



Programa de Estados Unidos para la  
Investigación sobre el Cambio Mundial

# Cuarta Evaluación Nacional del Clima



## Volumen II

Impactos, Riesgos y Adaptación en los Estados Unidos

*Informe Resumido*

Informe completo disponible en línea en: [nca2018.globalchange.gov](http://nca2018.globalchange.gov)

## Créditos de las imágenes

**Portada:** Servicio de Parques Nacionales; **contraportada:** Observatorio de la Tierra de la NASA, imagen de Joshua Stevens, con datos del Landsat del Servicio Geológico de los Estados Unidos.

En agosto de 2018, las temperaturas aumentaron en todo el noroeste de los Estados Unidos. El calor, junto con las condiciones secas, contribuyó a la actividad de incendios forestales en varios estados y Canadá. La portada muestra el incendio de Howe Ridge desde el otro lado del lago McDonald en el Parque Nacional de los Glaciares de Montana, la noche del 12 de agosto, aproximadamente 24 horas después de que fuera iniciado a causa de un rayo. El incendio se propagó rápidamente, avivado por las temperaturas máximas históricas y los fuertes vientos, provocando evacuaciones y cierres de partes del parque. La imagen del satélite de la contraportada, tomada el 15 de agosto, muestra columnas de humo de los incendios en el extremo noroeste del lago McDonald.

Cada año, los incendios forestales afectan a comunidades de todos los Estados Unidos. Además de amenazar la seguridad y propiedad individual, el incendio forestal puede empeorar la calidad del aire a nivel local y, en muchos casos, de toda la región circundante, con impactos importantes sobre la salud pública que incluyen una mayor incidencia de las enfermedades respiratorias (Ch. 13: Calidad del Aire KM 2; Ch. 14: Salud KM 1; Ch. 26: Alaska, KM 3). A medida que continúa el calentamiento global, se espera que los aumentos proyectados tanto en la frecuencia de los incendios forestales como en el área quemada incrementen los costos relacionados con los efectos en la salud, la pérdida de viviendas e infraestructura y la extinción de incendios (Ch. 6: Bosques, KM 1; Ch. 17: Sistemas Complejos, Box 17.4). También se espera que el aumento de la actividad de los incendios forestales reduzca la oportunidad y disfrute de las actividades recreativas al aire libre, afectando la calidad de vida y las economías turísticas (Ch. 7: Ecosistemas, KM 3; Ch. 13: Calidad del Aire, KM 2; Ch. 15: Pueblos Indígenas, KM 1 Ch. 24: Noroeste, KM 4; Ch. 19: Sudeste, KM 3).

El cambio climático causado por el hombre, el uso de la tierra y el manejo de los bosques influyen sobre los incendios forestales de modo complejo (Ch. 17: Sistemas Complejos, KM 2). Durante el último siglo, las políticas de exclusión de incendios provocaron una mayor disponibilidad de combustible en la mayoría de los bosques de los Estados Unidos (CSSR, Ch. 8.3, KF 6). Las condiciones más cálidas y secas han contribuido a un aumento de los incendios forestales en el oeste de los Estados Unidos y en el interior de Alaska desde principios de la década de 1980, una tendencia que se espera que continúe a medida que siga el calentamiento global y se prolonguen las temporadas de incendios (Ch. 1: Resumen, Figura 1.2k; CSSR, Ch. 8.3, KF 6). La expansión de la actividad humana hacia los bosques y otras áreas de la vida silvestre también ha aumentado durante las últimas décadas. A medida que se expanda la huella de asentamientos humanos, se espera que aumente aún más la exposición al riesgo de incendios para las personas y bienes materiales (Ch. 5: Cambios Terrestres, KM 2).

# Cuarta Evaluación Nacional del Clima



## Volumen II

### Impactos, Riesgos y Adaptación en los Estados Unidos

*Informe Resumido*



Programa de Estados Unidos para la  
Investigación sobre el Cambio Mundial

Informe completo disponible en línea en: [nca2018.globalchange.gov](http://nca2018.globalchange.gov)

Este informe es de dominio público. Algunos materiales utilizados en el presente documento tienen sus derechos reservados y se otorgó permiso para su publicación en este informe. Para usos posteriores que incluyan materiales con derechos reservados, se debe solicitar permiso para su reproducción al titular de los derechos de autor. En todos los casos, se debe dar crédito por los materiales con derechos reservados. Todos los otros materiales se pueden utilizar libremente con reconocimiento de este informe.

Primera publicación en 2018

Impreso en los Estados Unidos de América

### **Cita recomendada**

**USGCRP**, 2018: *Impactos, Riesgos, y Adaptación en los Estados Unidos: Cuarta Evaluación Nacional del Clima, Volumen II: Informe Resumido* [Reidmiller, D.R., C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, B.C. Stewart, and A. Lustig (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 187 pp. doi: 10.7930/NCA4.2018.RiBSpanish

Impreso y publicado por la Oficina de Publicaciones del Gobierno de los Estados Unidos  
Internet: [bookstore.gpo.gov](http://bookstore.gpo.gov); Teléfono: número gratuito (866) 512-1800; área DC (202) 512-1800  
Fax: (202) 512-2104 Correo postal: Stop IDCC, Washington, DC 20402-0001

Las copias impresas del Informe Resumido se pueden solicitar en línea en:  
<https://www.globalchange.gov/browse/reports>

## Comité Directivo Federal

**David Reidmiller**, Presidente, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

**Benjamin DeAngelo**, Vicepresidente, Departamento de Comercio

**Farhan Akhtar**, Departamento de Estado

**Daniel Barrie**, Departamento de Comercio

**Virginia Burkett**, Departamento del Interior

**Jennifer Carroll**, Fundación Nacional de Ciencias

**Lia Cattaneo**, Departamento de Transporte (hasta diciembre de 2017)

**Pierre Comizzoli**, Institución Smithsoniana

**Daniel Dodgen**, Departamento de Salud y Servicios Humanos

**Noel Gurwick**, Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos

**Pat Jacobberger-Jellison**, Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio

**Rawlings Miller**, Departamento de Transporte (de mayo a agosto de 2018)

**Kurt Preston**, Departamento de Defensa

**Margaret Walsh**, Departamento de Agricultura

**Tristram West**, Departamento de Energía

**Darrell Winner**, Agencia de Protección Ambiental

## Subcomité de Investigación sobre el Cambio Mundial

**Virginia Burkett**, Presidenta Interina, Departamento del Interior

**Gerald Geernaert**, Vicepresidente, Departamento de Energía

**John Balbus**, Departamento de Salud y Servicios Humanos

**Bill Breed**, Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (hasta febrero de 2018)

**Pierre Comizzoli**, Institución Smithsonian

**Noel Gurwick**, Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (desde febrero de 2018)

**Wayne Higgins**, Departamento de Comercio

**Scott Harper**, Departamento de Defensa

**William Hohenstein**, Departamento de Agricultura

**Jack Kaye**, Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio

**Dorothy Koch**, Departamento de Energía

**Barbara McCann**, Departamento de Transporte

**Andrew Miller**, Agencia de Protección Ambiental

**James Reilly**, Departamento del Interior

**Trigg Talley**, Departamento de Estado

**Maria Uhle**, Fundación Nacional de Ciencias

## **Directivo Ejecutivo y Enlaces a la Casa Blanca**

**Michael Kuperberg**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

**Chloe Kontos**, Director Ejecutivo, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

**David Reidmiller**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

**Kimberly Miller**, Oficina de Administración y Presupuesto

## **Agencia Administrativa Principal**

Departamento de Comercio / Administración Nacional Oceánica y Atmosférica



# ÍNDICE

## CUARTA EVALUACIÓN NACIONAL DEL CLIMA INFORME RESUMIDO

### **Páginas preliminares**

Introducción al Informe.....	1
Guía al Informe.....	4

### **Resultados Sumarios** ..... 11

### **1. Resumen** ..... 22

¿Qué Ha Sucedido Desde la Última Evaluación Nacional del Clima?.....	55
---	----

### **Temas Nacionales** ..... 62

2. Nuestro Clima Cambiante .....	63
3. Agua.....	66
4. Suministro de Energía, Provisión y Demanda .....	69
5. Cambio en la Cobertura Terrestre y en el Uso de la Tierra .....	73
6. Bosques .....	76
7. Ecosistemas, Servicios Ecosistémicos y Biodiversidad .....	79
8. Efectos Costeros .....	82
9. Océanos y Recursos Marinos.....	85
10. Agricultura y Comunidades Rurales .....	88
11. Entorno Construido, Sistemas Urbanos y Ciudades .....	92
12. Transporte.....	95

13. Calidad del Aire.....	98
14. Salud Humana.....	101
15. Tribus y Pueblos Indígenas.....	104
16. Efectos del Clima en los Intereses Internacionales de los Estados Unidos .....	107
17. Interacciones Sectoriales, Estresores Múltiples y Sistemas Complejos .....	110
<b>Regiones</b> .....	114
18. Noreste.....	115
19. Sudeste .....	120
20. Caribe Estadounidense.....	124
21. Medio Oeste.....	130
22. Grandes Llanuras del Norte .....	135
23. Grandes Llanuras del Sur .....	140
24. Noroeste .....	144
25. Sudoeste.....	148
26. Alaska.....	153
27. Hawái y Regiones de las Islas del Pacífico Asociadas a los Estados Unidos.....	157
<b>Respuestas</b> .....	164
28. Reducción de Riesgos a través de Acciones de Adaptación....	165
29. Reducción de Riesgos a través de la Mitigación de Emisiones..	169
<b>Autores y Contribuyentes</b> .....	173



# Introducción al Informe

## La Evaluación Nacional del Clima

La Ley de Investigación sobre el Cambio Mundial de 1990 exige que el Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial (USGCRP, por sus siglas en inglés) le entregue al Congreso y al Presidente un informe, como máximo cada cuatro años, que “1) integre, evalúe e interprete los resultados del Programa...; 2) analice los efectos del cambio mundial en el entorno natural, la agricultura, la producción y el uso de energía, los recursos terrestres y acuáticos, la transportación, la salud y el bienestar humano, los sistemas sociales humanos y la diversidad biológica; y 3) analice las tendencias actuales en el cambio mundial, tanto naturales como inducidos por los humanos, y proyecta las tendencias mayores para los 25 a 100 años siguientes”.<sup>1</sup>

La Cuarta Evaluación Nacional del Clima (NCA4, por sus siglas en inglés) cumple con este mandato en dos volúmenes. Este informe, el Volumen II, se basa en la ciencia fundacional descrito en el Volumen I, el Informe Especial sobre la Ciencia Climatológica (CSSR, por sus siglas en inglés). El Volumen II se centra en los elementos del bienestar humano, sociales y ambientales del cambio climático y la variabilidad para las 10 regiones y los 18 temas nacionales, con atención especial a los riesgos observados y proyectados, la consideración de la reducción de riesgos y las consecuencias de distintas trayectorias de mitigación. Donde era posible, el Volumen II de la NCA4 presenta ejemplos de acciones en progreso en comunidades dentro de los Estados Unidos para reducir los riesgos asociados con el cambio climático, incrementar la resiliencia y mejorar los medios de vida.

Esta evaluación fue escrita para ayudar a los responsables por la toma de decisiones, los

gerentes de los servicios públicos y recursos naturales, los funcionarios de la salud pública, los planificadores para las respuestas a emergencias y otras partes interesadas a través de la presentación de una revisión detallada de los efectos del cambio climático en los Estados Unidos.

## Informe Especial sobre la Ciencia Climatológica: Volumen I de la NCA4

El *Informe Especial sobre la Ciencia Climatológica* (CSSR, por sus siglas en inglés), publicado en 2017, sirve como el primer volumen de la NCA4. En él se presenta un análisis detallado de la manera en que el cambio climático está afectando el sistema terrestre físico a través de los Estados Unidos y provee la ciencia física fundacional en la que se basa gran parte de la evaluación de los impactos presentados en el reporte. El CSSR integra y evalúa los resultados actuales de la ciencia climatológica y discute las incertidumbres relacionadas con estos resultados. El reporte analiza las tendencias del cambio climático, tanto naturales como inducidas por el ser humano, y proyecta las tendencias principales hasta el fin de este siglo. Los cambios en la temperatura, los patrones de precipitación, el incremento en el nivel del mar y otros resultados climáticos proyectados se basan en una gama de escenarios empleados extensamente en la comunidad de investigación climática, conocidas como las trayectorias de concentración representativa (RCP, por sus siglas en inglés). Como evaluación y análisis de las ciencias físicas, el CSSR provee un insumo importante para el desarrollo de otras partes de la NCA4 y su enfoque principal en los elementos de bienestar humano, sociales, económicos y ambientales del cambio climático. Se presenta un resumen del CSSR en el Capítulo 2 (Nuestro Clima Cambiante) de este informe; se puede acceder al informe completo en la página [science2017.globalchange.gov](http://science2017.globalchange.gov).

### **Acerca del Informe Resumido**

El Informe Resumido de la NCA4 Volumen II presenta los Resultados Sumarios generales, un Resumen que sintetiza material de los capítulos subyacentes y resúmenes ejecutivos para cada capítulo de este volumen.

El Informe Resumido de 187 páginas está disponible para descarga en formato PDF en <https://nca2018.global-change.gov/downloads>.

### **Desarrollo, Revisión y Proceso de Aprobación del Informe**

La Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés) sirvió como la agencia administrativa principal para la preparación de este informe. Un Comité Timón Federal, formado por representantes de agencias del USGCRP, supervisó el desarrollo del informe.

Un equipo de más de 300 expertos federales y no federales, incluyendo personas del gobierno federal, estatales y locales, tribus y comunidades indígenas, laboratorios nacionales, universidades y del sector privado ofrecieron su tiempo de manera voluntaria para producir la evaluación con la participación de partes interesadas externas durante cada etapa del proceso. Una serie de talleres de interacción regional contó con la participación de más de 1000 personas en más de 40 ciudades, mientras que las presentaciones virtuales, los seminarios por el internet y los períodos de comentarios públicos brindaron información valiosa a los autores. Entre los participantes estuvieron personas responsables por la toma de decisiones del sector público y privado, gerentes de recursos y del medio ambiente, científicos, educadores, representantes de negocios y organizaciones no gubernamentales y el público interesado.

La NCA4, Volumen II fue revisado detalladamente por expertos externos y el público en general y por el gobierno federal (es decir, el Comité Timón Federal de la NCA4 y varias rondas de revisión técnica y de política pública realizadas por las 13 agencias federales del USGCRP). Una revisión externa del reporte completo fue realizado por un comité de expertos formados ad hoc de las Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Medicina (NASEM, por sus siglas en inglés).<sup>3</sup> Se puede encontrar información adicional sobre el desarrollo de esta evaluación en el Apéndice 1: Proceso de Desarrollo del Informe.

### **Fuentes Utilizados en Este Informe**

Los resultados en este informe se basan en una evaluación de la literatura científica revisada por expertos complementada por otras fuentes (por ejemplo, literatura no revisada por expertos), de ser apropiado. Además, los autores utilizaron conjuntos de datos de observación y modelado bien establecidos y cuidadosamente evaluados, informes técnicos, productos de la asesoría continua por el USGCRP y una gama de productos de escenarios. Se determinó que cada una de las fuentes cumplía con las normas de la Ley sobre la Calidad de la Información (véase el Apéndice 2: Información en la Cuarta Evaluación Nacional del Clima).

### **Productos de la Evaluación Sostenida**

El proceso de la asesoría continua por el USGCRP facilita y aprovecha de la participación continua de los científicos y las partes interesadas, permitiendo la evaluación de información y perspectivas nuevas en cuanto surgen. El USGCRP encabezó el desarrollo de dos productos principales de la asesoría continua como fuentes a la NCA4: Los Impactos del Cambio Climático en la Salud Humana en los Estados Unidos: Una Evaluación Científica<sup>4</sup> y el Segundo Informe del Estado del Ciclo del Carbono.<sup>5</sup> Además, las agencias del USGCRP

contribuyeron productos que mejoren el nivel de detalle de esta evaluación incluyendo la evaluación científica por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos Cambio Climático, Seguridad Global de Alimentos y el Sistema Alimenticio de los Estados Unidos;<sup>6</sup> Herramientas Climáticas para la Resiliencia , Explorador del Clima y Resúmenes Estatales sobre el Clima por la NOAA; el informe actualizado de impactos económicos por el cambio climático por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos; <sup>7</sup> y varios indicadores y productos de escenarios por el USGCRP que apoyan la evaluación de riesgos relacionados con el clima (véase el Apéndice 3: Herramientas de Datos y Productos de Escenarios).

#### Productos de Escenarios por el USGCRP

Como parte del proceso de la asesoría continua, los grupos interagencias federales desarrollaron como productos una colección de escenarios de alta resolución que abarcan una gama de cambios futuros plausibles (hasta el 2100, como mínimo) en parámetros ambientales claves. Esta nueva generación de productos de escenarios por el USGCRP (disponibles en <https://scenarios.globalchange.gov>) comprende

- cambios en las estadísticas promedias y extremas de variables climáticas claves (por ejemplo, la temperatura y la precipitación),
- cambios en el nivel local del mar a lo largo de toda la línea costera de los Estados Unidos,
- cambios poblacionales como función de los desplazamientos demográficos y la migración y
- cambios en el uso de terreno causados por los cambios en las poblaciones.

Los productos de escenarios por el USGCRP ayuden a asegurar la consistencia en las suposiciones empleados en todo el informe y, en consecuencia, mejoran la capacidad para comparar y sintetizar los resultados entre capítulos. Cuando ha sido posible, los autores han utilizado la gama de estos productos de escenarios para definir la incertidumbre en el clima del futuro y sus efectos asociados en términos de cómo se relacionan con los riesgos que son el enfoque de cada capítulo. Como se discute brevemente en otra parte de estas páginas preliminares y con más detalle en el Apéndice 3 (Herramientas de Datos y Productos de Escenarios), los escenarios futuros conocidos como las trayectorias de concentración representativa proveen el marco global para la NCA4, Volúmenes I y II. Las trayectorias de concentración representativa se centran en resultados (como emisiones y concentraciones de gases de efecto invernadero y partículas) que, a su vez, se alimentan a los modelos climáticos. De esta manera, una amplia variedad de suposiciones socioeconómicas futuras a escala global y nacional (como el crecimiento poblacional, la innovación tecnológica y la intensidad de carbono de la mezcla energética) serían consistentes con las trayectorias de concentración representativa empleadas en la NCA4. Por esta razón, se les brindó a los autores una asesoría adicional sobre las suposiciones relacionadas a la población estadounidense y el uso de terreno. Véase el Apéndice 3: Herramientas de Datos y Productos de Escenarios, incluyendo a la Tabla A3.1, para conocer detalles adicionales sobre estos productos de escenarios.

## Guía al Informe

### Resultados Sumarios

Los 12 Resultados Resumidos representan una síntesis de muy alto nivel del material contenido en el informe. Se consolidan los Mensajes Claves y su evidencia de apoyo de los 16 capítulos sobre temas al nivel nacional, los 10 capítulos regionales y los 2 capítulos de respuestas.

### Resumen

El Resumen presenta los resultados principales de la NCA4, Volumen II, con una síntesis del material de los capítulos subyacentes del informe.

### Texto de los Capítulos

#### Mensajes Clave y Evidencia Adicional

Los capítulos se centran en mensajes claves, los cuales se basan en el juicio experto de los autores con respecto a la síntesis de la literatura evaluada. Con el propósito de presentar la información técnica de una manera más accesible al público, este informe intenta a presentar los resultados en el contexto de sistemas naturales y/o humanos. La evaluación de los riesgos a la nación debido al cambio climático y las medidas que pueden tomarse para minimizar dichos riesgos ayuda a los usuarios a evaluar las consecuencias de decisiones complejas. Dado a que la manera más significativa de definir un riesgo es en relación a los objetivos o valores sociales, los mensajes claves de cada capítulo en este informe buscan presentar respuestas a unas preguntas específicas sobre qué está en riesgo en una región o sector en particular y de qué manera. El texto apoyando a cada mensaje clave presenta evidencia, discute las consecuencias, identifica las intersecciones entre sistemas o las amenazas en cascada y señala las trayectorias para lograr una mayor resiliencia. Cuando un Mensaje Clave se enfoque en la gestión de riesgos, los autores consideraron las siguientes preguntas:

- ¿Qué valoramos? ¿Qué está en riesgo?
- ¿Qué resultados queremos evitar con respecto a lo que valoramos?
- ¿Qué podemos esperar que suceda en la ausencia de una acción de adaptación y/o la mitigación?
- ¿Hasta que punto podría empeorar la situación? ¿Existen puntos críticos de cambio en el contexto único de una región, un sector, etcétera?

Estas consideraciones se encapsulan en una sola pregunta: ¿Qué le impide dormir por las noches? Es muy importante recordar que el clima es solamente uno de muchos factores de cambio y riesgo. Cuando es posible, los capítulos presentan información sobre las fuentes dominantes de incertidumbre (por ejemplo, incertidumbre científica o factores socioeconómicos) además de información sobre otros estresores no climáticos relevantes.

Cada Mensaje Clave está acompañado por una Cuenta a Seguir que vuelve a enunciar el Mensaje Clave que se encuentra en el texto del capítulo con lenguaje sobre su confianza y probabilidad (véase la Tabla 1). Esta Evidencia Adicional también documenta la evidencia de apoyo y la justificación empleada por los autores para llegar a sus conclusiones, además de proporcionar información sobre las fuentes de incertidumbre. A continuación se presenta más información sobre la Evidencia Adicional.

### Nuestro Clima Cambiante

El USGCRP supervisó la producción del Informe Especial sobre la Ciencia Climatológica (CSSR): NCA4 Volumen I2 evalúa el estado actual de la ciencia relacionado al cambio climático y sus impactos físicos. El CSSR es un análisis detallado de cómo el cambio climático se afecta el sistema físico terrestre de todos los Estados

Unidos. Se presenta información fundacional y proyecciones sobre el cambio climático que mejoran la consistencia entre los análisis en la NCA4, Volumen II. El CSSR es la base del resumen científico físico sobre el clima presentado en el Capítulo 2 (Nuestro Clima Cambiante) de este informe.

### Capítulos de Temas Nacionales

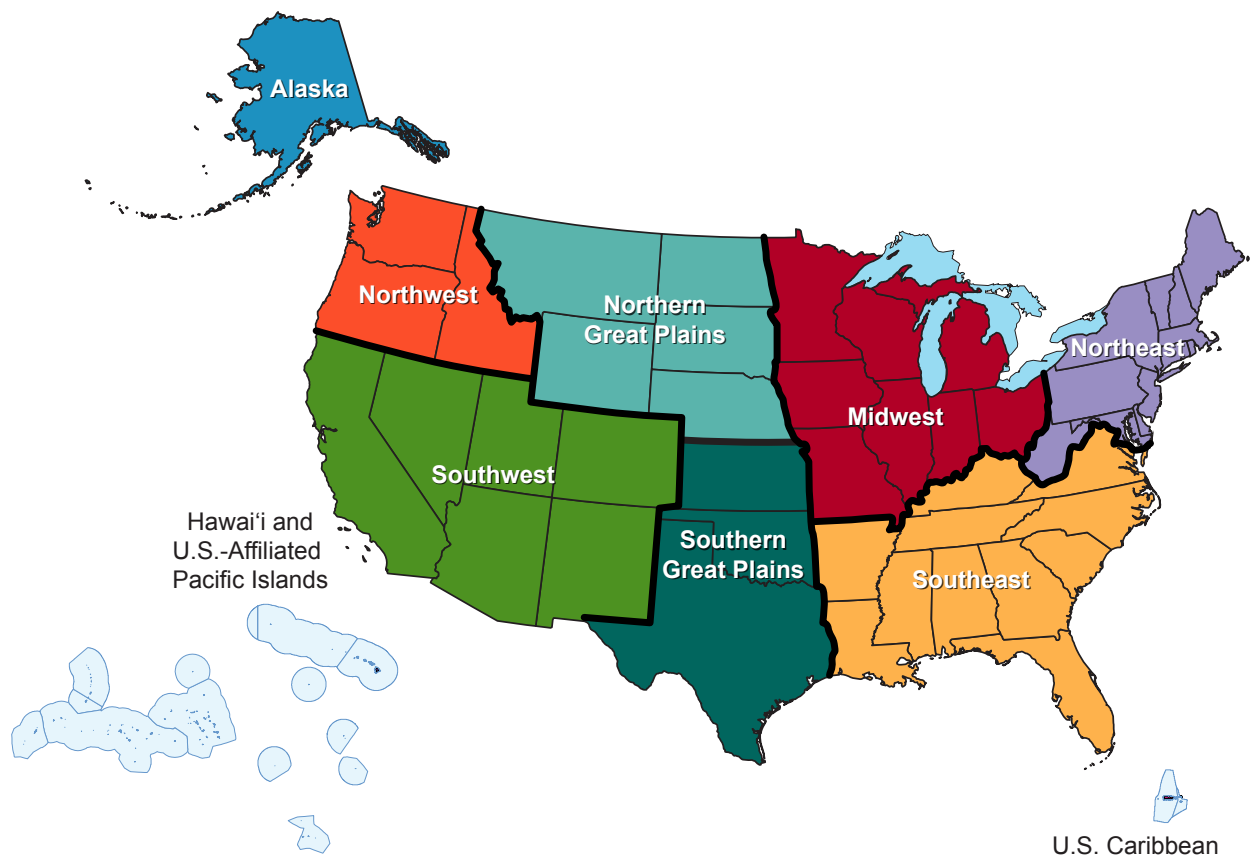
Los capítulos de temas nacionales resumen los riesgos actuales y futuros relacionados al cambio climático y qué se puede hacer para reducir dichos riesgos. Estos capítulos nacionales también sintetizan contenido relevante de los capítulos regionales. Los nuevos capítulos de temas nacionales para la NCA4 son el Capítulo 13: Calidad del Aire; el Capítulo 16: Efectos del Clima en los Intereses Internacionales de los Estados

Unidos; y el Capítulo 17: Interacciones Sectoriales, Estresores Múltiples y Sistemas Complejos.

### Capítulos Regionales

En respuesta a la demanda pública para información más localizada y debido a que los impactos y las adaptaciones tienden a ocurrir a un nivel más local, la NCA4 presenta mayores detalles en los capítulos regionales que en los capítulos sobre temas nacionales. Los capítulos regionales evalúan los riesgos actuales y futuros a cada una de las 10 regiones de la NCA4 (véase la Figura 1) debidos al cambio climático y qué puede hacerse para minimizar el riesgo. Los retos, las oportunidades y las historias de éxito sobre la gestión de riesgos se ilustran a través de la presentación de ejemplos.

## Regiones de la Evaluación Nacional del Clima



**Figura 1:** Mapa de las diez regiones utilizadas en la Cuarta Evaluación Nacional del Clima.

Las regiones definidas en la NCA4 son similares a las que fueron utilizadas en la Tercera Evaluación Nacional del Clima (NCA3 por sus siglas en inglés),<sup>8</sup> con las siguientes excepciones: la región de las Grandes Planicies, que antes se extendía desde la frontera con Canadá hasta la frontera con México, ahora está dividida en las Grandes Planicies del Norte y las Grandes Planicies del Sur, utilizando como límite la frontera entre Nebraska y Kansas; y el contenido relacionado con las islas estadounidenses en el Caribe ahora tienen su propio capítulo, independiente de la región del Sureste.

### Capítulos de Respuestas

Los capítulos de respuestas evalúan la ciencia de la adaptación y mitigación, incluyendo los beneficios, las concesiones y las mejores prácticas de las medidas de adaptación actuales y la cuantificación de los daños económicos que pueden evitarse mediante la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. La Evaluación Nacional del Clima no evalúa ni recomienda políticas públicas específicas.

### Estimaciones Económicas

En la medida posible, las estimaciones económicas en este informe se han convertido a dólares estadounidenses del 2015 utilizando los deflatores implícitos de precios para el producto interno bruto de la Oficina de Asuntos Económicos de los Estados Unidos, Tabla 1.1.9. Para obtener más información, favor de visitar a: <https://bea.gov/national/index.htm>. Cuando se documentan en la literatura citada, las tasas de descuento en las estimaciones específicas de esta evaluación se indican junto a dichas proyecciones.

### Uso de Escenarios

Los expertos en el modelaje climático elaboran proyecciones climáticas para una variedad de futuros plausibles. Estas proyecciones capturan variables tales como la relación entre las decisiones humanas, las emisiones de gases de efecto invernadero y partículas, las concentraciones de gases de efecto invernadero en nuestra atmósfera y los impactos resultantes, incluyendo los cambios de temperatura y elevación del nivel del mar. Algunas proyecciones

son consistentes con la dependencia continuada en los combustibles fósiles, mientras que otras se logran mediante la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. La gama resultante de proyecciones refleja, en parte, la incertidumbre que acompaña a la cuantificación de las actividades humanas futuras y sus influencias en el clima.

El conjunto más reciente de proyecciones climáticas elaboradas por la comunidad científica internacional se clasifica bajo cuatro trayectorias de concentración representativa, o RCPs (por sus siglas en inglés).<sup>9</sup> Una amplia gama de supuestos socioeconómicos futuros podría ser congruente con las trayectorias de concentración representativa utilizadas en toda la NCA4.

La NCA4 se centra en la RCP8.5 como un escenario “más alto”, asociado con más calentamiento y la RCP4.5 como un escenario “más bajo” con menos calentamiento. Se utilizan otros escenarios de las RCP (por ejemplo, la RCP2.6, un escenario “muy bajo”) cuando resulta instructivo hacerlo, como en un análisis de temas relacionados a la ciencia de la mitigación. Para fomentar el conocimiento mientras se captura el contexto de las RCP, los autores utilizan las frases “un escenario más alto (RCP8.5)” y “un escenario más bajo (RCP4.5)”. Por lo general, la RCP 8.5 está asociada con un crecimiento poblacional mayor, menos innovación tecnológica y mayor intensidad de carbono en la mezcla energética global. La RCP4.5, por lo general, está asociada con un crecimiento poblacional menor, más innovación tecnológica y menor intensidad de carbono en la mezcla energética global. La NCA4 no evalúa la factibilidad de los supuestos socioeconómicos en las RCP. Las condiciones socioeconómicas futuras, en particular la relación entre el crecimiento económico, el crecimiento poblacional y la innovación, tendrán un impacto significativo sobre cual escenario de cambio climático ocurra. El uso de la RCP8.5 y la RCP4.5 como escenarios centrales es bastante congruente con la gama empleada en la NCA3.<sup>8</sup> Para conocer detalles adicionales sobre estos escenarios y lo que representan, véase el Apéndice 3 (Herramientas de Datos y Productos

de Escenarios) y el Capítulo 4 del *Informe Especial sobre la Ciencia Climatológica*.<sup>10</sup>

## Tratamiento de Incertidumbres: Contexto de Riesgos, Confianza y Probabilidad

### Contexto de Riesgos

En marzo del 2016, las NASEM convocaron un taller titulado, “La Caracterización del Riesgo en las evaluaciones del Cambio Climático”, para asistir a los autores de la NCA4 en sus análisis de riesgos relacionados con el cambio climático en todos los Estados Unidos.<sup>11</sup> Con el propósito de garantizar la uniformidad y legibilidad entre capítulos, el USGCRP elaboró unas guías sobre la comunicación de los riesgos y las oportunidades presentados por el cambio climático, incluyendo el tratamiento de las incertidumbres científicas. Cuando estaban sustentados por la literatura citada, se les dirigió a los autores a

- describir el alcance completo de los posibles impactos del cambio climático, tanto negativo como positivo, incluyendo los impactos más extremos de menor probabilidad pero que pudieron tener consecuencias graves y a comunicar la gama de posibles impactos y su probabilidad de ocurrencia;
- describir la probabilidad de las consecuencias relacionadas a la gama de posibles impactos, las características y la calidad de las consecuencias, tanto negativas como positivas, y la validez de la evidencia disponible;
- comunicar sobre los efectos en cascada entre y dentro de sistemas complejos; y
- cuantificar los riesgos que podrían evitarse al emprender la acción.

Se presentan detalles adicionales sobre cómo se define el riesgo para este informe, al igual que cómo se enmarcaron los resultados basados en los riesgos en el Capítulo 1: Resumen (véase el Recuadro 1.2: Evaluación de Riesgos para Informar la Toma de Decisiones).

### Evidencia Adicional: Confianza y Probabilidad

En toda la evaluación de riesgos e impactos relacionados con el clima de la NCA4, los autores evaluaron la gama de información en la literatura científica en la mayor medida posible, llegando a una serie de Mensajes Claves para cada capítulo. Basándose en las guías desarrolladas por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés),<sup>12</sup> los autores de los capítulos describieron también la confiabilidad general de sus conclusiones utilizando los siguientes indicadores en la Evidencia Adicional de sus capítulos:

- **Confianza** en la validez de un resultado a partir del tipo, la cantidad, la validez y la congruencia de la evidencia (como, por ejemplo, entendimiento mecanicista, teoría, datos, modelos y juicio experto); la habilidad, el alcance y la congruencia de las proyecciones de los modelos; y el grado de acuerdo dentro de la literatura.
- **Probabilidad**, basada en medidas de incertidumbre expresadas en forma probabilística (en otras palabras, basada en un análisis estadístico de las observaciones o de los resultados de los modelos, o en el juicio experto de los autores).

La evaluación experta del equipo de autores acerca de la confianza en cada Mensaje Clave se presenta en la Evidencia Adicional del capítulo. Si los autores consideran que tiene justificación científica informar sobre la probabilidad de un impacto en particular dentro de la gama de posibles resultados, los Mensajes Claves en la Evidencia Adicional también incluirán una designación de probabilidad. La Evidencia Adicional describe el proceso y la justificación empleada por los autores para llegar a sus conclusiones, así como la confianza que tienen en dichas conclusiones. Presentan información adicional sobre la calidad de la información utilizada y permiten el seguimiento de los datos y los recursos.

Nivel de confianza				
<b>Muy alto</b>				
Evidencia fuerte (teoría establecida, múltiples fuentes, resultados seguros, métodos bien documentados y aceptados, etc.), alto consenso				
<b>Alto</b>				
Evidencia moderada (varias fuentes, consistencia variable, métodos variables y/o documentación limitada, etc.), medio consenso				
<b>Medio</b>				
Evidencia sugerente (algunas fuentes, consistencia limitada, modelos incompletos, métodos emergentes, etc.), perspectivas rivales				
<b>Bajo</b>				
Evidencia no concluyente (fuentes limitadas, extrapolaciones, resultados inconsistentes, documentación de baja calidad y/o métodos no probados, etc.), desacuerdo o falta de opiniones entre expertos.				
Probabilidad				
Muy probable	Probable	Tan probable como no	Improbable	Muy Improbable
≥ 9 en 10	≥ 2 en 3	= 1 en 2	≤ 1 en 3	≤ 1 en 10

**Tabla 1:** Esta tabla describe el significado de varias categorías de los niveles de confianza y la evaluación de probabilidad empleadas en la NCA4. Los niveles de confianza son los mismos que aparecen en el CSSR (NCA4 Volumen I). Y aunque la escala de probabilidades es congruente con el CSSR, hay menos categorías ya que dicho informe se basa más en métodos cuantitativos y estadísticas. Esta “agrupación” de la probabilidad es congruente con otros productos de la asesoría continua por el USGCRP, como la Evaluación del Clima y la Salud y la NCA3.8

## Glosario de Términos

La NCA4 utiliza el glosario disponible en la página de web del USGCRP (<http://www.globalchange.gov/climate-change/glossary>). Fue desarrollado para la NCA3 y se basa, en gran medida, en el glosario de términos del IPCC. Con el paso del tiempo, ha sido actualizado con nuevos términos particulares utilizados en las evaluaciones más recientes por el USGCRP, incluyendo Los Impactos del Cambio Climático en la Salud Humana en los Estados Unidos (<https://health2016.globalchange.gov/glossary-and-acronyms>) y el Informe Especial sobre la Ciencia Climatológica (<https://science2017.globalchange.gov/chapter/appendix-e/>).



## Fuentes

1. Global Change Research Act of 1990. Pub. L. No. 101-606, 104 Stat. 3096-3104, November 16, 1990. <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/STATUTE-104/pdf/STATUTE-104-Pg3096.pdf>
2. USGCRP, 2017: Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I. Wuebbles, D.J., D.W. Fahey, K.A. Hibbard, D.J. Dokken, B.C. Stewart, and T.K. Maycock Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 470 pp. <http://dx.doi.org/10.7930/J0I964J6>
3. National Academies of Sciences Engineering and Medicine, 2018: *Review of the Draft Fourth National Climate Assessment*. The National Academies Press, Washington, DC, 206 pp. <http://dx.doi.org/10.17226/25013>
4. USGCRP, 2016: *The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment*. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, 312 pp. <http://dx.doi.org/10.7930/J0R49NQX>
5. USGCRP, 2018: Second State of the Carbon Cycle Report (SOCCR2): A Sustained Assessment Report. Cavallaro, N., G. Shrestha, R. Birdsey, M. Mayes, R. Najjar, S. Reed, P. Romero-Lankao, and Z. Zhu Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, XXX pp. <http://dx.doi.org/10.7930/SOCCR2.2018>
6. Brown, M.E., J.M. Antle, P. Backlund, E.R. Carr, W.E. Easterling, M.K. Walsh, C. Ammann, W. Attavanich, C.B. Barrett, M.F. Bellemare, V. Dancheck, C. Funk, K. Grace, J.S.I. Ingram, H. Jiang, H. Maletta, T. Mata, A. Murray, M. Ngugi, D. Ojima, B. O'Neill, and C. Tebaldi, 2015: Climate Change, Global Food Security, and the U.S. Food System. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, 146 pp. <http://dx.doi.org/10.7930/J0862DC7>
7. 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 (EPA), Washington, DC, 271 pp. [https://cfpub.epa.gov/si/si\\_public\\_record\\_Report.cfm?dirEntryId=335095](https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_Report.cfm?dirEntryId=335095)
8. Melillo, J.M., T.C. Richmond, and G.W. Yohe, Eds., 2014: *Highlights of Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, 148 pp. <http://dx.doi.org/10.7930/J0H41PB6>
9. van Vuuren, D.P., J. Edmonds, M. Kainuma, K. Riahi, A. Thomson, K. Hibbard, G.C. Hurtt, T. Kram, V. Krey, and J.F. Lamarque, 2011: The representative concentration pathways: An overview. *Climatic Change*, **109** (1-2), 5-31. <http://dx.doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z>
10. Hayhoe, K., J. Edmonds, R.E. Kopp, A.N. LeGrande, B.M. Sanderson, M.F. Wehner, and D.J. Wuebbles, 2017: Climate models, scenarios, and projections. *Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I*. Wuebbles, D.J., D.W. Fahey, K.A. Hibbard, D.J. Dokken, B.C. Stewart, and T.K. Maycock, Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 133-160. <http://dx.doi.org/10.7930/J0WH2N54>
11. National Academies of Sciences Engineering & Medicine, 2016: *Characterizing Risk in Climate Change Assessments: Proceedings of a Workshop*. Beatty, A., Ed. The National Academies Press, Washington, DC, 100 pp. <http://dx.doi.org/10.17226/23569>
12. Mastrandrea, M.D., C.B. Field, T.F. Stocker, O. Edenhofer, K.L. Ebi, D.J. Frame, H. Held, E. Kriegler, K.J. Mach, P.R. Matschoss, G.-K. Plattner, G.W. Yohe, and F.W. Zwiers, 2010: Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 7 pp. <https://www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/uncertainty-guidance-note.pdf>



# Resultados Sumarios



## Resultados Sumarios de NCA4

Estos Resultados Sumarios representan una síntesis de alto nivel del material del informe subyacente. Los hallazgos consolidan los Mensajes Clave y la evidencia fehaciente de 16 capítulos temáticos a nivel nacional, 10 capítulos regionales y 2 capítulos que se centran en las estrategias de respuesta de la sociedad (mitigación y adaptación). A menos que se indique lo contrario, las declaraciones cualitativas sobre las condiciones futuras en estos Resultados Sumarios son ampliamente aplicables en toda la gama de niveles diferentes de cambio climático futuro e impactos asociados considerados en este informe.

### 1. Comunidades

El cambio climático crea nuevos riesgos y exagera las vulnerabilidades existentes en las comunidades de los Estados Unidos, presentando desafíos crecientes a la salud y seguridad humana, la calidad de vida, y la tasa de crecimiento económico.

Las comunidades de todo el país ya experimentan los impactos del cambio climático. Se prevé que los fenómenos meteorológicos extremos y los fenómenos relacionados con el clima, así como los cambios en las condiciones climáticas medias, sigan dañando la infraestructura, los ecosistemas y los sistemas sociales que proporcionan beneficios esenciales a las comunidades. Se prevé que en el futuro el cambio climático interrumpa aún más muchas áreas de la vida, exacerbando los desafíos actuales a la prosperidad que plantean el envejecimiento y el deterioro de la infraestructura, los ecosistemas estresados y la desigualdad económica. Los impactos dentro de las regiones y entre ellas

no se distribuirán igualmente. Las personas que ya son vulnerables, incluidas las comunidades de bajos ingresos y otras comunidades marginadas, tienen menor capacidad para prepararse y hacer frente a fenómenos meteorológicos y climáticos extremos, y se prevé que experimenten mayores efectos. Dar prioridad a las acciones de adaptación para las poblaciones más vulnerables contribuiría a un futuro más equitativo dentro de las comunidades y entre ellas. La acción global para reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero puede reducir sustancialmente los riesgos relacionados con el clima y aumentar las oportunidades para estas poblaciones a largo plazo.

### 2. Economía

Sin esfuerzos sustanciales y sostenidos de mitigación global y adaptación regional, se prevé que el cambio climático cause pérdidas crecientes en la infraestructura y la propiedad de Estados Unidos e impida la tasa de crecimiento económico durante este siglo.

Sin una acción de mitigación global significativa y sin esfuerzos de adaptación regional, se prevé que el aumento de las temperaturas,

el aumento del nivel del mar y los cambios en los eventos extremos perturben y dañen cada vez más la infraestructura y la propiedad

esencial, la productividad laboral y la vitalidad de nuestras comunidades. Las economías regionales y las industrias que dependen de los recursos naturales y de condiciones climáticas favorables, como la agricultura, el turismo y la pesca, son vulnerables a los crecientes impactos del cambio climático. Se prevé que el aumento de las temperaturas reduzca la eficiencia de la generación de energía, al mismo tiempo que aumente la demanda de energía, lo que resulte en un aumento de los costos de la electricidad. Se espera que los impactos del cambio climático fuera de nuestras fronteras afecten cada vez más nuestro comercio y economía, incluyendo los precios de importación y exportación y las empresas de los Estados Unidos con operaciones en el exterior, así como las cadenas de suministro.

Algunos aspectos de nuestra economía pueden experimentar ligeras mejoras a corto plazo en un mundo moderadamente más cálido. Sin embargo, se prevé que el continuo calentamiento — que se prevé que ocurra sin reducciones sustanciales y sostenidas de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial — cause un daño neto sustancial a la economía de Estados Unidos a lo largo de este siglo, especialmente sin mayores esfuerzos de adaptación. Con un continuo crecimiento de las emisiones a tasas históricas, se prevé que las pérdidas anuales en algunos sectores económicos alcancen los cientos de miles de millones de dólares a finales de siglo, más que el producto interno bruto (PIB) actual de muchos estados de los Estados Unidos.

### 3. Impactos interconectados

El cambio climático afecta a los sistemas naturales, construidos y sociales en los que dependemos individualmente y por las conexiones entre ellos. Estos sistemas interconectados son cada vez más vulnerables a los impactos subsecuentes que a menudo son difíciles de predecir, amenazando los servicios esenciales dentro y fuera de las fronteras de la nación.

El cambio climático presenta riesgos adicionales a los sistemas interconectados que ya están expuestos a una serie de factores estresantes como el envejecimiento y el deterioro de la infraestructura, los cambios en el uso de la tierra y el crecimiento de la población. El clima extremo y los impactos relacionados con el clima en un sistema pueden resultar en mayores riesgos o fallas en otros sistemas críticos, incluyendo los recursos hídricos, la producción y distribución de alimentos, la energía y el transporte, la salud pública, el comercio internacional y la seguridad nacional. La magnitud total de los riesgos del cambio climático para los

sistemas interconectados, muchos de los cuales se extienden a lo largo de las fronteras regionales y nacionales, es a menudo mayor que la suma de los riesgos para los distintos sectores. La falta de previsión de los impactos interconectados puede conducir a la pérdida de oportunidades para gestionar eficazmente los riesgos del cambio climático y también puede dar lugar a respuestas de gestión que aumenten los riesgos para otros sectores y regiones. La planificación conjunta con las partes interesadas de todos los sectores, regiones y jurisdicciones puede ayudar a identificar los riesgos críticos que surgen de la interacción entre los sistemas con antelación.

## 4. Acciones para reducir los riesgos

Las comunidades, los gobiernos y las empresas están trabajando para reducir los riesgos y los costos asociados con el cambio climático mediante la adopción de medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la aplicación de estrategias de adaptación. Si bien los esfuerzos de mitigación y adaptación se han expandido sustancialmente en los últimos cuatro años, aún no se acercan a la escala que se considera necesaria para evitar daños sustanciales a la economía, el medio ambiente y la salud humana en las próximas décadas.

Los riesgos futuros del cambio climático dependen principalmente de las decisiones que se tomen hoy. La integración del riesgo climático en la adopción de decisiones y la ejecución de actividades de adaptación han aumentado considerablemente desde la Tercera Evaluación Nacional del Clima en el 2014, incluso en las esferas de la presentación de informes sobre el riesgo financiero, la planificación de las inversiones de capital, la elaboración de normas de ingeniería, la planificación militar y la gestión del riesgo de desastres. Las transformaciones en el sector energético —incluyendo el desplazamiento del carbón por el gas natural y un mayor despliegue de energía renovable — junto con las acciones políticas a nivel nacional, regional, estatal y local están reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero en Estados

Unidos. Si bien estas medidas de adaptación y mitigación pueden ayudar a reducir los daños en varios sectores, esta evaluación muestra que se necesitarían reducciones más inmediatas y sustanciales de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, así como esfuerzos regionales de adaptación, para evitar las consecuencias más graves a largo plazo. Las medidas de mitigación y adaptación también ofrecen oportunidades para obtener beneficios adicionales que a menudo son más inmediatos y localizados, como la mejora de la calidad del aire y las economías locales mediante inversiones en infraestructura. Algunos beneficios, como la restauración de ecosistemas y el aumento de la vitalidad de la comunidad, pueden ser más difíciles de cuantificar.

## 5. Agua

La calidad y cantidad de agua disponible para el uso de las personas y los ecosistemas en todo el país están afectadas por el cambio climático, lo que aumenta los riesgos y los costos para la agricultura, la producción de energía, la industria, la recreación y el medio ambiente.

El aumento de las temperaturas del aire y del agua y los cambios en las precipitaciones están intensificando las sequías, aumentando los fuertes aguaceros, reduciendo la acumulación de nieve y provocando la disminución de la calidad de las aguas superficiales, con diferentes impactos en las distintas regiones. El calentamiento futuro aumentará la presión

sobre los suministros de agua e impactará negativamente la disponibilidad de agua en algunas partes de los Estados Unidos. Los cambios en las cantidades relativas y en el calendario de la nieve y las precipitaciones están provocando desajustes entre la disponibilidad de agua y las necesidades en algunas regiones, lo que supone una amenaza,

por ejemplo, para la fiabilidad futura de la producción de energía hidroeléctrica en el suroeste y el noroeste. El agotamiento de las aguas subterráneas está exacerbando el riesgo de sequía en muchas partes de los Estados Unidos, particularmente en el suroeste y en las Grandes Llanuras del sur. Los suministros de agua seguros y confiables para las comunidades del Caribe de los Estados Unidos y Hawái y las Islas del Pacífico afiliadas a Estados Unidos están amenazados por la sequía, las inundaciones y la contaminación del agua salada debido al aumento del nivel del mar. La mayoría de las centrales eléctricas de EE.

UU. dependen de un suministro constante de agua para el enfriamiento, y se prevé que las operaciones se vean afectadas por los cambios en la disponibilidad de agua y los aumentos de temperatura. El envejecimiento y el deterioro de la infraestructura hidráulica, característicamente diseñada para las condiciones ambientales del pasado, agrava el riesgo climático que enfrenta la sociedad. Las estrategias de gestión del agua que tienen en cuenta las condiciones climáticas cambiantes pueden ayudar a reducir los riesgos presentes y futuros para la seguridad del agua, pero la aplicación de esas prácticas es todavía limitada.

## 6. Salud

Los impactos del cambio climático sobre los fenómenos meteorológicos extremos y los eventos relacionados con el clima, la calidad del aire y la transmisión de enfermedades a través de insectos y plagas, alimentos y agua amenazan cada vez más la salud y el bienestar del pueblo estadounidense, particularmente de las poblaciones que ya son vulnerables.

Los cambios en la temperatura y en las precipitaciones están incrementando los riesgos para la calidad del aire y la salud provenientes de los incendios forestales y la contaminación por ozono a nivel del suelo. Se prevé que el aumento de las temperaturas del aire y del agua y la intensificación de los eventos extremos aumenten la exposición a las enfermedades transmitidas por el agua y los alimentos, lo que afectará la seguridad de los alimentos y el agua. Con el calentamiento continuado, se prevé que las muertes relacionadas con el frío disminuyan y que aumenten las muertes relacionadas con el calor. En la mayoría de las regiones, se prevé que el aumento de las muertes relacionadas con el calor supere las reducciones de las muertes relacionadas con el frío. Se espera que la frecuencia y severidad de las enfermedades alérgicas, incluyendo el asma y la fiebre de heno, se incrementen como

resultado de un clima cambiante. También se prevé que el cambio climático altere el alcance geográfico y la distribución de los insectos y plagas portadores de enfermedades, exponiendo a más personas a las garrapatas portadoras de la enfermedad de Lyme y a los mosquitos transmisores de virus como el Zika, el virus del Nilo occidental y el dengue, con efectos variables en las distintas regiones. Las comunidades del sureste, por ejemplo, son particularmente vulnerables a los efectos combinados de las enfermedades de transmisión vectorial, el calor y las inundaciones. Los fenómenos meteorológicos extremos y los eventos relacionados con el clima pueden tener consecuencias duraderas para la salud mental en las comunidades afectadas, en particular si provocan la degradación de los medios de subsistencia o la reubicación de las comunidades. Las poblaciones que incluyen a los adultos mayores,

los niños, las comunidades de bajos ingresos y algunas comunidades de color a menudo se ven afectadas de manera desproporcionada y son menos resistentes a los impactos del cambio climático en la salud. Las políticas y los programas de adaptación y mitigación

que ayudan a las personas, las comunidades y los estados a prepararse para los riesgos de un clima cambiante reducen el número de lesiones, enfermedades y muertes a causa de los resultados de salud relacionados con el clima.

## 7. Pueblos indígenas

El cambio climático amenaza cada vez más los medios de vida, las economías, la salud y las identidades culturales de las comunidades indígenas al interrumpir los sistemas sociales, físicos y ecológicos interconectados.

Muchos pueblos indígenas dependen de los recursos naturales para su bienestar económico, cultural y físico y a menudo se ven afectados de manera especial por el cambio climático. Se prevé que los impactos del cambio climático sobre el agua, la tierra, las zonas costeras y otros recursos naturales, así como sobre la infraestructura y los servicios relacionados, interrumpen cada vez más los medios de vida y las economías de los pueblos indígenas, incluyendo la agricultura y la agroforestería, la pesca, la recreación y el turismo. Ya se han observado efectos adversos en las actividades de subsistencia. A medida que continúen los cambios climáticos, se prevé que los impactos adversos sobre las especies y los recursos culturalmente significativos tengan efectos negativos sobre la salud física y mental. En todo Estados Unidos, los impactos relacionados con el

clima están haciendo que algunos pueblos indígenas consideren o busquen activamente la reubicación de sus comunidades como una estrategia de adaptación, lo que plantea desafíos asociados con el mantenimiento de la continuidad cultural y comunitaria. Si bien las limitaciones económicas, políticas y de infraestructura pueden afectar la capacidad de adaptación de estas comunidades, las redes sociales y culturales estrechamente vinculadas ofrecen oportunidades para crear capacidad comunitaria y aumentar la resiliencia. Muchos pueblos indígenas están tomando medidas para adaptarse a los impactos del cambio climático a la libre determinación y el conocimiento tradicional, y algunas tribus están llevando a cabo acciones de mitigación mediante el desarrollo de energía renovable en las tierras tribales.

## 8. Ecosistemas y servicios ecosistémicos

Los ecosistemas y los beneficios que proporcionan a la sociedad están siendo alterados por el cambio climático, y se prevé que estos impactos continúen. Sin una reducción sustancial y sostenida de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, se producirán efectos transformadores en algunos ecosistemas; algunos ecosistemas de arrecifes de coral y de hielos marinos ya están experimentando esos cambios transformadores.



Muchos de los beneficios que proporcionan los ecosistemas y el medio ambiente, como el aire y el agua limpios, la protección contra las inundaciones costeras, la madera y la fibra, la polinización de los cultivos, la caza y la pesca, el turismo, las identidades culturales, etc., seguirán siendo degradados por los impactos del cambio climático. Se prevé que el aumento de la frecuencia de incendios forestales, los cambios en los brotes de insectos y enfermedades y otros factores estresantes disminuyan la capacidad de los bosques de Estados Unidos para apoyar la actividad económica, la recreación y las actividades de subsistencia. El cambio climático ya ha tenido impactos observables en la biodiversidad, los ecosistemas y los beneficios que proporcionan a la sociedad. Estos impactos incluyen la migración de especies nativas a nuevas áreas y la propagación de especies invasoras. Se prevé que esos cambios continúen y, sin una reducción sustancial y sostenida de las emisiones mundiales de gases de efecto

invernadero, las extinciones y los efectos transformadores en algunos ecosistemas no podrán evitarse a largo plazo. Los aspectos valorados de la herencia regional y la calidad de vida ligados a los ecosistemas, la vida silvestre y la recreación en el exterior cambiarán con el clima, y como resultado, las generaciones futuras pueden esperar sentir e interactuar con los sistemas naturales en formas que son muy diferentes a las de hoy. Se están aplicando estrategias de adaptación, incluida la quema programada para reducir el combustible de los incendios forestales, la creación de refugios seguros para especies importantes y el control de las especies invasoras, para hacer frente a los nuevos efectos del cambio climático. Si bien algunas acciones de respuesta específicas están en marcha, muchos impactos, que incluyen las pérdidas de arrecifes de coral únicos y ecosistemas de hielo marino, solo pueden ser evitados mediante la reducción significativa de las emisiones mundiales de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero.

## 9. Agricultura y alimentación

Se prevé que el aumento de las temperaturas, el calor extremo, la sequía, los incendios forestales en los pastizales y los fuertes aguaceros interrumpan cada vez más la productividad agrícola en Estados Unidos. El incremento previsto en los desafíos para la salud del ganado, la disminución del rendimiento y la calidad de los cultivos, y los cambios en los eventos extremos en los Estados Unidos y en el extranjero amenazan los medios de vida rurales, la seguridad alimentaria sostenible y la estabilidad de los precios.

El cambio climático presenta numerosos desafíos para mantener y mejorar la productividad de los cultivos, la salud del ganado y la vitalidad económica de las comunidades rurales. Si bien en algunas regiones (como las Grandes Llanuras del Norte) pueden darse condiciones propicias para una productividad de los cultivos ampliada o alternativa en las próximas décadas, en general se prevé que los rendimientos de los

cultivos principales de los Estados Unidos disminuyan como consecuencia del aumento de las temperaturas y los cambios posibles en la disponibilidad de agua, la erosión del suelo y los brotes de enfermedades y plagas. Se proyecta que el aumento de las temperaturas durante la temporada de crecimiento en el Medio Oeste será el mayor factor que contribuya a la disminución de la productividad de la agricultura de Estados Unidos. Se espera

que el aumento previsto de las condiciones extremas de calor provoque un mayor estrés térmico en el ganado, lo que puede dar lugar a grandes pérdidas económicas para los productores. También se prevé que el cambio climático resulte en cambios a gran escala en la disponibilidad y los precios de muchos de los productos agrícolas en todo el mundo, con impactos correspondientes a los productores agrícolas de los Estados Unidos y la economía del país. Estos cambios amenazan los avances futuros en la producción de cultivos básicos y ponen en peligro los medios de subsistencia

de las poblaciones rurales. Existen numerosas estrategias de adaptación para hacer frente a los efectos adversos de la variabilidad y el cambio climáticos en la producción agrícola. Estas incluyen la alteración de la producción, la modificación de los insumos utilizados en la producción, la adopción de nuevas tecnologías y la modificación de las estrategias de manejo. Sin embargo, estas estrategias tienen límites bajo impactos severos del cambio climático y requerirían suficiente inversión a corto y largo plazo en prácticas de cambio.

## 10. Infraestructura

El envejecimiento y el deterioro de la infraestructura de nuestra nación se ve aún más acentuado por el aumento de las fuertes precipitaciones, las inundaciones costeras, el calor, los incendios forestales y otros fenómenos extremos, así como por los cambios en la precipitación y temperatura media. Sin adaptación, el cambio climático continuará degradando el desempeño de la infraestructura durante el resto del siglo, con el potencial de impactos subsecuentes que amenazan nuestra economía, la seguridad nacional, los servicios esenciales, la salud y el bienestar.

Se prevé que el cambio climático y los eventos meteorológicos extremos interrumpen cada vez más los sistemas de energía y transporte de nuestro país, amenazando con apagones más frecuentes y duraderos, escasez de combustible e interrupciones en el servicio, con impactos vinculados en otros sectores críticos. La infraestructura diseñada para las condiciones climáticas históricas es más vulnerable a fenómenos meteorológicos extremos y al cambio climático. El continuo aumento en la frecuencia y extensión de las inundaciones de marea alta debido al aumento del nivel del mar amenaza el mercado inmobiliario y la infraestructura pública costera de mil millones de dólares de Estados Unidos, con impactos subsecuentes en la economía en general. En Alaska, el aumento de las temperaturas y la erosión están causando daños a las construcciones y a la infraestructura costera

que serán costosos de reparar o reemplazar, especialmente en las zonas rurales; se prevé que estos impactos aumenten sin acciones de adaptación. Los aumentos previstos en la gravedad y frecuencia de las fuertes precipitaciones afectarán a la infraestructura interior de todas las regiones, incluido el acceso a las carreteras, la viabilidad de los puentes y la seguridad de los oleoductos. Se espera que las inundaciones causadas por las fuertes lluvias, las mareas tormentosas y el aumento de las mareas agraven los problemas existentes con el envejecimiento de la infraestructura en el noreste. El aumento del riesgo de sequía amenazará la perforación y refinación de petróleo y gas, así como la generación de electricidad a partir de centrales eléctricas que dependen de las aguas superficiales para su refrigeración. El diseño, la planificación y las medidas y normas operativas de infraestructura

con visión de futuro pueden reducir la exposición y la vulnerabilidad a los efectos del cambio climático y reducir el consumo de energía, al tiempo que proporcionan

beneficios adicionales a corto plazo, incluida la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

## 11. Océanos y costas

Las comunidades costeras y los ecosistemas que las sustentan se ven cada vez más amenazados por los efectos del cambio climático. Sin una reducción significativa de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero y sin medidas regionales de adaptación, muchas regiones costeras se transformarán a finales de este siglo, con impactos que afectarán a otras regiones y sectores. Incluso en un futuro con menores emisiones de gases de efecto invernadero, se prevé que muchas comunidades sufran impactos financieros, ya que las inundaciones crónicas por mareas altas provocan mayores costos y disminuyen los valores inmobiliarios.

El aumento de la temperatura del agua, la acidificación de los océanos, el retroceso del hielo marino ártico, la elevación del nivel del mar, las inundaciones por mareas altas, la erosión costera, el aumento de las mareas tormentosas y las precipitaciones más intensas amenazan nuestros océanos y costas. Se prevé que estos efectos continuarán, poniendo en riesgo a las especies marinas y oceánicas, disminuyendo la productividad de ciertas pesquerías y amenazando a las comunidades que dependen de los ecosistemas marinos para su sustento y recreación, con impactos particulares en las comunidades pesqueras de Hawái y las Islas del Pacífico afiliadas a los Estados Unidos, el Caribe de los Estados Unidos y el Golfo de México. Se prevé que los daños prolongados a las propiedades e infraestructuras costeras causados por el aumento del nivel del mar y las mareas tormentosas provoquen pérdidas financieras para las personas, las empresas y las comunidades. Las costas del Atlántico y el Golfo se enfrentan a riesgos por encima de la media. Los impactos sobre la energía costera y la infraestructura de transporte

impulsados por el aumento del nivel del mar y las mareas tormentosas pueden ocasionar costos subsecuentes e interrupciones en todo el país. Incluso si se producen reducciones significativas de las emisiones, muchos de los efectos del aumento del nivel del mar a lo largo de este siglo y, en particular, hasta mediados de siglo, ya son definitivos debido a las emisiones históricas. Muchas comunidades ya se están enfrentando a las consecuencias. Las acciones para planificar y adaptarse a inundaciones costeras más frecuentes, generalizadas y severas, como la protección de la línea costera y la conservación de los ecosistemas costeros, reducirían las pérdidas directas y los impactos subsecuentes en otros sectores y regiones del país. Se estima que más de la mitad de los daños a la propiedad costera pueden evitarse mediante medidas de adaptación oportunas. Las reducciones sustanciales y sostenidas de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero también reducirían significativamente los riesgos previstos para las pesquerías y las comunidades que dependen de ellas.

## 12. Recreación y turismo

La recreación al aire libre, las economías turísticas y la calidad de vida dependen de los beneficios proporcionados por nuestro medio ambiente natural que serán degradados por los impactos del cambio climático de muchas maneras.

El cambio climático plantea riesgos para las economías estacionales y al aire libre en las comunidades de todo Estados Unidos, incluyendo los impactos en las economías centradas en la recreación basada en los arrecifes de coral, la recreación invernal y la recreación basada en las aguas interiores. A su vez, esto afecta el bienestar de las personas que se ganan la vida promoviendo estas economías, incluyendo las comunidades rurales, costeras e indígenas. Se prevé que el aumento proyectado de los incendios forestales afecte las actividades recreativas al aire libre y la visibilidad en las áreas silvestres. Se prevé que la disminución de la capa de nieve y hielo causada por el aumento de las temperaturas invernales afecte negativamente a la industria de la recreación invernal en el Noroeste, las Grandes Llanuras del Norte y el Noreste. Se prevé que algunos peces, aves y mamíferos

cambien su hábitat como resultado del cambio climático, con implicaciones para la caza, la pesca y otras actividades relacionadas con la vida silvestre. Se prevé que estos y otros impactos relacionados con el clima resulten en una disminución de los ingresos del turismo en algunos lugares y, en el caso de algunas comunidades, en una pérdida de identidad. Si bien pueden surgir nuevas oportunidades de estos cambios en los ecosistemas, las identidades culturales y las oportunidades económicas y recreativas basadas en el uso histórico y la interacción con especies o recursos naturales en muchas áreas están en peligro. Las estrategias de gestión proactiva, como el uso de las temperaturas proyectadas de las corrientes para establecer prioridades para la conservación de los peces, pueden ayudar a reducir las interrupciones en las economías turísticas y la recreación.



# Resumen



Fuego de Howe Ridge en el Parque Nacional Glacier de Montana en el 12 de agosto de 2018. Crédito de la foto: National Park Service

**Autor principal de coordinación federal:**

David Reidmiller, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

**Autor principal:**

Alexa Jay, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

**Autores del capítulo:**

Christopher W. Avery, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

Daniel Barrie, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

Apurva Dave, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

Benjamin DeAngelo, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

Matthew Dzaugis, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

Michael Kolian, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

Kristin Lewis, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

Katie Reeves, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

Darrell Winner, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

**Cita recomendada:**

**Jay, A., D.R. Reidmiller, C.W. Avery, D. Barrie, B.J. DeAngelo, A. Dave, M. Dzaugis, M. Kolian, K.L.M. Lewis, K. Reeves, and D. Winner, 2018: Overview.** 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. doi: 10.7930/NCA4.2018.CH1

## Introducción

El clima de la Tierra está cambiando más rápido que cualquier punto de la civilización moderna, principalmente como resultado de las actividades humanas. Los impactos del cambio climático ya se sienten en los Estados Unidos y se proyecta que se intensifiquen en el futuro; sin embargo, la gravedad de los impactos futuros dependerá en gran parte de las medidas tomadas para reducir las emisiones de gas de efecto invernadero y para adaptarse a los cambios que ocurrirán. Los estadounidenses reconocen cada vez más los riesgos que el cambio climático representan en sus vidas diarias y modos de vida, y comienzan a adaptarse (Figura 1.1). Los administradores de agua en la cuenta del río Colorado han movilizado a los usuarios para conservar el agua en respuesta a la sequía continua intensificada por las temperaturas más altas, y un programa de extensión en Nebraska ayuda a los ganaderos a reducir la sequía y riesgos por calor en sus operaciones. El estado de Hawái está desarrollando opciones de gestión para promover la recuperación de los arrecifes de coral de eventos extensos de blanqueamiento causados por corrientes más cálidas que amenazan el turismo, las pesquerías y la protección costera de los vientos y olas. Para abordar los mayores riesgos de inundación por fuertes lluvias, los gobiernos locales en el sur de Louisiana reúnen fondos para reducir los riesgos; además, las ciudades y estados en el noreste invierten en infraestructura más resistente de agua, energía y transporte. En Alaska, una organización de salud indígena está desarrollando estrategias de adaptación para abordar los retos de salud física y mental impulsados por el cambio climático y otros cambios ambientales. A medida que los granjeros del medio oeste adoptan nuevas estrategias de gestión para reducir la erosión y pérdida de nutrientes causados por las fuertes lluvias, los administradores de bosques en el noroeste están desarrollando estrategias de adaptación en respuesta a los incrementos de incendios forestales que afectan la salud humana, los recursos hídricos, la producción maderera, los peces y la vida silvestre y la recreación. Después de un extenso daño por

huracán generado en parte por una atmósfera más cálida y un mar más cálido y elevado, las comunidades en Texas están considerando formas de reconstruir infraestructuras más resistentes. En el Caribe estadounidense, los gobiernos desarrollan nuevos marcos para la recuperación después de tormentas según las lecciones aprendidas de la temporada de huracanes del 2017.

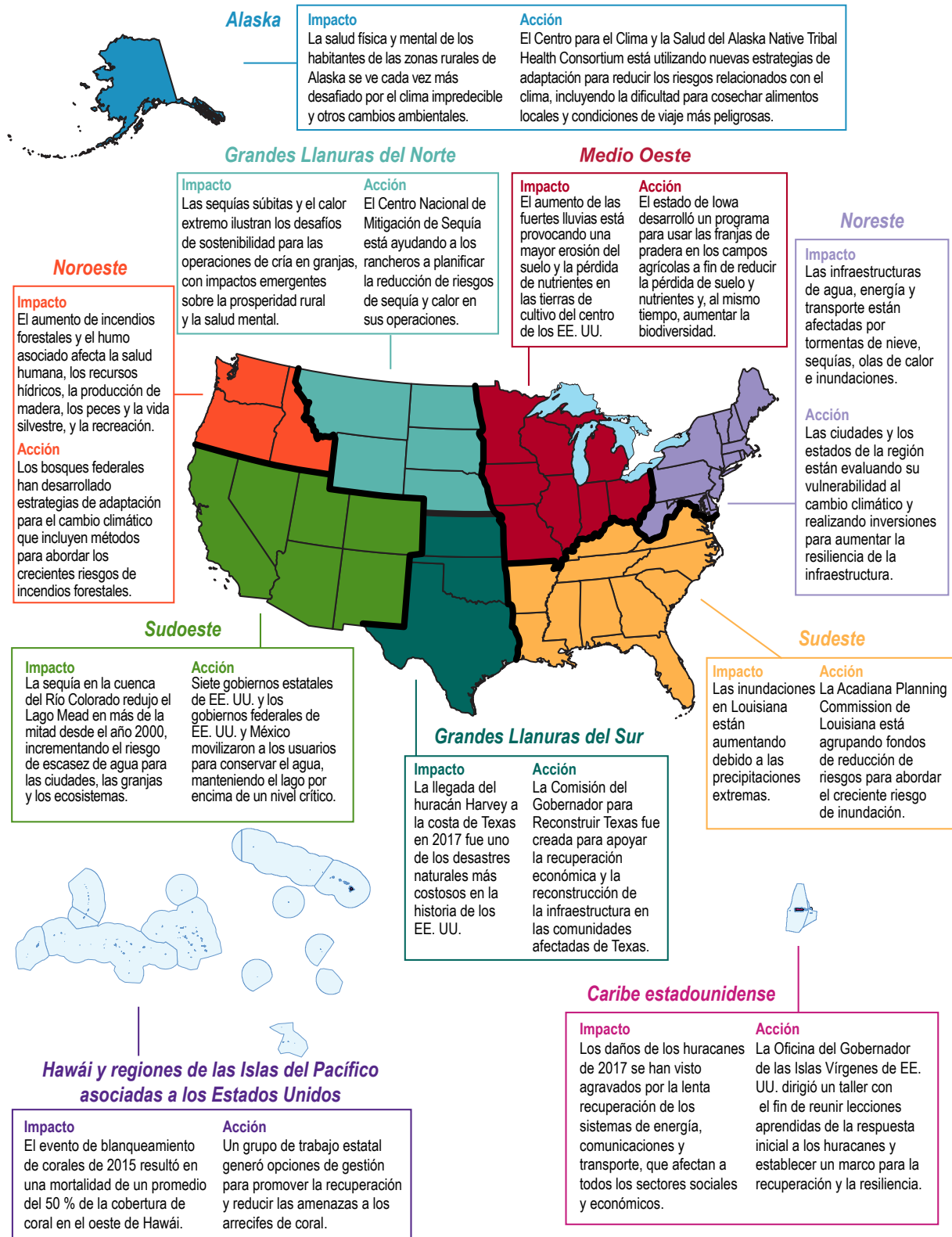
Los riesgos relacionados con el clima continuarán creciendo sin una acción adicional. Las decisiones que tomemos hoy determinan la exposición a riesgos para las generaciones de hoy y mañana, y aumentarán o limitarán las opciones de reducir las consecuencias negativas del cambio climático. Mientras los estadounidenses responden de formas que puedan reforzar la resistencia y mejorar los modos de vida, ni los esfuerzos globales para mitigar las causas del cambio climático ni los esfuerzos regionales para adaptarse a los impactos se enfocan actualmente en las escalas necesarias para evitar los daños sustanciales a la economía, ambiente y salud humana en los Estados Unidos, así como el bienestar del pueblo para las próximas décadas.

El clima determina dónde y cómo vivimos, así como el ambiente que nos rodea. Los ecosistemas naturales, los sistemas agrícolas, recursos hídricos y los beneficios que proveen a la sociedad están adaptados a las condiciones climáticas del pasado y su rango de variabilidad natural. Un administrador de agua puede usar los registros de caudal pasados o actuales para diseñar una represa; una ciudad podría emitir permisos para el desarrollo costero basado en los mapas de inundaciones actuales; y una empresa eléctrica o un granjero podría invertir en equipo adecuado para el clima actual, todo con la expectativa de que sus inversiones y prácticas de gestión atenderán sus necesidades futuras.

