, se han gestionado de forma inadecuada. Algunos de estos lugares—26 en PR y 2 en las USVI—

están designados como sitios Superfund por la Agencia de Protección Medioambiental (Environmental Protection Agency, EPA)⁵³. Las inundaciones extremas tienen el potencial de impactar los sitios *Superfund*, esparciendo grandes cantidades de contaminantes y carcinógenos en el medio ambiente circundante⁵⁴.

Después del huracán María, muchos adultos mayores en PR experimentaron necesidades insatisfechas que contribuyeron al deterioro de la salud física y emocional, al manejo inadecuado de las enfermedades no transmisibles (Noncommunicable Disease, NCD), al aislamiento social, a la presión financiera, a los problemas de salud ambiental y al exceso de mortalidad^{14,55,56}. También se observaron niveles elevados de trastorno de estrés postraumático (post-traumatic stress disorder, PTSD), síntomas depresivos y factores de estrés relacionados con el desastre (KM 30.2)^{42,57}. Muchos hospitales sufrieron daños importantes en ambos territorios⁵⁸. Varios servicios de atención médica se vieron muy afectados, entre ellos vacunación, pruebas de detección del cáncer de cuello uterino, intervenciones quirúrgicas, tratamientos oncológicos y diálisis^{59,60,61,62,63,64}. Los expertos recomiendan que se delinee una mayor planificación específica para cada enfermedad dentro de la respuesta de emergencia de cada jurisdicción y en colaboración con los planes específicos para cada enfermedad de las organizaciones pertinentes⁶⁵; por ejemplo, planes médicos federales y específicos para cada región, como los planes integrales de control del cáncer de los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (Centers for Disease Control and Prevention, CDC), mitigarían el impacto de las condiciones meteorológicas extremas en poblaciones específicas y mantendrían una atención adecuada para la prevención y el tratamiento del cáncer durante y después de los desastres.

Enfermedades no transmisibles

Los territorios del Caribe estadounidense presentan altas tasas de NCD, así como tasas crecientes de deterioro de la salud mental^{42,66}. Después del huracán María hubo obstáculos para suministrar alimentos nutritivos, asequibles y culturalmente aceptables, apropiados para las personas con NCD⁴². En PR y las USVI, el 67.5 % y el 65.2 % de la población, respectivamente, tienen sobrepeso, y el 31.4 % y el 32.5 % viven con obesidad⁶⁷; estas afecciones se consideran indicadores de mortalidad temprana⁶⁸. Encuestas realizadas en PR en 2017 y 2019, antes y después del huracán María, muestran un aumento en ese lapso en la prevalencia de NCD y depresión en adultos⁶⁹. En marzo de 2018, una encuesta en línea identificó PTSD en el 44 % de los encuestados en PR y en el 66 % de los desplazados de PR a Florida^{70,71}.

Enfermedades transmitidas por vectores causadas por el clima

Las enfermedades transmitidas por vectores (Vector-Borne Disease, VBD) en el Caribe, como el dengue, el zika y el chikungunya, son transmitidas principalmente por los mosquitos *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus* y *Culex* (KM 15.1). La abundancia de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* está influida por la temperatura y las precipitaciones, y ambas especies tienen una excelente capacidad de adaptación en condiciones extremas de temperatura y precipitaciones^{72,73,74,75,76}. Entre los factores que favorecen los brotes de VBD en el Caribe estadounidense se incluyen el cambio climático, la desigualdad, la pobreza, el perfil del serotipo (variación del virus), la inmunidad, el manejo deficiente del agua y los residuos y la falta de concienciación de la comunidad⁷⁵.

Impactos del clima en las enfermedades zoonóticas humanas

La leptospirosis humana es una importante enfermedad zoonótica —es decir, una enfermedad que se transmite de los animales a las personas— de distribución mundial. Se presentó por primera vez en PR en 1942, mientras que los primeros casos de leptospirosis en las USVI se registraron durante las secuelas de los huracanes Irma y María. Pruebas recientes sugieren un exceso de riesgo de leptospirosis en PR asociado a zonas propensas a inundaciones, lluvias torrenciales y temperaturas más elevadas⁷⁷. Se prevé que eventos meteorológicos extremos como tormentas tropicales, lluvias torrenciales e inundaciones provoquen un aumento del número y la magnitud de los brotes de leptospirosis⁷⁸. En los escenarios climáticos

mencionados, es *muy probable* que se produzcan brotes en ambos territorios de EE. UU. a raíz de eventos meteorológicos extremos.

Calor excesivo y carga social diferencial de los impactos climáticos

Las olas de calor aumentan el riesgo de enfermedades y muertes relacionadas con el calor (KM 6.2, 15.1; Figura 15.1). Las condiciones de calor extremo en el Caribe se han intensificado desde 1980. Investigaciones recientes sugieren una tendencia creciente en el número de días con estrés térmico por calor (días por encima de 39.9 °C [103.8 °F]) para la región del Caribe desde 1980⁷⁹. Varios factores contribuyen a la vulnerabilidad y sensibilidad al calor, entre los que se encuentran:

- Poblaciones en los extremos de la edad (p. ej., recién nacidos, niños y adultos mayores).
- Mujeres embarazadas/personas.
- Personas que:
 - viven en hogares unipersonales;
 - viven por debajo del umbral de pobreza;
 - trabajan en espacios reducidos con poca ventilación;
 - trabajan al aire libre y están expuestas a factores de riesgo como la luz solar directa o una humedad elevada combinada con una temperatura del aire extremadamente alta;
 - viven con discapacidades;
 - padecen afecciones de salud crónicas (p. ej., obesidad, hipertensión, diabetes, enfermedad cardiovascular y enfermedad respiratoria);
 - no tienen cobertura de seguro médico.

Con la rápida urbanización de las USVI y PR y el crecimiento de la población en el pasado, los efectos de calor urbano se han intensificado (KM 12.2). En San Juan, PR ya se están dando muestras de estos efectos⁸⁰; los episodios de calor extremo se han asociado a un aumento significativo de la mortalidad y a un mayor riesgo relativo de derrames cerebrales y enfermedades cardiovasculares⁸¹. La refrigeración de los ambientes interiores ayuda a reducir el impacto de las olas de calor, pero la demanda de energía de una infraestructura eléctrica en ruinas, así como el aumento del costo de vida, crean riesgos climáticos asociados a la desigualdad, ya que solo una parte de la sociedad podrá permitirse equipos de enfriamiento⁸².

Salud humana y fuentes naturales de contaminación atmosférica

Estudios recientes sugieren que el calentamiento global intensificará las tormentas de polvo en el Mediterráneo y el Atlántico (KM 14.1)⁸³. En el Caribe estadounidense, las partículas de polvo transportadas a través del Atlántico desde el Sáhara, sobre todo durante el verano, afectan el clima, las condiciones meteorológicas y los ecosistemas, incluidos los arrecifes de coral, los bosques y las poblaciones humanas^{84,85,86,87,88,89,90,91,92}. El polvo sahariano aporta nutrientes a los ecosistemas terrestres y marinos. Sin embargo, en PR, el polvo sahariano se ha asociado a mayores riesgos cardiovasculares y respiratorios⁹³; también se ha relacionado con un mayor riesgo de visitas a la sala de emergencia y hospitalizaciones relacionadas con el asma en niños de Trinidad y Tobago,⁹⁴ Guadalupe⁹⁵ y Granada⁹⁶. A medida que aumentan la humedad y las temperaturas, la abundancia de moho y esporas en el aire también impactan la calidad del aire y, por tanto, las NCD respiratorias.

Intersecciones entre el sargazo y la salud

El sargazo es un alga parda que flota en el océano Atlántico y constituye un importante hábitat para los organismos migratorios que se han adaptado específicamente a él. En ocasiones, estas alfombras de algas son empujadas por el viento y las corrientes hacia el mar Caribe y llegan con frecuencia a las costas de

las islas de la región. La evidencia sugiere que estos eventos amenazan los ecosistemas costeros y las actividades sociales y culturales (p. ej., la pesca), con impactos económicos negativos (p. ej., reducción del turismo y degradación de las infraestructuras; Capítulo 10; KM 1.2) y efectos adversos para la salud humana (p. ej., palpitaciones, dificultad para respirar y sarpullido) debido al sulfuro de hidrógeno en el aire procedente del sargazo en descomposición y a la exposición directa a las algas^{97,98,99,100,101,102,103}. Aunque las alfombras de sargazo pueden cosecharse para usos beneficiosos como fertilizante y alimento animal y como fuente de energía, su uso como fertilizante podría transferir metales pesados a los cultivos^{104,105,106}. Si bien aún no se ha evaluado el impacto de este fenómeno en el Caribe estadounidense, se prevé que estas condiciones empeoren a medida que se intensifique el cambio climático.

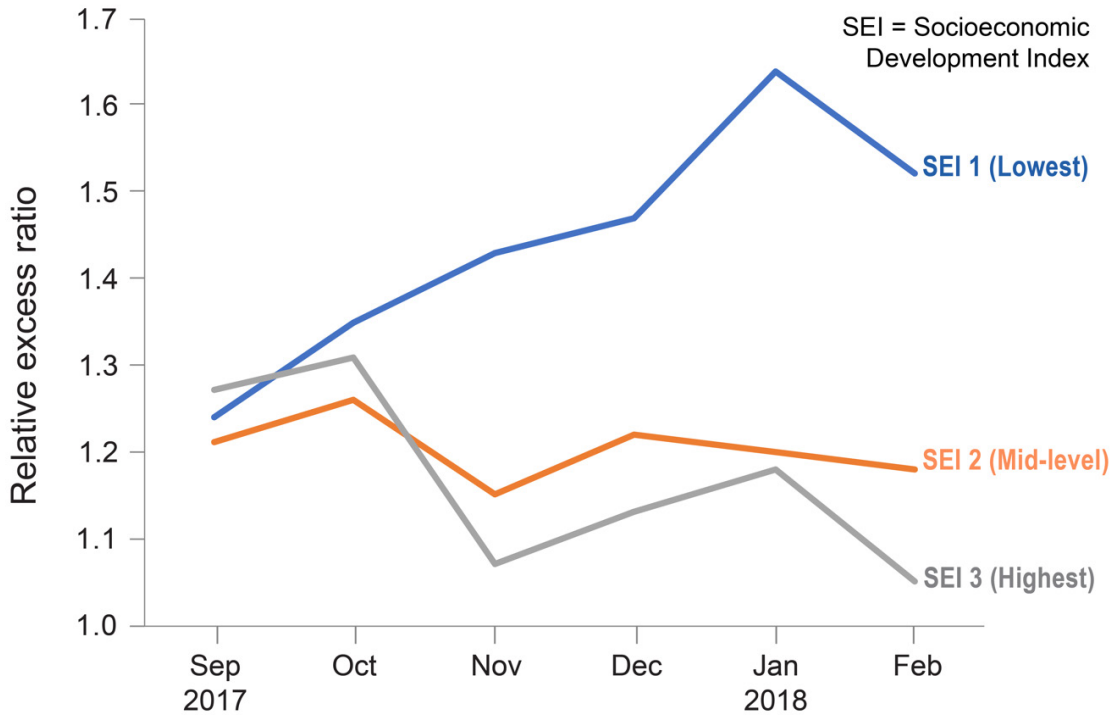
Interacciones entre los recursos hídricos y la salud humana

Los factores relacionados con la salud medioambiental y el cambio climático (p. ej., la subida del nivel del mar, la intrusión de agua salada y la contaminación) impactan la seguridad del agua. El manejo inefectivo del agua y el cambio climático, incluida la creciente intensidad de las tormentas, ha generado una creciente preocupación por la escasez de agua y la inseguridad hídrica en ambos territorios¹⁰⁷. Aunque se ha demostrado que los conocimientos tradicionales mitigan la escasez de agua en situaciones de emergencia, como en el caso de personas y comunidades que activaron fuentes de agua históricas o abandonadas durante desastres recientes^{44,108}, estas respuestas podrían no ser suficientes, ya que los conocimientos tradicionales también están amenazados, el patrimonio cultural se está perdiendo y la magnitud de los impactos supera la experiencia previa (KM 30.1). Los agricultores tradicionales de mayor edad de Puerto Rico han registrado una reducción de la disponibilidad de agua dulce en arroyos y manantiales que impacta su acceso tradicional al agua dulce y su producción de alimentos, lo que consideran un mayor riesgo para su salud¹⁵. Los informes sobre comunidades tanto en PR como en las USVI que están sistemáticamente excluidas de la asistencia social, la educación y otros servicios y beneficios sociales vinculan la desigualdad con los niveles de pobreza y el impacto del estatus en el desarrollo y la interpretación de las leyes y los programas que abordan estos asuntos (KM 15.2). Los estudios realizados después de los huracanes en PR y las USVI han puesto de manifiesto la contaminación del agua, los vectores de enfermedades y las bacterias en el suministro de agua potable, todo lo cual se espera que empeore con los impactos previstos del cambio climático, lo que afecta la seguridad de los medios de subsistencia^{109,110,111}.

Subestimación de la mortalidad

El exceso de mortalidad total identifica cuántas más muertes observadas se producen después de un evento específico en comparación con la tendencia histórica de referencia de las muertes esperadas si no se hubiera producido el evento natural. Después del huracán María en PR, muchas personas notaron un gran exceso de mortalidad, pero no fue identificado por la certificación oficial de 64 muertes. Seis meses después de María, un estudio independiente realizado por encargo identificó un 21 % más de muertes de hombres de lo esperado y una estimación total de exceso de mortalidad de 2,975 (Figura 23.5)⁵⁶, incluidas tanto muertes directas (relacionadas con las lesiones a causa del huracán) como indirectas (relacionadas con la falta de acceso a una atención efectiva después de la tormenta). Estas muertes afectaron sobre todo a las poblaciones más vulnerables, incluidas las de niveles socioeconómicos más bajos⁵⁶. La distribución de las causas del exceso de mortalidad se debe predominantemente a las enfermedades crónicas no transmisibles¹¹². Otros análisis calcularon 514 muertes excesivas en la población puertorriqueña desplazada a EE. UU. continental¹¹³. La evidencia demuestra que considerar solo las lesiones directas de los huracanes subestima en gran medida el impacto global en el exceso de mortalidad. Después del paso del huracán Fiona en 2022, la mortalidad en Puerto Rico fue 1.15 veces superior en los adultos mayores de 75 años, que experimentaron un exceso de 226 muertes¹¹⁴.

Exceso de mortalidad por el huracán María en Puerto Rico



El exceso de mortalidad por el huracán María fue más común entre los residentes más empobrecidos de Puerto Rico.

Figura 23.5. Entre septiembre de 2017 y febrero de 2018, se estimó un exceso de 2,975 muertes (es decir, por encima de lo que habría sido la tasa de mortalidad si no hubiera ocurrido la tormenta) en Puerto Rico a causa del huracán María. La mortalidad fue mayor entre las personas que vivían en municipios con ingresos bajos, entre las que tenían las puntuaciones más bajas en el Índice de Desarrollo Socioeconómico (Socioeconomic Development Index, SEI) municipal —un índice multidimensional de pobreza elaborado por el Gobierno de Puerto Rico— y entre los hombres de 65 años o más. Estos resultados son útiles para los funcionarios de salud, el personal de preparación para emergencias y los residentes, ya que los ayudan a prepararse y a mitigar los posibles efectos de los huracanes. Adaptado de Santos-Burgoa *et al.* 2018¹¹⁵.

Mensaje clave 23.2

La ecología y la biodiversidad son únicas y vulnerables

Los ecosistemas costeros y terrestres ofrecen un gran número de bienes y servicios que son vitales para las economías de las islas y para la salud y el bienestar de sus residentes (*confianza alta*). Estos sistemas esenciales están degradados por la acción humana y el cambio climático, lo que reduce los beneficios que brindan a las personas, así como su funcionalidad como hábitats para proteger la diversidad biológica (*confianza alta*). Se espera que el cambio climático agrave la degradación de los ecosistemas (*muy probable, confianza alta*). El éxito de las estrategias de adaptación al clima dependerá de la reducción de todas las fuentes de estrés sobre los sistemas ecológicos (*confianza media*).

PR y las USVI albergan diversos ecosistemas acuáticos y terrestres y son ricas en recursos naturales y patrimonio cultural. Los residentes dependen de los recursos naturales y los servicios ecosistémicos de la región para su bienestar y sustento. Estos importantes ecosistemas están siendo degradados por la actividad económica, la destrucción de hábitats, la conversión de tierras, los impactos de la contaminación y la sobrepesca¹¹⁶. Los impactos del cambio climático sobre la tierra tendrán consecuencias medioambientales a lo largo de la costa y más allá. Los impactos y las consecuencias variarán según el territorio, las especies y el tipo de ecosistema.

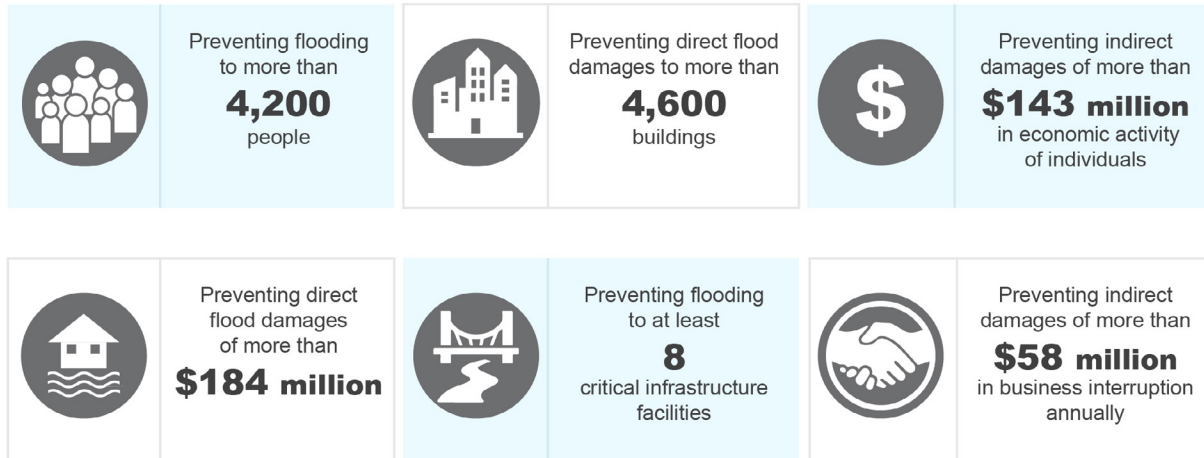
Impactos del cambio climático en los bienes y servicios de los ecosistemas y la biodiversidad

Los factores de estrés climáticos (p. ej., precipitaciones extremas, sequías, ciclones tropicales frecuentes e intensos y aumento constante de las temperaturas superficiales) y los no climáticos (p. ej., contaminación y deforestación) interactúan para impactar los ecosistemas y los servicios que prestan a las personas (Capítulo 9). Los servicios de los ecosistemas incluyen servicios de aprovisionamiento, como alimentos, alimento para animales y fibras; servicios de regulación, como la regulación del clima, el control de las inundaciones y la purificación del aire y el agua; servicios culturales, como la recreación y los beneficios espirituales y estéticos; y servicios de apoyo, como el ciclo de los nutrientes, la producción primaria y la formación del suelo¹¹⁷. El cambio climático compromete cada vez más los bienes y servicios de los ecosistemas (Capítulo 8).

Las zonas costeras (a menudo muy valoradas y foco de actividades culturales, conocimientos tradicionales, turismo e industrias esenciales para la vitalidad económica y social) están en peligro por el cambio climático (KM 9.2)^{118,119,120}. La costa del Caribe estadounidense tiene una longitud aproximada de 876 millas (1,410 km) (PR, 700 millas [1,127 km]; USVI, 175 millas [282 km])¹²¹ y se compone de ecosistemas costeros anidados como dunas arenosas, playas, manglares, salinas, arrecifes de coral y praderas de hierbas marinas. La alta densidad de población, el desarrollo concentrado y las infraestructuras críticas situadas a menos de 0.6 millas (1 km) de la costa son muy vulnerables a los riesgos costeros y a los factores climáticos²⁰. El poder destructivo combinado de la acción de las olas y las intensas lluvias de los huracanes Irma y María dañaron por sí solos más del 12 % de los arrecifes de coral^{122,123,124}, causaron la pérdida de playas de 1.2 a 3.1 millas (de 2 a 5 km)^{119,125,126}, erosionaron dunas^{118,127} y devastaron casi el 33 % de los manglares¹²⁸. Estos impactos se sumaron a la degradación de los ecosistemas causada por otros factores de estrés climático (KM 8.2).

Se prevé que la pérdida de beneficios recreativos por la degradación de los arrecifes costeros alcance los \$172,000 millones de dólares (en dólares de 2022) en 2100 en un escenario muy alto (trayectoria de concentración representativa [Representative Concentration Pathway], RCP8.5)^{129,130,131}. En 2019, una evaluación cuantificó los beneficios anuales de reducción del riesgo de inundaciones costeras suministrados por todos los arrecifes de coral de EE. UU., incluidos los de PR y las USVI, como se ilustra en la Figura 23.6.

Beneficios anuales esperados de los arrecifes de coral en el Caribe estadounidense



Los arrecifes de coral brindan cada año importantes beneficios de protección costera al Caribe estadounidense.

Figura 23.6. Los arrecifes de coral son un componente fundamental para la pesca recreativa y comercial, la protección del litoral y la economía turística. Actuando como defensa natural, los arrecifes de coral disipan la energía incidente de las olas y protegen las costas de la erosión y las inundaciones. Podría decirse que son uno de los ecosistemas de mayor valor económico¹³⁰. Las estimaciones económicas se expresan en dólares de 2010. Créditos de la figura: Sistema de Observación de los Océanos Costeros del Caribe.

La escorrentía de sedimentos y contaminantes derivada de diversas actividades terrestres también amenaza los ecosistemas costeros^{125,132}. La escorrentía de sedimentos de origen terrestre podría impactar directamente la capacidad de regeneración, el crecimiento y la mortalidad de los corales, así como los servicios ecosistémicos que prestan⁹³. Deben adoptarse estrategias interjurisdiccionales y principios de gestión basados en los ecosistemas para reducir significativamente los impactos adversos de las presiones antropogénicas/derivadas de la tierra sobre los ecosistemas costeros¹³³. En la cuenca de la bahía de Guánica, en PR, por ejemplo, se está implementando un plan de gestión de cuencas para restaurar la salud de los arrecifes de coral dañados por la escorrentía de sedimentos y nutrientes¹³⁴.

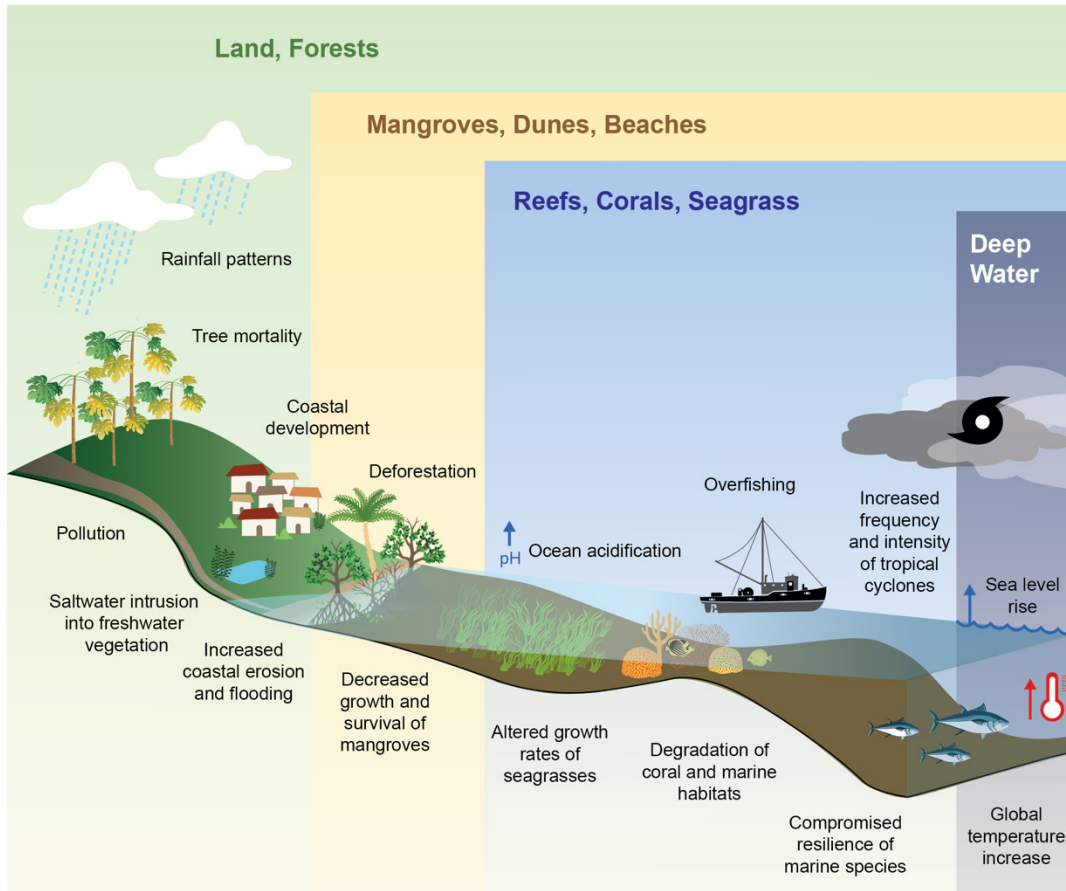
Los bosques caribeños son muy diversos, desde los manglares costeros hasta los bosques secos. Estos ecosistemas prestan muchos servicios, como hábitat, recreación, protección costera y mejora de la calidad del aire y del agua¹³⁵. Aunque los bosques están adaptados para soportar frecuentes perturbaciones naturales, se espera que los cambios proyectados en la temperatura y las precipitaciones impacten la cantidad de fructificación y floración, la productividad de los árboles y el ciclo de los nutrientes, además de aumentar la probabilidad de mortalidad de los árboles, entre otros impactos (KM 7.2). Además, pueden alterar los procesos biogeoquímicos del ecosistema forestal y afectar su composición, estructura y funcionamiento¹³⁶. Por ejemplo, los árboles del noreste de PR ya funcionan por encima de su temperatura óptima para la fotosíntesis; por tanto, el aumento de las temperaturas (que se ha proyectado) provocará la liberación de más dióxido de carbono (uno de los principales impulsores del cambio climático) a la atmósfera^{137,138,139}. Mientras tanto, la investigación sobre silvicultura tropical, ecología y conservación en las montañas de Luquillo en PR ha invertido el paradigma de que los ecosistemas tropicales son frágiles y ha demostrado, en cambio, que exhiben una notable resiliencia ante muchas formas de perturbación¹⁴⁰.

