

# La economía



# Capítulo 19. La economía

## Autores y colaboradores

### Autor principal de coordinación federal

**Jeremy Martinich**, US Environmental Protection Agency

### Autores principales del capítulo

**Solomon Hsiang**, University of California, Berkeley (hasta April 2023)

**Simon Greenhill**, University of California, Berkeley (a partir de April 2023)

### Autores principales del capítulo de la agencia

**Monica Grasso**, National Oceanic and Atmospheric Administration

**Rudy M. Schuster**, US Geological Survey

### Autores del capítulo

**Lint Barrage**, ETH Zurich

**Delavane B. Diaz**, Electric Power Research Institute

**Harrison Hong**, Columbia University

**Carolyn Kousky**, Environmental Defense Fund

**Toan Phan**, Federal Reserve Bank of Richmond

**Marcus C. Sarofim**, US Environmental Protection Agency

**Wolfram Schlenker**, Columbia University

**Benjamin Simon**, George Washington University

**Stacy E. Sneeringer**, US Department of Treasury

### Contribuyentes técnicos

**Daniel Allen**, University of California, Berkeley

**Clare Balboni**, Massachusetts Institute of Technology

**Ian W. Bolliger**, BlackRock

**Judson Boomhower**, University of California, San Diego

**Hannah Druckenmiller**, California Institute of Technology

**Teevrat Garg**, University of California, San Diego

**Miyuki Hino**, University of North Carolina at Chapel Hill

**Taylor Kee**, University of California, Berkeley

**Ishan Nath**, Federal Reserve Bank of San Francisco

**Kimberly L. Oremus**, University of Delaware, School of Marine Science and Policy

**R. Jisung Park**, University of Pennsylvania, School of Social Policy and Practice

**Jonathan Proctor**, Harvard University

**Will Rafey**, University of California, Los Angeles

### Editor revisor

**Emily Wimberger**, Hua Nani Partners

### Arte de apertura de capítulo

**George Lorio**

### Cita recomendada

Hsiang, S., S. Greenhill, J. Martinich, M. Grasso, R.M. Schuster, L. Barrage, D.B. Diaz, H. Hong, C. Kousky, T. Phan, M.C. Sarofim, W. Schlenker, B. Simon, and S.E. Sneeringer, 2023: Cap. 19. La economía. En: *La Quinta Evaluación Nacional del Clima*. Crimmins, A.R., C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, B.C. Stewart, and T.K. Maycock, Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA. <https://doi.org/10.7930/NCA5.2023.CH19.ES>

# Índice de Contenidos

<b>Introducción .....</b>	<b>5</b>
Mensaje clave 19.1	
<b>El cambio climático afecta directamente la economía.....</b>	<b>5</b>
Impactos directos observados.....	5
Impactos directos proyectados.....	6
Adaptación.....	12
Vulnerabilidad económica y desigualdad .....	12
Mensaje clave 19.2	
<b>Los mercados y los presupuestos responden al cambio climático.....</b>	<b>14</b>
Mercados .....	14
Presupuestos públicos, atención médica e infraestructuras .....	15
Migración, comercio y crecimiento .....	16
Innovación .....	16
Mensaje clave 19.3	
<b>Cambiarán las oportunidades económicas de hogares, empresas e instituciones .....</b>	<b>18</b>
Hogares de los EE. UU.....	18
Empresas de los EE. UU.....	19
Gobiernos e instituciones .....	19
<b>Cuentas trazables.....</b>	<b>22</b>
Descripción del proceso .....	22
Mensaje clave 19.1.....	22
Mensaje clave 19.2.....	24
Mensaje clave 19.3.....	26
<b>Referencias .....</b>	<b>28</b>

## Introducción

El clima es un activo nacional que permite y aporta valor a diversas actividades económicas en todo Estados Unidos, desde la agricultura, las finanzas y el turismo hasta la atención médica, la educación y el sector inmobiliario. Se espera que los cambios climáticos impongan nuevos costos sustanciales a la economía de los EE. UU. y afecten negativamente las oportunidades económicas de la mayoría de los estadounidenses. También se espera que el cambio climático y las políticas adoptadas en respuesta a este alteren tanto la economía nacional estadounidense como la economía mundial en la que compete Estados Unidos. Se proyecta que estas consecuencias económicas sean muy desiguales en las distintas regiones, industrias y comunidades de los EE. UU.

El cambio climático tiene efectos *directos* e *indirectos* sobre los resultados económicos. Los impactos directos afectan a las personas y a otros componentes básicos de la economía (p. ej., edificios y cultivos). Estos impactos directos pueden, a su vez, causar impactos indirectos secundarios derivados de la adaptación de los mercados, los gobiernos y otras instituciones a los cambios directos. Por ejemplo, los cambios en los patrones de lluvias y el aumento del nivel del mar ponen en riesgo de inundación las viviendas existentes, un efecto directo. A su vez, el aumento del riesgo de inundación provoca efectos indirectos, como la reducción de los precios de la vivienda, el aumento de los riesgos para las empresas que conceden hipotecas y la alteración del costo de los seguros contra inundaciones proporcionados por el Gobierno Federal.

En este capítulo se evalúan los efectos del cambio climático en los mercados, los presupuestos y las oportunidades económicas de los hogares, las empresas y las instituciones estadounidenses. En este capítulo no se evalúan los aspectos económicos de la mitigación del cambio climático ni las soluciones tecnológicas, que se tratan en otros capítulos (p. ej., KM 31.1, 31.2, 17.3)<sup>1,2</sup>.

### Mensaje clave 19.1

#### El cambio climático afecta directamente la economía

El cambio climático impacta directamente la economía a través del aumento de la temperatura, el aumento del nivel del mar y la mayor frecuencia e intensidad de eventos meteorológicos extremos (p. ej., incendios forestales, inundaciones, huracanes y sequías), que se estima que generarán costos económicos sustanciales y crecientes en muchos sectores (*probable, confianza alta*). Se proyecta que estos impactos se distribuyan de forma desigual, afectando ciertas regiones, industrias y grupos socioeconómicos más que otros (*muy probable, confianza alta*). La adaptación puede atenuar algunos impactos reduciendo la vulnerabilidad al cambio climático, pero las estrategias de adaptación varían en su efectividad y costos (*confianza media*).

#### Impactos directos observados

Se han observado impactos económicos directos del cambio climático en muchos sectores económicos (p. ej., Tabla 19.1a). Por ejemplo, la mayor frecuencia de eventos extremos y el aumento de las temperaturas provocan pérdidas económicas directas por daños en las infraestructuras<sup>3</sup>, lesiones a los trabajadores<sup>4</sup> y pérdida de cosechas<sup>5</sup>.

El cambio climático también afecta directamente recursos valiosos que no se comercializan en los mercados, como la salud humana y los ecosistemas. Estos *impactos no comerciales* a veces son difíciles de cuantificar, pero no dejan de ser económicamente importantes y representan una fracción sustancial de la carga económica que el cambio climático supone para los estadounidenses (Tabla 19.1c). Por ejemplo, el aumento de las temperaturas, los eventos meteorológicos extremos, los incendios forestales, las enfermedades transmitidas por vectores, la inseguridad alimentaria y el conocimiento de la amenaza del propio cambio climático se han relacionado con el deterioro de la salud física y mental de los estadounidenses<sup>6,7,8,9,10</sup>. Además, los cambios en los ecosistemas causados por el cambio climático han impactado la producción de alimentos, los recursos hídricos, la silvicultura, la salud humana, los valores de los bienes raíces, la recreación y el turismo (KM 6.1, 7.3)<sup>11,12,13</sup>.

### **Impactos directos proyectados**

Aunque ya se están dejando sentir algunos impactos económicos del cambio climático, se proyecta que los impactos de los cambios futuros sean más significativos y evidentes en más sectores de la economía (p. ej., Figura 19.1 y Tabla 19.1b). Con cada grado adicional de calentamiento, se espera que Estados Unidos sufra consecuencias cada vez más adversas. Por ejemplo, se proyecta que un aumento de la temperatura global de 2 °F causaría más del doble del daño económico inducido por un calentamiento de 1 °F<sup>14,15</sup>.

A medida que avanza el cambio climático, se proyecta que los riesgos económicos aumenten con el tiempo. Por ejemplo, los desastres meteorológicos generan actualmente al menos \$150,000 millones al año (en dólares de 2022) en daños directos en los EE. UU.<sup>16</sup>, un costo que se proyecta que aumente debido al cambio climático en el corto plazo<sup>17,18,19</sup>. Se proyecta que en las próximas décadas el cambio climático provoque alteraciones en los ecosistemas<sup>20</sup>, estrés hídrico<sup>21</sup> y pérdidas agrícolas<sup>22,23,24,25,26,27,28</sup>. Durante el próximo siglo, el país enfrentará costos de reubicación y daño a la propiedad y a las infraestructuras debido a las inundaciones costeras<sup>29</sup>, importantes impactos negativos en los servicios ecosistémicos<sup>30</sup>, costos de salud sustanciales y desiguales<sup>7</sup>, grandes impactos negativos sobre la producción económica<sup>31</sup> y un panorama de inversiones reestructurado<sup>32</sup>.

Aunque muchos sectores se ven impactados por el cambio de las condiciones meteorológicas, la agricultura también se ve directamente impactada por el aumento del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), ya que las plantas utilizan el CO<sub>2</sub> durante la fotosíntesis. El efecto de un ambiente enriquecido con CO<sub>2</sub> no se comprende bien y depende de los tipos de cultivo y de la disponibilidad de agua y nutrientes del suelo<sup>33</sup>. En algunos casos, el CO<sub>2</sub> aumenta la biomasa pero reduce el valor nutritivo de la producción agrícola<sup>34</sup>. En general, se espera que los riesgos que el cambio climático plantea para la agricultura superen los posibles beneficios debido al CO<sub>2</sub> u otros factores como la prolongación de los períodos vegetativos y la ampliación de las zonas de cultivo (KM 11.1, 21.1, 22.4, 23.3, 24.1, 26.2).