Sin embargo, la suposición de que las condiciones climáticas actuales y futuras se asemejarán al pasado reciente ya no es válida (Ca. 28: Adaptación, MC 2). Las observaciones recopiladas alrededor del mundo proveen una



# Estados Unidos responden ante los impactos del cambio climático



**Figura 1.1:** Este mapa muestra los impactos relacionados con el clima que han ocurrido en cada región desde la Tercera Evaluación climática nacional (Third National Climate Assessment) en 2014 y las acciones de respuesta que están ayudando a la región a abordar los riesgos relacionados y los costos. Estos ejemplos son ilustrativos; no son un indicativo de qué impacto es el más significativo en cada región o qué medida de respuesta puede ser la más efectiva. *Fuente: NCA4 Regional Chapters.*

evidencia significativa, clara y convincente de que el promedio de temperatura global es mucho más alta, y se incrementa más rápido de lo que cualquier civilización moderna ha experimentado, con impactos generalizados y crecientes (Figura 1.2) (CSSR, Ca. 1.9). La tendencia de calentamiento observada el último siglo solo puede explicarse por los efectos que las actividades humanas, especialmente las emisiones de gases de efecto invernadero, han tenido sobre el clima (Ca. 2: Clima, MC 1 y Figura 2.1).

El cambio climático está transformando dónde y cómo vivimos y presenta desafíos crecientes a la salud humana y a la calidad de vida, la economía y los sistemas naturales que nos sustentan. Los riesgos que plantea la variabilidad del clima y el cambio climático difieren según región y sector y según la vulnerabilidad de las personas que experimentan impactos. Los factores sociales, económicos y geográficos determinan la exposición de las personas y comunidades a los impactos relacionados con el clima, así como su capacidad para responder ante esto. Los riesgos son mayores para aquellos que ya son vulnerables, incluyendo las comunidades de bajos ingresos, algunas comunidades de color, niños y ancianos (Ca. 14: Salud, MC 2; Ca. 15: Pueblos Indígenas, MCs 1-3; Ca. 28: Adaptación, Introducción). El cambio climático amenaza aumentar las desigualdades sociales y económicas que existen, que resultan en una exposición y sensibilidad más altas al clima extremo y los eventos relacionados al clima, así como otros cambios (Ca. 11: Entorno Construido, MC 1). Las poblaciones marginadas también pueden afectarse desproporcionalmente por las medidas para abordar las causas e impactos subyacentes del cambio climático, si no se implementan según políticas que consideren las desigualdades existentes (Ca. 11: Entorno Construido, MC 4; Ca. 28: Adaptación, MC 4).

Este informe traza una conexión directa entre la atmósfera en calentamiento y los cambios

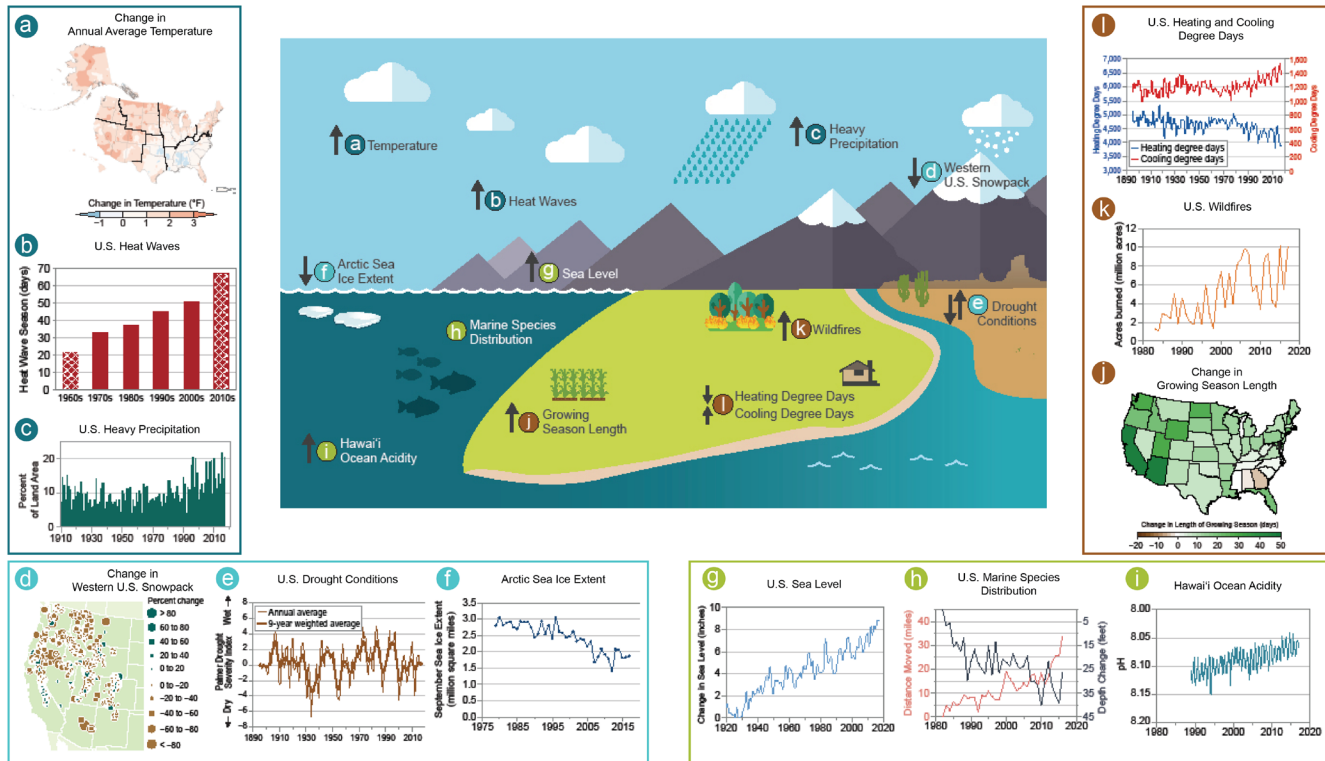
resultantes que afectan las vidas del pueblo estadounidense, las comunidades y sus modos de vida, ahora y en el futuro. Documenta las vulnerabilidades, riesgos e impactos asociados con la variabilidad climática natural y el cambio climático causado por humanos en los Estados Unidos y proporciona ejemplos de acciones de respuesta en marcha en muchas comunidades. Se concluye que la evidencia del cambio climático causado por humanos es abrumadora y continúa empeorando, que los impactos del cambio climático se están intensificando en todo el país y que las amenazas relacionadas al clima para el bienestar físico, social y económico del pueblo estadounidense se elevan. Se ha proyectado que estos impactos intensifiquen, pero cuánto se intensifiquen dependerá de las medidas tomadas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y para adaptarse a los riesgos del cambio climático ahora y en las décadas futuras (Ca. 28: Adaptación, Introducción; Ca. 29: Mitigación, MCs 3 and 4).

## Nuestro clima cambiante: observaciones, causas y cambio en el futuro

### Cambio observado

Las observaciones de todo el mundo muestran los efectos generalizados de las crecientes concentraciones de gases de efecto invernadero en el clima de la Tierra. Las temperaturas altas y extremas y los eventos de fuertes precipitaciones se incrementan. Los glaciares y las áreas cubiertas por nieve se reducen, y el hielo retrocede. Los océanos elevan su temperatura y nivel, se hacen más ácidos y las especies marinas se trasladan a nuevos lugares con aguas más frías. Las inundaciones se hacen cada vez más frecuentes en toda la costa de los Estados Unidos. Las temporadas de cultivo se prolongan y los incendios forestales se incrementan. Estos y muchos otros cambios son signos claros de un mundo que se calienta (Figura 1.2) (Ca. 2: Clima,

## Indicadores del cambio climático



**Figura 1.2:** Las observaciones a largo plazo demuestran la tendencia al calentamiento en el sistema climático y los efectos de las crecientes concentraciones de gas de efecto invernadero en la atmósfera (Ca. 2: Clima, Recuadro 2.2). Esta figura muestra las señales climáticas relevantes del cambio basados en los datos recopilados en todo Estados Unidos. Las flechas ascendentes indican una tendencia de elevación; las flechas descendentes indican una tendencia de disminución. Las flechas bidireccionales (por ejemplo, para condiciones de sequía) indican una falta de tendencia nacional definitiva.

**Atmósfera (a-c):** (a) El promedio de temperaturas anuales ha incrementado en 1,8 °F en los Estados Unidos contiguos desde el inicio del siglo XX; esta figura muestra el cambio observado para 1986–2016 (relativa a 1901–1960 para los Estados Unidos contiguos y 1925–1960 para Alaska, Hawái, Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos). Alaska se calienta más rápido que cualquier otro estado y se ha calentado dos veces más rápido que el promedio global desde mediados del siglo XX (Ca. 2: Clima, MC 5; Ca. 26: Alaska, Introducción). (b) La duración de la temporada de olas de calor en muchas ciudades de los Estados Unidos se ha incrementado en más de 40 días desde la década de 1960. Las barras agrupadas indican datos parcialmente completos por décadas. (c) La cantidad relativa de lluvia anual que proviene de eventos de precipitación grandes y de un solo día ha cambiado en el último siglo; desde 1910, un mayor porcentaje de terreno en los Estados Unidos contiguos recibe precipitación en la forma de estos eventos intensos de un solo día.

**Hielo, nieve y agua (g-f):** (d) Ocurrieron grandes descensos en la nieve acumulada en el oeste de los Estados Unidos de 1955 a 2016. (e) Si bien existe un número de formas de medir la sequía, actualmente no hay un cambio detectable en las estadísticas de sequía a largo plazo en los Estados Unidos, usando el índice de gravedad de la sequía de Palmer. (f) Desde los inicios de la década de 1980, el alcance del hielo marino anual mínimo (observado en setiembre de cada año) en el océano Ártico ha disminuido en una tasa de 11 % a 16 % por década (Ca. 2: Clima, MC 7).

**Océanos y costas (g-i):** (g) El nivel medio del mar anual en la costa de los Estados Unidos (sin incluir el movimiento de la tierra) se ha incrementado en unas 9 pulgadas desde los inicios del siglo XX, a medida que los océanos se han calentado y el hielo terrestre se ha derretido (Ca. 2: Clima, MC 4). (h) Los peces, mariscos y otras especies marinas en la costa del noreste y al este del mar de Bering, en promedio, se han trasladado hacia el norte y a mayores profundidades con aguas más frías desde inicios de la década de 1980 (los registros empiezan en 1982). (i) Actualmente, los océanos también absorben más de una cuarta parte del dióxido de carbono emitido en la atmósfera anualmente proveniente de actividades humanas, lo que incrementa su acidez (medido por valores más bajos de pH; Ca. 2: Clima, MC 3).

**Tierra y ecosistemas (j-l):** (j) La duración promedio de la temporada de cultivo se ha incrementado en los Estados Unidos contiguos desde inicios del siglo XX, lo que significa que, en promedio, la última helada de primavera ocurre antes y la última helada de otoño llega después; este mapa muestra los cambios en la duración de la temporada de cultivo a nivel estatal desde

1895 hasta 2016. (k) Las condiciones más cálidas y secas han contribuido a un aumento de los incendios forestales en el oeste de los Estados Unidos y en Interior Alaska en las últimas décadas (CSSR, Ca. 8.3). (l) Los días de grado se definen como el número de grados por el que la temperatura diaria promedio es mayor de 65 °F (días grado que enfrían) o menor de 65 °F (días grado que calientan) y se utilizan como un índice de las demandas de energía para enfriar o calentar los edificios. Los cambios en la temperatura indican que las necesidades de calentamiento han disminuido y las necesidades de enfriamiento se han incrementado en los Estados Unidos contiguos en el último siglo.

**Fuentes:** (a) adaptado de Vose et al. 2017, (b) EPA, (c–f y h–l) adaptado de EPA 2016, (g y centro de infografía) EPA y NOAA.

Recuadro 2.2; App. 3: Data & Escenarios, ver también los sitios web de Indicadores USGCRP and Indicadores EPA).

### Causas del cambio

Los científicos han comprendido la física fundamental del cambio climático durante casi 200 años. En la década de 1850, los investigadores demostraron que el dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero que ocurren naturalmente en la atmósfera previenen que una parte del calor que irradia de la superficie de la Tierra escape hacia el espacio: esto se conoce como el efecto invernadero. Este efecto invernadero natural calienta la superficie del planeta unos 60 °F más de lo que sería en caso contrario, lo que crea un ambiente ideal para la vida. Sin embargo, desde finales del siglo XIX, los humanos han liberado una cantidad creciente de gases de efecto invernadero a la atmósfera por la combustión de combustibles fósiles y, en menor medida, la deforestación y el cambio de uso del suelo. Como resultado, la concentración atmosférica del dióxido de carbono, el mayor contribuyente del calentamiento causado por los humanos, se ha incrementado en un 40 % en la era industrial. Este cambio ha intensificado el efecto invernadero natural, lo que genera un incremento en las temperaturas globales de la superficie y otros cambios generalizados en el clima de la Tierra, que no tienen precedentes en la historia de la civilización moderna.

El cambio climático también recibe la influencia de factores naturales que determinan cuánta energía solar ingresa y abandona la atmósfera de la Tierra, además de los ciclos climáticos

naturales que afectan las temperaturas y patrones climáticos en el corto plazo, especialmente a nivel regional (ver Ca. 2: Climate, Recuadro 2.1). Sin embargo, la clara tendencia de calentamiento a largo plazo en la temperatura promedio global en el último siglo no puede explicarse únicamente por factores naturales. Las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de actividades humanas son los únicos factores que pueden justificar el calentamiento observado en el último siglo; no hay otras explicaciones creíbles humanas u naturales que la evidencia observacional soporte. En realidad, sin las actividades humanas, la influencia de los factores naturales solos hubiera tenido un ligero efecto de enfriamiento sobre el cambio climático en los últimos 50 años (Ca. 2: Climate, MC 1, Figura 2.1).

### Cambio futuro

Las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de las actividades humanas continuarán afectando el clima de la Tierra durante décadas e incluso siglos. Humanos añadan dióxido de carbono a la atmósfera en una tasa mucho mayor de lo que se elimina mediante procesos naturales, lo que crea un reservorio de larga duración del gas en la atmósfera y los océanos, que genera que el clima se caliente cada vez más. Algunos de los otros gases de efecto invernadero liberados por las actividades humanas, como el metano, se eliminan de la atmósfera mediante procesos naturales más rápidamente que el dióxido de carbono; como resultado, los esfuerzos por limitar las emisiones de estos gases podrían ayudar a reducir la tasa de incrementos

de temperatura globales en las próximas décadas. Sin embargo, los cambios climáticos a largo plazo estarán determinados en gran medida por las emisiones y concentraciones atmosféricas del dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero de larga duración (Cap. 2: Clima, MC 2).

Los modelos climáticos que representan nuestra comprensión de las condiciones climáticas actuales e históricas se utilizan con frecuencia para proyectar cómo cambiará nuestro mundo en condiciones futuras (ver Ca. 2: Clima, Recuadro 2.7). El “clima” se define como condiciones climáticas a lo largo de varias décadas, y las proyecciones de modelo climático generalmente no están diseñadas para capturar la variación por año, ni siquiera por década en condiciones climáticas. En su lugar, las proyecciones se utilizan típicamente para capturar los cambios a largo plazo, como la manera en que el sistema climático responderá a los cambios en los niveles de gases de efecto invernadero en este siglo. Los científicos evalúan los modelos climáticos al compararlos con las observaciones actuales y los cambios históricos. La confianza en estos modelos se basa, en parte, en qué tan bien reproducen estos cambios observados. Se ha comprobado que los modelos climáticos son bastante acertados para simular el cambio climático que hemos experimentado hasta la fecha, especialmente en aproximadamente los últimos 60 años, donde tenemos mayor confianza en las observaciones (ver CSSR, Ca. 4.3.1). Las señales observadas de un clima cambiante continúan siendo más evidentes y claras con el tiempo, lo que otorga a los científicos una mayor confianza en sus hallazgos, incluso desde la edición de la Tercera Evaluación nacional del clima en 2014.

Hoy, la mayor incertidumbre en la proyección de las condiciones climáticas futuras es el nivel de emisiones de gases de efecto

invernadero hacia el futuro. Los niveles de la futura emisión de gases de efecto invernadero a nivel global y los impactos que se deriven dependen de factores económicos, políticos y demográficos que pueden ser difíciles de predecir con confianza, en un futuro lejano. Como las evaluaciones climáticas anteriores, NCA4 se basa en un conjunto de posibles escenarios para evaluar las implicancias de los diferentes resultados climáticos y sus impactos asociados a lo largo del siglo XXI. Estas “Rutas de concentración representativas” (Representative Concentration Pathways, RCP) capturan un rango de rutas de emisiones de gases de efecto invernadero potenciales y los niveles de concentración atmosférica asociados hasta el año 2100.

Las RCPs generan proyecciones de modelo climático para temperatura, precipitación, nivel del mar y otros variables en escenarios futuros que tienen emisiones de gases de efecto invernadero más bajas o más altas. Las RCP se numeran según los cambios en el “forzamiento radiativo” para el 2100, relativos a condiciones preindustriales: +2.6, +4.5, +6.0, o +8.5 watts por metro cuadrado (W/m<sup>2</sup>). Cada RCP conlleva a un nivel diferente de cambio de temperatura global proyectado; los números más altos indican un cambio de mayor temperatura proyectada y los impactos asociados. El escenario más alto (RCP8.5) representa un futuro en el que las emisiones anuales de gases de efecto invernadero se elevan significativamente en todo el siglo XXI antes de nivelarse para el 2100, mientras que las otras RCPs representan una reducción más rápida y sustancial para mediados de siglo y de ahí en adelante con mayores reducciones. Las tendencias actuales en las emisiones de gases de efecto invernadero, a nivel global, son consistentes con RCP8.5.

De las dos RCPs con mayor referencia en este informe, el escenario más bajo (RCP4.5)

## Recuadro 1.1: Confianza e incertidumbre en la ciencia climática

Muchas de las decisiones que hacemos todos los días se basan en un conocimiento alejado de lo perfecto. Por ejemplo, si bien las aplicaciones con base en el GPS en los teléfonos inteligentes pueden proveer un estimado de tiempo de viaje para nuestro trayecto diario al trabajo, un factor inesperado como un chubasco repentino o un choque leve podrían significar que el estimado original de 20 minutos se convierta en más tiempo. Afortunadamente, incluso con esta incertidumbre, confiamos en que no es probable que nuestro viaje tome menos de 20 minutos o más de media hora y sabemos hacia dónde nos dirigimos. Tenemos suficiente información para planear nuestro recorrido.

La incertidumbre también es parte de la ciencia. Una meta clave de la investigación científica es incrementar nuestra confianza y reducir la incertidumbre en nuestra comprensión del mundo que nos rodea. Incluso así, no se espera que la incertidumbre se pueda eliminar por completo, así como no esperamos un estimado preciso y perfecto para nuestro tiempo de viaje cada día. Estudiar el sistema del clima de la Tierra es especialmente desafiante ya que integra muchos aspectos de un sistema natural complejo, así como muchos sistemas hechos por los humanos. Los científicos climáticos encuentran cambios variantes de incertidumbre en muchas áreas, incluyendo observaciones de variables climáticas, el análisis e interpretación de dichas medidas, el desarrollo de nuevos instrumentos observacionales y el uso de modelos computarizados de los procesos que rigen el sistema climático de la Tierra. Si bien existe una incertidumbre inherente en la ciencia climática, existe una alta confianza en nuestra comprensión del efecto invernadero y el conocimiento de que las actividades humanas están cambiando el clima de maneras sin precedentes. Existe suficiente información para tomar decisiones basándonos en dicha comprensión.

Cuando existen importantes incertidumbres, los esfuerzos para cuantificar y reportar dichas incertidumbres pueden ayudar a quienes toman decisiones a elaborar planes para una variedad de posibles resultados futuros. Estos esfuerzos también ayudan a los científicos a mejorar su comprensión y en última instancia aumentar su confianza en la utilidad de las proyecciones de modelos. Las evaluaciones climáticas como esta, abordan explícitamente la incertidumbre científica asociada a los hallazgos y utilizan un lenguaje específico para comunicar y mejorar la importancia de los análisis de riesgo y la toma de decisiones (ver Front Matter y Recuadro 1.2).

contempla emisiones de gases de efecto invernadero aproximadamente 85 % más bajas que el escenario más alto (RCP8.5) para finales del siglo XXI (ver Ca. 2: Clima, Figura 2.2). En algunos casos, en este informe, se considera un escenario muy bajo (RCP2.6) que representa reducciones de emisiones más inmediatas, sustantivas y sostenidas. Cada RCP podría ser consistente con una variedad de condiciones socioeconómicas subyacentes u opciones de políticas. Ver la sección de Productos de Escenarios del Apéndice 3 en este informe; así como los Capítulos CSSR 4.2.1 y 10.2.1 para mayores detalles.

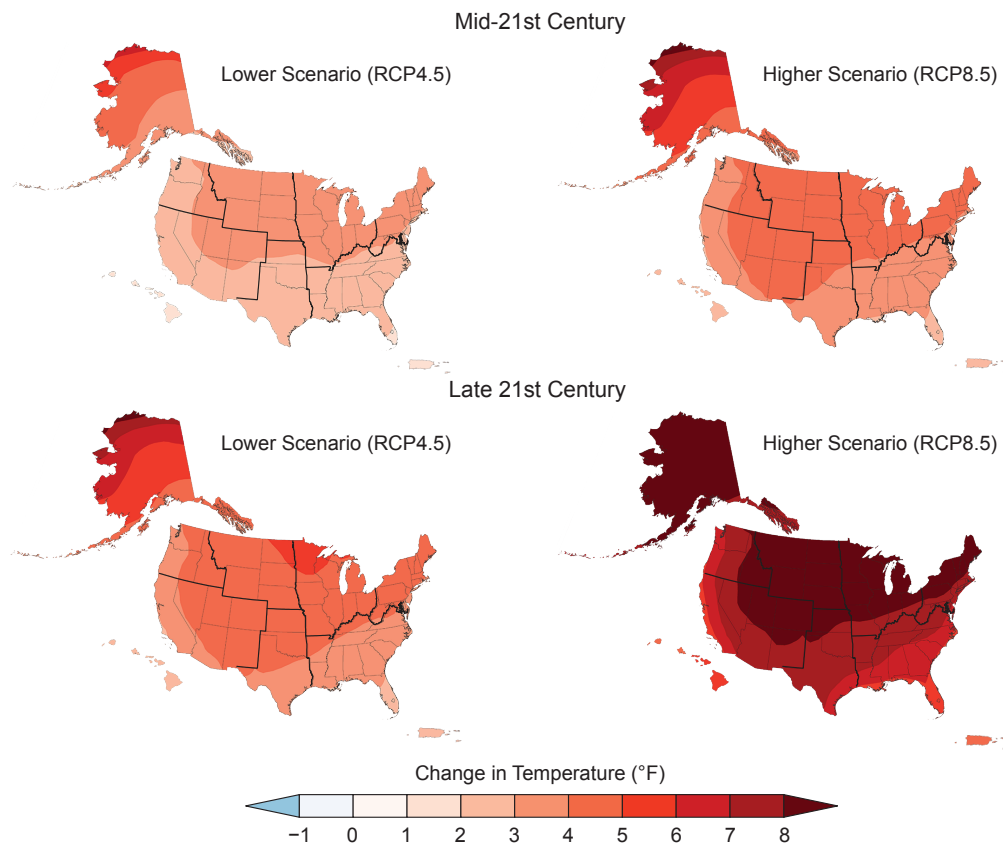
Los efectos de diferentes niveles futuros de emisiones de gases de efecto invernadero en el clima global se tornan más evidentes alrededor del año 2050, cuando las proyecciones de elevación de la temperatura (Figura 1.3) (Ca. 2: Clima, Figura 2.2), precipitación, y el nivel del mar (Figura 1.4) (Ca. 2: Clima, Figura 2.3) basadas en cada escenario, comienzan a divergir significativamente. Con reducciones sustanciales y sostenidas en las emisiones de gases de efecto invernadero (es decir, consistentes con el escenario más bajo [RCP2.6]), el incremento en la temperatura de promedio anual global relativa a la época

preindustrial, podría limitarse a menos de 3,6 °F (2 °C) (Ca. 2: Clima, Recuadro 2.4; CSSR, Ca. 4.2.1). Sin una mitigación significativa de los gases de efecto invernadero, la elevación en la temperatura de promedio anual global podría llegar a 9 °F o más para fines de este siglo (Ca. 2: Clima, MC 2). Para algunos aspectos del sistema climático de la Tierra que toman más tiempo en responder a los cambios en las concentraciones de gases de efecto invernadero, como el nivel del mar a nivel global, algún grado de cambio a largo plazo será fijo en los siglos por venir, sin importar el escenario futuro (ver CSSR, Ca. 12.5.3). La mitigación temprana de las emisiones de gases de efecto invernadero pueden disminuir los impactos en el clima en

el corto plazo (como reducir la pérdida de hielo del océano Ártico y los efectos sobre especies que lo utilizan) y en el largo plazo, evitando los umbrales críticos (como la inestabilidad de los casquetes glaciares y las consecuencias derivadas para el nivel del mar global y el desarrollo costero) (Ca. 29: Mitigación, Momento y Magnitud de Acción).

Se proyecta que las temperaturas de promedio anuales en los Estados Unidos continúen aumentando en las próximas décadas. Independientemente del escenario futuro, se esperan elevaciones adicionales en las temperaturas en los Estados Unidos contiguos de al menos 2,3 °F relativas al periodo 1986–2015

### Cambios proyectados en las temperaturas de promedio anuales en los Estados Unidos



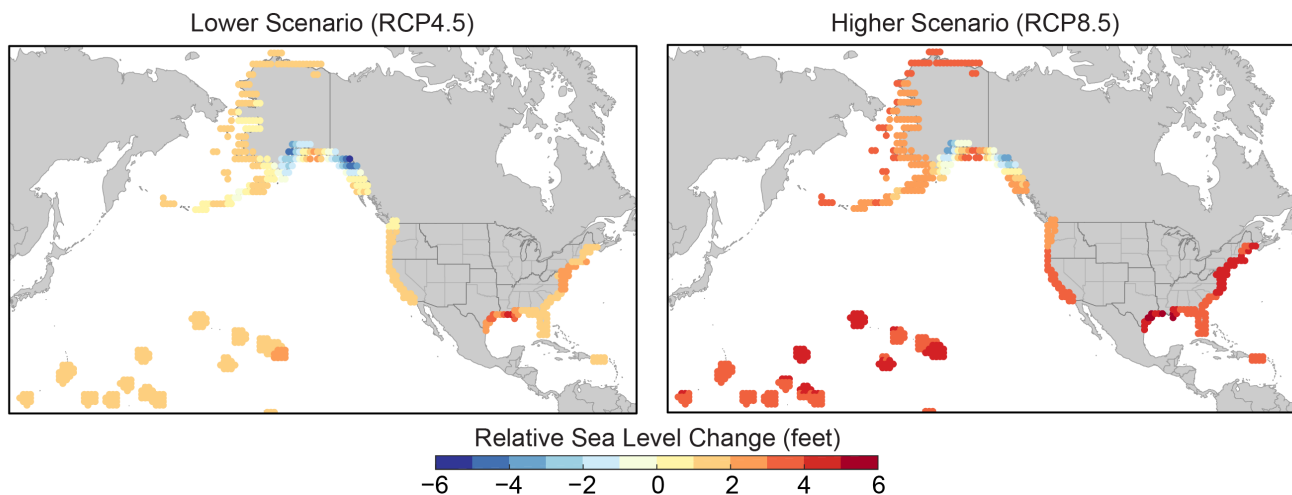
**Figura 1.3:** Se ha proyectado que las temperaturas de promedio anuales en los Estados Unidos se eleven en este siglo, con mayores cambios en latitudes más altas en comparación con las latitudes bajas, y en un escenario más alto (RCP8.5; derecha) que en uno más bajo (RCP4.5; izquierda). Esta figura muestra las diferencias proyectadas en las temperaturas promedio anuales para mediados de siglo (2036–2065; parte superior) y fines de siglo (2071–2100; parte inferior) relativas al presente (1986–2015). De la Figura 2.4, Ca. 2: Clima (Fuente: adaptado de Vose et al. 2017).

para mediados de este siglo. Como resultado, se espera que los años cálidos registrados recientemente sean comunes en un futuro cercano. Para finales de este siglo, se esperan incrementos de 2,3° a 6,7 °F en un escenario bajo (RCP4.5) y de 5,4° a 11,0 °F en un escenario más alto (RCP8.5) relativos al periodo 1986–2015 (Figura 1.3) (Ca. 2: Clima, MC 5, Figura 2.4). Alaska se ha calentado dos veces más rápido que el promedio global desde mediados del siglo XX; se espera que esta tendencia continúe (Ca. 26: Alaska, Introducción).

Se ha proyectado que las temperaturas altas y extremas, los eventos de fuertes precipitaciones, los eventos de inundaciones de marea alta

en toda la costa de los Estados Unidos, la acidificación y el calentamiento de los océanos, así como los incendios forestales en el oeste de los Estados Unidos y Alaska continúen incrementándose; mientras que se espera que el hielo en tierra y en el océano, la nieve acumulada y la humedad del suelo superficial continúen decayendo en las próximas décadas. Se espera que estos y otros cambios afecten de forma creciente los recursos hídricos, la calidad del aire, la salud humana, la agricultura, los ecosistemas naturales, la infraestructura de energía y transporte y muchos otros sistemas naturales y humanos que sostienen a las comunidades en todo el país. La gravedad de estos impactos proyectados y los riesgos que representan

### El relativo cambio proyectado del nivel del mar en los Estados Unidos para el año 2100



**Figura 1.4:** Los mapas muestran proyecciones del cambio en el nivel del mar relativo en la costa de los Estados Unidos para el 2100 (comparado con el año 2000) según el escenario más bajo (RCP4.5) y el más alto (RCP8.5) (ver CSSR, Ca. 12.5). Globalmente, los niveles del mar continuarán elevándose a partir de la expansión térmica del océano y el derretimiento de las masas de hielo en tierra (como Groenlandia, la Antártida y los glaciares de montaña). Sin embargo, regionalmente, la cantidad de elevación del nivel del mar no será la misma en todos los lugares. La elevación del nivel del mar relativo será mayor donde la tierra se hunde (como en toda la costa del Golfo de México), y a la vez, la elevación será menor donde la tierra se eleva (como en parte de Alaska). Los cambios en circulación de los océanos (como la corriente del Golfo) y los efectos de la gravedad debido al derretimiento del hielo también alteran la altura del océano por regiones. Se espera que el nivel del mar continúe elevándose en casi toda las costas de los Estados Unidos, y para el año 2100, en el escenario más alto, la altura de las inundaciones costeras que hoy causan grandes daños a la infraestructura serían comunes durante la marea alta a nivel nacional (Ca. 8: Coastal; Scenario Products section in Appendix 3). Fuente: adaptado de CSSR, Figura 12.4.



## Recuadro 1.2: Evaluación de los riesgos para la toma de decisiones informadas

En este informe, los riesgos con frecuencia se definen en un sentido cualitativo como amenazas para la vida, la salud y la seguridad, el ambiente, el bienestar económico y otros elementos de valor para la sociedad (Ca. 28: Adaptación, Introducción). En algunos casos, los riesgos se describen en términos cuantitativos: cálculos de qué tan probable es la ocurrencia de una determinada amenaza (probabilidad) y los daños que podrían ocurrir si sucediera (consecuencias). El cambio climático es un desafío de gestión de riesgos para la sociedad; representa consecuencias inciertas (y potencialmente graves) para los sistemas naturales y humanos a lo largo del tiempo. Se caracteriza por múltiples riesgos futuros entrelazados e inciertos y, por lo tanto, actúa como un multiplicador de riesgos que interactúa como otros factores de estrés para crear nuevos riesgos o para alterar los existentes (ver Ca. 17: Sistemas Complejos, MC 1).

Las emisiones actuales y futuras de gases de efecto invernadero, y por tanto las medidas de mitigación para reducir las emisiones, determinarán en gran parte los impactos futuros del cambio climático y los riesgos para la sociedad. Las actividades de mitigación y adaptación pueden considerarse estrategias complementarias: los esfuerzos para la mitigación pueden reducir los riesgos futuros, mientras la adaptación puede minimizar las consecuencias de los cambios que ya están sucediendo como resultado de las emisiones pasadas y presentes de gases de efecto invernadero. La adaptación implica la toma de decisiones proactiva y las inversiones de individuos, empresas y gobiernos para contrarrestar los riesgos específicos del cambio climático que varían en cada lugar. La gestión del riesgo climático incluye algunos atributos y tácticas conocidas para la mayoría de empresas y gobiernos locales, que con frecuencia gestionan o planifican una variedad de riesgos relacionados al clima, incluyendo tormentas en la costa y en el interior, olas de calor, amenazas a la disponibilidad de agua, sequías e inundaciones.

Medir los riesgos engloba las posibilidades y consecuencias de resultados específicos e implica criterios sobre lo que valoramos, la clasificación de prioridades y los análisis de costo-beneficio que incorporan las compensaciones entre las opciones relacionadas o no al clima. Este informe describe los riesgos específicos en las regiones y sectores en un esfuerzo por ayudar a las personas a evaluar los riesgos que enfrentan, crear e implementar un plan de respuesta y monitorizar y evaluar la eficacia de una medida determinada (ver Ca. 28: Adaptación, MC 1, Figura 28.1).

para la sociedad son mayores en futuros con emisiones de gas de efecto invernadero más altas, especialmente si hay una adaptación limitada o esta no ocurre (Ca. 29: Mitigación, MC 2).

### El cambio climático en los Estados Unidos: riesgos de hoy y mañana

Algunos impactos relacionados al clima, como los crecientes riesgos para la salud del calor extremo, son comunes en muchas regiones de los Estados Unidos (Cap. 14: Salud, MC 1). Otros representan riesgos más localizados, como un daño de infraestructura causado por el deshielo del permafrost (terreno congelado) en Alaska o amenazas a los ecosistemas de arrecife de

coral a partir de aguas más cálidas y ácidas en el Caribe estadounidense y las Islas del Pacífico de los Estados Unidos (Ca. 26: Alaska, MC 2; Ca. 20: Caribe, MC 2; Ca. 27: Hawái y el Pacífico, MC 4). Los riesgos varían por ambos, la exposición de la comunidad a los impactos del clima y por factores que afectan su capacidad para responder ante condiciones cambiantes y para recuperarse de eventos climáticos adversos y relacionados al clima, como tormentas extremas o incendios forestales (Ca. 14: Salud, MC 2; Ca. 15: Pueblos Indígenas, Estado del Sector, MCs 1 y 2; Ca. 28: Adaptación, MC 4).

Muchos lugares están sujetos a más de un impacto relacionado al clima, como las lluvias extremas combinadas con inundación costera, o sequía combinada con calor extremo, incendios forestales e inundaciones. Los efectos agravantes de estos impactos resultan en riesgos elevados para la población, la infraestructura y los sectores económicos interconectados (Ca. 11: Etorno Construido, MC 1). Los impactos que afectan los sistemas interconectados pueden repercutir en diferentes sectores y regiones, lo que crea complejos riesgos y desafíos de gestión.

Por ejemplo, los cambios en la frecuencia, intensidad, alcance y duración de los incendios forestales pueden tener como resultado mayores casos de deslizamientos que alteran los sistemas de transporte y el flujo de bienes y servicios dentro o entre regiones (Recuadro 1.3). Muchos impactos observados revelan vulnerabilidades en estos sistemas interconectados que se espera que se magnifiquen a medida que los riesgos relacionados al clima se intensifiquen. Bajo un escenario alto (RCP8.5), es muy probable que algunos impactos, como los efectos de la

### Recuadro 1.3: Los impactos interconectados del cambio climático

Los impactos del cambio climático y el clima extremo sobre los sistemas naturales y construidos con frecuencia se consideran desde la perspectiva de sectores individuales: ¿cómo impacta el cambio climático a los recursos hídricos, la red eléctrica o el sistema alimentario? Sin embargo, ninguno de estos sectores existe de forma aislada. Los sistemas naturales, construidos y sociales con los que contamos están todos interconectados, y los impactos y opciones de gestión dentro de un sector puede generar efectos en los demás (Ca. 17: Sistemas Complejas, MC 1).

Por ejemplo, las tendencias de ocurrencia de incendios forestales en el oeste de los Estados Unidos tienen la influencia de las temperaturas en aumento y los patrones cambiantes de las precipitaciones, las poblaciones de plagas y las prácticas de gestión del terreno. Ya que los humanos se han desplazado más cerca a los bosques, las prácticas incrementadas de extinción de incendios han reducido los incendios naturales y conllevado a una vegetación más densa, lo que tiene como resultado incendios que son más grandes y más dañinos cuando ocurren (Figuras 1.5 y 1.2k) (Ca. 6: Bosques, MC 1). Los inviernos más cálidos han conllevado a brotes incrementados de plagas y muertes de árboles significativas, con aportes variables sobre los incendios forestales. Se ha proyectado que el incremento de incendios forestales producto del cambio climático aumente los costos asociados con los efectos en la salud, la pérdida de hogares y otras propiedades, la respuesta ante incendios y la gestión del combustible. No poder anticipar estos impactos interconectados puede conllevar a oportunidades fallidas de gestionar riesgos con eficacia, dentro de un solo sector y, en efecto puede incrementar los riesgos a otros sectores. La planificación según el riesgo de incendios forestales y otros riesgos afectados por el cambio climático implica el reto de explicar todas estas influencias y cómo interactúan entre sí (Consulta Ca. 17: Sistemas Complejas, Recuadro 17.4).

Nuevo en esta edición del NCA, el Capítulo 17 (Complex Systems) destaca diversos ejemplos de los impactos interconectados y documenta cómo una perspectiva multisector y la gestión conjunta de los sistemas puede mejorar la resistencia al cambio climático. Con frecuencia es difícil o imposible cuantificar y predecir cómo todos los procesos e interacciones relevantes en los sistemas interconectados responderán al cambio climático. Las influencias no climáticas, como los cambios poblacionales, aumentan los desafíos al proyectar resultados futuros (Ca. 17: Sistemas Complejas, MC 2). A pesar de estos retos, existen oportuni-

dades para aprender de la experiencia para guiar las decisiones futuras sobre gestión de riesgos. Se pueden aprender valiosas lecciones en retrospectiva: después de la tormenta ciclónica Sandy del 2012, por ejemplo, el alcalde de la ciudad de Nueva York inició un Grupo de trabajo de adaptación al cambio climático que reunió a interesados de diversos sectores como el hídrico, transporte, energía y de comunicaciones para abordar las interdependencias entre ellos (Ca. 17: Sistemas Complejas, Recuadro 17.1, MC 3).



**Figura 1.5:** Los incendios forestales invaden cada vez más las comunidades en los Estados Unidos, lo que constituye una amenaza a la vida, la infraestructura crítica y la propiedad. En octubre de 2017, más de una docena de incendios arrasaron con el norte de California, lo que dejó docenas de muertos y miles de personas sin hogar. Las comunidades alejadas de los incendios también fueron afectadas por aire contaminado pues las columnas de humo oscurecían el cielo y causaron la cancelación de la escuela y otras actividades en la región. (izquierda) Imagen de un satélite de la NASA muestra incendios activos el 9 de octubre de 2017. (derecha) El incendio de Tubbs, que arrasó partes de los condados de Napa, Sonoma y Lake, es el más destructivo en la historia de California. Ocasionó un estimado de \$1200 millones en daños y destruyó más de 5000 estructuras, incluyendo un 5 % de la vivienda inmobiliaria en la ciudad de Santa Rosa. *Créditos: (izquierda) NASA; (derecha) Master Sgt. David Loeffler, U.S. Air National Guard.*

desintegración de los casquetes glaciares sobre la elevación del nivel del mar y el desarrollo costero, serán irreversibles durante miles de años, y otros, como la extinción de las especies, serán permanentes (Ca. 7: Ecosistemas, MC 1; Ca. 9: Océanos, MC 1; Ca. 29: Mitigación, MC 2).

### Economía e infraestructura

Sin una mitigación de los gases de efecto invernadero a nivel global y esfuerzos de adaptación regionales más significativos, se espera que el cambio climático provoque pérdidas sustanciales a la infraestructura y a la

propiedad, y obstaculice la tasa de crecimiento económico en este siglo (Ca. 4: Energía, MC 1; Ca. 8: Costas, MC 1; Ca. 11: Eterno Construido, MC 2; Ca. 12: Transporte, MC 1; Capítulos Regionales 18–27). Las economías e industrias regionales que dependen de los recursos naturales y de las condiciones climáticas favorables, como la agricultura, el turismo y las industrias pesqueras, son cada vez más vulnerables a los impactos generados por el cambio climático (Ca. 7: Ecosistemas, MC 3; Ca. 10: Agricultura, MC 1). Los suministros de energía confiables y asequibles, que sostienen

casi cada sector de la economía, enfrentan un riesgo cada vez mayor por el cambio climático y los climas extremos (Ca. 4: Energía, MC 1). Se espera que los impactos del cambio climático fuera de nuestras fronteras afecten cada vez más nuestro comercio y economía, incluyendo los precios de importación y exportación y las empresas de los Estados Unidos con operaciones en el exterior, así como las cadenas de suministro (Recuadro 1.4) (Ca. 16: Internacional, MC 1; Ca. 17: Sistemas Complejas MC 1). Algunos aspectos de nuestra economía pueden ver mejorías ligeras en un mundo moderadamente más caliente. Sin embargo, se espera que la continuación de calentamiento que está proyectada ocurra sin reducciones significativas en las emisiones de gases de efecto invernadero global, provoque un daño neto sustancial a la economía de los Estados Unidos, especialmente ante la ausencia de mayores esfuerzos de adaptación. El potencial de pérdida en algunos sectores podría alcanzar miles de millones de dólares por año para fines de este siglo (Ca. 29: Mitigación, MC 2).

La infraestructura existente de agua, transporte y energía que existe ya enfrenta desafíos por las fuertes lluvias, inundaciones en la costa y en el interior, deslizamientos, sequía, incendios forestales, olas de calor y otros eventos climáticos (Figuras 1.5–1.9) (Ca. 11: Eterno Construido, MC 2; Ca. 12: Transporte, MC 1). Se espera que muchos eventos de clima extremo y relacionados al clima se hagan más frecuentes y más intensos en un mundo más cálido, lo que crea mayores riesgos de alteración y fallas de infraestructuras que pueden repercutir en los sectores económicos (Ca. 3: Agua, MC 2; Ca. 4: Energía, MC 1; Ca. 11: Entorno Construido, MC 3; Ca. 12: Transporte, MC 2). Por ejemplo, se espera que olas de calor más frecuentes y más intensas, así como otros eventos extremos en muchos lugares de los Estados Unidos, incrementen el estrés en el sistema de energía, lo que aumenta el riesgo de cortes del suministro eléctrico más frecuentes y de mayor

duración, así como escasez de combustible que podría afectar a otros sectores y sistemas críticos, como el acceso a la atención médica (Ca. 17: Sistemas Complejos, Recuadro 17.5; Ca. 4: Energía, MC 1; Ca. 8: Costas, MC 1; Ca. 11: Eterno Construido, MC 3; Ca. 12: Transporte, MC 3). La infraestructura actual está diseñada típicamente para soportar las condiciones climáticas históricas (Ca. 12: Transporte, MC 1) y los patrones de desarrollo (por ejemplo, uso de terrenos costeros) generalmente no toman en cuenta un clima cambiante (Ca. 5: Cambios Terrestres, Estado del Sector); esto tiene como resultado una vulnerabilidad creciente a los futuros riesgos a partir de climas extremos y el cambio climático (Ca. 11: Eterno Construido, MC 2). La antigüedad y deterioro de las infraestructuras hacen incluso más probable la falla o interrupción de servicio debido a un clima extremo (Ca. 11: Eterno Construido, MC 2). Se espera que el cambio climático incremente los costos de mantenimiento, reparación y reemplazo de infraestructura, con diferencias en las regiones (Ca. 12: Transporte, Sumario Regional).

Los eventos extremos recientes demuestran las vulnerabilidades de los sectores económicos interconectados ante los riesgos crecientes del cambio climático (ver Recuadro 1.3). En el 2017, el huracán Harvey descargó una cantidad sin precedentes de lluvia en el área del Gran Houston, una parte de la cual se ha atribuido al cambio climático causado por humanos (Ca. 2: Clima, Recuadro 2.5). Los cortes del suministro eléctrico resultantes tuvieron efectos que repercutieron sobre instalaciones de infraestructuras críticas como hospitales y plantas de agua y de tratamiento de aguas residuales. La producción de petróleo y la capacidad de refinamiento reducidas en el Golfo de México provocó picos en los precios a nivel regional y nacional, a partir de la escasez actual de gasolina y anticipada (Figura 1.6) (Ca. 17: Sistemas Complejos, MC 1). En el Caribe estadounidense, los huracanes Irma y Maria causaron un daño catastrófico

a la infraestructura, incluyendo la falla total de la red eléctrica de Puerto Rico, y la pérdida de energía en todas las Islas Vírgenes de los Estados Unidos, así como un daño generalizado

a la industria agrícola de la región. El número de víctimas en Puerto Rico creció en los tres meses siguientes a que el huracán María tocara tierra en la isla, en parte debido a la falta de



### Impactos extendidos del huracán Harvey

**Figura 1.6:** El huracán Harvey conllevó a una inundación generalizada y acabó con la energía de 300,000 clientes en Texas en 2017, con efectos que repercutieron a las instalaciones de infraestructura crítica como hospitales, plantas de agua y de tratamiento de aguas residuales y refinerías. La fotografía muestra Port Arthur, Texas, el 31 de agosto de 2017, seis días después de que el huracán Harvey tocara tierra en la costa del Golfo. *De la Figura 17.2, Ca. 17: Sistemas complejos (Crédito de la foto: Sargento Daniel J. Martinez, Guardia nacional aérea).*



### Inundación de la planta de energía nuclear Fort Calhoun

**Figura 1.7:** Las inundaciones del río Missouri rodean la estación de energía pública de Fort Calhoun del Distrito de Omaha, una planta de energía nuclear justo al norte del Omaha, Nebraska en el 20 de Junio, 2011. La inundación fue el resultado de escorrentía de nieve casi sin precedente y lluvia sin precedente al final de Mayo y al principio de Junio. Una berma protectora que retenía las aguas para que no ingresen a la planta falló, lo que impulsó a que los operadores de la planta transfirieran la energía fuera del sitio a generadores diésel de emergencia dentro del sitio. El enfriamiento del reactor se apagó temporalmente, aunque las piscinas de combustible usado no fueron afectadas. *De la Figura 22.5, Ca. 22: Grandes llanuras del norte (Crédito de la foto: Harry Weddington, Cuerpo de ingenieros del Ejército de los Estados Unidos).*



### Base naval de Norfolk en riesgo por los niveles del mar elevados

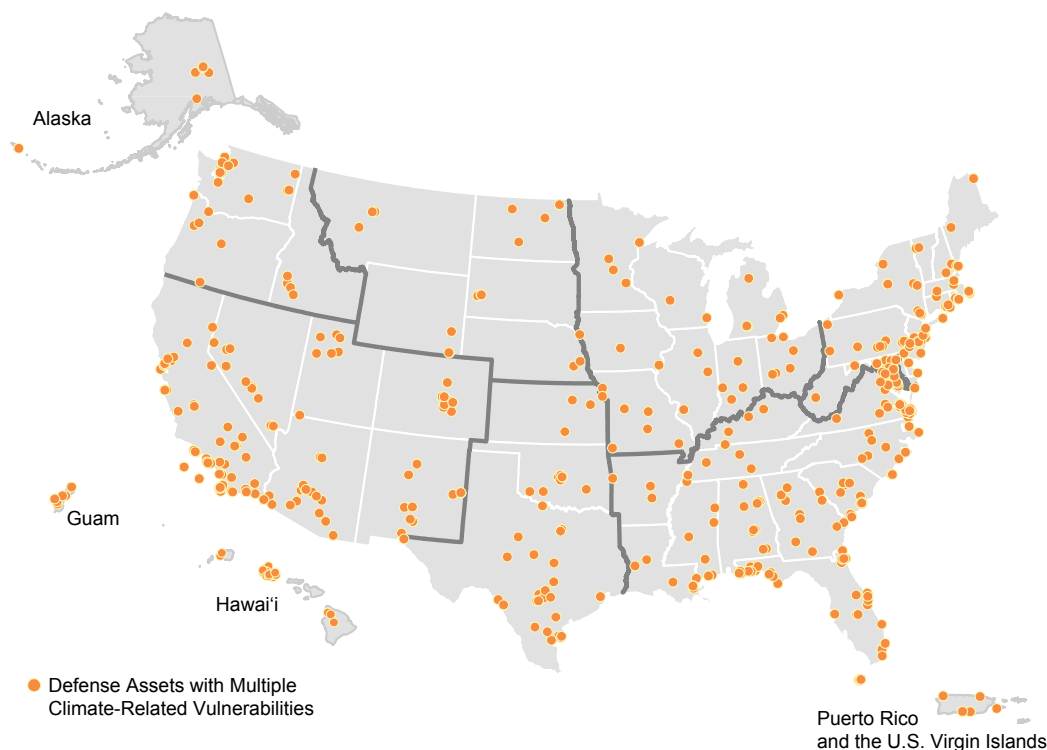
**Figura 1.8:** En Norfolk, Virginia, un territorio de baja altitud, se encuentra la base naval más grande del mundo, que soporta múltiples grupos de portaviones y es la estación de servicio para miles de trabajadores. La mayor parte del área de la base se encuentra a menos de 10 pies por encima del nivel del mar, y el nivel del mar local relativo está proyectado para elevarse entre 2.5 y 11.5 pies para el año 2100 bajo los escenarios del USGCRP de elevación del nivel del mar de límite inferior y superior, respectivamente (ver la sección Scenario Products del Apéndice 3 para más detalles sobre estos escenarios de elevación del nivel del mar; ver también Ca. 8: Coastal, Caso Práctico "Key Messages in Action: Norfolk, Virginia"). *Crédito de la foto: Especialista de comunicación masiva, Primera clase, Christopher B. Stoltz, Marina estadounidense.*

electricidad y agua potable, así como el acceso a instalaciones médicas y atención médica (Ca. 20: Caribe, Recuadro 20.1, MC 5).

Los riesgos a la infraestructura, la propiedad y la economía relacionados al clima varía entre las regiones. En toda la costa de los Estados Unidos, las infraestructuras públicas y bienes inmobiliarios de la costa valorizados en \$1 trillón se ven amenazadas por los niveles crecientes del mar, mayores mareas ciclónicas y el incremento continuo en las inundaciones por marea alta (Figuras 1.4 y

1.8) (Ca. 8: Costas, MC 1). La infraestructura costera provee salvaciones críticas para el resto del país, incluyendo suministros energéticos y acceso a bienes y servicios del comercio internacional; se espera que el daño incrementado a las instalaciones costeras tenga como resultado la repercusión en costos e impactos nacionales (Ca. 8: Costas, MC 1; Ca. 4: Energía, Estado del Sector, MC 1). Se ha proyectado que las inundaciones por mareas altas sean más perjudiciales y costosas, pues su frecuencia, profundidad y alcance en el interior crecerá en las próximas décadas.

### Impactos relacionados al clima sobre los activos militares de los Estados Unidos



**Figura 1.9:** El Departamento de Defensa (Department of Defense, DoD) tiene experiencia significativa en el planeamiento y gestión de riesgos e incertidumbres. Los efectos del clima y del clima extremo representan riesgos adicionales que se deben incorporar en los diversos procesos de planificación y gestión de riesgo del Departamento. Para identificar las instalaciones del DoD con vulnerabilidades ante impactos relacionados al clima, en 2015 se realizó una Encuesta de evaluación de la vulnerabilidad y análisis de nivel (SLVAS) preliminar de los emplazamientos de DoD alrededor del mundo. Las respuestas de SLVAS (mostradas para los Estados Unidos; puntos naranjas) produjeron una gran variedad de información cualitativa. El más alto número de efectos reportados resultaron de la sequía (782), seguido de cerca del viento (763) e inundaciones no relacionadas a mareas tormentosas (706). Alrededor del 10 % de los emplazamientos indicados se afectan por las temperaturas extremas (351), mientras que las inundaciones debido a mareas tormentosas (225) y los incendios forestales (210) afectaron a alrededor del 6 % de los emplazamientos reportados. Las respuestas a la encuesta proveen un panorama cualitativa preliminar de los bienes del DoD actualmente afectados por eventos climáticos graves, así como un indicativo de los bienes que pueden afectarse por la elevación del nivel del mar en el futuro. Fuente: adaptado de *Department of Defense 2018* (<http://www.oea.gov/resource/2018-climate-related-risk-dod-infrastructure-initial-vulnerability-assessment-slvvas>).

Sin medidas de adaptación significativas, se espera que muchas de las ciudades costeras en el sureste experimenten inundaciones por mareas diarias altas para finales del siglo (Ca. 8: Costas, MC 1; Ca. 19: Sudeste, MC 2). Niveles más altos del mar además causarán que las mareas tormentosas tropicales viajen más al interior que en el pasado, lo que impactará más propiedades costeras e infraestructura (Ca. 8: Costas: MC 1; Ca. 19: Sudeste, MC 2). Las infraestructuras del petróleo, el gas natural y la electricidad ubicadas en las costas del océano Atlántico y el golfo de México tienen un riesgo mayor de daño por los niveles del mar elevados y huracanes más fuertes; se espera que las alteraciones regionales tengan implicaciones nacionales (Ca. 4: Energía, Estado del Sector, MC 1; Ca. 18: Noreste, MC 3; Ca. 19: Sudeste, MC 2). Hawái y las Islas del Pacífico Afiliadas de los Estados Unidos y el Caribe de los Estados Unidos también enfrentan altos riesgos a la infraestructura crítica a partir de inundaciones



### Las prácticas de conservación reducen el impacto de las fuertes lluvias

**Figura 1.10:** El aumento de las fuertes lluvias está provocando una mayor erosión del suelo y la pérdida de nutrientes en las tierras de cultivo del Medio Oeste. Integrar franjas de la vegetación de las praderas nativas en hileras de cultivos ha demostrado que reduce la pérdida de suelo y nutrientes, mientras que mejora la biodiversidad. La foto insertada muestra un ejemplo en primer plano de una franja de pradera. De la Figura 21.2, Ca. 21: Centro de EE. UU. (Créditos de la foto: [foto principal] Lynn Betts, [foto insertada] Farnaz Kordbacheh).

costeras, erosión y mareas tormentosas (Ca. 4: Energía, Estado del Sector; Ca. 20: Caribe, MC 3; Ca. 27: Hawái y el Pacífico, MC 3).

Al oeste de los Estados Unidos, el aumento de los incendios forestales dañan las fincas y pastizales, así como las propiedades en las ciudades cercanas a la interfaz vida silvestre - urbano. Se ha proyectado que las condiciones más secas aumenten el riesgo de ocurrencia de incendios forestales y daño a la propiedad e infraestructura, incluyendo la producción de energía y los activos de generación, así como la red eléctrica (Ca. 4: Energía, MC 1; Ca. 11: Eterno Construido, Sumario Regional; Ca. 24: Noroeste, MC 3). En Alaska, el descongelamiento del permafrost es responsable de graves daños a los caminos, los edificios y las tuberías, que serán costosas de reemplazar, especialmente en las partes remotas de Alaska. Las operaciones de petróleo y gas en Alaska son vulnerables al descongelamiento del permafrost, la elevación del nivel del mar y la exposición costera incrementada debido al hielo marino en descenso; sin embargo, una temporada libre de hielo más larga podría mejorar las operaciones energéticas en altamar y el transporte (Ca. 4: Energía, State of the Sector; Ca. 26: Alaska, MCs 2 and 5). Se espera que estos impactos aumenten con un calentamiento continuo.

La agricultura en los Estados Unidos y las comunidades que soporta están amenazadas por los incrementos en las temperaturas, la sequía, los eventos de fuertes precipitaciones y los incendios forestales en los pastizales (Figura 1.10) (Ca. 10: Agricultura, MCs 1 y 2, Caso Práctico “Groundwater Depletion in the Ogallala Aquifer Region”; Ca. 23: Grandes Llanuras del S., MC 1, Caso Práctico “The Edwards Aquifer”). Se espera que las producciones de los principales cultivos en los Estados Unidos (como el maíz, la soya, el trigo, el arroz, el sorgo y el algodón) disminuyan en este siglo como consecuencia de los incrementos de temperatura y los

posibles cambios en la disponibilidad del agua, además de brotes de plagas y enfermedades (Ca. 10: Agricultura, MC 1). Se prevé que el aumento de las temperaturas durante la temporada de cultivo en el Medio Oeste sea el principal factor causal de la disminución de la productividad de la agricultura estadounidense (Ca. 21: Medio Oeste, MC 1). También se espera que el cambio climático conlleve a cambios a gran escala en la disponibilidad y precios de muchos de los productos agrícolas en todo el mundo, con impactos consecuentes a los productores agrícolas de los Estados Unidos y la economía del país (Ca. 16: Internacional, MC 1).

El calor extremo representa un riesgo significativo para la salud humana y la productividad laboral en la agricultura, la construcción y otros sectores de trabajo al aire libre (Ca. 10: Agricultura, MC 3). En un escenario más alto (RCP8.5), se ha proyectado que casi dos mil millones de horas laborales se pierdan anualmente para el 2090, debido a los impactos de las temperaturas extremas, lo que cuesta un estimado de \$160000 millones en salarios perdidos (Ca. 14: Salud, MC 4). Los estados del sureste (Ca. 19: Sudeste, MC 4) y las regiones de las Grandes Llanuras del sur (Ca. 23: Grandes Llanuras del S., MC 4) tienen proyectado sentir algunos de estos grandes impactos (ver Figura 1.21).

### Servicios ecosistémicos y el medioambiente

El cambio climático amenaza muchos beneficios que el ambiente natural provee a la sociedad: suministros de agua seguros y confiables, aire limpio, protección contra inundaciones y erosión, así como el uso de recursos naturales para actividades económicas, recreativas y de subsistencia. Los aspectos valorados de la herencia regional y la calidad de vida ligados al ambiente natural, la vida silvestre y la recreación al exterior cambiará con el clima, y como resultado, las generaciones futuras pueden esperar sentir e interactuar con los sistemas naturales en formas que son muy

diferentes a las de hoy. Sin una reducción significativa en las emisiones de gases de efecto invernadero, no se podrán evitar las extinciones e impactos transformadores en algunos ecosistemas, con impactos variables en las actividades económicas, recreativas y de subsistencia que soportan.

Los cambios que afectan la calidad, cantidad y disponibilidad de los recursos hídricos, causados en parte por el cambio climático, afectan a las personas y al ambiente (Ca. 3: Agua, MC 1). Los suministros de agua confiables y seguros para las comunidades del Caribe estadounidense, Hawái y las Islas del Pacífico Afiliadas de los Estados Unidos están amenazadas por las temperaturas en aumento, la elevación del nivel del mar, la intrusión de agua salada y los riesgos incrementados de sequía e inundaciones (Ca. 3: Agua, Sumario Regional; Ca. 20: Caribe, MC 1; Ca. 27: Hawái y el Pacífico, MC 1). En el Medio Oeste, se espera que se incremente la ocurrencia de condiciones que contribuyen a la aparición de algas dañinas, que puede tener como resultado restricciones en el uso del agua para beber y recrear (Ca. 3: Agua, Sumario Regional; Ca. 21: Medio

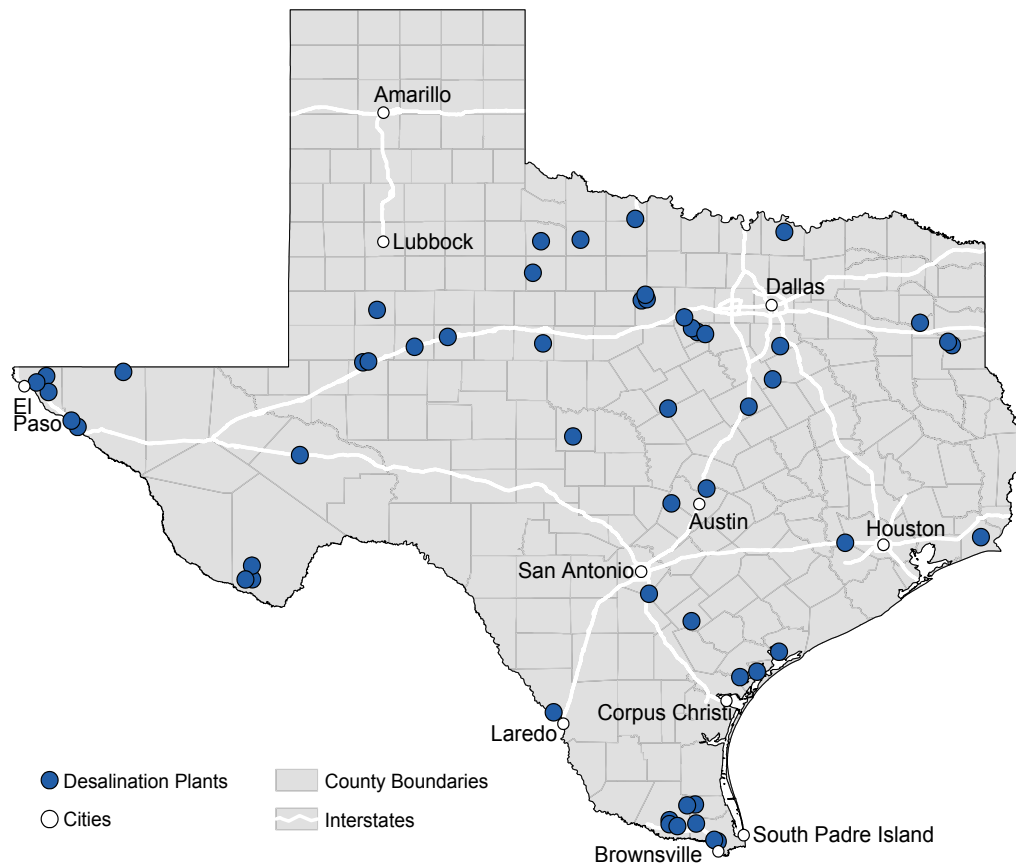


### Impactos de la sequía en la agricultura de Texas

**Figura 1.11:** El cultivo de soja en Texas sostiene los efectos de la sequía en agosto de 2013. Durante el periodo 2010–2015, una sequía regional plurianual afectó gravemente la agricultura en las Grandes Llanuras del sur. Un impacto importante fue la reducción del agua para irrigar que se liberó para los granjeros en las llanuras costeras de Texas. Crédito de la foto: Bob Nichols, USDA.



## Plantas desalinizadoras pueden reducir los impactos de la sequía en Texas



**Figura 1.12:** Las actividades de desalinización en Texas constituyen un importante contribuyente para los esfuerzos del estado para cumplir con las necesidades de agua proyectadas y actuales para las comunidades, la industria y la agricultura. El Plan estatal de agua del 2017 recomienda una expansión de la desalinización para ayudar a reducir los riesgos a largo plazo de los suministros de agua a la sequía, las altas temperaturas y otros factores de estrés. Actualmente, existen 44 plantas desalinizadoras públicas de suministro de agua en Texas. De la Figura 23.8, Ca. 23: Grandes Llanuras del sur (Fuente: adaptado de Texas Water Development Board 2017).

Oeste, MC 3). En la región del Suroeste, los suministros de agua para las personas y la naturaleza están disminuyendo durante las sequías, debido en parte al cambio climático. Las sequías en aumento, los chubascos más fuertes y la acumulación reducida de nieve se combinan con otros factores estresantes como la depleción del agua subterránea para reducir la confiabilidad futura de los suministros de agua en la región, con impactos que repercuten en la producción de energía y otros sectores dependientes del agua (Ca. 3: Agua, Sumario Regional; Ca. 4: Energía, Estado del Sector; Ca. 25: Sudoeste, MC 5). En las Grandes Llanuras del sur, la sequía actual y los incrementos

proyectados en la duración y gravedad de las sequías amenazan la disponibilidad del agua para la agricultura (Figuras 1.11 y 1.12) (Ca. 23: Grandes Llanuras del S., MC 1). Se espera que las reducciones en la acumulación de nieve y los cambios en los tiempos de deshielo reduzcan la producción de energía hidroeléctrica en la región suroeste y noroeste (Ca. 24: Noroeste, MC 3; Ca. 25: Sudoeste, MC 5). Se espera que la sequía amenazaré la perforación en busca de petróleo y gas y el refinamiento, así como las plantas de energía termoeléctrica que se basan en un suministro estable de agua para enfriar (Ca. 4: Energía, Estado del Sector, MC 1; Ca. 22: Grandes Llanuras del N., MC

4; Ca. 23: Grandes Llanuras del S., MC 2; Ca. 25: Sudoeste, MC 5).

Las actividades turísticas, de recreación al aire libre y de subsistencia están amenazadas por la reducción de la acumulación de nieve, el aumento de los incendios forestales y otros factores que afectan el ecosistema y los recursos naturales (Figuras 1.2d, 1.2k y 1.13) (Ca. 7: Ecosistemas, MC 3). Se ha proyectado que la frecuencia creciente de incendios forestales (Ca. 19: Sudeste, Caso Práctico “Prescribed Fire”), los brotes de plagas y enfermedades (Ca. 21: Medio Oeste, Caso Práctico “Adaptation in Forestry”), y otros factores de estrés reduzcan la capacidad de los bosques de los Estados Unidos de soportar la recreación, así como las actividades económicas y de subsistencia (Ca. 6: Bosques, MCs 1 and 2; Ca. 19: Sudeste, MC 3; Ca. 21: Medio Oeste, MC 2). Se espera que los incrementos en los eventos de humo por incendios forestales reduzcan la cantidad y calidad del tiempo empleado en actividades al aire libre (Ca. 13: Calidad del Aire, MC 2; Ca. 24: Noroeste, MC 4). Se espera que las



### Pesca de la almeja navaja del Pacífico en la costa de Washington

**Figura 1.13:** La pesca de la almeja navaja del Pacífico atrae a multitudes en la costa de Washington. Se espera que esta actividad recreativa popular se reduzca debido a la acidificación del océano, el afloramiento de algas dañinas, las temperaturas más cálidas y la degradación de su hábitat. De la Figura 24.7, Ca. 24: Noroeste (Foto cortesía de Vera Trainer, NOAA).

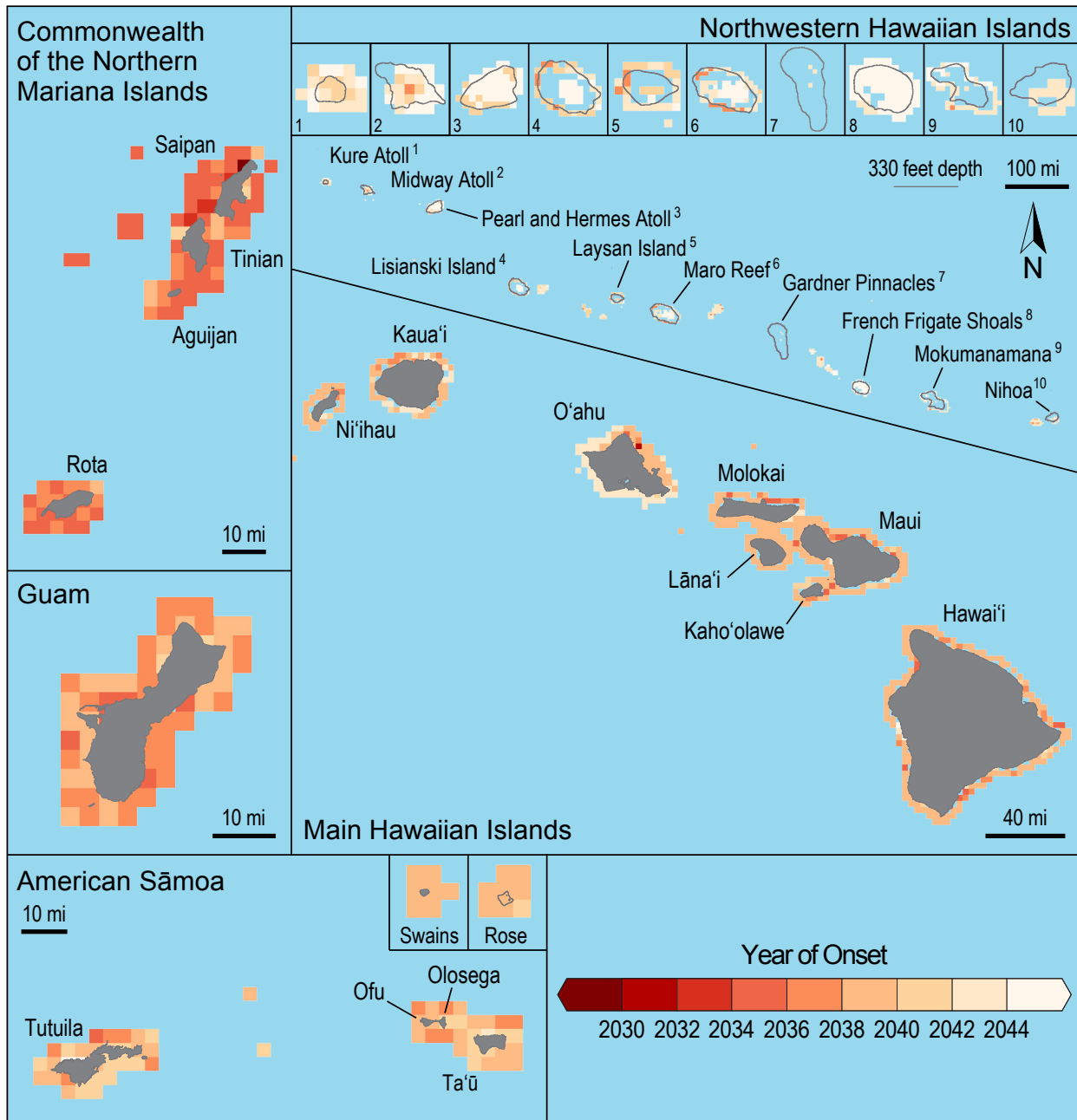
disminuciones proyectadas en la acumulación de nieve en el oeste de los Estados Unidos y los cambios a más precipitación en forma de lluvia que de nieve en la temporada de invierno en muchas partes del centro y el este de los Estados Unidos, produzcan un impacto negativo en la industria de la recreación de invierno (Ca. 18: Noreste, MC 1; Ca. 22: Grandes Llanuras del N., MC 3; Ca. 24: Noroeste, MC 1, Recuadro 24.7). En la región Noreste, las actividades que dependen de la nieve natural y de la capa de hielo pueden no ser económicamente viables para fines de siglo si no hay reducciones significativas en las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global (Ca. 18: Noreste, MC 1). La reducción en la acumulación de nieve, el incremento de incendios forestales, una sequía extendida, las inundaciones, la acidificación del océano y el incremento del nivel del mar amenazan directamente la viabilidad de las empresas de agricultura, pesqueras y madereras en los terrenos tribales en todo Estados Unidos y, además, afectan los sectores de turismo tribal y de recreación (Ca. 15: Pueblos Indígenas, MC 1).