Asuntos emergentes y orientaciones futuras

Los ecosistemas que ya están degradados o sometidos a estrés pueden tener una menor capacidad de adaptación y resiliencia. El aumento del estrés provocado por el cambio climático puede llevar a los ecosistemas a puntos de inflexión¹⁴¹, con consecuencias socioeconómicas potencialmente irreversibles para

los sistemas socioecológicos costeros y los medios de subsistencia de las comunidades¹⁴¹. Mantener, mejorar o restaurar la conectividad ecológica y los corredores como estrategias de conservación es clave para ayudar a los ecosistemas a adaptarse al cambio climático (Figura 23.7; Capítulo 1; KM 3.6).

Factores de estrés de los ecosistemas



Tanto los factores de estrés climáticos como los no climáticos afectan los ecosistemas acuáticos y terrestres y la biodiversidad del Caribe estadounidense.

Figura 23.7. Los efectos acumulativos de estos factores de estrés podrían provocar la degradación de los hábitats acuáticos, el aumento de la erosión costera y las inundaciones, la mortalidad de los árboles, alteraciones en el crecimiento de los manglares y las praderas de hierbas marinas y la disminución de la resiliencia y la capacidad de adaptación. Adaptado con permiso de Fitzpatrick y Giovas 2021¹⁴².

Mensaje clave 23.3

El cambio climático amenaza la seguridad hídrica y alimentaria

Los sistemas alimentarios e hídricos del Caribe estadounidense son cada vez más vulnerables a la escalada del cambio climático, que incluye huracanes más fuertes, sequías más severas, temperaturas del aire más cálidas y otros eventos meteorológicos extremos (*probable, confianza alta*). Dado que los territorios dependen en gran medida de los alimentos importados, se ven afectados por los cambios climáticos que se producen tanto dentro como fuera de la región (*confianza alta*). La reducción de las precipitaciones promedio anuales, el aumento de la temperatura del aire y la subida del nivel del mar afectarán negativamente la disponibilidad de agua dulce en el futuro (*confianza media*). La mejora de los esfuerzos de adaptación se beneficiaría de una mejor comprensión de las formas en que se interrelacionan los sistemas alimentarios e hídricos y de los impactos en cascada generados por el cambio climático (*confianza media*).

La seguridad alimentaria e hídrica son importantes para el bienestar y surgen de complejas interacciones sociales y medioambientales entre grupos y regiones del Caribe. Alrededor de un tercio de los adultos puertorriqueños residentes en 2015 carecían de acceso constante a una alimentación adecuada, una tasa superior a la de EE. UU. continental (12 %) ^{143,144,145}. Los hogares con bajos ingresos tenían más del triple de probabilidades de experimentar inseguridad alimentaria que los hogares con mayores ingresos ¹⁴⁵. Estas cifras se ven influidas por el menor gasto gubernamental en programas clave de seguridad económica en comparación con otros estados o territorios estadounidenses ¹⁴⁶.

En este contexto, el cambio climático puede agravar la inseguridad alimentaria e hídrica en la región.

Características de los sistemas alimentarios insulares

Más del 80 % de los alimentos consumidos en PR proceden de EE. UU. continental ^{147,148,149} en barcos con bandera estadounidense, como lo exige la ley ¹⁵⁰. La mayor parte de los alimentos importados por PR llegan a un único puerto de entrada y son transportados por unas pocas compañías marítimas ¹⁵¹. En PR, las importaciones de alimentos han ido en aumento desde el 1950 ^{151,152}.

El sector agrícola representa una importante fuente de empleo y seguridad alimentaria, aunque la producción supone menos del 1 % del producto interno bruto (PIB) de Puerto Rico ¹⁵³. Entre 2012 y 2018, el número total de granjas puertorriqueñas se redujo en un 37 %, y las granjas de menos de 10 acres de tamaño disminuyeron alrededor del 57 % ¹⁵⁴. Los principales productos agrícolas son plátanos y bananas, café, cultivos de raíces y tubérculos, frutas y hortalizas, cultivos de vivero y pastos ¹⁵⁴. La producción ganadera y lechera genera más de 25,000 empleos en la isla y ocupa más de 50,000 acres ^{155,156}.

Las USVI importan más del 90 % de sus alimentos, y la importación de la mayoría de las categorías de alimentos aumenta con el tiempo ^{157,158}. Los principales cultivos que se siembran y venden en las islas son hortalizas, cultivos de vivero y arbóreos. Entre 2007 y 2018, la venta de estos principales cultivos aumentó un 1.1 %, pero siguen representando menos del 1 % del PIB ^{159,160}.

Características de los sistemas hídricos insulares

En PR, aproximadamente el 82 % del agua utilizada procede de fuentes superficiales (embalses y arroyos), mientras que el 18 % restante se extrae de fuentes subterráneas ¹⁶¹. La capacidad total de almacenamiento de los embalses está disminuyendo debido a la sedimentación ¹⁶²; la recogida de aguas pluviales y las plantas

desalinizadoras también son fuentes de agua potable, principalmente en las USVI. Existe una tensión entre el agua para consumo y los usos agrícolas. PR cuenta con cuatro distritos de irrigación alrededor de la isla principal que utilizan una red de embalses para suministrar agua a los agricultores para los cultivos a través de canales de irrigación. La Autoridad de Acueductos y Alcantarillados de Puerto Rico (Puerto Rico Aqueduct and Sewer Authority, PRASA) también compra derechos sobre el agua de los distritos. El agua de la PRASA es cara y no puede utilizarse para la agricultura¹⁴⁹. Debido a infraestructuras defectuosas, mal manejo, evaporación y robos, aproximadamente el 50 % del agua comprada por la PRASA a los distritos de riego se pierde antes de llegar al público.

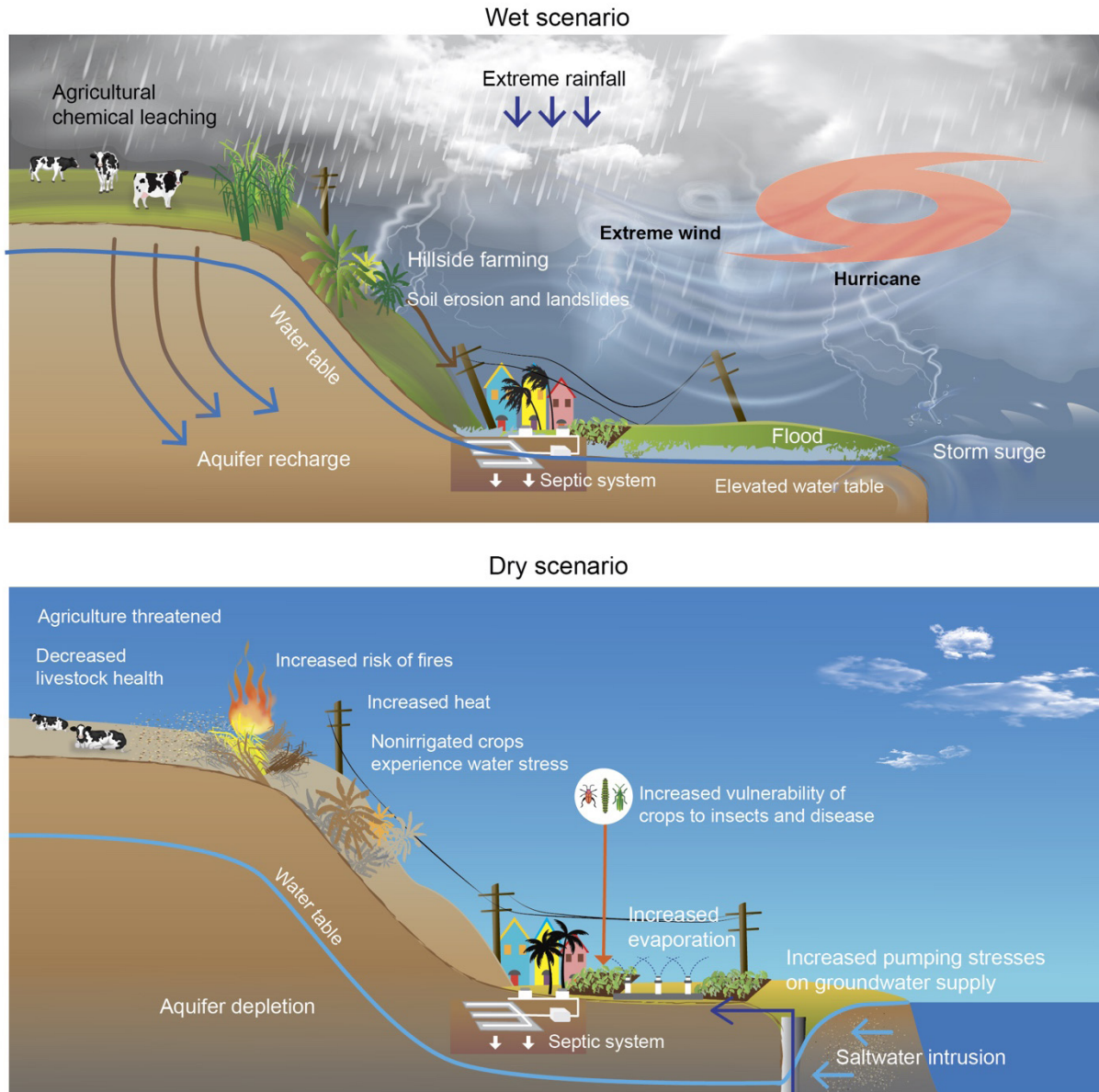
Fuera de estos cuatro distritos de riego, la escorrentía superficial se almacena en estanques o se bombea de los acuíferos. El acuífero de la costa sur (South Coast Aquifer, SCA) presenta niveles de agua en descenso debido al bombeo excesivo, que en algunos casos ha hecho descender los niveles de agua por debajo del nivel del mar, lo que ha provocado la salinización^{163,164,165}. El costo del agua para los agricultores es bajo¹⁴⁹, lo que puede disuadirlos de utilizar el agua de forma eficiente. La programación del riego puede utilizarse para optimizar el uso del agua de riego¹⁶⁶; sin embargo, existen pocos datos sobre los métodos de programación del riego utilizados por los agricultores de PR y las USVI. Alrededor del 10 % al 20 % del agua introducida en los canales de riego se pierde por fugas¹⁶¹.

En las USVI, los agricultores obtienen el agua de estanques y acuíferos superficiales y del agua de lluvia almacenada en cisternas. En St. Thomas, la mayor parte de la agricultura se desarrolla en la zona más seca de Estate Bordeaux¹⁶⁷. Los agricultores dependen sobre todo de cisternas y estanques privados y públicos o de pozos de manejo privado. En St. Croix, la mayoría de los agricultores dependen de las aguas subterráneas de pozos profundos o del agua de cisternas o estanques privados de su propiedad o manejados por el Departamento de Agricultura de las USVI. En St. John, los agricultores captan agua en estanques de propiedad privada. Pocos agricultores dependen del sistema público de abastecimiento de agua.

Factores de estrés climático en los componentes de los sistemas alimentario e hídricos

El cambio climático está afectando y seguirá afectando los sistemas alimentarios e hídricos de la región (Figuras 23.8, 23.9)¹⁴⁷. En el pasado, los fuertes vientos y las lluvias torrenciales destruyeron cosechas y provocaron la mortalidad del ganado. También han provocado deslizamientos, erosión y degradación del suelo, inundaciones y contaminación del agua por sedimentos¹⁶⁸. Entre 1995 y 2017, las pérdidas agrícolas atribuidas a los huracanes en PR representaron entre el 3 % y el 26 % de los daños económicos totales estimados. Solo el huracán María en 2017 causó más de \$2,300 millones de dólares (en dólares de 2022) en pérdidas y daños a cultivos e infraestructuras¹⁶⁹, lo que representó una reducción de alrededor el 80 % del valor agrícola total de la isla principal¹⁷⁰. Más allá de estos impactos directos, una parte sustancial de las pérdidas agrícolas fue causada por los efectos indirectos de los ciclones tropicales, incluidos los cortes de energía, la interrupción de las telecomunicaciones y del suministro de agua y las carreteras y los sistemas de riego dañados^{152,168,171}. Con el aumento proyectado de la intensidad de los grandes ciclones tropicales, se espera que estos impactos empeoren si no se realizan inversiones para que los sistemas alimentarios e hídricos sean más resilientes (KM 8.3, 11.3, 30.1).

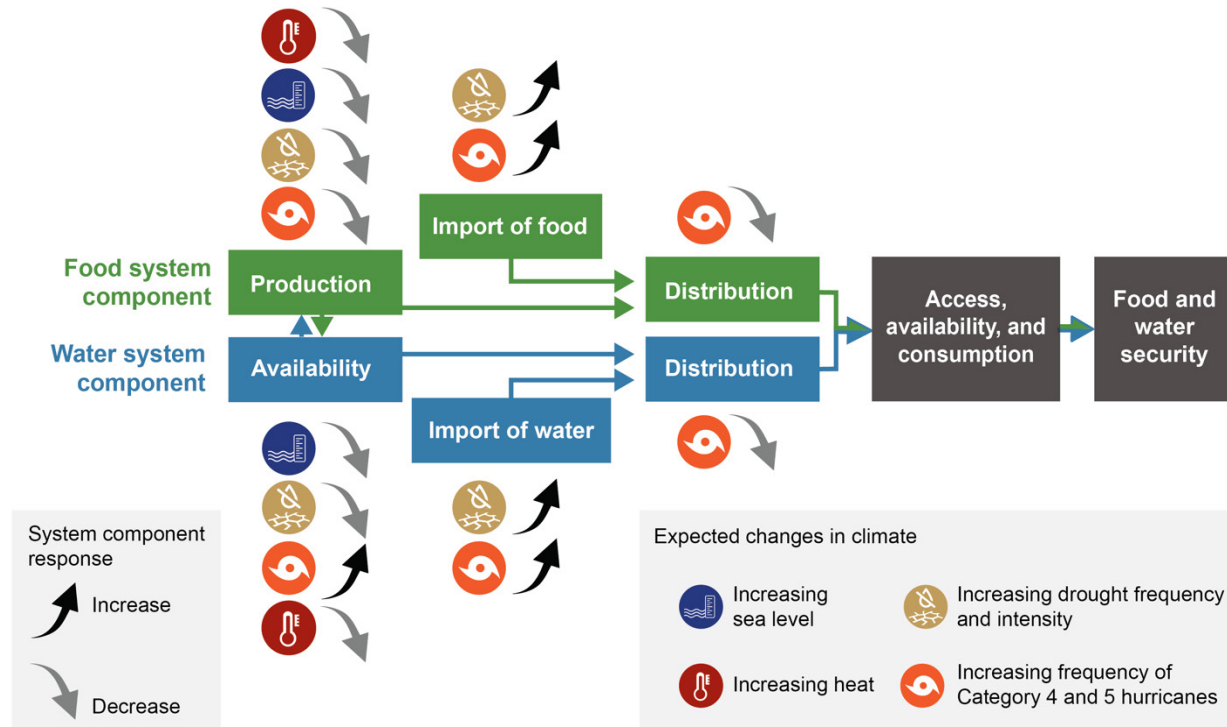
Impactos climáticos en los sistemas alimentarios e hídricos de la cordillera al arrecife



Los riesgos para los sistemas alimentarios e hídricos difieren en escenarios húmedos y secos.

Figura 23.8. (arriba) En períodos húmedos, la saturación de los suelos, unida a las fuertes lluvias de huracanes y tormentas, puede provocar inundaciones y, a su vez, la erosión del suelo y la destrucción de la vegetación y los cultivos. Los fuertes vientos y las inundaciones también pueden dañar las infraestructuras necesarias para la distribución de alimentos y agua. El exceso de lluvia, combinado con la subida del nivel del mar, afecta la calidad del agua por la lixiviación de productos químicos agrícolas y aguas residuales de los sistemas sépticos. (abajo) Las condiciones secas, por su parte, aumentan el bombeo de aguas subterráneas para el riego. Cuando se combinan con la subida del nivel del mar, estas condiciones también pueden provocar la intrusión de agua salada en los acuíferos costeros. Créditos de la figura: Universidad de Puerto Rico, Universidad Estatal de Carolina del Norte, Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de EE. UU. (U.S. Department of Agriculture, USDA), Universidad de Arizona y Universidad de las Islas Vírgenes.

Sistemas de agua y alimentos



Los efectos en cascada del cambio climático impactan los sistemas alimentarios e hídricos y la seguridad.

Figura 23.9. La figura muestra los efectos de los principales cambios climáticos que afectan directamente las islas sobre cada uno de los componentes del sistema. Las flechas hacia arriba y hacia abajo muestran el efecto creciente o decreciente de un determinado factor de estrés del cambio climático sobre los componentes del sistema alimentario o hídrico. Por ejemplo, el aumento de la frecuencia de los huracanes de categorías 4 y 5 provocará una disminución de la distribución de alimentos y agua. Los efectos de los cambios climáticos se ven moderados por influencias externas como los cambios socioeconómicos que preconditionan a las islas a ser más o menos susceptibles a los cambios climáticos. Créditos de la figura: Universidad de Puerto Rico, Servicio Forestal del USDA, Universidad de Arizona, Universidad Estatal de Carolina del Norte y Universidad de las Islas Vírgenes.

La sequía ha sido habitual en PR y las USVI. Entre 1950 y 2016, se produjeron períodos de sequía severa en todo el Caribe (1974-1977, 1997-1998, 2009-2010 y 2013-2016). Regiones de PR en 2020 y las USVI en 2021-2022 fueron declaradas por el USDA como zonas de desastre natural debido a las condiciones de sequía. La sequía de 2014-2016 se caracterizó por ser la más severa de la que se tiene registro¹⁷². Las pérdidas de ganado en 2015 representaron alrededor del 62 % de todas las pérdidas económicas notificadas, y las pérdidas de los cultivos de plátanos representaron el 22 %. La combinación de condiciones periódicamente secas con una tendencia al calentamiento conduce a la aridificación y agrava los impactos (KM 4.1)¹⁷³. La aridificación provoca un aumento de la demanda de riego. La mayor demanda de riego, unida a la salinización de los acuíferos por la subida del nivel del mar, sugiere que los acuíferos subterráneos como el SCA estarán sometidos a una presión cada vez mayor en el futuro. A partir de 2015, el Gobierno de Puerto Rico creó el Comité Científico sobre la Sequía. El Centro Climático del Caribe del USDA creó la Red de Aprendizaje sobre la Sequía en el Caribe en 2021 para integrar la información, las iniciativas y los programas relacionados con la sequía en PR y las USVI¹⁷⁴; estas iniciativas pueden ayudar a la preparación y respuesta ante futuras sequías.

Se prevé que el aumento de las temperaturas promedio y las temperaturas extremas intermitentes reduzcan el rendimiento de los cultivos¹⁷⁵, especialmente en las regiones tropicales¹⁷⁶. Entre los impactos previstos en los cultivos se incluye la reducción del rendimiento de las semillas¹⁷⁷, producción de polen y el aumento de la tasa de senescencia (es decir, el acortamiento del ciclo de vida de un cultivo)¹⁷⁸. Los efectos negativos del aumento de la temperatura empeoran en condiciones de déficit hídrico¹⁷⁸. Las temperaturas más altas también aumentan el potencial de incendios forestales¹⁷⁹; pueden afectar la variedad de malas hierbas, enfermedades e insectos¹⁸⁰ y puede causar estrés térmico por calor a los trabajadores agrícolas (KM 4.2)¹⁸¹. El aumento de los niveles atmosféricos de CO₂ puede contrarrestar los impactos negativos del aumento de las temperaturas; sin embargo, se requiere una cantidad adecuada de agua para aprovechar la fertilización por CO₂¹⁸². El uso de agua en los cultivos puede aumentar^{183,184,185} o disminuir¹⁸⁶ en condiciones de cambio climático, dependiendo de los cambios en los parámetros meteorológicos específicos de cada lugar.

Tanto la sequía como las elevadas temperaturas han impactado negativamente a los ganaderos de PR y las USVI^{152,156}. Las altas temperaturas conducen al estrés térmico por calor, que reduce la productividad animal, aumenta la proliferación y supervivencia de parásitos y patógenos de enfermedades, reduce la capacidad del ganado lechero para producir leche y aumentar de peso y disminuye las tasas de concepción. Además, las razas bovinas de PR y las USVI son más susceptibles al calor porque fueron introducidas en gran parte desde regiones templadas, como las de EE. UU. continental^{155,156}.

La salud del suelo tiene efectos directos sobre la capacidad de mantener la producción agrícola en el futuro y de adaptarse al cambio climático. El carbono orgánico del suelo se ve afectado por el aumento de las temperaturas. Tanto la mineralización como la pérdida de carbono orgánico y nitrógeno aumentan a temperaturas elevadas¹⁸⁷. La variación extrema de las precipitaciones puede favorecer la pérdida de carbono a través de la desecación y la erosión del suelo. Ciertas prácticas de conservación, como la siembra directa y el uso de cultivos de cobertura, pueden promover la salud del suelo y permitir el secuestro de mayores cantidades de carbono en el suelo^{187,188,189}. El Servicio de Conservación de Recursos Naturales del USDA promueve métodos para mejorar la salud del suelo en PR y las USVI¹⁹⁰.

Protección social

Los seguros de cosechas desempeñan un papel importante en la reducción del impacto climático. En PR, alrededor del 50 % de los agricultores participan en la Corporación de Seguros de Cosechas de Puerto Rico (Puerto Rico Crop Insurance Corporation, PRCIC) (actualmente no existe un programa similar en las USVI). Entre 2010 y 2019, la PRCIC pagó indemnizaciones por pérdidas agrícolas en 25 sucesos, todos menos uno —un incendio forestal— relacionados con las precipitaciones (huracanes, tormentas tropicales, inundaciones por depresión tropical y lluvias extremas). El noventa y ocho por ciento del total de indemnizaciones de seguros para el período de 2010–2019 correspondió a pérdidas causadas por huracanes. Sin embargo, el programa de seguros no cubre la sequía¹⁵².

Asuntos emergentes

Entre los ámbitos a los que se presta mayor atención, esenciales para gestionar las condiciones meteorológicas extremas, figuran la cría de plantas y animales^{156,191}, la producción de cultivos en entornos controlados¹⁹², la agricultura de precisión¹⁹³, la programación del riego^{194,195} y los sistemas de alerta temprana de inundaciones y sequías^{196,197}. El aumento de la producción local de alimentos y la necesidad de equilibrar el uso del agua entre sectores serán cuestiones cada vez más importantes¹⁴⁹. En las USVI, la falta de información para cuantificar las pérdidas económicas asociadas a los impactos climáticos, como los efectos de la sequía en la alimentación y la agricultura, también es un problema. La superposición del cambio climático a otros problemas agravados (internos y externos) creará factores de estrés adicionales y tendrá impactos en cascada sobre los sistemas alimentarios e hídricos de la región, por lo que comprender

la complejidad de las islas y sus sistemas alimentarios e hídricos ayudará a elaborar planes de contingencia para los problemas que puedan surgir.