Los impactos económicos proyectados son inciertos, ya que dependen de factores que no pueden conocerse con precisión. La mayor fuente de incertidumbre en los impactos proyectados es la trayectoria desconocida de las futuras emisiones de gases de efecto invernadero<sup>35</sup>, que dependen de la política de mitigación, del desarrollo económico, del crecimiento demográfico y de otros factores (KM 2.3). La incertidumbre provocada por el cambio climático es en sí misma una carga económica, ya que las personas suelen ser aversas al riesgo (Recuadro 19.1)<sup>36,37</sup>.

Los impactos económicos del cambio climático variarán según el lugar debido a los diferentes peligros, los patrones regionales de cambio climático y el clima histórico (Figura 19.1; KM 3.4). Por ejemplo, se proyecta que los lugares más calurosos en la actualidad sufran mayores daños, ya que el calentamiento de 100 °F a 105 °F tiene un mayor efecto sobre la salud humana, el consumo de energía, la oferta de mano de obra y el rendimiento de las cosechas que el calentamiento de 60 °F a 65 °F<sup>7,26,38,39</sup>. La densidad de población también influye en los impactos económicos locales del cambio climático, ya que agrava las islas de calor urbano y la

disminución de las aguas subterráneas, pero mejora la costo-efectividad de algunos proyectos públicos de adaptación, como los diques<sup>40,41</sup>.

Las regiones frías pueden beneficiarse de niveles bajos de calentamiento, mientras que las regiones templadas y cálidas suelen verse perjudicadas<sup>15</sup>. En la mayoría de los sectores estudiados, son más los estadounidenses perjudicados que los beneficiados por el cambio climático (Figura 19.1b)<sup>3,7,42,43,44,45,46,47</sup>. Las estimaciones de los impactos a escala nacional indican una pérdida neta en el bienestar económico de la sociedad estadounidense (Figura 19.1c; p. ej., Hsiang et al. 2017<sup>15</sup>; Rode et al. 2021<sup>46</sup>, 2022<sup>45</sup>; Hultgren et al. 2022<sup>43</sup>; Carleton et al. 2022<sup>7</sup>; Martinich y Crimmins 2019<sup>44</sup>).

**Tabla 19.1. Ejemplo de impactos económicos de los extremos climáticos y el cambio climático en los EE. UU.**

LEYENDA: Se muestran los impactos observados y proyectados de una muestra de extremos climáticos y cambios climáticos sobre los resultados económicos de los EE. UU., como se estiman en el contexto de estudios particulares. Tenga en cuenta que en cada estudio puede haberse evaluado solo un subconjunto de factores climáticos. Sección (a) muestra el impacto en los resultados económicos actuales. Sección (b) muestra los impactos futuros proyectados. Sección (c) destaca ejemplos de impactos importantes pero no cuantificados. Todos los impactos se refieren a los EE. UU. y se expresan en dólares de 2022, salvo que se indique algo distinto. GDP (Gross Domestic Product) significa Producto Interno Bruto, una medida estándar de la producción económica nacional total. Estas estimaciones son ilustrativas y no exhaustivas. Consulte los metadatos para ver los créditos de la tabla.

Clave: \* indica un escenario intermedio (p. ej., RCP4,5); \*\* indica un escenario alto (p. ej., RCP6,0); \*\*\* indica un escenario muy alto (p. ej., RCP8,5); † indica una tasa de descuento del 3 %.



**a) Muestra de estimaciones del impacto actual de los peligros climáticos en los resultados económicos de los EE. UU.**

Sector	Tipo de impacto	Peligro climático	Estimación económica
 	Pagos del seguro de cosecha	Aumento de la temperatura	+19 % del reparto de los subsidios federales <sup>48</sup>
	Emigración rural	Pérdida de cosechas por el calentamiento	+0.17 % para una reducción del 1 % del rendimiento de los cultivos <sup>49</sup>
	Morosidad hipotecaria comercial	Huracán	+28 % por 10 % de aumento de daño <sup>50</sup>
	Crecimiento del GDP	Huracán	-0.45 puntos porcentuales de crecimiento anual por huracán <sup>51</sup>
	Costos por préstamos municipales	Subida del nivel del mar	+23.4 puntos básicos de costo anualizado de emisión de bonos por cada 1 % adicional de pérdida de GDP debido al aumento del nivel del mar <sup>52</sup>
	Presupuestos municipales	Incendio forestal	aumento de +25 puntos porcentuales de la probabilidad de déficit presupuestario <sup>53</sup>

Sector	Tipo de impacto	Peligro climático	Estimación económica
	Transferencias de la red de seguridad social	Huracán	+\$975–\$1,440 per cápita <sup>54</sup>
	Precios de la vivienda	Inundaciones	–4.6% (en la llanura aluvial de 100 años) <sup>55</sup>
	Aprendizaje de los estudiantes	Aumento de la temperatura	Disminución del 1 % en los puntajes de las pruebas por cada año escolar 1 °F más caluroso (sin adaptación) <sup>56</sup>
	Valor de la propiedad	Aumento del nivel del mar	–14.7 % (aumento de 1 pie) <sup>57</sup>
	Daños en estructuras y cultivos	Inundaciones	+\$235,000 millones al año <sup>58</sup>
	Ganancias	Humo de los incendios forestales	–\$144,000 millones al año <sup>59</sup>
	Lesiones laborales	Calor (≥85 °F al día)	+5 %-15 % por día caluroso <sup>4</sup>
	Sueldos como adulto	Calor (≥90 °F al día)	–0.1 % por día caluroso en el útero <sup>60</sup>
	Costos del departamento de emergencias	Calor (≥80 °F al día)	+10,600 por 100,000 personas mayores de 80 años <sup>61</sup>
	Mortalidad	Calor (≥90 °F al día)	+0.9 muertes por 100,000 personas <sup>62</sup>
	Reubicación de aldeas de nativos de Alaska	Erosión vinculada al calentamiento	\$28–\$280 millones de costos por aldea (solo adaptación) <sup>63</sup>

**b) Muestra de estimaciones del impacto futuro de los riesgos climáticos proyectados en los resultados económicos de los EE. UU.**

Sector	Tipo de impacto	Peligro climático	Estimación económica
	Rendimientos agrícolas (maíz, soja, trigo de invierno, trigo de primavera, algodón y sorgo)	Temperatura, cambios de humedad	Disminución del 12 %-29 %* (2050-2100) <sup>21</sup> Disminución del 20 %-48 %*** (2050-2100) <sup>21</sup>
	Rendimiento agrícola (maíz, soja y algodón)	Cambios de temperatura y precipitaciones	Disminución del 30 %-46 %* (2070-2099) <sup>26</sup> Disminución del 63 %-82 %*** (2070-2099) <sup>26</sup>
	Impacto multisectorial agregado	Aumento de la temperatura	–0.1 %-1.7 % de pérdida del GDP* <sup>15</sup> 1.5 %-5.6 % de pérdida de GDP*** <sup>15</sup>
	Interrupción de la red de aerolíneas	Aumento de la temperatura	+16 %-50 % de costos de recuperación (2035, global)*** <sup>64</sup>