El cambio climático ya ha tenido impactos observables en la biodiversidad y en los ecosistemas a través de Estados Unidos, y se espera que esto continúe. Muchas especies están cambiando sus rangos geográficos (Figura 1.2h), y están ocurriendo cambios en los periodos de eventos biológicos importantes (como la migración y la reproducción) en respuesta al cambio climático (Ca. 7: Ecosistemas, MC 1). El cambio climático también ayuda a la propagación de especies invasoras (Ca. 23: Medio Oeste, Caso Práctico “Adaptation in Forestry”; Ca. 22: Grandes Llanuras del N., Caso Práctico “Crow Nation and the Spread of Invasive Species”), lo que ha sido reconocido como un gran propulsor de la pérdida de biodiversidad y de costos económicos y ecológicos sustanciales a nivel global (Ca. 7: Ecosistemas, Especies Invasivas). En la medida que las condiciones

ambientales continúan cambiando, se espera que ocurran desajustes entre las especies y la disponibilidad de los recursos que necesitan para sobrevivir (Ca. 7: Ecosistemas, MC 2). Sin reducciones significativas en las emisiones de gases de efecto de invernadero a nivel global,

no se podrán evitar extinciones e impactos transformadores en algunos ecosistemas, en el largo plazo (Ca. 9: Océanos, MC 1). Si bien pueden surgir algunas oportunidades de los cambios en los ecosistemas, en muchas áreas las oportunidades económicas y recreativas y el

### Blanqueamiento severo de corales proyectado para Hawái y las Islas del Pacífico Asociadas a los Estados Unidos



**Figura 1.14:** La figura muestra los años para los que se proyecta que ocurrirá blanqueamiento severo de corales anualmente en la región de Hawái y en las Islas del Pacífico Asociadas a los Estados Unidos, bajo el escenario más alto (RCP8.5). Los colores oscuros indican el inicio proyectado del blanqueamiento de corales más pronto. Bajo un calentamiento proyectado de aproximadamente 0.5 °F por década, todos los arrecifes de coral cerca de la costa en la región experimentarán blanqueamiento anual antes de 2050. De la Figura 27.10, Ca. 27: Hawái.



### Promoviendo la recuperación de los arrecifes de coral

**Figura 1.15:** Ejemplos del cultivo de coral en Florida y el Caribe estadounidense que demuestran los diferentes tipos de estructuras utilizados para cultivar fragmentos de corales ramificados. El cultivo del coral es una estrategia pensada para mejorar la comunidad de arrecifes y la función del ecosistema, incluyendo las especies de peces. Las islas del Caribe estadounidense, Florida, Hawái y las Islas del Pacífico Afiliadas a los Estados Unidos enfrentan amenazas similares de blanqueamiento y mortandad de corales, debido al calentamiento de las aguas superficiales del océano y la acidificación de los océanos. Se espera que la degradación de los arrecifes de coral afecte de forma negativa a las pesquerías y a las economías que dependen de estas, en la medida que se pierda el hábitat en ambas regiones. Si bien el cultivo de coral puede proveer cierta recuperación específica, el conocimiento actual y los esfuerzos no están lo suficientemente avanzados para compensar las pérdidas proyectadas por el blanqueamiento y la acidificación. *De la Figura 20.11, Ca. 20: Caribe estadounidense (Créditos de la foto: [parte superior izquierda] Carlos Pacheco, U.S. Fish and Wildlife Service; [parte inferior izquierda] NOAA; [derecha] Florida Fish and Wildlife.)*

legado cultural basado en el uso histórico de las especies o recursos naturales están en riesgo (Ca. 7: Ecosistemas, MC 3; Ca. 18: Noreste, MCs 1 y 2, Recuadro 18.6).

El calentamiento y la acidificación del océano representa grandes y crecientes riesgos para muchos organismos marinos, y se espera que los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas oceánicos conduzcan a reducciones en servicios ecosistémicos importantes, como la acuicultura, la productividad pesquera y las oportunidades recreativas (Ch 9: Océanos, MC 2). Si bien los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas marinos se han expandido, el

alcance de los impactos que ocurren en los ecosistemas de las áreas tropicales y polares es mayor que en cualquier otro lugar en el mundo. El calentamiento del océano actualmente está llevando a reducciones en los arrecifes de coral vulnerables y en los hábitats de hielo marino que sostienen los modos de vida de muchas comunidades (Ca. 9: Océanos, MC 1). La reducción de la extensión del hielo marino en el Ártico representa la pérdida directa de un importante hábitat para los mamíferos marinos, causando reducciones en sus poblaciones (Figura 1.2f) (Ca. 26: Alaska, Recuadro 26.1). Los cambios en el deshielo en la primavera han afectado la habilidad de las comunidades costeras en Alaska, de satisfacer

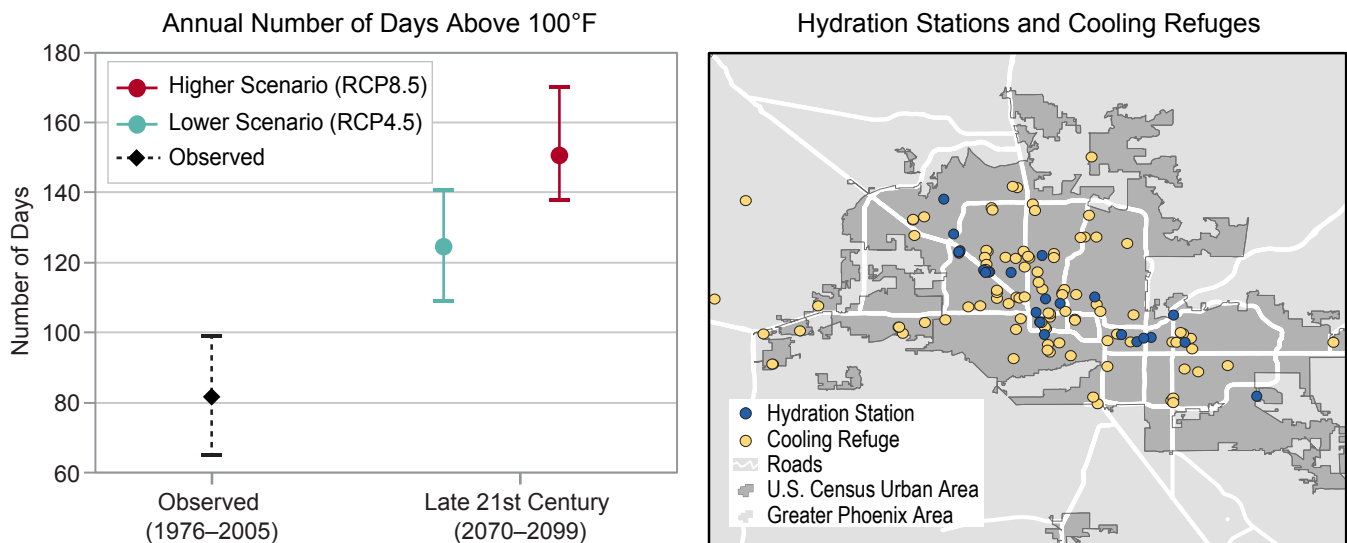
sus necesidades de captura de morsas en los últimos años (Ca. 26: Alaska, MC 1). Se espera que estos cambios continúen en la medida que el hielo marino siga disminuyendo (Ca. 2: Clima, MC 7). En los trópicos, el calentamiento del océano ya ha dado lugar a un extenso blanqueamiento del arrecife de coral y/o brotes de enfermedades en el coral en las costas de Puerto Rico, las Islas Vírgenes de los Estados Unidos, Florida, Hawái y las Islas del Pacífico Afiliadas a los Estados Unidos (Ca. 20: U.S. Caribe, MC 2; Ca. 27: Hawái y el Pacífico, MC 4). Para mediados de siglo, se proyecta que anualmente ocurra un extenso blanqueamiento de coral en Hawái y en las Islas del Pacífico Afiliadas a los Estados Unidos (Figura 1.14). Se espera que el blanqueamiento y la acidificación de los océanos tenga como resultado la pérdida de la estructura del arrecife, causando una reducción en el

rendimiento de las pesquerías y la pérdida de la protección costera y el hábitat, con impactos en el turismo y en los modos de vida en ambas regiones (Ca. 20: Caribe, MC 2; Ca. 27: Hawái y el Pacífico, MC 4). Si bien algunas acciones de respuesta específicas están en marcha (Figura 1.15) muchos impactos, que incluyen las pérdidas de arrecifes de coral únicos y ecosistemas de hielo marino, solo pueden ser evitados mediante la reducción significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global, especialmente el dióxido de carbono (Ca. 9: Océanos, MC 1).

### Salud humana y bienestar

Las temperaturas más altas, los riesgos crecientes en la calidad del aire, los eventos meteorológicos y climáticos extremos más frecuentes e intensos, los incrementos en las inundaciones costeras, la alteración de

## Cambio proyectado en días muy calientes para el 2100 en Phoenix, Arizona



**Figura 1.16:** (izquierda) La gráfica muestra el promedio anual de días con temperaturas por encima de 100 °F en Phoenix, Arizona para el período de 1976–2005, y las proyecciones del promedio anual de días por encima de 100 °F hasta fines del siglo XXI (2070–2099) en el escenario más bajo (RCP4.5) y el más alto (RCP8.5). Las líneas punteadas representan el rango de percentil de 5–95 de los valores observados anuales. Las líneas sólidas representan el rango del percentil de 5–95 de los valores de modelos proyectados. (derecha) El mapa muestra las estaciones de hidratación y los refugios de enfriamiento (ubicaciones cerradas enfriadas que proveen agua y refugio del calor durante el día) en Phoenix en agosto de 2017. Se espera que dichas medidas de respuesta para los eventos de calor intenso sean necesarias a grandes escalas en los próximos años, ante la necesidad de minimizar los efectos adversos a la salud de olas de calor más frecuentes y más severas. Fuentes: (izquierda) NOAA NCEI / CICS-NC / LMI; (derecha) adaptado de *Southwest Cities Heat Refuges* (un proyecto del Laboratorio de Infraestructura Resiliente de la Universidad Estatal de Arizona), disponible en <http://www.coolme.today/#phoenix>. Datos provistos por Andrew Fraser y Mikhail Chester, Universidad Estatal de Arizona.

los servicios ecosistémicos, y otros cambios, amenazan cada vez más la salud y el bienestar de la población de los Estados Unidos, especialmente las poblaciones que ya son vulnerables. Se espera que el cambio climático futuro altere aún más muchas áreas de nuestras vidas, agravando los desafíos existentes y revelando nuevos riesgos para la salud y la prosperidad.

Las temperaturas en aumento representan una serie de amenazas para la salud humana y la calidad de vida (Figura 1.16). Las altas temperaturas en el verano se vinculan directamente a un mayor riesgo de enfermedad y muerte, especialmente entre los adultos mayores, las mujeres embarazadas y los niños (Ca. 18: Noreste, Recuadro 18.3). Con un calentamiento continuo, se proyecta que las muertes relacionadas al frío disminuirán y las muertes relacionadas al calor incrementarán. En la mayoría de las regiones, se espera que los incrementos en las muertes relacionadas al calor superen las reducciones en las muertes relacionadas al frío (Ca. 14: Salud, MC 1). Se espera que las temperaturas en aumento reduzcan la capacidad de generación de electricidad, al mismo tiempo que incrementarán las demandas y costos energéticos, lo que puede a la vez generar interrupciones del suministro eléctrico y apagones (Ca. 4: Energía, MC 1; Ca. 11: Entorno Construido, Sumario Regional, Figura 11.2). Estos cambios perjudican los presupuestos de los hogares, elevan la exposición de las personas al calor y limitan la provisión de servicios médicos y sociales. Los riesgos del estrés por calor son mayores para las personas sin acceso a viviendas con suficiente aislamiento o aire acondicionado (Ca. 11: Entorno Construido, MC 1).

Los cambios en la temperatura y en la precipitación pueden incrementar los riesgos de la calidad del aire provenientes de los incendios forestales y ozono a nivel del suelo (smog). Los incrementos proyectados en los incendios forestales debido al cambio climático

podrían degradar aún más la calidad del aire, resultando en incrementos en los riesgos a la salud e impactos sobre la calidad de vida (Ca. 13: Calidad de Aire, MC 2; Ca. 14: Salud, MC 1). A menos que se implementen esfuerzos por mejorar la calidad del aire, se espera que el cambio climático empeore la contaminación por ozono en la mayor parte del país, con impactos adversos sobre la salud humana (Figura 1.21) (Ca. 13: Calidad de Aire, MC 1). La llegada anticipada de la primavera, las temperaturas más cálidas, los cambios en la precipitación y las concentraciones de dióxido de carbono más altas, también pueden incrementar la exposición a los alérgenos de polen del aire. Se espera que la frecuencia y severidad de las enfermedades alérgicas, incluyendo el asma y la fiebre de heno, se incrementen como resultado de un clima cambiante (Ca. 13: Calidad de Aire, MC 3).

Se espera que los incrementos en las temperaturas del aire y del agua, y los cambios en eventos climáticos y meteorológicos extremos, incrementen la exposición a las enfermedades transmitidas por agua o alimentos, afectando la seguridad del agua y los alimentos. Se proyecta que el rango geográfico y la distribución de los insectos portadores de enfermedades y pestes varíen en la medida que el clima cambie, lo que podría exponer a más personas en Norteamérica a las garrapatas transmisoras de la enfermedad de Lyme y a mosquitos transmisores de virus como el virus del Nilo Occidental, el chikungunya, el dengue y el Zika (Ca. 14: Salud, MC 1; Ca. 16: Internacional, MC 4).

Las consecuencias en la salud mental pueden resultar de la exposición a eventos climáticos o meteorológicos extremos, algunos de los cuales se proyecta se intensificarán a medida que el calentamiento continúe (Ca. 14: Salud, MC 1). Las inundaciones de las ciudades costeras como resultado del incremento en el nivel del mar y de huracanes, por ejemplo, puede tener como resultado evacuaciones forzadas, con efectos adversos en las familias



### Realojo comunitario—Isle de Jean Charles, Luisiana

**Figura 1.17:** (izquierda) Una subvención federal está siendo utilizada para reubicar a la comunidad tribal de la Isle de Jean Charles en Luisiana, en respuesta a la grave pérdida de terrenos, el aumento en el nivel del mar y la inundación costera. *De la Figura 15.3, Ca. 15: Tribus (Crédito de la foto: Ronald Stine).* (derecha) Como parte del reasentamiento de la comunidad tribal de Isle de Jean Charles, los residentes están trabajando con el Lowlander Center y el Estado de Luisiana para finalizar un plan que refleje los deseos de la comunidad. *De la Figura 15.4, Ca. 15: Tribus (Fotografía provista por la Oficina de Desarrollo Comunitario de Luisiana).*



### Medidas de adaptación en Kivalina, Alaska

**Figura 1.18:** Se instaló un muro revestido de rocas en el pueblo nativo de Kivalina en Alaska en el año 2010 para reducir los riesgos crecientes de la erosión. Un nuevo muro revestido de rocas tiene una vida útil estimada de 15 a 20 años. *De la Figura 15.3, Ca. 15: Tribus (Crédito de la foto: ShoreZone [CC BY 3.0]).* El recuadro muestra un acercamiento del muro de rocas en 2011. *Crédito de la foto: Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos - Distrito de Alaska.*

y en la estabilidad de las comunidades, así como en la salud física y mental (Ca. 11: Entorno Construido, MC 1). En áreas urbanas, se espera que las interrupciones en el suministro o la seguridad de los alimentos, relacionada a eventos climáticos o meteorológicos extremos, afecten desproporcionalmente a aquellos que ya experimentan inseguridad alimentaria (Ca. 11: Entorno Construido, MC 3).

Los pueblos indígenas tienen relaciones históricas y culturales con las tierras ancestrales, los ecosistemas y las especies culturalmente importantes, que están siendo amenazadas por el cambio climático (Ca. 15: Pueblos Indígenas, MC 1; Ca. 19: Sudeste, MC 4, Caso Práctico “Mountain Ramps”; Ca. 24: Noroeste, MC 5). Se espera que el cambio climático complique los problemas de salud física existentes en las comunidades indígenas, en parte debido a la pérdida de alimentos y prácticas tradicionales, y en algunos casos, al estrés mental generado por el desplazamiento comunitario permanente (Ca. 14: Salud, MC 2; Ca. 15: Pueblos Indígenas, MC 2). A través de todo Estados Unidos, los pueblos indígenas están considerando o persiguiendo activamente la reubicación como una estrategia de adaptación en respuesta a los desastres relacionados con el clima, las inundaciones más frecuentes, la pérdida de terrenos debido a la erosión, o debido a que sus modos de vida están comprometidos por los cambios en los ecosistemas asociados al cambio climático (Ca. 15: Pueblos Indígenas, MC 3). En Luisiana, se está utilizando una subvención federal para reubicar a la comunidad tribal de Isle de Jean Charles en respuesta a las pérdidas de terrenos severas, el aumento en el nivel del mar y las inundaciones costeras (Figura 1.17) (Ca. 19: Sudeste, MC 2, Caso Práctico “A Lesson Learned for Community Resettlement”). En Alaska, las comunidades nativas costeras ya experimentan una mayor erosión generada por la reducción del hielo marino, la elevación del nivel del mar

y aguas más calientes (Figura 1.18). La erosión costera y en ríos y las inundaciones, en algunos casos requerirán que parte de las comunidades, o incluso comunidades enteras, sean reubicadas a terrenos más seguros (Ca. 26: Alaska, MC 2). Combinado con otros estresores, la elevación del nivel del mar, las tormentas costeras y el deterioro de los arrecifes de coral y los ecosistemas de manglares pondrán en riesgo la habitabilidad a largo plazo de los atolones de coral en la región de Hawái y las Islas del Pacífico Afiliadas a los Estados Unidos, lo que genera problemas de soberanía, seguridad nacional y humana, y equidad (Ca. 27: Hawái y el Pacífico, MC 6).

### **Reduciendo los riesgos del cambio climático**

Se proyecta que el cambio climático afecte significativamente la salud humana, la economía y el medio ambiente en los Estados Unidos, especialmente en futuros con altas emisiones de gases de efecto invernadero y con ninguna o poca adaptación. Los hallazgos recientes refuerzan el hecho de que sin reducciones sustanciales y continuas en las emisiones de gases de efecto invernadero y esfuerzos regionales de adaptación, habrá cambios sustanciales y de gran alcance en el transcurso del siglo 21, con consecuencias negativas para una gran mayoría de los sectores, sobre todo hacia finales del siglo.

Los impactos y los costos del cambio climático ya se están sintiendo en los Estados Unidos, y los cambios en la probabilidad o severidad de algunos eventos climáticos extremos recientes ahora pueden ser atribuidos, con una certeza cada vez mayor, al calentamiento causado por los humanos (ver CSSR, Ca. 3). Los impactos asociados a la salud humana, como las muertes prematuras debido a las temperaturas extremas y a la mala calidad del aire, son algunos de los más sustanciales (Ca. 13: Calidad de Aire, MC 1; Ca. 14: Salud, MCs 1 and 4; Ch 29: Mitigación, MC 2). Si bien muchos



## Recuadro 1.4: Cómo el cambio climático en el mundo afecta a los Estados Unidos

Los impactos de un clima cambiante y los patrones climáticos más allá de las fronteras internacionales de los EE. UU., afectan a aquellos viviendo en los Estados Unidos, a menudo de formas complejas que pueden generar tanto desafíos como oportunidades. El Capítulo Internacional (Ca. 16), nuevo en esta edición de NCA, evalúa nuestra comprensión actual sobre cómo se espera que el cambio climático a nivel global, la variabilidad natural y los extremos asociados impacten y en algunos casos continúen impactando los intereses de los Estados Unidos tanto dentro como fuera de nuestras fronteras.

Los impactos relacionados al clima actuales y proyectados en nuestra economía, incluyen mayores riesgos para las operaciones en el extranjero de las empresas estadounidenses, la interrupción de las cadenas de suministros internacionales y cambios en la disponibilidad, así como en los precios de los productos básicos. Por ejemplo, una grave inundación en Tailandia el año 2011 interrumpió las cadenas de suministro para los fabricantes de aparatos electrónicos en los Estados Unidos (Ca. 16: Internacional, Figura 16.1). Las compañías estadounidenses están respondiendo cada vez más a los riesgos relacionados con el clima, incluso a través de la divulgación de sus finanzas y alianzas con grupos ambientales (Ca. 16: Internacional, MC 1).

Los impactos de eventos relacionados con el clima también pueden minar las inversiones estadounidenses en el desarrollo internacional, al desacelerar o revertir el progreso social y económico en países en desarrollo, debilitando los mercados extranjeros para las exportaciones estadounidenses y aumentando la necesidad de asistencia humanitaria y de esfuerzos de respuesta en casos de desastre. Las herramientas predictivas pueden ayudar a los países vulnerables a anticipar los desastres naturales, como la sequía, y a manejar sus impactos. Por ejemplo, los Estados Unidos y sus socios internacionales crearon la Red de Sistemas de Alerta Temprana contra la Hambruna (Famine Early Warning Systems Network, FEWS NET), que ayudó a evitar la grave escasez de alimentos en Etiopía durante una sequía histórica en 2015 (Ca. 16: Internacional, MC 2).

La variabilidad natural y los cambios en el clima aumentan los riesgos para nuestra seguridad nacional al afectar los factores que pueden exacerbar el conflicto y el desplazamiento fuera de las fronteras de los Estados Unidos, como la inseguridad del agua y alimentos, y las crisis de precios de los productos básicos. De manera más directa, nuestra seguridad nacional se ve impactada por los daños a los activos militares de los Estados Unidos, como las calles, las pistas e infraestructura frente al mar, debido a los eventos climáticos y meteorológicos extremos (Figuras 1.8 y 1.9). El ejército de los Estados Unidos está trabajando para comprender plenamente estas amenazas e incorporar los cambios climáticos proyectados en la planificación a largo plazo. Por ejemplo, el Departamento de Defensa ha llevado a cabo un examen exhaustivo basado en escenarios de los riesgos climáticos por el aumento en el nivel del mar, de todas sus instalaciones militares costeras, incluyendo los atolones en el Océano Pacífico (Ca. 16: Internacional, MC 3).

Finalmente, los impactos del cambio climático ya están afectando los ecosistemas que trascienden las fronteras de nuestra nación y las comunidades que dependen de ellas. Los marcos internacionales para el manejo de nuestros recursos compartidos continúan siendo reestructurados para incorporar los riesgos de estos impactos. Por ejemplo, una comisión conjunta que implementa tratados relativos al agua entre los Estados Unidos y México está explorando estrategias adaptativas de manejo del agua que tome en consideración los efectos del cambio climático y la variabilidad natural en las aguas del Río Colorado (Ca. 16: Internacional, MC 4).

sectores enfrentan grandes riesgos económicos debido al cambio climático, otros impactos pueden tener implicaciones significativas para los recursos sociales o culturales. Además, es muy probable que algunos impactos sean irreversibles durante miles de años, incluyendo aquellos a las especies, como los corales (Ca. 9: Océanos, MC 1; Ca. 27: Hawái y el Pacífico, MC 4), o que impliquen el cruce de umbrales, como los efectos de la desintegración de la capa de hielo en el aumento acelerado del nivel del mar, lo que genera efectos generalizados en el desarrollo costero que durará miles de años (Ca. 29: Mitigación, MC 2).

Los impactos y riesgos futuros del cambio climático están directamente relacionados con las decisiones tomadas en el presente, tanto en términos de mitigación para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (o remover el dióxido de carbono de la atmósfera), como la adaptación para reducir los riesgos de las condiciones climáticas cambiantes en la actualidad y prepararse para impactos futuros. Las actividades de mitigación y adaptación pueden ser consideradas estrategias complementarias: los esfuerzos de mitigación pueden reducir los riesgos futuros, mientras que las acciones de adaptación pueden minimizar las consecuencias de los cambios que ya están ocurriendo como resultado de las emisiones de gases de efecto invernadero pasadas y presentes.

Muchos impactos del cambio climático y los daños económicos en los Estados Unidos pueden reducirse sustancialmente a través de reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero a escala global, complementadas con esfuerzos de adaptación regionales y locales (Ch 29: Mitigación, MC 4). Nuestro entendimiento de la magnitud y la temporalidad de los riesgos que pueden evitarse, varía según el sector, la región y los supuestos sobre cómo las medidas de adaptación

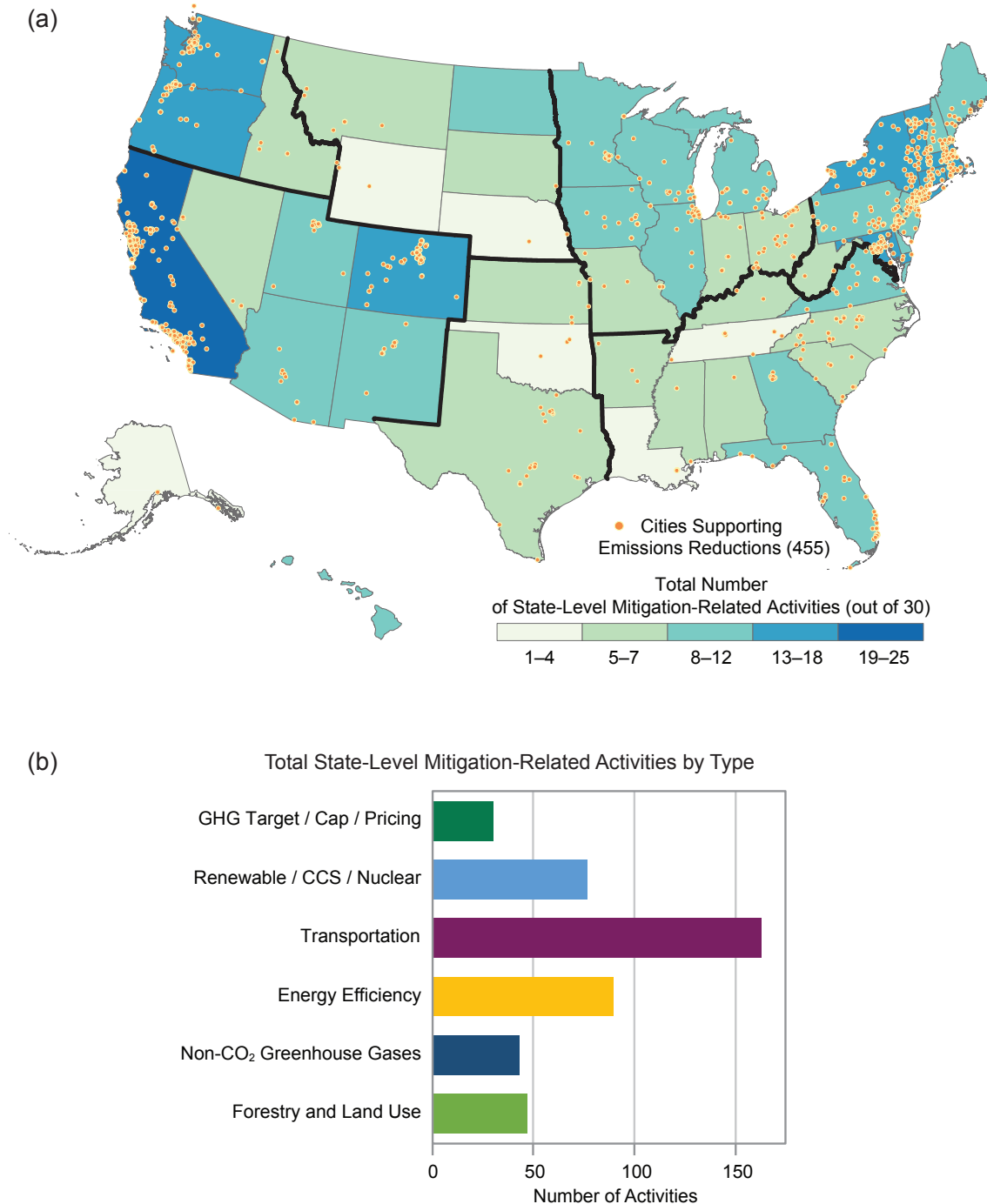
cambian la exposición y la vulnerabilidad de las personas, los medios de subsistencia, los ecosistemas y la infraestructura. Actuar cuanto antes generalmente resulta en costos totales más bajos, tanto para los esfuerzos de adaptación como de mitigación, y puede ofrecer otros beneficios en el corto plazo (Ca. 29: Mitigación, MC 3).

Desde la Tercera Evaluación Nacional del Clima (Third National Climate Assessment, NCA3) en 2014, un número creciente de estados, ciudades y empresas han perseguido o ampliado las iniciativas destinadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, y la escala de implementación de la adaptación en todo el país ha aumentado. Sin embargo, estos esfuerzos todavía no se acercan a la escala requerida para evitar daños sustanciales a la economía, el medio ambiente y la salud humana que se prevé que se produzcan en las próximas décadas (Ca. 28: Adaptación, MC 1; Ca. 29: Mitigación, MCs 1 y 2).

## Mitigación

Muchas actividades dentro de los sectores público y privado tienen como objetivo o tienen el efecto de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, como el creciente uso del gas natural en lugar del carbón o la expansión de la energía eólica y solar para generar electricidad. La combustión de combustibles fósiles representa aproximadamente el 85% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero de los Estados Unidos, mientras que la agricultura, el cambio en la cobertura de terrenos, los procesos industriales y el metano de la extracción y procesamiento de combustibles fósiles así como de residuos (incluidos vertederos, tratamiento de aguas residuales y compostaje) es responsable de la mayor parte del resto. Existe una serie de esfuerzos a nivel federal para promover tecnologías energéticas bajas en carbono y para

## Actividades relacionadas con la mitigación a nivel estatal y local



**Figura 1.19:** (a) El mapa muestra el número de actividades relacionadas con la mitigación a nivel estatal (de entre 30 actividades ilustrativas) así como las ciudades que apoyan las reducciones de emisiones; (b) el gráfico muestra el tipo y la cantidad de actividades por estado. Diversos territorios también tienen una variedad de actividades relacionadas con la mitigación, incluyendo a Samoa, los Estados Federados de Micronesia, Guam, Islas Marianas del Norte, Puerto Rico y las Islas Vírgenes de EE. UU. *De la Figura 29.1, Ca. 29: Mitigación (Fuentes: [superior] EPA y ERT, [inferior] adaptado de America's Pledge 2017).*

aumentar el almacenamiento de carbono en el suelo y en los bosques.

Los enfoques de los gobiernos estatales, locales y tribales para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero incluyen estrategias integrales de reducción de emisiones, así como políticas sectoriales y tecnológicas específicas (ver la Figura 1.19). Desde NCA3, las empresas privadas han informado cada vez más sobre sus emisiones de gases de efecto invernadero, han anunciado objetivos de reducción de emisiones, han implementado acciones para alcanzar esos objetivos y, en algunos casos, incluso han puesto un precio interno al carbono. Los individuos y otras organizaciones también están tomando decisiones todos los días para reducir su huella de carbono.

Las fuerzas del mercado y los cambios tecnológicos, especialmente dentro del sector de la energía eléctrica, han contribuido a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero en los Estados Unidos durante la última década. En 2016, las emisiones de los Estados Unidos alcanzaron sus niveles más bajos desde 1994. Las emisiones del sector eléctrico fueron un 25 % inferiores a los niveles de 2005 en 2016, la mayor reducción de emisiones para un sector de la economía estadounidense durante este tiempo. Esta disminución se debió en gran parte a los aumentos en la generación de gas natural y de energía renovable, así como a mejores estándares y programas de eficiencia energética (Ca. 4: Energía, MC 2). Dados estos avances en la generación, transmisión y distribución de electricidad, las mayores emisiones sectoriales anuales en los Estados Unidos ahora provienen del transporte. Al momento de la redacción de este informe, las proyecciones del desarrollo normal (es decir, sin políticas nuevas) de las emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero en Estados Unidos muestran trayectorias planas o decrecientes durante la próxima década, con una estimación central

de aproximadamente 15 % a 20 % de reducción por debajo de los niveles de 2005 para 2025 (Ca. 29: Mitigación, MC 1).

Estudios recientes sugieren que algunos de los efectos indirectos de las medidas de mitigación podrían reducir significativamente — o posiblemente incluso compensar por completo— los costos potenciales asociados con la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Más allá de la reducción de contaminantes climáticos, existen muchas ventajas, a menudo inmediatas, asociadas con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, como mejorar la calidad del aire y la salud pública, reducir los daños a los cultivos causados por el ozono y aumentar la independencia y seguridad energética mediante una mayor dependencia de fuentes de energía domésticas (Ca. 13: Calidad de Aire, MC 4; Ca. 29: Mitigación, MC 4).

### Adaptación

Existen muchos tipos de acciones de adaptación, incluyendo los cambios en las operaciones comerciales, el fortalecimiento de la infraestructura contra el clima extremo y los ajustes a las estrategias de gestión de los recursos naturales. Alcanzar los beneficios de la adaptación puede requerir inversiones iniciales para lograr ahorros a más largo plazo, interactuar con los intereses y valores de los diferentes interesados y planificar en condiciones de incertidumbre. En muchos sectores, la adaptación puede reducir el costo del impacto climático en más de la mitad (Ca. 28: Adaptación, MC 4; Ca. 29: Mitigación, MC 4).

Al momento del lanzamiento de NCA3 en 2014, sus autores descubrieron que la evaluación y planificación de riesgos estaba en marcha en todos los Estados Unidos, pero su implementación práctica era limitada. Desde entonces, la escala y el alcance de la implementación de la adaptación han

## Cinco Etapas de Adaptación y Progreso



**Figura 1.20:** (a) El mapa muestra el número de actividades relacionadas con la mitigación a nivel estatal (de entre 30 actividades ilustrativas) así como las ciudades que apoyan las reducciones de emisiones; (b) el gráfico muestra el tipo y la cantidad de actividades por estado. Diversos territorios también tienen una variedad de actividades relacionadas con la mitigación, incluyendo a Samoa, los Estados Federados de Micronesia, Guam, Islas Marianas del Norte, Puerto Rico y las Islas Vírgenes de EE. UU. *De la Figura 28.1, Ca. 28: Adaptación (Fuente: adaptada del Consejo Nacional de Investigación 2010. Utilizada con permiso de las Academias Nacionales de Prensa, © 2010, Academia Nacional de Ciencias. Fotografía, en el sentido de las agujas del reloj desde el círculo arriba: National Weather Service; USGS; Armando Rodriguez, Miami-Dade County; Dr. Neil Berg, MARISA; Bill Ingalls NASA).*

aumentado, incluso por agencias federales, estatales, tribales y locales, así como por organizaciones empresariales, académicas y sin fines de lucro (Figura 1.20). Si bien el nivel de implementación ahora es mayor, todavía no es común ni uniforme en todos los Estados Unidos, y la escala de implementación para algunos efectos y ubicaciones a menudo se considera inadecuada para lidiar con la escala proyectada de los riesgos del cambio climático. Generalmente, las comunidades se han enfocado en acciones que abordan los riesgos de la variabilidad climática actual y eventos extremos

recientes, tales como hacer que los edificios y otros activos sean cada vez menos susceptibles a los impactos climáticos. Menos comunidades se han enfocado en medidas para abordar la escala anticipada de cambios futuros y amenazas emergentes, tales como reducir la exposición al prevenir la construcción en lugares de alto riesgo o retirarse de áreas costeras en riesgo (Ca. 28: Adaptación, MC 1).

Muchas iniciativas de adaptación pueden generar beneficios económicos y sociales por encima de sus costos tanto a corto como a largo plazo (Ca. 28: Adaptación, MC 4).

Los daños a la infraestructura, como las redes viales y ferroviarias, son especialmente susceptibles a los supuestos de adaptación, con medidas proactivas que representan los riesgos climáticos futuros los cuales se estiman son capaces de reducir los daños en grandes fracciones. Se estima que más de la mitad de los daños a la propiedad costera se pueden evitar a través de medidas de adaptación como la protección de la costa y el reabastecimiento de la playa (Ca. 29: Mitigación, MC 4). Se dispone de una orientación considerable sobre las medidas cuyos beneficios exceden sus costos en algunos sectores (tales como, respuestas de adaptación a tormentas y subidas del nivel del mar en zonas costeras, inundaciones ribereñas y precipitaciones extremas, y la agricultura a nivel de explotación agraria), pero menos en otras medidas (como los destinados a abordar los riesgos para la salud, la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas) que pueden proporcionar beneficios significativos pero que no son tan conocidas (Ca. 28: Adaptación, MC 4).

La adaptación efectiva también puede mejorar el bienestar social de muchas maneras que pueden ser difíciles de cuantificar, incluida la mejora de las oportunidades económicas, la salud, la equidad, la seguridad nacional, la educación, la conectividad social y el sentido de pertenencia, salvaguardando los recursos culturales y mejorando la calidad ambiental. Agregar estos beneficios a un único valor monetario no siempre es el mejor enfoque, y lo que es más importante, las comunidades pueden valorar los beneficios de manera diferente. Considerar varios resultados por separado en los procesos de gestión de riesgos puede facilitar los procesos de planificación participativa y permitir un enfoque específico en la equidad. Priorizar las medidas de adaptación para poblaciones que enfrentan mayores riesgos del cambio climático, incluyendo las comunidades marginadas y de bajos ingresos, puede ser más equitativo y conducir, por ejemplo, a una mejor infraestructura en sus comunidades y un mayor enfoque en los esfuerzos para

promover la resiliencia comunitaria que puede mejorar su capacidad para prepararse, responder y recuperarse de los desastres (Ca. 28: Adaptación, MC 4).

Una parte significativa del riesgo climático puede abordarse integrando la adaptación climática en inversiones, políticas y prácticas existentes. La integración de la adaptación climática en los procesos de decisión ha comenzado en muchas áreas, que incluye los informes de riesgos financieros, la planificación de la inversión de capital, los estándares de ingeniería, la planificación militar y la gestión del riesgo de desastres. Un número creciente de jurisdicciones abordan el riesgo climático en sus planes de uso del suelo, mitigación de riesgos, mejoramiento de capital y transporte, y un pequeño número de ciudades establecen expresamente una relación entre sus planes costeros y de mitigación de riesgos mediante el análisis de riesgos climáticos futuros. Sin embargo, en el transcurso de este siglo y especialmente en caso de un escenario más alto (RCP8.5), la reducción de los riesgos del cambio climático puede requerir cambios más significativos en las políticas y regulaciones en todas las escalas, planificación comunitaria, sistemas económicos y financieros, aplicaciones tecnológicas, y ecosistemas (Ca. 28: Adaptación, MC 5).

Algunos sectores ya están tomando medidas que van más allá de la integración del riesgo climático en las prácticas actuales. Ante los cambios sustanciales inducidos por el clima en el futuro, incluyendo nuevas especies invasoras y cambios de distribución para las especies nativas, los administradores de los ecosistemas ya han comenzado a adoptar nuevos enfoques como migración asistida y desarrollo de corredores de vida silvestre (Ca. 7: Ecosistemas, MC 2). Muchos millones de estadounidenses viven en zonas costeras amenazadas por el aumento del nivel del mar; en todas las proyecciones de aumento del nivel del mar, salvo en las más bajas, la retirada se convertirá en una opción ineludible en algunas áreas a lo largo de

la costa de los Estados Unidos (Ca. 8: Costas, MC 1). El gobierno federal ha otorgado fondos para la reubicación de algunas comunidades, incluida la tribu Biloxi-Chitimacha-Choctaw de Isle de Jean Charles en Luisiana (Figura 1.17). Sin embargo, las necesidades potenciales de que millones de personas y miles de millones de dólares de infraestructura costera sean reubicados en el futuro crean problemas legales, financieros y de equidad complejos que aún no se han abordado (Ca. 28: Adaptación, MC 5).

En algunas áreas, la falta de datos históricos o actuales para informar las decisiones de política puede ser una limitación para la evaluación de las vulnerabilidades y/o la planificación

efectiva de la adaptación. Para esta Evaluación Nacional del Clima, este fue particularmente el caso para algunos aspectos de las regiones de Alaska, el Caribe estadounidense y Hawái y las Islas Afiladas de los Estados Unidos. En muchos casos, confiar en los conocimientos indígenas es uno de los únicos recursos actuales para reconstruir lo que sucedió en el pasado. Para ayudar a las comunidades de los Estados Unidos a aprender las unas de las otras en sus esfuerzos por fortalecer su resiliencia ante un clima cambiante, este informe destaca los riesgos comunes relacionados con el clima y las posibles medidas de respuesta en todas las regiones y sectores.

## ¿Qué ha Sucedido desde la Tercera Evaluación Nacional del Clima?

Nuestra comprensión y experiencia con la ciencia del clima, impactos, riesgos y adaptación en los Estados Unidos han crecido significativamente desde la Tercera Evaluación Nacional del Clima (NCA3), complementado nuestros conocimientos de los procesos clave en el sistema terrestre, la manera en que las fuerzas humanas y naturales los están cambiando, las implicaciones para la sociedad y la forma en que podemos responder.

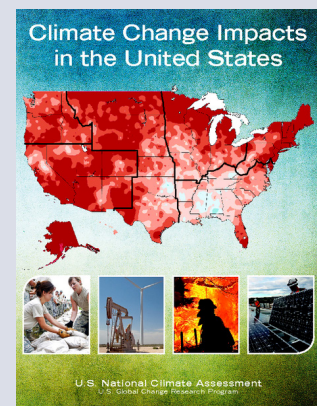
### Avances científicos clave

**Detección y atribución:** Se han logrado avances significativos en la atribución de la influencia humana para eventos extremos climáticos y meteorológicos individuales (ver CSSR, Chs. 3, 6, 7, y 8).

**Eventos Extremos y Circulación Atmosférica:** La manera en que el cambio climático puede afectar tipos específicos de eventos extremos en los Estados Unidos y el grado en que la circulación atmosférica en las latitudes medias está cambiando o se prevé que cambie, posiblemente de formas no capturadas por los modelos climáticos actuales, son áreas de investigación importantes donde el conocimiento científico ha avanzado (consulta CSSR, Chs. 5, 6, 7, y 9).

**Información localizada:** A medida que crecen los recursos informáticos, las proyecciones del clima futuro a partir de modelos globales ahora se llevan a cabo a escalas más reducidas (con una resolución de aproximadamente 15 millas), proporcionando una caracterización más realista de sistemas meteorológicos intensos, incluidos los huracanes. Por primera vez en el proceso NCA, las proyecciones de aumento del nivel del mar incorporan una variación geográfica basada en factores como el hundimiento local de la tierra, las corrientes oceánicas y los cambios en el campo gravitatorio de la Tierra (ver CSSR, Chs. 9 y 12).

**Aguas oceánicas y costeras:** La acidificación de los océanos, el calentamiento y la pérdida de oxígeno



están aumentando, y la comprensión científica de la severidad de sus impactos es cada vez mayor. Tanto la pérdida de oxígeno como la acidificación se pueden magnificar en algunas aguas costeras de los Estados Unidos en relación con el promedio global, aumentando el riesgo de recibir graves consecuencias ecológicas y económicas (ver CSSR, Chs. 2 y 13).

**Cambios rápidos para el hielo en la Tierra:** Nuevas observaciones de muchas fuentes diferentes confirman que la pérdida de hielo en todo el mundo continúa y, en muchos casos, se acelera. Desde NCA3, la Antártida y Groenlandia han seguido perdiendo masa de hielo, con cada vez más evidencias de que la pérdida de masa se está acelerando. Las observaciones continúan mostrando descensos en el volumen de glaciares de montaña en todo el mundo. La extensión mínima anual de hielo marino en septiembre en el Océano Ártico ha disminuido a una tasa de 11 % a 16 % por década desde principios de la década de 1980, con una aceleración de la pérdida de hielo desde 2000. El mínimo anual de extensión de hielo marino para 2016 fue el segundo más bajo registrado; los mínimos de hielo marino en 2014 y 2015 también estuvieron entre los más bajos registrados (ver CSSR, Chs. 1, 11, y 12).

**Sorpresas potenciales:** Tanto los cambios a gran escala en el sistema climático (a veces denominados “puntos de inflexión”) como los extremos compuestos tienen el potencial de generar resultados que son difíciles de anticipar y pueden traer consecuencias significativas. Cuanto más cambia el clima, mayor es el potencial de estas sorpresas (ver CSSR, Capítulo 15).

## Eventos extremos

El cambio climático está alterando las características de muchos fenómenos meteorológicos extremos y eventos relacionados con el clima. Algunos eventos extremos ya se han vuelto más frecuentes, intensos, generalizados o de mayor duración, y se prevé que muchos continuarán aumentando o empeorando, presentando desafíos sustanciales para los sistemas construidos, agrícolas y naturales. Algunos tipos de tormentas como huracanes, tornados y tormentas de invierno también están mostrando cambios que se han relacionado con el cambio climático, aunque el estado actual de la ciencia todavía no permite una comprensión detallada (CSSR, Resumen Ejecutivo). El clima extremo individual y los eventos relacionados con el clima, incluso aquellos que no han sido claramente atribuidos al cambio climático por los análisis científicos, revelan riesgos para la sociedad y vulnerabilidades que reflejan los que esperamos en un mundo más cálido. Los factores estresantes no climáticos (como los cambios en el uso de la tierra y el cambio demográfico) también pueden amplificar los daños asociados con los eventos extremos. La Administración Nacional Oceánica y Atmosférica estima que Estados Unidos ha experimentado desastres climáticos y meteorológicos por USD \$44 mil millones de dólares desde 2015 (hasta el 6 de abril de 2018), incurriendo en costos de casi USD \$400 mil millones (<https://www.ncdc.noaa.gov/billions/>).

**Huracanes:** Se estima que la temporada de huracanes en el Atlántico 2017 causó más de USD \$250 mil millones en daños y más de 250 muertes en el Caribe estadounidense, el Sureste y las Grandes Llanuras del Sur. Más de 30 pulgadas de lluvia cayeron durante el huracán Harvey, afectando a 6,9 millones de personas. Los fuertes vientos del huracán María causaron una gran devastación en el transporte, la agricultura, la comunicación y la infraestructura energética de Puerto Rico. Las precipitaciones extremas de hasta 37 pulgadas causaron inundaciones y deslizamientos de tierra en toda la isla. La interrupción del comercio y las condiciones de vida estándar se mantendrán durante un largo período, mientras que gran parte de la infraestructura de Puerto Rico se reconstruye. El huracán Irma destruyó el 25 % de los edificios en los Cayos de la Florida.





### **Daños de Huracán María en San Juan, Puerto Rico**

Foto tomado durante un vuelo de reconocimiento de la isla en el 23 de septiembre de 2017. Fotografía: Sgt. Jose Ahiram Diaz-Ramos, Puerto Rico National Guard.

**Inundaciones:** En agosto de 2016, una inundación histórica causadas por lluvias de entre 20 y 30 pulgadas durante varios días devastó una gran área del sur de Luisiana, causando más de USD \$10 mil millones en daños y 13 muertes. Más de 30,000 personas fueron rescatadas de las inundaciones que dañaron o destruyeron más de 50,000 casas, 100,000 vehículos y 20,000 comercios. En junio de 2016, las lluvias torrenciales causaron inundaciones destructivas en muchas ciudades de Virginia Occidental, dañando miles de hogares y empresas y causando considerables pérdidas de vidas. Más de 1,500 calles y puentes quedaron dañados o destruidos. El Niño de 2015-2016 ocasionó 11 días de precipitaciones récord en Hawái, causando graves inundaciones urbanas.

**Sequía:** En 2015, las condiciones de sequía causaron alrededor de USD \$5 mil millones en daños en el Suroeste y el Noroeste, así como en partes de las Grandes Llanuras del Norte. California experimentó las condiciones de sequía más severas. Cientos de miles de acres de tierra cultivable permanecieron en barbecho, y se requirió el bombeo de aguas subterráneas en exceso para irrigar las empresas agrícolas existentes. Dos años más tarde, en 2017, una sequía extrema causó daños agrícolas de USD \$2.5 mil millones en las Grandes Llanuras del Norte. Los cultivos de campo, incluido el trigo, fueron severamente dañados, y la falta de alimento para los animales obligó a los ganaderos a vender sus ganados.

**Incendios:** Durante el verano de 2015, más de 10.1 millones de acres (un área más grande que todo el estado de Maryland) se quemaron en todo Estados Unidos, superando el año 2006 en el mayor total anual de

acres quemados en Estados Unidos desde que se inició el mantenimiento de registros en 1960. Estas condiciones de incendios de vegetación se vieron exacerbados por las condiciones de sequía anteriores en varios estados. Los incendios de vegetación más extensos ocurrieron en Alaska, donde 5 millones de acres se quemaron dentro del estado. En Montana, los incendios de vegetación quemaron más de 1 millón de acres. Los incendios de vegetación más costosos se produjeron en California, donde más de 2,500 estructuras fueron destruidas por los incendios de Valley y Butte; las pérdidas aseguradas superaron los USD \$1 mil millones. En octubre de 2017, una tormenta de fuego histórica dañó o destruyó más de 15,000 casas, empresas y otras estructuras en todo California (ver Figura 1.5). Los incendios de Tubbs, Atlas, Nuns y Redwood Valley causaron un total de 44 muertes y su destrucción combinada representa el evento más costoso de incendios forestales registrado.



### **The Deadly Carr Fire**

El fuego Carr (visto por encima del condado Shasta, California en el 4 de agosto 2018) dañó o destruyó más que 1.500 edificios y resultó en varias muertes. Fotografía: Sgt. Lani O. Pascual, U.S. Army National Guard.

**Tornados:** En marzo de 2017, una oleada severa de tornados causó daños en gran parte del Medio Oeste y en el Noreste. Cerca de 1 millón de clientes se quedaron sin energía solo en Michigan debido a los fuertes vientos continuos, que afectaron a varios estados desde Illinois hasta Nueva York.

**Olas de calor:** Honolulu experimentó 24 días de calor sin precedentes durante el evento de El Niño 2015-2016. Como resultado, la compañía de energía local emitió anuncios de servicio público de emergencia para reducir el uso de aire acondicionado que amenazaba la red eléctrica.

## Aspectos Nuevos de esta Evaluación

Cientos de estados, condados, ciudades, empresas, universidades y otras entidades están implementando medidas que desarrollan respuestas ante los impactos y riesgos relacionados con el clima, mientras también apuntan a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Muchas de estas medidas han sido informadas por nuevas herramientas y productos relacionados con el clima desarrollados a través del Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial (U.S. Global Change Research Program, USGCRP) desde NCA3 (ver el Apéndice 3: Productos de escenarios y herramientas de datos); a continuación destacamos brevemente algunos de ellos. Además, se han introducido varios cambios estructurales en el informe y nuevos métodos utilizados en respuesta a las necesidades de las partes interesadas para obtener información más localizada y para abordar las principales carencias identificadas en NCA3. La Tercera Evaluación Nacional del Clima sigue siendo un recurso valioso y relevante: este informe amplía nuestro conocimiento y experiencia, tal como se presentó hace cuatro años.

**El Informe Especial Científico sobre el Clima:** Al principio del desarrollo de NCA4, los expertos y los funcionarios de la Administración reconocieron que realizar una evaluación integral de las ciencias físicas (Volumen I) antes de una evaluación de impactos (Volumen II) permitiría que una informara a la otra. *El Informe Especial Científico sobre el Clima*, publicado en noviembre de 2017, es el Volumen I de NCA4 y representa la evaluación más exhaustiva y actualizada de la ciencia climática en los Estados Unidos y respalda los hallazgos de este informe; sus hallazgos se resumen en el Capítulo 2 (Nuestro Clima Cambiante). Consulte la sección “Avances científicos clave” en este Recuadro y el Recuadro 2.3 en el Capítulo 2 para obtener más información.



**Productos de escenarios:** Como se describe con mayor detalle en el Apéndice 3 (Herramientas de datos y productos de escenarios), los grupos interagenciales federales desarrollaron un conjunto de productos de escenarios de alta resolución que abarcan una gama de cambios futuros plausibles en variables ambientales clave hasta el 2100, como mínimo. Los productos de escenarios generados por el USGCRP sirven para garantizar la congruencia en el informe y mejoran la capacidad para sintetizar entre capítulos. Cuando ha sido posible, los autores han utilizado estos productos de escenarios para enmarcar la incertidumbre del clima futuro en relación con los riesgos que son el punto focal de sus capítulos. Además, el Grupo de Trabajo Interagencial de Indicadores ha desarrollado una plataforma de Indicadores que usa observaciones o cálculos para monitorear condiciones o tendencias en el sistema terrestre, así como las empresas pueden usar el índice de desempleo como un indicador de condiciones económicas (ver la Figura 1.2 y <https://www.globalchange.gov/browse/indicators>).

**Información Localizada:** Con el mayor enfoque en la información local y regional en NCA4, las agencias de USGCRP desarrollaron dos productos adicionales que no solo informan esta evaluación, sino que también pueden servir como valiosas herramientas de respaldo para la toma de decisiones. Los primeros son los resúmenes de clima estatales: una colección revisada por expertos de información sobre cambio climático que cubre las diez regiones NCA4 a nivel estatal. Además de los datos estándar sobre el cambio climático observado y proyectado, cada Resumen del Clima del Estado contiene cambios específicos del estado y sus impactos relacionados, así como un conjunto de gráficos complementarios ([stateclimatesummaries.globalchange.gov](https://stateclimatesummaries.globalchange.gov)). El segundo producto es el Kit de herramientas de resiliencia climática de los Estados

Unidos (<https://toolkit.climate.gov/>), que ofrece herramientas basadas en datos, información y conocimientos especializados sobre la materia de todo el gobierno federal en una ubicación fácil de usar, para que los estadounidenses puedan comprender mejor los riesgos y oportunidades relacionados con el clima que afectan a sus comunidades y puedan tomar decisiones más informadas sobre cómo responder. En particular, los estudios de caso muestran ejemplos de los impactos del cambio climático y las medidas de respuesta complementarias, que complementan los presentados en la Figura 1.1 y permiten a las comunidades aprender cómo reforzar la capacidad de resiliencia entre ellas.

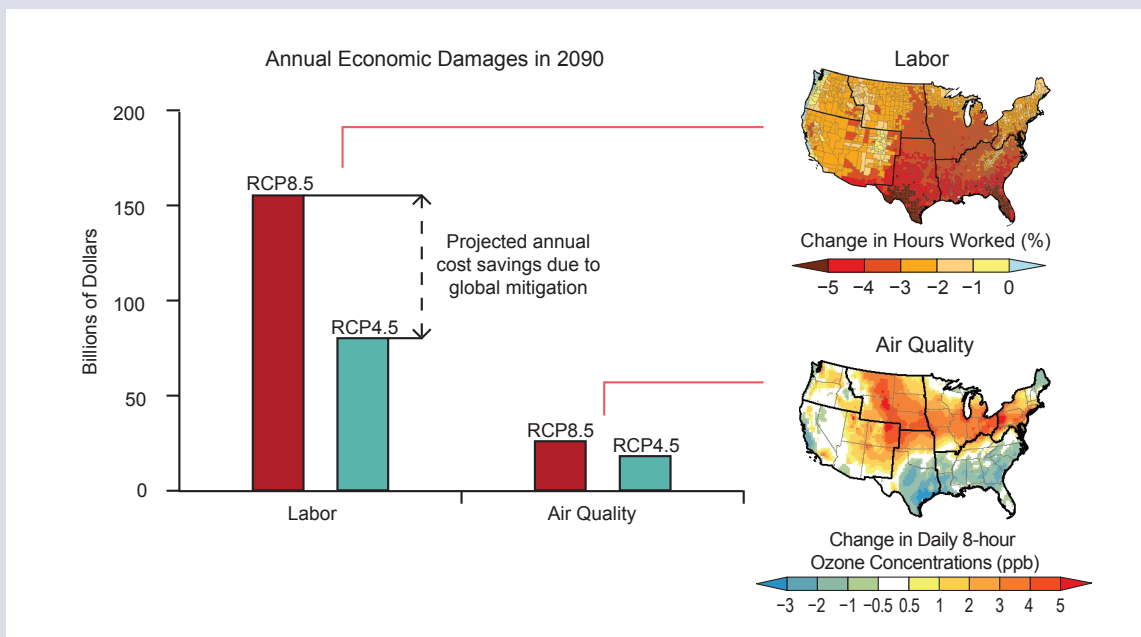
**Capítulos nuevos:** En respuesta a los comentarios del público sobre NCA3 y los puntos de vista solicitada en las primeras etapas de esta evaluación, se han realizado una serie de cambios estructurales significativos. Fundamentalmente, el balance del enfoque del informe ha cambiado de capítulos de nivel nacional a capítulos regionales en respuesta a un creciente deseo de obtener más información localizada sobre los impactos. Sobre la base de este tema, el capítulo de Grandes Llanuras se ha dividido en capítulos Norte y Sur (Capítulos 22 y 23) a lo largo de la frontera entre Kansas y Nebraska. Además, el Caribe estadounidense se presenta ahora como una región separada en este informe (Capítulo 20), centrándose en los impactos únicos, los riesgos y las capacidades de respuesta en Puerto Rico y de las Islas Vírgenes de EE. UU.

La opinión pública también solicitó un mayor contexto internacional en el informe, que se ha abordado a través de dos nuevas incorporaciones. Un nuevo capítulo se centra en temas que incluyen los efectos del cambio climático en el comercio y las empresas estadounidenses, la seguridad nacional y la asistencia humanitaria y el socorro en casos de desastre en los Estados Unidos (Capítulo 16). Un nuevo apéndice internacional (Apéndice 4) presenta una serie de ejemplos ilustrativos de cómo otros países han llevado a cabo evaluaciones climáticas nacionales, poniendo nuestros propios esfuerzos en un contexto global.

Dados los recientes avances científicos, algunos temas emergentes justificaron una plataforma más visible en NCA4. Un nuevo capítulo sobre la Calidad del aire (Capítulo 13) examina cómo los contaminantes atmosféricos tradicionales se ven afectados por el cambio climático. Un nuevo capítulo sobre Interacciones sectoriales, factores estresantes múltiples y sistemas complejos (Capítulo 17) evalúa los riesgos relacionados con el clima para los sistemas humanos y naturales interconectados que son cada vez más vulnerables a los impactos en cadena y destaca los avances en el análisis de cómo estos sistemas interactuarán y responderán a un entorno cambiante (ver Recuadro 1.3).

**Economía integradora:** Este informe, en un grado mucho mayor que las Evaluaciones Nacionales del Clima previas, incluye una cuantificación más amplia y sistemática de los impactos del cambio climático en términos económicos. Si bien esta es una literatura emergente que todavía no se refleja en cada una de las 10 regiones de NCA, representa un avance valioso en nuestra comprensión de los costos y beneficios financieros de los impactos del cambio climático. La Figura 1.21 proporciona una ilustración del tipo de información económica que se integra a lo largo de este informe. Muestra los daños financieros evitados en un escenario más baja (RCP4.5) frente a un escenario más alto (RCP8.5).

## Nuevos estudios de impacto económico



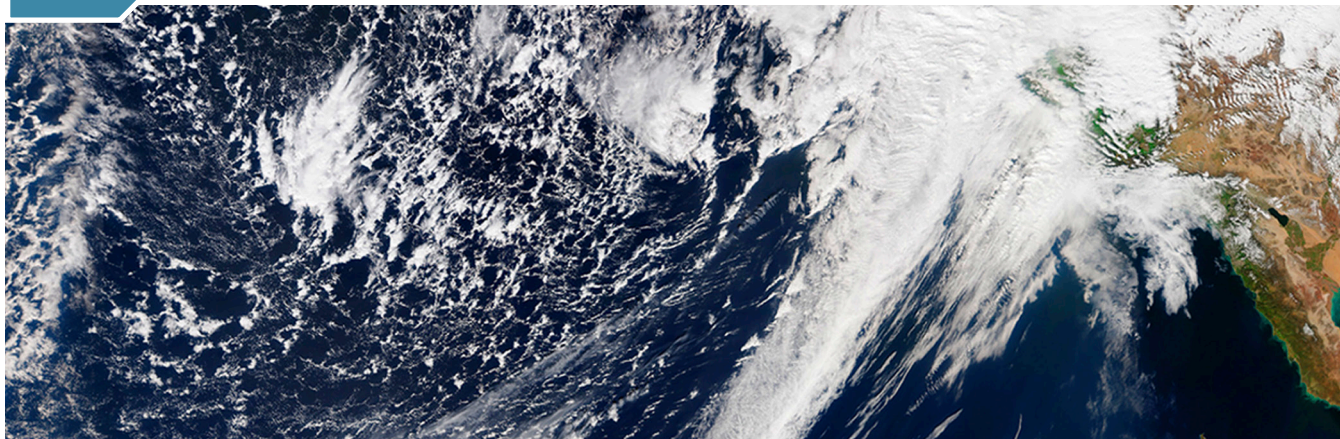
**Figura 1.21:** Se muestran las estimaciones de impacto económico anual para mano de obra y calidad del aire. El gráfico de barras de la izquierda muestra los daños anuales nacionales en 2090 (en miles de millones de dólares de 2015) para un escenario más alto (RCP8.5) y un escenario más bajo (RCP4.5); la diferencia entre la altura de las barras RCP8.5 y RCP4.5 para una categoría dada representa una estimación del beneficio económico para los Estados Unidos a partir de la medida de mitigación global. Para estas dos categorías, las estimaciones de daños no consideran los costos o beneficios de las nuevas medidas de adaptación para reducir los impactos, y no incluyen Alaska, Hawái y las Islas del Pacífico Asociadas a los Estados Unidos ni el Caribe estadounidense. Los mapas de la derecha muestran la variación regional en los impactos anuales proyectados en el escenario más alto (RCP8.5) en 2090. El mapa en la parte superior muestra el porcentaje de cambio en las horas trabajadas en las industrias de alto riesgo en comparación con el período 2003-2007. Las horas perdidas resultan en daños económicos: por ejemplo, USD \$28 mil millones por año en las Grandes Llanuras del Sur. El mapa en la parte inferior es el cambio en el promedio de verano de las concentraciones máximas diarias de ozono de 8 horas (ppb) a nivel del suelo en comparación con el período 1995-2005. Estos cambios en las concentraciones de ozono resultan en muertes prematuras: por ejemplo, 910 muertes prematuras adicionales cada año en el Medio Oeste. *Fuente: EPA, 2017. Marco multimodal para el análisis cuantitativo de los impactos sectoriales: Un informe técnico para la Cuarta Evaluación Nacional del Clima. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, EPA 430-R-17-001.*

# Temas Nacionales

## SUMARIOS EJECUTIVOS

## 2

# Nuestro Clima Cambiante



Un río atmosférico vierte la humedad en el oeste de los Estados Unidos, febrero de 2017.

## Mensaje clave 1

### Cambios observados en el clima global

El clima global está cambiando rápidamente en comparación con el ritmo de las variaciones climáticas naturales que han ocurrido a lo largo de la historia de la Tierra. La temperatura media en el mundo ha aumentado cerca de 1.8 °F entre 1901 y 2017, y las observaciones no pueden atribuir de manera plausible este nivel de calentamiento a ninguna explicación natural; en cambio, la evidencia apunta consistentemente a actividades humanas como la causa predominante, en particular las emisiones de gases de efecto invernadero o que atrapan el calor.

## Mensaje clave 2

### Cambios futuros en el clima global

El clima de la Tierra seguirá cambiando a lo largo de este siglo y más allá. Después de mediados de siglo, la magnitud de los cambios climáticos dependerá principalmente de las emisiones globales de gases de efecto invernadero y de la respuesta del sistema climático de la Tierra al calentamiento inducido por los seres humanos. Con reducciones significativas en las emisiones, el incremento en la temperatura global podría limitarse a 3.6 °F (2 °C) o menos, comparado con las temperaturas preindustriales. Sin reducciones significativas, las temperaturas anuales medias en el mundo podrían aumentar unos 9 °F (5 °C) o más para fines de este siglo, comparado con las temperaturas preindustriales.

## Mensaje clave 3

### Calentamiento y acidificación de los océanos

Los océanos del mundo han absorbido el 93 % del exceso de calor inducido por los seres humanos desde mediados del siglo XX, y en la actualidad absorben más de una cuarta parte del dióxido de carbono emitido anualmente a la atmósfera por las actividades humanas, lo cual ha causado que los océanos sean más calientes y se acidifiquen. El incremento en la temperatura superficial del mar, el aumento del nivel del mar y cambios en los patrones de precipitación, vientos, nutrientes y circulación están contribuyendo a una disminución general en las concentraciones de oxígeno en varias partes del océano.

## Mensaje clave 4

### Aumento global en el nivel del mar

El nivel del mar promedio global ha subido unas 7 a 8 pulgadas (unos 16 a 21 cm) desde 1900, con casi la mitad de este aumento ocurriendo desde 1993, a medida que los océanos se han calentado y el hielo en los continentes se ha derretido. En relación con el año 2000, es muy probable que el nivel del mar suba de 1 a 4 pies (0.3 a 1.3 m) para finales del siglo. Nueva información científica sobre la capa de hielo de la Antártida sugiere que, para los escenarios más altos, es físicamente posible un incremento de más de 8 pies (2.4 m) para 2100, aunque la probabilidad de un resultado tan extremo no puede ser evaluado en este momento.

## Mensaje clave 5

### Incrementos de temperatura en los Estados Unidos

En las dos últimas décadas, la temperatura anual media en la región contigua de los Estados Unidos ha aumentado 1.2 °F (0.7 °C), y 1.8 °F (1 °C) con respecto al principio del siglo pasado. En las próximas décadas, se esperan incrementos adicionales de unos 2.5 °F (1.4 °C) en la temperatura anual media, sin importar el nivel de las emisiones futuras, e incrementos de 3 a 12 °F (1.6 a 6.6 °C) para fin de siglo, dependiendo de si el mundo sigue un escenario más alto o más bajo, con cambios proporcionalmente mayores en extremos de alta temperatura.

## Mensaje clave 6

### Cambios en la precipitación en los Estados Unidos

Desde principios del siglo pasado, la precipitación anual ha aumentado en la mayoría parte de la región norte y este de los Estados Unidos, y disminuido en gran parte del sur y el oeste de los Estados Unidos. En el próximo siglo, se proyectan aumentos significativos en invierno y primavera en las Grandes Planicies del Norte, la Región Central Norte y el Noreste. Se proyecta una continuación de los incrementos observados en la frecuencia y la intensidad de los eventos de precipitación en la mayoría de las regiones de los Estados Unidos. Es probable que en la mayor parte de los Estados Unidos la humedad superficial del suelo se reduzca, acompañado por grandes disminuciones en la acumulación de nieve en el oeste de los Estados Unidos y mayor precipitación invernal en forma de lluvia en lugar de nieve.



## Mensaje clave 7

### Cambio rápido en el Ártico

En el Ártico, las temperaturas anuales medias han aumentado a una tasa de más del doble que la media mundial, un cambio acompañado por el deshielo del permafrost, y pérdida de masa del hielo marino y glacial. Se prevé que la pérdida de hielo glacial y marino continuará en el Ártico; para mediados del siglo, es muy probable que el Ártico esté casi totalmente libre de hielo marino hacia finales del verano. Se prevé que el permafrost continuará a descongelarse durante el próximo siglo, y que el dióxido de carbono y el metano liberados por el deshielo del permafrost tenga el potencial de amplificar el calentamiento inducido por los seres humanos, quizá de manera significativa.

## Mensaje clave 8

### Cambios en tormentas intensas

Los cambios inducidos por los seres humanos están afectando las dinámicas atmosféricas, y contribuyendo a la expansión de los trópicos hacia los polos y al desplazamiento septentrional de la trayectoria de tormentas invernales en el Hemisferio Norte desde 1950. Los incrementos en los gases de efecto invernadero y la reducción en la contaminación del aire han contribuido al aumento en la actividad de huracanes en el Atlántico desde 1970. En el futuro, se proyecta un aumento en la intensidad y precipitación inducida por los huracanes en el Atlántico y Pacífico Norte, así como la frecuencia e intensidad de los “ríos atmosféricos” que tocan tierra en la Costa Oeste.

## Mensaje clave 9

### Incrementos en inundaciones costales

A través de los Estados Unidos, cambios regionales en el aumento del nivel del mar y las inundaciones costeras no están distribuidos de manera uniforme; escenarios bajos indican que cambios en la circulación oceánica, hundimiento terrestre y el deshielo de la Antártida provocarán un aumento del nivel del mar superior a la media en el Noreste y en el Golfo de México bajo escenarios más bajos y en la mayoría de la costa de los Estados Unidos, excepto Alaska, bajo escenarios más altos. Desde la década de 1960, el aumento en el nivel del mar ya ha incrementado la frecuencia de inundaciones por marea alta en un factor de 5 a 10 en varias comunidades costeras de los Estados Unidos. Se espera que la frecuencia, la profundidad y la extensión de las inundaciones por marea sigan aumentando en el futuro, lo mismo que las inundaciones más intensas asociadas con tormentas costeras, como huracanes y tormentas del noreste.

## Mensaje clave 10

### Cambios a largo plazo

El cambio climático provocado por las emisiones de dióxido de carbono de origen humano persistirá por décadas a milenios. Dentro del sistema climático, ciclos que se auto-refuerzan tienen el potencial de acelerar los cambios inducidos por los seres humanos e incluso cambiar el sistema climático de la Tierra a nuevos estados muy distintos a los que se han manifestado en el pasado reciente. No pueden descartarse cambios futuros que estén fuera del rango proyectado por los modelos climáticos y, debido a su tendencia sistemática a subestimar cambios de temperatura en períodos cálidos anteriores, es más probable que los modelos subestimen, y no sobreestimen, el cambio futuro a largo plazo.

Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/climate>



Reparación de dique a lo largo del río San Joaquín en California, febrero de 2017.

## Mensaje clave 1

### Cambios en la cantidad y calidad del agua

Se evidencian importantes cambios en la cantidad y calidad del agua en todo el país. Estos cambios, los cuales se estiman que persistirán, presentan un riesgo continuo para los sistemas humanos y naturales relacionados, así como para los servicios de los ecosistemas afines. Las precipitaciones variables y el aumento de la temperatura están intensificando las sequías, incrementando las lluvias intensas y reduciendo la nieve acumulada. La reducción de la proporción nieve-agua genera importantes diferencias entre los períodos de suministro de agua y demanda. El agotamiento del agua subterránea exacerba el riesgo de sequía. La calidad del agua superficial está disminuyendo a medida que la temperatura del agua aumenta y los eventos más frecuentes de precipitaciones intensas movilizan los agentes contaminantes, como sedimentos y nutrientes.

## Mensaje clave 2

### Infraestructura hídrica deteriorada en riesgo

La infraestructura hídrica deteriorada agrava el riesgo climático que enfrenta la sociedad. Se estima que las precipitaciones extremas aumentarán con el calentamiento global y pueden provocar inundaciones más severas y aumentar riesgo de fallas en la infraestructura en algunas regiones. El diseño de la infraestructura, el funcionamiento, los principios de financiación y los estándares normativos no suelen contemplarse para el cambio climático. La gestión de riesgos al presente típicamente no considera el impacto de los extremos compuestos (coexistencia de eventos múltiples) ni el riesgo de fallas en cadena en la infraestructura.

## Mensaje clave 3

### Gestión hídrica en un futuro cambiante

Las estrategias de gestión hídrica, diseñadas en vista de un futuro en constante evolución que solo podemos anticipar parcialmente, ayudarán a preparar a la nación para los riesgos futuros relacionados con el agua y el clima. En general, los principios actuales de gestión y planificación hídrica no abordan riesgos que cambian con el tiempo, lo cual deja a la sociedad expuesta a más riesgos que los anticipados. Aunque existen ejemplos de enfoques prometedores de gestión del riesgo climático, la brecha entre la investigación y la implementación continúa siendo un desafío, sobre todo teniendo en cuenta las limitaciones normativas e institucionales.