Mensaje clave 23.4

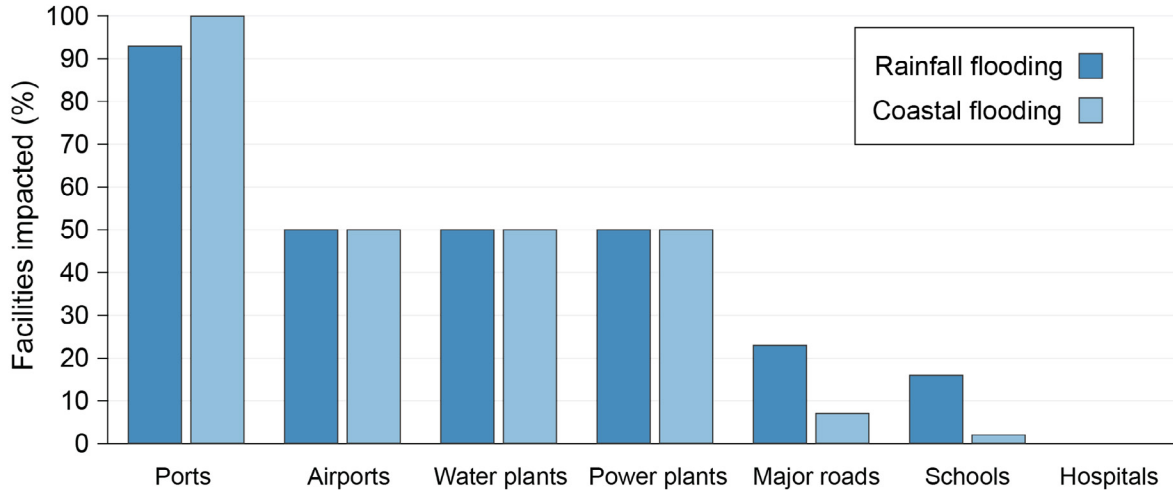
Las infraestructuras y la energía son vulnerables, pero la descentralización podría mejorar la resiliencia

El cambio climático ha creado profundos riesgos para las infraestructuras críticas del Caribe estadounidense, ya debilitadas por años de falta de inversión y mantenimiento aplazado (*confianza alta*). Las tormentas cada vez más intensas, junto con la subida del nivel del mar, están deteriorando intensamente los sistemas de infraestructuras, y se proyecta un aumento de los daños en los próximos años (*probable, confianza alta*). La dependencia de las importaciones de combustibles fósiles aumenta la inseguridad energética (*confianza alta*). Las mejoras de las infraestructuras, unidas a un nuevo paradigma centrado en la descentralización, la adopción de la energía solar distribuida y la gobernanza compartida, podrían contribuir a limitar la vulnerabilidad de los residentes a los riesgos de la salud y de otro tipo asociados a la pérdida de servicios esenciales (*probable, confianza media*).

Las temporadas de huracanes de 2017 y 2022 en el Caribe demostraron la vulnerabilidad de las infraestructuras críticas (p. ej., energía, agua, atención médica, transporte, telecomunicaciones, aguas residuales, aguas pluviales y residuos sólidos) en Puerto Rico y las USVI a los peligros naturales^{23,24,198}. Esta vulnerabilidad se debe principalmente a años de mantenimiento aplazado y a la recurrencia de fuertes tormentas tropicales^{199,200}, así como a un modo centralizado de producción y gobernanza que limita la redundancia, la flexibilidad y, por tanto, la capacidad de anticiparse y adaptarse a los futuros escenarios que creará el cambio climático^{201,202,203,204,205}.

Los potentes impactos de las tormentas tropicales se ven exacerbados por el aumento del nivel del mar, que incrementa las marejadas ciclónicas e impide el drenaje adecuado de los mayores volúmenes de aguas pluviales^{12,21,25,206,207,208,209}. Como consecuencia, los sistemas de infraestructuras críticas, que tienden a concentrarse cerca de las costas y las llanuras aluviales, sufrirán los efectos agravados de diferentes amenazas e interrumpirán el movimiento de personas, bienes y servicios (Figura 23.10; KM 9.2)^{204,210}. El cambio climático también está provocando temperaturas más altas y condiciones más secas^{12,21,211}, lo que reduce la disponibilidad de agua y aumenta su demanda e intensifica la intrusión de agua salada en los acuíferos^{212,213}. Y, dado que los sistemas de infraestructuras están interconectados y son interdependientes, la interrupción de cualquier sistema afectará el funcionamiento de otros sistemas. Actualmente, incluso fuera de las sequías, el agua para las necesidades humanas compite con la demanda para la producción de energía (KM 4.2, 5.1)²¹⁴. Del mismo modo, incluso sin huracanes, la subida del nivel del mar afecta el funcionamiento de los sistemas de transporte marítimo, aéreo y de superficie²⁰⁴, y los flujos de aguas pluviales desbordan los sistemas de aguas residuales^{200,204}.

Infraestructuras con riesgo de inundación en las Islas Vírgenes de EE. UU.



Muchos tipos de instalaciones de las Islas Vírgenes de EE. UU. y de Puerto Rico se ven amenazadas por las inundaciones provocadas por las tormentas.

Figura 23.10. La figura muestra el porcentaje de infraestructuras críticas situadas actualmente en zonas inundables (inundaciones pluviales causadas por lluvia e inundaciones costeras causadas por marejadas ciclónicas y olas) en las Islas Vírgenes de EE. UU. Muchas instalaciones similares corren peligro en Puerto Rico^{215,216}, pero faltan datos para representar la información en este documento. Las instalaciones en riesgo de inundación o que se inundan podrían no ser capaces de prestar servicios críticos a las comunidades cuando se inundan, y podría no haber otra alternativa disponible. La figura muestra las vulnerabilidades en las condiciones climáticas actuales; no se incluyen las inundaciones adicionales causadas por la subida del nivel del mar ni los posibles aumentos futuros de la intensidad y duración de las tormentas. Créditos de la figura: Universidad de las Islas Vírgenes, NCEI de la NOAA y CISESS de NC. <https://www.fema.gov/locations/virgin-islands>

El aumento de la temperatura y las olas de calor impulsarán la demanda de electricidad y agua, y las tormentas más húmedas aumentarán la demanda de bombeo de aguas residuales y pluviales^{217,218}. Se proyecta que los daños causados por el aumento de las tasas de precipitaciones de los huracanes y el aumento de la intensidad de los huracanes aumenten los flujos de residuos sólidos, y que las actividades de respuesta y recuperación intensifiquen el uso de artículos de un solo uso, como utensilios o botellas de agua^{24,219,220}; también se espera que aumente la demanda de atención médica a medida que las comunidades experimenten temperaturas más altas o una mayor exposición a las aguas pluviales o residuales y a los patógenos asociados transmitidos por el agua²²¹.

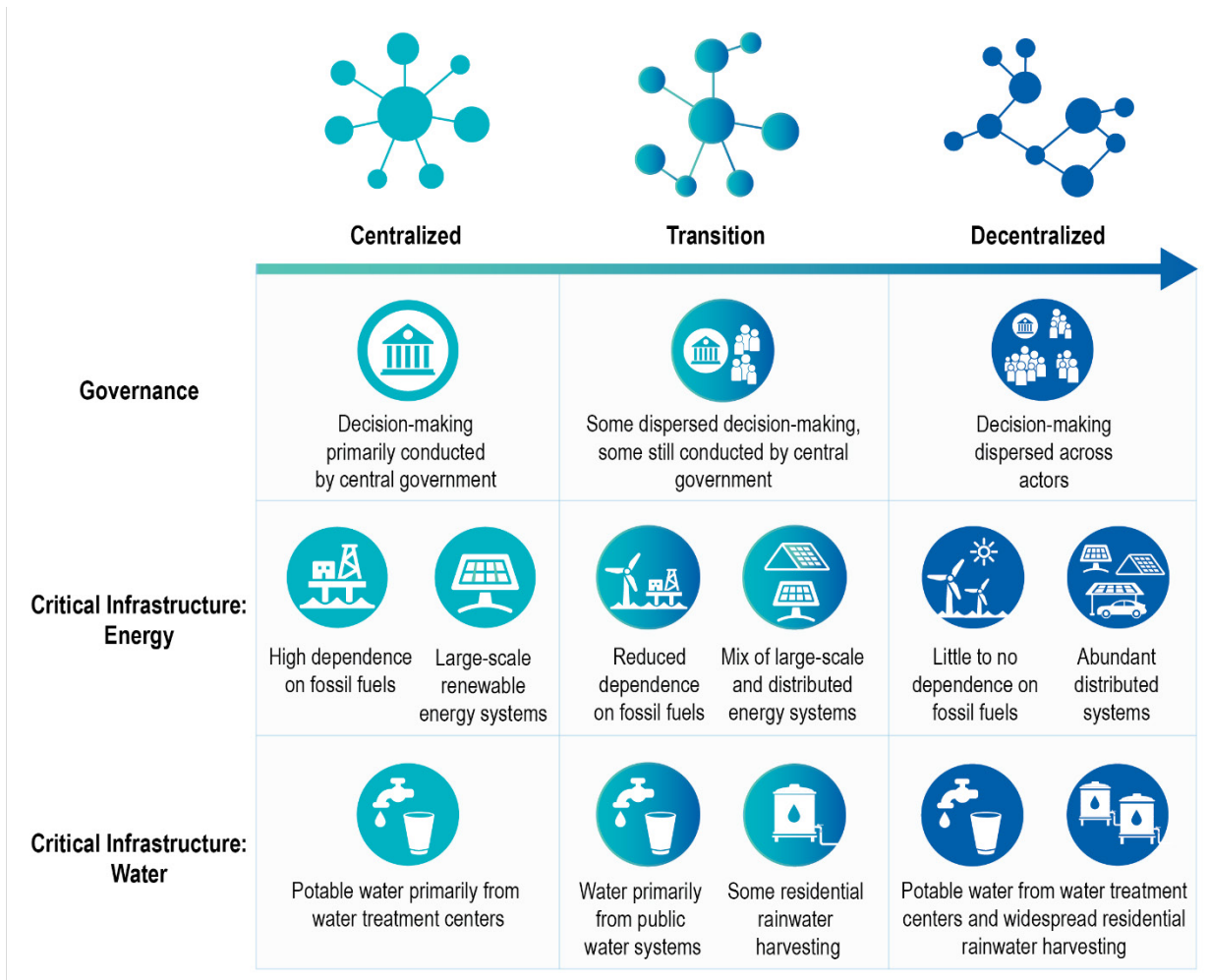
Los efectos del cambio climático en los sistemas de infraestructuras se ven agravados por el impacto humano en los ecosistemas. La degradación de los ecosistemas (p. ej., la erosión de las playas y la pérdida de arrecifes de coral o de manglares) también está aumentando los impactos de las amenazas sobre las infraestructuras^{222,223,224,225}; del mismo modo, el aumento del sargazo²²⁶ puede dañar las infraestructuras y dejarlas inoperativas, así como afectar la salud de las personas que operan estos sistemas^{227,228,229}.

Por último, el cambio climático agrava las tensiones en unos sistemas de infraestructuras ya de por sí sometidos a grandes presiones. Los retos heredados, como la falta sistémica de inversión, la mala gestión y las limitaciones fiscales, socavan la capacidad de invertir en actividades de adaptación o de mantener una ventaja competitiva a la hora de retener el talento y actualizar la capacidad técnica^{199,230,231}.

Hacer frente a los peligros climáticos al tiempo que se mitigan otros riesgos exigirá una nueva reflexión sobre los obstáculos de los enfoques actuales y el potencial de una trayectoria que permita una mejor

gestión de los recursos y prestación de los servicios. Los sistemas de infraestructuras altamente interdependientes con estructuras de funcionamiento y gestión centralizadas podrían ser incapaces de anticiparse y adaptarse a las perturbaciones causadas por las futuras condiciones climáticas^{202,232,233}. El éxito de las estrategias de adaptación de las infraestructuras puede requerir la restauración de los sistemas de infraestructuras naturales (p. ej., acuíferos, humedales de manglares, arrecifes de coral cercanos a la costa, etc.) para la prestación de servicios^{234,235,236}; también puede requerir la adopción de un nuevo paradigma, como sistemas de infraestructuras más descentralizados y diferentes modelos de gobernanza (KM 18.4). Por ejemplo, la recogida doméstica de agua de lluvia protege contra las interrupciones prolongadas del sistema público de abastecimiento de agua²³⁷, la gestión sostenible de materiales reduce la presión sobre los vertederos²³⁸ y las microrredes y los sistemas solares comunitarios y domésticos brindan energía durante las interrupciones del servicio público centralizado (Figura 23.11). Estos tipos de sistemas descentralizados pueden ayudar a alcanzar los objetivos de mitigación^{239,240,241,242}, al tiempo que reducen los impactos negativos sobre la salud de las centrales de combustibles fósiles²⁴³. Sin embargo, es importante tener en cuenta si la adopción de estos nuevos sistemas podría exacerbar las desigualdades existentes en el acceso a los servicios o a estas tecnologías, o cómo podría hacerlo^{203,244,245}, o cómo competir con otras oportunidades de uso de la tierra, como la agricultura y la vivienda²⁴⁶.

Descentralización de las infraestructuras y la gobernanza



Reforzar la resiliencia de las infraestructuras exigirá una transición hacia sistemas descentralizados, así como modos de gobernanza descentralizados.

Figura 23.11. Para los sistemas eléctricos, la descentralización significa no solo invertir en más sistemas de energías renovables gestionados por las empresas de servicios públicos, sino también aumentar las inversiones en sistemas gestionados por las comunidades y los hogares. Para los sistemas hídricos, la descentralización significa aumentar las inversiones en infraestructuras de captación de agua que sirvan de alternativa. La mejora de los modelos de gobernanza, mediante la descentralización de la toma de decisiones y la asignación de recursos, permitirá afrontar mejor las amenazas del cambio climático y las debilidades y los problemas del sistema actual. Créditos de la figura: Universidad de las Islas Vírgenes, NCEI de la NOAA y CISESS de NC.

Los sistemas de infraestructuras del Caribe corren el riesgo de sufrir futuros eventos climáticos, pero los enfoques actuales de funcionamiento y gestión aumentan su vulnerabilidad^{199,200,230}. Una mayor investigación sobre los sistemas de infraestructuras, incluidas las soluciones comunitarias a los retos climáticos, podría ayudar a identificar vías adecuadas para la adaptación.

Mensaje clave 23.5

La efectividad de la adaptación aumenta cuando se combina con la gobernanza y la planificación estratégicas

La adaptación al clima en el Caribe estadounidense es un reto debido a múltiples factores que interactúan, entre ellos la elevada exposición al riesgo, el financiamiento limitado o desajustado, la insuficiente capacidad institucional y organizacional y los enfoques aislados de la reducción del riesgo y la resiliencia (*confianza alta*). La adaptación efectiva para apoyar la resiliencia en el Caribe estadounidense podría mejorarse mediante el codesarrollo y la integración de una ciencia climática mundial, regional y local sólida y de conocimientos basados en el riesgo incorporada en la planificación y la implementación, así como mediante la mejora de los acuerdos de gobernanza (*confianza alta*). Las capacidades del Caribe estadounidense en materia de planificación y adaptación podrían mejorarse reforzando las asociaciones entre la región del gran Caribe y EE. UU. continental (*confianza media*).

Las islas pequeñas constituyen un caso especial para el desarrollo y la adaptación debido a su aislamiento geográfico, geografías complejas, culturas diversas y recursos naturales únicos, agravados por retos como sus pequeñas economías, sus limitados recursos humanos y los costos del suministro de servicios públicos^{247,248}. Unas políticas y una capacidad institucional sólidas son fundamentales para la reducción efectiva del riesgo y la respuesta y recuperación ante desastres, así como para la capacidad de aprovechar las oportunidades actuales y emergentes de planificación e implementación de medidas de adaptación.

En el caso de PR y las USVI, se podría acceder a importantes recursos financieros para la adaptación climática y la gestión integral de desastres, por ejemplo, a través de los fondos de recuperación ante desastres, el programa de Subvención en Bloque para el Desarrollo Comunitario: Mitigación (Community Development Block Grant Mitigation, CDBG-MIT) y otros donantes federales y de organizaciones no gubernamentales. Sin embargo, la planificación efectiva de la adaptación se ve obstaculizada por la limitada asimilación de la información sobre el cambio climático en la toma de decisiones²⁴⁹, vínculos débiles entre programas^{250,251} y una capacidad institucional insuficiente para priorizar iniciativas y diseñar sistemas operativos vinculados entre sí a través de múltiples organizaciones^{168,252,253}. Además, la adaptación y la recuperación podrían ser más eficientes y efectivos si se asignaran fondos que tuvieran en cuenta los parámetros de vulnerabilidad social²⁵⁴.

La política de planificación y adaptación al cambio climático en el Caribe estadounidense ha avanzado lentamente en los años recientes, como demuestra la Ley de Mitigación, Adaptación y Resiliencia al Cambio Climático de Puerto Rico²⁵⁵ y la Orden Ejecutiva n.º 474-2015: Preparación de las Islas Vírgenes de EE. UU. para la adaptación a los impactos del cambio climático²⁵⁶. La ley de Puerto Rico que creó el Comité de Expertos y Asesores sobre el Cambio Climático ordena que el Gobierno asigne fondos para su funcionamiento y desarrolle un plan de mitigación, adaptación y resiliencia al cambio climático. Muchas organizaciones comunitarias también han tomado medidas para impulsar la transformación social, la adaptación al clima y el desarrollo sostenible^{257,258,259,260}. Entre las organizaciones de PR están Casa Pueblo (energía), Vieques Love (preparación ante desastres, resiliencia y desarrollo de capacidades), Mujeres de Islas (desarrollo sostenible), Vida Marina (restauración de dunas), Protectores de Cuenca (restauración de cuencas hidrográficas), Corporación de Servicios de Salud Primaria y Desarrollo Socioeconómico El Otoao (desarrollo socioeconómico y salud pública) y El Josco Bravo (agricultura). Entre las organizaciones de las USVI que han tomado medidas sobre el cambio climático se encuentran Caribbean Exploratory Research Center de la Universidad de las Islas Vírgenes (cambio climático y salud), St. Thomas East End Medical Center Corporation (programa

educativo sobre cambio climático y salud) y Foundation for Development Planning Inc. (defensa del cambio climático y reducción del riesgo de desastres y participación en el proceso de elaboración de políticas públicas sobre el cambio climático). La autoorganización también ha reforzado la confianza y la cohesión de la comunidad¹³.

En las USVI, el Departamento del Interior de EE. UU. financió en 2016 una iniciativa sobre el cambio climático que elaboró un informe de evaluación de la vulnerabilidad y los riesgos²⁶¹. El Centro Climático del Caribe y un número limitado de organizaciones de la sociedad civil apoyaron la iniciativa. Sin embargo, actualmente no existe ningún programa de adaptación al cambio climático en las USVI, y la inadecuada asimilación de la información sobre el cambio climático para la toma de decisiones identificada en 2016²⁴⁹ todavía se refleja en políticas y programas actuales del sector público tanto en las USVI como en PR²⁶².

Retos y oportunidades

Los avances en la planificación e implementación de la adaptación al clima por parte de personas, comunidades y organizaciones públicas, privadas y de la sociedad civil se ven limitados por los cambios demográficos, las condiciones y capacidades fiscales y socioeconómicas y los altos niveles de exposición al riesgo en la región (KM 31.2).

En PR y las USVI, las poblaciones vulnerables se encuentran en lugares expuestos a un alto riesgo climático^{20,263}. Los determinantes sociales de la vulnerabilidad incluyen la inestabilidad económica y el acceso limitado a la educación y a los servicios de atención médica^{254,264,265,266}; esta vulnerabilidad amplifica los efectos de los desastres y socava la capacidad de preparación, respuesta, recuperación y adaptación^{168,254,267,268}.

Entre 2000 y 2019, PR estuvo entre los territorios y países más afectados por eventos extremos relacionados con el clima, y entre 2010 y 2020, registró el mayor número de nuevos desplazamientos en el Caribe^{269,270}, en gran medida porque sus residentes son ciudadanos estadounidenses y pueden desplazarse al territorio continental de EE. UU. sin restricciones²⁷¹.

El Caribe estadounidense experimenta migraciones de entrada y de salida, que deben tenerse en cuenta en la planificación y la adaptación, ya que los migrantes necesitan alojamiento permanente o temporal y servicios esenciales²⁷². Se han realizado progresos en materia de políticas, programas e implementación, pero la dinámica de la migración intrarregional no se comprende ni se aborda plenamente²⁷⁰.

Los procesos de toma de decisiones y los mecanismos de ejecución de programas suelen involucrar a múltiples instituciones, incluidas las organizaciones de la sociedad civil. Sin embargo, estas organizaciones públicas y privadas suelen trabajar aisladas o con una coordinación o colaboración limitadas. La efectividad de estos sistemas mixtos mejoraría considerablemente si se reforzaran los mecanismos de coordinación, se perfeccionaran los procesos institucionales y se invirtiera más en recursos humanos para comprender y gestionar los procesos y sistemas conectados (Capítulo 31)^{42,251,262,273,274}. Del mismo modo, la superación de las limitaciones en la capacidad institucional para desarrollar y gestionar subvenciones federales ayudará a avanzar en las acciones de adaptación en PR y las USVI²⁷⁵.

La separación física del Caribe estadounidense del continente hace más compleja y difícil la respuesta ante desastres²⁵³. Informes recientes sobre la respuesta a los huracanes Irma y María destacan la necesidad de mejorar los procesos de planificación y los sistemas de entrega en las agencias federales pertinentes^{276,277}. Garantizar que las políticas y los programas federales sean adecuados a las condiciones físicas y los entornos institucionales locales e incluyan flexibilidad para tener en cuenta futuras conmociones y perturbaciones podría mejorar la respuesta y la recuperación ante desastres, así como las medidas de adaptación al clima. El diseño de políticas y programas que incorporen enfoques de gestión sostenible

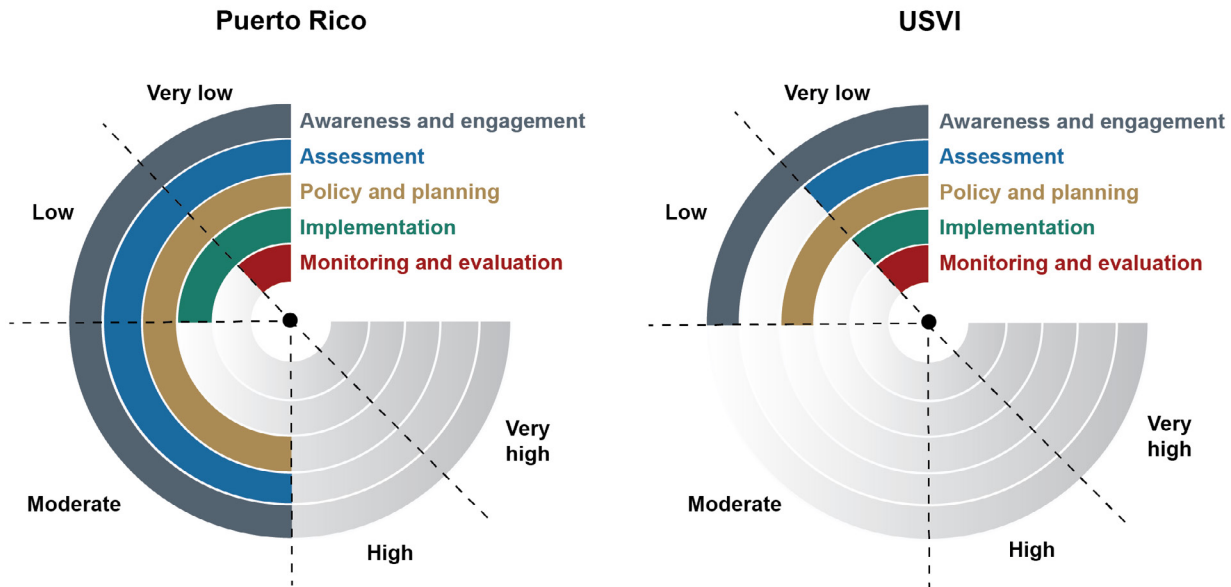
de la tierra podría reducir las vulnerabilidades asociadas a la ubicación de infraestructuras y viviendas en zonas costeras y zonas inundables, la inseguridad hídrica y alimentaria y la degradación de los sistemas ecológicos. Una mayor armonización de los programas federales y locales podría mejorar los resultados de los proyectos, programas y desarrollo en los dos territorios. El Gobierno tiene un papel fundamental en la creación de un entorno propicio adecuado para el desarrollo sostenible, es decir, el ecosistema social creado por la interacción de políticas, leyes, instituciones y procesos que influyen en el desarrollo de un país. Por lo tanto, la inversión continua en la capacidad del Gobierno podría ayudar a garantizar que tenga la competencia para formular y ejecutar políticas públicas, mantener una capacidad significativa de toma de decisiones, mantener sistemas de Gobierno apropiados y efectivos y desarrollar resiliencia ante las conmociones^{199,252,278,279,280,281,282}.