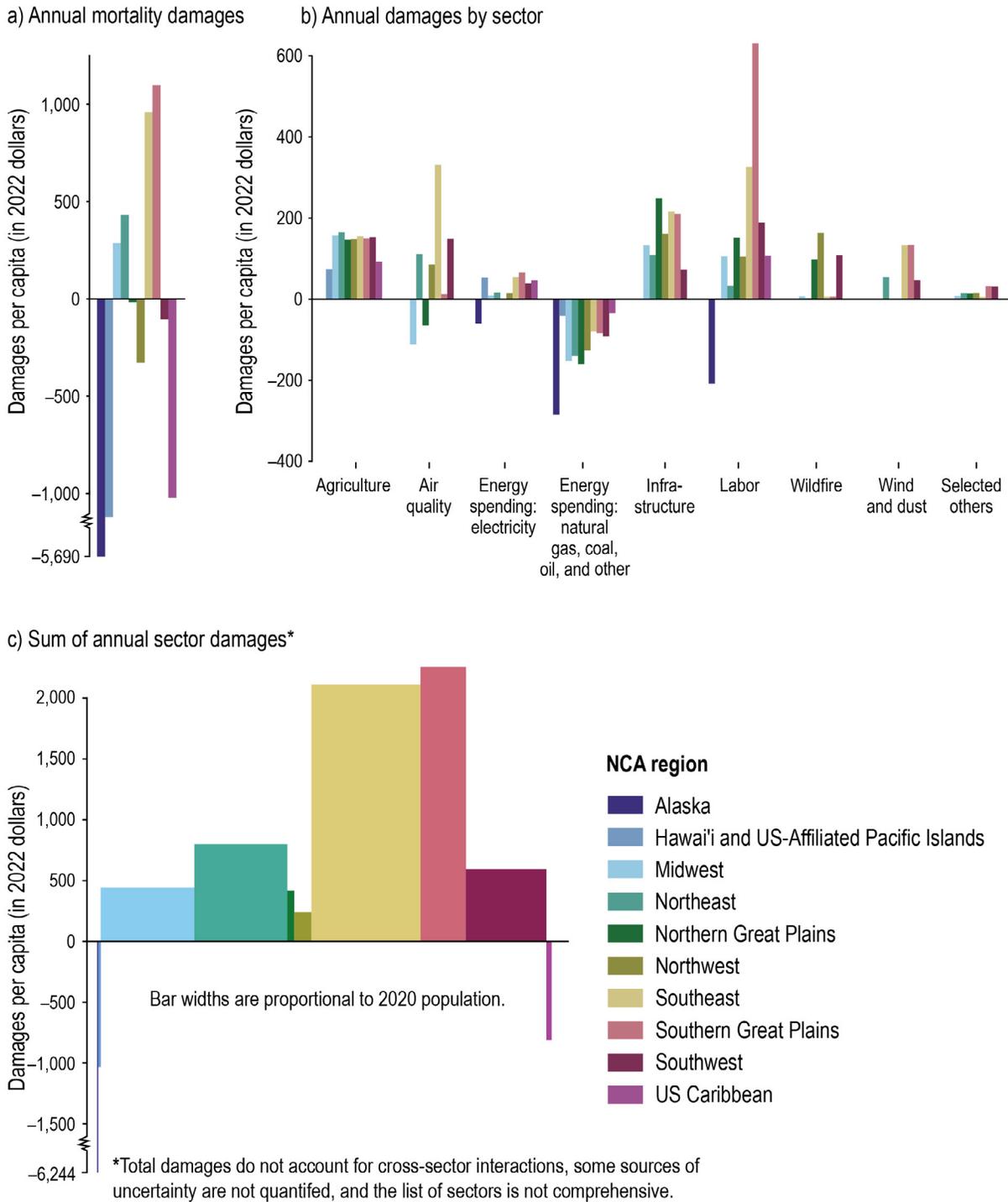
Sector	Tipo de impacto	Peligro climático	Estimación económica
	Crecimiento del GDP	Aumento de la temperatura	-0.13 puntos porcentuales al año por cada 1 °F de calentamiento <sup>31</sup>
	Ingreso	Aumento de la temperatura	-19.6 % del GDP mundial per cápita (3 °C [5.4 °F] de calentamiento) <sup>31</sup>
	Ingreso	Huracanes	29 % de pérdida del GDP <sup>**†65</sup>
	Respuesta federal en caso de desastre	Huracanes	+\$5,200 millones* (gastos anuales en 2050) <sup>66</sup> +\$36,000 millones <sup>***</sup> (gastos anuales en 2050) <sup>66</sup>
	Programa Nacional de Seguros contra Inundaciones	Inundaciones	+\$3,900 millones de pérdidas anuales (2050) <sup>*66</sup> +\$5,100 millones de pérdidas anuales (2100) <sup>*66</sup>
	Ingresos procedentes de los impuestos sobre la propiedad	Aumento del nivel del mar	-1.4 % (aumento de 3 pies) <sup>67</sup>
	Servicios públicos	Aumento de la temperatura	+1.45 % de costos (2050) <sup>***68</sup>
	Daños costeros	Aumento del nivel del mar	+\$550,000 millones (adaptación óptima) <sup>***40</sup> +\$2.6 billones (sin adaptación) <sup>***40</sup>
	Cortes de electricidad	Cambios de temperatura y precipitaciones	+\$2.3-\$6.8 billones de gastos de consumo <sup>***69</sup>
	Costos de las inundaciones	Inundaciones	+61 % de pérdidas anuales (2050) <sup>*70</sup>
	Interrupción ferroviaria	Aumento de la temperatura	+\$30,000-\$55,000 millones* de costos por retrasos en la red <sup>71</sup> +\$43,000-\$73,000 millones <sup>***</sup> de costos por retrasos en la red <sup>71</sup>
	Degradación de las carreteras	Cambios de temperatura y precipitaciones	+\$116,000 millones <sup>***</sup> de costos <sup>†29</sup>
	Degradación del drenaje urbano	Cambios de temperatura y precipitaciones	+\$29,000 millones <sup>***</sup> de costos <sup>†29</sup>
	Costos de reubicación y protección de las aldeas de nativos de Alaska	Inundaciones, erosión y hundimiento del permafrost	+\$3,900 millones en 50 años (solo adaptación) <sup>72</sup>
	Migración de México a los EE. UU.	Cambios de temperatura y precipitaciones	+0.7 millones* de migrantes <sup>73, 252, 253</sup> +3.2 millones <sup>***</sup> de migrantes <sup>73, 252, 253</sup>
	Mortalidad (todas las causas)	Incendio forestal	+9-20 muertes por 100,000 personas ≥ 65 años (para un aumento del 50 % del humo) <sup>74</sup>

Sector	Tipo de impacto	Peligro climático	Estimación económica
	Suicidios	Aumento de la temperatura	+5,600–26,000 muertes para 2050***6
	Recreación (navegación, ciclismo, senderismo, carreras y deportes acuáticos)	Cambios de temperatura, precipitaciones y nevadas	\$11,600 millones (ganancias anuales de bienestar 2050-2100)***75
	Recreación (pesca, caza, esquí, patinaje sobre hielo y snowboard)	Cambios de temperatura, precipitaciones y nevadas	\$4,600 millones (pérdidas anuales de bienestar 2050–2100)***75

**c) Impactos de la muestra difíciles de cuantificar en términos económicos**

Sector	Tipo de impacto	Peligro climático	Estimación económica
	Felicidad	?	?
	Conservación de monumentos nacionales	?	?
	Pérdida de patrimonio y recursos culturales	?	?
 	Actividades de subsistencia	?	?

### Ejemplo de daños económicos proyectados en los EE. UU. para un calentamiento global de 3 °F



**Los impactos económicos proyectados del cambio climático varían según el sector y la región, con impactos agregados resultantes en daños netos a nivel nacional.**

**Figura 19.1.** Se muestran las estimaciones de los daños económicos anuales en cada región de la Evaluación Nacional del Clima para varios sectores en un escenario en el que la temperatura global en superficie aumenta 3 °F (1.67 °C). Los daños positivos indican perjuicios y los negativos, beneficios. Los paneles (a) y (b) muestran los daños per cápita por región desglosados por sector. El panel (c) muestra la suma de los daños per cápita en

todos los sectores por región, con la anchura de barra correspondiente a la población de 2020. La mayoría de las regiones experimentan daños positivos en la mayoría de los sectores. En conjunto, se proyecta que casi todas las regiones y la mayoría de la población estadounidense sufrirán daños económicos a causa del cambio climático. Note que estos daños no tienen en cuenta las interacciones intersectoriales, que algunas fuentes de incertidumbre no se cuantifican y que la lista de sectores no es exhaustiva. Consulte la Tabla 19.1 para ver más ejemplos de sectores impactados por el cambio climático. Las citas de cada estudio en que se basan estos resultados están disponibles en los metadatos de la figura. Créditos de la figura: Consulte los metadatos de la figura para ver los colaboradores.

### **Adaptación**

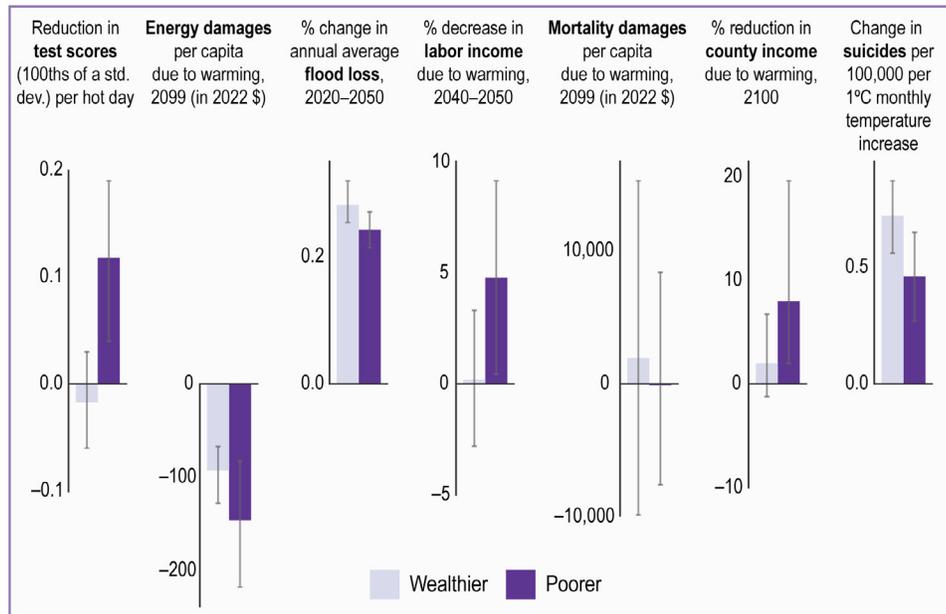
La adaptación al cambio climático puede reducir algunos impactos económicos<sup>38,40</sup>. Por ejemplo, se espera que la adaptación reduzca los daños climáticos relacionados con las tormentas en aproximadamente un tercio<sup>76</sup>. Sin embargo, en algunos sectores las posibilidades de adaptación son limitadas (Capítulo 31)<sup>77,78</sup>. Es posible que los sistemas naturales y humanos no puedan adaptarse rápidamente, por lo que se espera que el calentamiento gradual sea menos perjudicial que el rápido<sup>40</sup>. La adaptación puede producirse cuando las poblaciones tienen acceso a tecnologías u oportunidades que reducen su vulnerabilidad a condiciones perjudiciales a un costo suficientemente bajo<sup>41,79</sup>. Se calcula que alrededor del 1 % del capital estadounidense es capital de adaptación<sup>76</sup>. Algunas estrategias de adaptación requieren nuevas inversiones, gastos o cambios en el consumo que compensan o superan sus beneficios<sup>78,80,81</sup>. Estos costos de adaptación pueden ser lo suficientemente altos como para impedir que se utilicen las tecnologías existentes, especialmente entre las comunidades con bajos ingresos<sup>41,46</sup>. La adaptación también puede enfrentarse a dificultades políticas y exigir cambios de comportamiento que las poblaciones son reticentes a adoptar<sup>82</sup>, o depender de tecnologías que aún no existen o están en sus inicios<sup>83</sup>. Estos factores hacen que la sincronización proyectada y la efectividad de las adaptaciones sean inciertas<sup>77</sup>.