Garantizar el suministro confiable de agua dulce limpia a las personas, las comunidades y los ecosistemas, junto con el manejo eficaz de inundaciones y sequías, es la base de la salud humana y ecológica. El sector hídrico también es central para la economía y contribuye significativamente a la resiliencia de muchos otros sectores, como la agricultura, la energía, los entornos urbanos y la industria.

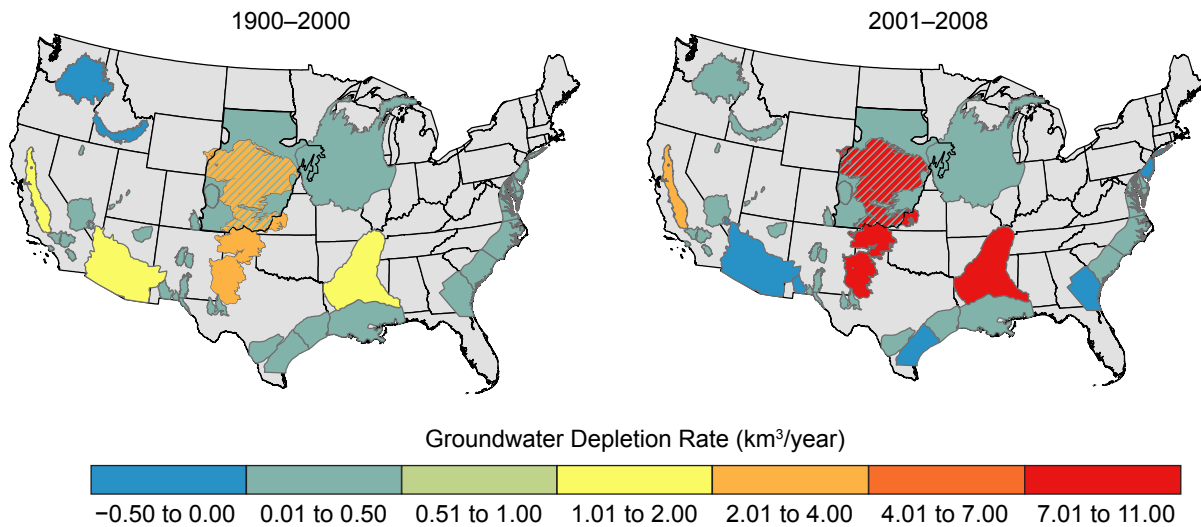
Los sistemas hídricos enfrentan un gran riesgo, incluso sin los cambios climáticos anticipados para el futuro. El almacenamiento limitado de agua superficial, además de la capacidad limitada de utilizar los pronósticos a largo plazo de sequías y de movilizar aguas entre tipos de uso y a través de cuencas, ha conducido a un importante agotamiento de los acuíferos en muchas regiones de Estados Unidos. En todo la Nación, gran parte de la infraestructura crítica de agua y de aguas residuales está llegando al final de su vida útil. Hasta la fecha, no existe ninguna evaluación integral de la vulnerabilidad climática de la infraestructura hídrica en Estados Unidos (incluidas represas, diques, acueductos, cloacas, y sistemas de distribución y tratamiento del agua potable y aguas residuales), de los posibles daños resultantes a la misma ni del costo de reconstrucción y recuperación. De acuerdo con la información paleoclimática (reconstrucciones del clima histórico a partir de núcleos glaciares o anillos de árboles), durante los últimos 500 años, Norteamérica ha tenido cambios pronunciados en el régimen húmedo/seco que a veces

persistieron por décadas. Debido a que éstas exposiciones prolongadas a inundaciones o sequías extremas en diferentes partes del país son extraordinarias en comparación con los eventos del siglo XX, todavía no se han incorporado a los principios y las prácticas de gestión hídrica. El cambio climático previsto para el futuro intensificará este riesgo en muchas regiones.

Uno de los principales desafíos de la planificación y gestión hídrica es aprender a planificar las posibles condiciones climáticas del futuro dentro de un rango más variado que las del siglo XX. Para ello, se necesitan enfoques donde se evalúen planes para muchos escenarios futuros posibles en lugar de solo uno, se incorporen productos para el monitoreo en tiempo real y de pronóstico para manejar mejor los eventos extremos cuando sucedan, y se actualicen las políticas y los principios de ingeniería con el mejor conocimiento basado en las geociencias sobre el cambio planetario disponible. Aunque esto represente una ruptura con la práctica histórica, algunos ejemplos recientes de respuestas de adaptación implementadas por importantes agencias de gestión hídrica, incluidas las principales instalaciones hídricas metropolitanas y el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de EE. UU., son prometedores.

Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/water>

## Agotamiento del agua subterránea en los principales acuíferos regionales de EE. UU.



(Izquierda) Los suministros de agua subterránea se han reducido en los principales acuíferos regionales de Estados Unidos durante el último siglo (1900–2000). (Derecha) Esta disminución se aceleró en los últimos años (2001–2008) debido a las sequías persistentes en muchas regiones y a la falta del almacenamiento adecuado de agua superficial para satisfacer la demanda. Esta reducción del agua subterránea compromete la capacidad de satisfacer las necesidades hídricas durante las sequías futuras y afecta el funcionamiento de los ecosistemas dependientes del agua subterránea. Los valores que se muestran son índices volumétricos netos del agotamiento del agua subterránea (MC3 al año) promediados para cada acuífero. Las subáreas de los acuíferos podrían estar agotándose a una mayor velocidad o podrían estar recuperándose. El sombreado en la figura representa el lugar donde el Acuífero High Plains recubre el profundo y reducido Acuífero Dakota. *De la Figura 3.2 (Fuente: adaptación de Konikow 2015. Reimpresión de Groundwater con autorización de la National Groundwater Association. ©2015).*

# 4

## Energía



Operarios de mantenimiento de líneas trabajan para restaurar la energía eléctrica en Puerto Rico tras el paso del huracán María en 2017.

### Mensaje clave 1

#### Impactos en la energía a escala nacional

El sistema energético del país ya está siendo afectado por los eventos meteorológicos extremos y, debido al cambio climático, se prevé una amenaza aún mayor producto de las interrupciones del suministro eléctrico más frecuentes y prolongadas, que perjudican la infraestructura energética crítica fundamental y generan desequilibrios entre la disponibilidad y la demanda del combustible y la demanda. La confiabilidad, seguridad y resiliencia del sistema energético forman la base de prácticamente cada sector apuntalan casi todos los sectores de la economía estadounidense. El impacto en cadena en otros sectores cruciales podría comprometer la seguridad nacional y económica y nacional.

### Mensaje clave 2

#### Los cambios en el sistema energético afectan las vulnerabilidades

Los cambios en las tecnologías, los mercados y las políticas energéticas están afectando las vulnerabilidades del sistema energético en relación con el cambio climático y las condiciones meteorológicas extremas. Algunos de estos cambios aumentan la confiabilidad y resiliencia, mientras que otros generan vulnerabilidades adicionales. Los cambios comprenden lo siguiente: el gas natural es utilizado cada vez más como combustible para las centrales eléctricas, el precio de los recursos renovables es cada vez más competitivo con una mayor participación en el mercado, y el suministro de energía resiliente está ganando importancia debido a que las telecomunicaciones, el transporte y demás sistemas centrales están más interconectados que nunca.

## Mensaje clave 3

### Aumento de la resiliencia del sistema energético

Se están implementando medidas para mejorar la seguridad, confiabilidad y resiliencia energética con respecto a los efectos del cambio climático y a las condiciones meteorológicas extremas. Este progreso se produce a través de una mejor recopilación, modelado y análisis de datos para respaldar la planificación resiliente; entes privados y alianzas público-privadas apoyando acciones coordinadas; y el desarrollo y despliegue de tecnologías energéticas nuevas e innovadoras para adaptar los recursos energéticos a los peligros meteorológicos extremos. Aunque existen ciertos obstáculos, oportunidades permanecen para acelerar el paso, la escala y el alcance de las inversiones en resiliencia de los sistemas energéticos.

La seguridad económica del país depende cada vez más de un suministro de energía asequible y confiable. Todos los sectores de la economía dependen de la energía, desde la manufactura hasta la agricultura, el sistema bancario, el sistema de salud, las telecomunicaciones y el transporte. El cambio climático y los eventos meteorológicos extremos afectan cada vez más el sistema energético, amenazando con interrupciones en el suministro eléctrico más frecuentes y prolongadas, y con escasez de combustible. Este tipo de eventos pueden tener un impacto en cadena en otros sectores críticos, lo que podría comprometer la seguridad nacional y económica del país. Al mismo tiempo, en el sector energético se están produciendo importantes cambios regulatorios, mercantiles y tecnológicos que, según se estima, afectarán estas vulnerabilidades.

Los impactos del cambio climático y eventos meteorológicos extremos en los sistemas energéticos será diferente a través de Estados Unidos. Las instalaciones y los sistemas energéticos en zonas bajas a lo largo de los cuerpos de agua interiores o cerca de la costa tienen mayor riesgo de inundación por las intensas precipitaciones, el aumento del nivel del mar y los huracanes más intensos. Se estima que el incremento de la intensidad y frecuencia de las precipitaciones extremas afectará la infraestructura energética terrestre

en cada región. Según las proyecciones, el aumento de la temperatura y los eventos de calor extremo reducirán la capacidad de generación de las centrales termoeléctricas y disminuirán la eficiencia de la red de transmisión. Asimismo, se estima que las altas temperaturas incrementarán el uso de aires acondicionados y la demanda de electricidad, lo que muy probablemente resultaría en aumentos del costo de la electricidad. El incremento en la demanda de electricidad anual para refrigeración a través del país se compensa ligeramente por la disminución relativamente pequeña en la demanda de electricidad para calefacción. Los eventos de frío extremo, incluidos los eventos de hielo y las nevadas, pueden dañar el tendido eléctrico e impactar el suministro de combustible. Se estima que las sequías intensas, junto a los cambios en evaporación, la disminución de la nieve acumulada en las montañas y el cambio en los períodos de deshielo de las montañas, reducirán la producción de energía hidroeléctrica y amenazarán la perforación y refinación de gas y petróleo, además de las centrales termoeléctricas que dependen del agua superficial para enfriamiento. De acuerdo con lo previsto, las condiciones más secas aumentarán el riesgo de incendios forestales y el daño a los activos de producción y generación de energía, y a la red de energía eléctrica.

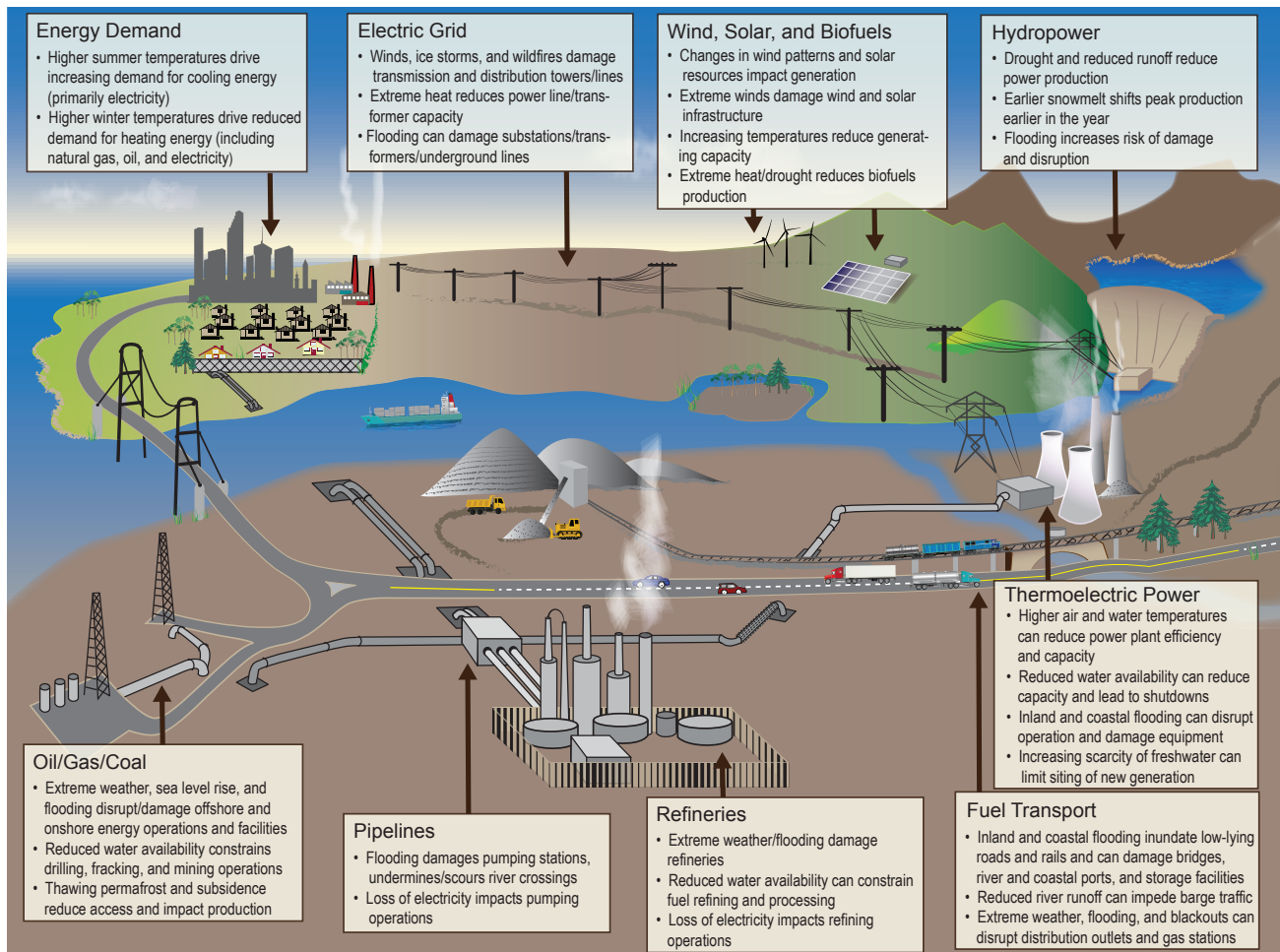
Al mismo tiempo, la naturaleza del sistema energético está cambiando. La generación de gas natural con bajas emisiones de dióxido de carbono ha desplazado la generación de carbón debido a la producción cada vez mayor de gas natural no convencional de bajo costo, apoyada en parte por la inversión federal en investigación y desarrollo. En los últimos 10 años, la cuota de generación utilizando gas natural aumentó del 20% a más del 30%, mientras que el carbón disminuyó desde casi el 50% hasta cerca del 30%. Casi al mismo tiempo, la generación eólica y solar se incrementó desde menos del 1% hasta por encima del 5%, debido a la combinación del progreso tecnológico, reducciones dramáticas en los costos, y políticas federales y estatales.

Es posible abordar los desafíos de un clima y un sistema energético cambiante, y tanto la industria como los gobiernos locales, estatales, regionales, federales y tribales están tomando medidas para mejorar la resiliencia del sistema

energético del país. Estas medidas comprenden acciones operacionales y de planificación cuyo fin es anticipar el impacto climático y evitar o responder a los daños de manera más eficaz, además de medidas de refuerzo para proteger bienes de daños durante eventos extremos. Las medidas de resiliencia pueden tener co-beneficios, como desarrollar e implementar nuevas tecnologías energéticas innovadoras que aumenten la resiliencia y reduzcan las emisiones. Aunque se está actuando en esto, es necesario intensificar la velocidad, la escala y el alcance de los esfuerzos, para garantizar un suministro seguro y confiable de energía y establecer un sistema energético preparado para las condiciones climáticas que permita abordar los riesgos actuales y futuros.

Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/energy>

## Posibles impactos del cambio climático y condiciones meteorológicas extremas



El cambio climático y las condiciones meteorológicas extremas puede afectar todos los componentes del sistema energético del país, desde la producción y distribución de combustible (petróleo, carbón y gas natural) hasta la generación, transmisión y demanda de electricidad. De la Figura 4.1 (Fuente: adaptado del DOE 2013).



# 5

## Cambio en la cobertura terrestre y en el uso de la tierra



Campos agrícolas cerca de la Reserva Ririe en Bonneville, Idaho.

### Mensaje clave 1

#### Los cambios en la cobertura terrestre influyen en el tiempo y el clima

Los cambios en la cobertura terrestre continúan afectando el tiempo y el clima a nivel local y mundial al alterar el flujo de energía, agua y gases de efecto invernadero entre la tierra y la atmósfera. La reforestación puede promover el enfriamiento localizado, mientras que en las zonas urbanas, se prevé que el calentamiento continuo agrave los efectos de la isla de calor urbana.

### Mensaje clave 2

#### Impactos climáticos en la tierra y los ecosistemas

El cambio climático afecta el uso de la tierra y los ecosistemas. Se prevé que el cambio climático afecte de forma directa e indirecta el uso y la cobertura de la tierra al alterar los patrones de disturbios, la distribución de las especies y la idoneidad de la tierra para usos específicos. La composición de los paisajes naturales y humanos, y el modo en que la sociedad usa la tierra, afectan la capacidad de los ecosistemas de la nación para ofrecer bienes y servicios esenciales.

El clima puede afectar y sufrir el efecto de los cambios tanto en la cobertura terrestre (los elementos físicos que cubren la tierra, tales como los árboles o el pavimento) como en el uso de la tierra (la gestión y las actividades humanas sobre la tierra, tales como la minería o la recreación). Es probable que un bosque, por ejemplo, cuente con una cobertura de árboles, pero también es posible que cuente con áreas de árboles talados recientemente que actualmente se encuentran cubiertas de pasto. La cobertura y el uso de la tierra se encuentran inherentemente relacionados: los cambios en las prácticas del uso de la tierra inciden sobre la cobertura terrestre, mientras que la cobertura terrestre posibilita usos específicos de la tierra. Es un desafío el comprender cómo es la variabilidad de la cobertura, el uso, las condiciones y la gestión de la tierra en términos de tiempo y espacio.

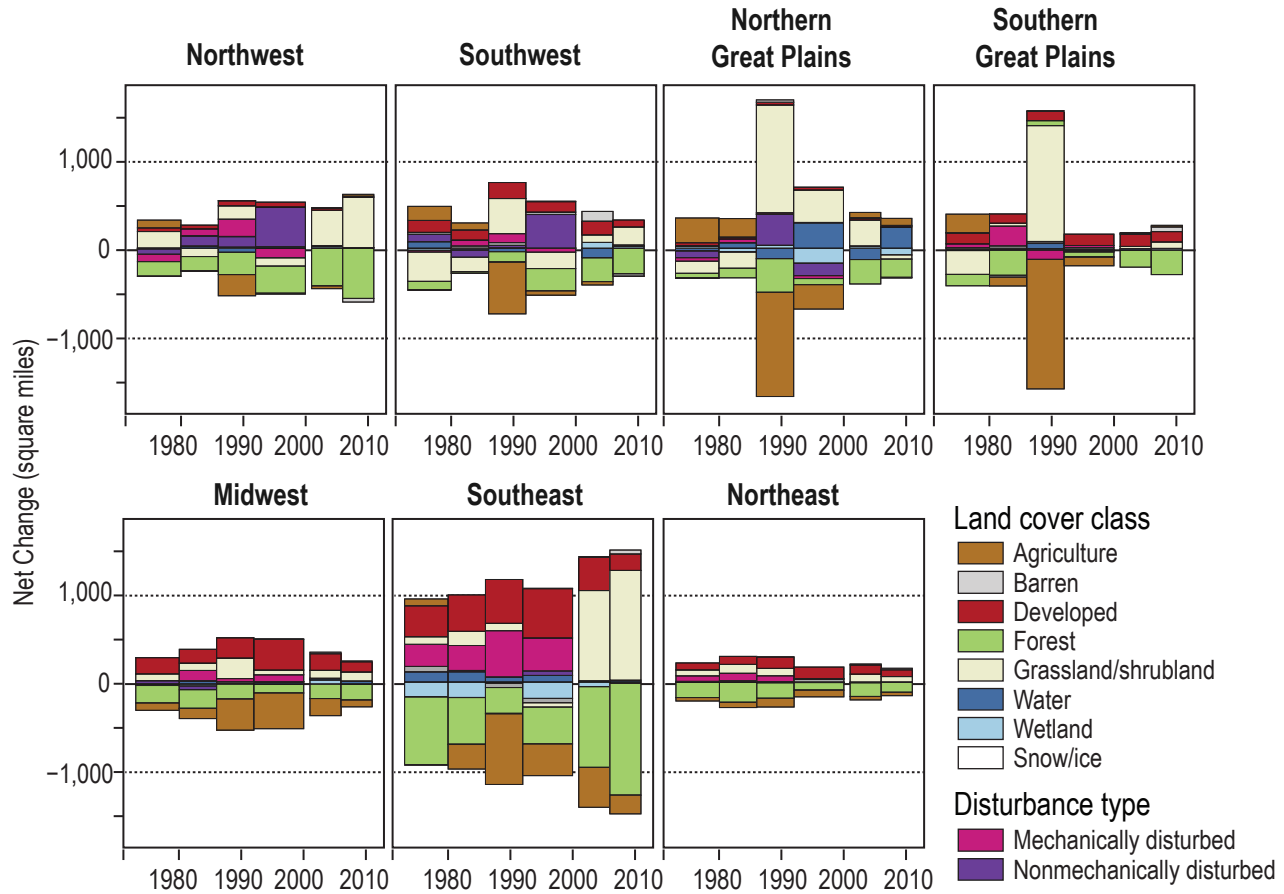
Los cambios en la cobertura terrestre pueden ocurrir como resultado de factores tanto humanos como climáticos. Por ejemplo, la demanda de nuevos asentamientos a menudo genera la pérdida permanente de tierras naturales y de labranza, lo cual puede provocar cambios localizados en los patrones meteorológicos, la temperatura y las precipitaciones. Si estos cambios se acumulan en grandes áreas, pueden influir en el clima de la Tierra al alterar los patrones de circulación regionales y mundiales, cambiando el albedo (la reflectividad) de la superficie de la Tierra y la cantidad de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) presente en la atmósfera. A la inversa, el cambio climático también puede influir en la cobertura terrestre, lo cual genera una pérdida de cobertura forestal debido al aumento de disturbios relacionado con el clima, la expansión de vegetación boscosa en pastizales y la pérdida de playas debido a la erosión costera incrementada por el aumento del nivel del mar.

El uso de la tierra también sufre cambios debido a factores humanos y climáticos. Las decisiones sobre el uso de la tierra tradicionalmente están basadas en factores económicos a corto plazo. Debido a la globalización de muchos mercados, los cambios en el uso de la tierra están cada vez más influidos por fuerzas distantes. También pueden producirse cambios en el uso de la tierra a causa de políticas locales, estatales y nacionales, tales como los programas diseñados para eliminar los cultivos de las tierras altamente erosionables a fin de mitigar la degradación, las leyes para abordar el aumento del nivel del mar en planes locales integrales, o las políticas para reducir la extracción de madera en las tierras federales. La innovación tecnológica también ha influido en el cambio del uso de la tierra, como en la expansión de las tierras cultivadas a partir del desarrollo de tecnologías de riego y, más recientemente, la disminución en la demanda de tierras agrícolas debido al aumento de la productividad de los cultivos. La reciente expansión de las actividades de extracción de petróleo y gas en amplias zonas de Estados Unidos demuestra cómo las políticas, la economía y la tecnología pueden influir en su conjunto en el uso y la cobertura de la tierra.

Las decisiones acerca del uso, la cobertura y la gestión de la tierra pueden ayudar a determinar la capacidad de la sociedad para mitigar el cambio climático y adaptarse a él.

Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/land-change>

## Cambios en la cobertura terrestre por región



La figura muestra el cambio neto en la cobertura terrestre por clase en millas cuadradas, desde 1973 hasta 2011. En respuesta a una serie de factores causales, el cambio de la cobertura terrestre ha sido muy dinámico en términos de espacio, tiempo y sector. El cambio neto de la cobertura terrestre revela el curso de una clase a lo largo del tiempo. Un claro ejemplo aquí ilustrado es la gran disminución de las tierras agrícolas en las dos regiones de las Grandes Llanuras, que comenzó a mediados de 1980 y que fue el resultado, en gran parte, de la implementación del Programa de Reservas para la Conservación. Durante ese mismo período, la agricultura también disminuyó en la región sudoeste; sin embargo, la disminución neta se debió en gran medida a las condiciones prolongadas de sequía, en vez de a los cambios en las políticas federales. Los datos del período 1973–2000 son de Sleeter et al., (2013), mientras que los datos del período 2001–2011 son del NLCD (siglas en inglés, Base de Datos Nacional de Cobertura Terrestre). Nota: las dos categorías de disturbios utilizadas para los datos de 1973 a 2000 no se incluyeron en los datos del NLCD para el período de 2001 a 2011 y representan en gran medida transformaciones relacionadas con actividades de cosecha (disturbio mecánico) e incendio forestal (disturbio no mecánico). No existen datos comparables del Caribe estadounidense, Alaska, y Hawái y las regiones de las Islas del Pacífico Asociadas a los Estados Unidos, lo cual impide su representación en esta figura. De la Figura 5.2 (Fuente: USGS).



La sequía plurianual en California ha provocado la muerte de millones de árboles en los bosques de baja elevación.

## Mensaje clave 1

### Disturbios ecológicos y la salud de los bosques

Es muy probable que los eventos climáticos extremos cada vez más frecuentes incrementen la asiduidad y magnitud de los disturbios ecológicos graves, provocando cambios rápidos (de meses a años) y a menudo persistentes en la estructura y función de los bosques en áreas de tamaño significativo. También es probable que otras variaciones, originadas por el cambio climático gradual y disturbios de menor gravedad, alteren la productividad y la salud forestal, así como la distribución y abundancia de especies, en plazos más largos (de décadas a siglos)

## Mensaje clave 2

### Servicios ambientales

Es muy probable que el cambio climático reduzca la capacidad de muchos ecosistemas forestales de brindar importantes servicios ambientales a la sociedad. Como resultado de las altas temperaturas, las sequías frecuentes y el aumento en disturbios, se prevé una disminución en el crecimiento de los árboles y el almacenamiento de carbono en la mayoría de las zonas geográficas. La aparición y magnitud de los efectos del cambio climático en los recursos hídricos de los ecosistemas forestales pueden variar, pero ya ocurriéndose pueden observar en algunas regiones.

## Mensaje clave 3

### Adaptación

Actualmente se están implementando actividades de manejo forestal que aumentan la resiliencia de los bosques estadounidenses al cambio climático, con una amplia gama de opciones de adaptación para diferentes recursos, incluyendo aplicaciones en la planificación. El ritmo de adaptación futuro dependerá del grado de eficacia con el que las condiciones sociales, organizativas y económicas respalden la implementación.

Los bosques en tierras públicas y privadas ofrecen beneficios al entorno natural, así como beneficios económicos y servicios ambientales a la población de Estados Unidos y de todo el mundo. La capacidad de los bosques de EE. UU. de continuar ofreciendo bienes y servicios se encuentra amenazada por el cambio climático y los consecuentes aumentos en los disturbios y los eventos extremos. Por ejemplo, en Estados Unidos, las intensas sequías y la proliferación de insectos han provocado la muerte de cientos de millones de árboles durante los últimos 20 años, y los incendios forestales han quemado al menos 3,7 millones de acres (1,5 millones de hectáreas) en todo el territorio nacional entre 2000 y 2016, exceptuando tres años. La reciente mortalidad causada por insectos parece no coincidir con el contexto histórico y probablemente esté vinculada con el cambio climático; sin embargo, no está claro si el aumento en la mortalidad de los árboles a causa de incendios, aparentemente relacionada con el clima, se encuentra fuera del rango de lo observado a lo largo de los siglos en cuanto a incendios forestales.

Un clima más cálido disminuirá el crecimiento de los árboles en la mayoría de los bosques con escasez de agua (por ejemplo, los bosques de pino ponderosa de baja elevación), pero probablemente aumente el crecimiento en los bosques con escasez de energía (por ejemplo, los bosques subalpinos, donde la nieve acumulada por largo tiempo y las bajas temperaturas limitan el período vegetativo). La sequía y las temperaturas extremadamente

altas pueden causar estrés por calor en la vegetación y, a su vez, reducir la productividad forestal y aumentar la mortalidad. Es probable que la velocidad del calentamiento climático influya en la salud de los bosques (es decir, en la medida en que los procesos del ecosistema funcionan dentro del rango de variación histórica) y en la competencia entre los árboles, lo que afectará la distribución de algunas especies.

Los disturbios a gran escala (en miles a cientos de miles de acres) que causan un cambio rápido (de días a años) y los efectos más graduales del cambio climático (en décadas) alterarán la capacidad de los bosques de ofrecer servicios ambientales, aunque las alteraciones variarán en gran medida según las especies de árboles y las condiciones biofísicas locales. Por ejemplo, aunque los incendios de copas (incendios forestales que se propagan de una copa de árbol a otra) generarán mortalidad de árboles en extensas áreas de bosques densos y secos del oeste de Estados Unidos que no han sufrido incendios forestales durante varias décadas, se prevé que el aumento en la frecuencia de los incendios facilite la persistencia de la germinación de especies de madera noble, tales como los álamos temblones, en las montañas del oeste, y especies de pino y madera noble resistentes al fuego en el este de Estados Unidos (consulte los capítulos regionales para obtener más información sobre la variación en Estados Unidos). Las sequías, la precipitación abundante, las alteraciones al manto de nieve


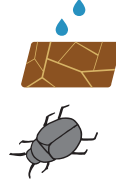

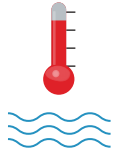
y las cambiantes condiciones forestales están aumentando la frecuencia del curso bajo de los arroyos en verano, las inundaciones en invierno y primavera, y la mala calidad del agua en algunas zonas geográficas, con posibles efectos negativos en los recursos acuáticos y el suministro de agua para las comunidades humanas.

Desde 1990 hasta 2015, los bosques de EE. UU. capturaron 742 teragramos (Tg) de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por año, contrarrestando aproximadamente un 11% de las emisiones de CO<sub>2</sub> de la nación. Se prevé que los bosques de EE. UU. continúen almacenando carbono, pero en menores cantidades, debido uso del terreno y a la menor absorción de CO<sub>2</sub> a medida que los bosques envejecen. Sin embargo, la acumulación de carbono en la superficie del suelo (a profundidades de entre 0 y 4 pulgadas) puede mitigar la disminución de la absorción de carbono de los bosques de EE. UU. si se implementa la reforestación de forma rutinaria en grandes escalas espaciales.

La implementación de la planificación y el manejo de recursos en los bosques, sobre la base de la información climática, ha progresado considerablemente durante la última década. La capacidad de la sociedad y el manejo de recursos para continuar adaptándose al cambio climático estará principalmente determinada por los factores socioeconómicos y la capacidad organizativa. Una fuerza laboral forestal viable puede facilitar medidas oportunas que minimicen los efectos negativos del cambio climático. Garantizar la salud permanente de los ecosistemas forestales y, cuando sea conveniente y posible, mantener los bosques en la cubierta forestal, es un desafío esencial para la sociedad.

Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/forests>

## Vulnerabilidades del cambio climático y opciones de adaptación

				
<b>Climate Change Vulnerabilities</b>	Increasing wildfire area burned and fire season length	Increasing drought severity and incidence of insect outbreaks	Lower snowpack, increasing precipitation intensity, and higher winter peakflows	Lower summer streamflows and increasing stream temperatures
<b>Adaptation Options</b>	Reduce hazardous fuels with prescribed burning and managed wildfire	Reduce forest stand density to increase tree vigor; plant drought-tolerant species and genotypes	Implement designs for forest road systems that consider increased flooding hazard	Use mapping of projected stream temperatures to set priorities for riparian restoration and coldwater fish conservation

Para incrementar la resiliencia ante futuros disturbios y factores de estrés, se han desarrollado ejemplos de opciones de adaptación (manejo de riesgos) en respuesta a las vulnerabilidades del cambio climático en los ecosistemas forestales (evaluación de riesgos) en el noroeste de la región del Pacífico. Las vulnerabilidades y las opciones de adaptación varían según los diferentes ecosistemas forestales. *De la Figura 6.7 (Fuentes: U.S. Forest Service y University of Washington).*



Refugio Nacional para la Vida Silvestre Kodiak, Alaska.

### Mensaje clave 1

#### Impacto en las especies y las poblaciones

El cambio climático continúa afectando a las especies y las poblaciones de forma considerable y perceptible. Los organismos terrestres, marinos y de agua dulce están respondiendo al cambio climático mediante la modificación de sus características individuales, los tiempos de los eventos biológicos y sus distribuciones geográficas. Extinciones locales y globales podrán ocurrir cuando el cambio climático supera la capacidad de adaptación de las especies.

### Mensaje clave 2

#### Impacto en los ecosistemas

El cambio climático está alterando la productividad de los ecosistemas, agravando la propagación de especies invasoras y modificando el modo en que las especies interactúan entre sí y con su entorno. Estos cambios están reconfigurando los ecosistemas de un modo sin precedentes.

### Mensaje clave 3

#### Servicios ecosistémicos en riesgo

Los recursos y servicios ecosistémicos en que dependen los seres humanos para su supervivencia, sustento, protección y bienestar se encuentran amenazados por el impacto del cambio climático sobre los ecosistemas. Cambios fundamentales en la producción agrícola y pesquera, el suministro de agua limpia, la protección contra fenómenos extremos y los recursos con valor cultural están ocurriendo actualmente.

## Mensaje clave 4

### Desafíos en la gestión de recursos naturales

Los impactos del cambio climático suponen un desafío cada vez mayor para las estrategias tradicionales de gestión de recursos naturales. Las estrategias de adaptación que son flexibles, que toman en cuenta la interacción entre el impacto del clima y el de otros factores de estrés, y que son coordinadas a través de escalas de paisajes están progresando de la teoría a la práctica. Aún quedan desafíos importantes si se desea incorporar de forma integral la planificación de la adaptación al clima a la gestión predominante de recursos naturales, y evaluar la eficacia de las medidas tomadas.

La biodiversidad —la variedad de la vida en la Tierra— brinda servicios esenciales que promueven y mejoran la salud y el bienestar humanos. Los ecosistemas, que están conformados por organismos vivos que interactúan con el entorno físico, les ofrecen numerosos beneficios esenciales a los seres humanos. Estos beneficios, denominados servicios ecosistémicos, abarcan cuatro funciones principales: el suministro de materiales, tales como alimento y fibra; la regulación de elementos fundamentales del entorno, tales como la calidad del agua y el control de la erosión; la prestación de servicios culturales, como las oportunidades de recreación y el valor estético; y los servicios de apoyo, tales como el ciclo de nutrientes.<sup>1</sup> El cambio climático supone muchos peligros y posibles alteraciones en los ecosistemas y la biodiversidad, así como en los servicios ambientales de los que dependen los seres humanos.

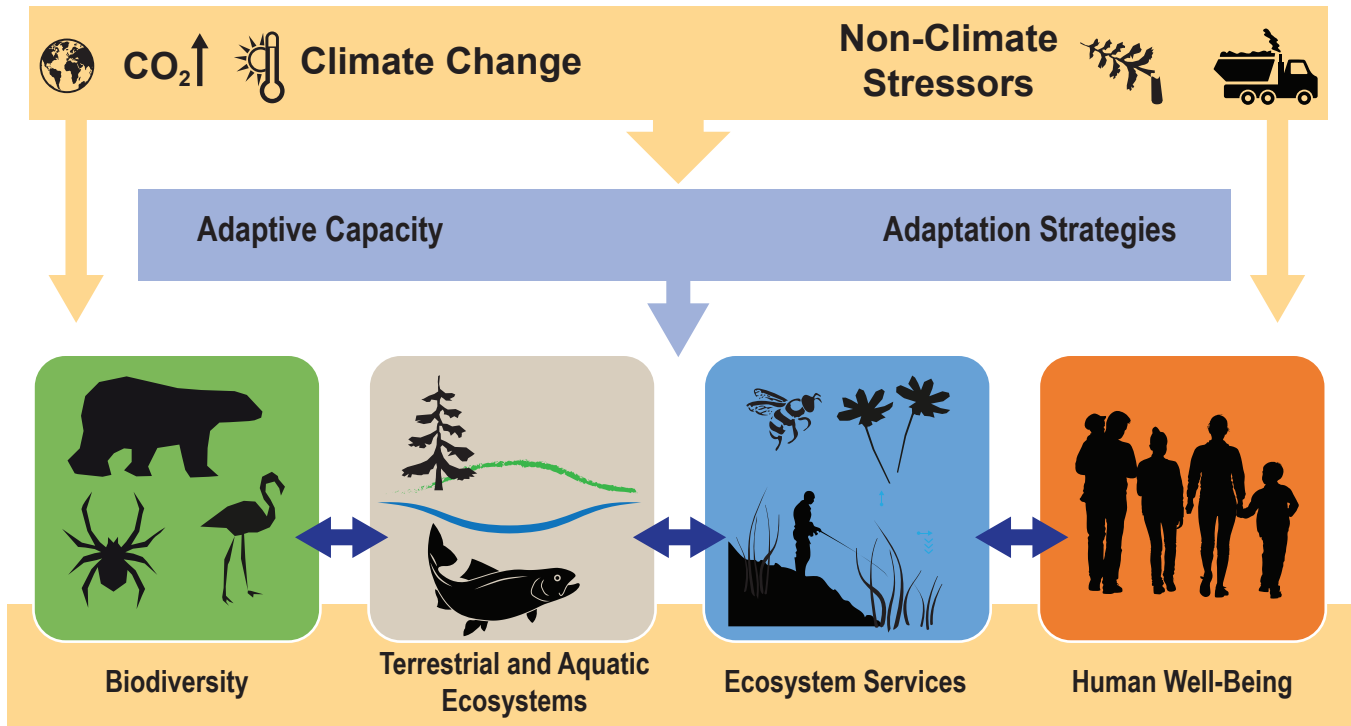
Sobre la base de los hallazgos de la tercera Evaluación Nacional del Clima (NCA3; ver Tabla 7.1),<sup>2</sup> este capítulo ofrece evidencia adicional de que el cambio climático está afectando de forma considerable los ecosistemas y la biodiversidad en Estados Unidos. La creciente evidencia también demuestra que el cambio climático pone cada vez más en peligro los servicios ecosistémicos que sustentan las comunidades, las economías y el bienestar

humano. Tanto los sistemas humanos como naturales responden al cambio, pero su capacidad para responder y prosperar bajo nuevas condiciones está determinada por su capacidad de adaptación, la cual puede ser inadecuada para mantener el ritmo con los cambios rápidos. Desde la NCA3, nuestra comprensión de los impactos del cambio climático y de las respuestas de la biodiversidad y los ecosistemas ha mejorado. Las consecuencias previstas del cambio climático variarán según la región, las especies y el tipo de ecosistema. Las respuestas de gestión van evolucionando a medida que se desarrollan e implementan nuevas herramientas y enfoques; sin embargo, es posible que no puedan contrarrestar los impactos negativos del cambio climático. Aunque han habido esfuerzos de incorporar estrategias de adaptación al clima a la gestión de recursos naturales desde la NCA3, aún queda mucho por hacer para implementar ampliamente la planificación basada en la información climática. Este capítulo presenta más evidencia de los impactos del cambio climático sobre la biodiversidad, los ecosistemas y los servicios ambientales, lo cual refleja una mayor confianza en los hallazgos presentados en la NCA3. El capítulo también ilustra el carácter complejo e interrelacionado de los impactos que el cambio climático tiene en la biodiversidad, los ecosistemas y los servicios que estos ofrecen.



Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/ecosystems>

## Cambio climático, ecosistemas y servicios ecosistémicos



Los factores de estrés climáticos y no climáticos interactúan sinérgicamente con la diversidad biológica, los ecosistemas y los servicios que brindan para el bienestar humano. El impacto de estos factores de estrés puede reducirse mediante la capacidad de los organismos de adaptarse a los cambios de su entorno, así como a través de la gestión flexible de los recursos de los que dependen los seres humanos. La biodiversidad, los ecosistemas, los servicios ambientales y el bienestar humano están interconectados: la biodiversidad sustenta los ecosistemas, los cuales a su vez ofrecen servicios ecosistémicos, y estos servicios contribuyen al bienestar humano. La estructura y función de los ecosistemas también puede influir en la biodiversidad de un área en particular. El uso de los servicios ecosistémicos por parte de los seres humanos, así como el consecuente bienestar que los seres humanos obtienen a partir de estos servicios, pueden tener efectos de retroalimentación en los servicios ambientales, los ecosistemas y la biodiversidad. *De la Figura 7.1 (Fuentes: NOAA; USGS; DOI).*

# 8

## Efectos en las Costas



Las “barreras verdes” naturales ayudan a proteger esta costa e infraestructura de Florida contra tormentas e inundaciones severas.

### Mensaje clave 1

#### Las propiedades y economías costeras ya se encuentran en peligro

La infraestructura pública y el billonario mercado inmobiliario estadounidense se encuentran amenazados por el constante incremento en la frecuencia, la intensidad y el alcance de las inundaciones por mareas debido al aumento del nivel del mar, que produce un impacto en cadena en el resto de la economía. Las tormentas con niveles de agua más altas debido al aumento del nivel del mar y el aumento en la probabilidad de abundantes precipitaciones acentúan el riesgo. En un escenario de alto impacto (RCP8,5), muchas comunidades costeras se verán transformadas hacia finales de siglo, e incluso en un escenario de bajo impacto (RCP4,5 o RCP2,6), muchas personas y comunidades sufrirán consecuencias financieras a medida que las inundaciones crónicas por marea alta generen un aumento de los costos y una reducción del valor de las propiedades. La implementación de medidas de planificación y adaptación a las inundaciones costeras más frecuentes, extendidas y graves disminuiría las pérdidas directas y el impacto en cadena sobre la economía.

### Mensaje clave 2

#### Los entornos costeros ya se encuentran en peligro

La pesca, el turismo, la salud humana y la seguridad pública dependen de ecosistemas costeros saludables que están sufriendo transformaciones, degradación y pérdidas debido, en parte, al impacto del cambio climático, especialmente al aumento del nivel del mar y el aumento de la cantidad de eventos climáticos extremos. La restauración y conservación de los ecosistemas costeros, y la implementación de soluciones de infraestructura natural y basada en la naturaleza pueden mejorar la resiliencia de la comunidad y el ecosistema frente al cambio climático, ayudar a garantizar su salud y vitalidad, y disminuir el impacto directo e indirecto del cambio climático.

## Mensaje clave 3

### Mayores desafíos sociales

A medida que el ritmo y el alcance de las inundaciones y erosiones costeras se aceleran, el impacto del cambio climático sobre nuestras costas acentúa las desigualdades sociales preexistentes, dado que las comunidades afrontan complejos interrogantes sobre quién pagará el impacto actual y las estrategias de adaptación y mitigación futuras, así como sobre la posibilidad de reubicación y el modo y el momento adecuados para realizarlas. En respuesta a las pérdidas y daños reales o previstos a causa del cambio climático, las comunidades costeras se encontrarán entre las primeras comunidades de la nación en evaluar la capacidad del marco legal y de las políticas actuales relativas al clima para afrontar este impacto y, por lo tanto, sentarán precedentes que incidirán sobre las regiones costeras y no costeras.

El capítulo Costas de la Tercera Evaluación Nacional del Clima, publicada en 2014, hace hincapié en el peligro de la sustentabilidad en la zona costera, la alteración de la economía, la vulnerabilidad social desigual y los ecosistemas vulnerables. Este capítulo de Efectos en las costas de la Cuarta Evaluación Nacional del Clima actualiza esos temas, centrándose en incorporar el impacto socioeconómico y medioambiental, y las consecuencias de un clima cambiante. Específicamente, el capítulo explica el peligro que supone el aumento del nivel del mar que intensifica las inundaciones por la marea y las tormentas costeras, el estado de los ecosistemas costeros y el abordaje de la vulnerabilidad social introduciendo las repercusiones en la igualdad social.

Las costas estadounidenses son entornos dinámicos y lugares con una pujante economía para vivir y trabajar. Hasta el año 2013, los condados costeros albergaron 133,2 millones de personas, es decir, el 42% de la población. Las costas conforman motores económicos que generan puestos de trabajo en las industrias pesquera, de defensa, transporte y turismo; contribuyen sustancialmente al producto interno bruto de EE. UU., y funcionan como polos del comercio, con sus puertos marítimos que conectan al país con los socios comerciales internacionales. Las costas albergan diversos ecosistemas, tales como playas,

zonas intermareales, arrecifes, praderas marinas, pantanos salinos, estuarios y deltas que brindan una variedad de importantes servicios entre los que se encuentran la pesca, la recreación y la protección contra tormentas costeras. Las costas de EE. UU. abarcan tres océanos, así como el golfo de México, los Grandes Lagos y las islas del Caribe y del Pacífico.

Los sistemas sociales, económicos y medioambientales a lo largo de las costas están sufriendo el impacto del cambio climático. El peligro que supone el aumento del nivel del mar (ANM) se ve acentuado por los procesos dinámicos, tales como las mareas altas y las inundaciones por marejadas ciclónicas (Ca. 19: Sudeste, MC 2), la erosión (Ca. 26: Alaska, MC 2), el oleaje y sus efectos, la intrusión salina en acuíferos costeros y niveles más altos de las capas subterráneas de agua (Ca. 27: Hawái el Pacífico, MC 1; Ca. 3: Agua, MC 1), las precipitaciones locales (Ca. 3: Agua, MC 1), la escorrentía fluvial (Ca. 3: Agua, MC 1), el incremento de la temperatura del agua y el aire de la superficie (Ca. 9: Océanos, MC 3) y la acidificación oceánica (ver Ca. 2: Clima, MC 3 y Ca. 9: Océanos, MC 1, 2, y 3 para obtener más información sobre la acidificación oceánica, la hipoxia y el calentamiento de los océanos).

Aunque las tormentas, las inundaciones y la erosión siempre han supuesto peligros, en conjunto con el aumento del nivel del mar, actualmente ponen en riesgo aproximadamente un billón de dólares de riqueza nacional en propiedades inmobiliarias costeras así como la viabilidad permanente de las comunidades costeras que dependen del agua, la tierra y otros recursos de la costa para su bienestar económico

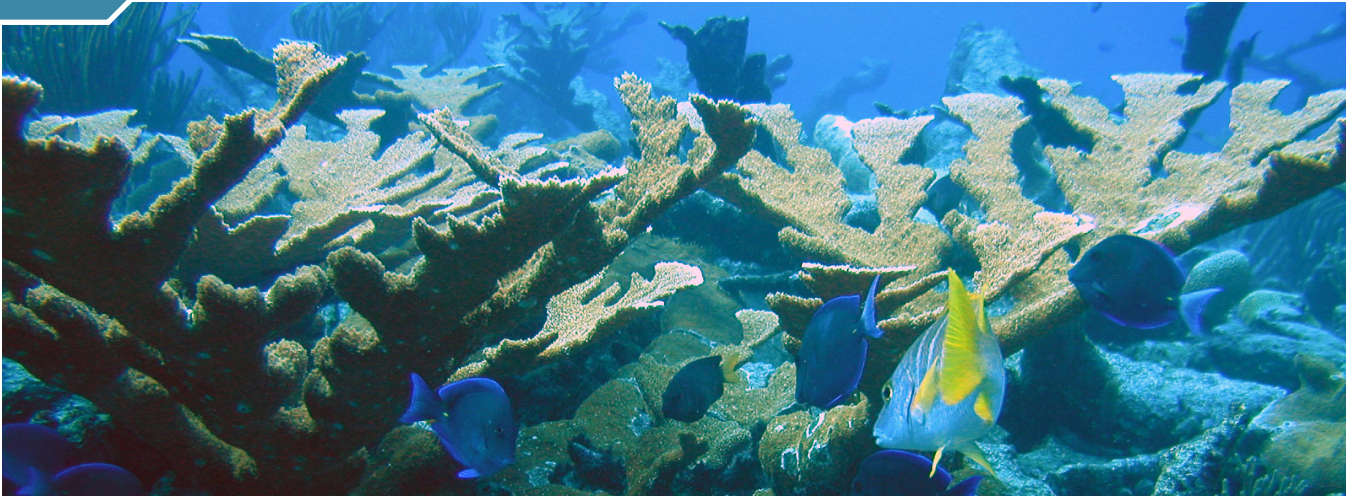
e integridad cultural (Ca. 15: Pueblos Indígenas, MC 1 y 2).

Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/coastal>



### Impacto de la temporada de huracanes de 2017

Quintana Perez vierte agua de una hielera en las aguas de la inundación luego del huracán Irma en Immokalee, Florida. De la Figura 8.6 (Crédito de la foto: AP Photo/Gerald Herbert).



Arrecifes de coral en las Islas Vírgenes de los EE. UU.

## Mensaje clave 1

### Ecosistemas oceánicos

Los valiosos ecosistemas oceánicos de la nación están siendo perturbados por el aumento de las temperaturas globales, mediante la pérdida de hábitats emblemáticos y altamente valorados, y cambios en la composición de las especies y la estructura de la cadena alimentaria. La alteración de los ecosistemas se intensificará a medida que aumenten el calentamiento, la acidificación y la desoxigenación de los océanos, así como otros aspectos del cambio climático. Ante la falta de una reducción considerable de las emisiones de carbono, no se podrán evitar los impactos transformadores en los ecosistemas oceánicos.

## Mensaje clave 2

### Pesquerías marinas

Las pesquerías marinas y las comunidades pesqueras se encuentran en grave peligro, debido a los cambios causados por el clima en la distribución, la temporalidad y la productividad de las especies pesqueras. Se proyecta que el calentamiento, la acidificación y la desoxigenación de los océanos incrementen estos cambios en las especies asociadas a las pesquerías, reduzcan la captura en algunas áreas y pongan en riesgo el manejo efectivo de las pesquerías marinas y las especies protegidas. El manejo de las pesquerías que incorpore el conocimiento climático puede ayudar a reducir el impacto, fomentar la resiliencia y aumentar el valor de los recursos marinos frente a las cambiantes condiciones oceánicas.

## Mensaje clave 3

### Eventos extremos

Los ecosistemas marinos y las comunidades costeras que dependen de ellos se encuentran en riesgo de impactos significativos por los eventos extremos, con combinaciones de temperaturas muy altas, niveles de oxígeno muy bajos o condiciones de alta acidificación. Se proyecta que estos eventos inusuales sean más comunes y más severos en el futuro, y estos exponen vulnerabilidades que pueden motivar un cambio, incluyendo las innovaciones tecnológicas para detectar, pronosticar y mitigar las condiciones adversas.

Los estadounidenses dependen de los ecosistemas oceánicos para la obtención de alimento, empleo, recreación, energía y otros servicios vitales. El aumento del nivel de dióxido de carbono atmosférico altera las condiciones oceánicas a través de tres factores principales: el calentamiento de los mares, la acidificación de los océanos y la desoxigenación. Estos factores están transformando los ecosistemas oceánicos, y estas transformaciones ya están afectando la economía y las comunidades costeras, las culturas y las empresas de EE. UU.

Aunque los cambios en los ecosistemas inducidos por el clima se han propagado por el océano, los impactos más evidentes están ocurriendo en los ecosistemas tropicales y polares, en los cuales el calentamiento de los océanos está causando la pérdida de dos hábitats vulnerables: los arrecifes de coral y el hielo marino. La extensión del hielo marino en el Ártico está disminuyendo, lo cual representa la pérdida directa de un hábitat importante para animales como los osos polares y las focas oceladas, que lo utilizan para la caza, refugio, migración y reproducción. Esto genera una disminución en la abundancia de estas especies (Ca. 26: Alaska, MC 1). El calentamiento ha provocado el blanqueamiento masivo y el brote de enfermedades en los corales de las costas de Puerto Rico, las Islas Vírgenes de EE. UU., Florida, Hawái y las Islas del Pacífico Asociadas a los Estados Unidos (Ca. 20: Caribe, MC 2; Ca. 27: Hawái y el Pacífico, MC 4) lo que pone en peligro a los ecosistemas de arrecifes y a las

personas que dependen de ellos. Se prevé que solo la pérdida de los beneficios recreativos de los arrecifes de coral de Estados Unidos, alcance los USD 140.000 millones (descontado al 3%, en dólares de 2015) para el año 2100. La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (por ejemplo, por debajo de RCP4,5; consulte la sección de Productos de escenarios del Anexo 3 para obtener más información sobre los escenarios) podría reducir estas pérdidas acumuladas hasta en USD 5.400 millones, pero no evitará muchos de los impactos ecológicos y económicos.

El calentamiento, la acidificación y la desoxigenación de los océanos están generando cambios en la productividad, el reclutamiento, la supervivencia y, en algunos casos, el movimiento activo de especies para rastrear sus condiciones preferidas de temperatura, por lo que la mayoría se desplazan hacia el norte o hacia aguas más profundas en la medida que se calientan los océanos. Estos cambios están impactando la distribución y la disponibilidad de muchos peces e invertebrados de valor comercial y recreativo. Los efectos del calentamiento, la acidificación y la desoxigenación de los océanos en las especies marinas, tendrán efectos en las decisiones de manejo de las pesquerías, desde los cierres estacionales y espaciales, hasta el establecimiento de cuotas anuales, asignaciones y planes de recuperación de las poblaciones de peces. Tener en cuenta estos factores es fundamental para un manejo de las pesquerías preparado para afrontar el cambio

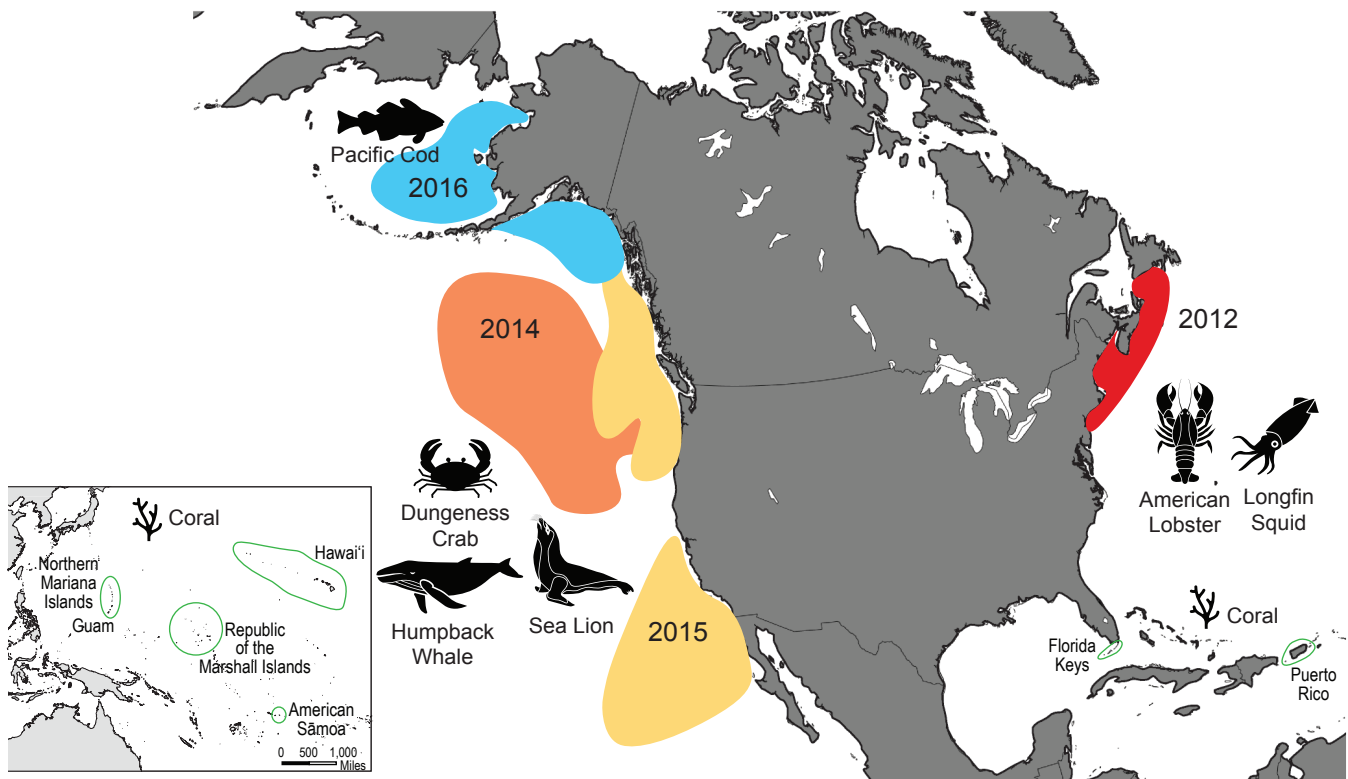
climático. Incluso, sin tener directamente en cuenta los efectos climáticos, el manejo de las pesquerías de forma precautelar y mejores incentivos pueden aumentar los beneficios económicos y mejorar la resiliencia.

Los cambios a corto plazo en el clima o en la circulación oceánica pueden combinarse con las tendencias climáticas a largo plazo para producir períodos de condiciones oceánicas muy inusuales que pueden tener un gran impacto en las comunidades costeras. Dos de estos eventos están particularmente bien documentados: la ola de calor marina del año 2012 en el noroeste del océano Atlántico y la secuencia de eventos de calentamiento oceánico entre los años 2014 y 2016 en el noreste del océano Pacífico, incluyendo una

gran zona de agua muy cálida y persistente a la que se denominó “Blob” (“gota”). Los ecosistemas de estas regiones experimentaron condiciones muy cálidas (más de 3.6 °F [2 °C] por encima del rango normal) las cuales se mantuvieron durante varios meses o más. Eventos extremos en los océanos aparte de aquellos relacionados con la temperatura, incluyendo la acidificación oceánica y el bajo nivel de oxígeno, pueden generar importantes alteraciones en los ecosistemas y en las personas, pero también pueden promover la preparación y la adaptación.

Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/oceans>

## Eventos extremos en las aguas de EE. UU. desde 2012



La ola de calor del Atlántico Norte de 2012 se concentró en el Golfo de Maine; sin embargo, también hubo períodos más breves con temperaturas muy cálidas que se extendieron desde el Cabo Hatteras hasta Islandia durante el verano de 2012. Este evento afectó a la langosta y al calamar de aleta larga, y a las pesquerías relacionadas con estas especies. El evento del Pacífico Norte comenzó en 2014 y se extendió hacia la costa en 2015 y hasta el Golfo de Alaska en 2016, provocando un gran afloramiento de algas tóxicas que afectaron la pesca de cangrejo Dungeness y contribuyeron directa e indirectamente a la muerte de leones marinos y ballenas jorobadas. Los arrecifes de coral de EE. UU. que experimentaron un blanqueamiento de moderado a grave durante el evento de blanqueamiento masivo global de 2015 y 2016 se indican con íconos de corales. De la Figura 9.3 (Fuente: *Gulf of Maine Research Institute*).



Tyringham, Massachusetts.

## Mensaje clave 1

### La reducción de la productividad agrícola

La producción de alimentos y forraje disminuirá en las regiones que sufran un aumento en la frecuencia y la duración de las sequías. Los cambios en los patrones de precipitación, junto con temperaturas elevadas, intensificarán los incendios forestales lo que reduce el forraje en los pastizales, acelera el agotamiento de los suministros de agua para riego, y expande la distribución e incidencia de pestes y enfermedades en los cultivos y el ganado. Para desarrollar cultivos de mayor rendimiento y resistencia al estrés, se están implementando enfoques modernos de reproducción junto con el uso de nuevos genes provenientes de cosechas silvestres con una relación afín a las plantas cultivadas.

## Mensaje clave 2

### La degradación de los recursos edáficos (suelos) e hídricos

La degradación de recursos edáficos e hídricos esenciales incrementará a medida que aumenten los eventos de precipitación extrema en nuestras regiones agrícolas. La producción agrícola sostenible se encuentra amenazada por el exceso de escorrentía, lixiviación e inundaciones, que provocan la erosión del suelo, una degradación de la calidad del agua de los lagos y arroyos, y daños en la infraestructura de las comunidades rurales. Las prácticas de manejo para restaurar la estructura del suelo y la función hidrológica del paisaje son esenciales para mejorar la resiliencia ante estos desafíos.



## Mensaje clave 3

### Los desafíos de salud en las poblaciones rurales y el ganado

Los desafíos para la salud humana y del ganado están aumentando debido al aumento en la frecuencia e intensidad de las temperaturas extremadamente altas. Las condiciones de calor extremo contribuyen a los golpes de calor, la insolación y los ataques cardíacos en los seres humanos. El estrés por calor en el ganado genera importantes pérdidas económicas para los productores. La ampliación de los servicios de salud en las áreas rurales, el uso de ganado resistente al calor y el diseño mejorado del alojamiento confinado para animales son avances importantes que contribuyen a minimizar estos retos.

## Mensaje clave 4

### La vulnerabilidad y capacidad de adaptación de las comunidades rurales

Los habitantes de las comunidades rurales con frecuencia tienen una capacidad limitada para responder al impacto del cambio climático, debido a la pobreza y a la escasez de recursos comunitarios. La comunicación, el transporte, el agua y la infraestructura sanitaria son vulnerables frente a la alteración que generan los factores de estrés climático. Alcanzar la resiliencia social frente a estos desafíos implicaría un aumento en la capacidad local de realizar mejoras de adaptación en los recursos comunitarios compartidos.

En 2015, los productores agrícolas estadounidenses contribuyeron USD 136.7 mil millones a la economía y proveyeron 2.6 millones de empleos. Aproximadamente la mitad de los ingresos provienen de la producción de ganado. Otros sectores de la cadena alimentaria relacionados con la agricultura contribuyeron unos USD 855 mil millones de producto interno bruto y proveyeron 21 millones de empleos.

En 2013, aproximadamente 46 millones de personas, el 15% de la población estadounidense, vivía en condados rurales que abarcaban el 72% de la superficie terrestre de la nación. De 2010 a 2015, una cantidad histórica de condados rurales experimentaron una reducción de su población, y tendencias demográficas recientes señalan un crecimiento del empleo y de la población relativamente lentos en las áreas rurales, así como altas tasas de pobreza. Las comunidades rurales, en las que la subsistencia está más directamente

interrelacionada con la agricultura, son particularmente vulnerables a la volatilidad agrícola relacionada con el clima.

El cambio climático tiene la capacidad de generar un impacto adverso en la productividad agrícola a nivel local, regional y continental a través de alteraciones en los patrones de precipitaciones, un aumento en la frecuencia de eventos climáticos extremos (incluidas las temperaturas elevadas o las sequías) y una alteración en los patrones de presión por plagas. Los riesgos relacionados con el cambio climático dependen de la velocidad y la intensidad del cambio, así como de la capacidad de los productores de adaptarse ante él. Estas adaptaciones incluyen la alteración de la producción, la modificación de los insumos utilizados en la producción, la adopción de nuevas tecnologías y la modificación de las estrategias de manejo.

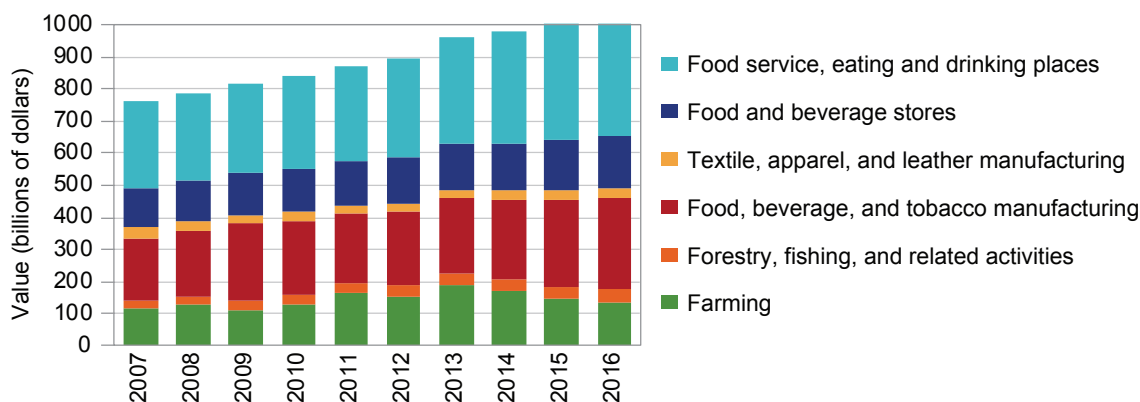
La producción agrícola de los EE. UU. depende en gran medida de la tierra, el agua y otros recursos naturales de la nación; y estos recursos se ven afectados directamente por el clima y las prácticas agrícolas. Se prevé que el cambio climático aumente la frecuencia de los eventos extremos de precipitación en muchas regiones de los Estados Unidos. Dado que los eventos extremos de precipitación aumentan el riesgo de escorrentía superficial, erosión del suelo y pérdida de carbono en la tierra, se

necesitan otras medidas de protección para proteger el progreso que se ha alcanzado para reducir la erosión del suelo y la degradación de la calidad del agua. Esto a través de la implementación de desagües empujados, cultivos de cobertura, labranza de conservación y franjas de protección de vías fluviales.

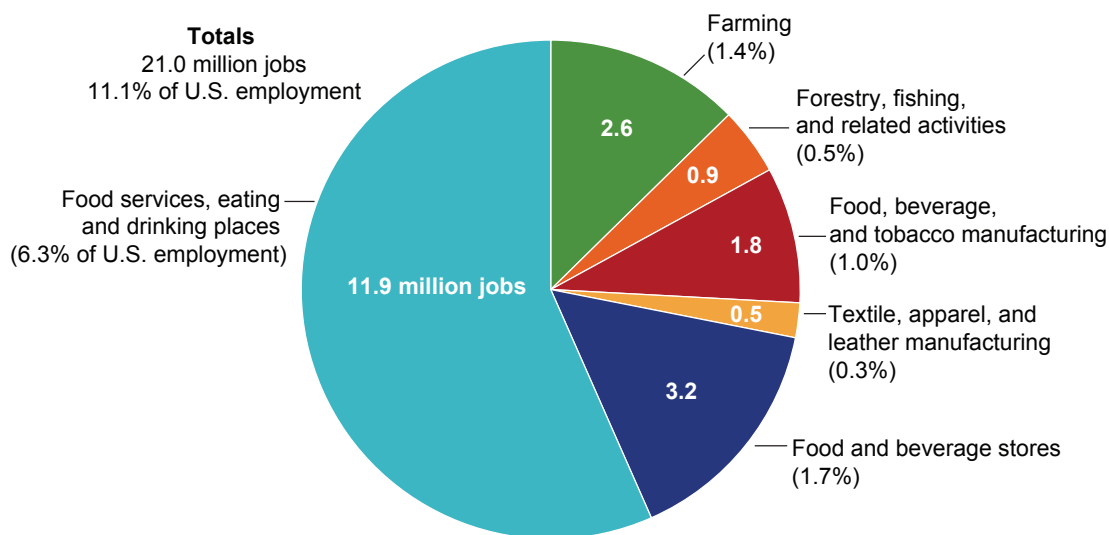
El impacto del cambio climático, como los cambios en las condiciones meteorológicas extremas, influyen de manera compleja sobre la

### Los empleos e ingresos agrícolas

(a) Value Added to GDP by Agriculture, Food, and Related Industries



(b) Employment in Agriculture, Food, and Related Industries, 2015



La figura muestra (a) la contribución de la agricultura y otros sectores relacionados a la economía de los EE. UU. y (b) los datos de empleo del sector agrícola y otros sectores relacionados (hasta 2015). La agricultura y otros sectores de valor agregado relacionados con los alimentos representan 21 millones de empleos a tiempo parcial y completo, y contribuyen aproximadamente un trillón de dólares por año a la economía de los Estados Unidos. *De la Figura 10.1 (Fuente: adaptación de Kassel et al., 2017).*

salud humana y del ganado. Las consecuencias del cambio climático en la incidencia de las sequías también tienen un impacto en la frecuencia y la intensidad de los incendios forestales, lo cual tiene implicaciones en la agricultura y en las comunidades rurales. Las poblaciones rurales administran de la mayor parte de los bosques, las cuencas, los pastizales, las tierras agrícolas y las pesquerías de la nación. Gran parte de la economía rural está estrechamente vinculada con el entorno natural. Los habitantes rurales y las tierras

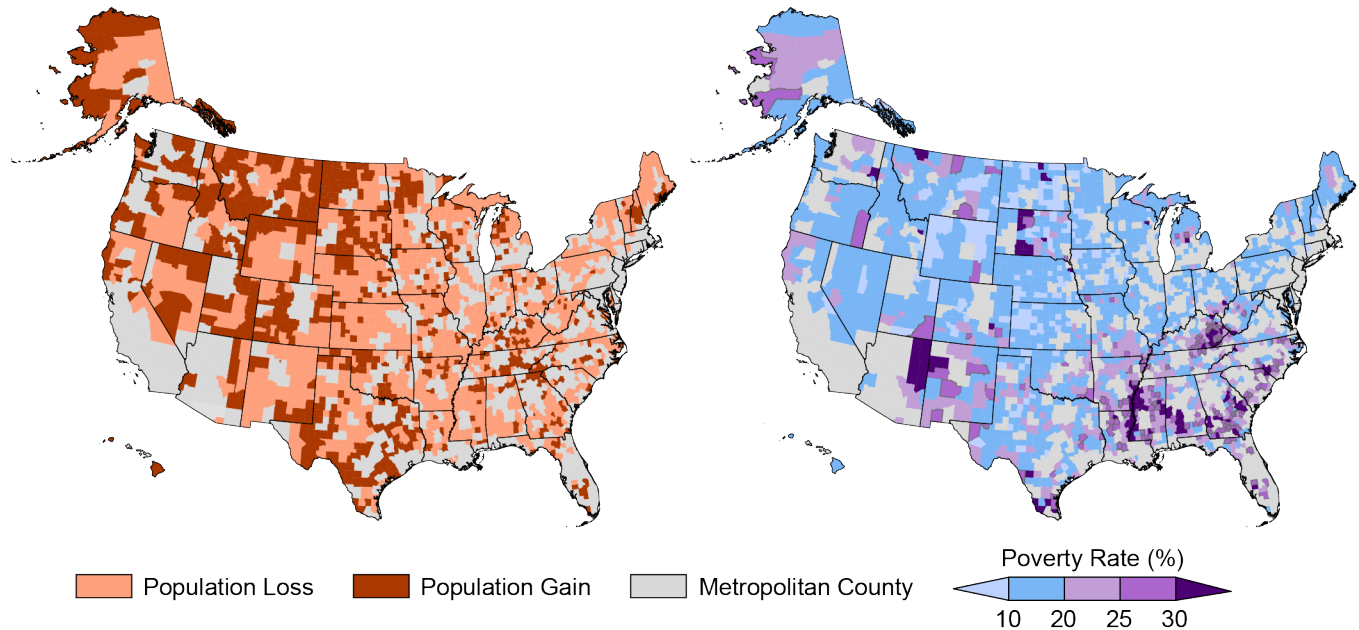
que estos administran tienen el potencial de generar una importante contribución económica y de conservación a la adaptación y la mitigación del cambio climático. Sin embargo, su capacidad de adaptarse se ve afectada por una serie de preocupaciones demográficas y económicas.

Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/agriculture-rural>

## Los cambios poblacionales y las tasas de pobreza de los condados rurales

(a) Nonmetro County Population Changes, 2010–2017

(b) Nonmetro County Poverty Rates, 2011–2015



La figura muestra, a nivel del condado, (a) los cambios poblacionales de 2010 a 2017 y (b) las tasas de pobreza de 2011 a 2015 en las comunidades rurales de los EE. UU. Las poblaciones rurales están migrando a las zonas urbanas debido al crecimiento relativamente lento del empleo y las altas tasas de pobreza. Al momento de la publicación de este informe, no habían datos disponibles de la región del Caribe estadounidense. *De la Figura 10.2 (Fuentes: (a) adaptación de ERS 2018; (b) rediseñado a partir de ERS 2017).*



Cleveland, Ohio.