Los programas actuales de mitigación de riesgos y respuesta a emergencias se centran predominantemente en la preparación, la respuesta y la recuperación, es decir, solo en tres de las cuatro fases de un programa integral de gestión de desastres. La cuarta fase es la de prevención y mitigación, y en ella se integran medidas económicas, jurídicas, sociopolíticas, institucionales y de otro tipo para reducir la vulnerabilidad y reforzar la resiliencia^{283,284}. En este contexto, el refuerzo de la resiliencia ante los desastres y el cambio climático podría mejorarse desarrollando la capacidad institucional de evaluación y gestión de riesgos.

Tanto la Ley 33-2019 de PR como la Orden Ejecutiva 474-2015 de las USVI brindan marcos de gobernanza que facilitan la planificación coordinada y la toma de decisiones participativa que involucran a los sectores público, privado y de la sociedad civil y al público en general. Los actuales flujos de financiamiento federal disponibles para los territorios en el marco del programa de CDBG-MIT también presentan una oportunidad para avanzar en las estrategias de reducción del riesgo de desastres, centrándose más en la mitigación y la prevención. La modificación de los planes actuales para las USVI y Puerto Rico permitiría aprovechar mejor esta oportunidad²⁸⁵.

En las USVI y PR se han logrado distintos niveles de progreso en los elementos clave de la adaptación al cambio climático (Figura 23.12). Este progreso refleja la realidad de que la adaptación es un proceso continuo que requiere acuerdos de gobernanza en evolución para facilitar el compromiso de toda la sociedad.

Estado de las medidas de adaptación



Las medidas de adaptación en Puerto Rico y las Islas Vírgenes de EE. UU. reflejan diferentes momentos de inicio y capacidad disponible.

Figura 23.12. La figura ilustra los avances en las medidas de adaptación en Puerto Rico y las Islas Vírgenes de EE. UU. Las barras de color de los gráficos muestran el nivel de avance de cada elemento clave de la adaptación al clima. La adaptación se presenta como un proceso continuo en el que múltiples elementos pueden solaparse o avanzar simultáneamente. Acelerar las medidas de adaptación en ambos territorios reduciría el riesgo y mejoraría la resiliencia. Créditos de la figura: NOAA/Lynker y Foundation for Development Planning Inc. Consulte en los metadatos de la figura los colaboradores adicionales.

El seguimiento, la investigación y la acción sobre los cambios regionales en los sistemas meteorológicos, la salud de los océanos y los ecosistemas terrestres y costeros pueden superar los medios financieros de los distintos estados y territorios insulares, lo que subraya la necesidad de agrupar recursos y experiencias en toda la región. Existen muchas relaciones formales e informales entre instituciones, Gobiernos y asociaciones profesionales del Caribe estadounidense y otros países caribeños que ofrecen oportunidades para mejorar las acciones de adaptación al clima mediante una colaboración regional más estrecha.

Cuentas rastreables

Descripción del proceso

Este capítulo fue redactado por un equipo multidisciplinar de 22 autores que se formó en agosto y septiembre de 2021 siguiendo criterios inclusivos que buscaban una diversidad de voces por género, etnia, disciplina, etapa profesional, conocimientos y geografía. Aproximadamente la mitad de los autores trabajan principalmente en Puerto Rico (PR), el 35 % en ambos territorios de EE. UU. y el 15 % en las Islas Vírgenes de EE. UU. (USVI). El sesenta por ciento de los autores representan a la academia, seguida del sector público (alrededor del 20 %), las organizaciones no gubernamentales y el sector privado. Los autores son hispanos o latinos que hablan español, negros afrocaribeños que hablan inglés y blancos solos o combinados con otras razas.

A partir de septiembre de 2021, el equipo celebró reuniones semanales con todos los autores para fomentar las relaciones y el desarrollo de capacidades. Los autores trabajaron distribuidos en equipos de redacción, cada uno responsable de dirigir la narración en cada tema y de aportar evidencia respaldada con literatura. El 19 de enero de 2022, el capítulo del Caribe organizó un taller de participación pública con 90 asistentes. Desde enero de 2022, el equipo siguió celebrando reuniones semanales en las que se debatían cuestiones programáticas y técnicas. Cada equipo de redacción de mensajes clave y el responsable del capítulo celebraron reuniones semanales para analizar cuestiones temáticas, desarrollo de figuras y debates más profundos relacionados con cada mensaje clave.

Mensaje clave 23.1

Los eventos climáticos extremos agravan las desigualdades e impactan la salud y el bienestar humanos

Descripción de la base de evidencia

Este tema combina la información más reciente revisada por expertos y la literatura gris o no convencional sobre la evaluación de los impactos del cambio climático en la salud de la población del Caribe estadounidense. La literatura revisada por expertos procede de diversas fuentes^{14,42,50,52,56,59,60,61,62,63,64,80,81,210}. La literatura no convencional y los informes proceden de bases de datos locales de agencias gubernamentales y encuestas del Caribe estadounidense, así como de bases de datos y otros informes^{53,54,67,286}. Los informes del Censo de EE. UU. sientan las bases de los retos con descripciones de altos niveles de pobreza e ingresos por debajo de la media de EE. UU. tanto en Puerto Rico como en las USVI. La literatura que describe los antecedentes de las poblaciones del Caribe estadounidense en situación de desventaja e insuficientemente atendidas está documentada para las USVI en la evaluación de necesidades realizada por Michael *et al.* (2019)⁴² después de los huracanes de 2017; también ofrece una combinación de datos e información locales y federales que indican los desafíos con el acceso y el alcance de los servicios a porciones significativas de la población antes y después de los huracanes. Maldonado *et al.* han realizado evaluaciones similares para Puerto Rico (2021)²⁸⁷ (seguridad residencial y reubicación comunitaria), Seara *et al.* (2020)²⁸⁸ (percepción de los impactos climáticos por las comunidades pesqueras) y Boger *et al.* (2019)⁴⁴ (patrimonio cultural y conocimientos tradicionales). La relevancia de los vínculos entre los recursos culturales y tradicionales y el bienestar de las personas se informa en Boger *et al.* (2019)⁴⁴, Dawson (2013)²⁸⁹, Finneran (2017)²⁹⁰, Kohler y Rockman (2020)²⁹¹; Perdikaris *et al.* (2021)²⁹²; y Rockman y Hritz (2020)²⁹³.

Existe sólida evidencia^{23,81} en Puerto Rico de que los episodios de calor extremo y los eventos de precipitaciones extremas están aumentando en frecuencia, intensidad y duración, lo que plantea la amenaza de

una mayor incidencia de enfermedades y muertes relacionadas con el calor, pero dicha evidencia es más limitada para las USVI en este momento. Los datos sobre subestimación de la mortalidad se presentaron para Puerto Rico específicamente en Santos-Burgoa *et al.* (2018)⁵⁶ y en Centro Nacional de Estadísticas sobre Salud (National Center for Health Statistics, NCHS) (2019)²⁹⁴ en el contexto de la pandemia del COVID-19. No se dispone de la cuantificación correspondiente a las USVI para el período posterior al huracán María.

Principales incertidumbres y brechas de investigación

Las situaciones posteriores a desastres brindan oportunidades a investigadores y promotores, a menudo en detrimento de las comunidades locales o impactadas^{292,295}. Louis-Charles *et al.* (2020)³⁶ reclaman la necesidad de prestar más atención a la ética del compromiso entre, por un lado, los investigadores externos, las agencias y los intereses de inversión y, por otro, las comunidades locales del Caribe. Aunque los medios de comunicación, las redes sociales y la música popular han denunciado los daños de la gentrificación después del desastre, no se ha investigado mucho cómo el capitalismo del desastre exacerba las injusticias y la supresión cultural en Puerto Rico y las USVI. Los ancianos y los conocimientos tradicionales destacan la preocupación por las tasas de emigración de los jóvenes y la desarticulación de las comunidades tradicionales que aún se beneficiarían de una mayor investigación²⁹⁶.

Aunque en Puerto Rico se han realizado investigaciones sobre la distribución de aerosoles y aeroalérgenos y sus impactos en la salud, esta asociación aún no se ha cuantificado en las USVI.

Los informes^{42,51} y la literatura revisada por expertos describen los impactos del clima extremo y los esfuerzos o necesidades para mitigar o adaptar las actividades tanto en Puerto Rico como en las USVI²⁹⁷. El fortalecimiento de la educación y los esfuerzos de extensión de adaptación podrían ayudar a abordar asuntos de salud del comportamiento, cargas de enfermedades no transmisibles y otras dificultades.

El impacto de las alfombras de sargazo que llegan a las costas de los territorios estadounidenses es incierto. La evidencia de otras islas del Caribe sugiere que este fenómeno contribuirá a empeorar la calidad del aire, la salud de los ecosistemas y la salud pública en las zonas costeras. Hay algunas propuestas iniciales sobre un sistema de alerta temprana para el polvo sahariano, el calor extremo y la salud pública, pero la preparación del sector de la salud pública para mitigar las enfermedades sigue siendo baja (y menor en las USVI que en PR). Hay incertidumbres relacionadas con las nubes de polvo saharianas y cómo afectará el cambio climático la estacionalidad, los patrones, la concentración y la distribución del polvo. Aún no se sabe con certeza por qué se produce un exceso de mortalidad durante períodos prolongados después de un evento natural; la comprensión de estos mecanismos requiere la identificación de la causa específica de mortalidad y de las distintas condiciones que conducen a la muerte, incluidas las infraestructuras, la capacidad crítica de construcción, la vivienda y las condiciones de vida. En la actualidad, un proyecto dirigido por el Instituto Nacional de Normas y Tecnología está avanzando en este sentido²⁹⁸.

Descripción de la confianza y la probabilidad

Existe una *confianza alta* en que los eventos meteorológicos extremos relacionados con el clima contribuyen a la pérdida de calidad de vida y bienestar en el Caribe estadounidense. Las largas historias de colonización, los traumas generacionales y la desigualdad sistémica condicionan la capacidad de los pueblos del Caribe estadounidense para mantener la salud, la calidad de vida y el bienestar individual y social en general (*confianza alta*). El nivel de investigación local y federal y los informes posteriores a los huracanes Irma y María en 2017 incluyeron información sobre tendencias y también identificaron cambios y desafíos significativos con la salud general, los servicios de apoyo, la salud mental y el bienestar en general. Además, se observó que las condiciones que propiciaron los malos resultados son retos importantes para las comunidades tanto de PR como de las USVI. Se prevé un aumento de la frecuencia de los episodios de calor y de los fuertes huracanes en la región debido al cambio climático inducido por el hombre, lo que afectará la salud pública, a menos que se adopten medidas de adaptación claras y urgentes (*confianza alta*). Las

condiciones climáticas son favorables para las enfermedades transmitidas por vectores (p. ej., dengue, zika y chikungunya) y las enfermedades zoonóticas humanas (p. ej., leptospirosis) en el Caribe estadounidense (*confianza alta*). Sin embargo, muchos factores del comportamiento desempeñan un papel desconcertante e importante (p. ej., acontecimientos vitales concurrentes, distanciamiento social, edad y exposición) en la propagación de estas enfermedades. Hay una *confianza alta* en los datos y métodos en la estimación del exceso de mortalidad en Puerto Rico por el huracán María, y tales estimaciones están ahora en los informes oficiales de la NOAA²⁹⁹.

Mensaje clave 23.2

La ecología y la biodiversidad son únicas y vulnerables

Descripción de la base de evidencia

Este tema revisa y sintetiza las evaluaciones más actualizadas de los impactos del cambio climático sobre la biodiversidad, los ecosistemas y los servicios ecosistémicos en la región del Caribe estadounidense. La revisión incluyó literatura no convencional junto con literatura revisada por expertos. La literatura revisada por expertos consideró recursos sólidos de revistas académicas y eruditas como *Journal of Ecology*, *Biological Conservation*, *American Journal of Marine Science*, *Sustainability Science*, *Ecological Indicators*, *Estuarine*, *Coastal and Shelf Science* y *Ecosystem Consequences of Soil Warming*. La literatura no convencional incluyó informes, documentos e informes técnicos de agencias federales y locales (USDA, Servicio Geológico de EE. UU. [U.S. Geological Survey, USGS], Agencia Federal para el Manejo de Emergencias [Federal Emergency Management Agency, FEMA], Programa Estadounidense de Investigación sobre el Cambio Global y Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico), entidades gubernamentales (Grupo de Trabajo de Puerto Rico y las Islas Vírgenes de EE. UU.), instituciones académicas (Universidad de Puerto Rico y Universidad de las Islas Vírgenes) y organizaciones sin fines de lucro.

La revisión preliminar de la literatura estableció y confirmó los cambios observados en los ecosistemas y la biodiversidad en respuesta al cambio climático debido a los impactos directos de los factores climáticos^{20,118,123,125,130,136} y la falta de estrategias, políticas y medidas de adaptación efectivas¹⁴¹. La mayoría de las evaluaciones exhaustivas examinadas ilustraron los rápidos cambios de hábitats, especies y abundancia¹³¹.

Principales incertidumbres y brechas de investigación

Ambos territorios sufren riesgos relacionados con las condiciones meteorológicas y el cambio climático, como la sequía, la subida del nivel del mar, las inundaciones costeras y la erosión. Sin embargo, la cantidad de investigaciones, observaciones, evaluaciones y modelos (predicción) climáticos es mayor en PR que en las USVI. Sería necesario reunir conocimientos e información de agencias locales, instituciones, organizaciones comunitarias e incluso información inédita para abordar las brechas existentes y urgentes en la comprensión de los impactos climáticos sobre la biodiversidad y los ecosistemas de las USVI.

Descripción de la confianza y la probabilidad

Existe una *confianza alta* en que los efectos sinérgicos de los factores de estrés climáticos y no climáticos están impactando los bienes y servicios de los ecosistemas, dada la creciente literatura con ejemplos regionales de estos cambios. Como se documenta en los informes federales, regionales y locales de evaluación del cambio climático, es *muy probable* que los factores de estrés climáticos y no climáticos persistan y se intensifiquen, lo que acelera aún más la degradación de los ecosistemas y agrava la eficiencia de sus servicios. Estos informes de evaluación también destacan la dependencia de los residentes del Caribe estadounidense de los servicios ecosistémicos para su bienestar y sustento (*confianza alta*), de ahí la necesidad de salvaguardar estos servicios. Sobre la base de una amplia gama de evidencia, existe una

confianza alta en que el mantenimiento de la funcionalidad de los ecosistemas requerirá la integración de estrategias efectivas de adaptación y mitigación a nivel local. Sin embargo, dada la falta de literatura sobre estrategias de adaptación implementadas, existe una *confianza media* en que las estrategias de adaptación y mitigación a nivel local puedan reducir y gestionar los riesgos del cambio climático en los ecosistemas costeros y terrestres.

Mensaje clave 23.3

El cambio climático amenaza la seguridad hídrica y alimentaria

Descripción de la base de evidencia

El análisis de la vulnerabilidad de los sistemas alimentarios e hídricos del Caribe estadounidense al cambio climático se basa en las observaciones realizadas en las islas y en los cambios proyectados en el clima regional y mundial^{10,12,20,21,23,24,25}. Las amenazas localizadas a la seguridad hídrica y alimentaria incluyen cambios en la intensidad, la frecuencia o la duración de las sequías^{20,21} y en los índices de precipitaciones y la intensidad de los ciclones tropicales²⁴. Cada vez hay más evidencia del impacto de los eventos extremos relacionados con el clima en el sistema alimentario e hídrico, basadas en mediciones, conocimientos locales y literatura publicada y no convencional^{149,152,168,200,300}. Hay evidencia fehaciente de que tanto los huracanes como la sequía son problemas importantes para los sistemas alimentarios e hídricos de las islas, como ilustran los impactos de los huracanes Irma, María y Fiona¹⁶⁸ y la sequía de 2014-2016³⁰⁰. Los impactos directos y en cascada de estos factores de estrés climático con problemas adicionales agravantes, especialmente el aumento del nivel del mar, son una preocupación para los sistemas alimentarios e hídricos¹⁶⁵. La literatura sobre los impactos climáticos directos en determinados sectores, como los cultivos y la ganadería, está ampliamente disponible^{156,185} para Puerto Rico, pero es limitada para las USVI. La evidencia es limitada cuando se considera específicamente la disponibilidad de agua dulce y alimentos en las islas, y está disponible sobre todo a través de la evidencia recopilada en los informes del sistema de información sobre sequías³⁰¹. No existen estudios sistemáticos que cuantifiquen los impactos en cascada y compuestos de estos peligros.

Principales incertidumbres y brechas de investigación

La falta de disponibilidad de proyecciones de cambio climático de alta resolución que resuelvan mejor los climas insulares es una importante brecha de investigación para comprender los cambios futuros plausibles en los climas insulares. Existen grandes incertidumbres con respecto al papel del terreno insular y al cambio de uso y cobertura del suelo a medida que se calienta el clima²¹. Esta brecha de investigación es mayor en el caso de las USVI que en el de PR. Otro reto de modelización y brecha de investigación es cómo los futuros ciclones tropicales pueden interactuar con islas pequeñas como PR y las USVI, especialmente a medida que aumenta la intensidad de las precipitaciones en un clima más cálido, con impactos en cascada sobre los sistemas alimentarios e hídricos. La asociación entre los peligros naturales y la disminución de la seguridad alimentaria o la diversidad de la dieta en PR y las USVI es otra brecha de investigación³⁰². En el caso de las USVI, se observa una brecha en las estadísticas y los estudios científicos de impacto sobre la producción de alimentos y el uso del agua. Un área de investigación que no se discute es el impacto del cambio climático y las tormentas mayores en Puerto Rico y las USVI. Aunque hay algunos informes que documentan el impacto del cambio climático en las pesquerías de la cuenca del Caribe, hay menos estudios que evalúen los impactos para Puerto Rico y las USVI^{303,304}. El papel de los esfuerzos comunitarios para mitigar la inseguridad alimentaria e hídrica, así como la importancia del conocimiento local e indígena para estos fines (KM 30.1, 30.5), ha sido poco investigado en el Caribe estadounidense y merece mayor atención. Se necesita más información para evaluar mejor el impacto y la respuesta a los eventos climáticos extremos³⁰⁵. Por último,

existen brechas de investigación de los impactos compuestos y en cascada generados por el cambio climático tanto en Puerto Rico como en las USVI¹⁶⁸.

Descripción de la confianza y la probabilidad

En la primera afirmación del mensaje clave, existe una *confianza alta* en que los sistemas alimentarios e hídricos del Caribe estadounidense se volverán más vulnerables a medida que el clima se caliente, en parte porque es *probable* que los eventos meteorológicos extremos, como los huracanes y las sequías, sean más fuertes e intensos en el futuro. Existe una *confianza alta* en la importancia del cambio climático, tanto a escala mundial como regional, ya que las islas dependen en gran medida de los alimentos importados. Sin embargo, las proyecciones del cambio climático a escala de las islas se limitan a unos pocos estudios, lo que permite una *confianza media* en las predicciones de los impactos locales directos del cambio climático sobre la disponibilidad de agua dulce para la región. Aunque la mejora de los conocimientos favorecerá la adaptación, los autores tienen una *confianza media* porque el proceso de adaptación también depende de los cambios sociales y económicos. La base de evidencia no fue suficiente para determinar probabilidades cuantitativas para las afirmaciones de la segunda a la cuarta de este mensaje clave; por lo tanto, no se especifica ninguna probabilidad.

Mensaje clave 23.4.

Las infraestructuras y la energía son vulnerables, pero la descentralización podría mejorar la resiliencia

Descripción de la base de evidencia

La vulnerabilidad de los sistemas de infraestructuras del Caribe estadounidense al cambio climático se basa en las observaciones de los impactos de los recientes eventos climáticos en las islas y en los cambios proyectados en el clima regional y mundial. La evidencia que respalda la vulnerabilidad actual de los sistemas y la vulnerabilidad climática futura se basa principalmente en documentos de la literatura no convencional, incluidos informes de agencias federales o patrocinados por agencias federales o territoriales^{199,200,204,230} después de los huracanes Irma y María. La literatura y los informes publicados no son tan abundantes como en el caso de lugares de EE. UU. continental. La descripción de la necesidad de un cambio de paradigma en la gobernanza de los sistemas de infraestructuras se basa en una serie de artículos de revistas revisadas por expertos que describen observaciones sobre los límites de los actuales sistemas de gobernanza, así como en artículos de revistas más académicas que abordan las mejores prácticas para construir sistemas de infraestructuras resilientes. Hay muy poca literatura publicada sobre los efectos de la gobernanza en la capacidad de adaptación, especialmente en el Caribe estadounidense.

Principales incertidumbres y brechas de investigación

La disponibilidad de más evaluaciones estructurales y de funcionamiento del sistema sobre la vulnerabilidad de los sistemas de infraestructuras a las inundaciones y los eventos eólicos es una importante brecha de investigación, ya que la mayoría de las evaluaciones se realizan analizando la presencia o ausencia de un componente del sistema en una zona inundable. A menudo no está claro si se puede acceder al componente del sistema o utilizarlo, o incluso si puede haber quedado inseguro por la realización de actividades de mitigación anteriores. Otra brecha es la falta de disponibilidad de bancos de datos geográficos públicos de sistemas de infraestructuras. La región carece también de mapas de inundaciones que tengan en cuenta los climas futuros. Además, la comprensión de la efectividad y viabilidad de los sistemas de gobernanza descentralizados para infraestructuras críticas es una importante brecha y necesidad de investigación, ya que gran parte de la literatura actual demuestra los límites de los sistemas centralizados en el Caribe. Por

último, la falta de datos fácilmente accesibles sobre el consumo de agua y energía, los patrones de tráfico y otras formas en que los seres humanos utilizan los sistemas de infraestructuras es una importante brecha de datos que es preciso resolver para poder desarrollar estrategias de adaptación que mitiguen cualquier interrupción en la prestación de servicios.

Descripción de la confianza y la probabilidad

Con base en el nivel de daños sufridos durante los huracanes Irma y María (2017) y el huracán Fiona (2022), así como en los informes posteriores a los huracanes de 2017 publicados por el Gobierno y las agencias federales, existe una *confianza alta* en que los sistemas de infraestructuras en el Caribe estadounidense están sufriendo una falta de mantenimiento e inversión y en que el cambio climático ha creado profundos riesgos para las infraestructuras críticas del Caribe estadounidense, especialmente a medida que los eventos meteorológicos extremos se vuelven más *probables* en el futuro. Existe una *confianza alta* en que la dependencia de las importaciones de combustibles fósiles aumenta la inseguridad energética, basándose en numerosos informes de la literatura no convencional y en las recientes dificultades fiscales experimentadas por las empresas de servicios públicos tanto en Puerto Rico como en las USVI.

Dada la falta de estabilidad de los servicios públicos, tal y como se describe en los informes del Gobierno y de la agencia federal, y dada la relativa falta de datos a largo plazo sobre la efectividad de los sistemas eléctricos solares como alternativa a los sistemas centralizados para suministrar energía a las comunidades durante y fuera de los desastres, existe una *confianza media* en que la descentralización de la producción y distribución de los sistemas, y una *confianza media* en que la descarbonización y la gobernanza compartida, *probablemente* ayudarán a limitar la vulnerabilidad de los residentes a los riesgos para la salud y otros riesgos asociados a la pérdida de los programas de servicios esenciales.

Mensaje clave 23.5

La efectividad de la adaptación aumenta cuando se combina con la gobernanza y la planificación estratégicas

Descripción de la base de evidencia

La evidencia que respalda el mensaje clave consiste en artículos en revistas revisadas por expertos, publicaciones de investigación de universidades, documentos técnicos, informes de evaluación elaborados por o en nombre de los Gobiernos federales y territoriales, órdenes ejecutivas y legislación aprobada por los Gobiernos territoriales e informes técnicos de organizaciones intergubernamentales caribeñas y mundiales.

Las revistas revisadas por expertos se clasificaron con factores de impacto que oscilan entre 3.20 y 9.5, lo que indica que las revistas son fiables. Los documentos elaborados o financiados por los Gobiernos federales y territoriales respaldan las conclusiones relativas a los retos de los distintos niveles de Gobierno para una planificación y adaptación efectivas^{148,249,252,253,276,277,279}. Entre la literatura que respalda las conclusiones relativas a una acción de adaptación efectiva a través de la mejora de los acuerdos de gobernanza y la coproducción con las organizaciones comunitarias se incluye McGinley *et al.* (2022)¹⁶⁸, Filantropía Puerto Rico Inc. (2022)²⁵⁸ y Towe *et al.* (2020)²⁶². La literatura no convencional también incluye publicaciones de instituciones de investigación como el Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción, el Consejo Internacional para las Iniciativas Ambientales Locales-Gobiernos Locales por la Sostenibilidad de EE. UU., la Universidad de las Islas Vírgenes y la Universidad de Colorado.