### **Vulnerabilidad económica y desigualdad**

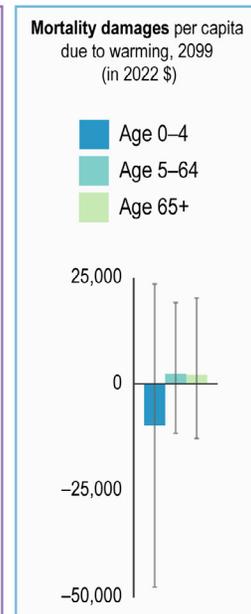
Los daños económicos del cambio climático se distribuyen de forma desigual en la sociedad estadounidense, amplificando a menudo las desigualdades existentes (Figura 19.2). Ciertas comunidades y personas son más sensibles a los impactos climáticos, están más expuestas a los peligros climáticos o carecen de los recursos necesarios para adaptarse a estos cambios y recuperarse de los daños causados por los peligros naturales<sup>18,46,76,84,85,86,87,88,89,90,91,92</sup>. Por ejemplo, las personas con problemas de salud preexistentes y los adultos mayores pueden ser relativamente más sensibles al calor o a los impactos sobre la calidad del aire, como el humo de los incendios forestales (KM 14.3, 15.2)<sup>4,93</sup>. Las familias que viven por debajo del umbral de pobreza suelen vivir donde se espera que los cambios climáticos sean más perjudiciales económicamente, como en el Sureste, ya de por sí caluroso (KM 22.3, 22.4)<sup>15</sup>. Las comunidades nativas de Alaska ya han sido reubicadas en zonas donde el calentamiento está ocurriendo más rápido (KM 16.1, 29.3, 29.5)<sup>94,95</sup>. También se ha demostrado que los factores climáticos aumentan la segregación racial<sup>96</sup>, la gentrificación<sup>97</sup>, la desigualdad de ingresos<sup>98</sup> y la dependencia de las comunidades de bajos ingresos de los programas de la red de seguridad social y los sistemas de crédito<sup>54,85,99</sup>. El cambio climático también introduce riesgos fiscales (Figura 19.3; KM 19.2) que pueden amenazar los programas de los que dependen las comunidades vulnerables<sup>100</sup>. Siguen existiendo grandes brechas en la investigación sobre la desigualdad de los impactos del cambio climático con base en la demografía, el estado de salud y la situación socioeconómica.

## Daños climáticos por ingresos, edad, acceso al crédito y raza y etnia

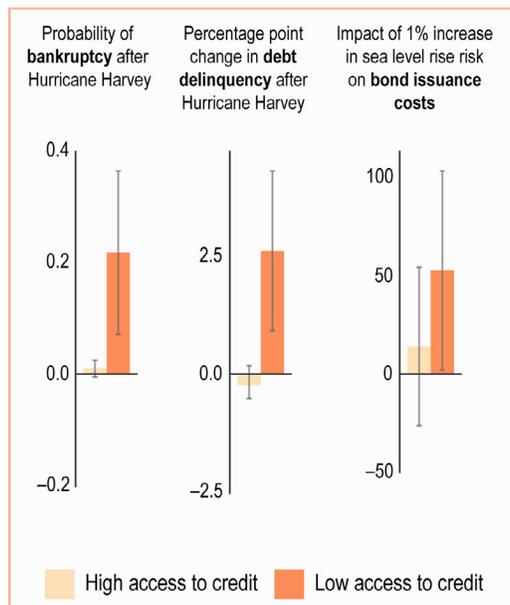
a) By income



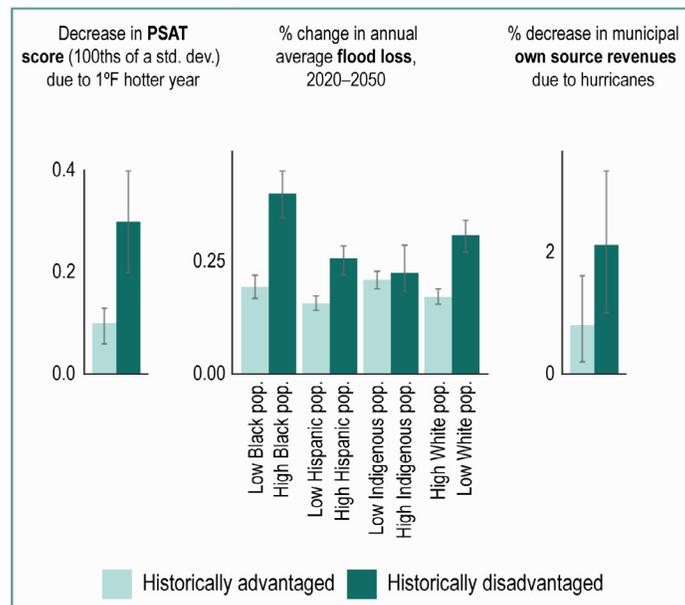
b) By age



c) By access to credit



d) By race and ethnicity



**Los efectos del tiempo y el cambio climático suelen experimentarse de forma diferente por las poblaciones según ingresos, edad, acceso al crédito y raza y etnia.**

**Figura 19.2.** Cada diagrama de barras resume los resultados de un único estudio con estimaciones de impacto para diferentes grupos. Los bigotes representan intervalos de confianza del 95 % a excepción de los bigotes del panel agregado multisectorial, que son intervalos de confianza del 90 %. (a) El primer conjunto de estimaciones muestra impactos desiguales por riqueza. (b) El segundo muestra impactos desiguales por grupos de edad. (c) El tercero muestra impactos desiguales según el acceso al crédito. (d) El cuarto muestra impactos desiguales por poblaciones históricamente favorecidas y desfavorecidas. Las citas de cada estudio están disponibles en los metadatos. Muchas de estas estimaciones son inciertas y las diferencias entre grupos no suelen ser estadísticamente significativas. En la Figura 22.4 y en el mensaje clave 20.1 se ofrecen más ejemplos de impactos climáticos desiguales dentro de las regiones de la Evaluación Nacional del Clima. Créditos de la figura: Consulte los metadatos de la figura para ver los colaboradores.

## Mensaje clave 19.2

### Los mercados y los presupuestos responden al cambio climático

Los mercados están respondiendo a los cambios climáticos actuales y anticipados, y se esperan respuestas más contundentes de los mercados a medida que avance el cambio climático (*confianza media*). Se proyecta que los riesgos climáticos modifiquen el valor de los activos a medida que los mercados y los precios se ajusten para reflejar las condiciones económicas derivadas del cambio climático (*muy probable, confianza alta*). Surgirán nuevos costos y retos en los sistemas de seguros y los presupuestos públicos que no fueron diseñados originalmente para responder al cambio climático (*confianza alta*). Se proyecta que el comercio y el crecimiento económico se vean impactados por el cambio climático directamente y a través de las respuestas políticas al cambio climático (*probable, confianza media*).

#### Mercados

Los mercados agregan información de muchas personas y empresas, generando resultados a nivel de sistema (p. ej., precios de mercado). En mercados que funcionen correctamente, los precios reflejarán la exposición de los activos a los futuros riesgos climáticos y los costos de adaptación previstos. Por ejemplo, la anticipación de futuros riesgos de inundación ha empezado a reducir los precios de las propiedades vulnerables (Figura 19.3)<sup>57,101</sup>. Pero existen barreras que a veces impiden que los precios de mercado se ajusten para reflejar los riesgos climáticos<sup>102</sup>, como la información inexacta o la comprensión incompleta de los riesgos climáticos relevantes<sup>103,104,105,106</sup>. Se espera que la creciente concienciación sobre el cambio climático estreche el vínculo entre los precios de los activos y los riesgos climáticos en los mercados financieros y pueda generar ajustes bruscos de los precios<sup>52,57,107,108,109</sup>.

Los cambios en los precios debido al cambio climático pueden tener impactos diferentes en productores y consumidores. Por ejemplo, se espera que las temperaturas más altas en todo el planeta provoquen una reducción de la producción mundial de maíz, trigo, arroz y soja<sup>43</sup>. Se espera que esta reducción de la oferta incremente los precios de los cultivos<sup>110</sup>. En algunos casos, estos precios más altos podrían compensar económicamente la reducción de los rendimientos para los agricultores, pero los consumidores estadounidenses se enfrentarían a la carga económica de los precios más altos de los alimentos<sup>111</sup>.

Los mercados de seguros son importantes para la resiliencia financiera a los cambios climáticos extremos, pero la cobertura de seguros es costosa y los precios pueden exceder lo que los hogares y las empresas están dispuestos o pueden pagar<sup>112</sup>. A medida que aumente el riesgo de eventos climáticos extremos, se espera que las aseguradoras privadas abandonen las zonas de alto peligro, como está ocurriendo en algunos lugares propensos a incendios forestales y huracanes<sup>113</sup>. Los consumidores no asegurados se enfrentan a mayores dificultades financieras después de un desastre<sup>114</sup> y los programas de seguros del sector público, como los seguros de cosechas y el Programa Nacional de Seguros contra Inundaciones, ven aumentos de la demanda cuando los mercados de seguros privados se contraen. Para hacer frente a los riesgos crecientes, aumentarán los costos fiscales de los programas públicos de seguros<sup>66,115</sup>.