## Mensaje clave 1

### Impacto en la calidad de vida urbana

Las oportunidades y los recursos disponibles en las zonas urbanas son de fundamental importancia para la salud y el bienestar de las personas quienes las visitan o trabajan y viven en ellas. El cambio climático puede acentuar los desafíos actuales que afectan la calidad de vida urbana, como la desigualdad social, la infraestructura obsoleta y deteriorada, y los ecosistemas estresados. Muchas ciudades están utilizando la resolución creativa de problemas para mejorar la calidad de vida a la vez que abordan el impacto del cambio climático.

## Mensaje clave 2

### Diseño para el futuro de la infraestructura urbana

El daño causado por los eventos climáticos extremos manifiesta la vulnerabilidad de la infraestructura urbana actual. Debido a su larga vida útil, la infraestructura urbana debe ser capaz de resistir un clima futuro que será diferente del clima del pasado. El diseño para el futuro implica la inversión en infraestructura que pueda resistir los riesgos climáticos actuales y futuros.

## Mensaje clave 3

### Impacto en los bienes y servicios urbanos

Las redes interdependientes de infraestructura, ecosistemas y sistemas sociales ofrecen bienes y servicios urbanos esenciales. El daño a estas redes a causa de los eventos climáticos extremos actuales y el clima futuro afectarán negativamente la vida urbana. El labor local, estatal y federal coordinada puede abordar estas vulnerabilidades interrelacionadas.

## Mensaje clave 4

### Respuesta urbana al cambio climático

Las ciudades de los Estados Unidos están tomando medidas para responder al cambio climático. Las medidas de adaptación y mitigación urbanas pueden afectar el impacto actual y previsto del cambio climático, y ofrecer beneficios a corto plazo. Aún quedan desafíos que afrontar para la implementación de estos planes. Las ciudades pueden sacar provecho de los enfoques de gestión de riesgos y el conocimiento local, incorporar la cuestión de la igualdad social y unirse a redes multicidades para comenzar a abordar estos desafíos.

Las zonas urbanas, en las que viven la gran mayoría de los estadounidenses, son motores de crecimiento económico y abarcan tierras valuadas en billones de dólares. Las ciudades de los Estados Unidos enfrentan una serie de desafíos que ponen en riesgo la prosperidad, como la desigualdad social, la infraestructura obsoleta y deteriorada, y los ecosistemas estresados. Estos desafíos sociales, medioambientales y de infraestructura afectan la exposición y vulnerabilidad urbana frente al efecto del cambio climático.

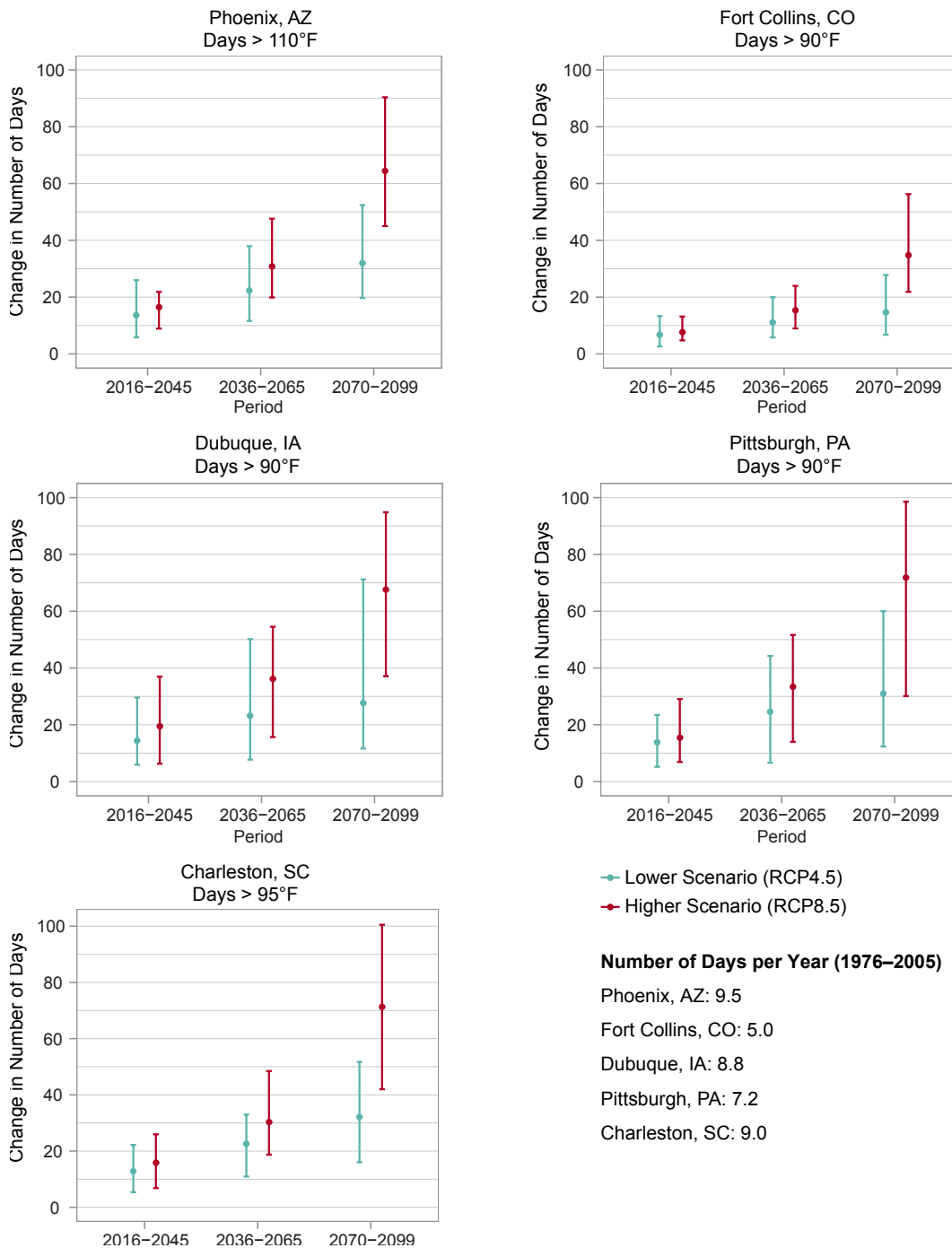
Las zonas urbanas ya están sufriendo el efecto del cambio climático. En las distintas regiones, las ciudades se encuentran expuestas a diferentes factores de estrés climáticos agudos y crónicos, relacionados de diversos modos con las características geográficas locales. Las ciudades ya se encuentran expuestas a temperaturas más elevadas de la superficie a causa del efecto de las islas de calor urbana, que se prevé que se intensificarán. Algunos eventos climáticos extremos recientes manifiestan la vulnerabilidad del entorno construido (infraestructura como los edificios residenciales y comerciales, transporte, comunicaciones, energía, redes de agua, parques, calles y arquitectura del paisaje) y su importancia en relación con el modo en que las personas viven, estudian, pasan su tiempo libre y trabajan. Se prevé un aumento en la frecuencia e intensidad de las olas de calor y la precipitación abundante. El modo en que los habitantes de las ciudades

responden a tales incidentes depende de su conocimiento de los riesgos, su estilo de vida, su acceso a recursos y las comunidades a las que pertenecen. La infraestructura diseñada para las tendencias climáticas históricas es vulnerable al cambio climático y a los eventos meteorológicos extremos del futuro. Invertir en una arquitectura para el futuro puede ayudar a garantizar que la infraestructura sea aceptable bajo condiciones climáticas cambiantes.

Las zonas urbanas están conectadas con los sistemas locales, regionales y globales. Se prevé que las situaciones donde múltiples factores de estrés climáticos afecten de forma simultánea a distintos sectores urbanos, ya sea de forma directa o a través de las conexiones de los sistemas, sean cada vez más comunes. Cuando los factores de estrés climático afectan un sector, los efectos en cadena sobre otros sectores aumentan el riesgo para la salud y el bienestar de los habitantes. Las ciudades de la nación están tomando medidas en respuesta al cambio climático. Las ciudades de EE. UU. se encuentran a la vanguardia de la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, y muchas de ellas han comenzado la planificación de adaptación. Estas medidas generan resiliencia urbana frente al cambio climático.

Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/built-environment>

## Cambio previsto en la cantidad de días muy calurosos



Se muestran los incrementos previstos en la cantidad de días muy calurosos (en comparación con el promedio de 1976-2005) para cada una de las cinco ciudades estadounidenses en escenarios de bajo impacto (RCP4,5) y alto impacto (RCP8,5). En este caso, los días muy calurosos se definen como aquellos en que la temperatura diaria máxima excede un valor límite específico para cada una de las cinco ciudades estadounidenses que se muestran. Los puntos representan los valores medios modelados (50.º percentil), y las barras verticales el rango de valores (5.º a 95.º percentil) de los modelos utilizados en el análisis. En el extremo inferior derecho de la figura se muestran los valores históricos modelados correspondientes a los mismos valores límites de temperatura del período de 1976 a 2005. Se prevé que estas y otras ciudades de los EE. UU. sufran un cambio en la cantidad de días muy calurosos durante el resto del siglo en ambos escenarios, lo cual afectará a las personas, la infraestructura, los espacios verdes y la economía. El aumento en la demanda de aire acondicionado y energía incrementa las facturas de servicios públicos y puede provocar cortes de energía y apagones. Los días calurosos pueden degradar la calidad del aire y el agua, lo cual a su vez puede perjudicar la salud humana y reducir la calidad de vida. *De la Figura 11.2 (Fuentes: NOAA NCEI y CICS-NC).*

*St. Louis, Misuri.*

## Mensaje clave 1

### El transporte se encuentra en riesgo

La posibilidad de contar con un sistema de transporte estadounidense confiable, seguro y eficiente se encuentra en riesgo por el aumento de las precipitaciones abundantes, las inundaciones costeras, el calor, los incendios forestales y otros eventos extremos, además de los cambios en la temperatura promedio. A lo largo de este siglo, el cambio climático continuará representando un riesgo para la infraestructura de transporte estadounidense, con diferencias regionales.

## Mensaje clave 2

### Impacto en el transporte urbano y rural

Los eventos extremos que tienen un creciente impacto en la red de transporte están provocando consecuencias sociales y económicas, algunas de las cuales afectan en forma desproporcionada a las poblaciones vulnerables. Si no se realiza una intervención, los futuros cambios en el clima generarán mayores desafíos para el transporte, especialmente a causa de la complejidad del sistema, la infraestructura anticuada y la dependencia entre sectores.

## Mensaje clave 3

### Evaluación de la vulnerabilidad

Los ingenieros, planificadores e investigadores del sector del transporte manifiestan un interés y sofisticación cada vez mayores en la comprensión de los riesgos que suponen los peligros climáticos para los recursos y servicios de transporte. La labor de los profesionales del transporte evidencia la relación entre la evaluación avanzada y la implementación de medidas de adaptación, aunque muchas comunidades aún enfrentan desafíos y obstáculos para la toma de medidas.

El transporte es el eje central de la actividad económica, dado que conecta a los productores con las cadenas de distribución; a los consumidores con los productos y el turismo; y a las personas con sus lugares de trabajo, hogares y comunidades en regiones urbanas y rurales. Sin embargo, la capacidad del sector del transporte para funcionar de forma confiable, segura y eficiente se encuentra socavada por un clima cambiante. Las precipitaciones abundantes, las inundaciones costeras, el calor, los incendios forestales, los ciclos de congelación y descongelación, y los cambios en las precipitaciones y temperaturas promedio afectan los recursos individuales de todos los medios de transporte. Este impacto pone en peligro el rendimiento de la totalidad de la red de transporte, y genera repercusiones críticas en la vitalidad y movilidad de la economía, especialmente para las poblaciones vulnerables y la infraestructura urbana.

El aumento del nivel del mar está generando progresivamente una mayor vulnerabilidad y una reducción en la funcionalidad de las calles y los puentes costeros. Muchas ciudades costeras de Estados Unidos ya han experimentado un aumento de las inundaciones por marea alta que reduce la funcionalidad de las carreteras, ferrocarriles y puentes de baja elevación, lo cual a menudo causan una costosa congestión y daños a la infraestructura. La infraestructura de transporte terrestre es muy vulnerable a las precipitaciones intensas y las inundaciones. En algunas regiones, el aumento de la frecuencia y la intensidad de los eventos de precipitaciones abundantes reduce la eficiencia del sistema de transporte y aumenta el riesgo de accidentes. Las temperaturas elevadas pueden afectar la integridad de los puentes y han causado demoras más frecuentes y prolongadas en los sistemas ferroviarios de pasajeros y de carga, y en el tráfico aéreo.

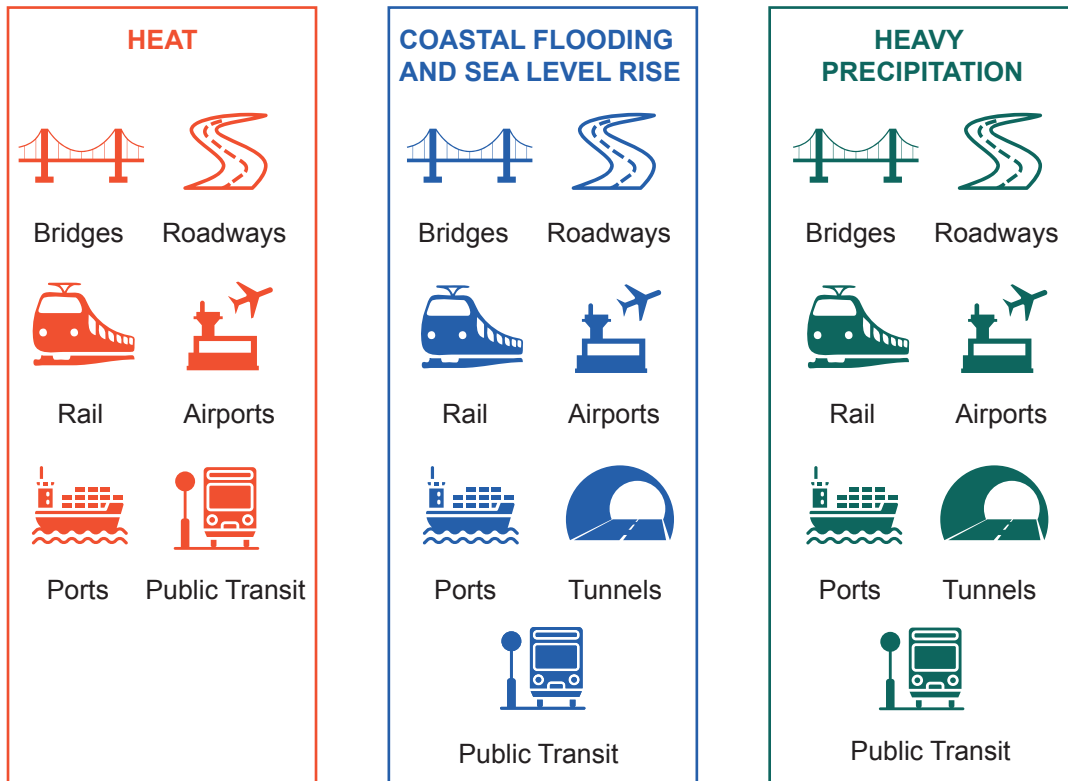
El transporte no solo es vulnerable al impacto del cambio climático, sino que también contribuye de manera considerable a sus causas. En 2016, el sector del transporte se convirtió en el principal factor de emisiones de gases de efecto invernadero de EE. UU. El sistema de transporte está creciendo y evolucionando rápidamente en respuesta a la innovación y la demanda del mercado. Este crecimiento podría dificultar la implementación de la mitigación y adaptación al clima, y aumentar la importancia de lograrlo. Sin embargo, los profesionales del transporte se están dedicando cada vez más a abordar los riesgos climáticos, tal como lo demuestra la mayor cantidad y diversidad de evaluaciones de las vulnerabilidades del sector del transporte en los Estados Unidos.

Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/transportation>

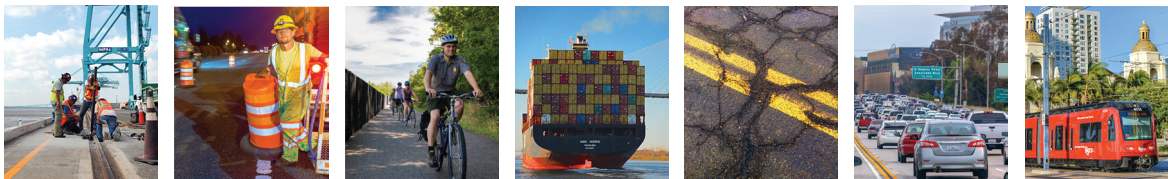


## Los recursos y objetivos del transporte de EE. UU. se encuentran en riesgo

### Climate Change and Notable Vulnerabilities of Transportation Assets



### National Performance Goals at Risk



Reduced Project   Safety   Environmental   Freight   Infrastructure   Congestion   System

Las precipitaciones abundantes, las inundaciones costeras, el calor y los cambios en la precipitación y temperatura promedio afectan los recursos (tales como las calles y los puentes) en todos los medios de transporte. La figura muestra los principales peligros relacionados con el clima y los recursos del transporte afectados. Las fotos ilustran los objetivos nacionales de rendimiento (enumerados en 23 U.S.C. § 150) que se encuentran en riesgo debido a peligros relacionados con el clima. De la Figura 12.1 (Fuente: USGCRP). Créditos de las fotos de izquierda a derecha: JAXPORT, Meredith Fordham Hughes [CC BY-NC 2.0]; Oregon Department of Transportation [CC BY 2.0]; NPS – Mississippi National River and Recreation Area; usuario de Flickr Tom Driggers [CC BY 2.0]; usuario de Flickr Mike Mozart [CC BY 2.0]; usuario de Flickr Jeff Turner [CC BY 2.0]; usuario de Flickr William Garrett [CC BY 2.0].



Incendio Carr, condado de Shasta, California, agosto de 2018.

## Mensaje clave 1

### Incremento en los riesgos por la contaminación del aire

Más de 100 millones de personas en los Estados Unidos viven en comunidades donde la contaminación del aire excede las normas de calidad de aire basadas en la salud. Si no se implementan actividades para contrarrestar esta situación y mejorar la calidad del aire, el cambio climático empeorará los niveles actuales de contaminación aérea. Este empeoramiento de la contaminación del aire incrementará la incidencia de efectos adversos a la salud respiratoria y cardiovascular, incluyendo la muerte prematura. Un aumento en la contaminación del aire también tendría otras consecuencias ambientales negativas, incluyendo la reducción en la visibilidad y daños a cultivos agrícolas y bosques.

## Mensaje clave 2

### Incremento en el impacto de los incendios forestales

El humo de los incendios forestales degrada la calidad del aire, lo que aumenta los riesgos para la salud de decenas de millones de personas en los Estados Unidos. Un aumento en la frecuencia e intensidad de los incendios forestales como consecuencia del cambio climático reduciría aún más la calidad del aire, aumentaría los casos de enfermedades respiratorias por la exposición al humo de los incendios forestales, reduciría la visibilidad y alteraría las actividades recreativas al aire libre.

## Mensaje clave 3

### Incrementos en la exposición a alérgenos aéreos

Es probable que aumenten la frecuencia y la severidad de las enfermedades alérgicas, incluyendo el asma y la fiebre del heno, como resultado de un clima cambiante. La llegada más pronta de la primavera, las temperaturas más cálidas, los cambios en la precipitación y las concentraciones más altas de dióxido de carbono, pueden aumentar la exposición a alérgenos de polen en el aire.

## Mensaje clave 4

### Co-beneficios de la mitigación de los gases de efecto invernadero

Muchas fuentes emisoras de gases de efecto invernadero también emiten contaminantes aéreos que perjudican la salud humana. El control de estas fuentes de emisiones mitigaría el cambio climático y tendría beneficios inmediatos en la calidad del aire y en la salud humana. Dado que el metano es un gas de efecto invernadero y un precursor del ozono, las reducciones en las emisiones de metano tienen el potencial para mitigar el cambio climático y, al mismo tiempo, mejorar la calidad del aire.

Si no se compensa con reducciones adicionales en las emisiones de precursores del ozono, hay un alto nivel de confianza en que el cambio climático incrementará los niveles de ozono en la mayor parte de los Estados Unidos, en particular en zonas ya contaminadas, empeorando así los efectos perjudiciales del ozono en la salud y el medio ambiente. La penalización climática es el resultado de cambios en las condiciones meteorológicas locales, incluyendo la temperatura y los patrones de circulación atmosférica, así como los cambios en las emisiones precursoras del ozono que son influenciadas por la meteorología. El cambio climático ya ha tenido una influencia en las concentraciones de ozono sobre los Estados Unidos, contrarrestando algunos de los beneficios del ozono obtenidos por la reducción en las emisiones precursoras. La magnitud de la penalización climática en los Estados Unidos podría reducirse mediante una mitigación del cambio climático.

Los cambios climáticos, incluyendo las primaveras más cálidas, las temporadas de verano más secas y largas y los suelos y

vegetación más secos, ya han prolongado la temporada de incendios forestales e incrementado la frecuencia de incendios forestales extensos. La exposición al humo de los incendios forestales aumenta el riesgo de enfermedades respiratorias, causando impactos adversos en la salud humana. Las temporadas de incendios más largas y los aumentos en la cantidad de incendios grandes afectarían la salud humana y la visibilidad.

El cambio climático, específicamente los aumentos en las temperaturas y las concentraciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), pueden influir en los alérgenos de plantas, la fiebre del heno y el asma de tres maneras: aumentando la duración de la temporada de polen, aumentando la cantidad de polen producido por las plantas y alterando el grado de las reacciones alérgicas al polen.

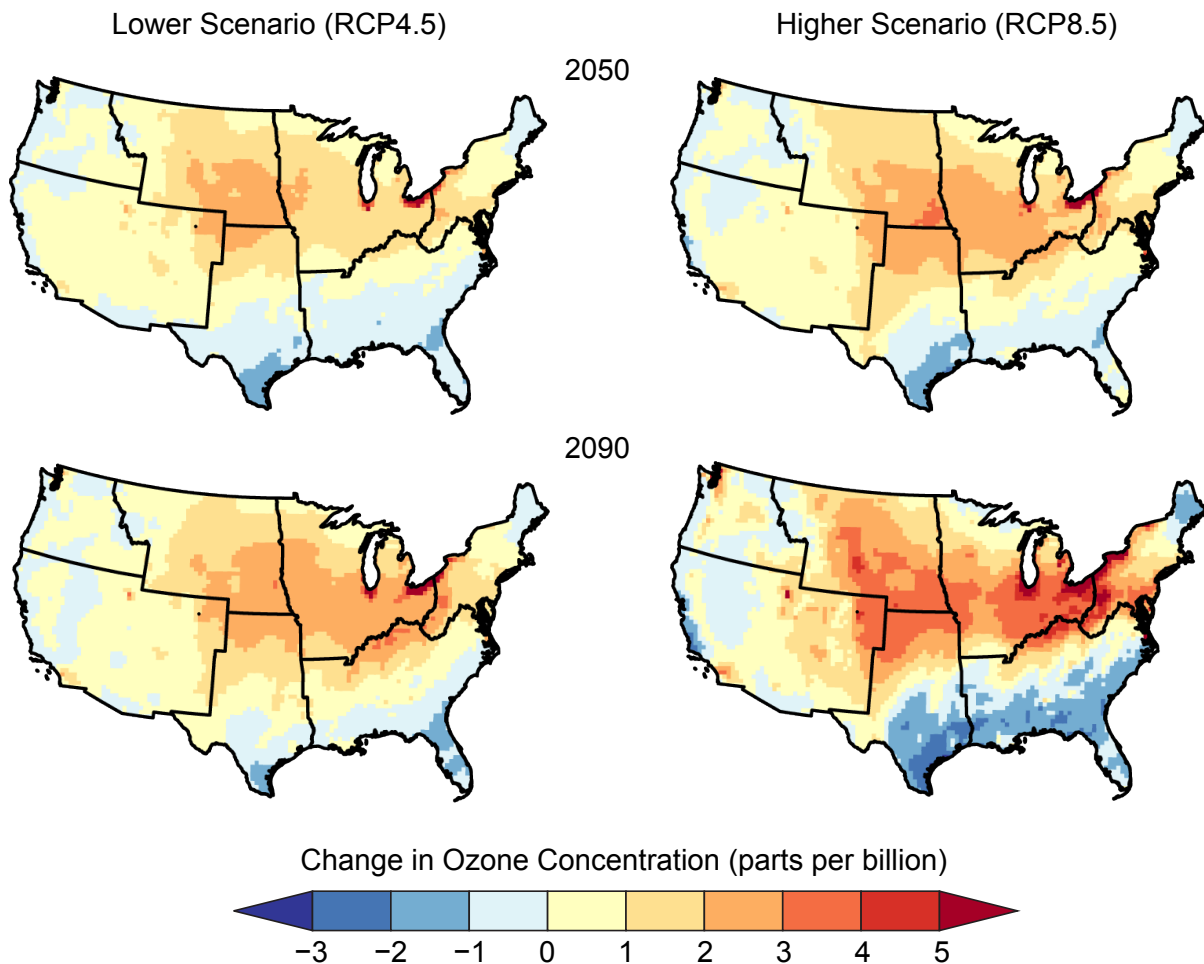
El sector energético, que comprende la producción, la conversión y el uso de energía, representa el 84 % de las emisiones de gases de efecto invernadero en los Estados Unidos, el 80 % de las emisiones de óxidos de nitrógeno

(NOx) y el 96 % del dióxido de azufre, el principal precursor del aerosol de sulfato. Además de reducir el calentamiento futuro, las reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero por lo general tienen co-beneficios (otros efectos positivos, como una mejor calidad del aire) y posiblemente algunos efectos negativos (perjuicios) (Ca. 29: Mitigación). De manera específica, la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero

puede reducir las emisiones de material particulado (PM), ozono y de precursores de material particulado y otros contaminantes peligrosos, reduciendo los riesgos de la contaminación del aire en la salud humana.

Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/air-quality>

### Cambios proyectados en el ozono de la temporada de verano



Los mapas muestran el cambio en los promedios de verano de la concentración máxima diaria de ozono en 8 horas (en comparación con el promedio de 1995-2005). Se proyecta que el ozono en verano tendrá un cambio no uniforme a través de los Estados Unidos, según las simulaciones multianuales del sistema de modelaje de Calidad del Aire Multiescalar Comunitario (CMAQ). Estos cambios se amplifican en el escenario más alto (RCP8.5) en comparación con el escenario más bajo (RCP4.5), así como en 2090 en comparación con 2050. Los datos no son disponibles para Alaska, Hawái, las Islas Pacíficas Asociadas a los Estados Unidos, y el Caribe de los Estados Unidos. De la Figura 13.2 (fuente: adaptado de EPA 2017).



Gran proliferación de algas en el lago Erie en el verano de 2015.

### Mensaje clave 1

#### El cambio climático afecta a la salud de todos los estadounidenses

El cambio climático ya está afectando la salud y el bienestar de los estadounidenses y se proyecta que las repercusiones negativas en la salud empeorarán con los cambios climáticos adicionales. El cambio climático afecta la salud humana al alterar la exposición a olas de calor, inundaciones, sequías y otros acontecimientos extremos; a enfermedades infecciosas transmitidas por vectores, alimentos y agua; a cambios en la calidad y la seguridad del aire, los alimentos y el agua; y a estrés que afecta la salud mental y el bienestar.

### Mensaje clave 2

#### La exposición y la resiliencia varían entre poblaciones y comunidades

Las personas y las comunidades están expuestas de manera diferente y son afectadas de manera desproporcionada por los riesgos para la salud relacionados con el clima. Las poblaciones que están padeciendo mayores riesgos para la salud son los niños, los adultos mayores, las comunidades de bajos ingresos y algunas comunidades de color.

### Mensaje clave 3

#### La adaptación reduce los riesgos y mejora la salud

Las políticas y los programas proactivos de adaptación reducen los riesgos y los impactos a la salud relacionados al clima y de las alteraciones en los servicios de salud. Se obtienen otros beneficios para la salud al considerar de manera explícita los riesgos del cambio climático en la planificación de la infraestructura y el diseño urbano.

## Mensaje clave 4

### La reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero tiene beneficios para la salud y la economía

La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero beneficiaría la salud de los estadounidenses a corto y largo plazo. En una trayectoria de emisiones más bajas de gases de efecto invernadero, para fines de este siglo, podrían salvarse miles de vidas estadounidenses y obtenerse cientos de miles de millones de dólares en beneficios económicos relacionados con la salud.

Los cambios relacionados con el clima en los patrones meteorológicos y los cambios asociados al aire, al agua, a los alimentos y al medio ambiente afectan la salud y el bienestar de la población estadounidense, causando lesiones, enfermedades y muertes. Los aumentos en las temperaturas, los incrementos en la frecuencia e intensidad de las olas de calor (desde la década de 1960), los cambios en los patrones de precipitación (en particular los aumentos en precipitación intensa) y la subida del nivel del mar pueden afectar nuestra salud a través de varias trayectorias. Los cambios en el tiempo y el clima pueden degradar la calidad del aire y del agua; afectar la extensión geográfica, los tiempos y la intensidad de la transmisión de enfermedades infecciosas a través de los alimentos, el agua y vectores transmisores de enfermedades (por ejemplo, mosquitos y garrapatas); y aumentar factores de estrés que afectan el bienestar y la salud mental.

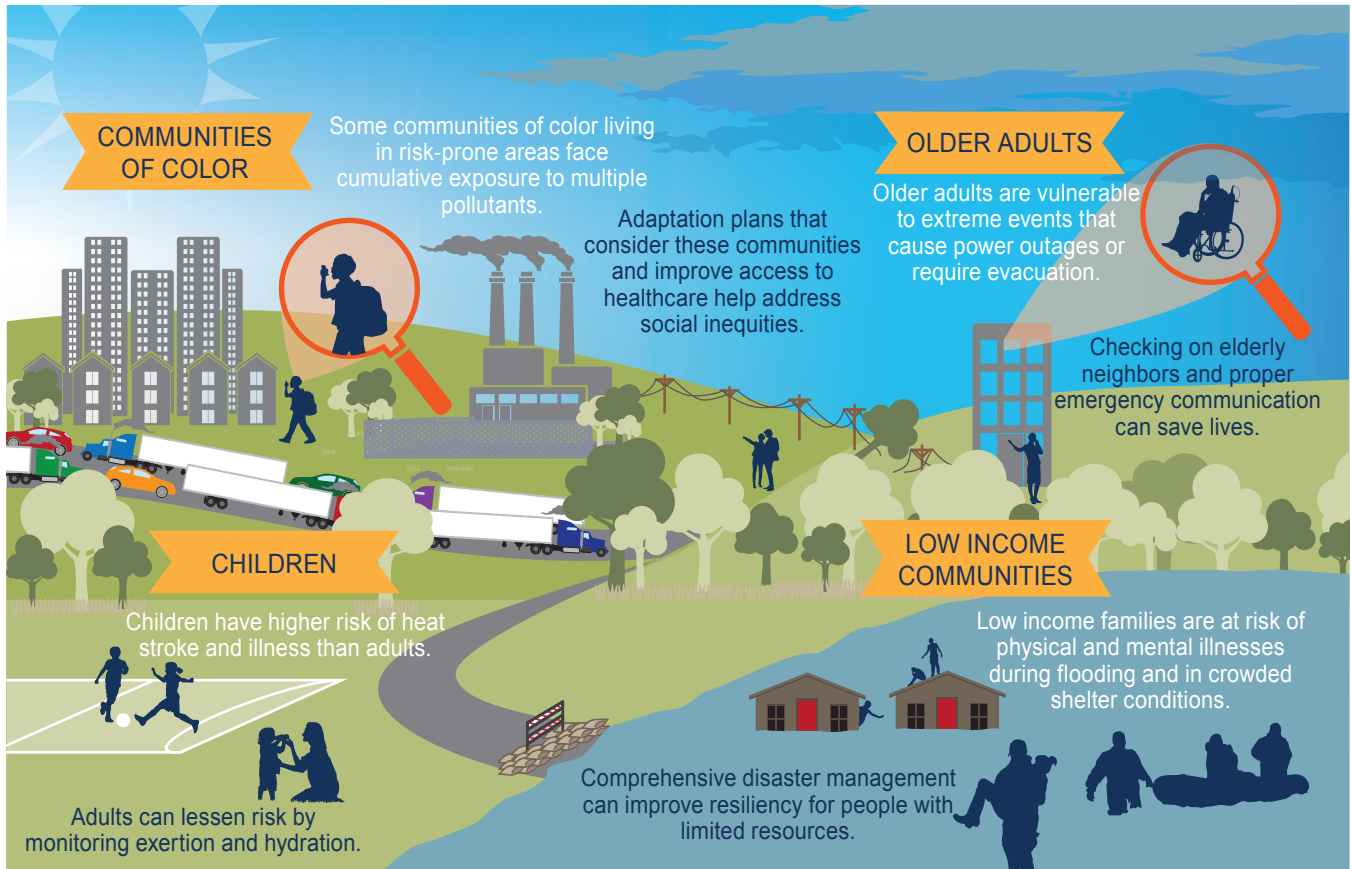
Los cambios en los patrones meteorológicos también interactúan con factores demográficos y socioeconómicos y con las tendencias subyacentes de salud, para influenciar la magnitud de las consecuencias del cambio climático en las personas y las comunidades. Aunque todos los estadounidenses están en riesgo de sufrir consecuencias adversas en la salud relacionadas con el clima, ciertas poblaciones son desproporcionadamente vulnerables.

Se prevé que los riesgos del cambio climático para la salud humana aumentarán en el futuro y la magnitud de estos impactos dependerá de la eficacia de las actividades de adaptación, al igual que de la magnitud y el patrón del cambio climático futuro. Los individuos, las comunidades, los departamentos de salud pública, las organizaciones e instalaciones relacionadas con la salud y otros actores están actuando para reducir la vulnerabilidad de la salud ante el cambio climático actual y para aumentar la resiliencia a los riesgos proyectados en las próximas décadas.

A finales de este siglo, los beneficios para la salud, relacionados a una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero, podrían generar beneficios económicos de cientos de miles de millones de dólares anuales. Se proyecta que los impactos anuales en la salud y los costos relacionados con la salud serán aproximadamente un 50% más bajos en un escenario más bajo (RCP4.5), en comparación con un escenario más alto (RCP8.5). Estas estimaciones serían aún mayores si incluyeran los beneficios de resultados de salud difíciles de cuantificar, como los impactos que podrían evitarse en la salud mental o en la salud física a largo plazo.

Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/health>

## Poblaciones vulnerables



Se presentan ejemplos de poblaciones con mayor riesgo de exposición a amenazas para la salud relacionadas con el clima, así como las medidas de adaptación que podrían ayudar a abordar los impactos desproporcionados. Al considerar toda la gama de amenazas generadas por el cambio climático, así como otras exposiciones ambientales, estos grupos están entre los más expuestos y tienen la menor cantidad de recursos individuales y comunitarios para prepararse y responder a estas amenazas de salud. El texto en blanco indica los riesgos que enfrentan estas comunidades, mientras que el texto oscuro indica las acciones que pueden emprenderse para reducir estos riesgos. *De la Figura 14.2 (fuente: EPA).*



Estudiantes de la Reserva Indígena de Wind River recogen semillas para un proyecto de restauración de tierra.

## Mensaje clave 1

### Riesgo para el modo de vida y la economía de las poblaciones indígenas

El cambio climático afecta el modo de vida y la economías de las poblaciones indígenas, incluyendo las actividades agrícolas, de caza y recolección, de pesca, forestales, energéticas, recreativas y turísticas. La economía de las poblaciones indígenas depende (pero enfrenta obstáculos institucionales para hacerlo) de la gestión autodeterminada del agua, el suelo y otros recursos naturales e infraestructura que serán afectados cada vez más por cambios en el clima.

## Mensaje clave 2

### Riesgo para la salud física, mental y basada en valores de las poblaciones indígenas

La salud de las poblaciones indígenas se basa en sistemas sociales y ecológicos interconectados que han sido alterados por los cambios climáticos. A medida que continúan estos cambios, la salud de las personas y de las comunidades enfrentará retos singulares por los impactos climáticos en la tierra, el agua, los alimentos y otras especies de flora y fauna. Estos impactos amenazan sitios, prácticas y relaciones de importancia cultural, espiritual o ceremonial, fundamentales para el legado cultura, la identidad y la salud física y mental de las poblaciones indígenas.



## Mensaje clave 3

### Adaptación, gestión de desastres, desplazamiento y reubicaciones encabezadas por la comunidad

Varias poblaciones indígenas han identificado y abordado de manera proactiva los impactos climáticos; sin embargo, aún existen obstáculos institucionales en los Estados Unidos que limitan significativamente sus capacidades de adaptación. Estos obstáculos incluyen el acceso limitado a sus territorios y recursos tradicionales, así como las limitaciones de las políticas, los programas y los mecanismos de financiamiento existentes para considerar las condiciones únicas de las comunidades indígenas. La adaptación exitosa en los contextos indígenas depende del uso de conocimientos indígenas, protocolos y sistemas sociales resilientes y robustos, del compromiso con los principios de autodeterminación y de las actividades proactivas por parte de los gobiernos federales, estatales y locales para reducir los obstáculos institucionales.

Las poblaciones indígenas de los Estados Unidos son poblaciones y grupos políticos y culturales diferentes. Aunque pueden ser afectados por el cambio climático en formas similares a las de otras personas en los Estados Unidos, las poblaciones indígenas también pueden ser afectadas de manera singular y desproporcionada. Muchas poblaciones indígenas han vivido en áreas específicas durante cientos o miles de años. Las historias de las poblaciones indígenas y las experiencias compartidas generan conocimientos particulares sobre los impactos del cambio climático y las estrategias de adaptación. Los sistemas de conocimientos tradicionales de las poblaciones indígenas pueden tener un papel para entender mejor el cambio climático y desarrollar estrategias de adaptación climática más exhaustivas.

Los cambios observados y proyectados de aumento en los incendios forestales, la reducción en la acumulación de nieve, las sequías persistentes, las inundaciones, la acidificación de los océanos y la subida del nivel del mar amenazan la viabilidad de las actividades comerciales y de subsistencia de las poblaciones indígenas. Estas actividades incluyen la agricultura, caza y recolección,

pesca, silvicultura, energía, recreación y turismo. A pesar de los obstáculos institucionales para la autodeterminación tribal que resultaron de la autoridad del fideicomiso federal sobre las tierras fiduciarias tribales, varias tribus cuentan con planes de adaptación que comprenden un enfoque en las actividades económicas de subsistencia y comerciales. Algunas tribus también están realizando acciones de mitigación climática mediante el desarrollo de energía renovable en tierras tribales.

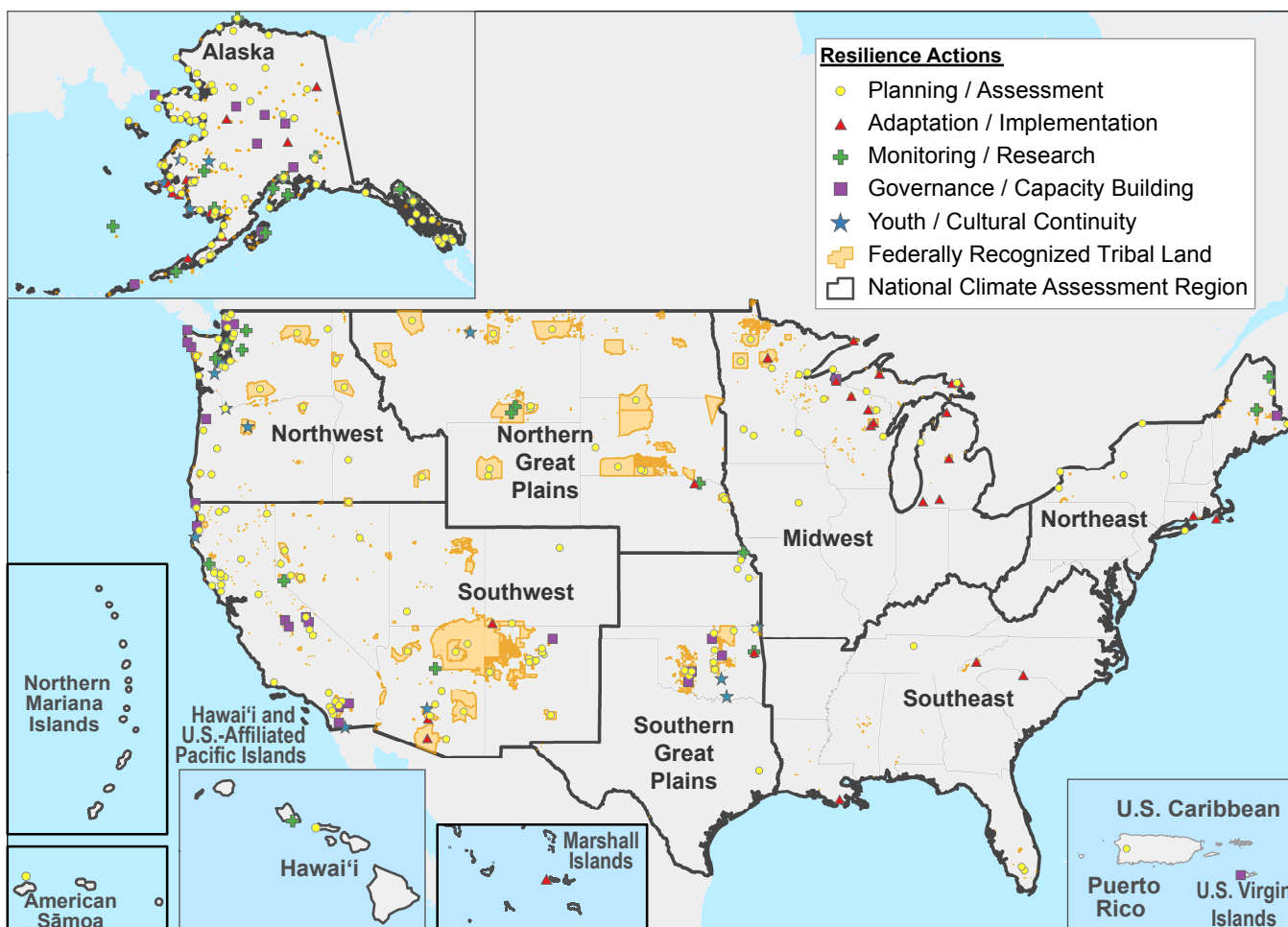
Los impactos climáticos en las tierras, las aguas, los alimentos y otras especies de flora y fauna amenazan sitios y prácticas de patrimonio cultural, que sustentan relaciones entre generaciones y de generación a generación basadas en el compartir conocimientos tradicionales, alimentos y objetos ceremoniales o culturales. Esto debilita las identidades culturales basadas en el lugar, pueden empeorar traumas históricos que aún viven varias poblaciones indígenas en los Estados Unidos y afecta negativamente la salud mental y los conocimientos sobre la salud basados en valores indígenas.

En todos los Estados Unidos, los desastres relacionados con el clima están provocando que las comunidades indígenas consideren o recurran a la reubicación como estrategia de adaptación. Los retos que enfrentan las acciones indígenas para responder a la gestión y recuperación en casos de desastres, el desplazamiento y la reubicación ante el cambio climático comprenden aspectos

económicos, sociales, políticos y legales que limitan gravemente su capacidad de respuesta a cambios ecológicos rápidos y complican las acciones para lograr un futuro seguro y autodeterminado para estas comunidades.

Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/tribes>

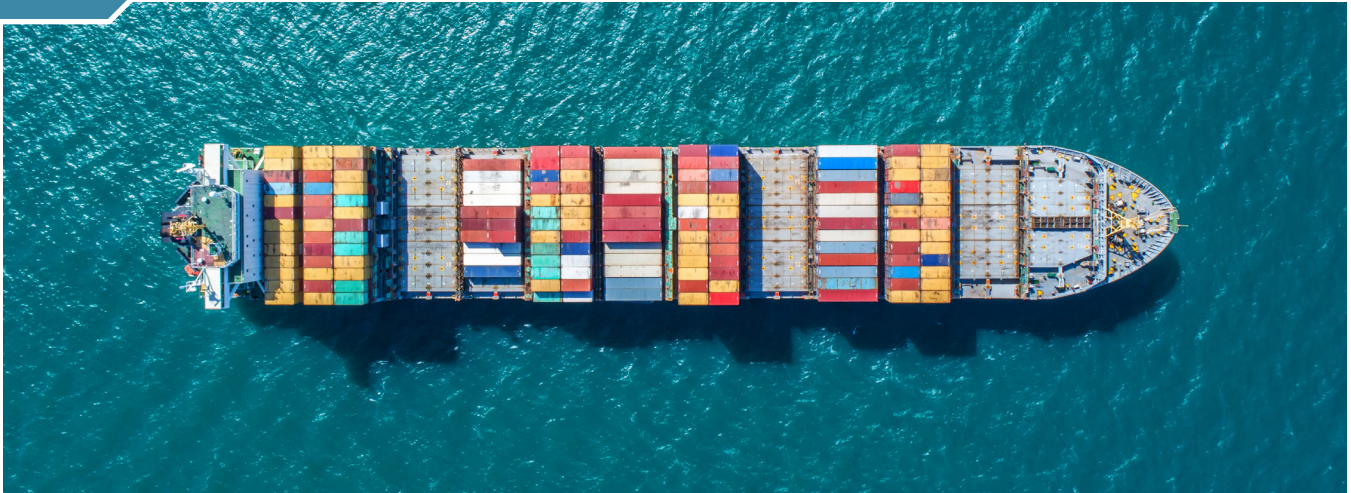
## Iniciativas y planes climáticos de las poblaciones indígenas



Varias poblaciones indígenas están tomando medidas para adaptarse a los impactos del cambio climático. Busque la versión en línea de este mapa por tipo de actividad, región y sector para encontrar más información y enlaces a cada proyecto: <https://biamaps.doi.gov/nca/>. Para enviar comentarios y añadir nuevos proyectos para inclusión en la base de datos, vea: <https://www.bia.gov/bia/ots/tribal-resilience-program/nca/>). Hasta ahora, las entidades tribales del Noroeste tienen la mayor concentración de actividades climáticas (Capítulo 24: Noroeste). Para otros estudios de casos de actividades selectas de adaptación tribal, vea los Perfiles tribales de los Profesionales Ambientales Tribales y los estudios de casos tribales en el Conjunto de Herramientas de Resiliencia Climática de los Estados Unidos. *De la Figura 15.1 (Fuente: Oficina de Asuntos Indígenas).*

# 16

## Efectos del Clima en los Intereses Internacionales de los Estados Unidos



Buque portacontenedores trayendo bienes al puerto.

### Mensaje clave 1

#### Economía y comercio

Los impactos del cambio climático, la variabilidad climática y los acontecimientos extremos fuera de los Estados Unidos están afectando y es casi seguro que afectarán cada vez más el comercio y la economía de los Estados Unidos, incluyendo los precios de importación y exportación y las actividades comerciales con operaciones y cadenas de abastecimiento en el extranjero.

### Mensaje clave 2

#### Desarrollo internacional y asistencia humanitaria

Los impactos del cambio climático, la variabilidad y los acontecimientos extremos pueden frenar o revertir los avances sociales y económicos en países en desarrollo, socavando la ayuda internacional y las inversiones realizadas por los Estados Unidos e incrementando la necesidad de ayuda humanitaria y asistencia en casos de desastre. Los Estados Unidos brindan apoyo técnico y financiero para ayudar a países en desarrollo a anticipar y enfrentar mejor los impactos del cambio climático, la variabilidad climática y los acontecimientos extremos.

### Mensaje clave 3

#### Clima y seguridad nacional

El cambio climático, la variabilidad climática y los acontecimientos extremos, en combinación con otros factores, pueden exacerbar los conflictos, lo cual tienen repercusiones en la seguridad nacional de los Estados Unidos. El impacto climático ya afecta a la infraestructura militar estadounidense y las fuerzas armadas de los Estados Unidos están incorporando los riesgos climáticos en sus planes.

## Mensaje clave 4

### Recursos transfronterizos

Los recursos compartidos a lo largo de las fronteras terrestres y marítimas de los Estados Unidos brindan beneficios directos para los estadounidenses y son vulnerables a los impactos del cambio climático, la variabilidad climática y los acontecimientos extremos. Los marcos multinacionales que gestionan los recursos compartidos incorporan cada vez más el riesgo climático en sus procesos de toma de decisiones transfronterizas.

Los intereses internacionales de los Estados Unidos, como la economía y el comercio, el desarrollo internacional y la asistencia humanitaria, la seguridad nacional y los recursos transfronterizos, son afectados por impactos del cambio climático, la variabilidad climática y los acontecimientos extremos. Los cambios a largo plazo en el clima podrían provocar desplazamiento de gran escala en la disponibilidad global y los precios de una extensa variedad de productos agrícolas, energía y otros bienes, con repercusiones correspondientes en la economía estadounidense. Algunas empresas estadounidenses ya están trabajando para reducir su exposición a los riesgos representados por los cambios climáticos.

Las inversiones estadounidenses para el desarrollo internacional son sensibles a los impactos relacionados con el clima y seguramente serán entorpecidas por los acontecimientos extremos cada vez más frecuentes e intensos, como sequías, inundaciones y ciclones tropicales. Estos acontecimientos pueden obstaculizar las actividades de desarrollo y generar una mayor demanda de asistencia humanitaria y ayuda en casos de desastres para los Estados Unidos. En respuesta, el gobierno de los Estados Unidos ha financiado programas de adaptación que buscan reducir la vulnerabilidad a los impactos de clima en sectores críticos.

El cambio climático, la variabilidad climática y los acontecimientos extremos aumentan los riesgos para la seguridad nacional a través de impactos directos en la infraestructura militar estadounidense y, de manera más general, a través de las relaciones entre el estrés relacionado con el clima en las sociedades y los conflictos sociales. Las relaciones directas entre el clima y los conflictos no son claras, pero se ha mostrado que la variabilidad climática afecta a los conflictos a través de procesos intermedios, como la competencia por los recursos, impactos en el precio de productos básicos e inseguridad alimentaria. Las fuerzas armadas de los Estados Unidos trabajan para entender cabalmente estas amenazas e incorporar los cambios climáticos proyectados en sus planes a largo plazo.

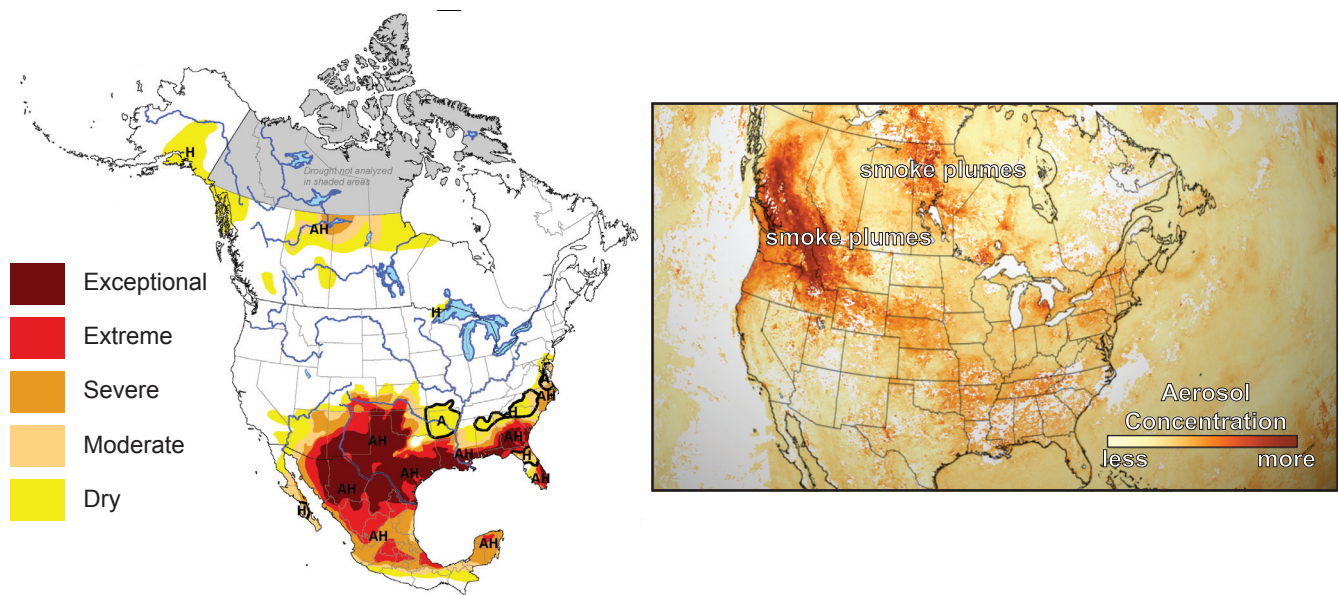
Los impactos del clima cambiante y de los patrones climáticos en las fronteras internacionales de los Estados Unidos afectan a quienes viven en los Estados Unidos. Estos cambios representan nuevos retos para la gestión de los recursos compartidos y transfronterizos. Muchos acuerdos bilaterales y alianzas públicas-privadas están incorporando el riesgo climático y la gestión adaptable en sus estrategias a corto y largo plazo.

La cooperación estadounidense con otras organizaciones científicas nacionales e internacionales mejora el acceso a la información global y a alianzas estratégicas, lo cual coloca al país en una mejor posición para

observar, entender, evaluar y responder a los impactos asociados con el cambio climático, la variabilidad climática y los acontecimientos extremos, tanto dentro como fuera de las fronteras de los Estados Unidos.

Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/international>

## Impactos transfronterizos relacionados con el clima



Aquí se muestran ejemplos de impactos relacionados con el clima a lo largo de las fronteras nacionales de los Estados Unidos. (izquierda) El mapa del monitor de sequías norteamericanas para junio de 2011 muestra las condiciones de sequía a lo largo de la frontera entre los Estados Unidos y México. Los colores más oscuros indican una sequía de mayor intensidad (las letras A y H indican una sequía agrícola o hidrológica, respectivamente). (derecha) El humo de incendios forestales canadienses en 2017 fue detectado por sensores de satélites diseñados para detectar aerosoles en la atmósfera. Las áreas de color anaranjado más oscuro indican una concentración más alta de humo y las condiciones brumosas que se mueven hacia el sur desde la Columbia Británica hacia los Estados Unidos. *De la Figura 16.4 (fuente: NOAA).*



Deslizamiento de tierra que bloquea una carretera en California.

### Mensaje clave 1

#### Interacciones entre sectores

Los sectores y sistemas expuestos al clima (por ejemplo, energía, agua y agricultura) interactúan entre ellos y dependen unos de otros y de otros sistemas menos expuestos al clima (como el sector financiero). Además, estos sistemas interactivos no solo están expuestos a factores relacionados con el clima como las inundaciones, sequías y olas de calor. También, están sujetos a diversos factores que no están entrelazados al clima, como movimientos poblacionales, fluctuaciones económicas y la expansión del espacio urbano. Estas interacciones pueden resultar en comportamientos y consecuencias complejas las cuales son difíciles de predecir. No es posible entender las implicaciones del cambio climático en los Estados Unidos sin tomar en cuenta las interacciones entre sectores y sus consecuencias.

### Mensaje clave 2

#### Evaluación de riesgos multisectoriales

La evaluación del riesgo del cambio climático se beneficia de una perspectiva multisectorial que abarca las interacciones entre sectores y los factores estresantes climáticos y no climáticos. Dado que estas interacciones y sus consecuencias pueden ser difíciles de identificar de antemano, la evaluación efectiva de los riesgos multisectoriales requiere herramientas y métodos que integren evidencia diversa y que consideren una amplia gama de resultados posibles.

## Mensaje clave 3

### Manejo de sistemas entrelazados

El manejo de sistemas entrelazados puede mejorar la resiliencia de las comunidades, industrias y ecosistemas frente a los factores estresantes relacionados con el clima. Por ejemplo, en los casos de sequía, las operaciones de los ríos pueden administrarse para equilibrar la demanda de agua potable, para navegación y para producción eléctrica. Dichos métodos integrados pueden ayudar a evitar oportunidades desaprovechadas o concesiones imprevistas relacionadas con la implementación de respuestas de gestión a factores estresantes relacionados con el clima.

## Mensaje clave 4

### Fomentar el conocimiento

La predicción de las respuestas de los sistemas complejos e interdependientes dependerá del desarrollo de modelos significativos de diversos sistemas de índole humano-natural, al igual que métodos para caracterizar incertidumbres.

El mundo en el que vivimos es una red de sistemas naturales, artificiales y sociales – incluyendo temas diversos como el clima global y regional, sistemas eléctricos, sistemas de administración de agua (como presas, ríos y canales), bosques administrados y no administrados, y sistemas económicos y financieros. El clima afecta a muchos de estos sistemas en forma individual, pero estos sistemas también afectan unos a otros, muchas veces en formas difíciles de predecir. Además, aunque los riesgos relacionados con el clima, como las olas de calor, las inundaciones y las sequías, tienen una influencia importante en estos sistemas entrelazados, dichos fenómenos también están sujetos a una variedad de factores adicionales, como el crecimiento poblacional, fuerzas macroeconómicas, el cambio tecnológico y el deterioro de la infraestructura.

Un factor clave para evaluar el riesgo en este contexto es la dificultad de cuantificar y predecir todas las maneras en que los factores estresantes relacionados con el clima pueden dar lugar a consecuencias graves o extensas para los sistemas naturales, artificiales y

sociales. Aunque una perspectiva multisectorial puede ayudar a identificar riesgos críticos, varias incertidumbres pueden persistir y afectar nuestra manera de visualizar las consecuencias en el futuro. Por lo tanto, para evaluar riesgos multisectoriales con eficacia, se requieren herramientas y método más diversos que aquellos que se utilizan para entender a un solo sector de manera independiente.

En los sistemas entrelazados, las respuestas de gestión en un sistema influyen en la forma en que responden a otros sistemas. Al no poder anticipar interdependencias, el resultado es la pérdida de oportunidades que son clave para gestionar los riesgos del cambio climático. Del mismo modo, la falta de anticipación puede llevar a respuestas de gestión que terminen incrementando riesgos en otras partes del sistema. No obstante, el reto de gestionar las interacciones entre sistemas provee oportunidades para aprender de la experiencia y guiar mejor las decisiones futuras de gestión de riesgos.

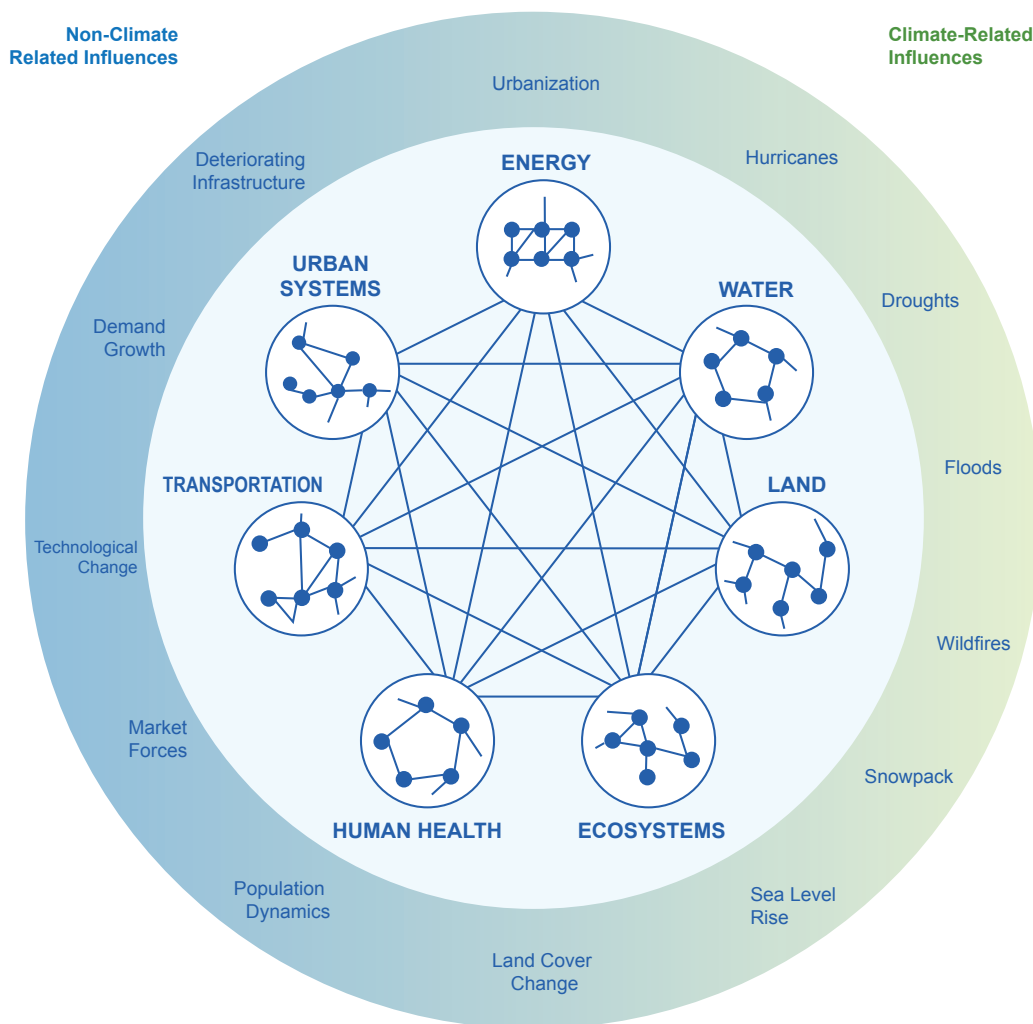
Existe una gran brecha en las herramientas y los marcos multisectoriales que están

disponibles para describir la forma en que varios sistemas humanos interactúan, tanto entre ellos como con el sistema de la Tierra, así como la forma en que estas interacciones afectan las respuesta del sistema en general a los diversos factores estresantes a los que están expuestos, incluidos los factores estresantes relacionados con el clima. Comprender la naturaleza de estas interacciones, a través del desarrollo de métodos para caracterizar y

modelar sistemas entrelazados complejos, son retos de investigación de gran importancia.

Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/complex-systems>

### Interacciones sectoriales complejas



Los sectores interactúan y son interdependientes a través de vínculos físicos, sociales, institucionales, ambientales y económicos. Dichos sectores y las interacciones entre ellos son afectados por una variedad de influencias relacionadas y no relacionadas al cambio climático. De la Figura 17.1 (fuentes: Pacific Northwest National Laboratory, Arizona State University y Cornell University).



# Fotografía

2. **Clima:** Un río atmosférico vierte la humedad en el oeste de los Estados Unidos, febrero de 2017. *NASA Earth Observatory images by Jesse Allen and Joshua Stevens, using VIIRS data from the Suomi National Polar-orbiting Partnership and IMERG data provided courtesy of the Global Precipitation Mission (GPM) Science Team's Precipitation Processing System (PPS).*
3. **Agua:** Reparación de dique a lo largo del río San Joaquín en California, febrero de 2017. *U.S. Army Corps of Engineers, Sacramento District.*
4. **Energía:** Operarios de mantenimiento de líneas trabajan para restaurar la energía eléctrica en Puerto Rico tras el paso del huracán María en 2017. © Jeff Miller/Western Area Power Administration/Flickr. CC BY 2.0, <https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/legalcode>.
5. **Cambios terrestres:** Campos agrícolas cerca de la Reserva Ririe en Bonneville, Idaho. © Sam Beebe/Flickr. CC BY 2.0, <https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/legalcode>.
6. **Bosques:** La sequía de varios años en California ha provocado la muerte de millones de árboles en los bosques de baja elevación. *Nathan Stephenson / U.S. Geological Survey.*
7. **Ecosistemas:** Refugio Nacional para la Vida Silvestre Kodiak, Alaska. *Lisa Hupp / U.S. Fish and Wildlife Service*
8. **Efectos Costeros:** Las "barreras verdes" naturales ayudan a proteger esta costa e infraestructura de Florida contra tormentas e inundaciones severas. *NOAA.*
9. **Océanos:** Arrecifes de coral en las Islas Vírgenes de los EE. UU. *NOAA Coral Reef Conservation Program.*
10. **Agricultura:** Tyringham, Massachusetts. © DenisTangneyJr/E+/Getty Images.
11. **Entorno Construido:** Cleveland, Ohio. © Erik Drost/Flickr. CC BY 2.0, <https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/legalcode>.
12. **Transporte:** St. Louis, Misuri. © Cathy Morrison/Missouri Department of Transportation. CC BY-NC-SA 2.0, <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/legalcode>.
13. **Calidad del Aire:** Incendio Carr, condado de Shasta, California, agosto de 2018. *Sgt. Lani O. Pascual / U.S. Army National Guard.*
14. **Salud humana:** Gran proliferación de algas en el lago Erie en el verano de 2015. *NOAA Great Lakes Environmental Research Laboratory.*
15. **Pueblos Indígenas:** Estudiantes de la Reserva Indígena de Wind River recogen semillas para un proyecto de restauración de tierra. *U.S. Department of the Interior / Bureau of Land Management.*
16. **Internacional:** Buque portacontenedores trayendo bienes al puerto. © wissanu01/iStock/Getty Images.
17. **Sistemas Complejos:** Deslizamiento de tierra que bloquea una carretera en California. © gece33/E+/Getty Images.

*Nota: Las fotos han sido recortado de su tamaño original para que caben en la plantilla del informe.*

# Regiones

## SUMARIOS EJECUTIVOS



Puente Bartram en Pensilvania.

### Mensaje clave 1

#### Los cambios de la estacionalidad afectan a los ecosistemas rurales, los medios ambientes y la economía

Las estaciones en la región del Noreste son un elemento fundamental de la sensación de pertenencia de la región y un factor importante de las economías rurales. Estaciones menos claras, con inviernos más templados y condiciones primaverales más prontas, ya están alterando los ecosistemas y medios ambientes en formas que afectan al turismo, la agricultura y la silvicultura. Las industrias y los modos de vida rurales de la región están en riesgo por cambios adicionales en los bosques, la vida silvestre, la acumulación de nieve y el flujo de los arroyos.

### Mensaje clave 2

#### Cambios en los hábitats costeros y oceánicos, los servicios de los ecosistemas y los modos de vida

La costa y el océano del Noreste apoyan el comercio, el turismo y la recreación, actividades importantes para la economía y la forma de vida de la región. Las temperaturas más cálidas del océano, el incremento en el nivel del mar y la acidificación del océano amenazan estos servicios. La capacidad de adaptación de los ecosistemas marinos y de las comunidades costeras influirá en los resultados ecológicos y socioeconómicos a la medida que los riesgos climáticos incrementen.

### Mensaje clave 3

#### Manteniendo las áreas y comunidades urbanas y su interrelación

Los centros urbanos del Noreste y sus interrelaciones son centros regionales y nacionales de actividad cultural y económica. Ya están ocurriendo impactos negativos mayores en la infraestructura crítica, las economías urbanas y los sitios históricos de importancia nacional, y serán más comunes con los cambios climáticos.

### Mensaje clave 4

#### Amenazas para la salud humana

El clima cambiante amenaza la salud y el bienestar de las personas en el Noreste, a través de un clima más extremo, temperaturas más cálidas, degradación de la calidad del aire y del agua y la elevación del nivel del mar. Se espera que estos cambios ambientales tengan impactos y costos relacionados con la salud, como serían muertes adicionales, visitas a salas de emergencia y hospitalizaciones, y un nivel de calidad de vida más bajo. Se prevé que los impactos en la salud variarán según el lugar, la edad, el estado de salud actual y otras características de las personas y las comunidades.

### Mensaje clave 5

#### La adaptación al cambio climático ya está en curso

Las comunidades del Noreste están planificando e implementando acciones proactivamente para reducir los riesgos presentados por el cambio climático. El uso de herramientas de apoyo para la toma de decisiones para desarrollar y aplicar estrategias de adaptación informa tanto el valor de adoptar las soluciones como los retos restantes. La experiencia desde la última evaluación sirve de base para el avance de futuros esfuerzos de adaptación.



La estacionalidad distintiva del clima del Noreste apoya un paisaje natural diverso, adaptado a los extremos de los inviernos fríos y nevados y de los veranos templados a cálidos y húmedos. Este paisaje natural es el cimiento económico y cultural de muchas comunidades rurales, las cuales están apoyadas en una gama diversa de industrias que dependen de la agricultura, el turismo y los recursos naturales (véase el Ca. 10: Agricultura, MC 4). La reciente tendencia dominante en precipitación a través del Noreste ha sido hacia

aumentos en la intensidad de la precipitación pluvial, con incrementos en intensidad que superan a los de otras regiones en la masa contigua de los Estados Unidos. Se esperan más incrementos en la intensidad de la precipitación pluvial, con aumentos en la precipitación total esperados en invierno y primavera, pero pocos cambios en el verano. Se proyecta que la precipitación mensual en el Noreste sea de 1 pulgada (25 mm) más de diciembre a abril para fines de siglo (2070–2100) bajo el escenario de emisiones más alto (RCP8.5).

Los ecosistemas oceánicos y costeros están siendo afectados por grandes cambios en una

variedad de condiciones ambientales relacionadas con el clima. Estos ecosistemas apoyan la pesca y la acuicultura, el turismo y la recreación y las comunidades costeras. Los incrementos observados y proyectados en la temperatura, la acidificación, la frecuencia e intensidad de las tormentas y los niveles del mar son un motivo de especial preocupación para los ecosistemas costeros y oceánicos, como también para las comunidades locales y sus sistemas sociales y económicos interconectados. Los aumentos en las temperaturas y los cambios estacionales en la plataforma continental del Noreste han afectado a los organismos marinos y los ecosistemas de varias maneras. La tendencia de calentamiento que se ha manifestado en la plataforma continental del Noreste se ha asociado con el desplazamiento de varias especies de peces y de invertebrados hacia el norte y a profundidades mayores. Dada la diversidad del paisaje costero del Noreste, los impactos de las tormentas y del incremento en el nivel del mar variarán en distintos lugares a lo largo de la costa.

Las ciudades del Noreste, con su abundancia de concreto y asfalto y una ausencia relativa de vegetación, tienden a tener temperaturas más altas que las regiones circundantes, como consecuencia del efecto de isla de calor urbana. Durante los eventos de calor extremo, las temperaturas nocturnas en las ciudades grandes de la región por lo general son varios grados más altas que en las regiones que las rodean, lo que crea un mayor riesgo de muertes relacionadas con el calor. Las áreas urbanas están en riesgo de grandes cantidades de poblaciones evacuadas y desplazadas, y de daños a la infraestructura, como consecuencia de eventos de precipitación extrema e inundaciones recurrentes, lo que podría requerir tareas considerables de respuesta a emergencias y la consideración de un compromiso a largo plazo de reconstrucción y adaptación, así como apoyo para reubicación cuando así se requiera. Gran parte de la infraestructura en el Noreste, incluidos los sistemas de drenaje y alcantarillado, los activos de protección contra tormentas e inundaciones, los sistemas de transporte y el suministro eléctrico,

se aproximan al final de su expectativa de vida útil planificada. Las alteraciones relacionadas con el clima exacerbarán aún más los problemas existentes con la infraestructura en decadencia. El incremento en el nivel del mar ha amplificado el impacto de las tormentas en el Noreste (Ca. 18: Noreste, MC 2), contribuyendo a marejadas más altas que se extienden a mayor distancia tierra adentro, como se observó en la ciudad de Nueva York después de la supertormenta Sandy en 2012. La infraestructura de abastecimiento de servicios y recursos en el Noreste tiene un riesgo cada vez mayor de trastornos, lo que resultaría en un nivel de calidad de vida más bajo, caídas económicas y mayor desigualdad social. La pérdida de servicios públicos afecta la capacidad de las comunidades para servir como centros administrativos y económicos y detona interrupciones en las cadenas de abastecimiento interconectadas (Ca. 16: Internacional, MC 1).