Desde la publicación de la Cuarta Evaluación Nacional del Clima en 2018, la acción de adaptación climática está cada vez más informada por datos de alta calidad, políticas, leyes, libros blancos e informes técnicos

preparados por los Gobiernos de los dos territorios, el Comité Asesor de Expertos sobre Cambio Climático de Puerto Rico, el Consejo de Cambio Climático de Puerto Rico, el Instituto de Gobernadores sobre Diseño Comunitario, el mundo académico, los científicos y las organizaciones comunitarias.

Principales incertidumbres y brechas de investigación

Existe una gran cantidad de literatura a nivel mundial y para el gran Caribe sobre los beneficios de la adaptación local a través de la coproducción. En el caso del Caribe estadounidense, aunque existen iniciativas participativas, en su mayoría del sector sin fines de lucro y muchas apoyadas por el mundo académico, la literatura publicada es escasa. Por ello, una mayor investigación y evaluación sobre los requisitos de capacidad y diseño de la acción colectiva mejoraría la implementación.

Descripción de la confianza y la probabilidad

Las afirmaciones sobre los retos de la adaptación climática en el Caribe estadounidense debido a múltiples factores que interactúan (incluida la alta exposición al riesgo, el financiamiento limitado o desajustado, la insuficiente capacidad institucional y organizacional y los enfoques aislados de la reducción del riesgo y la resiliencia) se basan en un amplio análisis de artículos revisados por expertos, informes técnicos federales, regionales y locales y la experiencia sobre el terreno del equipo multidisciplinar y multisectorial de 22 autores de este capítulo. Los autores tuvieron la oportunidad de tratar, estudiar o evaluar estos diversos factores interactivos relacionados con la adaptación climática en el Caribe estadounidense desde diversos puntos de vista. Como resultado, los autores tienen una *confianza alta* en la primera afirmación del mensaje clave.

La experiencia sobre el terreno, los datos y numerosos estudios con conclusiones congruentes respaldan la idea de que la adaptación del Caribe estadounidense podría mejorarse mediante el desarrollo conjunto y la integración de conocimientos sólidos basados en el riesgo y en la ciencia climática mundial, regional y local en la planificación y la implementación, así como mediante la mejora de la gobernanza, lo que se traduce en una *confianza alta* en la segunda parte del mensaje clave.

Con base en un menor número de estudios, pero en una mayor deliberación entre nuestro equipo de autores, se asigna una *confianza media* a las afirmaciones sobre cómo pueden mejorarse las capacidades del Caribe estadounidense en materia de planificación y adaptación mediante el refuerzo de las asociaciones en toda la región del Caribe y en EE. UU. continental.

Referencias

- Gould, W.A., E.L. Díaz (co-leads), N.L. Álvarez-Berrios, F. Aponte-González, W. Archibald, J.H. Bowden, L. Carrubba, W. Crespo, S.J. Fain, G. González, A. Goulbourne, E. Harmsen, E. Holupchinski, A.H. Khalyani, J. Kossin, A.J. Leinberger, V.I. Marrero-Santiago, O. Martínez-Sánchez, K. McGinley, P. Méndez-Lázaro, J. Morell, M.M. Oyola, I.K. Parés-Ramos, R. Pulwarty, W.V. Sweet, A. Terando, and S. Torres-González, 2018: Ch. 20. U.S. Caribbean. In: *Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: Fourth National Climate Assessment, Volume II*. Reidmiller, D.R., C.W. Avery, D. Easterling, K. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, and B.C. Stewart, Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 809–871. <https://doi.org/10.7930/nca4.2018.ch20>
- American Community Survey, 2015: Data Profiles. U.S. Census Bureau. <https://www.census.gov/acs/www/data/data-tables-and-tools/data-profiles/2015/>
- DeWaard, J., J.E. Johnson, and S.D. Whitaker, 2020: Out-migration from and return migration to Puerto Rico after Hurricane Maria: Evidence from the consumer credit panel. *Population and Environment*, **42** (1), 28–42. <https://doi.org/10.1007/s11111-020-00339-5>
- Mayol-García, Y.H., 2020: Pre-hurricane linkages between poverty, families, and migration among Puerto Rican-origin children living in Puerto Rico and the United States. *Population and Environment*, **42** (1), 57–78. <https://doi.org/10.1007/s11111-020-00353-7>
- U.S. Census Bureau, 2010: QuickFacts: United States. U.S. Department of Commerce, U.S. Census Bureau. <https://www.census.gov/quickfacts/fact/table/us/pst045221>
- U.S. Census Bureau, 2020: data.census.gov. U.S. Department of Commerce, U.S. Census Bureau. <https://data.census.gov/table>
- Rodríguez-Díaz, C.E., 2018: Maria in Puerto Rico: Natural disaster in a colonial archipelago. *American Journal of Public Health*, **108** (1), 30–32. <https://doi.org/10.2105/ajph.2017.304198>
- HUD, 2017: Office of Policy Development and Research. U.S. Department of Housing and Urban Development. <https://www.hud.gov/programdescription/pdr>
- U.S. Census Bureau, 2020: Post-Enumeration Surveys. U.S. Department of Commerce, U.S. Census Bureau. <https://data.census.gov/all?y=2020&d=DEC+Decennial+Post-Enumeration+Survey>
- IPCC, 2021: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou, Eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2391 pp. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- McPhillips, L.E., H. Chang, M.V. Chester, Y. Depietri, E. Friedman, N.B. Grimm, J.S. Kominoski, T. McPhearson, P. Méndez-Lázaro, E.J. Rosi, and J. Shafiei Shiva, 2018: Defining extreme events: A cross-disciplinary review. *Earth's Future*, **6** (3), 441–455. <https://doi.org/10.1002/2017ef000686>
- Runkle, J., K.E. Kunkel, L.E. Stevens, S.M. Champion, D.R. Easterling, A. Terando, L. Sun, B.C. Stewart, G. Landers, and S. Rayne, 2022: Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands State Climate Summary 2022. NOAA Technical Report NESDIS 150-PR. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Satellite, Data, and Information Service, Silver Spring, MD, 5 pp. <https://statesummaries.ncics.org/chapter/pr/>
- Holladay, P., P. Méndez-Lázaro, and K. Brundiars, 2021: From hurricanes to pandemics: Community-based transformation and destination resilience in Utuado, Puerto Rico. *Journal of Sustainability and Resilience*, **1** (2), 1–6. <https://digitalcommons.usf.edu/jsr/vol1/iss2/1>
- Méndez-Lázaro, P.A., Y.M. Bernhardt, W.A. Calo, A.M. Pacheco Díaz, S.I. García-Camacho, M. Rivera-Lugo, E. Acosta-Pérez, N. Pérez, and A.P. Ortiz-Martínez, 2021: Environmental stressors suffered by women with gynecological cancers in the aftermath of Hurricanes Irma and María in Puerto Rico. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **18** (21), 11183. <https://doi.org/10.3390/ijerph182111183>
- Rivera-Collazo, I.C., 2021: Climate change and archaeological sites: A case study for partnering cultural heritage and climate action. In: *Stemming the Tide: Global Strategies for Sustaining Cultural Heritage through Climate Change*. Rushfield, R., Ed. Smithsonian Institution Scholarly Press, Washington, DC, 25–38. <https://doi.org/10.5479/si.14750727>

16. Thomas, K., R.D. Hardy, H. Lazrus, M. Mendez, B. Orlove, I. Rivera-Collazo, J.T. Roberts, M. Rockman, B.P. Warner, and R. Winthrop, 2019: Explaining differential vulnerability to climate change: A social science review. *WIREs Climate Change*, **10** (2), e565. <https://doi.org/10.1002/wcc.565>
17. FOMBPR, 2022: 2022 Fiscal Plan for Puerto Rico: Restoring Growth and Prosperity. The Financial Oversight and Management Board for Puerto Rico, 355 pp. <https://oversightboard.pr.gov/fiscal-plans-2/>
18. Lamba-Nieves, D., Sergio M. Marxuach, and R. Torres, 2021: PROMESA: A Failed Colonial Experiment? Center for a New Economy. <https://grupocne.org/2021/06/29/promesa-a-failed-colonial-experiment/>
19. U.S. Department of the Treasury, 2018: Puerto Rico's Economic and Fiscal Crisis. U.S. Department of the Treasury, 7 pp. https://www.supremecourt.gov/opinions/urls_cited/ot2019/18-1334/18-1334-1.pdf
20. Puerto Rico Climate Change Council, 2022: Puerto Rico's State of the Climate 2014–2021: Assessing Puerto Rico's Social-Ecological Vulnerabilities in a Changing Climate. Puerto Rico Coastal Zone Management Program, Department of Natural and Environmental Resources, NOAA Office of Ocean and Coastal Resource Management, San Juan, PR. https://www.drna.pr.gov/wp-content/uploads/2022/10/PR_StateOfTheClimate_2014-2021_PRCCC-09-2022.pdf
21. Bowden, J.H., A.J. Terando, V. Misra, A. Wootten, A. Bhardwaj, R. Boyles, W. Gould, J.A. Collazo, and T.L. Spero, 2021: High-resolution dynamically downscaled rainfall and temperature projections for ecological life zones within Puerto Rico and for the U.S. Virgin Islands. *International Journal of Climatology*, **41** (2), 1305–1327. <https://doi.org/10.1002/joc.6810>
22. Fox-Kemper, B., H.T. Hewitt, C. Xiao, G. Aðalgeirsdóttir, S.S. Drijfhout, T.L. Edwards, N.R. Golledge, M. Hemer, R.E. Kopp, G. Krinner, A. Mix, D. Notz, S. Nowicki, I.S. Nurhati, L. Ruiz, J.-B. Sallée, A.B.A. Slangen, and Y. Yu, 2021: Ch. 9. Ocean, cryosphere and sea level change. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou, Eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 1211–1362. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.011>
23. Keellings, D. and J.J. Hernández Ayala, 2019: Extreme rainfall associated with Hurricane Maria over Puerto Rico and its connections to climate variability and change. *Geophysical Research Letters*, **46** (5), 2964–2973. <https://doi.org/10.1029/2019gl082077>
24. Knutson, T., S.J. Camargo, J.C.L. Chan, K. Emanuel, C.H. Ho, J. Kossin, M. Mohapatra, M. Satoh, M. Sugi, K. Walsh, and L. Wu, 2020: Tropical cyclones and climate change assessment: Part II: Projected response to anthropogenic warming. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **101** (3), 303–322. <https://doi.org/10.1175/bams-d-18-0194.1>
25. Sweet, W.V., B.D. Hamlington, R.E. Kopp, C.P. Weaver, P.L. Barnard, D. Bekaert, W. Brooks, M. Craghan, G. Dusek, T. Frederikse, G. Garner, A.S. Genz, J.P. Krasting, E. Larour, D. Marcy, J.J. Marra, J. Obeysekera, M. Osler, M. Pendleton, D. Roman, L. Schmied, W. Veatch, K.D. White, and C. Zuzak, 2022: Global and Regional Sea Level Rise Scenarios for the United States: Updated Mean Projections and Extreme Water Level Probabilities Along U.S. Coastlines. NOAA Technical Report NOS 01. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Service, Silver Spring, MD, 111 pp. <https://oceanservice.noaa.gov/hazards/sealevelrise/sealevelrise-tech-report-sections.html>
26. Bell, G.D. and M. Chelliah, 2006: Leading tropical modes associated with interannual and multidecadal fluctuations in North Atlantic hurricane activity. *Journal of Climate*, **19** (4), 590–612. <https://doi.org/10.1175/jcli3659.1>
27. Philander, G., 1989: El Niño and La Niña. *American Scientist*, **77** (5), 451–459. <http://www.jstor.org/stable/27855934>
28. Torres-Valcárcel, A.R., 2018: Teleconnections between ENSO and rainfall and drought in Puerto Rico. *International Journal of Climatology*, **38** (S1), e1190–e1204. <https://doi.org/10.1002/joc.5444>
29. Hurrell, J.W., Y. Kushnir, G. Ottersen, and M. Visbeck, 2003: Ch. 1. An overview of the North Atlantic Oscillation. In: *The North Atlantic Oscillation: Climatic Significance and Environmental Impact*. Hurrell, J.W., Y. Kushnir, G. Ottersen, and M. Visbeck, Eds. American Geophysical Union, 1–35. <https://doi.org/10.1029/134gm01>
30. Martinez, C., Y. Kushnir, L. Goddard, and M. Ting, 2020: Interannual variability of the early and late-rainy seasons in the Caribbean. *Climate Dynamics*, **55** (5), 1563–1583. <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05341-z>

31. Mote, T.L., C.A. Ramseyer, and P.W. Miller, 2017: The Saharan Air Layer as an early rainfall season suppressant in the Eastern Caribbean: The 2015 Puerto Rico drought. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **122** (20), 10966–10982. <https://doi.org/10.1002/2017jd026911>
32. Reed, K.A., J.T. Bacmeister, J.J.A. Huff, X. Wu, S.C. Bates, and N.A. Rosenbloom, 2019: Exploring the impact of dust on North Atlantic hurricanes in a high-resolution climate model. *Geophysical Research Letters*, **46** (2), 1105–1112. <https://doi.org/10.1029/2018gl080642>
33. Cashman, A., 2014: Water security and services in the Caribbean. *Water*, **6** (5), 1187–1203. <https://doi.org/10.3390/w6051187>
34. Watson, A., S. Ganapati, A. Grossman, J. Trtanj, N. Arbour, I. Torres, and A.M. Stewart-Ibarra, 2022: Not what the doctor ordered: Prioritizing transdisciplinary science on climate, environment and health in the Latin American and Caribbean region. *PLoS Climate*, **1** (4), e0000025. <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000025>
35. Gahman, L. and G. Thongs, 2020: Development justice, a proposal: Reckoning with disaster, catastrophe, and climate change in the Caribbean. *Transactions of the Institute of British Geographers*, **45** (4), 763–778. <https://doi.org/10.1111/tran.12369>
36. Louis-Charles, H.M., R. Howard, L. Remy, F. Nibbs, and G. Turner, 2020: Ethical considerations for postdisaster fieldwork and data collection in the Caribbean. *American Behavioral Scientist*, **64** (8), 1129–1144. <https://doi.org/10.1177/0002764220938113>
37. McHarg, E., E. Mengo, L. Benson, J. Daniel, A. Joseph-Witzig, P. Posen, and T. Luisetti, 2022: Valuing the contribution of blue carbon to small island developing states' climate change commitments and COVID-19 recovery. *Environmental Science & Policy*, **132**, 13–23. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.02.009>
38. Winters, Z.S., T.L. Crisman, and D.T. Dumke, 2022: Sustainability of the water-energy-food nexus in Caribbean small island developing states. *Water*, **14** (3). <https://doi.org/10.3390/w14030322>
39. Iwama, A.Y., F. Araos, J. Anbleyth-Evans, V. Marchezini, A. Ruiz-Luna, F. Ther-Ríos, G. Bacigalupe, and P.E. Perkins, 2021: Multiple knowledge systems and participatory actions in slow-onset effects of climate change: Insights and perspectives in Latin America and the Caribbean. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, **50**, 31–42. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2021.01.010>
40. Latulippe, N. and N. Klenk, 2020: Making room and moving over: Knowledge co-production, Indigenous knowledge sovereignty and the politics of global environmental change decision-making. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, **42**, 7–14. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.10.010>
41. PAHO, 2019: Caribbean Action Plan on Health and Climate Change. Pan American Health Organization, Washington, DC. https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/38566/pahocde19007_eng.pdf?sequence=19&isallowed=y
42. Michael, N., J.M. Valmond, L.E. Ragster, D.E. Brown, and G.B. Callwood, 2019: Community Needs Assessment: Understanding the Needs of Vulnerable Children and Families in the US Virgin Islands Post Hurricanes Irma and Maria. University of the Virgin Islands, School of Nursing, Caribbean Exploratory Research Center, St. Thomas, USVI. https://cfvi.net/wp-content/uploads/2019/03/CFVI-CERC-Community-Needs-Assessment-E-Report_February-2019_Bookmarked.pdf
43. WHO, 2021: Tripartite and UNEP Support OHHLEP's Definition of "One Health". World Health Organization. <https://www.who.int/news/item/01-12-2021-tripartite-and-unep-support-ohhlep-s-definition-of-one-health>
44. Boger, R., S. Perdikaris, and I. Rivero-Collazo, 2019: Cultural heritage and local ecological knowledge under threat: Two Caribbean examples from Barbuda and Puerto Rico. *Journal of Anthropology and Archaeology*, **7** (2), 1–14. <https://doi.org/10.15640/jaa.v7n2p1>
45. Dunnivant, J.P., A.O. Flewellen, A. Jones, A. Odewale, and W. White, 2018: Assessing heritage resources in St. Croix post-Hurricanes Irma and Maria. *Transforming Anthropology*, **26** (2), 157–172. <https://doi.org/10.1111/traa.12130>
46. Rivera-Collazo, I.C., 2020: Severe weather and the reliability of desk-based vulnerability assessments: The impact of Hurricane Maria to Puerto Rico's coastal archaeology. *The Journal of Island and Coastal Archaeology*, **15** (2), 244–263. <https://doi.org/10.1080/15564894.2019.1570987>
47. USACE, 2022: Antilles Area Office. U.S. Army Corps of Engineers, Jacksonville District, accessed September 29, 2022. <https://www.saj.usace.army.mil/about/divisions-offices/antilles-office/>

48. Horowitz, L.S., 2022: “Conflicts of interests” within and between elite assemblages in the legal production of space: Indigenous cultural heritage preservation and the Dakota Access Pipeline. *The Geographical Journal*, **188** (1), 91–108. <https://doi.org/10.1111/geoj.12421>
49. Kaenzig, R. and E. Piguet, 2014: Ch. 7. Migration and climate change in Latin America and the Caribbean. In: *People on the Move in a Changing Climate: The Regional Impact of Environmental Change on Migration*. Piguet, E. and F. Laczko, Eds. Springer, Dordrecht, Netherlands, 155–176. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6985-4_7
50. Chowdhury, M.A.B., A.J. Fiore, S.A. Cohen, C. Wheatley, B. Wheatley, M.P. Balakrishnan, M. Chami, L. Scieszka, M. Drabin, K.A. Roberts, A.C. Toben, J.A. Tyndall, L.M. Grattan, and J.G. Morris, 2019: Health impact of Hurricanes Irma and Maria on St Thomas and St John, US Virgin Islands, 2017–2018. *American Journal of Public Health*, **109** (12), 1725–1732. <https://doi.org/10.2105/ajph.2019.305310>
51. Guannel, G., H. Lohmann, and J. Dwyer, 2022: The Public Health Implications of Social Vulnerability in the U.S. Virgin Islands. Natural Hazards Center Public Health Grant Report Series, 23. University of Colorado Boulder, Natural Hazards Center, Boulder, CO. <https://hazards.colorado.edu/public-health-disaster-research/the-public-health-implications-of-social-vulnerability-in-the-u-s-virgin-islands>
52. Irvin-Barnwell, E., M. Cruz, C. Maniglier-Poulet, J. Cabrera, J.R. Diaz, R.D.L. Cruz Perez, C. Forrester, A. Shumate, J. Mutter, L. Graziano, L.R. Gonzalez, J. Malilay, and M. Raheem, 2020: Evaluating disaster damages and operational status of health-care facilities during the emergency response phase of Hurricane Maria in Puerto Rico. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, **14** (1), 80–88. <https://doi.org/10.1017/dmp.2019.85>
53. EPA, 2022: Search for Superfund Sites Where You Live. U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/superfund/search-superfund-sites-where-you-live>
54. EPA, 2015: National Priorities List (NPL) Sites–By State. U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/superfund/national-priorities-list-npl-sites-state>
55. Kishore, N., D. Marqués, A. Mahmud, M.V. Kiang, I. Rodriguez, A. Fuller, P. Ebner, C. Sorensen, F. Racy, J. Lemery, L. Maas, J. Leaning, R.A. Irizarry, S. Balsari, and C.O. Buckee, 2018: Mortality in Puerto Rico after Hurricane Maria. *New England Journal of Medicine*, **379** (2), 162–170. <https://doi.org/10.1056/nejmsa1803972>
56. Santos-Burgoa, C., J. Sandberg, E. Suárez, A. Goldman-Hawes, S. Zeger, A. Garcia-Meza, C.M. Pérez, N. Estrada-Merly, U. Colón-Ramos, C.M. Nazario, E. Andrade, A. Roess, and L. Goldman, 2018: Differential and persistent risk of excess mortality from Hurricane Maria in Puerto Rico: A time-series analysis. *The Lancet Planetary Health*, **2** (11), 478–488. [https://doi.org/10.1016/s2542-5196\(18\)30209-2](https://doi.org/10.1016/s2542-5196(18)30209-2)
57. Orengo-Aguayo, R., R.W. Stewart, M.A. Arellano, J.L. Suárez-Kindy, and J. Young, 2019: Disaster exposure and mental health among Puerto Rican youths after Hurricane Maria. *JAMA Network Open*, **2** (4), 192619. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2019.2619>
58. Hall, C., R. Rudowitz, S. Artiga, and B. Lyons, 2018: One Year After the Storms: Recovery and Health Care in Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. Kaiser Family Foundation. <https://www.kff.org/medicaid/issue-brief/one-year-after-the-storms-recovery-and-health-care-in-puerto-rico-and-the-u-s-virgin-islands/>
59. Calo, W.A., M. Rivera, P.A. Mendez-Lazaro, S.I. Garcia-Camacho, Y.M. Bernhardt Utz, E. Acosta-Perez, and A.P. Ortiz, 2022: Disruptions in oncology care confronted by patients with gynecologic cancer following Hurricanes Irma and Maria in Puerto Rico. *Cancer Control*, **29**, 10732748221114691. <https://doi.org/10.1177/10732748221114691>
60. Cruz, N.I., E. Santiago, and K. Rodríguez, 2020: The effect of Hurricane Maria on the surgical workload of the UPR-affiliated hospitals. *Puerto Rico Health Sciences Journal*, **39** (2), 195–199. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32663917/>
61. Gay, H.A., R. Santiago, B. Gil, C. Remedios, P.J. Montes, J. López-Araujo, C.M. Chévere, W.S. Imbert, J. White, D.W. Arthur, J.K. Horton, R. Jagsi, R. Rabinovich, S. Beriwal, A. Viswanathan, B.A. Erickson, R. Rengan, D. Palma, B.W. Loo, J.A. Kavanaugh, J. Bradley, S.S. Yom, P.M. Harari, and O. Lee Burnett, 2019: Lessons learned from Hurricane Maria in Puerto Rico: Practical measures to mitigate the impact of a catastrophic natural disaster on radiation oncology patients. *Practical Radiation Oncology*, **9** (5), 305–321. <https://doi.org/10.1016/j.prro.2019.03.007>
62. Kunos, C.A. and P. Ivy, 2019: Leveraging National Cancer Institute programmatic collaboration for uterine cervix cancer brachytherapy in Puerto Rico after Hurricane Maria. *Frontiers in Oncology*, **9**, 414. <https://doi.org/10.3389/fonc.2019.00414>