Los precios de las acciones y los bonos suelen reflejar los riesgos climáticos anticipados<sup>116</sup>, pero los precios pueden estar incompletos o distorsionados<sup>102,117</sup>. Las políticas anticipadas para frenar las emisiones pueden impactar los precios de las acciones de las empresas intensivas en emisiones<sup>108,118</sup>, y los bonos a largo plazo emitidos por municipios expuestos a futuros riesgos climáticos tienden a tener precios más bajos<sup>52,119</sup>. En ausencia de políticas de mitigación globales sólidas, algunas instituciones financieras con visión de futuro están respondiendo de forma preventiva a los impactos potenciales mediante la reestructuración de sus carteras.<sup>120,121</sup>

## Cómo los peligros climáticos impactan los precios del mercado inmobiliario

### Lower exposure to climate hazards



Higher housing price



### Same house with higher exposure to climate hazards



Lower housing price



Lost value due to climate

-  Current inland flooding risk: -4.6%
-  Future sea level rise risk: -14.7%
-  Past wildfire: -9.3% (1 fire),  
-27.7% (2 fires)
-  Other climate hazards, including  
hurricanes, temperature, drought,  
and ecosystem health

Climate hazards influence real estate prices, much like square footage or number of bedrooms.

La exposición a los peligros climáticos tiene un efecto negativo en el valor de los bienes raíces.

**Figura 19.3.** La exposición a eventos climáticos pasados y a riesgos climáticos presentes y futuros afecta los valores de propiedades que de otro modo serían idénticas. El precio de mercado de los bienes raíces se reduce cuando estos están expuestos a extremos o riesgos climáticos adversos. Los porcentajes indicados son ejemplos de estimaciones de estudios. Las viviendas situadas en la actual llanura aluvial de 100 años cuestan un 4.6 % menos que las viviendas comparables situadas fuera de la llanura aluvial<sup>55</sup>; las viviendas que, según las proyecciones, quedarán inundadas por un aumento de 1 pie del nivel del mar cuestan un 14.7 % menos<sup>57</sup>; y las viviendas situadas cerca de un incendio forestal reciente cuestan un 9.3 % menos, mientras que las situadas cerca de dos incendios forestales recientes cuestan un 27.7 % menos<sup>122</sup>. Tenga en cuenta que se trata de ejemplos de estudios específicos, algunos de los cuales no son representativos a escala nacional. Otros peligros climáticos, lo que incluye huracanes<sup>123</sup>, sequías<sup>124</sup>, temperatura<sup>125</sup> y la salud de los ecosistemas<sup>126</sup>, entre otros, también afectan los precios de los bienes raíces. Créditos de la figura: Consulte los metadatos de la figura para ver los colaboradores.

## Presupuestos públicos, atención médica e infraestructuras

El cambio climático afectará los presupuestos públicos de todos los niveles de gobierno a través de cambios en los ingresos, el gasto y los costos por préstamos (Figura 19.4)<sup>127,128,129</sup>. Por ejemplo, el aumento del nivel del mar, los incendios forestales y los huracanes pueden disminuir los ingresos<sup>65,130</sup> y el valor de la vivienda (Figura 19.3)<sup>109,131</sup> y, por tanto, los ingresos fiscales<sup>100</sup>, al tiempo que aumenta el gasto público en atención médica, apoyo para los ingresos<sup>54</sup>, asistencia en caso de desastre<sup>132</sup> y gasto en defensa<sup>133</sup>. Esta combinación de disminución de los ingresos y aumento de los gastos incrementa los costos de endeudamiento municipales<sup>52,53,100,119</sup>.

Se espera que el cambio climático aumente aún más los costos de los programas públicos, como subvenciones para seguros de cosechas<sup>48,115</sup>, supresión de incendios forestales<sup>66,134,135</sup>, protección de especies amenazadas<sup>136</sup> y prestación de atención médica<sup>68,137,138</sup>. Dadas estas demandas, se espera que lograr presupuestos públicos sostenibles en un clima cambiante requiera ingresos adicionales u otras reducciones de gastos<sup>68,128</sup>.

La atención médica en los EE. UU. se presta a través de sistemas públicos y mercados privados, y ambos se verán impactados por el cambio climático. Los eventos meteorológicos extremos, como los huracanes, dañan las instalaciones de atención médica e impiden la prestación de asistencia médica<sup>139,140,141</sup> y crean competencia por estos servicios<sup>142</sup>. Los impactos directos del cambio climático sobre la salud (p. ej., Capítulo 15; Limaye et al. 2019<sup>143</sup>) se espera que generen mayores costos médicos, al aumentar las primas de seguro de salud, el gasto de bolsillo y los gastos en esfuerzos de prevención<sup>7,144,145</sup>.

Las infraestructuras esenciales, como los sistemas de abastecimiento de agua, energía, comunicación y transporte, se verán cada vez más comprometidas por los efectos agravados de los impactos del cambio climático (Capítulos 4, 5, 12, 13; Enfoque en Eventos Compuestos). La degradación o alteración de estos activos, muchos de los cuales son de propiedad pública, puede tener repercusiones sustanciales en otros sectores y en el bienestar de los hogares (Tabla 19.1).

### **Migración, comercio y crecimiento**

Se espera que los futuros cambios climáticos afecten los patrones migratorios, aunque no se sabe con certeza cómo se producirán estos cambios. Entre los acontecimientos históricos que han determinado las migraciones se encuentran las sequías prolongadas, que impulsaron a poblaciones rurales hacia centros urbanos<sup>124</sup>, y los huracanes, que han tenido un impacto persistente en el lugar de residencia de las personas<sup>146,147,148</sup>. Se espera que las proyecciones de aumento del riesgo de inundaciones debido al aumento del nivel del mar (KM 2.2) desplacen poblaciones sustanciales<sup>149,150,151</sup>. Se espera que los cambios económicos provocados por el clima en el extranjero, incluida la reducción del rendimiento de las cosechas, sigan aumentando la tasa de inmigración a Estados Unidos<sup>73,152</sup>.

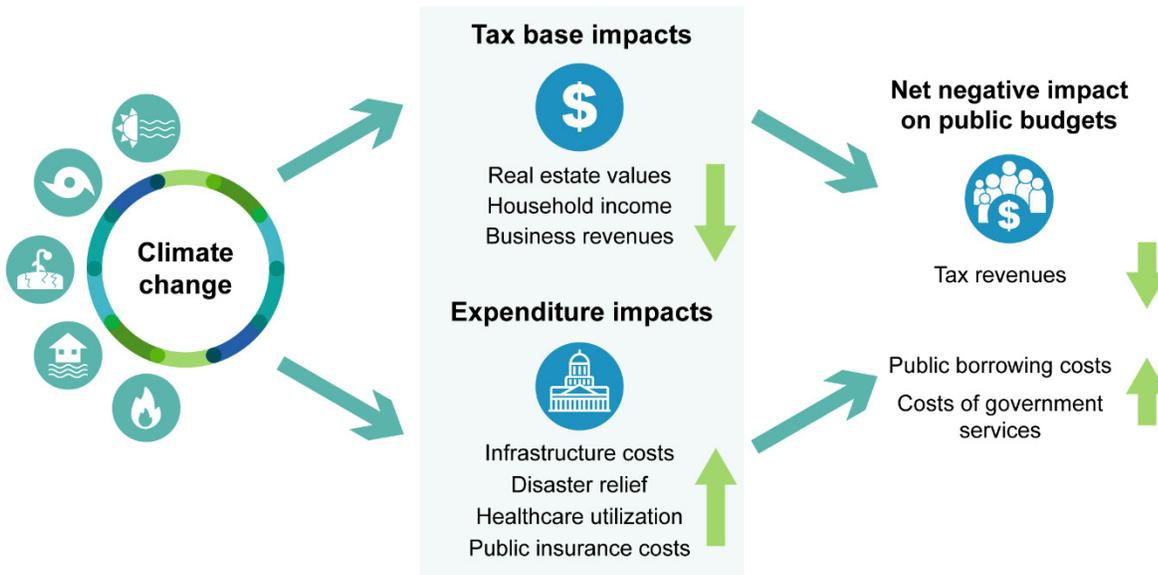
Las cadenas mundiales de suministro pueden transferir, amplificar o reducir los impactos directos del cambio climático (Enfoque en Riesgos de las Cadenas de Suministro). Los eventos climáticos de otros países impactan el comercio con Estados Unidos<sup>153</sup>, lo que a su vez afecta los mercados domésticos (Capítulo 17)<sup>154</sup>. Los impactos climáticos que afectan simultáneamente varios países amplifican los costos debido a la interacción de las interrupciones y a la vinculación del comercio<sup>155</sup>. Sin embargo, la diversificación geográfica de las cadenas de suministro permitiría a las empresas ajustar con flexibilidad los suministros para reducir parcialmente su exposición a los riesgos asociados al clima<sup>156</sup>.

Las altas temperaturas anuales y los ciclones tropicales están asociados a un menor crecimiento del Producto Interno Bruto (Gross Domestic Product, GDP)<sup>31,65,157,158</sup>, con respuestas de múltiples industrias que contribuyen a este efecto global. Por cada 1 °F de aumento de la temperatura promedio global en superficie, se proyecta que el crecimiento anual del GDP estadounidense se ralentice aproximadamente 0.13 puntos porcentuales<sup>31,157,158</sup>, con efectos mayores para cambios de temperatura mayores. Estos cambios en las tasas de crecimiento pueden a su vez afectar los precios del mercado de valores y las tasas de interés<sup>159,160</sup>.

### **Innovación**

Los impactos económicos del cambio climático motivarán algunas inversiones en innovaciones destinadas a reducir o limitar los daños climáticos. Por ejemplo, el desarrollo de sistemas de aire acondicionado de bajo costo<sup>38</sup> y variedades de cultivos tolerantes a la aridez redujeron el impacto de las condiciones climáticas históricas<sup>161</sup>. Las innovaciones futuras pueden reducir los costos o generar nuevas tecnologías de adaptación. Sin embargo, algunos retos de adaptación han resultado difíciles de superar<sup>162</sup>, y las nuevas tecnologías de adaptación son a veces costosas, lo que a menudo limita su accesibilidad a las comunidades de ingresos altos<sup>46</sup>. No obstante, las inversiones estratégicas en tecnologías de adaptación clave tienen el potencial de generar grandes beneficios sociales y privados.