Los aumentos en la temperatura promedio anual en el Noreste fluctúan desde menos de 1 °F (0.6 °C) en Virginia Occidental a unos 3 °F (1.7 °C) o más en Nueva Inglaterra desde 1901. Aunque el riesgo relativo de muerte en los días muy calurosos es menor en la actualidad que hace algunas décadas atrás, las enfermedades y las muertes relacionadas con el calor siguen siendo problemas de salud pública significativos en el Noreste. Por ejemplo, un estudio en la ciudad de Nueva York calculó que en 2013 hubo 133 muertes en exceso causadas por el calor extremo. Se espera que estos aumentos proyectados en la temperatura causen una cantidad considerablemente mayor de muerte prematuras, admisiones hospitalarias y visitas a departamentos de emergencias en el Noreste. Por ejemplo, en el Noreste podemos esperar unas 650 muertes prematuras adicionales por año como consecuencia del calor extremo para el año 2050 bajo cualquiera de los escenarios de emisiones ya sea el bajo (RCP4.5) o el alto (RCP8.5), y de 960 (conforme al RCP4.5) a 2,300 (conforme al RCP8.5) más muertes prematuras por año para 2090.

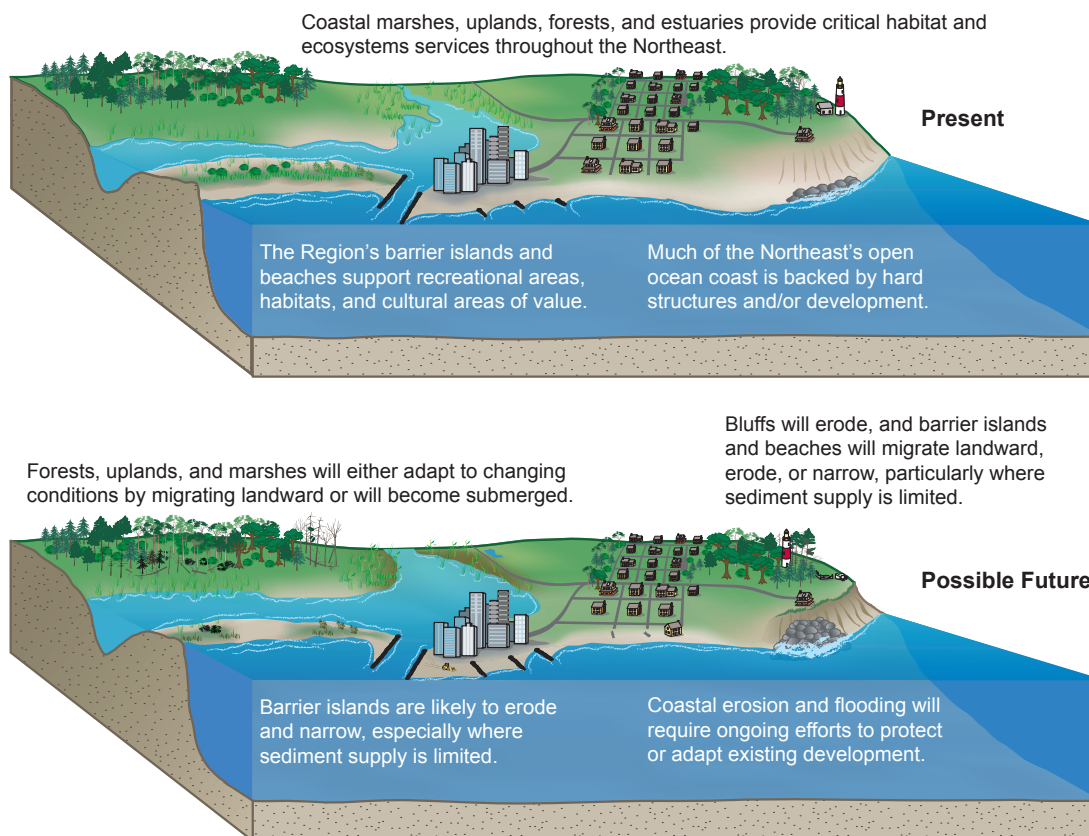
Las comunidades, los poblados, las ciudades, los condados, los estados y las tribus a través

del Noreste están realizando actividades para fortalecer la resiliencia a los cambios ambientales y adaptarse a un clima cambiante. El desarrollo y la implementación de estrategias de adaptación climática en la práctica diaria por lo general se llevan a cabo en colaboración con agencias federales y estatales. Los avances en los poblados rurales, las ciudades y las áreas suburbanas incluyen ajustes de bajo costo en los códigos y las normas de construcción actuales. En las áreas costeras, las alianzas entre las comunidades locales y las agencias federales y estatales aprovechan las herramientas de adaptación y los marcos de referencia para toma de decisiones del gobierno federal. Cada vez más ciudades y poblados en el Noreste están desarrollando o implementando planes de adaptación y

resiliencia ante el cambio climático. Los métodos están diseñados para mantener y mejorar la vida cotidiana de los residentes y fomentar el desarrollo económico. En algunas ciudades, la planificación de adaptación se ha utilizado para responder a retos presentes y futuros en el entorno construido. Los esfuerzos regionales han recomendado cambios en las normas de diseño al construir, reemplazar o reconvertir infraestructura, a fin de tener en cuenta el cambio climático.

Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/northeast>.

## Impactos costeros del cambio climático



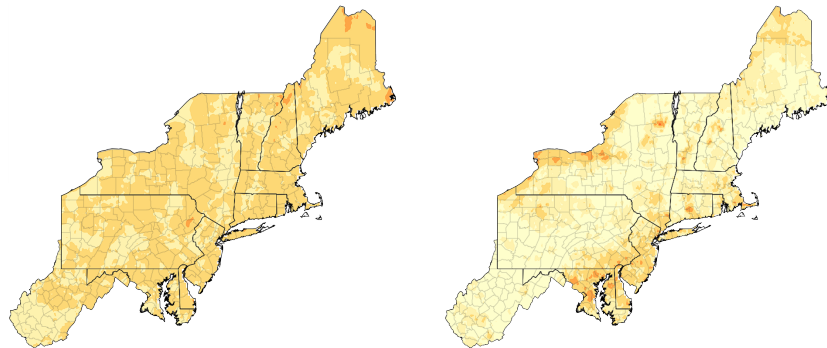
(arriba) El paisaje costero del Noreste consta de altiplanos y zonas boscosas, humedales y sistemas de estuarios, playas de tierra firme y de barrera, acantilados, cabos y costas rocosas, así como áreas desarrolladas, todo lo cual brinda una variedad de servicios importantes para las personas y las especies. (abajo) Los impactos futuros de la actividad de tormentas intensas y el incremento en el nivel del mar variarán a través del paisaje, lo cual requerirá una variedad de estrategias de adaptación para proteger a las personas, los hábitats, las tradiciones y los modos de vida. *De la Figura 18.7 (fuente: Servicio Geológico de los Estados Unidos).*

## Prolongación del período sin congelación

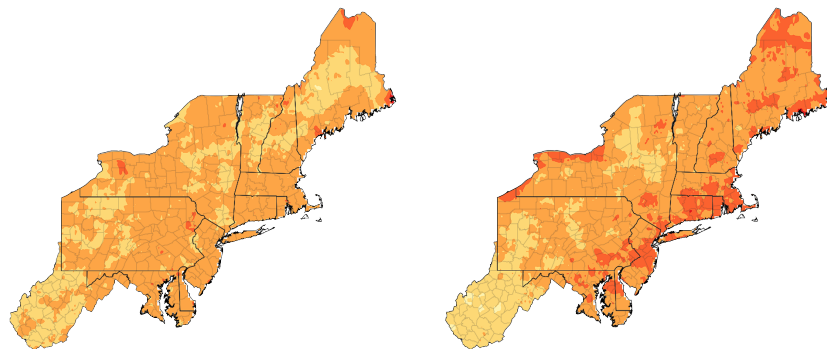
Last Spring Freeze

First Fall Freeze

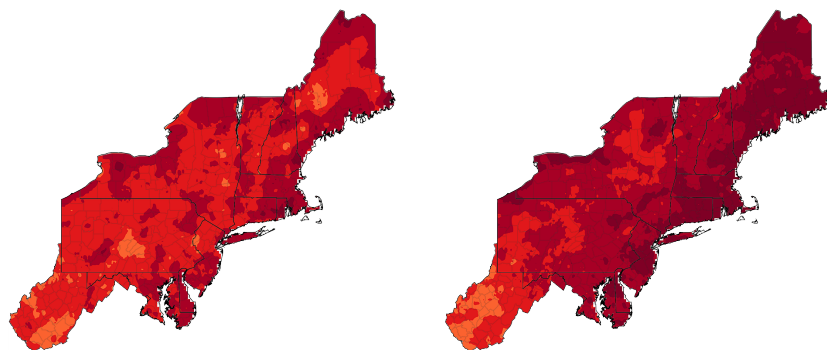
2040–2069, Lower Scenario (RCP4.5)



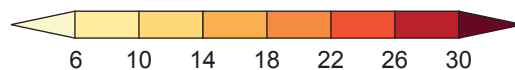
2040–2069, Higher Scenario (RCP8.5)



2070–2099, Higher Scenario (RCP8.5)



Change in Number of Days



Estos mapas muestran los cambios proyectados en la fecha de la última congelación primaveral (columna izquierda) y la fecha de la primera congelación otoñal (columna derecha) para mediados de siglo (en comparación con 1979-2008) bajo el escenario bajo (RCP4.5; fila superior) y el escenario alto (RCP8.5; fila central). La fila inferior muestra el cambio en estas fechas para fines de siglo conforme al escenario más alto. Para mediados de siglo, se prevé que el período sin congelación en gran parte del Noreste se alargue hasta dos semanas conforme al escenario bajo y de dos a tres semanas conforme al escenario alto. Para fines de siglo, se prevé que el período sin congelación se prolongue tres o más semanas en la mayor parte de la región. De la Figura 18.3 (fuente: adaptado de Wolfe et al. 2018)



Manglar rojo en Titusville, Florida.

## Mensaje clave 1

### Infraestructura urbana y riesgos a la salud

Muchas ciudades del Sureste son especialmente vulnerables al cambio climático en comparación con las ciudades de otras regiones, con impactos esperados a la infraestructura y la salud humana. La vitalidad y la viabilidad de estas áreas metropolitanas y de las personas y los recursos regionales críticos en ellas, enfrentan un riesgo cada vez mayor por el calor, las inundaciones y enfermedades transmitidas por vectores que resultan de los cambios climáticos. Muchas de estas áreas urbanas están creciendo con rapidez y ofrecen oportunidades para las actividades de adaptación efectivas para evitar los impactos negativos futuros del cambio climático.

## Mensaje clave 2

### Incremento en los riesgos de inundación en las regiones costeras y bajas

Las regiones de la costa y de baja altitud fuera de las costas en el Sureste dan apoyo a una población de rápido crecimiento, una economía turística, industrias críticas e importantes recursos culturales que son muy vulnerables a los impactos del cambio climático. Los efectos combinados de los cambios de precipitación pluvial extrema e incremento en el nivel del mar ya están aumentando la frecuencia de inundaciones, lo cual afecta el valor de las propiedades y la viabilidad de la infraestructura, en particular en las ciudades costeras. Si no hay medidas de adaptación significativas, se proyecta que estas regiones tendrán inundaciones diarias por marea alta a fines del siglo.



## Mensaje clave 3

### Los ecosistemas naturales se transformarán

Los diversos sistemas naturales del Sureste, que brindan muchos beneficios a la sociedad, serán transformados por el cambio climático. Se espera que los cambios en los extremos de las temperaturas invernales, los patrones de incendios forestales, el nivel del mar, los huracanes, las inundaciones, las sequías y el calentamiento de la temperatura oceánica redistribuyan las especies y modifiquen considerablemente los ecosistemas. Como resultado de esto, los recursos ecológicos de los que dependen las personas para su sustento, protección y bienestar enfrentan riesgos cada vez mayores, y las generaciones futuras pueden esperar vivir e interactuar con sistemas naturales muy distintos a los que vemos en la actualidad.

## Mensaje clave 4

### Riesgos económicos y para la salud en las comunidades rurales

Las comunidades rurales son una parte integral del legado cultural del Sureste y de las robustas industrias de productos agrícolas y forestales en la región. Se proyecta que los episodios más frecuentes de calor extremo y los cambios climáticos en las estaciones incrementen los impactos para la salud relacionados con la exposición y las vulnerabilidades económicas en los sectores de agricultura, madera y manufactura. Para fines de siglo, podrían perderse más de 500 millones de horas de trabajo por los impactos relacionados con el calor extremo. Estos cambios tendrían efectos negativos en la industria agrícola de la región, que depende en gran medida de la mano de obra, y complicarían las tensiones sociales existentes en las áreas rurales relacionadas con capacidades limitadas de las comunidades locales y con la demografía, las ocupaciones, las ganancias, la alfabetización y la incidencia de pobreza en las zonas rurales. La reducción de las tensiones existentes puede aumentar la resiliencia.



El Sureste incluye vastas áreas costeras y de baja altitud, la parte meridional de los montes Apalaches, varias áreas metropolitanas de rápido crecimiento y extensas zonas rurales.

Las playas y los brazos

de ríos, los campos y los bosques, y las ciudades y los pequeños poblados están todos en riesgo por el clima cambiante. Aunque algunos impactos del cambio climático, como el incremento en el nivel del mar y las lluvias torrenciales, se sienten de manera aguda en la actualidad, se espera que otros, como una mayor exposición a temperaturas elevadas peligrosas, humedad

y nuevas enfermedades locales, se vuelvan más significativos en las próximas décadas. Aunque todos los residentes y las comunidades de la región están expuestos potencialmente al riesgo de ciertos impactos, algunas comunidades y poblaciones tienen mayores riesgos por su ubicación, los servicios disponibles y la situación económica.

El calentamiento observado desde mediados del siglo XX ha sido desigual en la región del Sureste, con un incremento en la temperatura media mínima diaria tres veces mayor que para la temperatura media máxima diaria. La cantidad de precipitación pluvial extrema va en aumento. Las simulaciones de modelos climáticos de las condiciones futuras proyectan aumentos en la temperatura y la precipitación extrema.

Se espera que continúen las tendencias hacia un Sureste más urbanizado y denso, lo que creará nuevas vulnerabilidades climáticas. Las ciudades del Sureste están presenciando olas de calor más frecuentes y de mayor duración en el verano. Las enfermedades transmitidas por vectores representan un riesgo mayor en las ciudades que en las áreas rurales, como consecuencia de la mayor densidad poblacional y otros factores humanos, y los principales centros urbanos del Sureste ya son afectados por la mala calidad del aire en los meses más calurosos. El aumento en la precipitación y los sucesos meteorológicos extremos seguramente afectarán los caminos, los ferrocarriles de flete y los ferrocarriles de pasajeros, todo lo cual tendrá efectos en cascada en la región. La infraestructura relacionada con el agua potable y el tratamiento de aguas residuales también podrá ser afectada por eventos relacionados con el clima. Los incrementos en la precipitación pluvial extrema e inundaciones costeras por la marea alta como consecuencia del cambio climático futuro afectarán la calidad de vida de los residentes permanentes y de los turistas que visitan las regiones bajas y costeras del Sureste. El ascenso en el nivel del mar está contribuyendo a una mayor cantidad de inundaciones costeras en el Sureste y las inundaciones por la marea alta ya representan riesgos diarios para los negocios, los vecindarios, la infraestructura, el transporte y los ecosistemas de la región. Se han presentado muchos casos en los que los acontecimientos de precipitación pluvial intensa han tenido efectos devastadores en las comunidades tierra adentro en años recientes.

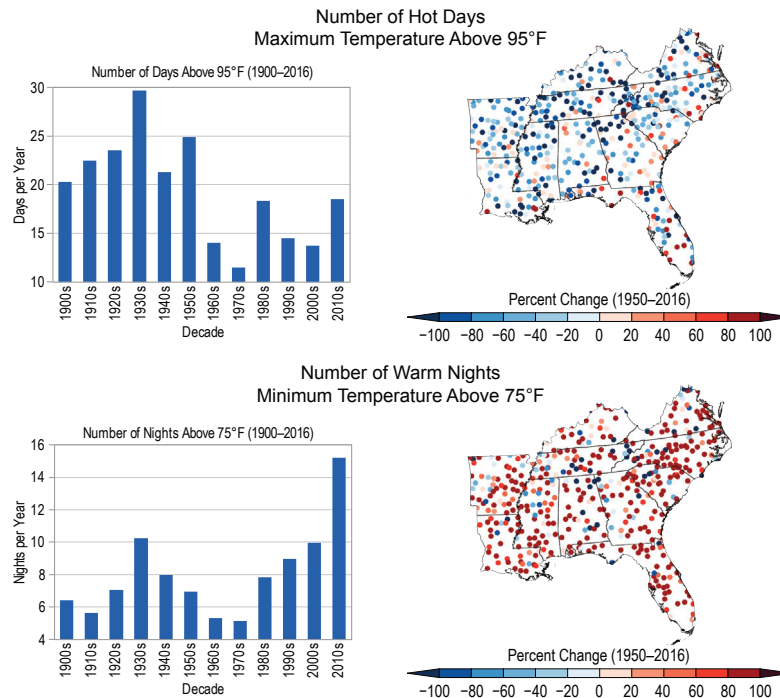
Los recursos ecológicos de los que dependen las personas para su subsistencia, protección y bienestar enfrentan un riesgo cada vez mayor por los impactos del cambio climático. El incremento en el nivel del mar provocará una conversión rápida de los ecosistemas costeros, terrestres y de agua dulce a hábitats mareales salinos. Las reducciones en la frecuencia y la intensidad de los extremos de temperatura invernal fría ya están permitiendo que las especies tropicales y subtropicales se desplacen hacia el norte y reemplacen a especies más templadas. También se prevé que las temperaturas invernales más

cálidas faciliten el movimiento hacia el norte de especies invasoras problemáticas, lo que podría transformar los sistemas naturales al norte de su distribución actual. En el futuro, se espera que los aumentos de temperatura y los incrementos en la duración e intensidad de las sequías incrementen los casos de incendios forestales y reduzcan la eficacia de las prácticas contra incendios prescritos.

Muchas personas en las comunidades rurales mantienen conexiones con modos de vida tradicionales y dependen de recursos naturales que son particularmente vulnerables a los cambios climáticos. Las tendencias del clima y los posibles futuros climáticos muestran patrones que ya están afectando (y se espera que afecten aún más) los sectores rurales, desde la agricultura y la silvicultura hasta la salud humana y la productividad laboral. Se proyecta que los futuros aumentos de temperatura proyectados presenten retos para la salud humana. Los incrementos en la temperatura, el estrés acuático, los días sin congelación, las sequías y los incendios forestales, más las condiciones cambiantes para las especies invasoras y el movimiento de enfermedades, crean varios riesgos potenciales para los sistemas agrícolas existentes. Las comunidades rurales tienden a ser más vulnerables a estos cambios, debido a factores como la demografía, las ocupaciones, las ganancias, la alfabetización y la incidencia de pobreza. De hecho, un estudio económico reciente, en el que se utilizó un escenario más alto (RCP8.5), sugiere que las poblaciones del Sur y del Medio Oeste tienen mayor probabilidad de sufrir las mayores pérdidas por los cambios climáticos futuros en los Estados Unidos. El cambio climático tiende a agravar las vulnerabilidades actuales y exacerbar las desigualdades existentes. Se espera que las regiones que ya son pobres, como las del Sureste, sigan incurriendo en pérdidas mayores que las ocurridas en otras zonas de los Estados Unidos.

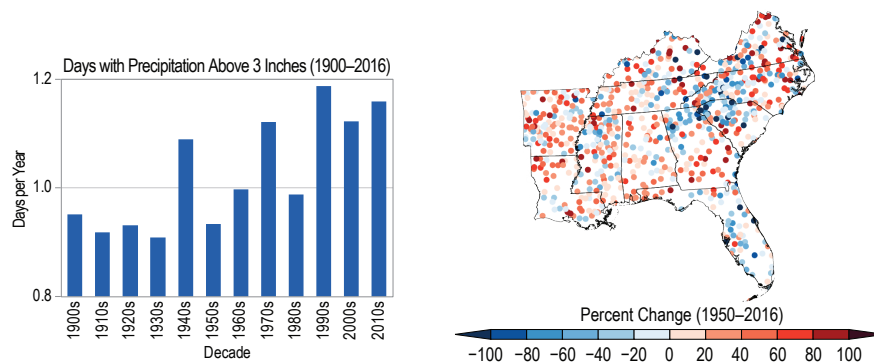
Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/southeast>

## Cambios históricos en los días calurosos y las noches tibias



El 61 % de las principales ciudades del Sureste presentan algunos aspectos del empeoramiento de las olas de calor, un porcentaje más alto que en cualquier otra región del país. Los días calurosos y las noches tibias afectan la comodidad y la salud de los seres humanos y requieren un aumento en las actividades de enfriamiento. La agricultura también es afectada por la ausencia de enfriamiento durante la noche. Se muestran la variabilidad y el cambio en la cantidad de días calurosos (arriba) y noche tibias (abajo). Los gráficos de barras muestran los promedios en la región, por década, de 1900 a 2016, mientras que los mapas muestran las tendencias de 1950 a 2016 de las estaciones meteorológicas individuales. Las temperaturas medias durante el verano en los 10 años más recientes han sido las más calurosas registradas, con incrementos muy grandes en las temperaturas nocturnas e incrementos más modestos en las temperaturas diurnas, como lo indican los cambios contrastantes en días calurosos y noches tibias. (arriba, izquierda) La cantidad anual de días calurosos (temperatura máxima por encima de 95 °F [35 °C]) ha sido menor desde 1960 que el promedio en la primera mitad del siglo XX; (arriba, derecha) las tendencias en días calurosos desde 1950 tienden a ser descendentes, excepto en la costa sur del Atlántico y el Florida, debido a las cifras elevadas en la década de 1950, pero han sido ligeramente ascendentes desde 1960, siguiendo un incremento gradual en las temperaturas medias diurnas máximas durante ese período. (abajo, izquierda) A la inversa, la cantidad de noches tibias (temperatura mínima por encima de 75 °F [24 °C]) se ha duplicado, en promedio, en comparación con la primera mitad del siglo XX y (abajo, derecha) se ha incrementado localmente en la mayoría de las estaciones. *De la Figura 19.1 (fuentes: NOAA NCEI y CICS-NC).*

## Cambio histórico de la precipitación intensa



La figura muestra la variabilidad y el cambio en (izquierda) la cantidad anual de días con precipitación superior a 3 pulgadas (76 mm) (de 1900 a 2016) promediada para el Sureste por década y (derecha) las tendencias de las estaciones individuales (de 1950 a 2016). La cantidad de días con precipitación intensa ha aumentado en la mayoría de las estaciones, en particular desde la década de 1980. *De la Figura 19.3 (fuentes: NOAA NCEI y CICS-NC).*



San Juan, Puerto Rico.

## Mensaje clave 1

### Agua dulce

El agua dulce es esencial para la vida en el Caribe. Se proyecta que el incremento en las emisiones globales de carbono reduzcan la precipitación pluvial media en esta región para fines de siglo, limitando la disponibilidad de agua dulce, al mismo tiempo que se prevé que crezca la intensidad de los acontecimientos de precipitación pluvial extrema, que pueden acrecentar los impactos de las inundaciones de agua dulce. La intrusión de agua salada asociada con el aumento en el nivel del mar reducirá la cantidad y la calidad del agua dulce en los mantos acuíferos costeros. El incremento en la variabilidad de los eventos de precipitación pluvial y los aumentos de temperatura seguramente alterarán la distribución de las zonas de vida ecológicas y exacerbarán los problemas actuales de gestión, planificación e infraestructura del agua.

## Mensaje clave 2

### Recursos marinos

Los sistemas ecológicos marinos proveen importantes servicios de ecosistemas, como pesca comercial y recreativa y protección costera. Estos sistemas son amenazados por cambios en la temperatura superficial del océano, la acidificación del océano, el aumento en el nivel del mar y los cambios en la frecuencia e intensidad de las tormentas. La degradación del coral y de otros hábitats marinos puede provocar cambios en la distribución de especies que utilizan estos hábitats, así como la pérdida de cobertura de coral vivo, esponjas y otras especies clave. Estos cambios probablemente alterarán los servicios de ecosistemas, provocando efectos subsiguientes en la economía de las islas caribeñas.

## Mensaje clave 3

### Sistemas costeros

Las costas son una característica central de las comunidades de las islas del Caribe. Las zonas costeras dominan la economía de las islas y son el hogar de infraestructura crítica, propiedades públicas y privadas, legado cultural y sistemas ecológicos naturales. El aumento en el nivel del mar, combinado con la acción de olas más fuertes y oleadas de tormenta más altas, empeorarán las inundaciones costeras y aumentarán la erosión costera, lo que seguramente provocará una reducción en las áreas de playa, pérdida de barreras contra oleadas de tormenta, menos turismo y efectos negativos en el modo de vida y el bienestar. La planificación de adaptación y las estrategias basadas en la naturaleza, combinadas con la participación activa de la comunidad y los conocimientos tradicionales, comienzan a implementarse para reducir los riesgos del clima cambiante.

## Mensaje clave 4

### Aumento en las temperaturas

Los sistemas naturales y sociales se adaptan a las temperaturas en las que evolucionan y funcionan. Los cambios en las temperaturas medias y extremas tienen efectos directos e indirectos sobre los organismos y fuertes interacciones con los ciclos hidrológicos, generando una variedad de impactos. Es probable que los aumentos constantes en las temperaturas medias provoquen cambios en la productividad agrícola, cambios en los hábitats y las distribuciones de la vida silvestre y riesgos para la salud humana, sobre todo en las poblaciones vulnerables. Conforme aumenten las temperaturas máximas y mínimas, es probable que haya menos noches frescas y que los días calurosos sean más frecuentes, lo que puede afectar la calidad de vida en las islas estadounidenses del Caribe.

## Mensaje clave 5


### Respuesta a riesgos de desastre para acontecimientos extremos

Los acontecimientos extremos representan riesgos significativos para la vida, la propiedad y la economía en el Caribe, y se proyecta que aumente la frecuencia y la intensidad de algunos acontecimientos extremos, como las inundaciones y sequías. El incremento en la intensidad de los huracanes y las tasas de precipitación pluvial asociadas seguramente afectarán la salud humana y el bienestar, el desarrollo económico, la conservación y la productividad agrícola. Una mayor resiliencia dependerá de la colaboración y de la integración de la planificación, la preparación y las respuestas en la región.

## Mensaje clave 6

### Aumento en la capacidad de adaptación mediante la colaboración regional

Los conocimientos compartidos, la colaboración en la investigación y el monitoreo y la capacidad institucional de adaptación sostenible pueden apoyar y acelerar la recuperación en casos de desastre, reducir la pérdida de vidas, mejorar la seguridad alimenticia y mejorar las oportunidades económicas en el Caribe estadounidense. La expansión de la cooperación regional y la formación de alianzas más sólidas en el Caribe pueden ampliar la capacidad colectiva de la región para lograr acciones efectivas que fortalezcan la resiliencia al cambio climático, reduzcan la vulnerabilidad a los acontecimientos extremos y ayuden en las tareas de recuperación.



Históricamente, la región del Caribe estadounidense ha tenido patrones relativamente estables de precipitación pluvial estacional, fluctuaciones moderadas en la temperatura anual y diversas condiciones meteorológicas extremas, como tormentas tropicales, huracanes y sequías. Sin embargo, el clima del Caribe está cambiando y se proyecta que sea cada vez más variable, a medida que aumenten los niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

El alto porcentaje de área costera con respecto al área terrestre total de la isla en el Caribe estadounidense significa que una gran proporción de los habitantes, la infraestructura y la actividad económica en la región son vulnerables al aumento en el nivel del mar, los acontecimientos más frecuentes de precipitación pluvial intensa y las inundaciones costeras asociadas, y la intrusión de agua salada. Los altos niveles de exposición y sensibilidad a riesgo en la región del Caribe estadounidense se complican por el bajo nivel de capacidad de adaptación, que en parte se debe a los altos costos de las medidas de mitigación y adaptación en relación con el producto interno bruto de la región, sobre todo al compararse con las áreas costeras de la zona continental de los Estados Unidos. La limitada escala geográfica y económica de las islas del Caribe significa que las alteraciones causadas por acontecimientos extremos relacionados con el clima, como

las sequías y los huracanes, pueden devastar grandes porciones de las economías locales y causar daños extensos a cultivos, suministros de agua, infraestructura y otros recursos y servicios críticos.

Los territorios de Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos en el Caribe estadounidense tienen diferencias marcadas en cuanto a topografía, idioma, población, gobierno, recursos naturales y humanos, y capacidad económica. Sin embargo, ambos dependen en gran medida de los activos costeros naturales y construidos; las industrias relacionadas con servicios representan más del 60 % de la economía de las Islas Vírgenes de los Estados Unidos. Las playas, afectadas por el aumento en el nivel del mar y la erosión, son unas de las atracciones turísticas principales. En Puerto Rico, la infraestructura crítica (por ejemplo, tuberías y estaciones de bombeo de agua potable, tuberías y estaciones de bombeo de drenaje, plantas de tratamiento de aguas residuales y plantas generadoras de energía) es vulnerable a los efectos del aumento en el nivel del mar, las oleadas de tormenta y las inundaciones. En las Islas Vírgenes de los Estados Unidos, la infraestructura y los edificios históricos en la zona de inundación por el aumento en el nivel del mar comprenden las plantas de generación eléctrica en St. Thomas y St. Croix; escuelas; comunidades de viviendas; los poblados de Charlotte Amalie, Christiansted y Frederiksted; y las tuberías de agua y drenaje.

Es probable que el cambio climático cause escasez de agua por una reducción general en la precipitación pluvial anual, una reducción en los servicios de ecosistemas, y mayores riesgos para la agricultura, la salud humana, la vida silvestre y el desarrollo económico en el Caribe estadounidense. Estas deficiencias resultarían en que, en el futuro, ciertos lugares del Caribe tendrán temporadas secas más largas y temporadas de lluvia más breves pero más abundantes. Se proyecta que las temporadas secas de mayor duración aumenten la probabilidad de incendios. Las precipitaciones pluviales excesivas, sumadas a malas prácticas de construcción, caminos no pavimentados y pendientes pronunciadas, puede exacerbar los índices de erosión y tener efectos adversos sobre la capacidad de los embalses, la calidad del agua y los hábitats marinos cercanos a las costas.

El calentamiento del océano presenta una amenaza importante a la supervivencia de los corales y seguramente causará cambios en los hábitats asociados que componen el ecosistema de los arrecifes de coral. Períodos intensos, repetidos o prolongados de temperaturas altas que causan el blanqueamiento del coral pueden provocar la muerte de las colonias. También es probable que la acidificación del océano reduzca la integridad estructural de los hábitats de coral. Estudios han mostrado que los grandes cambios en la distribución de las pesquerías y los cambios en la estructura y la composición de los hábitats marinos tienen un efecto negativo sobre la seguridad alimenticia, la protección de costas y las economías en el Caribe.

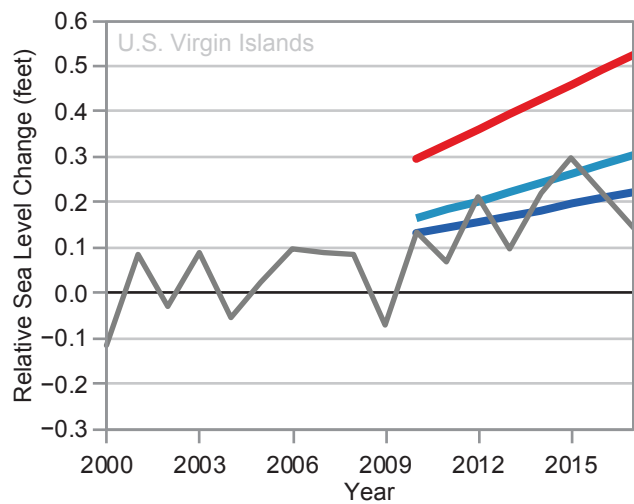
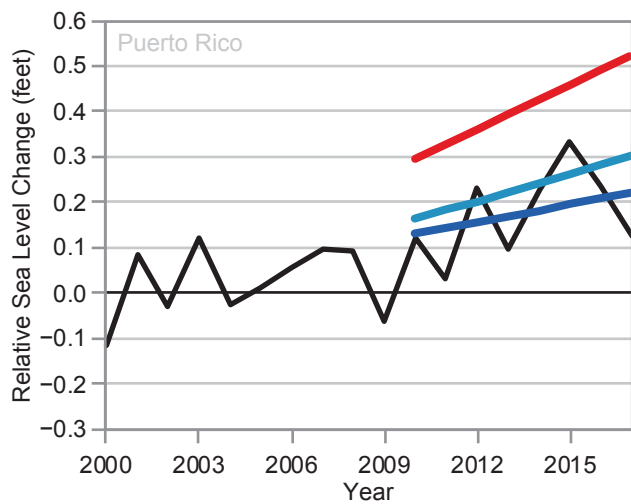
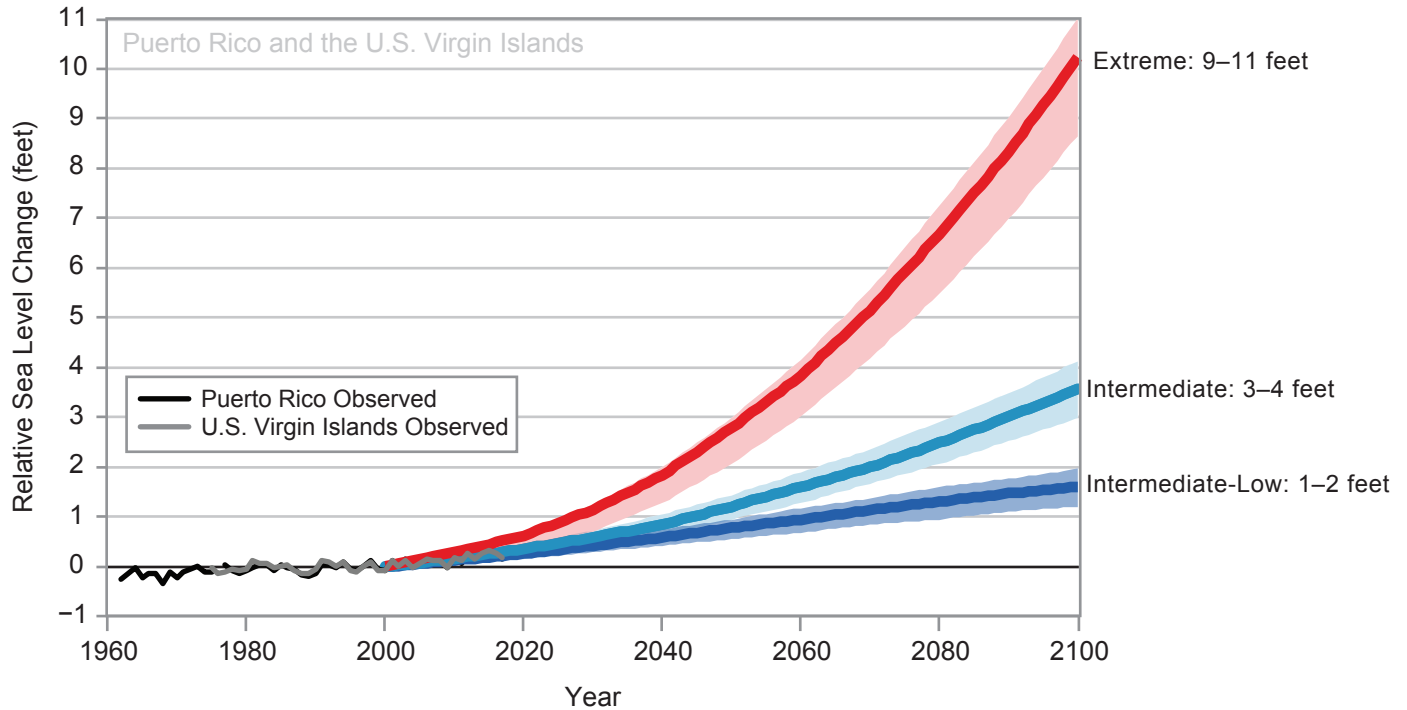
En Puerto Rico, el promedio anual de días con temperaturas superiores a los 90 °F (32.2 °C) ha aumentado en las últimas cuatro décadas y media. En ese período, los accidentes cerebrovasculares y las enfermedades cardiovasculares, en los que influyen estas temperaturas elevadas, se convirtieron en las principales causas de muerte. Los aumentos en la temperatura media y en los acontecimientos de calor extremo probablemente tendrán efectos perjudiciales en las operaciones agrícolas en la región del Caribe estadounidense.

Muchos granjeros en los trópicos, incluido el Caribe estadounidense, se consideran agricultores de tenencia pequeña y recursos limitados, y por lo general no cuentan con los recursos y/o el capital para adaptarse a las condiciones cambiantes.

La mayoría de los países y territorios del Caribe comparten la necesidad de evaluar riesgos, permitir acciones a través de escalas y evaluar los cambios en los ecosistemas para informar la toma de decisiones sobre la protección del hábitat en un clima cambiante. Las islas estadounidenses en el Caribe tienen el potencial para mejorar las acciones de adaptación y mitigación al fomentar colaboraciones más sólidas con iniciativas caribeñas sobre el cambio climático y la reducción de riesgos en desastres.

Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/caribbean>

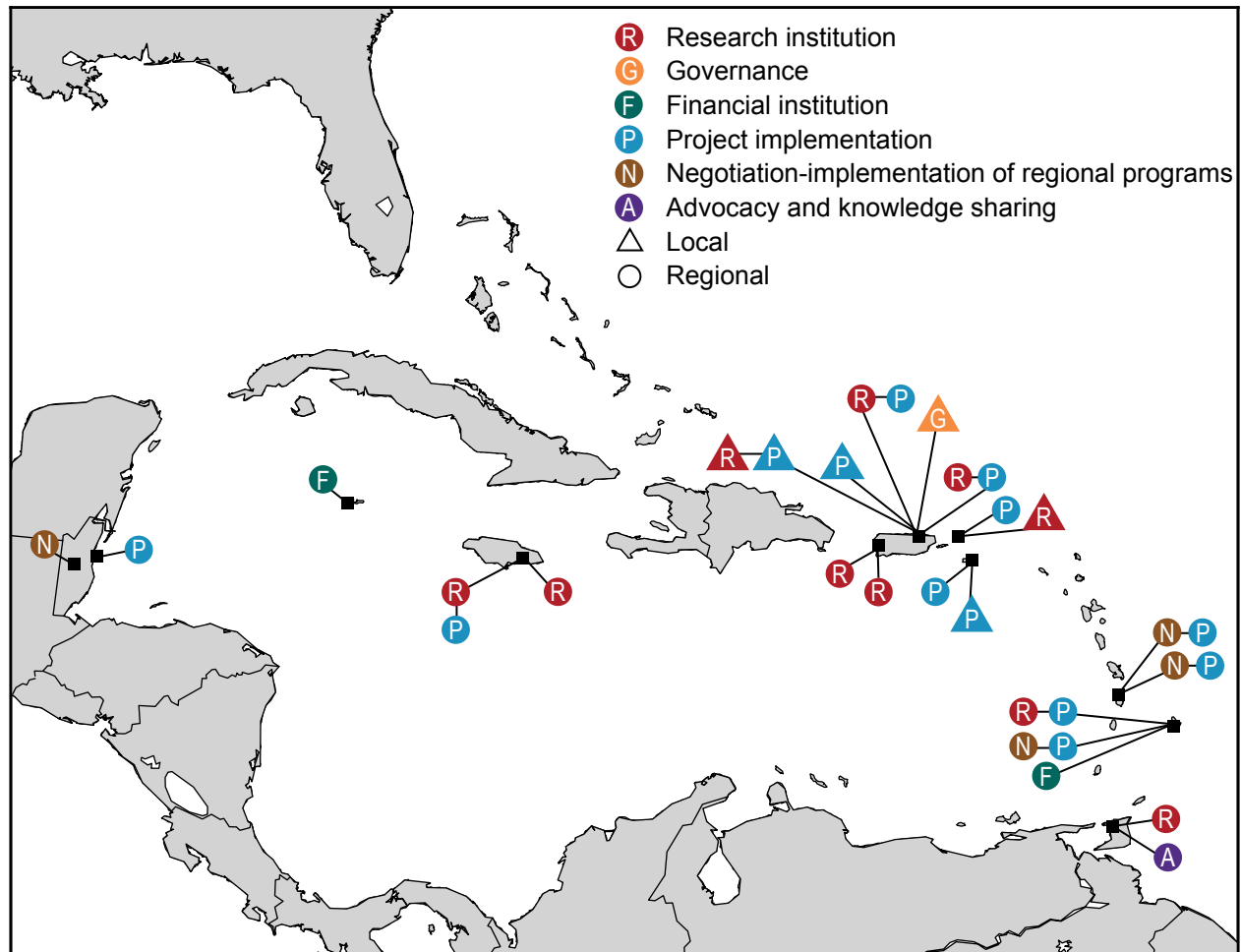
## Aumento observado y proyectado en el nivel del mar



(Arriba) Las tendencias observadas de aumento en el nivel del mar en Puerto Rico y en las Islas Vírgenes de los Estados Unidos reflejan un incremento aproximado de 0.08 pulgadas (2.0 mm) anuales en el nivel del mar durante el período de 1962 a 2017 para Puerto Rico y de 1975 a 2017 para las Islas Vírgenes de los Estados Unidos. Los paneles inferiores presentan mayor detalle sobre las tendencias recientes de 2000 a 2017 que miden un aumento en el nivel del mar de aproximadamente 0.24 pulgadas (6.0 mm) anuales. Las proyecciones del aumento en el nivel del mar se muestran para tres escenarios diferentes, de aumento intermedio-bajo (1 a 2 pies [30 a 60 cm]), intermedio (3 a 4 pies [90 a 120 cm]) y extremo (9 a 11 pies [270 a 330 cm]) en el nivel del mar. Los escenarios ilustran el rango de aumento futuro en el nivel del mar basadas en factores como las emisiones de gases de efecto invernadero y la pérdida de glaciares y capas de hielo. *De la Figura 20.6. (Fuentes: NOAA NCEI y CICS-NC).*



## Organizaciones de gestión del riesgo climático



Se muestran algunas de las organizaciones que trabajan en la evaluación y gestión del riesgo climático en el Caribe. Las actividades regionales conjuntas para abordar los retos climáticos comprenden la implementación de medidas de adaptación para reducir las vulnerabilidades naturales, sociales y económicas, así como acciones para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Consulte la versión en línea de la figura, en <http://nca2018.globalchange.gov/chapter/20#fig-20-18>, para conocer más detalles. De la Figura 20.18 (fuentes: NOAA y Centro Climático del Caribe del USDA).



Carson, Wisconsin.

## Mensaje clave 1

### Agricultura

El Medio Oeste es un importante productor de una gran variedad de alimentos y alimentos para animales que se destinan para el consumo nacional y al comercio internacional. El aumento en la humedad absoluta y en la precipitación de la temporada cálida ha provocado la erosión de los suelos, ha generado condiciones favorables para las plagas y los patógenos, y ha producido degradación de la calidad de los granos almacenados. Los cambios previstos en la precipitación, en conjunto con el aumento de las temperaturas extremas antes de mediados de siglo, reducirán la productividad agrícola del Medio Oeste al nivel de la década de 1980 sin mayores avances tecnológicos.

## Mensaje clave 2

### Bosques

Los bosques del Medio Oeste ofrecen numerosos beneficios económicos y ecológicos; sin embargo, el riesgo que supone un clima cambiante se combina con otros factores de estrés como las plagas y las especies invasoras, y genera un aumento en la mortalidad de los árboles y una reducción en la productividad forestal. Si no se toman medidas de adaptación, estas interacciones producirán la pérdida de especies de árboles de gran valor económico y cultural, tales como el abedul del papel y el fresno negro, y generará la conversión de algunos bosques en otros tipos de bosques, o incluso en ecosistemas no forestales, hacia finales de siglo. Los administradores de tierras están comenzando manejar riesgos en los bosques mediante el aumento de la diversidad y la selección de especies de árboles capaces de adaptarse a diversas condiciones previstas.

## Mensaje clave 3

### Biodiversidad y ecosistemas

Los ecosistemas del Medio Oeste albergan una diversa variedad de especies nativas y ofrecen a las personas servicios esenciales, tales como purificación del agua, control de inundaciones, suministro de recursos, polinización de cultivos y oportunidades de recreación. Las especies y los ecosistemas, incluyendo los importantes recursos de agua dulce de los Grandes Lagos, generalmente se encuentran más en riesgo cuando los factores de estrés climáticos, como el aumento de la temperatura, se combinan con el cambio en el uso del terreno, la pérdida de hábitats, la contaminación, la incorporación de nutrientes y las especies alóctonas invasoras. La restauración de los sistemas naturales, el aumento del uso de la infraestructura ecológica y las tareas focalizadas de conservación, especialmente de los sistemas de humedales, pueden ayudar a proteger a las personas y la naturaleza contra el impacto del cambio climático.

## Mensaje clave 4

### Salud humana

Se prevé que el cambio climático empeore las condiciones de salud actuales e introduzca nuevos peligros para la salud al extender la estación polínica, modifique la distribución de plagas e insectos transmisores de enfermedades, y aumente la frecuencia y la intensidad de los días con aire de mala calidad, los eventos de temperatura extremadamente alta y las precipitaciones abundantes. Para mediados de siglo, se prevé que la región sufra una pérdida considerable —aunque prevenible— de vida, un empeoramiento de las condiciones de salud y un impacto económico estimado en miles de millones de dólares como resultado de estos cambios. La mejora de los servicios básicos de salud y el aumento de las medidas de salud pública, incluyendo la vigilancia y el seguimiento, pueden prevenir o reducir este impacto.

## Mensaje clave 5

### Transporte e infraestructura

Los sistemas de manejo de aguas pluviales, las redes de transporte y otro tipo de infraestructura esencial ya están sufriendo el impacto del cambio en los patrones de precipitación y el elevado riesgo de inundaciones. La infraestructura ecológica está reduciendo parte del impacto negativo mediante el uso de plantas y espacios abiertos para la absorción de las aguas pluviales. Se prevé que el costo anual de adaptación de los sistemas de aguas pluviales urbanos a la mayor frecuencia y gravedad de las tormentas del Medio Oeste supere los USD 500 millones hacia finales del siglo.

## Mensaje clave 6

### Vulnerabilidad y adaptación de las comunidades

Las comunidades en riesgo del Medio Oeste se están volviendo más vulnerables a las consecuencias del cambio climático, como las inundaciones, las sequías y el aumento de las islas de calor urbanas. Las naciones tribales son especialmente vulnerables a causa de su dependencia de los recursos naturales en peligro para la satisfacción de sus necesidades culturales, económicas y de subsistencia. La incorporación de la adaptación al clima en los procesos de planificación ofrece la oportunidad de manejar mejor los riesgos climáticos en la actualidad. El desarrollo del conocimiento para la toma de decisiones en colaboración con las comunidades vulnerables y las naciones tribales ayudará a promover la capacidad de adaptación y aumentará la resiliencia.



El Medio Oeste alberga a más de 60 millones de personas, y su economía activa representa el 18% del producto interno bruto de EE. UU. Probablemente la región es mejor reconocida por su

producción agrícola. Se prevé que el aumento de las temperaturas durante el período vegetativo en el Medio Oeste sea el principal factor causal de la disminución de la productividad de la agricultura estadounidense. También se prevé que el aumento de la humedad en primavera hacia mediados de siglo aumente la precipitación, lo que acentuará la erosión del suelo y reducirá aún más los días de la temporada de siembra debido al suelo anegado.

Los bosques son una característica definitoria de muchas regiones del Medio Oeste, y abarcan más de 91 millones de acres (37 millones de hectáreas). Sin embargo, el clima cambiante, incluyendo el aumento de la frecuencia de las condiciones de sequía durante el período vegetativo tardío está agravando el efecto de las especies invasoras, las plagas de insectos y la enfermedad de las plantas porque los árboles sufren estrés por humedad continua. El impacto de las actividades humanas, tales como la explotación forestal, la extinción de incendios y la expansión agrícola, han disminuido la diversidad de los bosques

del Medio Oeste desde el período previo a la colonización de América por parte de Europa. Los administradores de recursos naturales están tomando medidas para resolver estos problemas mediante el aumento de la diversidad de árboles y la introducción de especies adecuadas para resistir el cambio climático.

Los Grandes Lagos cumplen una función esencial en el Medio Oeste y ofrecen abundante agua dulce para el suministro de agua, la industria, la navegación, la pesca y la recreación, así como un ecosistema rico y diverso. Estos importantes ecosistemas se encuentran estresados a causa de la contaminación, la incorporación de nutrientes y sedimentos de los sistemas agrícolas, y las especies invasoras. La temperatura de la superficie de los lagos está aumentando, la capa de hielo de los lagos está disminuyendo, la estratificación estacional de las temperaturas de los lagos está ocurriendo anticipadamente en el año, y las tasas de evaporación estival están aumentando. El creciente impacto de las tormentas y la disminución de la calidad del agua costera pueden poner a las comunidades costeras en riesgo. Aunque varias comunidades costeras han manifestado su voluntad de incorporar medidas para abordar el clima en su labor de planificación, el acceso a la información climática de utilidad y la escasez de recursos humanos y financieros limitan la acción municipal.

La conversión del suelo, y una amplia variedad de otros factores de estrés, ya han reducido en gran medida la biodiversidad en muchas de las praderas, los humedales, los bosques y los sistemas de agua dulce de la región. Las especies ya están respondiendo a los cambios que ocurrieron durante las últimas décadas y se espera que el rápido cambio climático del próximo siglo genere o acentúe aún más el estrés en muchas especies y sistemas ecológicos del Medio Oeste. La pérdida de especies y la degradación de los ecosistemas son capaces de reducir o eliminar servicios ecológicos esenciales, tales como el control de los alimentos, la purificación del agua y la polinización de cultivos, reduciendo así la posibilidad de la sociedad de adaptarse satisfactoriamente a los cambios en curso. Sin embargo, comprender estas relaciones también evidencia importantes estrategias de adaptación climática. Por ejemplo, la restauración de sistemas tales como los humedales y las llanuras aluviales arboladas, y la implementación de estrategias de buena gestión agrícola que aumenten la cobertura vegetal (los cultivos de cobertura y los amortiguadores ribereños) pueden ayudar a reducir el riesgo de inundación y proteger la calidad del agua.

Los habitantes del Medio Oeste ya están sufriendo los efectos negativos para la salud del cambio climático, y se prevé que estos efectos se agraven en el futuro. Si no se realiza una labor de mitigación, se espera que la concentración de ozono a nivel del suelo aumente en la mayor parte del Medio Oeste, lo cual causará un incremento de entre 200 y 550 muertes prematuras en la región por año para el año 2050. La exposición a las temperaturas elevadas afecta la salud, la seguridad y la productividad de los trabajadores. Actualmente, en Chicago, los días con temperaturas de más de 100 °F [37 °C] son escasos. Sin embargo, podrían volverse cada vez más frecuentes para finales de siglo, tanto en escenarios de bajo como de alto impacto (RCP4.5 y RCP8.5).

El Medio Oeste también cuenta con dinámicos sectores de producción, comercio minorista,

recreación y turismo, y servicios. Las autopistas, ferrocarriles, aeropuertos y ríos navegables de la región son importantes vías para la actividad comercial. El aumento en la precipitación, especialmente los eventos de lluvias fuertes, ha aumentado el riesgo de inundaciones, lo cual genera trastornos en el transporte y daño a la propiedad y la infraestructura. El creciente uso de la infraestructura ecológica (incluyendo los enfoques basados en la naturaleza, tales como la restauración de humedales y las innovaciones como el pavimento permeable) y las mejores prácticas de ingeniería están comenzando a resolver estos asuntos.

Los ciudadanos y las partes interesadas valoran su salud y el bienestar de sus comunidades, los cuales se encuentran en riesgo a causa del aumento de las inundaciones y el calor, y la disminución de la calidad del aire y el agua en condiciones de clima cambiante. Para prevenir y responder mejor ante este impacto, los investigadores y profesionales enfatizan la necesidad de implementar enfoques de abordaje de riesgos que no solo se centren en afrontar las vulnerabilidades, sino que también incluyan una planificación e implementación eficaces de las opciones de adaptación.

Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/midwest>



### Las prácticas de conservación reducen el impacto de las precipitaciones abundantes

Se ha demostrado que la incorporación de franjas de pradera nativa en los cultivos en hilera reduce la pérdida de sedimentos y nutrientes de los campos, y mejora la biodiversidad y la prestación de servicios ambientales. El programa STRIPS de la Universidad Estatal de Iowa está investigando activamente esta práctica de conservación agrícola (ISU, 2018). La foto insertada muestra un ejemplo en primer plano de una franja de pradera. De la Figura 21.2. Créditos de la foto: (foto principal) Lynn Betts, (foto insertada) Farnaz Kordbacheh.



### La diversidad forestal puede incrementar resiliencia al cambio climático

La foto muestra a trabajadores de Menominee Tribal Enterprises creando una oportunidad en respuesta a la adversidad, replantando un claro en un bosque, generado por una enfermedad de marchitamiento del roble con un conjunto diverso de especies de árboles y plantas del sotobosque, que se prevé que resistirán mejor las futuras condiciones climáticas. De la figura 21.4. Crédito de la foto: Kristen Schmitt.



Ganado pastando en las llanuras del oeste de Montana

## Mensaje clave 1

### Agua

El agua es el elemento vital en las Grandes Llanuras del Norte, por lo cual su administración efectiva es fundamental para la población, los cultivos, el ganado, los ecosistemas y la industria energética de la región. Hasta los pequeños cambios en las precipitaciones anuales pueden tener un gran impacto aguas abajo y, sumado a la variabilidad de los eventos extremos, estos cambios hacen que administrar estos recursos sea todo un desafío. Es muy probable que los cambios futuros en los patrones de precipitaciones, las temperaturas más cálidas y la posibilidad de que aumenten las lluvias intensas agraven estos desafíos.

## Mensaje clave 2

### Agricultura

La agricultura es un componente integral de la economía, la historia y la cultura de las Grandes Llanuras del Norte. Recientemente, la agricultura se ha beneficiado de períodos aptos para los cultivos más prolongados y otros cambios climáticos recientes. En las próximas dos o tres décadas, se esperan algunos beneficios de producción y conservación adicionales, cuando los administradores de tierras implementan estrategias de adaptación innovadoras; sin embargo, se estima que las temperaturas en aumento y los cambios en las condiciones climáticas extremas tendrán un impacto negativo en algunas partes de la región. Es posible que la adaptación a los cambios climáticos extremos y persistentes a más largo plazo requiera modificaciones transformadoras en la administración de la agricultura, incluidos cambios regionales en el manejo agrícola y formas de negocios.

### Mensaje clave 3

#### Recreación y turismo

Los ecosistemas en las Grandes Llanuras del Norte brindan oportunidades recreativas y demás bienes y servicios valiosos que corren riesgo en un clima cambiante. El aumento de la temperatura ha generado temporadas de nevadas más cortas, reducciones de flujos de agua en el verano, y temperaturas más elevadas de las aguas en los arroyos y ríos, además de tener un impacto negativo en los ecosistemas de alta elevación y las áreas ribereñas, con importantes consecuencias para las economías regionales que dependen de las actividades recreativas invernales o fluviales. Los cambios agrícolas en el uso de la tierra inducidos por el clima pueden tener efectos en cascada en los ecosistemas naturales íntimamente relacionados, como los pantanos, y las diversas especies y servicios recreativos que albergan. Organizaciones federales, tribales, estatales y privadas están realizando actividades de preparación y adaptación, como planificación usando escenarios, colaboración transfronteriza y desarrollo de herramientas basadas en el mercado.

### Mensaje clave 4

#### Energía

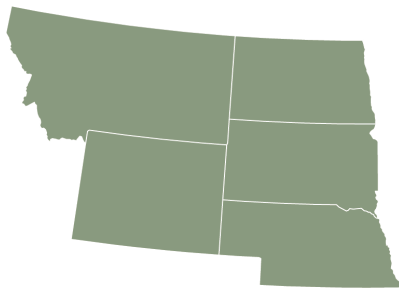
La infraestructura para la producción y distribución de energía renovable y proveniente de combustibles fósiles se está expandiendo en las Grandes Llanuras del Norte. El cambio climático y los eventos climáticos extremos ponen esta infraestructura en riesgo, al igual que el suministro energético que aportan para respaldar a las personas, las comunidades y la economía estadounidense en general. Asimismo, el sector energético es una fuente importante de gases de efecto invernadero y compuestos orgánicos volátiles que contribuyen al cambio climático y a la contaminación de ozono a nivel del suelo.

### Mensaje clave 5

#### Pueblos indígenas

Los pueblos indígenas de las Grandes Llanuras del Norte están expuestos debido a una variedad de impactos provocados por el cambio climático, en especial los que resultan de los cambios hidrológicos, incluidos cambios en la nieve acumulada, temporada y períodos de las precipitaciones, e inundaciones y sequías extremas al igual que el deshielo de los glaciares y la reducción de los caudales en los arroyos y ríos. Estos cambios ya han comenzado a deteriorar las economías tribales, el sustento y las aguas y plantas sagradas empleadas en ceremonias, medicamentos y como medio de subsistencia. Al mismo tiempo, muchas tribus han sido muy proactivas en cuanto a la adaptación y planificación estratégica ante el cambio climático.





En las Grandes Llanuras del Norte, los plazos y la cantidad de precipitaciones y escurrimiento tienen consecuencias

relevantes en el suministro de agua, las actividades agrícolas y la producción de energía. En términos generales, según las proyecciones climáticas, se estima que la cantidad de períodos de fuertes precipitaciones (períodos con más de 1 pulgada [2,50 cm] de lluvia por día) aumentará. Con vista al futuro, la magnitud de la variabilidad interanual opacará la pequeña disminución promedio estimada del curso de los caudales hídricos. Se espera que los cambios en los eventos extremos superen los cambios promedio tanto en las regiones orientales como occidentales de las Grandes Llanuras del Norte. En 2011, la principal inundación en la cuenca fue seguida de una gran sequía en 2012, lo cual representó una nueva variabilidad sin precedentes que, según se prevé, será más común en un mundo más cálido.

La región de las Grandes Llanuras del Norte cumple un rol fundamental en la seguridad alimentaria nacional. Entro otros cambios previstos, se espera que las condiciones más cálidas y generalmente más húmedas, con concentraciones elevadas de dióxido de carbono en la atmósfera, aumenten la abundancia y capacidad competitiva de la maleza y las especies invasivas, incrementen la producción del ganado y la eficiencia de producción, y resulten en períodos aptos para la agricultura más prolongados en latitudes medias y altas. También se espera el aumento de la productividad primaria neta, incluidos el rendimiento del cultivo y la producción de forraje, aunque se prevé que la mayor cantidad de eventos de temperatura extrema durante los períodos críticos de

polinización y llenado de granos reducirá el rendimiento del cultivo.

Los ecosistemas en las Grandes Llanuras del Norte brindan oportunidades recreativas y demás bienes y servicios valiosos que están arraigados a las culturas de la región. Debido a las temperaturas más elevadas, la reducción de la cubierta de nieve y las precipitaciones más variables, administrar los valiosos pantanos, ríos y ecosistemas dependientes de la nieve de la región será aún más difícil. En las montañas del oeste de Wyoming y el oeste de Montana, se estima que el porcentaje de agua total que cae como precipitación en forma de nieve disminuirá del 25% al 40% en 2100 en un escenario más elevado (RCP8,5), lo cual afectará negativamente a la industria recreativa invernal de la región. En las áreas de menor elevación de las Grandes Llanuras del Norte, los cambios agrícolas en el uso de la tierra inducidos por el clima pueden tener efectos en cascada en los ecosistemas naturales íntimamente relacionados, como pantanos, y en las diversas especies y oportunidades recreativas que albergan.

Los recursos energéticos en las Grandes Llanuras del Norte comprenden abundante petróleo crudo, gas natural, carbón, viento y agua almacenada, y en menor medida, etanol a partir del maíz, energía solar y uranio. La infraestructura asociada con la extracción, la distribución y la energía producida a partir de estos recursos es vulnerable a los impactos del cambio climático. Asimismo, los ferrocarriles y los oleoductos son vulnerables al daño o los trastornos producidos por los períodos de fuertes precipitaciones cada vez mayores, así como los efectos asociados de inundación y erosión. Es muy probable que la menor disponibilidad de agua en el verano aumente los costos de las operaciones de producción de petróleo, que requieren recursos de agua dulce. Este aumento de costos ocasionará menor producción o se trasladará a

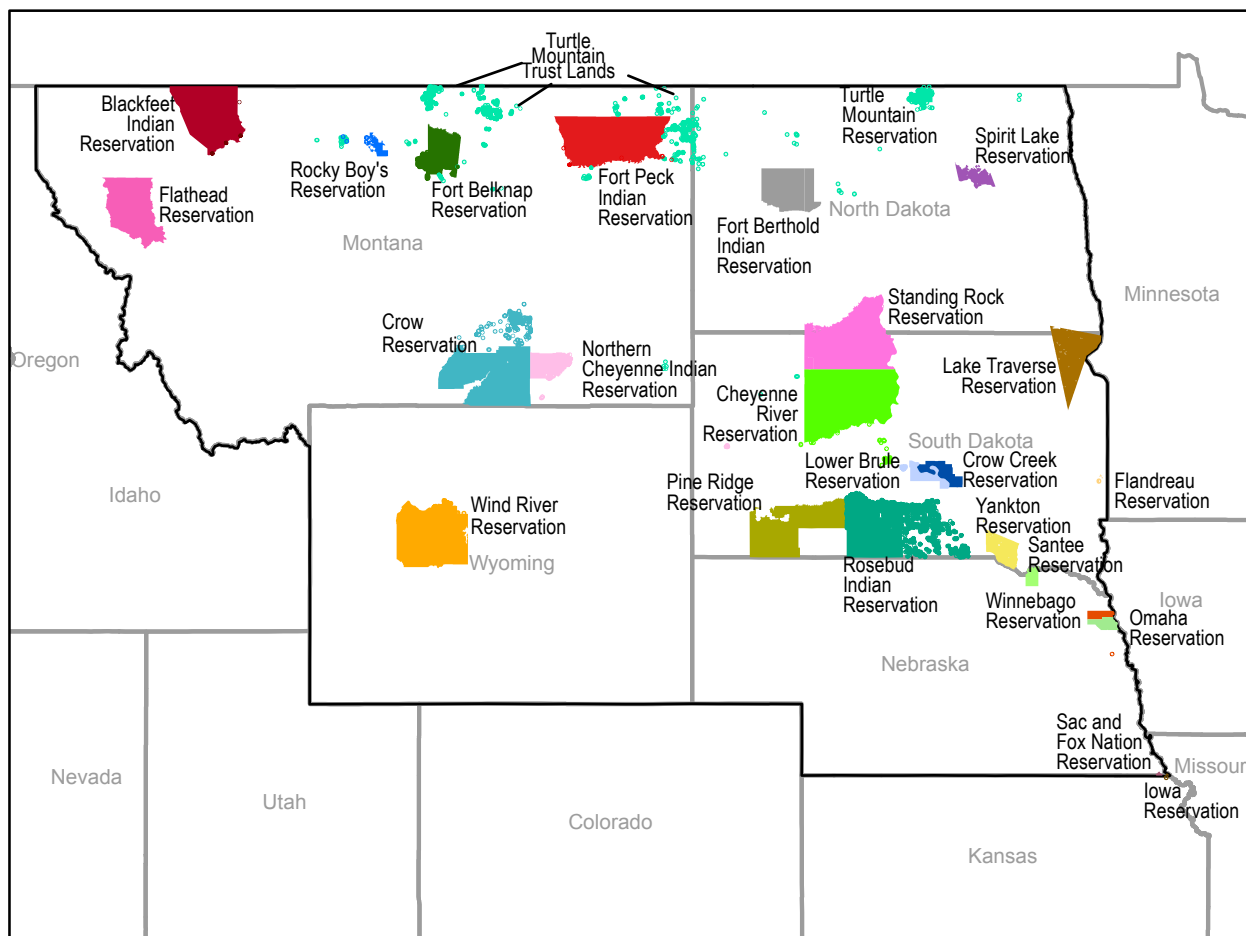
los consumidores. Por último, se estima que las temperaturas máximas más altas, las olas de calor más prolongadas y severas, y el incremento en las temperaturas en las noches aumentarán la demanda de electricidad para refrigeración en el verano y esto afectará la red de energía.

Los pueblos indígenas de la región están observando cambios en el clima, muchos de los cuales afectan su sustento, además de los medios de subsistencia tradicionales y los alimentos silvestres, la vida silvestre y el agua para usar en ceremonias, medicamentos y para el bienestar y

la salud. Debido a que algunas tribus y algunos pueblos indígenas son los que presentan mayores índices de pobreza y desempleo en la región, y a que muchos de ellos continúan dependiendo directamente de los recursos naturales, se encuentran entre los más perjudicados por el cambio climático.

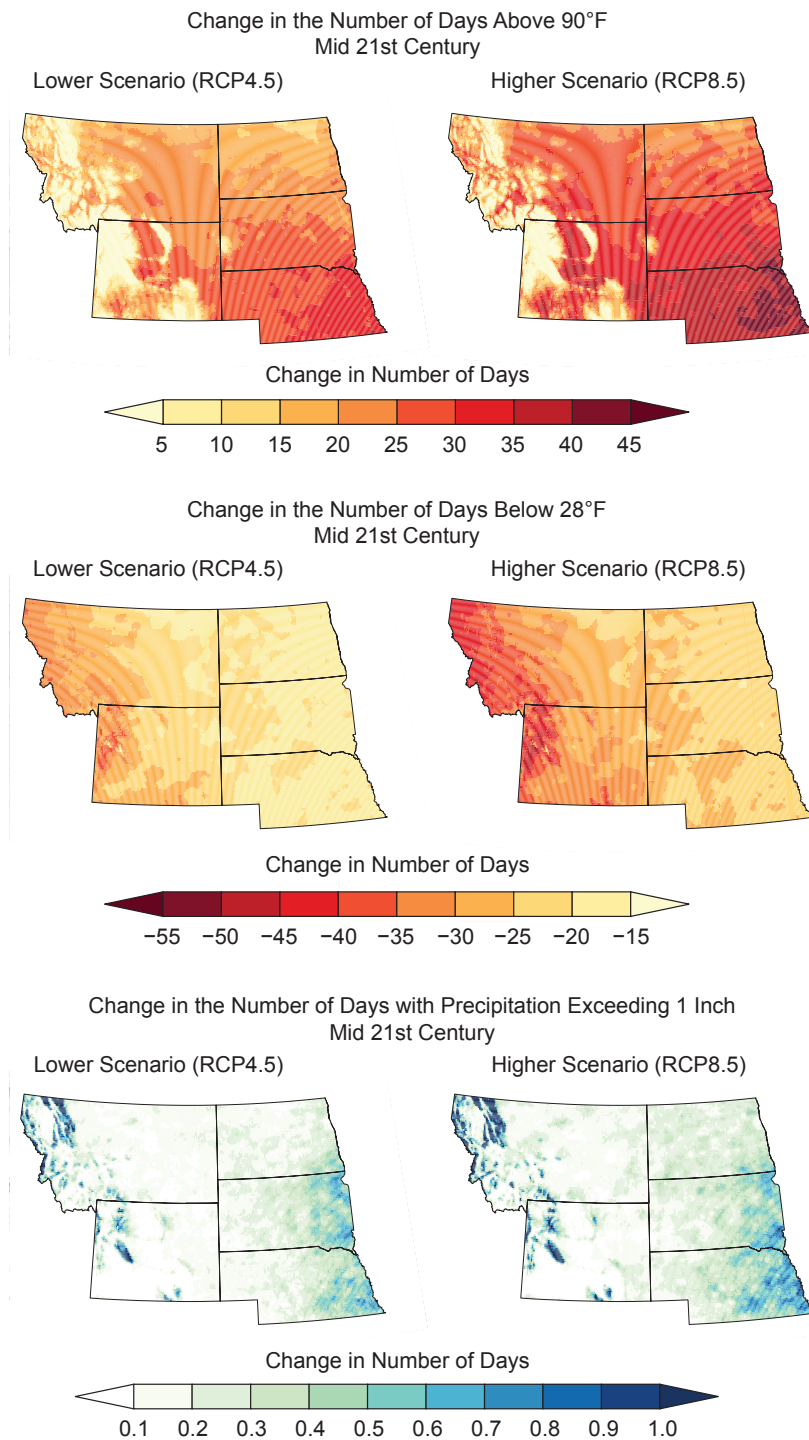
Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/northern-great-plains>

## Territorios tribales en las Grandes Llanuras del Norte



En el mapa se describen las tierras tribales de reservación y no reservación en las Grandes Llanuras del Norte, lo cual muestra donde las 27 tribus federalmente reconocidas poseen una porción significativa de tierras en toda la región. En el capítulo 15, se detalla información sobre los proyectos climáticos de los pueblos indígenas en las Grandes Llanuras del Norte: Tribus y pueblos indígenas. Según la Figura 22.7 (Fuentes: creado por North Central Climate Science Center [2017] con datos del Bureau of Indian Affairs, Colorado State University y USGS National Map).

## Cambios previsto en días muy calurosos, días frescos y precipitaciones fuertes



Los cambios previstos se muestran según (margen superior) la cantidad anual de días muy calurosos (días con temperaturas máximas superiores a 90 °F [32 °C], como indicador de estrés en cultivos e impactos en la salud humana), (medio) la cantidad anual de días frescos (días con temperaturas mínimas inferiores a 28 °F [- 2 °C], indicador de heladas perjudiciales) y (margen inferior) fuertes precipitaciones (cantidad anual de días con lluvias superiores a 1 pulgada [2,50 cm]; las zonas en blanco no suelen tener más de 1 pulgada de lluvia en un solo día). Las proyecciones se muestran la mitad del siglo XXI (2036-2065) en comparación con el promedio de 1976-2005 para escenarios bajos y altos (RPC4,5 y RCP8,5). Según la Figura 22.2 (Fuentes: NOAA NCEI y CICS-NC).



Grullas trompeteras en el Refugio Nacional para la Vida Silvestre Aransas en Texas.

## Mensaje clave 1

### Alimentos, energía y recursos hídricos

La calidad de vida en la región será afectada a medida que el aumento poblacional, la migración de personas de las zonas rurales a las urbanas y el clima cambiante redistribuyan la demanda en la intersección del consumo de alimentos, la producción de energía y los recursos hídricos. Una cantidad cada vez mayor de estrategias de adaptación, las mejoras en los servicios climáticos y los sistemas de advertencia temprana para apoyar la toma de decisiones permitirán gestionar con mayor eficacia los complejos problemas regionales, nacionales y transnacionales relacionados con los alimentos, la energía y el agua.