63. Lukowsky, L.R., A. Dobalian, K. Kalantar-Zadeh, and C. Der-Martirosian, 2023: Dialysis care for US military veterans in Puerto Rico during the 2017 Atlantic hurricane season. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, **17**, 187. <https://doi.org/10.1017/dmp.2022.63>
64. Rodriguez-Rabassa, M., R. Hernandez, Z. Rodriguez, C.B. Colon-Echevarria, L. Maldonado, N. Tollinchi, E. Torres-Marrero, A. Mulero, D. Albors, J. Perez-Morales, I. Flores, J. Dutil, H. Jim, E.M. Castro, and G.N. Armaiz-Pena, 2020: Impact of a natural disaster on access to care and biopsychosocial outcomes among Hispanic/Latino cancer survivors. *Scientific Reports*, **10** (1), 10376. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66628-z>
65. Ortiz, A.P., W.A. Calo, P. Mendez-Lazaro, S. García-Camacho, A. Mercado-Casillas, J. Cabrera-Márquez, and G. Tortolero-Luna, 2020: Strengthening resilience and adaptive capacity to disasters in cancer control plans: Lessons learned from Puerto Rico. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, **29** (7), 1290–1293. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.epi-19-1067>
66. USVI DOH, 2020: 2020 United States Virgin Islands Community Health Assessment. U.S. Virgin Islands Department of Health, Christiansted, USVI. <https://doh.vi.gov/community-health-assessment-report>
67. NCCDPHP, 2020: Nutrition, Physical Activity, and Obesity: Data, Trends and Maps. Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion. <https://www.cdc.gov/nccdphp/dnpao/data-trends-maps/index.html>
68. CDC, 2021: Morbidity and Mortality Weekly Report. Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/mmwr/index.html>
69. Mattei, J., M. Tamez, J. O'Neill, S. Haneuse, S. Mendoza, J. Orozco, A. Lopez-Cepero, C.F. Ríos-Bedoya, L.M. Falcón, K.L. Tucker, and J.F. Rodríguez-Orengo, 2022: Chronic diseases and associated risk factors among adults in Puerto Rico after Hurricane Maria. *JAMA Network Open*, **5** (1), 2139986. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.39986>
70. Ferré, I.M., S. Negrón, J.M. Shultz, S.J. Schwartz, J.P. Kossin, and H. Pantin, 2019: Hurricane Maria's impact on Punta Santiago, Puerto Rico: Community needs and mental health assessment six months postimpact. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, **13** (1), 18–23. <https://doi.org/10.1017/dmp.2018.103>
71. Scaramutti, C., C.P. Salas-Wright, S.R. Vos, and S.J. Schwartz, 2019: The mental health impact of Hurricane Maria on Puerto Ricans in Puerto Rico and Florida. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, **13** (1), 24–27. <https://doi.org/10.1017/dmp.2018.151>
72. de Jesús Crespo, R., P.M. Lázaro, and S.H. Yee, 2019: Linking wetland ecosystem services to vector-borne disease: Dengue fever in the San Juan Bay Estuary, Puerto Rico. *Wetlands*, **39** (6), 1281–1293. <https://doi.org/10.1007/s13157-017-0990-5>
73. Johansson, M.A., D.A.T. Cummings, and G.E. Glass, 2009: Multiyear climate variability and dengue—El Niño Southern Oscillation, weather, and dengue incidence in Puerto Rico, Mexico, and Thailand: A longitudinal data analysis. *PLoS Medicine*, **6** (11), 1000168. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000168>
74. Laureano-Rosario, A.E., Andrew P. Duncan, Pablo A. Mendez-Lazaro, Julian E. Garcia-Rejon, Salvador Gomez-Carro, Jose Farfan-Ale, Dragan A. Savic, and Frank E. Muller-Karger, 2018: Application of artificial neural networks for dengue fever outbreak predictions in the northwest coast of Yucatan, Mexico and San Juan, Puerto Rico. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, **3** (1), 5. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed3010005>
75. Méndez-Lázaro, P.A., A. Nieves-Santiago, and J. Miranda-Bermúdez, 2014: Trends in total rainfall, heavy rain events, and number of dry days in San Juan, Puerto Rico, 1955–2009. *Ecology and Society*, **19** (2), 50. <https://doi.org/10.5751/es-06464-190250>
76. Morin, C.W., A.J. Monaghan, M.H. Hayden, R. Barrera, and K. Ernst, 2015: Meteorologically driven simulations of dengue epidemics in San Juan, PR. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, **9** (8), 0004002. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004002>
77. Pratt, N. and S. Rajeev, 2018: *Leptospira* seroprevalence in animals in the Caribbean region: A systematic review. *Acta Tropica*, **182**, 34–42. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.02.011>
78. Lau, C.L., L.D. Smythe, S.B. Craig, and P. Weinstein, 2010: Climate change, flooding, urbanisation and leptospirosis: Fuelling the fire? *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, **104** (10), 631–638. <https://doi.org/10.1016/j.trstmh.2010.07.002>

79. Di Napoli, C., T. Allen, P.A. Méndez-Lázaro, and F. Pappenberger, 2023: Heat stress in the Caribbean: Climatology, drivers, and trends of human biometeorology indices. *International Journal of Climatology*, **43** (1), 405–425. <https://doi.org/10.1002/joc.7774>
80. Méndez-Lázaro, P., F.E. Muller-Karger, D. Otis, M.J. McCarthy, and E. Rodríguez, 2018: A heat vulnerability index to improve urban public health management in San Juan, Puerto Rico. *International Journal of Biometeorology*, **62** (5), 709–722. <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1319-z>
81. Méndez-Lázaro, P.A., C.M. Pérez-Cardona, E. Rodríguez, O. Martínez, M. Taboas, A. Bocanegra, and R. Méndez-Tejeda, 2018: Climate change, heat, and mortality in the tropical urban area of San Juan, Puerto Rico. *International Journal of Biometeorology*, **62** (5), 699–707. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1291-z>
82. Méndez-Lázaro, P., O. Martínez-Sánchez, R. Méndez-Tejeda, E. Rodríguez, E. Morales, and N.S. Cortijo, 2015: Extreme heat events in San Juan Puerto Rico: Trends and variability of unusual hot weather and its possible effects on ecology and society. *Journal of Climatology & Weather Forecasting*, **3**, 135. <https://doi.org/10.4172/2332-2594.1000135>
83. Clifford, H.M., N.E. Spaulding, A.V. Kurbatov, A. More, E.V. Korotkikh, S.B. Sneed, M. Handley, K.A. Maasch, C.P. Loveluck, J. Chaplin, M. McCormick, and P.A. Mayewski, 2019: A 2000 year Saharan dust event proxy record from an ice core in the European Alps. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **124** (23), 12882–12900. <https://doi.org/10.1029/2019jd030725>
84. Evan, A.T., G.R. Foltz, D. Zhang, and D.J. Vimont, 2011: Influence of African dust on ocean–atmosphere variability in the tropical Atlantic. *Nature Geoscience*, **4** (11), 762–765. <https://doi.org/10.1038/ngeo1276>
85. Okin, G.S., A.R. Baker, I. Tegen, N.M. Mahowald, F.J. Dentener, R.A. Duce, J.N. Galloway, K. Hunter, M. Kanakidou, N. Kubilay, J.M. Prospero, M. Sarin, V. Surapipith, M. Uematsu, and T. Zhu, 2011: Impacts of atmospheric nutrient deposition on marine productivity: Roles of nitrogen, phosphorus, and iron. *Global Biogeochemical Cycles*, **25** (2). <https://doi.org/10.1029/2010gb003858>
86. Prospero, J.M., 1999: Long-term measurements of the transport of African mineral dust to the southeastern United States: Implications for regional air quality. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **104** (D13), 15917–15927. <https://doi.org/10.1029/1999jd900072>
87. Prospero, J.M., F.-X. Collard, J. Molinié, and A. Jeannot, 2014: Characterizing the annual cycle of African dust transport to the Caribbean Basin and South America and its impact on the environment and air quality. *Global Biogeochemical Cycles*, **28** (7), 757–773. <https://doi.org/10.1002/2013gb004802>
88. Prospero, J.M. and O.L. Mayol-Bracero, 2013: Understanding the transport and impact of African dust on the Caribbean Basin. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **94** (9), 1329–1337. <https://doi.org/10.1175/bams-d-12-00142.1>
89. Tong, D.Q., T.E. Gill, W.A. Sprigg, R.S. Van Pelt, A.A. Baklanov, B.M. Barker, J.E. Bell, J. Castillo, S. Gassó, C.J. Gaston, D.W. Griffin, N. Huneus, R.A. Kahn, A.P. Kuciauskas, L.A. Ladino, J. Li, O.L. Mayol-Bracero, O.Z. McCotter, P.A. Méndez-Lázaro, P. Mudu, S. Nickovic, D. Oyarzun, J. Prospero, G.B. Raga, A.U. Raysoni, L. Ren, N. Sarafoglou, A. Sealy, Z. Sun, and A.V. Vimic, 2023: Health and safety effects of airborne soil dust in the Americas and beyond. *Reviews of Geophysics*, **61** (2), e2021RG000763. <https://doi.org/10.1029/2021rg000763>
90. Twohy, C.H., S.M. Kreidenweis, T. Eidhammer, E.V. Browell, A.J. Heymsfield, A.R. Bansemmer, B.E. Anderson, G. Chen, S. Ismail, P.J. DeMott, and S.C. Van Den Heever, 2009: Saharan dust particles nucleate droplets in eastern Atlantic clouds. *Geophysical Research Letters*, **36** (1). <https://doi.org/10.1029/2008gl035846>
91. West, J.J., A. Cohen, F. Dentener, B. Brunekreef, T. Zhu, B. Armstrong, M.L. Bell, M. Brauer, G. Carmichael, D.L. Costa, D.W. Dockery, M. Kleeman, M. Krzyzanowski, N. Künzli, C. Liousse, S.-C.C. Lung, R.V. Martin, U. Pöschl, C.A. Pope, J.M. Roberts, A.G. Russell, and C. Wiedinmyer, 2016: What we breathe impacts our health: Improving understanding of the link between air pollution and health. *Environmental Science & Technology*, **50** (10), 4895–4904. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03827>
92. Zhang, X., L. Zhao, D.Q. Tong, G. Wu, M. Dan, and B. Teng, 2016: A systematic review of global desert dust and associated human health effects. *Atmosphere*, **7** (12), 158. <https://doi.org/10.3390/atmos7120158>
93. Tuttle, L.J., C. Johnson, S. Kolinski, D. Minton, and M.J. Donahue, 2020: How does sediment exposure affect corals? A systematic review protocol. *Environmental Evidence*, **9** (1), 17. <https://doi.org/10.1186/s13750-020-00200-0>

94. Gyan, K., W. Henry, S. Lacaille, A. Laloo, C. Lamsee-Ebanks, S. McKay, R.M. Antoine, and M.A. Monteil, 2005: African dust clouds are associated with increased paediatric asthma accident and emergency admissions on the Caribbean island of Trinidad. *International Journal of Biometeorology*, **49** (6), 371–376. <https://doi.org/10.1007/s00484-005-0257-3>
95. Cadelis, G., R. Tourres, and J. Molinie, 2014: Short-term effects of the particulate pollutants contained in Saharan dust on the visits of children to the emergency department due to asthmatic conditions in Guadeloupe (French archipelago of the Caribbean). *PLoS ONE*, **9** (3), e91136. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091136>
96. Akpınar-Elci, M., F.E. Martin, J.G. Behr, and R. Diaz, 2015: Saharan dust, climate variability, and asthma in Grenada, the Caribbean. *International Journal of Biometeorology*, **59** (11), 1667–1671. <https://doi.org/10.1007/s00484-015-0973-2>
97. ANSES, 2017: Exposition aux Émanations des Algues Sargasses Échouées: l'Anses Réitère et Complète ses Recommandations. Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de L'alimentation, de L'environnement et du Travail. <https://www.anses.fr/fr/content/exposition-aux-%C3%A9manations-des-algues-sargasses-%C3%A9chou%C3%A9es-l%E2%80%99anses-r%C3%A9it%C3%A8re-et-compl%C3%A8te-ses>
98. Fidai, Y.A., J. Dash, E.L. Tompkins, and T. Tonon, 2020: A systematic review of floating and beach landing records of Sargassum beyond the Sargasso Sea. *Environmental Research Communications*, **2** (12), 122001. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/abd109>
99. Maurer, A.S., S.P. Stapleton, C.A. Layman, and M.O. Burford Reiskind, 2021: The Atlantic Sargassum invasion impedes beach access for nesting sea turtles. *Climate Change Ecology*, **2**, 100034. <https://doi.org/10.1016/j.ecochg.2021.100034>
100. Resiere, D., H. Mehdaoui, J. Florentin, P. Gueye, T. Lebrun, A. Bateau, J. Viguier, R. Valentino, Y. Brouste, H. Kallel, B. Megarbane, A. Cabie, R. Banydeen, and R. Neviere, 2021: Sargassum seaweed health menace in the Caribbean: Clinical characteristics of a population exposed to hydrogen sulfide during the 2018 massive stranding. *Clinical Toxicology*, **59** (3), 215–223. <https://doi.org/10.1080/15563650.2020.1789162>
101. Resiere, D., H. Mehdaoui, R. Névière, and B. Mégarbane, 2019: Sargassum invasion in the Caribbean: The role of medical and scientific cooperation. *Pan American Journal of Public Health*, **43**, e52. <https://doi.org/10.26633/rpsp.2019.52>
102. Resiere, D., R. Valentino, R. Nevière, R. Banydeen, P. Gueye, J. Florentin, A. Cabié, T. Lebrun, B. Mégarbane, G. Guerrier, and H. Mehdaoui, 2018: Sargassum seaweed on Caribbean islands: An international public health concern. *The Lancet*, **392** (10165), 2691. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(18\)32777-6](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(18)32777-6)
103. Rodríguez-Martínez, R.E., A.E. Medina-Valmaseda, P. Blanchon, L.V. Monroy-Velázquez, A. Almazán-Becerril, B. Delgado-Pech, L. Vásquez-Yeomans, V. Francisco, and M.C. García-Rivas, 2019: Faunal mortality associated with massive beaching and decomposition of pelagic Sargassum. *Marine Pollution Bulletin*, **146**, 201–205. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.015>
104. López-Sosa, L.B., J.J. Alvarado-Flores, J.C. Corral-Huacuz, A. Aguilera-Mandujano, R.E. Rodríguez-Martínez, S.J. Guevara-Martínez, J.V. Alcaraz-Vera, J.G. Rutiaga-Quiñones, J. Zárate-Medina, M.L. Ávalos-Rodríguez, and M. Morales-Máximo, 2020: A prospective study of the exploitation of pelagic Sargassum spp. as a solid biofuel energy source. *Applied Sciences*, **10** (23), 8706. <https://doi.org/10.3390/app10238706>
105. Tejada-Tejada, P., Y. Rodríguez-Rodríguez, L.E. Rodríguez de Francisco, O. Paino-Perdomo, and C.J. Boluda, 2021: Lead, chromium, nickel, copper and zinc levels in Sargassum species reached the coasts of the Dominican Republic during 2019: A preliminary evaluation for the use of algal biomass as fertilizer and animal feeding. *Technology And Water Sciences*, **12** (3), 124–163. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-03-04>
106. Thompson, T.M., B.R. Young, and S. Baroutian, 2020: Pelagic Sargassum for energy and fertiliser production in the Caribbean: A case study on Barbados. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **118**, 109564. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109564>
107. Lloréns, H., 2021: Toxic racism in Puerto Rico's Sacrifice Zone. *NACLA Report on the Americas*, **53** (3), 275–280. <https://doi.org/10.1080/10714839.2021.1961447>
108. Domonoske, C., 2017: With bottles and buckets, Puerto Ricans seek the water to survive. NPR, September 27, 2017. <https://www.npr.org/sections/thetwo-way/2017/09/27/553898689/with-bottles-and-buckets-puerto-ricans-look-for-water-to-survive>

109. Jiang, S.C., M. Han, S. Chandrasekaran, Y. Fang, and C.A. Kellogg, 2020: Assessing the water quality impacts of two Category-5 hurricanes on St. Thomas, Virgin Islands. *Water Research*, **171**, 115440. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115440>
110. Lin, Y., M. Sevillano-Rivera, T. Jiang, G. Li, I. Cotto, S. Vosloo, C.M.G. Carpenter, P. Larese-Casanova, R.W. Giese, D.E. Helbling, I.Y. Padilla, Z. Rosario-Pabón, C. Vélez Vega, J.F. Cordero, A.N. Alshawabkeh, A. Pinto, and A.Z. Gu, 2020: Impact of Hurricane Maria on drinking water quality in Puerto Rico. *Environmental Science & Technology*, **54** (15), 9495–9509. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c01655>
111. Schnall, A.H., J. Roth, B. Ellis, K. Seger, M. Davis, and E.M. Ellis, 2019: Addressing community needs during the hurricane response and recovery efforts through community assessments for public health emergency response (CASPER)—United States Virgin Islands, 2017–2018. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, **13** (1), 53–62. <https://doi.org/10.1017/dmp.2019.6>
112. Cruz-Cano, R. and E.L. Mead, 2019: Causes of excess deaths in Puerto Rico after Hurricane Maria: A time-series estimation. *American Journal of Public Health*, **109** (7), 1050–1052. <https://doi.org/10.2105/ajph.2019.305015>
113. Marazzi, M., B. Miloucheva, and G.J. Bobon, 2021: Displacement and Mortality After a Disaster: Deaths of Puerto Ricans in the United States Post-Hurricane Maria. Working Paper 710. University of Toronto, Department of Economics. <https://econpapers.repec.org/paper/tortecipa/tecipa-710.htm>
114. PR DOH, 2022: Perfil Epidemiológico de la Mortalidad en Puerto Rico Años 2015–2022. Puerto Rico Department of Health. <https://www.salud.pr.gov/CMS/DOWNLOAD/7323>
115. Santos-Burgoa, C., A. Goldman, Andrade E., N. Barrett, U. Colon-Ramos, M. Edberg, A. Garcia-Meza, L. Goldman, A. Roess, J. Sandberg, and S. Zeger, 2018: Project Report: Ascertainment of the Estimated Excess Mortality from Hurricane María in Puerto Rico. George Washington University, Milken Institute School of Public Health. <https://publichealth.gwu.edu/sites/g/files/zaxdzs4586/files/2023-06/acertainment-of-the-estimated-excess-mortality-from-hurricane-maria-in-puerto-rico.pdf>
116. Barbier, E.B., 2016: The protective value of estuarine and coastal ecosystem services in a wealth accounting framework. *Environmental and Resource Economics*, **64** (1), 37–58. <https://doi.org/10.1007/s10640-015-9931-z>
117. Leemans, R. and R.S. de Groot, 2003: *Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment*. Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington, DC. http://pdf.wri.org/ecosystems_human_wellbeing.pdf
118. Barreto-Orta, M., R. Méndez-Tejeda, E. Rodríguez, N. Cabrera, E. Díaz, and K. Pérez, 2019: State of the beaches in Puerto Rico after Hurricane Maria (2017). *Shore & Beach*, **87** (1). <https://asbpa.org/publications/shore-and-beach/shore-beach-vol-87-no-1-winter-2019-abstracts/>
119. Cox, D., T. Arikawa, A. Barbosa, G. Guannel, D. Inazu, A. Kennedy, Y. Li, N. Mori, K. Perry, D. Prevatt, D. Roueche, T. Shimozono, C. Simpson, E. Shimakawa, T. Shimura, and R. Slocum, 2019: Hurricanes Irma and Maria post-event survey in US Virgin Islands. *Coastal Engineering Journal*, **61** (2), 121–134. <https://doi.org/10.1080/21664250.2018.1558920>
120. Mendez-Tejeda, R., K.A. Pérez-Valentín, and M. Barreto-Orta, 2020: Impact of extreme weather events on the beaches of Puerto Rico: The case of Ocean Park, San Juan. *American Journal of Marine Science*, **8** (1), 1–5. <https://doi.org/10.12691/marine-8-1-1>
121. OCM, 2017: Shoreline Mileage of the United States. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Service, Office for Coastal Management. <https://coast.noaa.gov/data/docs/states/shorelines.pdf>
122. Gochfeld, D.J., J.B. Olson, A. Chaves-Fonnegra, T.B. Smith, R.S. Ennis, and M.E. Brandt, 2020: Impacts of Hurricanes Irma and Maria on coral reef sponge communities in St. Thomas, U.S. Virgin Islands. *Estuaries and Coasts*, **43** (5), 1235–1247. <https://doi.org/10.1007/s12237-020-00694-4>
123. Toledo-Hernandez, C., C. Ruiz-Díaz, E. Hernandez, and S. Suleimán-Ramos, 2018: Devastation of 15-year old community-based coral farming and reef-restoration sites in Puerto Rico by major Hurricanes Irma and María. *Caribbean Naturalist*, **53**, 1–6. <https://www.eaglehill.us/CANAonline/CANA-access-pages/CANA-regular/CANA-053-Toledo-Hernandez.shtml>
124. Viehman, T.S., M. Nemeth, S.H. Groves, C.A. Buckel, S. Griffin, D. Field, T.D. Moore, and J. Moore, 2020: Coral Assessment and Restoration in the U.S. Caribbean After 2017 Hurricanes. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS ; 278. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Service and National Marine Fisheries Service. <https://doi.org/10.25923/7r0b-wc52>

125. Browning, T.N., D.E. Sawyer, G.R. Brooks, R.A. Larson, C.E. Ramos-Scharrón, and M. Canals-Silander, 2019: Widespread deposition in a coastal bay following three major 2017 hurricanes (Irma, Jose, and Maria). *Scientific Reports*, **9** (1), 7101. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43062-4>
126. Pérez Valentín, J.M. and M.F. Müller, 2020: Impact of Hurricane Maria on beach erosion in Puerto Rico: Remote sensing and causal inference. *Geophysical Research Letters*, **47** (6), e2020GL087306. <https://doi.org/10.1029/2020gl087306>
127. Bendik, K., A.C. Seymour, and K.S. Doran, 2021: Coastal Cliff Top and Toe Delineation Derived from Lidar for Puerto Rico: 2018. U.S. Geological Survey. <https://doi.org/10.5066/f7610xcx>
128. Cartier, K.M.S., 2019: Hurricanes hit Puerto Rico's mangroves harder than Florida's. *Eos*, **100**. <https://doi.org/10.1029/2019eo137889>
129. EPA, 2017: Multi-Model Framework for Quantitative Sectoral Impacts Analysis: A Technical Report for the Fourth National Climate Assessment. EPA 430-R-17-001. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. <https://www.epa.gov/cira/multi-model-framework-quantitative-sectoral-impacts-analysis>
130. Storlazzi, C.D., B.G. Reguero, A.D. Cole, E. Lowe, J.B. Shope, A.E. Gibbs, B.A. Nickel, R.T. McCall, A.R. van Dongeren, and M.W. Beck, 2019: Rigorously Valuing the Role of U.S. Coral Reefs in Coastal Hazard Risk Reduction. USGS Open-File Report 2019-1027. U.S. Geological Survey, Reston, VA, 42 pp. <https://doi.org/10.3133/ofr20191027>
131. USGCRP, 2018: *Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: Fourth National Climate Assessment, Volume II*. Reidmiller, D.R., C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, and B.C. Stewart, Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 1515 pp. <https://doi.org/10.7930/nca4.2018>
132. Oliver, L.M., W.S. Fisher, L. Fore, A. Smith, and P. Bradley, 2018: Assessing land use, sedimentation, and water quality stressors as predictors of coral reef condition in St. Thomas, U.S. Virgin Islands. *Environmental Monitoring and Assessment*, **190**, 213. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6562-1>
133. Takesue, R.K., C. Sherman, N.I. Ramirez, A.O. Reyes, O.M. Cheriton, R.V. Ríos, and C.D. Storlazzi, 2021: Land-based sediment sources and transport to southwest Puerto Rico coral reefs after Hurricane Maria, May 2017 to June 2018. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **259**, 107476. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107476>
134. Smith, A., S.H. Yee, M. Russell, J. Awkerman, and W.S. Fisher, 2017: Linking ecosystem service supply to stakeholder concerns on both land and sea: An example from Guánica Bay watershed, Puerto Rico. *Ecological Indicators*, **74**, 371-383. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.11.036>
135. Myers, B., 2019: Drought in the U.S. Caribbean: Impacts on Freshwater Ecosystems. U.S. Department of Agriculture, Caribbean Climate Hub, 2 pp. <https://doi.org/10.32747/2019.6886313.ch>
136. Gonzalez, G., E. Marín-Spiotta, and M. Matos, 2020: Appendix A: Regional summaries, Caribbean. In: *Forest and Rangeland Soils of the United States Under Changing Conditions*. Pouyat, R.V., D.S. Page-Dumroese, T. Patel-Weynand, and L. Geiser, Eds. Springer Cham, 217-229. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-45216-2>
137. Mau, A.C., S.C. Reed, T.E. Wood, and M.A. Cavaleri, 2018: Temperate and tropical forest canopies are already functioning beyond their thermal thresholds for photosynthesis. *Forests*, **9** (1), 47. <https://doi.org/10.3390/f9010047>
138. Wood, T.E., M.A. Cavaleri, C.P. Giardina, S. Khan, J. Mohan, A.T. Nottingham, S. Reed, and M. Slot, 2019: Ch. 14. Soil warming effects on tropical forests with highly weathered soils. In: *Ecosystem Consequences of Soil Warming: Microbes, Vegetation, Fauna and Soil Biogeochemistry*. Academic Press, 385-439. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-813493-1.00015-6>
139. Wood, T.E., M. Detto, and W.L. Silver, 2013: Sensitivity of soil respiration to variability in soil moisture and temperature in a humid tropical forest. *PLoS ONE*, **8** (12), 80965. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080965>
140. Zimmerman, J.K., T.E. Wood, G. González, A. Ramirez, W.L. Silver, M. Uriarte, M.R. Willig, R.B. Waide, and A.E. Lugo, 2021: Disturbance and resilience in the Luquillo Experimental Forest. *Biological Conservation*, **253**, 108891. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108891>
141. Zimmerman, J.K., M.R. Willig, and E.A. Hernández-Delgado, 2020: Resistance, resilience, and vulnerability of social-ecological systems to hurricanes in Puerto Rico. *Ecosphere*, **11** (10), 03159. <https://doi.org/10.1002/ecs2.3159>
142. Fitzpatrick, S.M. and C.M. Giovias, 2021: Tropical islands of the Anthropocene: Deep histories of anthropogenic terrestrial-marine entanglement in the Pacific and Caribbean. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **118** (40), e2022209118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2022209118>