## Riesgos fiscales del cambio climático



### El cambio climático ejerce presión sobre los presupuestos públicos.

**Figura 19.4.** El cambio climático aumenta la demanda de servicios públicos al tiempo que reduce la capacidad de los gobiernos para financiarlos, lo que crea nuevos riesgos para la sostenibilidad fiscal de los presupuestos públicos a nivel local, estatal y federal. Los ingresos fiscales pueden disminuir debido al descenso del valor de los bienes raíces y de los ingresos de los hogares y de las empresas<sup>53,100,163</sup>. Mientras tanto, se espera que aumenten los gastos en infraestructura<sup>164</sup>, apoyo en casos de desastre<sup>132</sup>, atención médica<sup>54,68</sup> y seguros públicos<sup>135</sup>. En conjunto, este riesgo fiscal aumenta el costo para el gobierno de los fondos prestados (p. ej., la venta de bonos) al reducir la calificación de la deuda pública, lo que a su vez perjudica aún más la capacidad de los gobiernos para financiar los servicios. Créditos de la figura: Consulte los metadatos de la figura para ver los colaboradores.

## Recuadro 19.1. Toma de decisiones económicas en condiciones de incertidumbre

Los economistas utilizan modelos económicos y financieros para comprender los posibles impactos del cambio climático en nuestra economía y nuestros mercados. Los resultados económicos proyectados dependen de muchos factores inciertos, como evolución tecnológica, crecimiento económico, políticas de mitigación, respuestas individuales y procesos del sistema de la Tierra. Reconocer esta incertidumbre es importante para la toma de decisiones, y debe tenerse en cuenta en la planificación económica y el análisis de riesgos.

La incertidumbre económica debido al cambio climático es costosa. A los particulares y a los inversores no les gusta la incertidumbre, ya que puede aumentar los costos de la acción al exigir la planificación de múltiples futuros posibles. Por lo tanto, la sociedad se beneficia de las acciones que pueden reducir esta incertidumbre (p. ej., obtener mejor información sobre los daños). Cuando no se puede reducir la incertidumbre, algunas inversiones pueden ser valiosas específicamente porque sirven de cobertura frente a los riesgos climáticos<sup>159</sup>, y puede ser prudente preservar y desarrollar opciones e invocar estrategias de decisión que busquen la solidez frente a una serie de resultados futuros. Por ejemplo, ante la incertidumbre en torno a las condiciones climáticas futuras, la Comisión de Servicios Públicos de California pide ahora a las compañías de servicios públicos de energía que utilicen proyecciones climáticas a escala reducida para un escenario muy alto (RCP8.5) con fines de planificación, inversión y explotación de la adaptación al clima (consulte KM 18.3)<sup>165</sup>.

## Mensaje clave 19.3

### Cambiarán las oportunidades económicas de hogares, empresas e instituciones

Se proyecta que el cambio climático imponga una serie de costos nuevos o más altos a la mayoría de los hogares y que impacte su empleo, ingresos y calidad de vida (*muy probable, confianza alta*). El cambio climático alterará el panorama económico al que se enfrentan las empresas, generando nuevos riesgos pero también creando nuevas oportunidades (*probable, confianza media*). Se espera que las instituciones y los gobiernos utilicen los programas existentes con mayor intensidad o de nuevas formas a medida que las poblaciones hagan frente al cambio climático, lo que generará nuevos riesgos para todo el sistema (*confianza media*). El diseño, la evaluación y el despliegue de tecnologías y políticas de adaptación reforzarán nuestra preparación nacional frente al cambio climático (*confianza alta*).

#### **Hogares de los EE. UU.**

El cambio climático tendrá diferentes implicaciones económicas para los hogares de los EE. UU. según su ocupación y del lugar donde vivan<sup>84,157</sup>. En promedio, se proyecta que el cambio climático reduzca el aumento futuro de los ingresos en comparación con lo que los hogares alcanzarían en ausencia del cambio climático<sup>166</sup>.

Se espera que el cambio climático impacte el empleo al modificar la demanda de trabajadores, reducir su seguridad<sup>4</sup>, alterar la ubicación de los puestos de trabajo disponibles<sup>49</sup> y modificar las condiciones de los puestos de trabajo expuestos al calor<sup>45,167</sup>. Los hogares también pueden perder riqueza por la disminución del valor de los bienes raíces (Figura 19.3).

El cambio climático afectará el gasto de los hogares<sup>168</sup>, por ejemplo, al modificar el uso de la energía (Capítulo 5)<sup>169</sup>, aumentar los costos médicos (Capítulo 15)<sup>143</sup>, aumentar los precios de los alimentos (Capítulo 11)<sup>11</sup>, elevar las primas de seguros y exigir reparaciones y sustituciones más frecuentes de los bienes dañados por eventos extremos<sup>16</sup>.

Las perspectivas económicas de los niños se verán afectadas por el cambio climático. Por ejemplo, unas temperaturas más altas en el útero impactan negativamente los resultados económicos de la edad adulta<sup>60</sup>, mientras que las temperaturas más altas durante la infancia reducen el aprendizaje<sup>56,170</sup> y el rendimiento cognitivo<sup>171,172</sup>.

Se espera que el cambio climático altere la calidad de vida de los hogares de los EE. UU.<sup>125</sup> al reducir la esperanza de vida<sup>7</sup>, aumentar la delincuencia y la violencia doméstica<sup>15,173</sup>, perjudicar la calidad del sueño<sup>174</sup>, dañar la salud mental<sup>6,175</sup>, reducir la felicidad<sup>176</sup> y alterar la recreación tanto de forma positiva como negativa (Tabla 19.1)<sup>75,177,178,179</sup>.

La adaptación al cambio climático genera nuevos costos en los hogares y puede alterar las condiciones de vida y de trabajo. Por ejemplo, las viviendas pueden reubicarse o readaptarse para resistir condiciones meteorológicas extremas<sup>180,181</sup>, y los patrones de consumo pueden cambiar para compensar los daños del clima<sup>62</sup>. Es importante destacar que los hogares con menores ingresos pueden enfrentarse a mayores riesgos derivados del cambio climático y disponer de menos recursos para soportar los costos de la adaptación (KM 22.3, 22.4)<sup>98</sup>.

## **Empresas de los EE. UU.**

Se proyecta que el cambio climático reduzca la productividad laboral y la producción económica en muchos sectores —incluidos la agricultura, finanzas, el sector inmobiliario, seguros y servicios— y en muchas regiones y estados<sup>15,80,157</sup>. Los eventos meteorológicos extremos pueden reducir la producción durante períodos prolongados, lo que altera las tasas de crecimiento del GDP<sup>158</sup>. En las proyecciones, estos efectos pueden agravarse con el tiempo y generar grandes pérdidas acumuladas<sup>9,31,157,182</sup>.

Las empresas se enfrentarán a una exposición cada vez mayor a los riesgos relacionados con el clima a escalas local, nacional e internacional. Por ejemplo, las olas de calor más intensas reducirán la productividad local, un mayor humo de incendios forestales disminuirá la demanda de servicios al aire libre y la mayor frecuencia de eventos extremos en todo el mundo alterará el comercio internacional, las cadenas de suministro y la demanda extranjera de productos estadounidenses (KM 17.3).

El cambio climático también afectará la planificación de las inversiones empresariales. Por ejemplo, la localización de las inversiones de capital de las empresas puede cambiar en respuesta a desastres meteorológicos más frecuentes<sup>183</sup>, y los esfuerzos regionales de adaptación pueden financiarse a través del impuesto de sociedades o impactar la tasa de rentabilidad de otras inversiones<sup>184</sup>. Se espera que tanto las estrategias de inversión en tecnologías resilientes ante el clima como el costo total de los seguros para inversiones de capital se vean impactados por el cambio climático. Además, la incertidumbre sobre los impactos y la efectividad de la adaptación puede retrasar las inversiones (consulte el Recuadro 19.1).

La gestión de los riesgos empresariales relacionados con el clima puede basarse en las prácticas establecidas para la gestión general de riesgos. Por ejemplo, los reguladores y los inversores exigen cada vez más a las empresas que revelen los riesgos climáticos y las estrategias de gestión. Para ello, se están desarrollando herramientas de evaluación de riesgos para cuantificar los riesgos físicos en los sectores público y privado<sup>185,186</sup>.

## **Gobiernos e instituciones**

Los gobiernos y las instituciones locales, regionales, nacionales e internacionales (p. ej., universidades, asociaciones profesionales y organizaciones no gubernamentales) desempeñan un papel fundamental al facilitar respuestas de adaptación individuales y coordinadas y posibilitar decisiones costo-efectivas. Las agencias federales deben desarrollar planes de adaptación<sup>187</sup> y evaluar y mitigar los riesgos financieros relacionados con el clima<sup>188</sup>, mientras que algunos estados, gobiernos locales y tribales están desarrollando planes que varían en alcance y complejidad (KM 31.1, 31.3, 31.4, 32.5).