## Mensaje clave 2

### Infraestructura

El entorno construido es vulnerable al aumento en la temperatura, las precipitaciones extremas y el incremento constante en el nivel del mar, en particular a medida que la infraestructura envejezca y las poblaciones se desplacen a centros urbanos. En la costa del golfo en Texas, el incremento relativo en el nivel del mar, dos veces mayor que el promedio global, pondrá en riesgo la infraestructura costera. Las actividades regionales de adaptación que fortalezcan o reubiquen la infraestructura crítica reducirán el riesgo de impactos por el cambio climático.

## Mensaje clave 3

### Ecosistemas y servicios ecosistémicos

Los ecosistemas terrestres y acuáticos con alterados directa e indirectamente por el cambio climático. Algunas especies pueden adaptarse a sequías extremas, inundaciones sin precedentes e incendios forestales causados por un clima cambiante, mientras que otras son incapaces de hacerlo, lo que causa impactos significativos en los servicios y las personas que viven en estos ecosistemas. Los servicios ecológicos a escala de paisaje aumentará la resiliencia de las especies más vulnerables.

## Mensaje clave 4

### Salud humana

Las amenazas para la salud, como las enfermedades por calor y las enfermedades transmitidas por alimentos, agua e insectos, aumentarán al subir la temperatura. Se proyecta que las condiciones meteorológicas debido a estas amenazas para la salud tendrán mayor duración y ocurrirán en épocas del año cuando normalmente no se presentan estas amenazas. Los acontecimientos de clima extremo que resultan en lesiones físicas y desplazamiento de poblaciones también son una amenaza. Es probable que aumente la frecuencia y la distribución de estas amenazas, y es probable que generen cargas económicas significativas. Las evaluaciones de vulnerabilidad y adaptación, los planes de respuesta exhaustivos, los pronósticos de salud estacionales y los sistemas de advertencia temprana pueden ser estrategias de adaptación útiles.

## Mensaje clave 5

### Poblaciones indígenas

Las comunidades tribales e indígenas son particularmente vulnerables al cambio climático debido a las limitaciones de los recursos hídricos, los fenómenos meteorológicos extremos y otros problemas de salud pública. Los esfuerzos para fortalecer la resiliencia comunitaria pueden verse obstaculizados por limitaciones económicas, políticas y de infraestructura, pero los conocimientos tradicionales y las organizaciones intertribales ofrecen oportunidades de adaptación a los retos potenciales del cambio climático.



El clima en las Grandes Planicies del Sur es drástico y consecuente; desde huracanes e inundaciones, hasta olas de calor y sequías, sus 34 millones de habitantes, infraestructura y economía con frecuencia están estresados, lo que tiene un

gran efecto en los sistemas socioeconómicos. La calidad de vida para los residentes de la región depende de los recursos y sistemas naturales para la provisión sostenible de nuestras necesidades básicas: alimento, energía y agua. Los eventos meteorológicos y climáticos extremos han redistribuido la demanda de consumo, producción y abastecimiento en la región. Las estrategias de adaptación que integran servicios climáticos y sistemas de advertencia temprana están mejorando nuestras capacidades para desarrollar infraestructura sostenible e incrementar la producción agrícola, pero además tienen la flexibilidad para adoptar cualquier cambio en los patrones de demanda.

Las actividades regionales de adaptación que fortalezcan o reubiquen la infraestructura crítica reducirán el riesgo de impactos por el cambio climático. El rediseño de la infraestructura costera y el uso de metodologías verdes y grises están mejorando la resiliencia costera futura. La reinención de la industria energética es garantizar operaciones y la confiabilidad durante eventos climáticos extremos. Las consideraciones cada vez más robustas de la resiliencia económica nos permite anticipar los riesgos, evaluar cómo estos riesgos afectan a nuestras necesidades y crear una capacidad adaptable que responda a ellos.

Con el cambio climático, los ecosistemas terrestres y acuáticos, y las especies en ellos, tendrán ganadores y perdedores. Los que puedan adaptarse serán “incrementadores”,

pero otros no podrán hacerlo, creando impactos en los servicios tradicionales y los modos de vida de las personas que dependen de estos recursos. El calentamiento de las aguas de las bahías costeras se ha documentado desde al menos la década de 1980, y estos aumentos en la temperatura del agua afectan directamente la calidad del agua, causando hipoxia, brotes de algas nocivas y muertes de peces, reduciendo la productividad y la diversidad de los estuarios. Los humedales naturales, como los lagos de playa de las Altas Planicies, que durante siglos han servido como hábitat importante para las aves acuáticas migratorias, son casi inexistentes durante las sequías.

Las amenazas directas para la salud humana siguen un patrón similar a especies en nuestros ecosistemas naturales. Los eventos meteorológicos extremos tienen impactos directos e indirectos en las personas; se prevén lesiones físicas y desplazamientos poblacionales como resultado del cambio climático. Las enfermedades relacionadas con el calor y las enfermedades transmitidas por alimentos, agua e insectos aumentan el riesgo para los seres humanos al subir la temperatura. El conocimiento preciso de estos impactos futuros nos permite planificar para los más vulnerables y adaptarnos a través de planes de respuesta, pronósticos de salud y estrategias de alerta temprana, incluidos aquellos que abarcan contextos y sistemas transfronterizos.

Los impactos del cambio climático en general se hacen más agudos al considerar las comunidades tribales e indígenas. La resiliencia al cambio climático se verá obstaculizada por las limitaciones económicas, políticas y de infraestructura de estos grupos; al mismo tiempo la conectividad de las tribus y de las comunidades indígenas ofrece oportunidades para enseñar la adaptación a través de sus medios culturales de aplicación de conocimientos tribales y organización intertribal. Estas conexiones bien

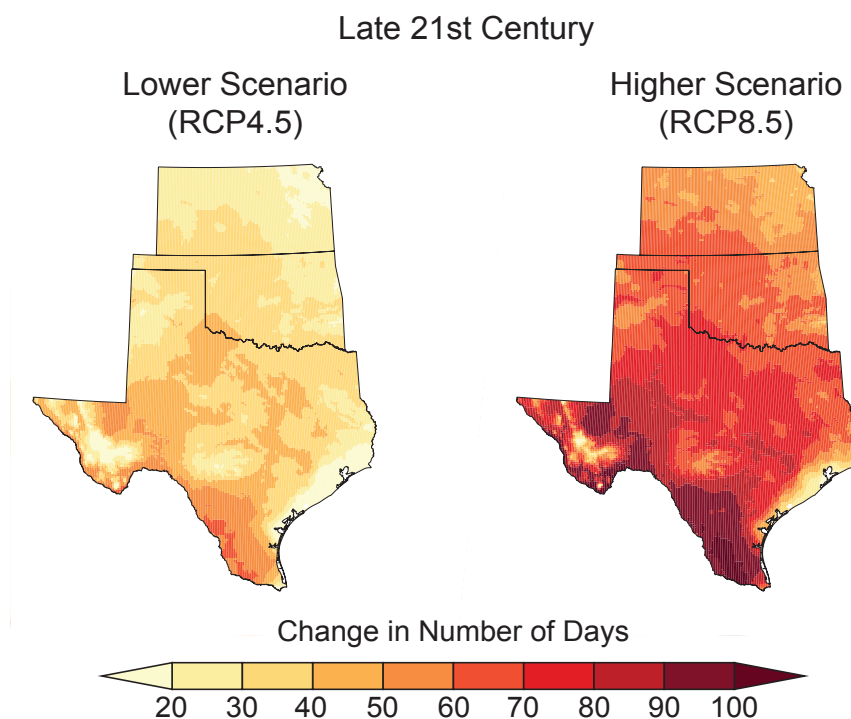
afinadas de adaptación a lo largo de los siglos pueden ayudarnos a aprender cómo compensar para los impactos y los retos potenciales del cambio climático.

La función del cambio climático en la alteración de la frecuencia de los tipos de clima severo que por lo general se asocian con las Grandes Planicies del Sur, como tormentas locales intensas, tormentas de granizo y tornados, son difíciles de cuantificar. Los métodos indirectos sugieren un posible aumento en las circunstancias que propician estas

condiciones meteorológicas extremas, como un incremento en los casos de granizos más grandes en la región para 2040, pero es poco probable que los cambios sean uniformes en toda la región y se requieren investigaciones adicionales.

Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/southern-great-plains>

## Incremento proyectado en la cantidad de días por encima de 100 °F (37.8 °C)



Tanto en las proyecciones de cambio climático para escenarios más bajos y más altos, se proyecta que la cantidad de días con temperatura superior a los 100 °F (37.8 °C) aumente de manera pronunciada en las Grandes Planicies del Sur para el fin del siglo (2070–2099 en comparación con 1976–2005). De la Figura 23.4 (Fuentes: NOAA NCEI y CICS-NC).



El Puerto Windy Devil en el Bosque Nacional Sawtooth, Idaho

## Mensaje clave 1

### Economía de los recursos naturales

El cambio climático ya está afectando a los diversos recursos naturales del Noroeste. Estos recursos apoyan estilos de vida sostenibles y una fundación robusta para las comunidades rurales, tribales e indígenas. De esta forma, los recursos fortalecen a las economías locales. Se espera que el cambio climático continúe afectando a los recursos naturales, pero las consecuencias económicas dependerán de la dinámica futura del mercado, las acciones de manejo y los esfuerzos de adaptación. El manejo proactivo puede aumentar la resiliencia de muchos recursos naturales y sus economías asociadas.

## Mensaje clave 2

### El mundo natural y el patrimonio cultural

El cambio climático y los eventos extremos ya pone en riesgo el bienestar de una amplia gama de vida silvestre, peces y plantas. Estos están íntimamente ligados a la cultura de subsistencia tribal y las actividades recreativas al aire libre. Se proyecta que el cambio climático continuará teniendo impactos adversos en el ambiente regional. Los efectos de estos impactos tendrán implicaciones para los valores, la identidad, el patrimonio, las culturas y la calidad de vida de la población diversa de la región. La adaptación y el manejo informado, especialmente las estrategias culturalmente apropiadas, probablemente aumentarán la capacidad de recuperación del capital natural de la región.



## Mensaje clave 3

### La infraestructura

La infraestructura existente de agua, transporte y energía ya enfrenta desafíos de inundaciones, deslizamientos de tierra, sequía, incendios forestales y olas de calor. Se proyecta que el cambio climático aumentará los riesgos de muchos de estos eventos extremos, potencialmente comprometiendo la confiabilidad de los suministros de agua, la energía hidroeléctrica y el transporte en toda la región. Las comunidades aisladas y aquellas con sistemas que carecen de redundancia son las más vulnerables. Las estrategias de adaptación que abarcan más de un sector, o que se combinan con beneficios sociales y ambientales, pueden aumentar la resiliencia.

## Mensaje clave 4

### La salud

Las organizaciones y los voluntarios que forman parte de la red de seguridad social del Noroeste ya se encuentran estirados con las demandas actuales. Con la frecuencia cada vez mayor de eventos agudos, o cuando hay eventos ocurriendo en cascada, es probable que ambos los sistemas sociales y sistemas de salud se vean aún más desafiados. Además de una mayor probabilidad de peligros y epidemias, se proyecta que las interrupciones en las economías locales y los sistemas alimenticios generarán más riesgos crónicos para la salud. Los posibles beneficios colaterales para la salud de futuras inversiones en la mitigación del clima podrían ayudar a contrarrestar estos riesgos.

## Mensaje clave 5

### Las comunidades fronterizas

Las comunidades de frontera al cambio climático enfrentaron los primeros, y a menudo los peores, efectos. Las comunidades de frontera en el Noroeste incluyen los tribus y los pueblos indígenas, aquellos grupos con mayor dependencia de los recursos naturales para su subsistencia, y los económicamente en desventaja. Generalmente, estas comunidades dan prioridad a las necesidades básicas como vivienda, alimentos y transporte; frecuentemente carecen de capital económico y político; y tienen menos recursos para prepararse y hacer frente a las perturbaciones climáticas. La cohesión social y cultural que existe en muchas de estas comunidades sirve de base para desarrollar las capacidades de la comunidad y aumentar su habilidad de recuperación.



Los residentes del Noroeste enumeran las características del entorno natural entre las principales razones para vivir en la región. La región es conocida por su aire limpio,

abundante agua, energía hidroeléctrica de bajo costo, amplios bosques, extensas tierras de cultivo y oportunidades de recreación al aire libre, incluyendo caminatas, paseos en bote, pesca, caza y esquí. El cambio climático, o cambios graduales en el clima y en eventos climáticos extremos, ya está afectando estos valiosos aspectos de la región, incluyendo los recursos naturales, la identidad cultural, la calidad de vida, la infraestructura y la salud de los residentes del Noroeste. Las comunidades en la primera línea frente al cambio climático, las tribus y pueblos indígenas, quienes más dependen de los recursos naturales para su subsistencia, y los económicamente desventajados, están experimentando los primeros y peores efectos del cambio climático.

En la Tercera Evaluación Nacional sobre el Clima, los Mensajes Clave para el Noroeste se enfocaron en los impactos climáticos proyectados para la región. Estos impactos, muchos de los cuales ahora se comprenden mejor en la literatura científica, siguen siendo las principales inquietudes climáticas de las próximas décadas. En esta evaluación actualizada, los Mensajes Clave exploran la manera en que el cambio climático podría afectar la relación entre el medio ambiente y la población del Noroeste. Los eventos climáticos extremos del 2015 proporcionan una excelente oportunidad para explorar los cambios proyectados en las condiciones climáticas de referencia para el Noroeste. La gran variedad de impactos climáticos que se produjeron en este año caluroso y seco, más los efectos de una sequía multianual, proporcionan un vistazo de cómo pudiera ser el clima en un futuro más caliente.

El bajo nivel de nieve provocó escasez de agua y grandes incendios forestales que afectaron la producción agrícola, la generación de energía hidroeléctrica, la disponibilidad de agua potable, la calidad del aire, la población de salmón y las actividades recreativas. Las temperaturas oceánicas más calientes de lo normal provocaron cambios en el ecosistema marino, desafíos para el salmón y una gran proliferación de algas nocivas que afectaron las pesquerías y la captura de mariscos en la región.

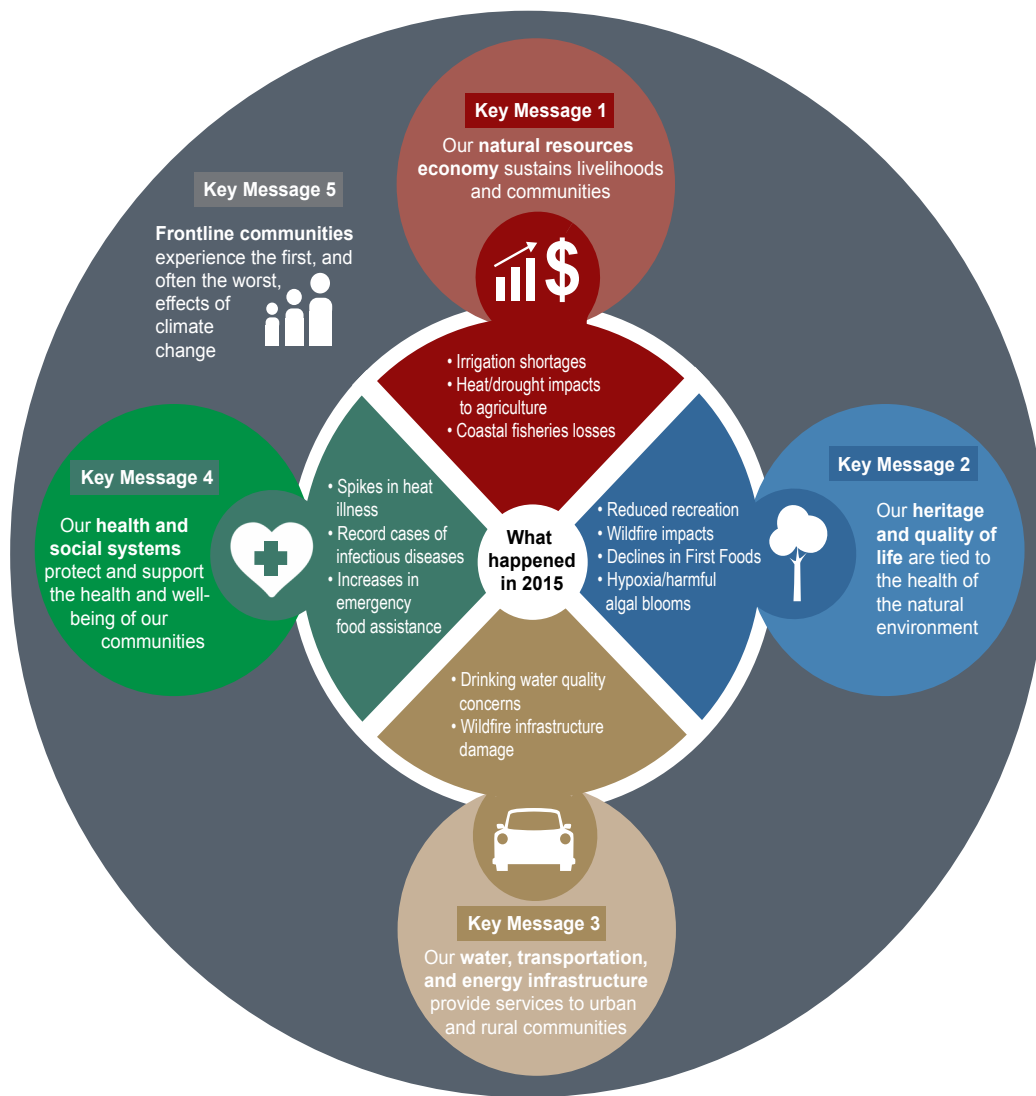
Es probable que una fuerte variabilidad climática persista en el Noroeste, debido en parte a la variabilidad climática año a año y década a década asociada con el Océano Pacífico. Se proyecta que los períodos de sequía prolongada se intercalarán con años de lluvias torrenciales impulsadas por los poderosos ríos atmosféricos e inviernos fuertes de El Niño, asociados con eventos de marejadas ciclónicas, olas grandes y erosión costera. También se esperan cambios continuos en el ambiente oceánico, como aguas más calientes, química alterada, aumento del nivel del mar y cambios en los ecosistemas marinos. Estos cambios afectarían la economía de recursos naturales, el patrimonio cultural, la infraestructura y las actividades recreativas, la salud y el bienestar de los residentes del Noroeste.

El Noroeste tiene una gran cantidad de ejemplos y casos de estudio que destacan prácticas de adaptación al cambio climático en curso y en práctica, incluyendo la creación de agroecosistemas resistentes que reducen los riesgos climáticos y que a su vez cumplen objetivos económicos y de conservación; soluciones de infraestructura “verde” o híbridas “verdes y grises” que combinan soluciones basadas en la naturaleza con enfoques de ingeniería más tradicionales; y la construcción de capital social y el fortalecimiento de las redes sociales en las comunidades más vulnerables para ayudar a satisfacer las necesidades básicas y al mismo tiempo aumentar la capacidad de

recuperación y resiliencia a eventos climáticos futuros. Muchos de los estudios de caso en este capítulo demuestran la importancia de la coproducción y la colaboración entre científicos, administradores de recursos, comunidades y las autoridades a cargo de la toma de decisiones a medida que la región se prepara para los impactos del cambio climático en varios sectores y recursos.

Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/northwest>

## El cambio climático afectará aspectos centrales de la vida en el Noroeste.



Los eventos climáticos del 2015 proporcionan un vistazo al futuro del Noroeste, ya que se proyecta que los tipos de eventos extremos que afectaron al Noroeste en 2015 se vuelvan más comunes. Los impactos climáticos que se produjeron durante este año atípicamente caluroso y seco resaltan la estrecha relación que existe entre el clima, el entorno natural y el construido, con la salud y el bienestar de los residentes del Noroeste. *De la Figura 24.2 (Fuente: USGCRP).*



Bajos niveles de agua del Lago Mead.

## Mensaje clave 1

### Recursos hídricos

El agua disponible para las personas y la naturaleza en el Suroeste ha disminuido durante las sequías, debido en parte al cambio climático causado por el hombre. La intensificación de las sequías y las grandes inundaciones ocasionales, combinadas con las demandas de agua críticas de una población en crecimiento, el deterioro de la infraestructura y el agotamiento de las aguas subterráneas, sugieren la necesidad de técnicas flexibles de manejo del agua que aborden los riesgos cambiantes a lo largo del tiempo, equilibrando la disminución de los suministros con mayores demandas.

## Mensaje clave 2

### Ecosistemas y servicios ecosistémicos

La integridad de los bosques del Suroeste y otros ecosistemas y su capacidad para proporcionar hábitats naturales, agua limpia y medios de vida económicos han disminuido como resultado de las recientes sequías y los incendios forestales debidos en parte al cambio climático causado por el hombre. La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, el manejo de incendios entre otras acciones pueden ayudar a reducir vulnerabilidades futuras de los ecosistemas y fomentar el bienestar humano.

## Mensaje clave 3

### La costa

Muchos recursos costeros en el Suroeste se han visto afectados por el aumento en el nivel del mar, el calentamiento del océano y la reducción del oxígeno oceánico, todos impactos del cambio climático causado por el hombre, y la acidificación del océano como resultado de las emisiones

humanas de dióxido de carbono. Los hogares y otras infraestructuras costeras, la flora y fauna marina y las personas que dependen de recursos costeros enfrentan mayores riesgos debido a los continuos cambios climáticos.

## Mensaje clave 4

### Pueblos indígenas

Los alimentos tradicionales, los medios de vida basados en los recursos naturales, los recursos culturales y el bienestar espiritual de los pueblos indígenas en el Suroeste se ven cada vez más afectados por la sequía, los incendios forestales y las condiciones cambiantes de los océanos. Debido a que los cambios futuros perturbarán aún más los ecosistemas de los que dependen los pueblos indígenas, las tribus están implementando medidas de adaptación y acciones de reducción de emisiones.

## Mensaje clave 5

### Energía

La capacidad de la generación de energía hidroeléctrica y de combustibles fósiles para cumplir con el creciente uso de energía en el Suroeste está disminuyendo como resultado de la sequía y el aumento de las temperaturas. Muchas fuentes de energía renovable ofrecen mayor confiabilidad eléctrica, menor intensidad de agua en la generación de energía, menores emisiones de gases de efecto invernadero y nuevas oportunidades económicas.

## Mensaje clave 6

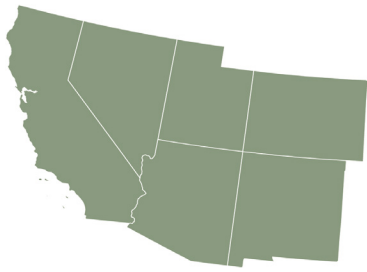
### Alimentos

La producción de alimentos en el Suroeste es vulnerable a la escasez de agua. El aumento de la sequía, las olas de calor y la reducción de las horas de frío invernal pueden ser perjudiciales para los cultivos y el ganado; exacerban la competencia por el agua entre la agricultura, la generación de energía y los usos municipales; y aumentan la futura inseguridad alimentaria.

## Mensaje clave 7

### Salud humana

Las muertes y enfermedades asociadas con el calor, las vulnerabilidades a las enfermedades crónicas y otros riesgos de salud para las personas en el Suroeste se deben al aumento del calor extremo, la mala calidad del aire y las condiciones que fomentan el crecimiento y la propagación de patógenos. Mejoras a los sistemas de salud pública, la infraestructura de la comunidad y la salud personal pueden reducir riesgos graves para la salud causados por futuros cambios climáticos.



La región del Suroeste abarca diversos ecosistemas, culturas y economías, lo que refleja una amplia gama de condiciones

climáticas, incluido el clima más cálido y seco de los Estados Unidos. El agua para las personas y la naturaleza en la región del Suroeste ha disminuido durante las sequías, debido en parte al cambio climático causado por el hombre. Las altas temperaturas intensificaron la reciente sequía severa en California y están amplificando la sequía en la cuenca del río Colorado. Desde el año 2000, el lago Mead en el Río Colorado ha caído 130 pies (40 m) y perdió el 60 % de su volumen, como resultado de la sequía en curso en la cuenca del Río Colorado y la extracción continua de agua por parte de las ciudades y la agricultura.

La reducción del volumen de agua tanto en el lago Powell como en el lago Mead aumenta el riesgo de escasez de agua en gran parte del Suroeste. Las empresas locales de servicios de agua, los gobiernos de siete estados de EE. UU. y los gobiernos federales de los Estados Unidos y México han desarrollado e implementado voluntariamente soluciones para minimizar la posibilidad de escasez de agua en ciudades, granjas y ecosistemas. En respuesta a la reciente sequía de California, el estado implementó un plan de conservación de agua en 2014 que estableció asignaciones para los servicios públicos de agua y sus principales usuarios y prohibió las prácticas que suponen desperdicio. Como resultado, los residentes del estado redujeron el consumo de agua en un 25 % de 2014 a 2017.

La exposición a altas temperaturas y a olas de calor han ocasionado muertes directamente asociadas al calor en Arizona y California. El riesgo de mortalidad durante una ola de calor se amplifica en días con altos niveles de ozono

a nivel del suelo o contaminación del aire. Dada la proporción de la población de los EE. UU. en la región del Suroeste, existe un número desproporcionado de casos de virus del Nilo Occidental, peste, síndrome pulmonar por hantavirus y fiebre del Valle.

Estudios estimaron que el área quemada por un incendio forestal en el oeste de los Estados Unidos desde 1984 hasta 2015 fue el doble de lo que se habría quemado si no hubiera ocurrido el cambio climático. Los incendios forestales alrededor de Los Ángeles desde 1990 hasta 2009 causaron \$ 3,100 millones en daños (no ajustados por inflación). La muerte de árboles en los bosques de coníferas de mediana elevación se duplicó de 1955 a 2007 debido, en parte, al cambio climático. Permitir que los incendios de ignición natural quemen áreas silvestres y establecer preventivamente las quemadas prescritas de baja gravedad en áreas de acumulación de combustible no natural puede reducir el riesgo de incendios de alta severidad bajo el cambio climático. Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial también puede reducir las vulnerabilidades ecológicas.

En el Golden Gate Bridge de San Francisco, el nivel del mar aumentó 9 pulgadas (22 cm) entre 1854 y 2016. El cambio climático provocó la mayor parte de este aumento mediante el derretimiento del hielo terrestre y la expansión térmica del agua del océano. Los gobiernos locales en la costa de California están utilizando las proyecciones del aumento en el nivel del mar para desarrollar planes a fin de reducir los riesgos futuros. La acidez del agua de los océanos frente a las costas de California aumentó del 25 % al 40 % (disminuyó de 0,10 a 0,15 unidades de pH) desde la era preindustrial (alrededor de 1750) hasta 2014 debido al aumento de las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera debido a las actividades humanas. La ola de calor marino a lo largo de la costa del Pacífico desde 2014 hasta 2016 se produjo debido a una combinación de factores

naturales y cambio climático. El evento provocó el encallamiento masivo de aves y lobos marinos enfermos y hambrientos, y el desplazamiento de cangrejos rojos y atún a la región. Las alteraciones del ecosistema contribuyeron al cierre de pesquerías comercialmente importantes.

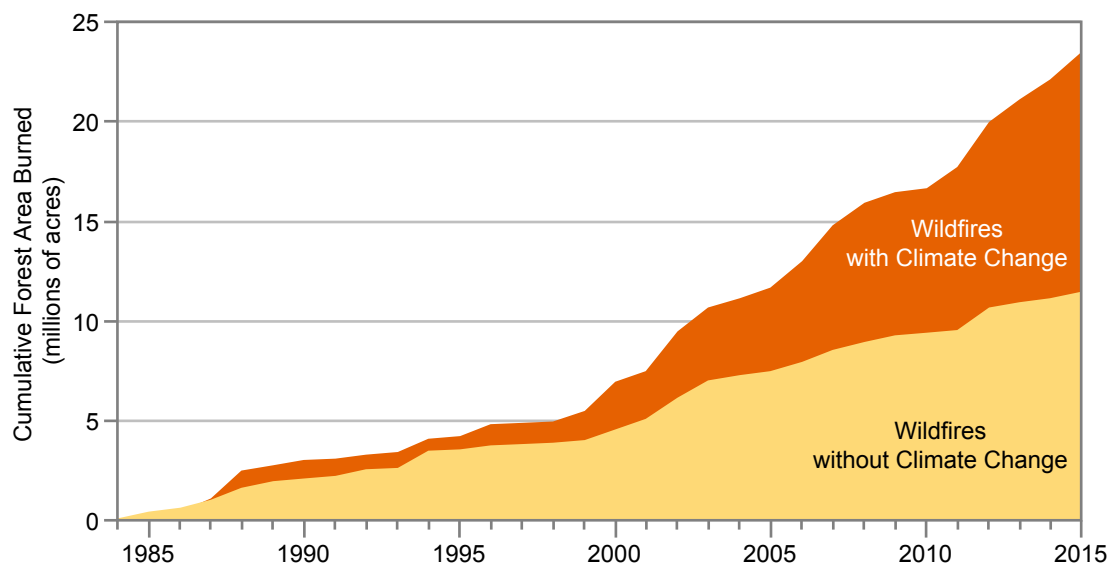
El riego agrícola representa aproximadamente tres cuartas partes del uso de agua en la región Suroeste, que cultiva la mitad de las frutas, verduras y nueces, y la mayor parte de las uvas de vinificación, fresas y lechuga para los Estados Unidos. El aumento del estrés por calor durante fases específicas del ciclo de vida de la planta puede aumentar las pérdidas de los cultivos.

La sequía y el aumento del calor intensifican las áridas condiciones de las reservas donde Estados Unidos restringió a algunas naciones tribales en la región Suroeste a las partes más secas de sus territorios tradicionales. En respuesta al cambio climático, los pueblos indígenas de la región están desarrollando nuevas medidas de adaptación y mitigación.

La severa sequía en California, intensificada por el cambio climático, redujo la generación hidroeléctrica en dos tercios de 2011 a 2015. La eficiencia de todas las plantas de energía eléctrica enfriadas por agua que queman combustible depende de la temperatura del agua de refrigeración externa, por lo que el cambio climático podría reducir la eficiencia energética hasta un 15% en todo el Suroeste para el 2050. La energía solar, eólica y otras fuentes de energía renovable, excepto los biocombustibles, emiten menos carbono y requieren menos agua que la energía de combustibles fósiles. Las condiciones económicas y las innovaciones tecnológicas han reducido los costos de energía renovable y aumentado la generación de energía renovable en el Suroeste.

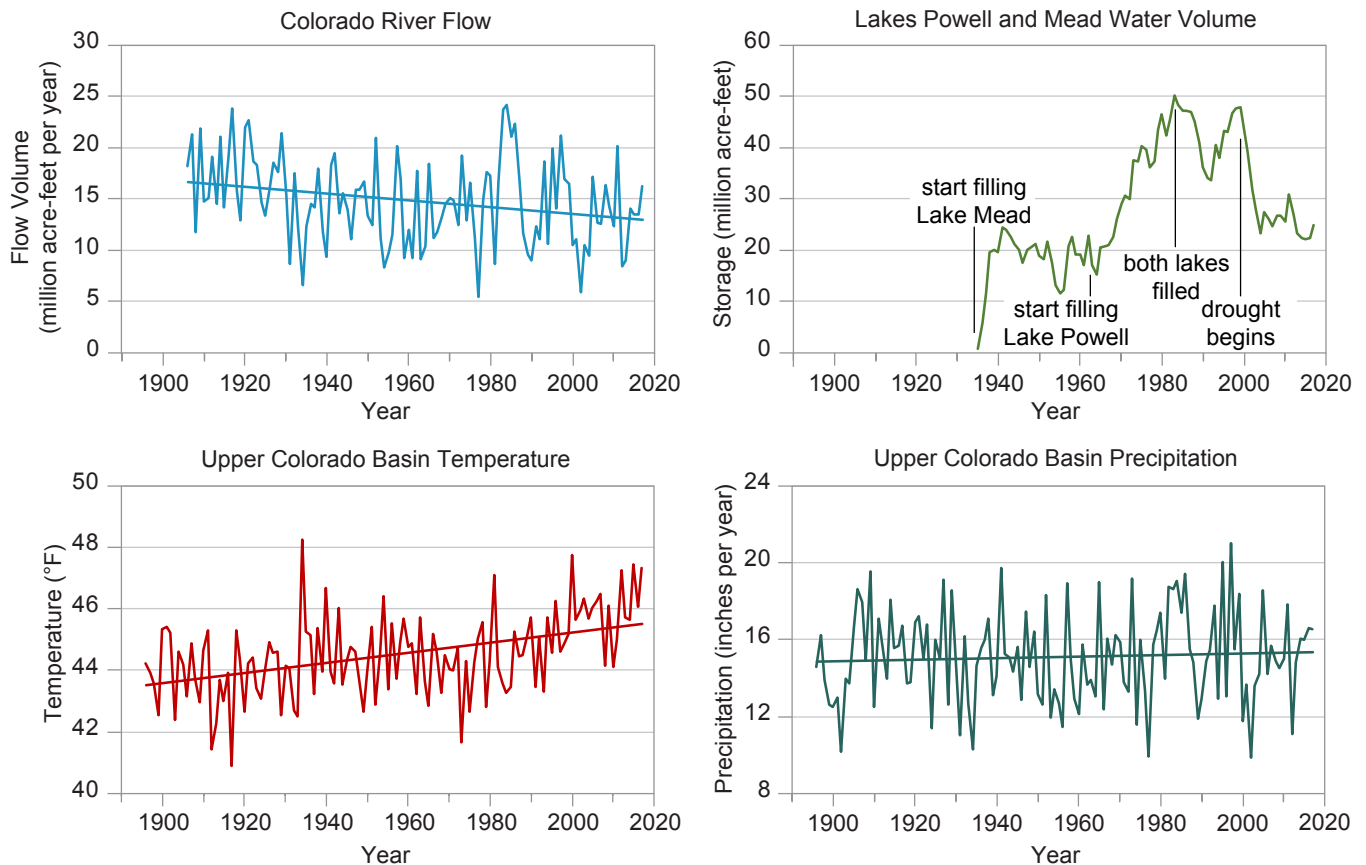
Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/southwest>

## El cambio climático ha aumentado los incendios forestales



El área forestal acumulada quemada por incendios forestales ha aumentado considerablemente entre 1984 y 2015, y los análisis estiman que el área quemada por incendios forestales en el oeste de los Estados Unidos durante ese período fue el doble de lo que habrían sido quemados si no hubiera ocurrido el cambio climático. *De la Figura 25.4 (Fuente: adaptado de Abatzoglou y Williams 2016).*

## La sequía severa reduce los suministros de agua en el Suroeste



Desde el año 2000, la sequía que se intensificó por las tendencias a largo plazo de temperaturas más altas debido al cambio climático ha reducido el flujo en el Río Colorado (arriba a la izquierda), lo que a su vez ha reducido los contenidos combinados de los lagos Powell y Mead al nivel más bajo desde que ambos lagos se llenaron por primera vez (arriba a la derecha). En la cuenca del río Colorado superior que alimenta los embalses, las temperaturas han aumentado (abajo a la izquierda), lo que aumenta el uso de agua de la planta y la evaporación, reduciendo los flujos y contenidos de los lagos. Aunque la precipitación anual (abajo a la derecha) ha sido variable sin una tendencia a largo plazo, ha habido una disminución reciente en la precipitación que agrava la sequía. En combinación con un mayor consumo de agua en la cuenca inferior que comenzó en la década de 1990, estas tendencias explican el contenido reducido recientemente del embalse. Las líneas rectas indican las tendencias para la temperatura, la precipitación y el caudal del río. Las tendencias para la temperatura y el caudal del río son estadísticamente significativas. *From Figure 25.3 (Fuentes: La Universidad del Estado de Colorado y CICS-NC. Data de temperatura y precipitación de: PRISM Climate Group, La Universidad del Estado de Oregon, <http://prism.oregonstate.edu>, accessed 20 Jun 2018).*





Anchorage, Alaska.

## Mensaje clave 1

### Ecosistemas marinos

En Alaska, los hábitats marinos y terrestres, la distribución de especies y las redes alimentarias son sumamente importantes para la población local. Dichos sistemas se están viendo cada vez más afectados por el retroceso y adelgazamiento del hielo del mar durante el verano ártico, el alza en temperatura y la acidificación del océano. El calentamiento acelerará la alteración de ecosistemas, limitando la predicción de dichos cambios, y dificultando aún más la adaptación.

## Mensaje clave 2

### Procesos terrestres

Los habitantes, las comunidades y la infraestructura de Alaska continúan siendo afectados por el deshielo del permafrost, la erosión de áreas costeras y ríos, el incremento de incendios forestales y el retroceso de los glaciares. Se estima que estos cambios continuarán en el futuro con temperaturas cada vez más elevadas, las cuales afectarán directamente donde y cómo vivirán muchos habitantes de Alaska.

## Mensaje clave 3

### Salud humana

El calentamiento global conlleva una amplia variedad de amenazas de salud pública a los alaskaños, como un alza en la incidencia en lesiones, la inhalación de humo, el daño a sistemas esenciales hídricos y sanitarios, inseguridad alimentaria, al igual que enfermedades infecciosas. Las amenazas son mayores para los habitantes que viven en áreas rurales, sobre todo para aquellos que enfrentan mayores riesgos causados por tormentas e inundaciones, por la

pérdida de fuentes alimentarias básicas, por la interrupción de prácticas tradicionales, y por el desalojamiento de poblaciones nativas. Implementar estrategias de adaptación reduciría el daño físico, social y psicológico que podría ocurrir en condiciones climáticas más cálidas.

## Mensaje clave 4

### Pueblos indígenas

Las actividades de subsistencia, la cultura, la salud y la infraestructura de los pueblos y las comunidades nativas de Alaska están sujetas a diversos impactos, muchos de los cuales aumentarán en el futuro, según lo previsto. Estrategias de adaptación flexibles e implementadas por la comunidad reducirían estos impactos, garantizando que los riesgos climáticos se puedan contemplar en el contexto de sistemas socioculturales a nivel mundial.

## Mensaje clave 5

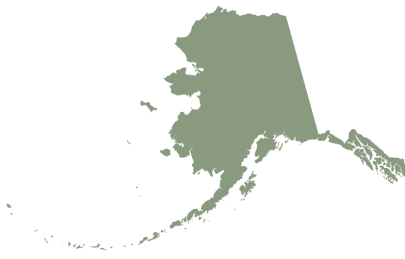
### Costos económicos

El calentamiento climático está impactando la infraestructura, cuya reparación o sustitución será muy costosa, especialmente en regiones remotas de Alaska. También está reduciendo los costos de calefacción en todo el estado. Es muy probable que estos efectos aumenten mientras continúe el calentamiento. La reparación temprana y el mantenimiento adecuado de infraestructura puede reducir los daños y evitar costos excesivos.

## Mensaje clave 6

### Adaptación

La adaptación proactiva en Alaska reduciría los costos relacionados con el cambio climático a corto y largo plazo, generando oportunidades sociales y económicas, y mejorando la seguridad de subsistencia. La participación y asociación directa con las comunidades es un elemento crucial para la adaptación en Alaska.



Alaska, cuya superficie corresponde a casi un quinto del tamaño de los 48 estados unidos inferiores

combinados, es el estado más extenso del país y es rico en recursos de capital natural. Con frecuencia, se dice que Alaska está en la primera línea del cambio climático, ya que se está calentando más rápidamente que el resto de los estados y enfrenta numerosos problemas asociados con el cambio climático. Se estima que el costo del daño en infraestructura producido por el calentamiento global es muy grande y posiblemente oscile de USD 110 a USD 270 millones al año, asumiendo el reparo y mantenimiento adecuado.

A pesar de que el cambio climático continúa y seguirá transformando radicalmente el clima y el medio ambiente del Ártico, la adaptación proactiva en Alaska puede reducir los costos relacionados con estos impactos. Esto abarca la diseminación de varias herramientas, como guías para respaldar la planificación de la adaptación, enfocando la importancia del rol de las comunidades nativas. Aunque existen muchas oportunidades, la bibliografía actual no describe con exactitud cuáles son las perspectivas económicas frente al cambio climático.

A mediados del siglo 21, a medida que continúe el calentamiento global, es probable que encontremos un Ártico casi libre de hielo marino durante el verano. La acidificación oceánica es un problema global emergente que tiene un efecto adverso en los organismos y que se intensificará si no se interrumpen las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). El cambio climático afectará, casi con certeza, las acciones de gestión y los factores económicos, incluida la industria pesquera, de modo complejo. El uso de múltiples modelos para caracterizar debidamente la incertidumbre en las

trayectorias de biomasa y producción pesquera futura podría ayudar a resolver estos desafíos. A medida que la temperatura y las precipitación aumenten en el paisaje de Alaska, se producirán cambios físicos y biológicos en los ecosistemas terrestres del estado. Se prevé que el permafrost seguirá degradándose y tendrá un impacto en la infraestructura, la descarga de ríos y arroyos, la calidad del agua, y el hábitat de los peces y la vida silvestre.

Se estima que la prolongación de temporadas sin hielo marino, las temperaturas del suelo más altas, y el incremento relativo del nivel del mar agravarán las inundaciones y acelerarán la erosión en muchas zonas, lo cual resultará en la pérdida de hábitat terrestre en el futuro y, en algunos casos, requerirá reubicar poblaciones, a nivel total o parcial, en terrenos más seguros. En Alaska, la influencia del cambio climático en la salud pública, se puede vincular con tres fuentes: exposiciones directas, efectos indirectos, y trastornos sociales o psicológicos. Cada uno de ellos tendrá diferentes manifestaciones para los habitantes de Alaska, en comparación con los habitantes de cualquier otro lugar de Estados Unidos. El cambio climático provoca efectos indirectos en la salud pública en Alaska al transformar el agua, el aire y el suelo, y mediante cambios en los ecosistemas que afectan la ecología de las enfermedades y la seguridad alimentaria, sobre todo en las comunidades rurales.

En las comunidades rurales de Alaska predominan los habitantes de pueblos nativos, los cuales son desmesuradamente vulnerables al cambio socioeconómico y ambiental, aunque también poseen muchas tradiciones culturales de resiliencia y adaptación. Es probable que el impacto del cambio climático afecte todos los aspectos de las sociedades originarias de Alaska, como nutrición, infraestructura, economía, consecuencias en la salud, idioma, educación y hasta a las mismas comunidades.

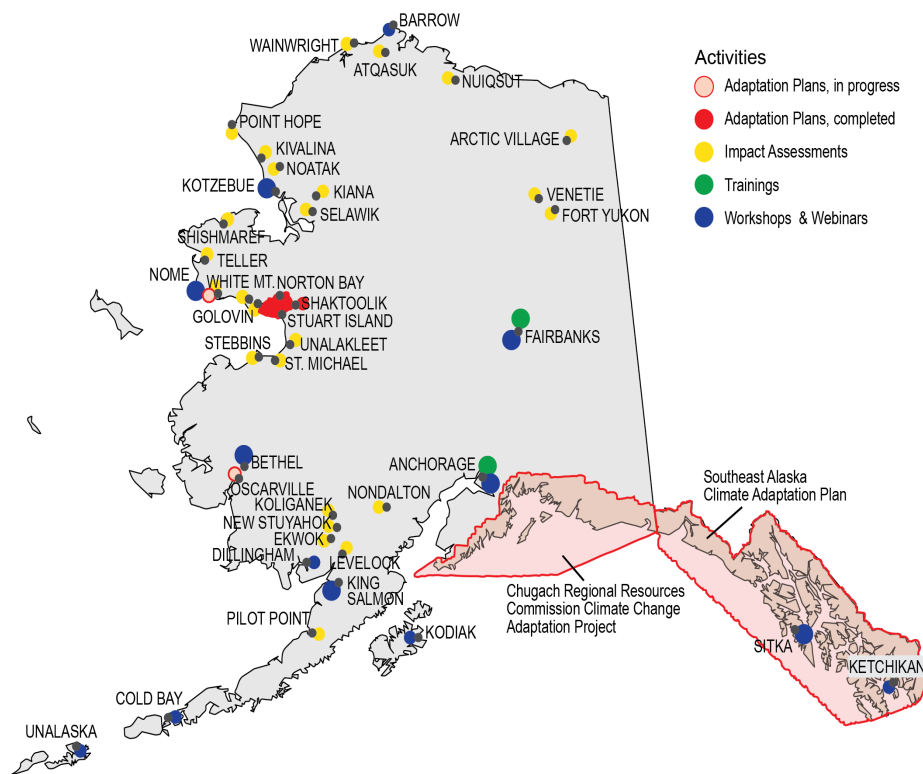
Los profundos y diversos cambios ocasionados por el clima en el medio ambiente físico y los ecosistemas de Alaska generan consecuencias económicas por los efectos en los servicios ambientales. Estos servicios incluyen los beneficios positivos de los ecosistemas (por ejemplo, alimentación, agua, y otros recursos). También incluyen servicios proveídos por el ambiente físico (por ejemplo, la moderación de la temperatura, terreno estable para apoyar la infraestructura, y una superficie lisa para el transporte terrestre). Algunos efectos están relativamente garantizados y, en ciertos casos, ya están sucediendo. Otros impactos son muy inciertos porque dependen de la estructura de las economías globales y regionales y también de

los cambios hechos por la humanidad al medio ambiente en las próximas décadas, los cuales podrían ser impactantes.

Actualmente en Alaska, se están implementando algunas adaptaciones al cambio climático y a las condiciones ambientales. También, se han sugerido posibles acciones como medidas para reducir la vulnerabilidad y el riesgo, además de una transformación institucional más sistémica.

Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/alaska>

## Planificación de la adaptación en Alaska



En el mapa se muestran las medidas de planificación de la adaptación climática tribal en Alaska. La investigación se considera un tipo de adaptación según algunos esquemas de clasificación. Los datos científicos sobre Alaska no son abundantes, en comparación con otras regiones del Ártico. Además de las investigaciones realizadas en universidades y por científicos nacionales, existen programas locales de observación de comunidades, incluyendo el Servicio Nacional de Meteorología para observaciones meteorológicas y del hielo en ríos, la Universidad de Alaska para especies invasivas y el “Alaska Native Tribal Health Consortium” para observaciones locales respecto al cambio ambiental. En el sitio web de Alaska Ocean Observing System pueden consultarse más ejemplos de monitoreo basado en la comunidad. *De la Figura 26.9 (Fuente: adaptación de Meeker y Kettle 2017).*



Honolulu, Hawái.

## Mensaje clave 1

### Amenazas a los suministros de agua

Los suministros de agua confiables y seguros para las comunidades y los ecosistemas de las islas del Pacífico están amenazados por el aumento de las temperaturas, los cambios en los patrones de lluvia, el aumento del nivel del mar y el aumento del riesgo de sequías e inundaciones extremas. Las islas ya están experimentando contaminación de agua salada debido al aumento del nivel del mar, el cual se espera tenga un impacto catastrófico en la seguridad alimentaria y el agua, especialmente en atolones bajos. La resiliencia ante amenazas futuras dependerá del monitoreo y el manejo activo de cuencas hidrográficas y sistemas de agua dulce.

## Mensaje clave 2

### Ecosistemas terrestres, servicios ecosistémicos y biodiversidad

Los ecosistemas de las islas del Pacífico son notables por el alto porcentaje de especies que se encuentran solo en la región, y su biodiversidad es tanto un recurso cultural importante para los habitantes de las islas como una fuente de ingresos económicos a través del turismo. Los hábitats terrestres y los bienes y servicios que éstos proporcionan están amenazados por el aumento de las temperaturas, los cambios en las precipitaciones, el aumento de las tormentas y el cambio en el uso de la tierra. Estos cambios promueven la propagación de especies invasoras y reducen la capacidad de los hábitats para apoyar a las especies protegidas y sostener las comunidades humanas. Se espera que algunas especies se extingan y otras disminuyan hasta el punto de requerir protección y manejo costoso.

### Mensaje clave 3

#### Comunidades y sistemas costeras

La mayoría de las comunidades de las islas del Pacífico están confinadas a una estrecha franja de tierra a pocos pies del nivel del mar. El aumento del nivel del mar está comenzando a amenazar activos críticos como ecosistemas, sitios y prácticas culturales, economías, vivienda y energía, transporte y otras formas de infraestructura. Para el año 2100, es muy probable que el nivel global del mar aumente de 1 a 4 pies, con niveles incluso más altos que el promedio mundial en las Islas del Pacífico Afiliadas a los Estados Unidos. Esto amenazaría el suministro de alimentos y agua dulce de las poblaciones de las islas del Pacífico y pondría en peligro su continua sostenibilidad y capacidad de recuperación. A medida que se prevé que el aumento del nivel del mar se acelerará fuertemente después de mediados de siglo, las estrategias de adaptación que se implementan antes pueden preparar mejor a las comunidades y la infraestructura para los impactos más severos.

### Mensaje clave 4

#### Océanos y recursos marinos

La pesca, los arrecifes de coral y los medios de subsistencia que éstos apoyan están amenazados por las altas temperaturas oceánicas y la acidificación de los océanos. El blanqueamiento y la mortalidad generalizada de los arrecifes de coral han estado ocurriendo con mayor frecuencia, y para mediados de siglo, se prevé que estos eventos ocurran anualmente, especialmente si las tendencias actuales en las emisiones continúan. El blanqueamiento y la acidificación provocarán la pérdida de la estructura del arrecife, lo que llevará a menores rendimientos de la pesca y la pérdida de la protección costera y el hábitat costero. Se proyectan caídas en la productividad de la pesca oceánica de hasta el 15 % y el 50 % de los niveles actuales para mediados de siglo y 2100, respectivamente, en el escenario más alto (RCP8.5).

### Mensaje clave 5

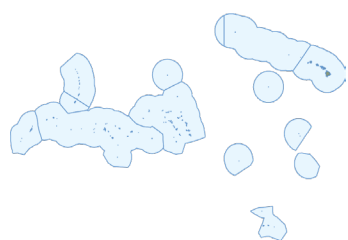
#### Comunidades indígenas y conocimiento

Los pueblos indígenas del Pacífico están amenazados por el aumento del nivel del mar, la disminución de la disponibilidad de agua dulce y el cambio de los servicios de los ecosistemas. Estos cambios ponen en peligro la salud, el bienestar y los medios de vida modernos de las comunidades, así como sus relaciones familiares con las tierras, territorios y recursos. Basándose en las observaciones de los cambios climáticos a lo largo del tiempo, la transmisión y protección de los conocimientos y las prácticas tradicionales, especialmente a través de la función central que desempeñan las mujeres indígenas, son intergeneracionales, basadas en el lugar, localizadas y vitales para la adaptación continua y la supervivencia.

## Mensaje clave 6

### Impactos acumulativos y adaptación

Se espera que los impactos del cambio climático en las islas del Pacífico amplifiquen los riesgos existentes y conduzcan a la acumulación de costos económicos, ambientales, sociales y culturales. En algunos lugares, se proyecta que los impactos del cambio climático en los sistemas ecológicos y sociales darán como resultado graves interrupciones en los medios de vida que aumentan el riesgo de conflicto humano o que obligan a la migración. Las intervenciones tempranas, que ya se producen en algunos lugares de la región, pueden prevenir la reconstrucción costosa y prolongada de las comunidades y los medios de subsistencia, y minimizar el desplazamiento y la reubicación.



Las Islas del Pacífico de EE. UU. son cultural y ambientalmente diversas, atesoradas por los 1,9 millones de personas que las llaman su hogar. Las

islas del Pacífico son particularmente vulnerables a los impactos del cambio climático debido a su exposición y aislamiento, el tamaño pequeño, la baja elevación (en el caso de los atolones) y la concentración de infraestructura y la economía a lo largo de las costas.

Una causa prevalente de cambios año a año en los patrones climáticos en todo el mundo y en la región de las Islas del Pacífico es el fenómeno de El Niño-Oscilación Sur (ENOS). Las fases de El Niño y La Niña de ENOS pueden afectar dramáticamente la precipitación, la temperatura del aire y del océano, la altura de la superficie del mar, las condiciones de tormentas, el tamaño de las olas y los vientos alisios. Se desconoce exactamente cómo la temporalidad y la intensidad de ENOS continuarán cambiando en las próximas décadas, pero los resultados recientes del modelo climático sugieren una duplicación en la frecuencia de los extremos de El Niño y La Niña en este siglo en comparación con el siglo XX bajo escenarios con más calentamiento, incluyendo el escenario más alto (RCP8.5).

En las islas, todas las fuentes naturales de agua dulce provienen de las precipitaciones recibidas dentro de sus limitadas áreas terrestres. Las sequías severas son comunes, lo que hace que la escasez de agua sea uno de los riesgos climáticos más importantes en la región. A medida que la temperatura sigue aumentando y la cobertura de nubes disminuye en algunas áreas, se espera que la evaporación aumente, lo que reduce tanto el suministro de agua como aumenta la demanda de agua. El flujo de la corriente en Hawái ha disminuido en aproximadamente los últimos 100 años, en consonancia con la disminución observada en la precipitación.

Los impactos del aumento del nivel del mar en el Pacífico incluyen erosión costera, inundaciones episódicas, inundaciones permanentes, mayor exposición a peligros marinos e intrusión de agua salada a los sistemas de agua superficial y subterránea. El aumento del nivel del mar afectará desproporcionadamente al Pacífico tropical y posiblemente superará el promedio mundial.

Las especies invasoras, el cambio en el paisaje, la alteración del hábitat y la reducción de la resiliencia han resultado en extinciones y disminución de la función del ecosistema. Se proyecta que la inundación de atolones en las próximas décadas impactará los ecosistemas existentes en las islas. La vida silvestre que depende de los hábitats costeros probablemente

también se verá gravemente afectada. En Hawái, los arrecifes de coral se estima contribuyen unos \$ 477 millones a la economía local cada año. Bajo un calentamiento proyectado de aproximadamente 0,5 °F por década, todos los arrecifes de coral cerca de la costa en las regiones de Hawái y las Islas del Pacífico experimentarán episodios de blanqueamiento anual antes de 2050. Se espera que un enfoque basado en el ecosistema para la gestión internacional de las pesquerías en mar abierto en el Pacífico, que incorpore límites de captura informados por el clima, produzca niveles de captura futuros más realistas y aumente la resiliencia del ecosistema.

Las comunidades indígenas del Pacífico derivan su sentido de identidad de las islas. Los problemas emergentes para las comunidades indígenas del Pacífico incluyen la resiliencia de las áreas marinas manejadas y la migración humana inducida por el clima desde sus tierras tradicionales. La amplia gama de conocimiento tradicional está basada en el lugar y es localizada, y es útil en la planificación de la adaptación porque se basa en el

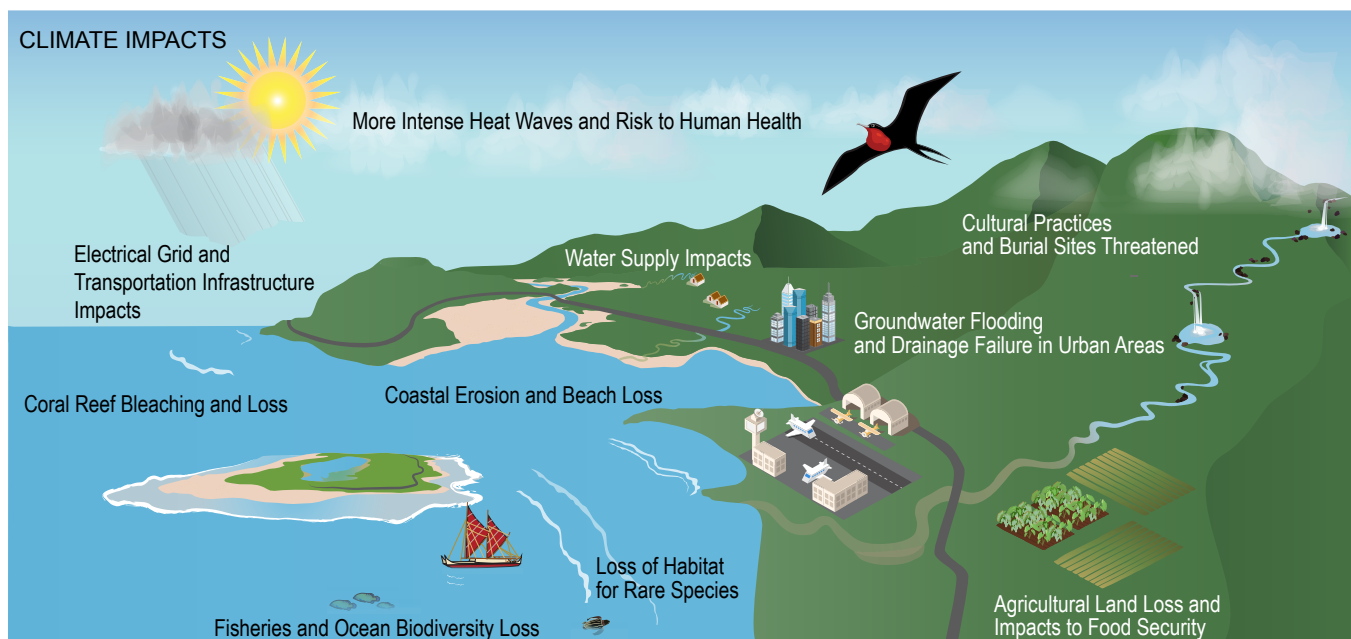
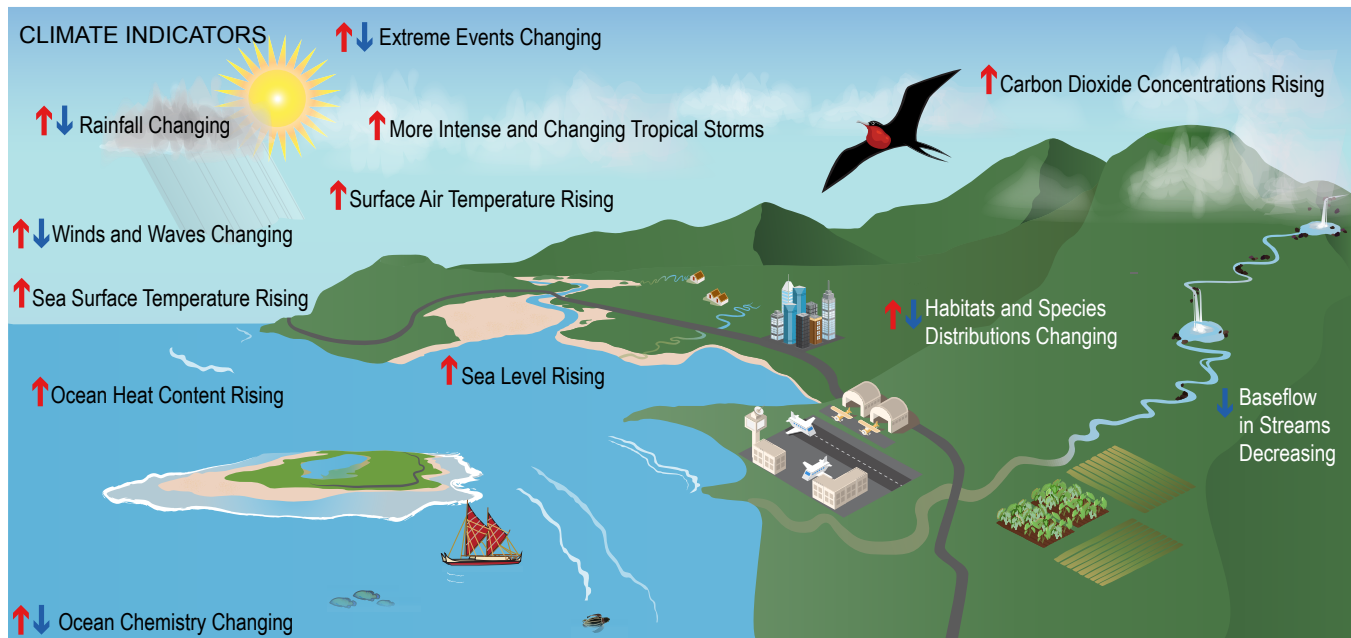
intercambio intergeneracional de observaciones. Documentar los tipos de estructuras de gobierno o las jerarquías de toma de decisiones creadas para el manejo de estas tierras y aguas también es importante como una herramienta de aprendizaje que se puede compartir con otras comunidades isleñas.

En toda la región, los grupos se están uniendo para minimizar el daño y las interrupciones producto de las inundaciones costeras e inundaciones, así como otros impactos relacionados con el clima. La cohesión social ya es fuerte en muchas comunidades, lo que hace posible trabajar juntos para actuar. La intervención temprana puede reducir los costos económicos, ambientales, sociales y culturales y reducir o prevenir conflictos y desplazamientos de tierras y recursos ancestrales.

Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/hawaii-pacific>

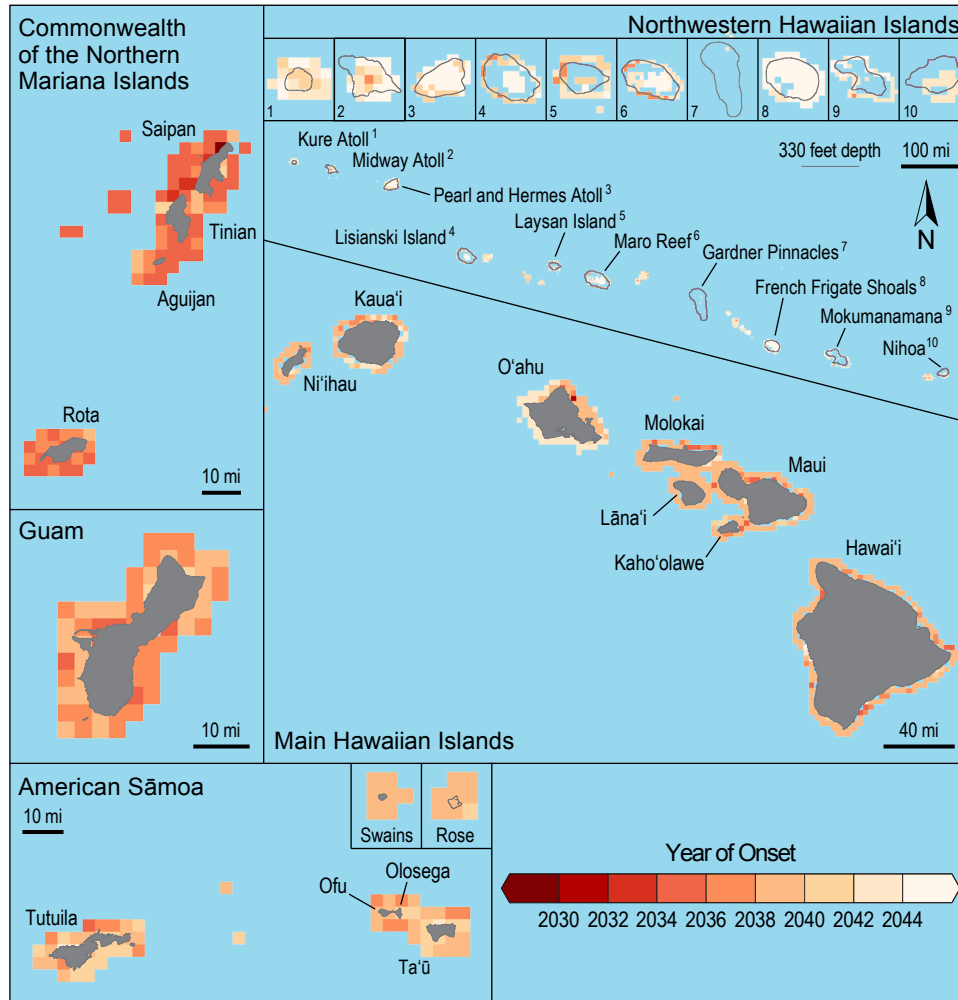


## Indicadores climáticos e impactos



El monitoreo de las variables de indicadores regionales en la atmósfera, la tierra y el océano permite el seguimiento de la variabilidad y el cambio del clima. (arriba) Los cambios observados en los indicadores climáticos clave, como la concentración de dióxido de carbono, las temperaturas de la superficie del mar y las distribuciones de especies en Hawái y las Islas del Pacífico Afiliadas a los Estados Unidos, producen impactos (abajo) en varios sectores y comunidades, incluyendo la infraestructura construida, los ecosistemas naturales y la salud humana. La conexión entre los cambios en los indicadores climáticos con la manera en que se experimentan los impactos es crucial para comprender y adaptarse a los riesgos en diferentes sectores. De la Figura 27.2 (Fuente: adaptado de Keener et al., 2012).

## Inicio proyectado del blanqueamiento severo anual de arrecifes de coral



La figura muestra los años donde se proyecta que el blanqueamiento de los arrecifes de coral se produzca anualmente en las islas y atolones de la región en un escenario más alto (RCP8.5). Bajo un calentamiento proyectado de aproximadamente 0,5 °F por década, todos los arrecifes de coral en Hawái y las Islas del Pacífico Afiliadas a EE. UU. experimenten un blanqueamiento anual antes de 2050. De la Figura 27.10 (Fuente: NOAA).

# Fotografía

18. Noreste: Puente Bartram en Pensilvania. © *Thomas James Caldwell/Flickr*. CC BY-SA 2.0, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/legalcode>.
19. Sudeste: Red mangrove in Titusville, Florida. © *Katja Schulz/Flickr*. CC BY 2.0, <https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/legalcode>.
20. Caribe Estadounidense: San Juan, Puerto Rico. © *stevereidphoto/iStock/Getty Images*.
21. Medio Oeste: Carson, Wisconsin. © *William Garrett/Flickr*. CC BY 2.0, <https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/legalcode>.
22. Grandes Llanuras del Norte: Cameron, Montana. *Paul Cross/U.S. Geological Survey*.
23. Grandes Llanuras del Sur: Grullas trompeteras en el Refugio Nacional para la Vida Silvestre Aransas en Texas. *Jon Noll/U.S. Department of Agriculture*.
24. Noroeste: Cuenca de los Cuatro Lagos en los picos de las montañas White Cloud, Bosque Nacional Sawtooth, Idaho. *Mark Lisk / USDA Forest Service*.
25. Sudoeste: Bajos niveles de agua del Lago Mead. © *Wayne Hsieh/Flickr*. CC BY-NC 2.0, <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/legalcode>.
26. Alaska: Anchorage, Alaska. © *Kevin Smith/Design Pics/Getty Images*.
27. Hawái y Regiones de las Islas del Pacífico Asociadas a los Estados Unidos: Honolulu, Hawái. NOAA Teacher at Sea Program, *NOAA Ship Hi'ialakai*.

*Nota: Las fotos han sido recortado de su tamaño original para que caben en la plantilla del informe.*

# Respuestas

## SUMARIOS EJECUTIVOS



Rompeolas que rodea Kivalina, Alaska.

### Mensaje clave 1

#### La implementación de la adaptación está aumentando

Actividades de planificación e implementación de adaptación están ocurriendo, alrededor de los Estados Unidos, en los sectores públicos, privados y sin fines de lucro. Desde la Tercera Evaluación Nacional del Clima, la implementación ha aumentado, pero aún no es común.

### Mensaje clave 2

#### El cambio climático supera la planificación de la adaptación

Un obstáculo a la adaptación exitosa al cambio climático es la suposición de que las condiciones climáticas son y serán similares a las del pasado. La incorporación de información sobre las condiciones climáticas actuales y futuras en las pautas de diseño, los estándares, las políticas y las prácticas reduciría el riesgo y los impactos adversos.

### Mensaje clave 3

#### La adaptación implica una gestión de riesgos reiterativa

La adaptación implica un proceso continuo de gestión de riesgos; no tiene un punto final. Con este enfoque, los individuos y las organizaciones de todo tipo evalúan los riesgos y las vulnerabilidades del clima y otros impulsores del cambio (como el económico, ambiental y social), toman medidas para reducir esos riesgos y aprenden con el tiempo.

## Mensaje clave 4

### Los beneficios de la adaptación proactiva exceden los costos

Las iniciativas de adaptación proactiva, que incluyen cambios en las políticas, operaciones comerciales, inversiones de capital y otros pasos, generan beneficios que superan sus costos a corto plazo y a largo plazo. La evaluación de las estrategias de adaptación implica la consideración de la equidad, la justicia, el patrimonio cultural, el medio ambiente, la salud, y la seguridad nacional.

## Mensaje clave 5

### Los nuevos enfoques pueden reducir aún más el riesgo

La integración de consideraciones climáticas en las políticas y prácticas organizacionales y sectoriales existentes proporciona beneficios de adaptación. La reducción adicional de los riesgos del cambio climático se puede lograr con nuevos enfoques que creen condiciones para alterar los entornos regulatorios y políticos, los recursos culturales y comunitarios, los sistemas económicos y financieros, las aplicaciones tecnológicas y los ecosistemas.

En los Estados Unidos, muchas regiones y sectores ya están experimentando los efectos directos del cambio climático. Para estas comunidades, los impactos climáticos, desde tormentas extremas empeoradas por el aumento del nivel del mar, hasta olas de calor más duraderas y extremas, y un mayor número de incendios e inundaciones, son una amenaza inmediata, no una posibilidad remota. Debido a que se espera que estos impactos aumenten con el tiempo, las comunidades en todo Estados Unidos enfrentan el desafío no sólo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, sino también de adaptarse al cambio climático actual y futuro para ayudar a mitigar los riesgos climáticos.

La adaptación ocurre en muchos niveles (nacional, regional, pero principalmente local) a medida que los gobiernos, las empresas, las comunidades y las personas responden a los cambios en las condiciones climáticas actuales y se preparan para futuros cambios en base a los impactos climáticos específicos y relevantes a su geografía y vulnerabilidad. La adaptación tiene cinco etapas generales: conocimiento, evaluación, planificación, implementación, y

monitoreo y evaluación. Estas fases naturalmente se construyen unas sobre otras, aunque a menudo no se ejecutan secuencialmente y la terminología puede variar. La Tercera Evaluación Nacional del Clima (publicada en 2014) encontró las primeras tres fases en curso en todo Estados Unidos, pero limitada en términos de implementación en campo. Desde entonces, la escala y el alcance de la implementación de la adaptación han aumentado, pero en general, la implementación de la adaptación aún no es común.

Un aspecto importante de la adaptación es la capacidad de anticipar futuros impactos climáticos y planificar en consecuencia. Los encargados de tomar decisiones del sector público y privado tradicionalmente han hecho planes asumiendo que el clima actual y futuro en su ubicación se parecerá al del pasado reciente. Esta suposición ya no es verdaderamente fiable. Cada vez más, los planificadores, constructores, ingenieros, arquitectos, contratistas, desarrolladores y otras personas están reconociendo la necesidad de tener en cuenta las condiciones climáticas actuales y proyectadas en sus decisiones sobre la ubicación

y el diseño de edificios e infraestructura, estándares de ingeniería, tasas de seguros, valores de propiedades, planes de uso de la tierra, preparativos de respuesta ante desastres, cadenas de suministro y manejo de tierras de cultivo y bosques.

Al anticipar y planificar el cambio climático, los encargados de tomar decisiones practican una forma de evaluación de riesgos conocida como gestión de riesgos reiterativa. La gestión de riesgos reiterativa enfatiza que el proceso de anticipación y respuesta al cambio climático no constituye un solo conjunto de juicios en ningún momento; más bien, es un ciclo continuo de evaluación, acción, reevaluación, aprendizaje y respuesta. En el contexto de la adaptación, los actores del sector público y privado gestionan el riesgo climático mediante tres tipos de acciones: reducir la exposición, reducir la sensibilidad y aumentar la capacidad de adaptación.