143. Coleman-Jensen, A., M.P. Rabbitt, C.A. Gregory, and A. Singh, 2016: Household Food Security in the United States in 2015. ERR-215. U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service. <https://www.ers.usda.gov/publications/pub-details/?pubid=79760>
144. Coleman-Jensen, A., M.P. Rabbitt, C.A. Gregory, and A. Singh, 2018: Household Food Security in the United States in 2017. ERR-256. U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service. <https://www.ers.usda.gov/publications/pub-details/?pubid=90022>
145. Santiago-Torres, M., E.M. Román Meléndez, I.R. Rodríguez Ayuso, and Z.L. Ríos Vázquez, 2019: Seguridad Alimentaria en Puerto Rico. Instituto de Estadísticas de Puerto Rico, 51 pp. <https://estadisticas.pr/files/Comunicados/Seguridad%20Alimentaria%20en%20Puerto%20Rico%20-%20Final%20%28300519%29.pdf>
146. Keith-Jennings, B. and W. Wolkomir, 2020: How Does Household Food Assistance in Puerto Rico Compare to the Rest of the United States? Center on Budget and Policy Priorities, Washington, DC, 16 pp. <https://www.cbpp.org/research/food-assistance/how-does-household-food-assistance-in-puerto-rico-compare-to-the-rest-of>
147. Diaz, I.I. and C. Hunsberger, 2018: Can agroecological coffee be part of a food sovereignty strategy in Puerto Rico? *Geoforum*, **97**, 84–94. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.10.016>
148. Gould, W.A., S.J. Fain, I.K. Pares, K. McGinley, A. Perry, and R.F. Steele, 2015: Caribbean Regional Climate Sub Hub Assessment of Climate Change Vulnerability and Adaptation and Mitigation Strategies. U.S. Department of Agriculture, 67 pp. <https://www.fs.usda.gov/detail/iitf/research/?cid=fseprd505760>
149. Harmsen, E. and R.H. Harmsen, 2019: Agricultural water management and Puerto Rico's food insecurity. Special publication I 2019–2020. *Ethos Gubernamental*. https://issuu.com/eticapr/docs/ethosart_agriculturalwatermanagement_and_pr_foodin
150. Meléndez-Ayala, I. and A. Kennedy, 2021: How the U.S. dictates what Puerto Rico eats. *The New York Times*, October 1, 2021. <https://www.nytimes.com/2021/10/01/opinion/puerto-rico-jones-act.html>
151. Marrero, A. and J. Mattei, 2022: Reclaiming traditional, plant-based, climate-resilient food systems in small islands. *The Lancet Planetary Health*, **6** (2), e171–e179. [https://doi.org/10.1016/s2542-5196\(21\)00322-3](https://doi.org/10.1016/s2542-5196(21)00322-3)
152. Álvarez-Berrios, N.L., S. Soto-Bayó, E. Holupchinski, S.J. Fain, and W.A. Gould, 2018: Correlating drought conservation practices and drought vulnerability in a tropical agricultural system. *Renewable Agriculture and Food Systems*, **33** (3), 279–291. <https://doi.org/10.1017/s174217051800011x>
153. Statista, 2022: Puerto Rico: Distribution of Gross Domestic Product (GDP) Across Economic Sectors from 2010 to 2020 [Webpage]. <https://www.statista.com/statistics/397789/puerto-rico-gdp-distribution-across-economic-sectors/>
154. NASS, 2019: 2017 Census of Agriculture: United States Summary and State Data. AC-17-A-51. U.S. Department of Agriculture, National Agricultural Statistics Service. <https://www.nass.usda.gov/publications/agcensus/2017/index.php>
155. Ortiz-Colón, G., 2011: Impacto Sobre la Producción Agrícola y Prácticas de Adaptación: La Industria Lechera de Puerto Rico Frente al Cambio Climático. Guía Curricular del Servicio de Extensión Agrícola.
156. Ortiz-Colón, G., S.J. Fain, I.K. Parés, J. Curbelo-Rodríguez, E. Jiménez-Cabán, M. Pagán-Morales, and W.A. Gould, 2018: Assessing climate vulnerabilities and adaptive strategies for resilient beef and dairy operations in the tropics. *Climatic Change*, **146** (1), 47–58. <https://doi.org/10.1007/s10584-017-2110-1>
157. Iowa State University Food Systems Team, 2020: Virgin Islands Community Food Systems Snapshot. Iowa State University, 35 pp. https://www.extension.iastate.edu/ffed/wp-content/uploads/2020-Final-USVI-Snapshot_red.pdf
158. USVI Division of Economic Research, 2020: USVI's United States and Foreign Imports Annual 2019 Trade Data Report. USVI Office of Management & Budget, Division of Economic Research. <https://usviber.org/wp-content/uploads/2022/07/food-imports-report-2019-2.pdf>
159. NASS, 2020: Quick Stats. U.S. Department of Agriculture, National Agricultural Statistics Service. <https://quickstats.nass.usda.gov/>
160. NASS, 2020: 2017 Census of Agriculture—U.S. Virgin Islands Agriculture: Results from the 2018 Census of Agriculture. U.S. Department of Agriculture, National Agricultural Statistics Service. <https://www.nass.usda.gov/publications/highlights/2020/census-virginislands.pdf>

161. Molina-Rivera, W.L. and M.M. Irizarry-Ortiz, 2021: Estimated Water Withdrawals and Use in Puerto Rico, 2015. USGS Open-File Report 2021-1060. U.S. Geological Survey, 38 pp. <https://doi.org/10.3133/ofr20211060>
162. Quiñones, F., 2016: Recursos de Agua de Puerto Rico [Webpage]. <https://recursosaguapuertorico.com/>
163. Ramos-Gines, O., 1994: Effects of Changing Irrigation Practices on the Ground-Water Hydrology of the Santa Isabel-Juana Díaz Area, South Central Puerto Rico. Water-Resources Investigations Report 91-4183. U.S. Geological Survey, Puerto Rico, 22 pp. <https://doi.org/10.3133/wri914183>
164. Rodríguez, J.M., 2013: Evaluation of Groundwater Quality and Selected Hydrologic Conditions in the South Coast Aquifer, Santa Isabel Area, Puerto Rico, 2008–09. Scientific Investigations Report 2012-5254. U. S. Geological Survey, Reston, VA, 38 pp. <https://doi.org/10.3133/sir20125254>
165. Torres-Gonzalez, S. and J.M. Rodriguez, 2016: Hydrologic Conditions in the South Coast Aquifer, Puerto Rico, 2010–15. USGS Open-File Report 2015-1215. U.S. Geological Survey, Reston, VA, 32 pp. <https://doi.org/10.3133/ofr20151215>
166. Eisenhauer, D.E., D.L. Martin, D.M. Heeren, and G.J. Hoffman, 2021: *Irrigation Systems Management*, 1st ed. American Society of Agricultural and Biological Engineers. <https://doi.org/10.13031/ism.2021>
167. Martinez, O., M. Muth, W.A. Gould, N.L. Álvarez-Berrios, E. Holupchinski, L.A. Rodriguez-Cruz, B. Rippey, and H.J. Jiménez, 2022: Drought Update for Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. National Integrated Drought Information System. <https://www.drought.gov/drought-status-updates/drought-update-puerto-rico-and-us-virgin-islands-4-7-22>
168. McGinley, K.A., W.A. Gould, N.L. Álvarez-Berrios, E. Holupchinski, and T. Díaz-Camacho, 2022: Ready or not? Hurricane preparedness, response, and recovery of farms, forests, and rural communities in the U.S. Caribbean. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, **82** (2), 103346. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103346>
169. Álvarez-Berrios, N.L., S.S. Wiener, K.A. McGinley, A.B. Lindsey, and W.A. Gould, 2021: Hurricane effects, mitigation, and preparedness in the Caribbean: Perspectives on high importance–low prevalence practices from agricultural advisors. *Journal of Emergency Management*, **19** (8), 135–155. <https://doi.org/10.5055/jem.0585>
170. Marrero, A., A. López-Cepero, R. Borges-Méndez, and J. Mattei, 2022: Narrating agricultural resilience after Hurricane María: How smallholder farmers in Puerto Rico leverage self-sufficiency and collaborative agency in a climate-vulnerable food system. *Agriculture and Human Values*, **39** (2), 555–571. <https://doi.org/10.1007/s10460-021-10267-1>
171. Wiener, S.S., N.L. Álvarez-Berrios, and A.B. Lindsey, 2020: Opportunities and challenges for hurricane resilience on agricultural and forest land in the U.S. Southeast and Caribbean. *Sustainability*, **12** (4), 1364. <https://doi.org/10.3390/su12041364>
172. Herrera, D. and T. Ault, 2017: Insights from a new high-resolution drought atlas for the Caribbean spanning 1950–2016. *Journal of Climate*, **30** (19), 7801–7825. <https://doi.org/10.1175/jcli-d-16-0838.1>
173. Wang, R., L. Li, P. Gentine, Y. Zhang, J. Chen, X. Chen, L. Chen, L. Ning, L. Yuan, and G. Lü, 2022: Recent increase in the observation-derived land evapotranspiration due to global warming. *Environmental Research Letters*, **17** (2), 024020. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac4291>
174. Mercado-Díaz, J.A., E. Holupchinski, N. Álvarez-Berrios, W.A. Gould, P. Miller, T. Mote, C. Ramseyer, and G. González, 2023: Fostering knowledge-exchange and collaboration among drought-related initiatives in the Caribbean. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **104**, E1146–E1153. <https://doi.org/10.1175/bams-d-23-0054.1>
175. Bucheli, J., T. Dalhaus, and R. Finger, 2022: Temperature effects on crop yields in heat index insurance. *Food Policy*, **107**, 102214. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2021.102214>
176. Tubiello, F.N., J.F. Soussana, and S.M. Howden, 2007: Crop and pasture response to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **104** (50), 19686–19690. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701728104>
177. Wheeler, T.R., P.Q. Craufurd, R.H. Ellis, J.R. Porter, and P.V. Vara Prasad, 2000: Temperature variability and the yield of annual crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **82** (1), 159–167. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00224-3](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00224-3)

178. Hatfield, J.L. and J.H. Prueger, 2015: Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes*, **10** (Part A), 4–10. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.001>
179. Gowda, P., J.L. Steiner, C. Olson, M. Boggess, T. Farrigan, and M.A. Grusak, 2018: Ch. 10. Agriculture and rural communities. In: *Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: Fourth National Climate Assessment, Volume II*. Reidmiller, D.R., C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, and B.C. Stewart, Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 391–437. <https://doi.org/10.7930/nca4.2018.ch10>
180. Ziska, L., A. Crimmins, A. Auclair, S. DeGrasse, J.F. Garofalo, A.S. Khan, I. Loladze, A.A. Pérez de León, A. Showler, J. Thurston, and I. Walls, 2016: Ch. 7. Food safety, nutrition, and distribution. In: *The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment*. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, 189–216. <https://doi.org/10.7930/j0zp4417>
181. El Khayat, M., D.A. Halwani, L. Hneiny, I. Alameddine, M.A. Haidar, and R.R. Habib, 2022: Impacts of climate change and heat stress on farmworkers' health: A scoping review. *Frontiers in Public Health*, **10**, 782811. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.782811>
182. Smith, M.R. and S.S. Myers, 2018: Impact of anthropogenic CO₂ emissions on global human nutrition. *Nature Climate Change*, **8** (9), 834–839. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0253-3>
183. Harmsen, E.W., N.L. Adames, and N.R. Maldonado, 2022: Gridded aquifer recharge estimates for the Puerto Rico south coast aquifer. In: *American Geophysical Union (AGU) 2022 Annual Meeting, Frontiers in Hydrology*. San Juan, PR, 21 June 2022. <https://pragwater.com/selected-publications-and-presentations/>
184. Irizarry-Ortiz, M. and E.W. Harmsen, 2023: Sensitivity of the Penman–Monteith reference evapotranspiration equation to meteorological variables for Puerto Rico. *Hydrology*, **10** (5), 101. <https://doi.org/10.3390/hydrology10050101>
185. Moraes, F.D.S., C. Ramseyer, and D. Gamble, 2023: The effects of projected climate change on crop water availability in the U.S. Caribbean. *Journal of Water and Climate Change*, **14** (4), 1176–1191. <https://doi.org/10.2166/wcc.2023.398>
186. Jhajharia, D., R. Kumar, P.P. Dabral, V.P. Singh, R.R. Choudhary, and Y. Dinpashoh, 2015: Reference evapotranspiration under changing climate over the Thar Desert in India. *Meteorological Applications*, **22** (3), 425–435. <https://doi.org/10.1002/met.1471>
187. Girija Veni, V., C. Srinivasarao, K. Sammi Reddy, K.L. Sharma, and A. Rai, 2020: Ch. 26. Soil health and climate change. In: *Climate Change and Soil Interactions*. Prasad, M.N.V. and M. Pietrzykowski, Eds. Elsevier, 751–767. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818032-7.00026-6>
188. Sharma, K.L., C.S. Rao, D.S. Chandrika, M. Lal, K. Srinivas, K.S. Reddy, and A.K. Indoria, 2016: Effect of 13 years long minimum tillage cum conjunctive nutrient management practices on soil fertility and nitrogen chemical fractions under sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)–mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) system in semi-arid tropical Alfisol (SAT) in southern India. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **47** (18), 2059–2068. <https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1225083>
189. Zagal, E., C. Muñoz, M. Quiroz, and C. Córdova, 2009: Sensitivity of early indicators for evaluating quality changes in soil organic matter. *Geoderma*, **151** (3), 191–198. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.04.004>
190. Chessman, D., B.N. Moebius-Clune, B.R. Smith, B. Fisher, 2019: The Basics of Addressing Resource Concerns with Conservation Practices within Integrated Management Systems on Cropland. Soil Health Technical Note No. 450-04. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. <https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonwebContent.aspx?content=44293.wba>
191. Porch, T.G., J.S. Beaver, and M.A. Brick, 2013: Registration of tepary germplasm with multiple-stress tolerance, TARS-Tep 22 and TARS-Tep 32. *Journal of Plant Registrations*, **7** (3), 358–364. <https://doi.org/10.3198/jpr2012.10.0047crg>
192. Cabrera, I., E.W. Harmsen, and A. Vélez, 2019: The effect of shade houses on the insect pests and yield of three important plant crops in Puerto Rico: Pepper, *Capsicum annuum* (Solanaceae), watermelon, *Citrullus lanatus* (Cucurbitaceae), and cabbage, *Brassica oleracea* (Brassicaceae). *Life: The Excitement of Biology*, **7** (1), 5–21. [https://doi.org/10.9784/leb7\(1\)cabrera.01](https://doi.org/10.9784/leb7(1)cabrera.01)
193. Mathanker, S., 2021: A precision agriculture technology course for regions with lower technology adoption levels. *Applied Engineering in Agriculture*, **37** (5), 871–877. <https://doi.org/10.13031/aea.14669>

194. Harmsen, E.W., 2012: A simple web-based method for scheduling irrigation in Puerto Rico. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, **96** (3-4), 235-243. <https://revistas.upr.edu/index.php/jaupr/article/view/3171/2692>
195. Harmsen, E.W., 2018: Ch. 1. Simple spreadsheet method for scheduling irrigation. In: *Technological Interventions in Management of Irrigated Agriculture*. Apple Academic Press, 15. <https://doi.org/10.1201/9781315204307-1>
196. Mecikalski, J.R. and E.W. Harmsen, 2019: The use of visible Geostationary Operational Meteorological Satellite imagery in mapping the water balance over Puerto Rico for water resource management. In: *Satellite Information Classification and Interpretation*. Rustamov, R.B., Ed. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.82460>
197. Mejia Manrique, S.A., E.W. Harmsen, R.M. Khanbilvardi, and J.E. González, 2021: Flood impacts on critical infrastructure in a coastal floodplain in western Puerto Rico during Hurricane María. *Hydrology*, **8** (3), 104. <https://doi.org/10.3390/hydrology8030104>
198. Lim, Y.-K., S.D. Schubert, R. Kovach, A.M. Molod, and S. Pawson, 2018: The roles of climate change and climate variability in the 2017 Atlantic hurricane season. *Scientific Reports*, **8** (1), 16172. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34343-5>
199. Culbertson, S., B. Nunez-Neto, J.D. Acosta, C.R. Cook, A. Lauland, K.J. Leuschner, S. Nataraj, B.L. Preston, S.A. Resetar, A.C. Resnick, P.S. Roberts, and H.J. Shatz, 2020: Recovery in the U.S. Virgin Islands: Progress, Challenges, and Options for the Future. RR-A282-1. Homeland Security Operational Analysis Center, RAND Corporation, Santa Monica, CA, 384 pp. <https://doi.org/10.7249/rra282-1>
200. USVI Task Force Advisory Committee, 2018: USVI Hurricane Recovery and Resilience Task Force. Government of the U.S. Virgin Islands, St. Thomas, USVI. https://cfvi.net/wp-content/uploads/2019/05/USVI_HurricaneRecoveryTaskforceReport_DIGITAL.pdf
201. Alderson, D.L., 2019: Ch. 5. Overcoming barriers to greater scientific understanding of critical infrastructure resilience. In: *Handbook on Resilience of Socio-Technical Systems*. Matthias Ruth and S. Goessling-Reisemann, Eds. Edward Elgar Publishing, 66-88. <https://doi.org/10.4337/9781786439376.00010>
202. Helmrich, A., S. Markolf, R. Li, T. Carvalhaes, Y. Kim, E. Bondank, M. Natarajan, N. Ahmad, and M. Chester, 2021: Centralization and decentralization for resilient infrastructure and complexity. *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability*, **1** (2), 021001. <https://doi.org/10.1088/2634-4505/ac0a4f>
203. O'Neill-Carrillo, E. and M.A. Rivera-Quinones, 2018: Energy policies in Puerto Rico and their impact on the likelihood of a resilient and sustainable electric power infrastructure. *CENTRO: Journal of the Center for Puerto Rican Studies*, **30** (3), 147-171. <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA581024268&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=15386279&p=AONE&sw=w>
204. Puerto Rico Climate Change Council, 2013: Puerto Rico State of the Climate 2010-2013: Assessing Puerto Rico's Social-Ecological Vulnerabilities in a Changing Climate. Puerto Rico Coastal Zone Management Program, Department of Natural and Environmental Resources, NOAA Office of Ocean and Coastal Resource Management, San Juan, PR. <http://www.adaptationclearinghouse.org/resources/puerto-rico-state-of-the-climate-2010-2013-assessing-puerto-rico-ey-s-social-ecological-vulnerabilities-in-a-changing-climate.html>
205. Seager, T.P., S.S. Clark, D.A. Eisenberg, J.E. Thomas, M.M. Hinrichs, R. Kofron, C.N. Jensen, L.R. McBurnett, M. Snell, and D.L. Alderson, 2017: Ch. 3. Redesigning resilient infrastructure research. In: *Resilience and Risk*. Linkov, I. and J.M. Palma-Oliveira, Eds. Springer, Dordrecht, Netherlands, 81-119. https://doi.org/10.1007/978-94-024-1123-2_3
206. Kossin, J.P., 2018: A global slowdown of tropical-cyclone translation speed. *Nature*, **558** (7708), 104-107. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0158-3>
207. Sadler, J.M., J.L. Goodall, M. Behl, B.D. Bowes, and M.M. Morsy, 2020: Exploring real-time control of stormwater systems for mitigating flood risk due to sea level rise. *Journal of Hydrology*, **583**, 124571. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124571>
208. Shen, Y., M.M. Morsy, C. Huxley, N. Tahvildari, and J.L. Goodall, 2019: Flood risk assessment and increased resilience for coastal urban watersheds under the combined impact of storm tide and heavy rainfall. *Journal of Hydrology*, **579**, 124159. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124159>
209. Vosper, E.L., D.M. Mitchell, and K. Emanuel, 2020: Extreme hurricane rainfall affecting the Caribbean mitigated by the Paris Agreement goals. *Environmental Research Letters*, **15**, 104053. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab9794>

210. Guannel, G., N. Beck, J. Dwyer, J. Buchanan, G. Bove, and T. Hamlin, 2022: U.S. Virgin Island Coastal Vulnerability Index. University of the Virgin Islands, Caribbean Green Technology Center, St. Thomas, USVI, 50 pp. <https://dprn.vi.gov/wp-content/uploads/2023/05/Coastal-Vulnerability-Index-for-the-USVI.pdf>
211. Campbell, J.D., M.A. Taylor, A. Bezanilla-Morlot, T.S. Stephenson, A. Centella-Artola, L.A. Clarke, and K.A. Stephenson, 2021: Generating projections for the Caribbean at 1.5, 2.0 and 2.5 °C from a high-resolution ensemble. *Atmosphere*, **12** (3), 328. <https://doi.org/10.3390/atmos12030328>
212. FEMA, 2021: *Effects of Saltwater Intrusion in Puerto Rico* [Video]. U.S. Department of Homeland Security, Federal Emergency Management Agency. <https://groundwateru.org/effects-of-saltwater-intrusion-in-puerto-rico/>
213. USGS, 2016: Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands regional summary. In: *Ground Water Atlas of the United States*. U.S. Geological Survey. https://pubs.usgs.gov/ha/ha730/ch_n/N-PR_VItext1.html
214. EPA, 2019: TRI Explorer: 2019 TRI Factsheet: City—Guayama, PR. U.S. Environmental Protection Agency. https://enviro.epa.gov/triexplorer/tri_factsheet.factsheet?pzip=&pstate=PR&pcity=GUAYAMA&pcounty=&pyear=%202019&pParent=TRI&pDataSet=TRIQ1
215. DRNA, 2019: Programas y Proyectos—Zona Costanera. Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, San Juan, PR. <https://www.drna.pr.gov/cat/programas-y-proyectos/zona-costanera/>
216. PRDOH, 2023: CDBG-MIT Action Plan Amendment 2 (Substantial). Puerto Rico Department of Housing. <https://cdbg-dr.pr.gov/en/download/cdbg-mit-action-plan-amendment-2-substantial/>
217. Burillo, D., M. Chester, and B. Ruddell, 2017: Power system planning and operation across multiple coincident non-stationary temperature futures. In: *International Conference on Sustainable Infrastructure*. American Society of Civil Engineers, 293–302. <https://doi.org/10.1061/9780784481196.026>
218. Hughes, J., K. Cowper-Heays, E. Olesson, R. Bell, and A. Stroombergen, 2021: Impacts and implications of climate change on wastewater systems: A New Zealand perspective. *Climate Risk Management*, **31**, 100262. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2020.100262>
219. Brinton, A., D.C. Diehl, T.G. Townsend, K. Deliz Quiñones, and M.M. Lichtenstein, 2022: Trees, trash, and hurricanes: The case study of Puerto Rico and vegetative disaster debris management after Hurricanes Irma and Maria. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, **82**, 103298. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103298>
220. Brown, C., M. Milke, and E. Seville, 2011: Disaster waste management: A review article. *Waste Management*, **31** (6), 1085–1098. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.01.027>
221. Romanello, M., A. McGushin, C. Di Napoli, P. Drummond, N. Hughes, L. Jamart, H. Kennard, P. Lampard, B. Solano Rodriguez, N. Arnell, S. Ayeb-Karlsson, K. Belesova, W. Cai, D. Campbell-Lendrum, S. Capstick, J. Chambers, L. Chu, L. Ciampi, C. Dalin, N. Dasandi, S. Dasgupta, M. Davies, P. Dominguez-Salas, R. Dubrow, K.L. Ebi, M. Eckelman, P. Ekins, L.E. Escobar, L. Georgeson, D. Grace, H. Graham, S.H. Gunther, S. Hartinger, K. He, C. Heaviside, J. Hess, S.-C. Hsu, S. Jankin, M.P. Jimenez, I. Kelman, G. Kiesewetter, P.L. Kinney, T. Kjellstrom, D. Kniveton, J.K.W. Lee, B. Lemke, Y. Liu, Z. Liu, M. Lott, R. Lowe, J. Martinez-Urtaza, M. Maslin, L. McAllister, C. McMichael, Z. Mi, J. Milner, K. Minor, N. Mohajeri, M. Moradi-Lakeh, K. Morrissey, S. Munzert, K.A. Murray, T. Neville, M. Nilsson, N. Obradovich, M.O. Sewe, T. Oreszczyn, M. Otto, F. Owfi, O. Pearman, D. Pencheon, M. Rabbaniha, E. Robinson, J. Rocklöv, R.N. Salas, J.C. Semenza, J. Sherman, L. Shi, M. Springmann, M. Tabatabaei, J. Taylor, J. Trinanes, J. Shumake-Guillemot, B. Vu, F. Wagner, P. Wilkinson, M. Winning, M. Yglesias, S. Zhang, P. Gong, H. Montgomery, A. Costello, and I. Hamilton, 2021: The 2021 report of the Lancet Countdown on health and climate change: Code red for a healthy future. *The Lancet*, **398** (10311), 1619–1662. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(21\)01787-6](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(21)01787-6)
222. Ferrario, F., M.W. Beck, C.D. Storlazzi, F. Micheli, C.C. Shepard, and L. Airoidi, 2014: The effectiveness of coral reefs for coastal hazard risk reduction and adaptation. *Nature Communications*, **5** (1), 3794. <https://doi.org/10.1038/ncomms4794>
223. Lewsey, C., G. Cid, and E. Kruse, 2004: Assessing climate change impacts on coastal infrastructure in the Eastern Caribbean. *Marine Policy*, **28** (5), 393–409. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2003.10.016>
224. Narayan, S., M.W. Beck, B.G. Reguero, I.J. Losada, B. van Wesenbeeck, N. Pontee, J.N. Sanchirico, J.C. Ingram, G.-M. Lange, and K.A. Burks-Copes, 2016: The effectiveness, costs and coastal protection benefits of natural and nature-based defences. *PLoS ONE*, **11** (5), e0154735. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154735>