Los gobiernos a todos los niveles se beneficiarían de prepararse para los impactos fiscales del cambio climático, teniendo en cuenta los impactos en los ingresos, las necesidades de gasto (p. ej., atención médica, apoyo a los ingresos) y los costos por préstamos<sup>53,68,128</sup>. Es posible reducir el costo social global de los eventos extremos mediante la inversión en infraestructuras públicas, atención médica y programas de resiliencia comunitaria<sup>189,190,191</sup> y a través del apoyo público a la adaptación privada, incluido el apoyo fiscal<sup>76</sup>, códigos de construcción actualizados (Capítulo 12)<sup>192,193,194</sup>, y una mejor información y divulgación de los riesgos climáticos<sup>195</sup>. Estos programas públicos también tienen el potencial de reducir los impactos no equitativos del cambio climático<sup>98,196</sup>. La preparación financiera de los hogares y las entidades públicas, por ejemplo, mediante contratación de seguros<sup>52,197</sup>, mejora del crédito<sup>52,85</sup> e instrumentos financieros especializados,<sup>198</sup> puede cambiar el riesgo o reducir las pérdidas. Sin embargo, el apoyo o la provisión de seguros públicos puede disminuir los incentivos para la adaptación privada<sup>76,199</sup>.

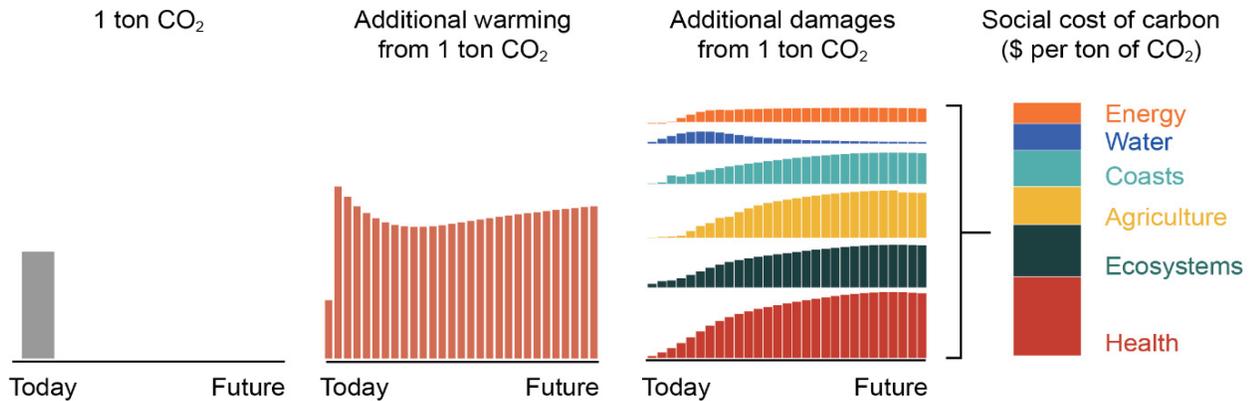
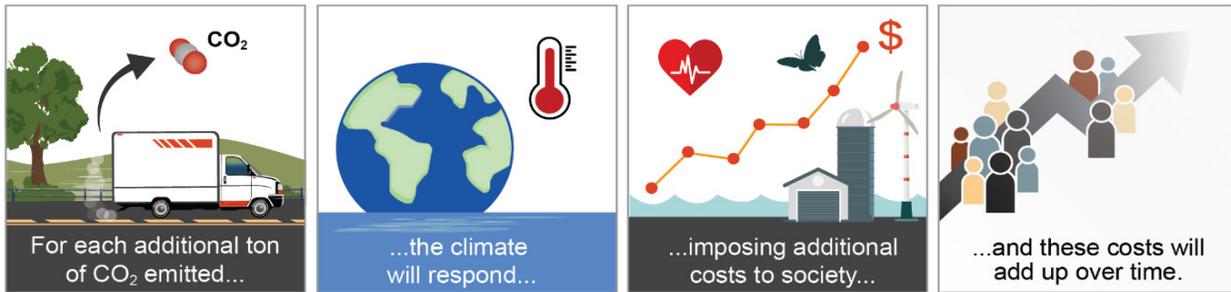
A veces es importante para los gobiernos o las instituciones cuantificar el impacto económico global de los cambios climáticos causados por determinadas actividades actuales, por ejemplo, en los análisis sobre si los beneficios de una nueva política climática superan sus costos. Una descripción resumida sucinta de

los beneficios de la reducción de emisiones ampliamente utilizada en los análisis económicos es el “costo social de los gases de efecto invernadero”, definido como el daño económico global acumulado que causan a la sociedad las emisiones adicionales de gases de efecto invernadero (Figura 19.5)<sup>200</sup>. Las instituciones y los gobiernos que estudian las consecuencias económicas de las emisiones pueden encontrar útiles las estimaciones de esta medida, aunque deben familiarizarse con los juicios analíticos y éticos utilizados en su construcción. En 2010, doce agencias del Gobierno Federal desarrollaron un proceso para estimar el costo social de los gases de efecto invernadero y lo actualizaron periódicamente con base en avances científicos<sup>201</sup>. La estimación provisional actual utilizada por el Gobierno Federal, ajustada a dólares de 2022, es de \$57, \$1,700 y \$20,000 por tonelada de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso, respectivamente, para las emisiones de 2020 utilizando una tasa de descuento del 3 %<sup>201</sup>. Se están llevando a cabo investigaciones para actualizar estos valores de acuerdo con las recomendaciones de las Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Medicina<sup>200</sup>.

Cada vez preocupa más que el cambio climático pueda suponer un riesgo sistémico para la estabilidad financiera<sup>202,203,204,205,206,207</sup>. Los impactos económicos negativos incluso en un número limitado de entidades podrían, en principio, provocar impactos en cascada, y causar fallos más amplios en el sistema financiero. Por ejemplo, el descenso del valor de las propiedades debido al cambio climático podría afectar negativamente los mercados hipotecarios y los balances de las instituciones financieras, lo que podría provocar angustias financieras, especialmente si los riesgos climáticos no se valoran de manera adecuada o si se concentran en empresas patrocinadas por el gobierno<sup>202,206,207,208,209,210</sup>. Aunque se necesita más investigación para comprender estos efectos sistémicos, algunos riesgos subyacentes pueden gestionarse. Por ejemplo, el riesgo de futuras correcciones de los precios de los activos, motivadas por la desalineación entre los precios actuales y los efectos previstos del cambio climático<sup>57,101,102,103,109,211</sup>, puede reducirse mediante la comunicación y divulgación de los riesgos climáticos a los actores del mercado<sup>109,195</sup>.

El cambio climático puede socavar las condiciones que favorecen la estabilidad general de la sociedad, lo que puede amenazar la estabilidad económica y viceversa. El calentamiento global puede obstaculizar el buen funcionamiento de las instituciones y organizaciones gubernamentales<sup>175,212</sup> y aumentar la rotación política<sup>213</sup>, y está directamente implicado en el aumento de los índices de violencia y disturbios<sup>214,215</sup>. Algunos acontecimientos extremos han desencadenado una morosidad hipotecaria generalizada<sup>216</sup>, impago de las aseguradoras<sup>217</sup>, ruptura del apoyo a los dirigentes<sup>218</sup> y migración de grandes poblaciones a nivel nacional<sup>219,220</sup> e internacional<sup>221,222</sup>; lo que a su vez impacta los mercados aguas abajo<sup>146,223</sup>. Para hacer frente a estos impactos desestabilizadores puede ser necesario invertir en sistemas que amortigüen y estabilicen las condiciones económicas y sociales, como redes de seguridad social, seguros, gasto en defensa y mecanismos de creación de confianza<sup>54,133,224</sup>.

## El costo social de los gases de efecto invernadero



**El costo social de los gases de efecto invernadero es una estimación monetaria del impacto económico total de una emisión adicional de estos gases en la actualidad.**

**Figura 19.5.** El costo social de los gases de efecto invernadero proporciona una estimación de los beneficios económicos para la sociedad de la mitigación de las emisiones, que pueden compararse con los costos de hacerlo. Esta ilustración conceptual muestra cómo se calcula el costo social de reducir las emisiones de un gas de efecto invernadero particular. De izquierda a derecha, el efecto de una tonelada de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) emitida a la atmósfera se ilustra en términos de calentamiento adicional u otros impactos físicos como el aumento del nivel del mar; estos cambios se traducen en costos y beneficios previstos en sectores de mercado representativos como la agricultura, los servicios energéticos y los recursos hídricos y costeros, así como en impactos no relacionados con el mercado para la salud humana y los ecosistemas; por último, los impactos que se producen en todo el mundo y en el futuro se suman en una única medida utilizando ponderaciones que reflejan las preferencias en torno al tiempo, el riesgo y la equidad. Los valores indicados en la figura son ilustrativos y pueden diferir de las estimaciones utilizadas con fines normativos. Créditos de la figura: Consulte los metadatos de la figura para ver los colaboradores.

## Cuentas trazables

### Descripción del proceso

El autor principal del capítulo se identificó en julio de 2021 y el equipo de autores se reclutó en julio-agosto de 2021. La selección de los autores se basó en su experiencia en amplios temas críticos para los impactos económicos del cambio climático en la economía de EE. UU. Los contribuyentes técnicos se contrataron en enero de 2022 y se identificaron a partir de su experiencia en tipos específicos de impacto. Se procuró que tanto el equipo de autores como los contribuyentes técnicos representaran una amplia gama de procedencias de todo el país, incluida la representación del mundo académico, del sector privado, de las organizaciones no gubernamentales y de las unidades económicas del Gobierno Federal. El capítulo de Economía organizó un taller de participación en línea el 31 de enero de 2022. Los autores también tuvieron en cuenta otros contactos con las partes interesadas y los aportes que se hicieron en la convocatoria pública de material técnico e incorporaron la literatura científica disponible para redactar el capítulo.