La gestión del riesgo climático incluye algunos atributos y tácticas que son familiares para la mayoría de las empresas y los gobiernos locales, ya que estas organizaciones ya suelen administrar o diseñar para una variedad de riesgos relacionados con el clima, incluyendo las tormentas costeras y continentales, las olas de calor, las amenazas de disponibilidad de agua, las sequías, y las inundaciones. Sin embargo, la adaptación exitosa también requiere el desafío, a menudo desconocido, de usar información sobre el clima actual y futuro, en lugar del clima pasado, lo que puede resultar difícil para aquellos que carecen de experiencia con conjuntos de datos y conceptos sobre el cambio climático. Además, muchas prácticas profesionales y lineamientos, así como los requisitos legales, aún exigen el uso de datos basados en el clima pasado. Finalmente, factores como el acceso a los recursos, la cultura, el gobierno y la información disponible pueden afectar no solo el riesgo que enfrentan las diferentes poblaciones, sino también las mejores formas de reducirlos.

Alcanzar los beneficios de la adaptación puede requerir inversiones iniciales a fin de alcanzar ahorros a largo plazo, comprometerse con los intereses y valores de los diferentes interesados y planificar frente a la incertidumbre. Pero la adaptación también presenta desafíos, incluidas las dificultades para obtener los fondos necesarios, información insuficiente y experiencia relevante, y desajustes jurisdiccionales.

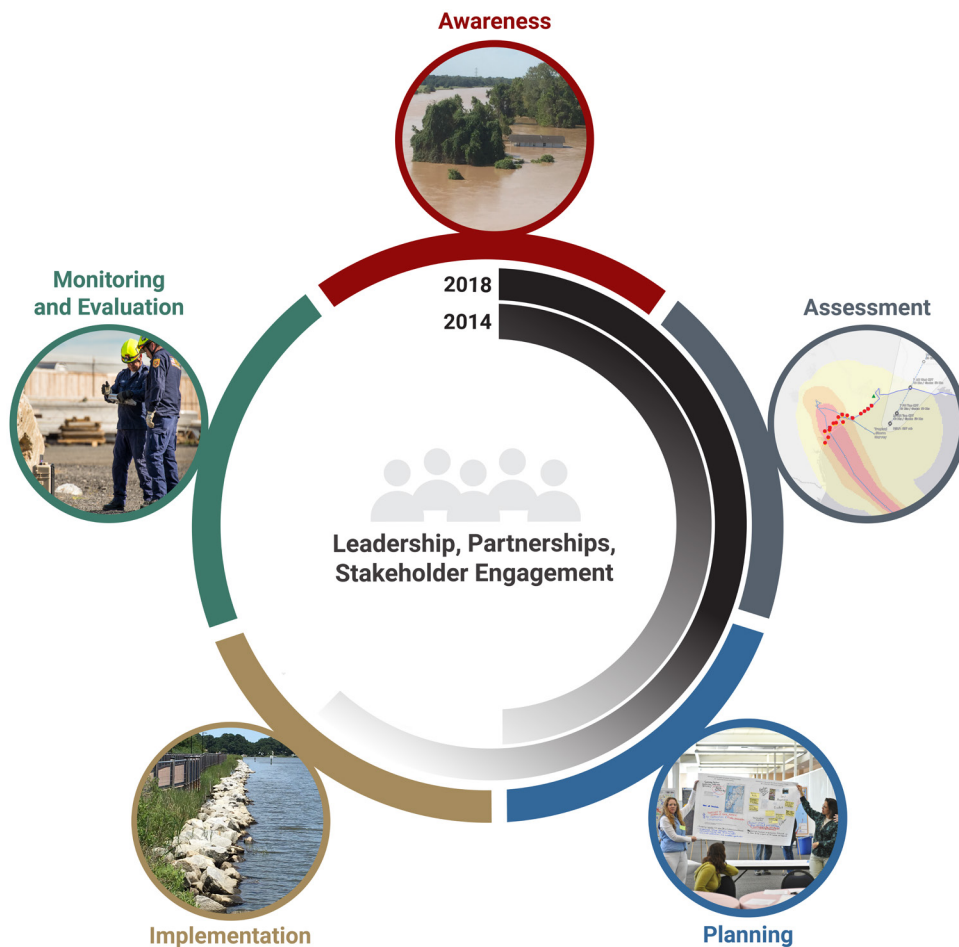
En general, los beneficios de la adaptación superan significativamente los costos. El análisis de beneficios y costos puede orientar a las organizaciones hacia acciones que reduzcan los riesgos de una manera más eficiente, en particular aquellas que, si no se abordan, podrían resultar extremadamente costosas en el futuro. Más allá de los atributos medidos explícitamente por el análisis de costo-beneficio, la adaptación efectiva también puede mejorar el bienestar social de muchas maneras que pueden ser difíciles de cuantificar y que las personas valorarán de manera diferente, incluyendo la mejora de oportunidades económicas, salud, equidad, seguridad, educación, conectividad social, y sentido del lugar así como salvaguardar los recursos y prácticas culturales y la calidad ambiental.

Una porción significativa del riesgo climático se puede abordar mediante la integración; es decir, integrando la adaptación al clima en las inversiones, políticas y prácticas organizativas y sectoriales existentes, tales como planificación, presupuesto, desarrollo de políticas y operaciones y mantenimiento. La incorporación de la adaptación al clima en los procesos de decisión existentes ya ha comenzado en muchas áreas, como informes de riesgos financieros, planificación de inversiones de capital, estándares de ingeniería, planificación militar y gestión de riesgos de desastres. La reducción adicional de los riesgos del cambio climático, en particular los que surgen de futuros con altos niveles de emisiones de gases de efecto invernadero, requiere nuevos enfoques que creen condiciones para

alterar los entornos regulatorios y políticos, los recursos culturales y comunitarios, los sistemas económicos y financieros, las aplicaciones tecnológicas y los ecosistemas.

Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/adaptation>

## Cinco etapas de adaptación y progreso



La figura ilustra el proceso de gestión del riesgo reiterativo de adaptación. Las líneas de arco gris comparan el estado actual de la implementación de este proceso con el estado informado por la Tercera Evaluación Nacional del Clima en 2014. Los colores más oscuros indican más actividad. De la Figura 28.1 (Fuente: adaptada del Consejo Nacional de Investigación 2010. Utilizada con permiso de las Academias Nacionales de Prensa, © 2010, Academia Nacional de Ciencias. Fotografía, en el sentido de las agujas del reloj desde el círculo arriba: National Weather Service; USGS; Armando Rodriguez, Miami-Dade County; Dr. Neil Berg, MARISA; Bill Ingalls NASA).





Jasper, Nueva York.

### Mensaje clave 1

#### Actividades relacionadas con la mitigación en los Estados Unidos

Se están llevando a cabo actividades relacionadas con la mitigación en todos los Estados Unidos, a nivel federal, estatal y local, así como en el sector privado. Desde la Tercera Evaluación Nacional del Clima, un número cada vez mayor de estados, ciudades y negocios han emprendido o aumentado iniciativas para reducir las emisiones.

### Mensaje clave 2

#### Los riesgos de la falta de acción

En ausencia de actividades más significativas de mitigación global, se proyecta que el cambio climático causará daños considerables a la economía, salud humana y el medio ambiente de los Estados Unidos. Bajo escenarios que estipulan altos niveles de emisiones y una adaptación limitada o nula, se calcula que las pérdidas anuales en algunos sectores ascenderán a cientos de miles de millones de dólares para finales de este siglo. Es muy probable que algunos impactos físicos y ecológicos serán irreversibles durante miles de años, mientras que otros serán permanentes.

### Mensaje clave 3

#### Impactos evitados o reducidos gracias a la mitigación

Muchos impactos del cambio climático y daños económicos asociados en los Estados Unidos pueden ser disminuidos sustancialmente en el siglo XXI a través de reducciones a escala global en las emisiones de gases de efecto invernadero, aunque la magnitud y tiempo de riesgos evitados variarán por sector y región. Se anticipa que el efecto de la mitigación de emisiones a corto plazo sobre la reducción de riesgos empezará a ser evidente a mediados de siglo y que crecerá sustancialmente a partir de entonces.

## Mensaje clave 4

### Interacciones entre la mitigación y la adaptación

Las interacciones entre la mitigación y la adaptación son complejas y pueden generar beneficios, pero también existe el potencial para consecuencias adversas. En ciertos sectores, la adaptación puede complementar la mitigación para reducir sustancialmente la exposición y la vulnerabilidad al cambio climático. Esta complementariedad tiene especial importancia, pues es inevitable cierto grado de cambio climático como consecuencia de las emisiones pasadas y presentes.

Las emisiones actuales y futuras de gases de efecto invernadero, y por consiguiente las actividades de mitigación de emisiones, son fundamentales para determinar los riesgos e impactos futuros del cambio climático en la sociedad. La escala de riesgos que pueden evitarse a través de acciones de mitigación es influenciada por la magnitud de la reducción de emisiones, el momento de dichas reducciones, y las diferentes estrategias de mitigación para gases de efecto invernadero de larga duración (específicamente el dióxido de carbono), los gases de efecto invernadero de corta duración (como el metano) y el carbono biológico de origen terrestre. En el ámbito nacional, regional y local, se están llevando a cabo muchas iniciativas para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, incluyendo actividades en el sector privado.

Se proyecta que el cambio climático causará daños significativos a la salud humana, la economía y el medio ambiente de los Estados Unidos, en particular en un futuro con altas emisiones de gases de efecto invernadero. Se está emprendiendo una variedad de iniciativas de investigación para mejorar el conocimiento y la cuantificación de los impactos climáticos. Estos estudios han sido diseñados a través de diversas escalas sectoriales y espaciales, y destacan el uso de escenarios climáticos y socioeconómicos consistentes. Los más recientes hallazgos de estos escenarios multisectoriales demuestran cambios sustanciales y de largo alcance a lo largo del siglo XXI, en particular hacia fines de siglo, con consecuencias negativas para una gran mayoría de los sectores, incluyendo la infraestructura y la

salud humana. En aquellos sectores en donde se observan efectos positivos para ciertas regiones o durante períodos específicos, dichos efectos por lo general son eclipsados por los cambios generales que ocurren dentro del sector mismo o a mayor escala.

Estudios recientes también demuestran que muchos impactos del cambio climático en los Estados Unidos pueden reducirse considerablemente durante el siglo XXI a través de reducciones globales en las emisiones de gases de efecto invernadero. Aunque la diferencia entre diferentes escenarios de mitigación para evitar los impactos del cambio climático es más modesta durante la primera mitad del siglo, a partir del 2050 el efecto de la mitigación se torna evidente, y aumenta considerablemente en magnitud a partir de entonces. Las investigaciones apoyan el hecho de que la mitigación pronta y sustancial ofrece una mayor probabilidad de evitar impactos cada vez más adversos.

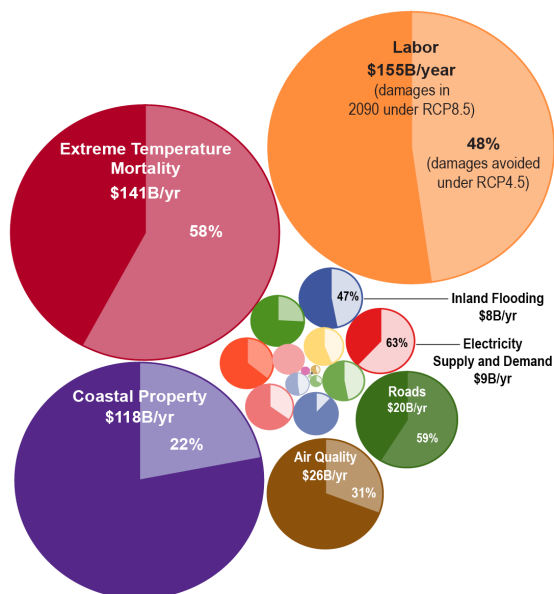
La reducción del riesgo del cambio climático gracias a la mitigación también depende de suposiciones sobre cómo la adaptación cambia la exposición y la vulnerabilidad de la población. Particularmente sensibles a suposiciones sobre adaptación son los daños físicos a las propiedades costeras e infraestructura de transporte, y se calcula que medidas proactivas serán capaces de reducir dichos daños en gran proporción. Dado que la sociedad ya está comprometida a cierta cantidad de cambio climático futuro como consecuencia de las emisiones pasadas y presentes, y debido a que las actividades de

mitigación no pueden evitar todos los riesgos relacionados con el clima, las actividades de mitigación y adaptación pueden ser consideradas como estrategias complementarias. Sin embargo, la adaptación puede requerir altos costos iniciales y compromisos a largo plazo para el mantenimiento, y en ciertos sectores existe incertidumbre sobre la aplicabilidad y eficacia de la adaptación para reducir el riesgo. Las interacciones entre las estrategias de mitigación y adaptación pueden generar beneficios o

consecuencias negativas. Aunque aún existen incertidumbres, avances en simulaciones sobre los impactos climáticos y económicos, incluyendo el conocimiento actual sobre las trayectorias de adaptación, brindan con mayor frecuencia nuevas capacidades para entender y cuantificar los efectos futuros.

Para leer el capítulo completo en inglés, incluso las fuentes y la Evidencia Adicional, consulte aquí: <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/mitigation>

## Daños proyectados y potencial de reducción de riesgos por sector



Annual Economic Damages in 2090		
Sector	Annual damages under RCP8.5	Damages avoided under RCP4.5
Labor	\$155B	48%
Extreme Temperature Mortality $\diamond$	\$141B	58%
Coastal Property $\diamond$	\$118B	22%
Air Quality	\$26B	31%
Roads $\diamond$	\$20B	59%
Electricity Supply and Demand	\$9B	63%
Inland Flooding	\$8B	47%
Urban Drainage	\$6B	26%
Rail $\diamond$	\$6B	36%
Water Quality	\$5B	35%
Coral Reefs	\$4B	12%
West Nile Virus	\$3B	47%
Freshwater Fish	\$3B	44%
Winter Recreation	\$2B	107%
Bridges	\$1B	48%
Munic. and Industrial Water Supply	\$316M	33%
Harmful Algal Blooms	\$199M	45%
Alaska Infrastructure $\diamond$	\$174M	53%
Shellfish*	\$23M	57%
Agriculture*	\$12M	11%
Aeroallergens*	\$1M	57%
Wildfire	-\$106M	-134%

El área total de cada círculo representa los daños económicos anuales proyectados (en dólares estadounidenses del 2015) bajo un escenario más alto (RCP8.5) en el 2090 con respecto a un escenario sin cambio. En cada círculo, el área con sombreado más claro muestra la reducción en los daños comparando un escenario más bajo (RCP4.5) con el RCP8.5. Los resultados sectoriales asumen, donde sea aplicable, un cambio poblacional con el tiempo, que en el caso de la recreación invernal conduce a efectos positivos conforme al RCP4.5, ya que el aumento en la cantidad de visitantes supera las pérdidas climáticas. Es importante señalar que aquí no se incluyen muchos daños sectoriales causados por el cambio climático, y muchos de los resultados reportados representan solo valuaciones parciales del total de los daños físicos. Refiérase al EPA 2017 para conocer los rangos relacionados con las estimaciones centrales presentadas en la figura. Los resultados asumen una adaptación limitada o nula. Se mostró que la adaptación redujo los daños generales en los sectores identificados con el símbolo  $\diamond$ , pero no fue directamente modelada en, o relevante para, todos los sectores. Los asteriscos denotan sectores con daños anuales que tal vez no sean visibles a la escala presentada. Solamente un impacto (incendios forestales) muestra efectos positivos muy pequeños, debido a proyecciones a escala de paisaje de cambios a una vegetación con intervalos de reincidencia de incendios más largos (véase el Capítulo 6: Bosques, para una descripción de la evidencia relacionada con la actividad de incendios forestales y proyecciones a futuro). La versión en línea de esta figura incluye rangos de valores para las cifras en la tabla. Debido a restricciones de espacio, dichos rangos no se incluyen aquí. De la Figura 29.2 (Fuente: adaptado de EPA 2017).

## Fotografía

28. Adaptación: Rompeolas que rodea Kivalina, Alaska.  
© ShoreZone. CC BY 3.0, <https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/legalcode>.
29. Mitigación: Jasper, Nueva York. © John Getchel/  
Flickr. CC BY-NC 2.0, <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/legalcode>.

*Nota: Las fotos han sido recortado de su tamaño original para que caben en la plantilla del informe.*

# Equipos de Autores de la Cuarta Evaluación Nacional del Clima

## 1. Resumen

### Autor principal de coordinación federal

**David Reidmiller**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

### Autor principal

**Alexa Jay**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

### Autores del capítulo

**Christopher W. Avery**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

**Daniel Barrie**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Apurva Dave**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial,

**Benjamin DeAngelo**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Matthew Dzaugis**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

**Michael Kolian**, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

**Kristin Lewis**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

**Katie Reeves**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

**Darrell Winner**, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

## 2. Nuestro Clima Cambiante

### Autores principales de coordinación federal

**David R. Easterling**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**David W. Fahey**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

### Autor principal

**Katharine Hayhoe**, Universidad Tecnológica de Texas

### Autores del capítulo

**Sarah Doherty**, Universidad de Washington

**James P. Kossin**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**William V. Sweet**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Russell S. Vose**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Michael F. Wehner**, Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley

**Donald J. Wuebbles**, Universidad de Illinois

### Contribuyentes técnicos

**Robert E. Kopp**, Universidad Rutgers

**Kenneth E. Kunkel**, Universidad del Estado de Carolina del Norte

**John Nielsen-Gammon**, Universidad de Texas A&M

### Editor revisor

**Linda O. Mearns**, Centro Nacional de Investigación Atmosférica

### Personal de respaldo de la NCA4

**David J. Dokken**, Oficial Superior de Programa

**David Reidmiller**, Director

## 3. Agua

### Autores principales de coordinación federal

**Thomas Johnson**, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

**Peter Colohan**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

### Autor principal

**Upmanu Lall**, Universidad de Columbia

### Autores del capítulo

**Amir AghaKouchak**, Universidad de California, Irvine

**Sankar Arumugam**, Universidad del Estado de Carolina del Norte

**Casey Brown**, Universidad de Massachusetts

**Gregory McCabe**, Servicio Geológico de los Estados Unidos

**Roger Pulwarty**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

### Editor revisor

**Minxue He**, Departamento de Recursos Hídricos de California

### Personal de respaldo de la NCA4

**Kristin Lewis**, Científica Superior

**Allyza Lustig**, Coordinadora del Programa

## 4. Suministro de Energía, Provisión y Demanda

### Autor principal de coordinación federal

**Craig D. Zamuda**, Departamento de Energía de los Estados Unidos, Oficina de Políticas

### Autor principal

**Craig D. Zamuda**, Departamento de Energía de los Estados Unidos, Oficina de Políticas

### Autores del capítulo

**Daniel E. Bilello**, Laboratorio Nacional de Energía Renovable

**Guenther Conzelmann**, Laboratorio Nacional Argonne

**Ellen Mccray**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Ann Satsangi**, Departamento de Energía de los Estados Unidos, Oficina de Combustibles Fósiles

**Vincent Tidwell**, Laboratorios Nacionales Sandia

**Brian J. Walker**, Departamento de Energía de los Estados Unidos, Oficina de Eficiencia Energética y Energía Renovable

#### Editor revisor

**Sara C. Pryor**, Universidad Cornell

#### Personal de respaldo de la NCA4

**Natalie Bennett**, Analista de Adaptación y Evaluación

**Christopher W. Avery**, Gerente Superior

## 5. Cambio en la cobertura terrestre y en el uso de la tierra

#### Autor principal de coordinación federal

**Thomas Loveland**, Servicio Geológico de los Estados Unidos

#### Autor principal

**Benjamin M. Sleeter**, Servicio Geológico de los Estados Unidos

#### Autores del capítulo

**James Wickham**, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

**Grant Domke**, Servicio Forestal del USDA

**Nate Herold**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Nathan Wood**, Servicio Geológico de los Estados Unidos

#### Contribuyentes técnicos

**Tamara S. Wilson**, Servicio Geológico de los Estados Unidos

**Jason Sherba**, Servicio Geológico de los Estados Unidos

#### Editor revisor

**Georgine Yorgey**, Universidad Estatal de Washington

#### Personal de respaldo de la NCA4

**Susan Aragon-Long**, Científica Superior

**Christopher W. Avery**, Gerente Superior

## 6. Bosques

#### Autores principales de coordinación federal

**James M. Vose**, Servicio Forestal del USDA, Estación de Investigaciones del Sur

**David L. Peterson**, Servicio Forestal del USDA, Estación de Investigaciones del Pacífico Noroeste

#### Autor principal

**James M. Vose**, Servicio Forestal del USDA, Estación de Investigaciones del Sur

**David L. Peterson**, Servicio Forestal del USDA, Estación de Investigaciones del Pacífico Noroeste

#### Autores del capítulo

**Grant M. Domke**, Servicio Forestal del USDA, Estación de Investigaciones del Norte

**Christopher J. Fettig**, Servicio Forestal del USDA, Estación de Investigaciones del Pacífico Suroeste

**Linda A. Joyce**, Servicio Forestal del USDA, Estación de Investigaciones de las Montañas Rocosas

**Robert E. Keane**, Servicio Forestal del USDA, Estación de Investigaciones de las Montañas Rocosas

**Charles H. Luce**, Servicio Forestal del USDA, Estación de Investigaciones de las Montañas Rocosas

**Jeffrey P. Prestemon**, Servicio Forestal del USDA, Estación de Investigaciones del Sur

#### Contribuyentes técnicos

**Lawrence E. Band**, Universidad de Virginia

**James S. Clark**, Universidad Duke

**Nicolette E. Cooley**, Universidad del Norte de Arizona

**Anthony D'Amato**, Universidad de Vermont

**Jessica E. Halofsky**, Universidad de Washington

#### Editor revisor

**Gregg Marland**, Universidad Estatal de los Apalaches

#### Personal de respaldo de la NCA4

**Natalie Bennett**, Analista de Adaptación y Evaluación

**Susan Aragon-Long**, Científica Superior

## 7. Ecosistemas terrestres, servicios ecosistémicos y biodiversidad

#### Autores principales de coordinación federal

**Shawn Carter**, Servicio Geológico de los Estados Unidos

**Jay Peterson**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

#### Autores principales

**Douglas Lipton**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Madeleine A. Rubenstein**, Servicio Geológico de los Estados Unidos

**Sarah R. Weiskopf**, Servicio Geológico de los Estados Unidos

#### Autores del capítulo

**Lisa Crozier**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Michael Fogarty**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Sarah Gaichas**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Kimberly J. W. Hyde**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Toni Lyn Morelli**, Servicio Geológico de los Estados Unidos

**Jeffrey Morissette**, Departamento del Interior de los Estados Unidos, Secretaría Nacional del Consejo de Especies Invasoras

**Hassan Moustahfid**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Roldan Muñoz**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica  
**Rajendra Poudel**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica  
**Michelle D. Staudinger**, Servicio Geológico de los Estados Unidos  
**Charles Stock**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica  
**Laura Thompson**, Servicio Geológico de los Estados Unidos  
**Robin Waples**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica  
**Jake F. Weltzin**, Servicio Geológico de los Estados Unidos

#### Editor revisor

**Gregg Marland**, Universidad Estatal de los Apalaches

#### Personal de respaldo de la NCA4

**Matthew Dzaugis**, Coordinador de Programa  
**Allyza Lustig**, Coordinadora de Programa

## 8. Efectos costeros

#### Autores principales de coordinación federal

**Jeffrey Payne**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica  
**William V. Sweet**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

#### Autor principal

**Elizabeth Fleming**, Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos

#### Autores del capítulo

**Michael Craghan**, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos  
**John Haines**, Servicio Geológico de los Estados Unidos  
**Juliette Finzi Hart**, Servicio Geológico de los Estados Unidos  
**Heidi Stiller**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica  
**Ariana Sutton-Grier**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

#### Editor revisor

**Michael Kruk**, ERT, Inc.

#### Personal de respaldo de la NCA4

**Matthew Dzaugis**, Coordinador de Programa  
**Christopher W. Avery**, Gerente Superior  
**Allyza Lustig**, Coordinadora de Programa  
**Fredric Lipschultz**, Científico Superior y Coordinador Regional

## 9. Océanos y recursos marinos

#### Autores principales de coordinación federal

**Roger B. Griffis**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Elizabeth B. Jewett**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

#### Autor principal

**Andrew J. Pershing**, Instituto de Investigación del Golfo de Maine

#### Autores del capítulo

**C. Taylor Armstrong**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica  
**John F. Bruno**, Universidad de Carolina del Norte en Chapel Hill  
**D. Shallin Busch**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica  
**Alan C. Haynie**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica  
**Samantha A. Siedlecki**, Universidad de Washington (actualmente Universidad de Connecticut)  
**Desiree Tommasi**, Universidad de California, Santa Cruz

#### Contribuyente técnico

**Vicky W. Y. Lam**, Universidad de Columbia Británica

#### Editor revisor

**Sarah R. Cooley**, Ocean Conservancy

#### Personal de respaldo de la NCA4

**Fredric Lipschultz**, Científico Superior y Coordinador Regional  
**Apurva Dave**, Coordinador Internacional y Analista Superior

## 10. Agricultura y comunidades rurales

#### Autor principal de coordinación federal

**Carolyn Olson**, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

#### Autores principales

**Prasanna Gowda**, Servicio de Investigación Agrícola, USDA  
**Jean L. Steiner**, Servicio de Investigación Agrícola, USDA

#### Autores del capítulo

**Tracey Farrigan**, Servicio de Investigación Agrícola, USDA  
**Michael A. Grusak**, Servicio de Investigación Agrícola, USDA  
**Mark Boggess**, Servicio de Investigación Agrícola, USDA

#### Editor revisor

**Georgine Yorgey**, Universidad Estatal de Washington

#### Personal de respaldo de la NCA4

**Susan Aragon-Long**, Científica Senior  
**Allyza Lustig**, Coordinadora del Programa

## 11. Entorno construido, sistemas urbanos

## y ciudades

### Autor principal de coordinación federal

**Susan Julius**, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

### Autor principal

**Keely Maxwell**, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

### Autores del capítulo

**Anne Grambsch**, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (jubilada)

**Ann Kosmal**, Administración General de Servicios de los Estados Unidos

**Libby Larson**, Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio

**Nancy Sonti**, Servicio Forestal del USDA

### Contribuyentes técnicos

**Julie Blue**, Eastern Research Group, Inc.

**Kevin Bush**, Departamento de Vivienda y Desarrollo Urbano de los Estados Unidos (hasta agosto de 2018)

### Editor revisor

**Jesse Keenan**, Universidad de Harvard

### Personal de respaldo de la NCA4

**Natalie Bennett**, Analista de Adaptación y Evaluación

**Fredric Lipschultz**, Científico Senior y Coordinador Regional

## 12. Transporte

### Autor principal de coordinación federal

**Michael Culp**, Departamento de Transporte de los Estados Unidos, Administración Federal de Carreteras

### Autor principal

**Jennifer M. Jacobs**, Universidad de Nuevo Hampshire

### Autores del capítulo

**Lia Cattaneo**, Universidad de Harvard, anteriormente Departamento de Transporte de los Estados Unidos

**Paul Chinowsky**, Universidad de Colorado en Boulder

**Anne Choate**, ICF

**Susanne DesRoches**, Oficina de Recuperación y Resiliencia y Oficina de Sustentabilidad de la Alcaldía de la Ciudad de Nueva York

**Scott Douglass**, South Coast Engineers

**Rawlings Miller**, WSP (anteriormente Volpe, Centro Nacional de Sistemas de Transporte del USDOT)

### Editor revisor

**Jesse Keenan**, Universidad de Harvard

### Personal de respaldo de la NCA4

**Allyza Lustig**, Coordinadora del Programa

**Kristin Lewis**, Científica Superior

## 13. Calidad del aire

### Autor principal de coordinación federal

**Christopher G. Nolte**, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

### Autor principal

**Christopher G. Nolte**, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

### Autores del capítulo

**Patrick D. Dolwick**, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

**Neal Fann**, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

**Larry W. Horowitz**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Vaishali Naik**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Robert W. Pinder**, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

**Tanya L. Spero**, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

**Darrell A. Winner**, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

**Lewis H. Ziska**, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

### Editor revisor

**David D'Onofrio**, Comisión Regional de Atlanta

### Personal de respaldo de la NCA4

**Ashley Bieniek-Tobasco**, Coordinadora del Programa de Salud

**Sarah Zerbonne**, Coordinadora de la Ciencia de Adaptación y Decisión

**Christopher W. Avery**, Gerente Superior

## 14. Salud humana

### Autores principales de coordinación federal

**John M. Balbus**, Instituto Nacional de Ciencias de Salud Ambiental

**George Luber**, Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades

### Autor principal

**Kristie L. Ebi**, Universidad de Washington

### Autores del capítulo

**Aparna Bole**, University Hospitals, Hospital de Bebés y Niños Rainbow, Ohio

**Allison Crimmins**, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

**Gregory Glass**, Universidad de Florida

**Shubhayu Saha**, Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades

**Mark M. Shimamoto**, Unión Geofísica Estadounidense

**Juli Trtanj**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica



**Jalonne L. White-Newsome**, Fundación Kresge

#### Contribuyentes técnicos

**Stasia Widerynski**, Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades

#### Editor revisor

**David D'Onofrio**, Comisión Regional de Atlanta

#### Personal de respaldo de la NCA4

**Ashley Bieniek-Tobasco**, Coordinadora del Programa de Salud

**Sarah Zerbonne**, Coordinadora de la Ciencia de Adaptación y Decisión

**Natalie Bennett**, Analista de Adaptación y Evaluación

**Christopher W. Avery**, Gerente Superior

## 15. Tribus y pueblos indígenas

#### Autor principal de coordinación federal

**Rachael Novak**, Departamento del Interior de los Estados Unidos, Oficina de Asuntos Indígenas

#### Autor principal

**Lesley Jantarasami**, Departamento de Energía de Oregón

#### Autores del capítulo

**Roberto Delgado**, Institutos Nacionales de la Salud

**Elizabeth Marino**, Universidad Estatal de Oregón-Cascadas

**Shannon McNeeley**, Centro de Ciencia de Adaptación Climática Central Norte y Universidad Estatal de Colorado

**Chris Narducci**, Departamento de Vivienda y Desarrollo Urbano de los Estados Unidos

**Julie Raymond-Yakoubian**, Kawerak, Inc.

**Loretta Singletary**, Universidad de Nevada, Reno

**Kyle Powys Whyte**, Universidad Estatal de Michigan

#### Editor revisor

**Karen Cozzetto**, Universidad del Norte de Arizona

#### Personal de respaldo de la NCA4

**Susan Aragon-Long**, Científica Senior

**Allyza Lustig**, Coordinadora del Programa

## 16. Efectos del Clima en los Intereses Internacionales de los Estados Unidos

#### Autor principal de coordinación federal

**Meredith Muth**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

#### Autor principal

**Joel B. Smith**, Abt Associates

#### Autores del capítulo

**Alice Alpert**, Departamento de Estado de los Estados Unidos

**James L. Buizer**, Universidad de Arizona

**Jonathan Cook**, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

**Apurva Dave**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial / ICF

**John Furlow**, Instituto Internacional de Investigación Sobre el Clima y la Sociedad, Universidad de Columbia

**Kurt Preston**, Departamento de Defensa de los Estados Unidos

**Peter Schultz**, ICF

**Lisa Vaughan**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

#### Editor revisor

**Diana Liverman**, Universidad de Arizona

#### Personal de respaldo de la NCA4

**Apurva Dave**, Coordinador Internacional y Analista Superior

## 17. Interacciones Sectoriales, Estresores Múltiples y Sistemas Complejos

#### Autores principales de coordinación federal

**Leah Nichols**, Fundación Nacional de Ciencias

**Robert Vallario**, Departamento de Energía de los Estados Unidos

#### Autor principal

**Leon Clarke**, Laboratorio Nacional del Pacífico Noroeste

#### Autores del capítulo

**Mohamad Hejazi**, Laboratorio Nacional del Pacífico Noroeste

**Jill Horing**, Laboratorio Nacional del Pacífico Noroeste

**Anthony C. Janetos**, Universidad de Boston

**Katharine Mach**, Universidad de Stanford

**Michael Mastrandrea**, Instituto Carnegie para la Ciencia

**Marilee Orr**, Departamento de Seguridad Nacional

**Benjamin L. Preston**, Corporación Rand

**Patrick Reed**, Universidad Cornell

**Ronald D. Sands**, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

**Dave D. White**, Universidad Estatal de Arizona

#### Editor revisor

**Kai Lee**, Williams College (emérito) y la Fundación Packard (jubilada)

#### Personal de respaldo de la NCA4

**Kristin Lewis**, Científica Senior

**Natalie Bennett**, Analista de Adaptación y Evaluación

## 18. Noreste

#### Autor principal de coordinación federal

**Ellen L. Mccray**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

### Autor principal

**Lesley-Ann L. Dupigny-Giroux**, Universidad de Vermont

### Autores del capítulo

**Mary D. Lemcke-Stampone**, Universidad de Nuevo Hampshire  
**Glenn A. Hodgkins**, Servicio Geológico de los Estados Unidos  
**Erika E. Lentz**, Servicio Geológico de los Estados Unidos  
**Katherine E. Mills**, Instituto de Investigación del Golfo de Maine  
**Erin D. Lane**, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos  
**Rawlings Miller**, WSP (anteriormente Volpe, Centro Nacional de Sistemas de USDOT)  
**David Y. Hollinger**, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos  
**William D. Solecki**, Universidad de la Ciudad de Nueva York-Hunter College  
**Gregory A. Wellenius**, Universidad Brown  
**Perry E. Sheffield**, Facultad de Medicina de Icahn en el Monte Sinai  
**Anthony B. MacDonald**, Universidad de Monmouth  
**Christopher Caldwell**, Facultad de la Nación Menominee

### Contribuyentes técnicos

**Zoe P. Johnson**, Departamento de Defensa de los Estados Unidos, Comando de Ingeniería de Instalaciones Navales (anteriormente Oficina de la Bahía de Chesapeake de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica)  
**Amanda Babson**, Servicio de Parques Nacionales  
**Elizabeth Pendleton**, Servicio Geológico de los Estados Unidos  
**Benjamin T. Gutiérrez**, Servicio Geológico de los Estados Unidos  
**Joseph Salisbury**, Universidad de Nuevo Hampshire  
**Andrew Sven McCall Jr.**, Universidad de Vermont  
**E. Robert Thieler**, Servicio Geológico de los Estados Unidos  
**Sara L. Zeigler**, Servicio Geológico de los Estados Unidos

### Editor revisor

**Jayne F. Knott**, Universidad de Nuevo Hampshire

### Personal de respaldo de la NCA4

**Christopher W. Avery**, Gerente Superior  
**Matthew Dzaugis**, Coordinador del Programa  
**Allyza Lustig**, Coordinadora del Programa

## 19. Sudeste

### Autor principal de coordinación federal

**Adam Terando**, USGS, Centro de Ciencia de Adaptación Climática del Sureste

### Autor principal

**Lynne Carter**, Universidad Estatal de Luisiana

### Autores del capítulo

**Kirstin Dow**, Universidad de Carolina del Sur

**Kevin Hiers**, Estación de Investigaciones Tall Timbers  
**Kenneth E. Kunkel**, Universidad del Estado de Carolina del Norte

**Aranzazu Lascrain**, Universidad del Estado de Carolina del Norte

**Doug Marcy**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Michael Osland**, Servicio Geológico de los Estados Unidos

**Paul Schramm**, Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades

### Contribuyentes técnicos

**Vincent Brown**, Universidad del Estado de Luisiana

**Barry Keim**, Universidad del Estado de Luisiana

**Julie K. Maldonado**, Red de intercambio de conocimientos de subsistencia

**Colin Polsky**, Universidad Atlántica de Florida

**April Taylor**, Nación Chickasaw

### Editor revisor

**Alessandra Jerolleman**, Universidad Estatal de Jacksonville

### Personal de respaldo de la NCA4

**Allyza Lustig**, Coordinadora del Programa

**Matthew Dzaugis**, Coordinador de Programa

**Natalie Bennett**, Analista de Adaptación y Evaluación

## 20. Caribe Estadounidense

### Autor principal de coordinación federal

**William A. Gould**, Instituto Internacional de Silvicultura Tropical del Servicio Forestal del USDA

### Autor principal

**Ernesto L. Díaz**, Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, Programa de Gestión de Zonas Costeras

### Autores del capítulo

**Nora L. Álvarez-Berríos**, Instituto Internacional de Silvicultura Tropical del Servicio Forestal del USDA

**Félix Aponte-González**, Aponte, Aponte y Asociados  
**Wayne Archibald**, Archibald Energy Group

**Jared Heath Bowden**, Departamento de Ecología Aplicada, Universidad del Estado de Carolina del Norte

**Lisamarie Carrubba**, Pesqueras de NOAA, Oficina de Recursos Protegidos

**Wanda Crespo**, Estudios Técnicos, Inc.

**Stephen Joshua Fain**, Instituto Internacional de Silvicultura Tropical del Servicio Forestal del USDA

**Grizelle González**, Instituto Internacional de Silvicultura Tropical del Servicio Forestal del USDA

**Annamarie Goulbourne**, Environmental Solutions Limited

**Eric Harmsen**, Departamento de Ingeniería Agrícola y Sistemas Biológicos, Universidad de Puerto Rico

**Azad Henareh Khalyani**, Laboratorio Ecológico de Recursos Naturales, Universidad del Estado de Colorado

**Eva Holupchinski**, Instituto Internacional de Silvicultura Tropical del Servicio Forestal del USDA

**James P. Kossin**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica  
**Amanda J. Leinberger**, Centro para Soluciones y Ciencia de Adaptación Climática, Universidad de Arizona  
**Vanessa I. Marrero-Santiago**, Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, Programa de Gestión de Zonas Costeras  
**Odalys Martínez-Sánchez**, Servicio Nacional de Meteorología de NOAA  
**Kathleen McGinley**, Instituto Internacional de Silvicultura Tropical del Servicio Forestal del USDA  
**Melissa Meléndez Oyola**, Universidad de New Hampshire  
**Pablo Méndez-Lázaro**, Universidad de Puerto Rico  
**Julio Morell**, Universidad de Puerto Rico  
**Isabel K. Parés-Ramos**, Instituto Internacional de Silvicultura Tropical del Servicio Forestal del USDA  
**Roger Pulwarty**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica  
**William V. Sweet**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica  
**Adam Terando**, USGS, Centro de Ciencia de Adaptación Climática del Sureste  
**Sigfredo Torres-González**, Servicio Geológico de los Estados Unidos (jubilado)

#### Contribuyentes técnicos

**Mariano Argüelles**, Departamento de Agricultura de Puerto Rico  
**Gabriela Bernal-Vega**, Universidad de Puerto Rico  
**Dominique David-Chavez**, Universidad del Estado de Colorado  
**Aurelio Mercado-Irizarry**, Universidad de Puerto Rico  
**Roberto Moyano**, Estudios Técnicos, Inc.  
**Pedro Nieves**, Gestión de Zonas Costeras en las Islas Vírgenes de los Estados Unidos  
**Rey Rodríguez Nieves**, Departamento de Agricultura, Puerto Rico

#### Editor revisor

**Jess K. Zimmerman**, Universidad de Puerto Rico

#### Personal de respaldo de la NCA4

**Allyza Lustig**, Coordinadora del Programa  
**Apurva Dave**, Coordinador Internacional y Analista Superior  
**Christopher W. Avery**, Gerente Superior

## 21. Medio Oeste

#### Autor principal de coordinación federal

**Chris Swanston**, Servicio Forestal del USDA

#### Autor principal

**Jim Angel**, Instituto de Investigación del la Pradera, Universidad de Illinois

#### Autores del capítulo

**Barbara Mayes Boustead**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica  
**Kathryn C. Conlon**, Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades

**Kimberly R. Hall**, The Nature Conservancy  
**Jenna L. Jorns**, Universidad de Michigan, Evaluaciones y Ciencias Integradas de los Grandes Lagos  
**Kenneth E. Kunkel**, Universidad del Estado de Carolina del Norte  
**Maria Carmen Lemos**, Universidad de Michigan, Evaluaciones y Ciencias Integradas de los Grandes Lagos  
**Brent Lofgren**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica  
**Todd A. Ontl**, Servicio Forestal del USDA, Centro Climático de los Bosques del Norte  
**John Posey**, Consejo de Gobierno de las Tierras Este-Oeste  
**Kim Stone**, Comisión Indígena de Pesca y Vida Silvestre de los Grandes Lagos (hasta enero de 2018)  
**Eugene Takle**, Universidad del Estado de Iowa  
**Dennis Today**, Centro Climático del Centro del Medio Oeste, USDA

#### Contribuyentes técnicos

**Katherine Browne**, Universidad de Michigan  
**Melonee Montano**, Comisión Indígena de Pesca y Vida Silvestre de los Grandes Lagos  
**Hannah Panci**, Comisión Indígena de Pesca y Vida Silvestre de los Grandes Lagos  
**Jason Vargo**, Universidad de Wisconsin  
**Madeline R. Magee**, Universidad de Wisconsin-Madison

#### Editor revisor

**Thomas Bonnot**, Universidad de Misuri

#### Personal de respaldo de la NCA4

**Kristin Lewis**, Científica Superior  
**Allyza Lustig**, Coordinadora del Programa  
**Katie Reeves**, Principal de Interacción y Comunicaciones

## 22. Grandes Llanuras del Norte

#### Autor principal de coordinación federal

**Doug Kluck**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

#### Autor principal

**Richard T. Conant**, Universidad del Estado de Colorado

#### Autores del capítulo

**Mark Anderson**, Servicio Geológico de los Estados Unidos  
**Andrew Badger**, Universidad de Colorado  
**Barbara Mayes Boustead**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica  
**Justin Derner**, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos  
**Laura Farris**, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos  
**Michael Hayes**, Universidad de Nebraska  
**Ben Livneh**, Universidad de Colorado  
**Shannon McNeeley**, Centro de Ciencia de Adaptación Climática Central Norte y Universidad Estatal de Colorado  
**Dannele Peck**, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

**Martha Shulski**, Universidad de Nebraska  
**Valerie Small**, Universidad de Arizona

**Editor revisor**

**Kirsten de Beurs**, Universidad de Oklahoma

**Personal de respaldo de la NCA4**

**Allyza Lustig**, Coordinadora del Programa  
**Kristin L. M. Lewis**, Científica Superior

## 23. Grandes Llanuras del Sur

**Autor principal de coordinación federal**

**Bill Bartush**, Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos

**Autor principal**

**Kevin Kloesel**, Universidad de Oklahoma

**Autores del capítulo**

**Jay Banner**, Universidad de Texas en Austin  
**David Brown**, Laboratorio de investigaciones de tierras de pastoreo del USDA-ARS  
**Jay Lemery**, Universidad de Colorado  
**Xiaomao Lin**, Universidad del Estado de Kansas  
**Cindy Loeffler**, Departamento de Parques y Vida Silvestre de Texas  
**Gary McManus**, Servicio de Climatología de Oklahoma  
**Esther Mullens**, USGS, Centro de Ciencia de Adaptación Climática Central Sur  
**John Nielsen-Gammon**, Universidad de Texas A&M  
**Mark Shafer**, Programa de Planificación para Impactos Climáticos en el Sur, NOAA RISA  
**Cecilia Sorensen**, Universidad de Colorado  
**Sid Sperry**, Asociación de Cooperativas Eléctricas de Oklahoma  
**Daniel Wildcat**, Universidad de Naciones Indígenas Haskell  
**Jadwiga Ziolkowska**, Universidad de Oklahoma

**Contribuyente técnico**

**Katharine Hayhoe**, Universidad Tecnológica de Texas

**Editor revisor**

**Ellu Nasser**, Adaptation International

**Personal de respaldo de la NCA4**

**Susan Aragon-Long**, Científica Superior  
**Christopher W. Avery**, Gerente Senior

## 24. Noroeste

**Autor principal de coordinación federal**

**Charles Luce**, Servicio Forestal del USDA

**Autor principal**

**Christine May**, Silvestrum Climate Associates

**Autores del capítulo**

**Joe Casola**, Grupo de Impactos Climáticos, Universidad de Washington  
**Michael Chang**, Tribu Makah  
**Jennifer Cuhaciyan**, Oficina de Reclamaciones  
**Meghan Dalton**, Universidad del Estado de Oregón  
**Scott Lowe**, Universidad Estatal de Boise  
**Gary Morishima**, Nación Indígena Quinault  
**Philip Mote**, Universidad del Estado de Oregón  
**Alexander (Sascha) Petersen**, Adaptation International  
**Gabrielle Roesch-McNally**, Servicio Forestal del USDA  
**Emily York**, Autoridad Sanitaria de Oregón

**Editor revisor**

**Beatrice Van Horne**, Servicio Forestal del USDA, Centro Climático del Noroeste

**Personal de respaldo de la NCA4**

**Natalie Bennett**, Analista de Adaptación y Evaluación  
**Christopher W. Avery**, Gerente Senior  
**Susan Aragon-Long**, Científica Superior

## 25. Sudoeste

**Autor principal de coordinación federal**

**Patrick Gonzalez**, Servicio de Parques Nacionales de los Estados Unidos

**Autor principal**

**Gregg M. Garfin**, Universidad de Arizona

**Autores del capítulo**

**David D. Breshears**, Universidad de Arizona  
**Keely M. Brooks**, Dirección General de Aguas del Sur de Nevada  
**Heidi E. Brown**, Universidad de Arizona  
**Emile H. Elias**, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos  
**Amrith Gunasekara**, Departamento de Agricultura y Alimentos de California  
**Nancy Huntly**, Universidad del Estado de Utah  
**Julie K. Maldonado**, Livelihoods Knowledge Exchange Network  
**Nathan J. Mantua**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica  
**Helene G. Margolis**, Universidad de California, Davis  
**Skyli McAfee**, The Nature Conservancy (hasta 2017)  
**Beth Rose Middleton**, Universidad de California, Davis  
**Bradley H. Udall**, Universidad del Estado de Colorado

**Contribuyentes técnicos**

**Mary E. Black**, Universidad de Arizona  
**Shallin Busch**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica  
**Brandon Goshi**, Distrito Metropolitano de Agua del Sur de California

**Editor revisor**

**Cristina Bradatan**, Universidad Tecnológica de Texas

**Personal de respaldo de la NCA4**

**Fredric Lipschultz**, Científico Senior y  
Coordinador Regional  
**Christopher W. Avery**, Gerente Senior

**26. Alaska****Autor principal de coordinación federal**

**Stephen T. Gray**, Servicio Geológico de los  
Estados Unidos

**Autor principal**

**Carl J. Markon**, Servicio Geológico de los Estados Unidos  
(jubilado)

**Autores del capítulo**

**Matthew Berman**, Universidad de Alaska, Anchorage  
**Laura Eerkes-Medrano**, Universidad de Victoria  
**Thomas Hennessy**, Centros para el Control y la Prevención  
de Enfermedades de los Estados Unidos  
**Henry P. Huntington**, Huntington Consulting  
**Jeremy Littell**, Servicio Geológico de los Estados Unidos  
**Molly McCammon**, Sistema de Observación del  
Océano de Alaska  
**Richard Thoman**, Administración Nacional Oceánica  
y Atmosférica  
**Sarah Trainor**, Universidad de Alaska Fairbanks

**Contribuyentes técnicos**

**Anthony Arendt**, Universidad de Washington  
**Todd Attwood**, Servicio Geológico de los Estados Unidos  
**Todd Brinkman**, Universidad de Alaska Fairbanks  
**Patricia Cochran**, Comisión de Ciencia de Nativos de Alaska  
**Jessica N. Cross**, Administración Nacional Oceánica  
y Atmosférica  
**David Driscoll**, Universidad de Virginia  
**Darcy Dugan**, Sistema de Observación del Océano  
de Alaska  
**Tony Fischbach**, Servicio Geológico de los Estados Unidos  
**Ann Gibbs**, Servicio Geológico de los Estados Unidos  
**Jeff Hetrick**, Alutiiq Pride Shellfish Hatchery  
**David Hill**, Universidad del Estado de Oregón  
**Anne Hollowed**, Administración Nacional Oceánica  
y Atmosférica  
**Eran Hood**, Universidad del Sureste de Alaska  
**Torre Jorgenson**, Investigación de Ecología del Largo Plazo  
del Ártico  
**Nathan Kettle**, Universidad de Alaska Fairbanks  
**Don Lemmen**, Recursos Naturales de Canadá  
**Philip Loring**, Universidad de Saskatoon  
**Jeremy Mathis**, Administración Nacional Oceánica  
y Atmosférica  
**Franz Mueter**, Universidad de Alaska Fairbanks  
**Shad O'Neel**, Servicio Geológico de los Estados Unidos  
**Jacquelyn (Jaci) Overbeck**, Departamento de Recursos  
Naturales de Alaska  
**Neal Pastick**, Servicio Geológico de los Estados Unidos  
**John Pearce**, Servicio Geológico de los Estados Unidos  
**Benjamin Preston**, Corporación RAND

**Robert Rabin**, Administración Nacional Oceánica  
y Atmosférica

**Bruce Richmond**, Servicio Geológico de los  
Estados Unidos

**Jennifer Schmidt**, Universidad de Alaska Anchorage

**David K. Swanson**, Servicio de Parques Nacionales

**Stefan Tangen**, Universidad de Alaska Fairbanks

**Lyman Thorsteinson**, Servicio Geológico de los  
Estados Unidos

**Ryan Toohey**, Servicio Geológico de los Estados Unidos

**Editor revisor**

**Victoria Herrmann**, El Instituto Ártico

**Personal de respaldo de la NCA4**

**Fredric Lipschultz**, Científico Senior y  
Coordinador Regional

**Susan Aragon-Long**, Científica Senior

**27. Hawái y regiones de las Islas del Pacífico asociadas a los Estados Unidos****Autor principal de coordinación federal**

**David Helweg**, DOI, Centro de Ciencia de Adaptación  
Climática de las Islas Pacíficas

**Autor principal**

**Victoria Keener**, Centro Este-Oeste

**Autores del capítulo**

**Susan Asam**, ICF

**Seema Balwani**, Administración Nacional Oceánica  
y Atmosférica

**Maxine Burkett**, Universidad de Hawái en Mānoa

**Charles Fletcher**, Universidad de Hawái en Mānoa

**Thomas Giambelluca**, Universidad de Hawái en Mānoa

**Zena Grecni**, Centro Este-Oeste

**Malia Nobrega-Olivera**, Universidad de Hawái en Mānoa

**Jeffrey Polovina**, NOAA, Centro de Ciencias Pesqueras de  
las Islas del Pacífico

**Gordon Tribble**, USGS, Centro de Investigación de  
Ecosistemas de las Islas del Pacífico

**Contribuyentes técnicos**

**Malia Akutagawa**, Universidad de Hawái en Mānoa, Escuela

Hawai'inuiākea de Conocimiento Hawaiano, Centro

Kamakakūokalani de Estudios Hawaianos, Escuela de

Derecho William S. Richardson, Centro de Excelencia Ka

Huli Ao en Derecho Hawaiano Nativo

**Rosie Alegado**, Universidad de Hawái en Mānoa,

Departamento de Oceanografía, UH Sea Grant

**Tiffany Anderson**, Universidad de Hawái en Mānoa,  
Geología y Geofísica

**Patrick Barnard**, Servicio Geológico de los Estados  
Unidos-Santa Cruz

**Rusty Brainard**, Centro de Ciencias Pesqueras de las Islas  
del Pacífico, NOAA

**Laura Brewington**, Centro Este-Oeste, RISA del Pacífico

**Jeff Burgett**, Cooperativa de Cambio Climático de las Islas  
del Pacífico

- Rashed Chowdhury**, Centro de Aplicaciones Climáticas de ENSO del Pacífico, NOAA
- Makena Coffman**, Universidad de Hawái en Mānoa, Planificación Regional y Urbana
- Chris Conger**, Sea Engineering, Inc.
- Kitty Courtney**, Tetra Tech, Inc.
- Stanton Enomoto**, Cooperativa del Cambio Climático de las Islas del Pacífico
- Patricia Fifita**, Universidad de Hawái, Cooperativa del Cambio Climático de las Islas del Pacífico
- Lucas Fortini**, Centro de Investigación de Ecosistemas de las Islas del Pacífico, USGS
- Abby Frazier**, Servicio Forestal del USDA
- Kathleen Stearns Friday**, Servicio Forestal del USDA, Instituto de Silvicultura de las Islas del Pacífico
- Neal Fujii**, Comisión sobre la Gestión de Recursos Hídricos del Estado de Hawái
- Ruth Gates**, Universidad de Hawái at Mānoa, Escuela de Oceanografía y Ciencias de la Tierra y Tecnología
- Christian Giardina**, Servicio Forestal del USDA, Instituto de Silvicultura de las Islas del Pacífico
- Scott Glenn**, Departamento de Salud del Estado de Hawái, Oficina de Control de la Calidad Ambiental
- Matt Gonser**, Universidad de Hawái Sea Grant
- Jamie Gove**, Centro de Ciencias Pesqueras de las Islas del Pacífico, NOAA
- Robbie Greene**, Oficina de Calidad Ambiental y Costera de CNMI
- Shellie Habel**, Universidad de Hawái en Mānoa, Escuela de Oceanografía y Ciencias de la Tierra y Tecnología
- Justin Hospital**, Centro de Ciencias Pesqueras de las Islas del Pacífico de NOAA
- Darcy Hu**, Servicio de Parques Nacionales
- Jim Jacobi**, Servicio Geológico de los Estados Unidos
- Krista Jaspers**, Centro Este-Oeste, RISA del Pacífico
- Todd Jones**, Centro de Ciencias Pesqueras de las Islas del Pacífico, NOAA
- Charles Ka'ai'ai**, Consejo Regional de Gestión Pesquera del Pacífico Occidental
- Lauren Kapon**, Monumento Nacional Marino Papahānaumokuākea, NOAA
- Hī'ilei Kawelo**, Paepae O He'eia
- Benton Keali'i Pang**, Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos
- Karl Kim**, Universidad de Hawái, Centro Nacional de Capacitación para Preparación ante Desastres
- Jeremy Kimura**, Comisión sobre la Gestión de Recursos Hídricos del Estado de Hawái
- Romina King**, Universidad de Guam y Centro de Ciencia de Adaptación Climática de las Islas Pacíficas
- Randy Kosaki**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica
- Michael Kruk**, ERT, Inc.
- Mark Lander**, Universidad de Guam, Instituto de Investigación Hídrica y Ambiental
- Leah Laramée**, Estado de Hawái, Departamento de Tierras y Recursos Naturales
- Noelani Lee**, Ka Honua Momona
- Sam Lemmo**, Departamento de Tierras y Recursos Naturales del Estado de Hawái, Comité Interagencial de Adaptación Climática
- Rhonda Loh**, Parque Nacional de Volcanes de Hawái
- Richard MacKenzie**, Servicio Forestal del USDA, Instituto de Silvicultura de las Islas del Pacífico
- John Marra**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica
- Xavier Matsutaro**, República de Palaos, Oficina de Cambio Climático
- Marie McKenzie**, Cooperativa del Cambio Climático de las Islas del Pacífico
- Mark Merrifield**, Universidad de Hawái en Mānoa
- Wendy Miles**, Cooperativa del Cambio Climático de las Islas del Pacífico
- Lenore Ohye**, Comisión sobre la Gestión de Recursos Hídricos del Estado de Hawái
- Kirsten Oleson**, Universidad de Hawái en Mānoa
- Tom Oliver**, Universidad de Hawái en Mānoa, Instituto Colectivo de Investigación Marina y Atmosférica
- Tara Owens**, Universidad de Hawái Sea Grant
- Jessica Podoski**, Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos—Fort Shafter
- Dan Polhemus**, Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos
- Kalani Quiocho**, Monumento Nacional Marino Papahānaumokuākea, NOAA
- Robert Richmond**, Universidad de Hawái, Laboratorio Marino Kewalo
- Joby Rohrer**, Recursos Naturales del Ejército de O'ahu
- Fatima Sauafea-Le'au**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, Samoa Americana
- Afsheen Siddiqi**, Estado de Hawái, Departamento de Tierras y Recursos Naturales
- Irene Sprecher**, Estado de Hawái, Departamento de Tierras y Recursos Naturales
- Joshua Stanbro**, Ciudad y condado de Honolulu, Oficina del Cambio Climático, Sostenibilidad y Resiliencia
- Mark Stege**, The Nature Conservancy, Majuro
- Curt Storlazzi**, Servicio Geológico de los Estados Unidos, Santa Cruz
- William V. Sweet**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica
- Kelley Tagarino**, Universidad de Hawái Sea Grant
- Jean Tanimoto**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica
- Bill Thomas**, Oficina de Gestión Costera, NOAA
- Phil Thompson**, Universidad de Hawái en Mānoa, Oceanografía
- Mililani Trask**, Indigenous Consultants, LLC
- Barry Usagawa**, Junta de Suministro de Agua de Honolulu
- Kees van der Geest**, Universidad de las Naciones Unidas, Instituto de Medio Ambiente y Seguridad Humana
- Adam Vorsino**, Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos
- Richard Wallsgrove**, Fundación Blue Planet
- Matt Widlansky**, Universidad de Hawái, Centro del Nivel del Mar
- Pheobe Woodworth-Jefcoats**, Centro de Ciencias Pesqueras de las Islas del Pacífico de NOAA
- Stephanie Yelenik**, Centro de Investigación de Ecosistemas de las Islas del Pacífico, USGS

**Editor revisor**

**Jo-Ann Leong**, Instituto de Biología Marina de Hawái

**Personal de respaldo de la NCA4**

**Allyza Lustig**, Coordinadora del Programa

**Fredric Lipschultz**, Científico Superior y  
Coordinador Regional

## 28. Reducción de Riesgos a través de Acciones de Adaptación

**Autores principales de coordinación federal**

**Jeffrey Arnold**, Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos

**Roger Pulwarty**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Autor principal**

**Robert Lempert**, Corporación RAND

**Autores del capítulo**

**Kate Gordon**, Instituto Paulson

**Katherine Greig**, Centro del Proceso de Decisiones y Manejo de Riesgo de Wharton en la University Pensilvania (anteriormente la Oficina de Recuperación y Resiliencia y Oficina de Sustentabilidad de la Alcaldía de la Ciudad de Nueva York)

**Cat Hawkins Hoffman**, Servicio de Parques Nacionales

**Dale Sands**, Pueblo de Deer Park, Illinois

**Caitlin Werrell**, Centro para el Clima y la Seguridad

**Contribuyentes técnicos**

**Lauren Kendrick**, Corporación RAND

**Pat Mulroy**, Institución Brookings

**Costa Samaras**, Universidad Carnegie Mellon

**Bruce Stein**, Federación Nacional de Vida Silvestre

**Tom Watson**, Centro para el Clima y la Seguridad

**Jessica Wentz**, Universidad de Columbia

**Editor revisor**

**Mary Ann Lazarus**, Cameron MacAllister Group

**Personal de respaldo de la NCA4**

**Sarah Zerbonne**, Coordinadora de la Ciencia de Adaptación y Decisión

**Fredric Lipschultz**, Científico Superior y  
Coordinador Regional

## 29. Reducción de Riesgos a través de la Mitigación de Emisiones

**Autor principal de coordinación federal**

**Jeremy Martinich**, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

**Autor principal**

**Jeremy Martinich**, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

**Autores del capítulo**

**Benjamin DeAngelo**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Delavane Diaz**, Instituto de Investigación sobre la Energía Eléctrica

**Brenda Ekwurzel**, Unión de Científicos Preocupados

**Guido Franco**, Comisión de Energía de California

**Carla Frisch**, Departamento de Energía de los Estados Unidos

**James McFarland**, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

**Brian O'Neill**, Universidad de Denver (Centro Nacional de Investigación Atmosférica hasta junio de 2018)

**Editor revisor**

**Andrew Light**, Universidad George Mason

**Personal de respaldo de la NCA4**

**David Reidmiller**, Director

**Christopher W. Avery**, Gerente Superior

## Apéndice 1: Proceso de Desarrollo del Informe

**Autor principal de coordinación federal**

**David Reidmiller**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

**Autor principal**

**Christopher W. Avery**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

**Autores colaboradores**

**Therese (Tess) S. Carter**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

**Katie Reeves**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

**Kristin Lewis**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

## Apéndice 2: Ley de Calidad de la Información

**Autor principal de coordinación federal**

**David Reidmiller**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

**Autor principal**

**Kristin Lewis**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

**Autor colaborador**

**Christopher W. Avery**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

## Apéndice 3: Herramientas de Datos y Productos de Situaciones Hipotéticas

### Autor principal de coordinación federal

**David Reidmiller**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

### Autor principal

**Christopher W. Avery**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

### Autores colaboradores

**Michael Kolian**, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

**Kenneth E. Kunkel**, Universidad Estatal de Carolina del Norte

**Daniel Herring**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Reid Sherman**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial/Straughan Environmental

**William V. Sweet**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Christopher Weaver**, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

**Kathryn Tipton**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

**Allison Crimmins**, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

**LuAnn Dahlman**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**David R. Easterling**, Centros Nacionales para la Información Ambiental de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA)

**Rachel Gaal**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Emily Greenhalgh**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Daniel Herring**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Kenneth E. Kunkel**, Universidad Estatal de Carolina del Norte

**Rebecca Lindsey**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Thomas K. Maycock**, Universidad Estatal de Carolina del Norte

**Roberto Molar**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Brooke C. Stewart**, Universidad Estatal de Carolina del Norte

**Russell S. Vose**, Centros Nacionales para la Información Ambiental de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA)

## Apéndice 4: Perspectiva internacional: Cómo Abordan Otras Naciones la Evaluación Nacional del Clima

### Autor principal de coordinación federal

**David Reidmiller**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

### Autor principal

**Katherine Weingartner**, Universidad de George Washington (Programa de Investigación sobre el Cambio Global de los Estados Unidos hasta Septiembre 2017)

### Autor colaborador

**Apurva Dave**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

## Apéndice 5: Preguntas Frecuentes

### Autor principal de coordinación federal

**David Reidmiller**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

### Autor principal

**Matthew Dzaugis**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

### Autores colaboradores

**Christopher W. Avery**, Programa de Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

### Contribuyentes técnicos

**C. Taylor Armstrong**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Edward Blanchard-Wrigglesworth**, Universidad de Washington

**James Bradbury**, Centro del Clima de Georgetown

**Delavane Diaz**, Instituto de Investigación sobre la Energía Eléctrica

**Joshua Graff-Zivin**, Universidad de California, San Diego

**Jessica Halofsky**, Universidad de Washington

**Lesley Jantarasami**, Departamento de Energía de Oregón

**Shannon LaDeau**, Instituto Cary de Estudios de Ecosistemas

**Elizabeth Marino**, Universidad Estatal de Oregón

**Shaima Nasiri**, Departamento de Energía de los Estados Unidos

**Matthew Neidell**, Universidad de Columbia

**Rachael Novak**, Departamento del Interior de los Estados Unidos

**Rick Ostfeld**, Instituto Cary de Estudios de Ecosistemas

**David Pierce**, Instituto de Oceanografía Scripps

**Catherine Pollack**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**William V. Sweet**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Carina Wyborn**, Universidad de Montana

**Laurie Yung**, Universidad de Montana–Missoula

**Lewis Ziska**, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos



## Oficina de Coordinación de la Evaluación Nacional del Clima del USGCRP

**David Reidmiller**, Director

**Christopher W. Avery**, Gerente Senior

**Bradley Akamine**, Director de  
Información Digital

**Reuben Aniekwu**, Interno en el Sistema de  
Información sobre el Cambio Mundial

**Susan Aragon-Long**, Científica Senior

**Natalie Bennett**, Analista de Adaptación y  
Evaluación

**Ashley Bieniek-Tobasco**, Coordinadora del  
Programa de Salud

**Mathia Biggs**, Coordinadora de Oficina

**Therese (Tess) S. Carter**, Coordinadora del  
Programa (hasta junio de 2017)

**Apurva Dave**, Coordinador Internacional y  
Analista Superior

**David J. Dokken**, Oficial Superior del Programa

**Matthew Dzaugis**, Coordinador del Programa

**Amrutha Elamparathy**, Administrador de Datos

**Anthony Flowe**, Asociado de Interacción y  
Comunicaciones

**Alexa Jay**, Escritora Científica

**Kristin Lewis**, Científica Senior

**Fredric Lipschultz**, Científico Senior y  
Coordinador Regional

**Allyza Lustig**, Coordinadora del Programa

**Vincent O’Leary**, Interno en la Evaluación

**Katie Reeves**, Principal de Interacción y  
Comunicaciones

**Reid Sherman**, Principal del Sistema de  
Información sobre el Cambio Mundial

**Mark Shimamoto**, Coordinador del Programa  
(hasta agosto de 2017)

**Kathryn Tipton**, Ingeniera de Programas de  
Computadora

**Katherine Weingartner**, Asistente del Programa  
(hasta septiembre de 2017)

**Sarah Zerbonne**, Coordinadora de la Ciencia de  
Adaptación y Decisión

## Unidad de Apoyo Técnico de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**David R. Easterling**, Director de la Unidad de Apoyo Técnico de la NCA, Centros Nacionales para la Información Ambiental de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA)

**Kenneth E. Kunkel**, Científico Principal, Universidad del Estado de Carolina del Norte

**Sara W. Veasey**, Directora Creativa, Centros Nacionales para la Información Ambiental de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA)

**Brooke C. Stewart**, Jefa de Redacción y Redactora Científica Principal, Universidad del Estado de Carolina del Norte

**Sarah M. Champion**, Arquitecta de Datos y Analista Principal de Calidad de la Información, Universidad del Estado de Carolina del Norte

**Katharine M. Johnson**, Desarrolladora de la Página Web y Especialista en SIG, ERT, Inc.

**James C. Biard**, Ingeniero de Programas de Computadora, Universidad del Estado de Carolina del Norte

**Jessicca Griffin**, Especialista en la Comunicación Visual y Diseñadora Gráfica, Universidad del Estado de Carolina del Norte

**Angel Li**, Desarrollador Web, Universidad del Estado de Carolina del Norte

**Thomas K. Maycock**, Editor Científico, Universidad del Estado de Carolina del Norte

**Laura E. Stevens**, Investigadora Científica, Universidad del Estado de Carolina del Norte

**Liqiang Sun**, Investigador Científico, Universidad del Estado de Carolina del Norte

**Andrew Thrasher**, Ingeniero de Software, Universidad del Estado de Carolina del Norte

**Andrea McCarrick**, Asistente de Redacción, Universidad del Estado de Carolina del Norte

**Tiffany Means**, Asistente de Redacción, Universidad del Estado de Carolina del Norte

**Andrew Buddenberg**, Ingeniero de Software, Universidad del Estado de Carolina del Norte (hasta octubre de 2017)

**Liz Love-Brotak**, Diseñadora Gráfica, Centros Nacionales de Información Ambiental de los Estados Unidos (NCEI) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA)

**Deborah Misch**, Diseñadora Gráfica, Consultores TeleSolv

**Deborah B. Riddle**, Diseñadora Gráfica Principal (Informe Resumido), NOAA NCEI

**Mara Sprain**, Bibliotecaria de los Centros Nacionales de Información Ambiental de los Estados Unidos (NCEI), Grupo LAC

**Barbara Ambrose**, Diseñadora Gráfica, Universidad del Estado de Mississippi, Instituto del Golfo Norte

**Andrew Ballinger**, Investigador Científico, Universidad del Estado de Carolina del Norte

**Jennifer Fulford**, Asistente de Redacción, Consultores TeleSolv

**Kristy Thomas**, Especialista en Metadatos, ERT, Inc.

**Terence R. Thompson**, Analista de Datos Climáticos, LMI

**Caroline Wright**, Interno en SIG, Universidad del Estado de Carolina del Norte

**Samantha Heitsch**, Escritora Técnica, ICF

## Centro Nacional de Modelaje y Análisis Ambiental (NEMAC) de la Universidad de Carolina del Norte (UNC) de Asheville

**John Frimmel**, Desarrollador Principal de Software

**Karin Rogers**, Directora de Operaciones e Investigadora Científica

**Ian Johnson**, Asociado de Comunicaciones Geoespaciales y Científicas

### Equipo de la traducción español

#### Editores Revisores de la Traducción

**Félix Aponte-Gonzalez**, Aponte, Aponte y Asociados

**James Buizer**, Universidad de Arizona

**Lisamarie Carrubba**, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

**Sandra A. Cauffman**, Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio

**Wanda Crespo**, Estudios Técnicos

**Guido Franco**, Comisión de Energía de California

**Chris Freimund**, Universidad de Arizona

**William Gould**, Instituto Internacional de Silvicultura Tropical del Servicio Forestal del USDA

**Alessandra Jerolleman**, Universidad Estatal de Jacksonville

**Aranzazu Lascurain**, Universidad del Estado de Carolina del Norte

**Laura Lorenzoni**, Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio

**Allyza Lustig**, Programa de los Estados Unidos para la Investigación sobre el Cambio Mundial

**Mariana Rivera-Torres**, Universidad de Arizona

**Jose M. Rodriguez**, Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio

**Miguel Roman**, Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio

**Mayra Roman-Rivera**, Universidad de Carolina del Sur

**Edil A. Sepulveda Carlo**, Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio

#### Coordinadores

**Allyza Lustig**, Coordinadora del Programa

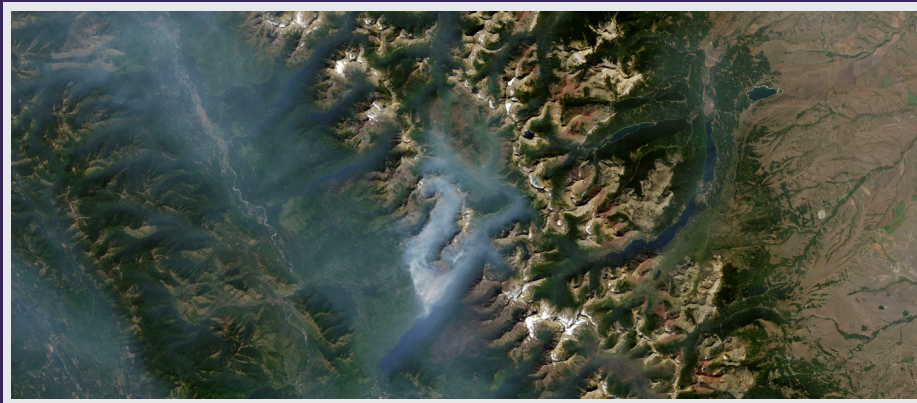
**Christopher W. Avery**, Gerente Senior







El presente documento responde a los requisitos de la Sección 106 de la Ley de Investigación sobre el Cambio Mundial de 1990 (<http://www.globalchange.gov/about/legal-mandate>) y cumple con todos los requisitos relacionados con la norma de *evaluación científica de enorme influencia* (HISA) de la Ley sobre la Calidad de la Información (véase el Apéndice 2: Información en la Cuarta Evaluación Nacional del Clima).



[nca2018.globalchange.gov](http://nca2018.globalchange.gov)

Para una evaluación de la ciencia física (NCA4 Vol. I) subyacente en este informe, visite:  
[science2017.globalchange.gov](http://science2017.globalchange.gov)

US Global Change Research Program  
1800 G St. NW | Suite 9100 | Washington, DC 20006 | USA  
<http://www.globalchange.gov>