225. Tomiczek, T., A. Wargula, N.R. Hurst, D.B. Bryant, and L.A. Provost, 2021: Engineering with Nature: The Role of Mangroves in Coastal Protection. ERDC/TN EWN-21-1. U.S. Army Corps of Engineers, Engineer Research and Development Center, 19 pp. <https://doi.org/10.21079/11681/42420>
226. Djakouré, S., M. Araujo, A. Hounsou-Gbo, C. Noriega, and B. Bourlès, 2017: On the potential causes of the recent Pelagic Sargassum blooms events in the tropical North Atlantic Ocean. *Biogeosciences Discussions*, 1–20. <https://doi.org/10.5194/bg-2017-346>
227. *Oversight Hearing on the Puerto Rico Electric Power Authority (Prepa) Postimplementation of the Luma Transmission and Distribution Contract*, U.S. House of Representatives, Committee on Natural Resources, 2021: United States Congress, One Hundred Seventeenth, First Session. <https://www.congress.gov/event/117th-congress/house-event/114107>
228. UNEP-CEP, 2021: Sargassum white paper—turning the crisis into an opportunity. In: *Ninth Meeting of the Scientific and Technical Advisory Committee (STAC) to the Protocol Concerning Specially Protected Areas and Wildlife (SPA) in the Wider Caribbean Region*. Kingston, Jamaica. United Nations Environment Programme–Caribbean Environment Programme. <https://www.unep.org/cep/resources/publication/sargassum-white-paper-turning-crisis-opportunity>
229. USVI Office of the Governor, 2022: Executive Order No. 525-2022: Order and Proclamation by the Governor of the United States Virgin Islands Declaring State of Emergency in the United States Virgin Islands Due to Unprecedented Influx of Sargassum Seaweed Affecting the Territory Water Supply. U.S. Virgin Islands, Office of the Governor, Charlotte Amalie, VI. <https://www.vi.gov/wp-content/uploads/2022/07/exo-523-2022-state-of-emergency-sargassum-2022-07.22.pdf>
230. Fischbach, J.R., L. Warren May, K. Whipkey, S.R. Shelton, C.A. Vaughan, D. Tierney, K.J. Leuschner, L.S. Meredith, and H.J. Peterson, 2020: *After Hurricane Maria: Predisaster Conditions, Hurricane Damage, and Recovery Needs in Puerto Rico*. RAND Corporation, Santa Monica, CA. <https://doi.org/10.7249/rr2595>
231. Joseph, S.R., C. Voyles, K.D. Williams, E. Smith, and M. Chilton, 2020: Colonial neglect and the right to health in Puerto Rico after Hurricane Maria. *American Journal of Public Health*, **110** (10), 1512–1518. <https://doi.org/10.2105/ajph.2020.305814>
232. Park, J., T.P. Seager, P.S.C. Rao, M. Convertino, and I. Linkov, 2013: Integrating risk and resilience approaches to catastrophe management in engineering systems. *Risk Analysis*, **33** (3), 356–367. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2012.01885.x>
233. Woods, D.D., 2015: Four concepts for resilience and the implications for the future of resilience engineering. *Reliability Engineering & System Safety*, **141**, 5–9. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2015.03.018>
234. Blondeau, J., M. Brandt, C. Donovan, M. Eakin, K. Edwards, K. Edwards, P. Edwards, I. Enochs, M. Feeley, C. Fleming, N. Formel, E. Geiger, M. Gorstein, J. Grove, S. Groves, L. Henderson, M. Hibbert, N. Holloway, M. Johnson, T. Kelley, H. Kelsey, J. Koss, D. Manzello, N. Miller, C. Pott, T. Smith, E. Towle, and S. Viehman, 2020: Coral Reef Condition: A Status Report for the U.S. Virgin Islands. National Oceanic Atmospheric Administration, Coral Reef Conservation Program. <https://doi.org/10.25923/53gr-cn06>
235. Roth, K., 2019: U.S. Climate Resilience Toolkit: Aquifer Storage and Recovery: A Strategy for Long-Term Water Security in Puerto Rico. U.S. Global Change Research Program. <https://toolkit.climate.gov/case-studies/aquifer-storage-and-recovery-strategy-long-term-water-security-puerto-rico>
236. Soanes, L.M., S. Pike, S. Armstrong, K. Creque, R. Norris-Gumbs, S. Zaluski, and K. Medcalf, 2021: Reducing the vulnerability of coastal communities in the Caribbean through sustainable mangrove management. *Ocean & Coastal Management*, **210**, 105702. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105702>
237. Akpınar Ferrand, E. and F. Cecunjanin, 2014: Potential of rainwater harvesting in a thirsty world: A survey of ancient and traditional rainwater harvesting applications. *Geography Compass*, **8** (6), 395–413. <https://doi.org/10.1111/gec3.12135>
238. Silva, A., M. Rosano, L. Stocker, and L. Gorissen, 2017: From waste to sustainable materials management: Three case studies of the transition journey. *Waste Management*, **61**, 547–557. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.11.038>
239. NASA, 2022: Responding to Climate Change. National Aeronautics and Space Administration, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology. <https://climate.nasa.gov/solutions/adaptation-mitigation/>

240. Pauliuk, S., N. Heeren, P. Berrill, T. Fishman, A. Nistad, Q. Tu, P. Wolfram, and E.G. Hertwich, 2021: Global scenarios of resource and emission savings from material efficiency in residential buildings and cars. *Nature Communications*, **12** (1), 5097. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25300-4>
241. Rothausen, S.G.S.A. and D. Conway, 2011: Greenhouse-gas emissions from energy use in the water sector. *Nature Climate Change*, **1** (4), 210–219. <https://doi.org/10.1038/nclimate1147>
242. Surana, K. and S.M. Jordaan, 2019: The climate mitigation opportunity behind global power transmission and distribution. *Nature Climate Change*, **9** (9), 660–665. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0544-3>
243. EPA, 2021: Power Plants and Neighboring Communities. U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/airmarkets/power-plants-and-neighboring-communities>
244. Darghouth, N.R., E. O’Shaughnessy, S. Forrester, and G. Barbose, 2022: Characterizing local rooftop solar adoption inequity in the US. *Environmental Research Letters*, **17** (3), 034028. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac4fdc>
245. Goldstein, B., T.G. Reames, and J.P. Newell, 2022: Racial inequity in household energy efficiency and carbon emissions in the United States: An emissions paradox. *Energy Research & Social Science*, **84**, 102365. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102365>
246. Adeh, E.H., S.P. Good, M. Calaf, and C.W. Higgins, 2019: Solar PV power potential is greatest over croplands. *Scientific Reports*, **9** (1), 11442. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47803-3>
247. Beller, W.S., P.G. D’Ayala, and P. Hein, 1990: Sustainable development and environmental management of small islands. In: *Man and the Biosphere Series*. UNESCO, 419. <https://portals.iucn.org/library/taxonomy/term/36861>
248. Robinson, S.-A., 2020: Climate change adaptation in SIDS: A systematic review of the literature pre and post the IPCC Fifth Assessment Report. *WIREs Climate Change*, **11** (4), e653. <https://doi.org/10.1002/wcc.653>
249. Jacobs, K.R., S.J. Fain, S. Henry, W. Archibald, and W.A. Gould, 2016: Synthesis of Climate Change Related Knowledge and Information in the United States Virgin Islands: An Institutional Analysis. Report for the U.S. Department of Interior, Office of Insular Affairs. U.S. Department of Agriculture, Caribbean Climate Hub, U.S. Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, 177 pp. <https://www.fs.usda.gov/detail/iitf/research/?cid=fseprd707155>
250. Keenan, J.M. and M.E. Hauer, 2020: Resilience for whom? Demographic change and the redevelopment of the built environment in Puerto Rico. *Environmental Research Letters*, **15** (7), 074028. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab92c2>
251. OCM, 2018: Final Evaluation Findings: U.S. Virgin Islands Coastal Management Program. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Service, Office for Coastal Management. <https://coast.noaa.gov/data/czm/media/usvi-cmp.pdf>
252. Alderson, D.L., B.B. Bunn, D.A. Eisenberg, A.R. Howard, D.A. Nussbaum, and J. Templeton II, 2018: Interdependent Infrastructure Resilience in the U.S. Virgin Islands: Preliminary Assessment. NPS-OR-18-005. Naval Postgraduate School, Monterey, CA, 128 pp. <https://faculty.nps.edu/dlalders/usvi/nps-or-18-005.pdf>
253. Nunez-Neto, B., A. Lauland, J. Aguirre, G. Castro, I.A. Gutierrez, M. Lara, E. Rosas, and B.A. Weidmer, 2020: Municipalities on the Front Lines of Puerto Rico’s Recovery: Assessing Damage, Needs, and Opportunities for Recovery After Hurricane Maria. RR-2604-DHS. RAND Corporation, Santa Monica, CA, 216 pp. <https://doi.org/10.7249/rr2604>
254. Santiago, L., M. Barreto, A. Montañez-Acuña, T. Flecha, N. Cabrera, V. Bonano, L.B. Marrero, and E. Díaz, 2021: A coastal vulnerability framework to guide natural infrastructure funds allocation in compressed time. *Environmental Management*, **67** (1), 67–80. <https://doi.org/10.1007/s00267-020-01397-z>
255. Puerto Rico Climate Change Mitigation, Adaptation, and Resilience Act. No. 33-2019, Government of Puerto Rico, May 22, 2019. <https://bvirtualogp.pr.gov/ogp/Bvirtual/leyesreferencia/PDF/2-ingles/0033-2019.pdf>
256. USVI Office of the Governor, 2015: Executive Order No. 474-2015: Preparing the Virgin Islands of the United States for Adapting to the Impacts of Climate Change. U.S. Virgin Islands, Office of the Governor, Charlotte Amalie, VI. https://www.fdpi.org/wp-content/uploads/2016/01/USVI-Climate-Change-Executive-Order_474-2015.pdf

257. Engelman, A., M.T. Guzzardo, M. Antolin Muñiz, L. Arenas, and A. Gomez, 2022: Assessing the emergency response role of community-based organizations (CBOs) serving people with disabilities and older adults in Puerto Rico post-Hurricane María and during the COVID-19 pandemic. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **19** (4), 2156. <https://doi.org/10.3390/ijerph19042156>
258. Filantropía Puerto Rico, 2022: Estudio Sobre el Impacto Económico y Social de las Organizaciones sin Fines de Lucro en Puerto Rico, 2022. Filantropía Puerto Rico, Inc. <https://filantropiapr.org/estudio-sobre-el-impacto-economico-y-social-de-las-organizaciones-sin-fines-de-lucro-en-puerto-rico-2022/>
259. Rivas, M., 2018: La respuesta al desastre y las organizaciones sin fines de lucro en Puerto Rico. *Revista De Administración Pública*, **49**, 39–65. <https://revistas.upr.edu/index.php/ap/article/view/13778>
260. Roque, A.D., D. Pijawka, and A. Wutich, 2020: The role of social capital in resiliency: Disaster recovery in Puerto Rico. *Risk, Hazards & Crisis in Public Policy*, **11** (2), 204–235. <https://doi.org/10.1002/rhc3.12187>
261. McKayle, C., G. Guannel, M. Taylor, and T. Stephenson, 2019: Climate Change Adaptation Planning Assessment and Implementation: Final Vulnerability and Risk Assessment Report. University of the Virgin Islands and University of the West Indies, Mona. <https://www.doi.gov/sites/doi.gov/files/1.-usvi-climate-vulnerability-and-risk-assessment-report-final.pdf>
262. Towe, V.L., E.L.P. Sayers, E.W. Chan, A.Y. Kim, A. Tom, W.Y. Chan, J.P. Marquis, M.W. Robbins, L. Saum-Manning, M.M. Weden, and L.A. Payne, 2020: Community Planning and Capacity Building in Puerto Rico After Hurricane Maria: Predisaster Conditions, Hurricane Damage, and Courses of Action. RAND Corporation, Homeland Security Operational Analysis Center. <https://doi.org/10.7249/rr2598>
263. Rudge, K., 2021: Changing climate, changing discourse: Analyzing reporting of climate change and economic development in the U.S. Virgin Islands. *Climate Risk Management*, **33**, 100350. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2021.100350>
264. Díaz-García, R., M. Feliciano, A. Cases, and K. Ruiz-Serrano, 2021: Adulto Mayor 2019. División de Prevención y Control de Enfermedades Crónicas, Secretaría de Promoción para la Salud del Departamento de Salud de Puerto Rico. <https://www.salud.pr.gov/CMS/DOWNLOAD/5543>
265. Instituto del Desarrollo de la Juventud, 2021: Perfil de Niños, Niñas y Jóvenes Viviendo en Pobreza en Puerto Rico: 2021. Instituto del Desarrollo de la Juventud. https://assets.website-files.com/60f311e9e2e57d2e3028bb6f/615fab750b18ba319f0e9ed3_perfiledejovenesviviendoenpobreza.pdf
266. Lafarga Previdi, I. and C.M. Vélez Vega, 2020: Health Disparities Research Framework adaptation to reflect Puerto Rico's socio-cultural context. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **17** (22), 8544. <https://doi.org/10.3390/ijerph17228544>
267. Farber, D.A., 2018: Response and Recovery After Maria: Lessons for Disaster Law and Policy. UC Berkeley Public Law Research Paper. University of California, Berkeley. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3174466>
268. Ma, C., A.C. Baker, and T.E. Smith, 2021: How income inequality influenced personal decisions on disaster preparedness: A multilevel analysis of homeowners insurance among Hurricane Maria victims in Puerto Rico. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, **53**, 101953. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101953>
269. Eckstein, D., V. Künzel, and L. Schäfer, 2021: Who suffers Most from Extreme Weather Events? *Weather-Related Loss Events in 2019 and 2000 to 2019*. *Global Climate Risk Index 2021*. Germanwatch, Berlin, Germany. <https://www.germanwatch.org/en/19777>
270. Migration Data Portal, 2021: Migration Data in the Caribbean. Global Migration Data Portal. <https://www.migrationdataportal.org/regional-data-overview/migration-data-caribbean>
271. Piguet, E., 2022: Linking climate change, environmental degradation, and migration: An update after 10 years. *WIREs Climate Change*, **13** (1), 746. <https://doi.org/10.1002/wcc.746>
272. Arrieta, A., S. Chen, J. Sarmiento, and R. Olson, 2021: Real-Time Migration Tracking to Puerto Rico after Natural Hazard Events. Natural Hazards Center Public Health Report Series, 4. University of Colorado Boulder, Natural Hazards Center, Boulder, CO. <https://hazards.colorado.edu/public-health-disaster-research/real-time-migration-tracking-to-puerto-rico-after-natural-hazard-events>

273. Chandrasekhar, D., I. García, and S. Khajehei, 2022: Recovery capacity of small nonprofits in post-2017 hurricane Puerto Rico. *Journal of the American Planning Association*, **88** (2), 206–219. <https://doi.org/10.1080/01944363.2021.1938637>
274. Rosas, E., P.S. Roberts, A. Lauland, I.A. Gutierrez, and B. Nuñez-Neto, 2021: Assessing the impact of municipal government capacity on recovery from Hurricane Maria in Puerto Rico. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, **61**, 102340. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102340>
275. CRS, 2021: FEMA Pre-Disaster Mitigation: The Building Resilient Infrastructure and Communities (BRIC) Program. CRS Report IN11515. Congressional Research Service. <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/in/in11515>
276. GAO, 2019: Emergency Management: FEMA Has Made Progress, but Challenges and Future Risks Highlight Imperative for Further Improvements. GAO-19-617T. U.S. Government Accountability Office. <https://www.gao.gov/products/gao-19-617t>
277. GAO, 2022: Update on FEMA's Disaster Recovery Efforts in Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. GAO-22-106211. U.S. Government Accountability Office. <https://www.gao.gov/assets/gao-22-106211.pdf>
278. Global Infrastructure Hub, 2022: A G20 Initiative: Latest from the GI Hub. Global Infrastructure Hub. <https://www.gihub.org/>
279. Governors' Institute on Community Design, 2017: Final Report: Sea Level Rise and the Impact on Economic Activity in Coastal Communities—A Workshop for the U.S. Virgin Islands. Governors' Institute on Community Design, 34 pp. https://www.fdpi.org/wp-content/uploads/2022/07/Report-of-Workshop-on-the-Impact-of-Sea-Level-Rise-on-the-U.S.-Virgin-Islands_GICD-2017.pdf
280. Kuhl, L., 2021: Policy making under scarcity: Reflections for designing socially just climate adaptation policy. *One Earth*, **4** (2), 202–212. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.01.008>
281. Pitter, J., 2021: Equitable Infrastructure: A Resource Framing Infrastructure Types Using an Equitable Placemaking Lens. Community Foundations of Canada, 24 pp. <https://torontolip.com/resources/resource/equitable-infrastructure-a-resource-framing-infrastructure-types-using-an-equitable-placemaking-lens/>
282. Office of the High Commissioner for Human Rights, 2022: Annual Report of the United Nations High Commissioner for Human Rights on the Situation of Human Rights in Nicaragua. United Nations. <https://www.ohchr.org/en/statements/2022/03/annual-report-united-nations-high-commissioner-human-rights-situation-human>
283. Multihazard Mitigation Council, 2017: Natural Hazard Mitigation Saves 2017 Interim Report: An Independent Study—Summary of Findings. Principal Investigator Porter, K.; co-Principal Investigators Scawthorn, C.; Dash, N.; Santos, J.; P. Schneider, Director, MMC. National Institute of Building Sciences, Washington, DC. https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema_ms2_interim_report_2017.pdf
284. UNDRR, 2016: UNISDR Annual Report 2015. United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Geneva, Switzerland, 75 pp. <https://www.undrr.org/publication/unisdr-annual-report-2015>
285. VIHFA, 2021: United States Virgin Islands CDBG-Mitigation Action Plan. Virgin Islands Housing Finance Authority. <https://cdbgdr.vihfa.gov/wp-content/uploads/2023/08/USVI-HUD-Approved-Mitigation-Action-Plan-7142021-compressed.pdf>
286. Kompaniyets, L., A.B. Goodman, B. Belay, D.S. Freedman, M.S. Sucusky, S.J. Lange, A.V. Gundlapalli, T.K. Boehmer, and H.M. Blanck, 2021: Body mass index and risk for COVID-19–related hospitalization, intensive care unit admission, invasive mechanical ventilation, and death—United States, March–December 2020. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, **70**, 355–361. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm7010e4>
287. Maldonado, J., I.F.C. Wang, F. Eningowuk, L. Iaukea, A. Lascrain, H. Lazrus, C.A. Naquin, J.R. Naquin, K.M. Noguera-Vidal, K. Peterson, I. Rivera-Collazo, M.K. Souza, M. Stege, and B. Thomas, 2021: Addressing the challenges of climate-driven community-led resettlement and site expansion: Knowledge sharing, storytelling, healing, and collaborative coalition building. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, **11** (3), 294–304. <https://doi.org/10.1007/s13412-021-00695-0>
288. Seara, T., R. Pollnac, and K. Jakubowski, 2020: Impacts of natural disasters on subjective vulnerability to climate change: A study of Puerto Rican fishers' perceptions after Hurricanes Irma & Maria. *Coastal Management*, **48** (5), 418–435. <https://doi.org/10.1080/08920753.2020.1795969>

289. Dawson, T., 2013: Erosion and coastal archaeology: Evaluating the threat and prioritising action. In: *Ancient Maritime Communities and the Relationship between People and Environment along the European Atlantic Coasts*. Daire, M.-Y., C. Dupont, A. Baudry, C. Billard, J.-M. Large, L. Lespez, E. Normand, and C. Scarre, Eds. Archeopress, Oxford, UK, 77–83. <http://hdl.handle.net/10023/4183>
290. Finneran, N.P., 2017: The materiality of human–water interaction in the Caribbean: An archaeological perspective. *WIREs Water*, **4** (5), e1235. <https://doi.org/10.1002/wat2.1235>
291. Kohler, T.A. and M. Rockman, 2020: The IPCC: A primer for archaeologists. *American Antiquity*, **85** (4), 627–651. <https://doi.org/10.1017/aaq.2020.68>
292. Perdikaris, S., R. Boger, E. Gonzalez, E. Ibrahimpašić, and J.D. Adams, 2021: Disrupted identities and forced nomads: A post-disaster legacy of neocolonialism in the island of Barbuda, Lesser Antilles. *Island Studies Journal*, **16** (1), 115–134. <https://doi.org/10.24043/isj.130>
293. Rockman, M. and C. Hritz, 2020: Expanding use of archaeology in climate change response by changing its social environment. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **117** (15), 8295–8302. <https://doi.org/10.1073/pnas.1914213117>
294. NCHS, 2019: Potentially Excess Deaths. Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Health Statistics, accessed April 3, 2023. https://www.cdc.gov/nchs/nvss/potentially_excess_deaths.htm
295. d'Alpoim Guedes, J., S. Gonzalez, and I. Rivera-Collazo, 2021: Resistance and care in the time of COVID-19: Archaeology in 2020. *American Anthropologist*, **123** (4), 898–915. <https://doi.org/10.1111/aman.13669>
296. Isabel Rivera-Collazo (Author), March 2021: Oral communications with multiple elders of Puerto Rican towns, Jayuya, Utuado, and Lajas.
297. Veenema, T.G., Z. Rush, K. Depriest, and L. Mccauley, 2019: Climate change-related hurricane impact on Puerto Rico and the US Virgin Islands, environment risk reduction, and the social determinants of health. *Nursing Economics*, **37** (1), 13–22. <https://tools.niehs.nih.gov/cchhl/index.cfm/detail/18106>
298. Main, J., M.K. Dillard, E.D. Kuligowski, B. Davis, J.D. Dukes, K.W. Harrison, J. Helgeson, K.J. Johnson, M.L. Levitan, J. Mitrani-Reiser, S.J. Weaver, D. Yeo, L.D. Bermúdez, J. Cline, and T. Kirsch, 2021: Learning from Hurricane Maria's Impacts on Puerto Rico: A Progress Report. NIST Special Publication 1262. National Institute of Standards and Technology. <https://doi.org/10.6028/nist.sp.1262>
299. Pasch, R.J., A.B. Penny, and R. Berg, 2023: Tropical Cyclone Report: Hurricane Maria. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service, National Hurricane Center, 48 pp. https://issuu.com/coleccionpuertorriquena/docs/al152017_maria
300. DRNA, 2016: Informe Sobre la Sequía de 2014–2016 en Puerto Rico. Departamento De Recursos Naturales Y Ambientales, División Monitoreo del Plan de Aguas, San Juan, PR. <https://www.drna.pr.gov/wp-content/uploads/2017/01/Informe-Sequia-2014-2016.compressed.pdf>
301. NIDIS, 2023: Drought Status Update Repository. National Integrated Drought Information System and National Oceanic and Atmospheric Administration. <https://www.drought.gov/drought-status-updates>
302. Rodriguez-Cruz, L.A. 2022: Adaptive Capacity and [un]Natural Disasters: Puerto Rican Farmers' Adaption and Food Security Outcomes After Hurricane Maria. Doctor of Philosophy in Food Systems, University of Vermont. <https://scholarworks.uvm.edu/graddis/1509>
303. Environmental Defense Fund, 2021: Climate Change-Resilient Fisheries in the Caribbean-Focus on Cuba, the Dominican Republic and Puerto Rico: Summary. Environmental Defense Fund. https://www.edf.org/sites/default/files/2022-06/Caribbean%20Climate%20Resilient%20Fisheries%20Seminar%20Report_ENGLISH.pdf
304. Global Programme on Risk Assessment and Management for Adaptation to Climate Change, 2021: Climate Change and Small-Scale Fisheries: A Climate Risk Management Perspective for the Caribbean. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, Bonn, Germany, 9 pp. <https://www.adaptationcommunity.net/publications/climate-change-and-small-scale-fisheries-a-climate-risk-management-perspective-for-the-caribbean/>
305. Yandle, T., J. Sweeney Tookes, and C.A. Grace-McCaskey, 2020: US Virgin Islands fishing community resilience: Informing a research agenda. *Coastal Management*, **48** (5), 481–504. <https://doi.org/10.1080/08920753.2020.1796191>