La discusión dentro del equipo durante múltiples reuniones virtuales e intercambios de correos electrónicos, junto con la consideración de una revisión sistemática de la literatura científica disponible elaborada por los contribuyentes técnicos, condujo al desarrollo de tres mensajes clave. Dado que las anteriores Evaluaciones Nacionales del Clima no contaban con un capítulo sobre economía, el equipo se centró en el material científico que no se había tratado en otros capítulos de evaluaciones anteriores. Con base en el alcance del Comité Directivo Federal de la Evaluación Nacional del Clima, el capítulo de Economía se centró en el impacto económico del cambio climático en la economía estadounidense y no consideró los aspectos económicos de las posibles políticas de mitigación que estaban fuera del alcance. Se prestó especial atención a los nuevos conocimientos científicos sobre la desigualdad de los impactos en todo el país, que sirvieron de base a todos los mensajes clave. Las figuras fueron elaboradas por el equipo de autores, con el apoyo de contribuyentes técnicos, para resaltar conceptos clave que respaldan los mensajes clave. Las entradas de las tablas de ejemplos de impacto (Tabla 19.1) se seleccionaron con base en una evaluación de su importancia temática y amplitud de cobertura, de una base de datos mucho mayor de más de 300 entradas recopiladas por el equipo de autores y contribuyentes técnicos en su revisión de la evidencia científica.

### Mensaje clave 19.1

#### El cambio climático afecta directamente la economía

##### Descripción de la base de evidencia

Cada vez hay más evidencia del impacto del cambio climático en los costos económicos. Esta literatura requiere conocimientos multidisciplinarios que tiendan puentes entre las ciencias físicas y la economía. En términos generales, los enfoques para estimar el impacto climático incluyen modelos de procesos biofísicos, modelos económicos estructurales, métodos estadísticos o empíricos y enfoques híbridos, y cada metodología tiene sus fortalezas y sus debilidades. Una conclusión común en la literatura anterior<sup>26,38,39,225</sup> es que las temperaturas o precipitaciones moderadas suelen ser beneficiosas, mientras que las olas de frío y calor afectan negativamente un sector, al igual que las sequías y las inundaciones. Esto implica que los impactos variarán según 1) el clima de referencia; 2) el cambio previsto; y 3) la vulnerabilidad a tales cambios. Primero, los lugares más fríos podrían beneficiarse del calentamiento al sustituir las temperaturas frías por otras moderadas. La mayoría de los trabajos de investigación mencionados constatan una relación asimétrica con respecto a la temperatura, en la que pasar demasiado calor es peor que pasar demasiado frío. Por lo tanto, el efecto de un aumento del calor extremo es el factor dominante en la mayoría de los lugares de los EE. UU., lo que provoca una pérdida neta. En segundo lugar, el cambio climático previsto no

es uniforme en todo el mundo, y en las latitudes más altas (más alejadas del ecuador) se predice un mayor calentamiento. En tercer lugar, las vulnerabilidades varían significativamente entre grupos; por ejemplo, la sensibilidad al calor extremo es mayor en los lugares fríos<sup>226</sup> y los lugares más pobres tienden a tener mayores efectos de mortalidad por temperaturas más cálidas<sup>7</sup>.

La literatura aborda la adaptación evaluándola directamente o asumiendo que los resultados incluyen respuestas adaptativas<sup>7</sup>. Entre los ejemplos de evaluación directa de la adaptación se incluye el estudio del desarrollo y la penetración del aire acondicionado para reducir la mortalidad futura relacionada con la temperatura<sup>38</sup>, el uso de variedades de cultivos tolerantes a la sequía para limitar el impacto de algunos eventos climáticos históricos<sup>161</sup> y la construcción de diques y la recuperación de playas para proteger las infraestructuras y los ecosistemas del aumento del nivel del mar<sup>40</sup>. La investigación suele asumir una adaptación óptima, pero algunos estudios han considerado que la adaptación parcial refleja mejor la realidad observada<sup>227</sup>.

### Principales incertidumbres y brechas en la investigación

Una de las principales fuentes de incertidumbre en las estimaciones de los impactos económicos del cambio climático es la representación de las complejas interacciones entre los sistemas físicos, naturales y sociales. Hay varias críticas a la literatura existente, pero también muchos avances importantes. Las principales incertidumbres se plantean en torno a los impactos no medidos, los daños debido a cambios meteorológicos o climáticos no graduales, las interacciones entre regiones y sectores, las proyecciones de crecimiento de la población y de los ingresos y el cambio tecnológico, la aversión al riesgo, los impactos distributivos y la contabilización de los procesos y costos de adaptación. La mejora de la solidez de las estimaciones de impacto económico es un área activa de investigación. Avances científicos en la última década (National Academies of Sciences, Engineering, Medicine, 2017<sup>200</sup> y otros) han mejorado las estimaciones de los impactos económicos, así como nuestra comprensión de las incertidumbres clave.

Un punto de incertidumbre se refiere a la forma, o aspecto funcional, de la función de daños climáticos. Aunque muchos estudios empíricos han constatado que el aumento de los daños globales, regionales y sectoriales a medida que se calienta el clima puede aproximarse mediante una función de daños cuadrática<sup>15,47,228</sup>, sigue habiendo desacuerdos, sobre todo para las temperaturas más altas. Varios estudios (Nordhaus 2019; Dietz et al. 2021; Kemp et al. 2022;<sup>229,230,231</sup>; consulte también Dietz et al. 2022<sup>232</sup> respuesta a los comentarios de Keen et al. 2022<sup>233</sup>) sostienen que la función de daño debería ser sustancialmente más pronunciada a niveles más altos de calentamiento.

Las proyecciones de daños en muchos sectores no tienen plenamente en cuenta las reducciones previstas de las vulnerabilidades futuras, por ejemplo, como se ha observado en el pasado en el caso de la mortalidad relacionada con la temperatura<sup>7,38</sup>. Un mayor estudio de cómo ha cambiado con el tiempo la relación entre la sensibilidad de los sectores de impacto (como rendimientos agrícolas, mortalidad o consumo de energía) a las fluctuaciones meteorológicas y los ingresos podría mejorar esta área de investigación, ya que sigue sin conocerse si los factores de confusión influyen en las comparaciones transversales que a veces se utilizan para estimar los patrones de adaptación. Las proyecciones de daños también se basan en proyecciones de población, ingresos y tecnología futuras, que a su vez son inciertas.

### Descripción de confianza y probabilidad

Existe *confianza alta* en que el cambio climático afectará directamente la economía y en que los impactos se distribuirán de forma desigual porque numerosas fuentes de información documentan estos resultados en muchos sectores, y los estudios sobre los mismos resultados suelen coincidir en el signo y la magnitud de estos impactos. Muchos de los resultados han sido reproducidos por distintos equipos de autores. Además, los conocimientos de la biología y la fisiología, derivados de datos experimentales de observación, suelen respaldar las conclusiones econométricas. Sin embargo, los cambios en los principales impulsores de

algunos de estos impactos tienen patrones complejos (p. ej., incendios forestales, inundaciones, sequías y huracanes), mientras que algunas regiones o categorías de impacto pueden ver beneficios del calentamiento (p. ej., ahorro en gastos de calefacción). Por lo tanto, en conjunto, la conclusión relativa al costo sustancial de estos impactos solo se considera *probable*. Esta misma complejidad apoya la conclusión de una distribución desigual de los impactos, por lo que dicha conclusión se considera *muy probable*. Esta distribución desigual es consecuencia directa de las diferencias en el clima de referencia (que se conocen observando el clima actual), la diferente cantidad de calentamiento (conclusión consistente de los modelos climáticos) y las diferentes vulnerabilidades subyacentes debido a determinantes sociales como la sensibilidad y la capacidad de adaptación. La conclusión de que el calentamiento adicional impacta más negativamente los lugares actualmente cálidos que los más fríos cuenta con un amplio apoyo y genera *confianza alta*. Del mismo modo, también se ha observado repetidamente que las vulnerabilidades varían según los ingresos y la educación. Ninguno de los dos puntos es controvertido en la literatura.

Dada la amplitud de los enfoques para analizar la adaptación, la literatura es más variada en cuanto a las conclusiones extraídas con respecto al nivel de riesgo que se espera que mejore la adaptación, el costo de las medidas de adaptación y la probabilidad de que estas acciones se apliquen realmente. Las innovaciones futuras pueden reducir los costos de las tecnologías de adaptación existentes o pueden generar tecnologías totalmente nuevas. Sin embargo, algunos retos de adaptación han resultado difíciles de superar<sup>162</sup> y, en última instancia, el éxito es incierto y no existen enfoques establecidos para estimar estas innovaciones. Además, los esfuerzos públicos para adaptarse al clima tienen a veces resultados perversos y no está claro que esfuerzos similares vayan a tener mucho más éxito en el futuro. Por ejemplo, en Estados Unidos, se ha calculado que la provisión pública tanto de subsidios a los seguros de cosechas como de apoyos para desastres aumenta la vulnerabilidad a las condiciones meteorológicas extremas<sup>76,199</sup>. Por todas estas razones, solo existe *confianza media* en las conclusiones relativas a la adaptación.

### Mensaje clave 19.2

## Los mercados y los presupuestos responden al cambio climático

### Descripción de la base de evidencia

Múltiples líneas de evidencia, incluidos análisis teóricos y empíricos, demuestran los efectos de los riesgos climáticos anticipados en los mercados financieros. Por ejemplo, el aumento anticipado de los riesgos de inundación debido al aumento del nivel del mar reduce los precios de las propiedades costeras vulnerables<sup>57,101,103</sup> y los precios de los bonos a largo plazo emitidos por municipios vulnerables<sup>52,119</sup>. Estos efectos han aumentado con el tiempo, y coinciden con la creciente atención de los inversores al cambio climático<sup>57,119,234</sup>. La evidencia emergente demuestra posibles fuentes de ineficiencias del mercado debido a políticas gubernamentales. Por ejemplo, los actuales programas de titulización de empresas patrocinadas por el gobierno, como Fannie Mae y Freddie Mac, animan involuntariamente a los bancos a conceder préstamos hipotecarios a propiedades expuestas a riesgos de huracán<sup>209</sup>.

Para los presupuestos públicos, los impactos fiscales adversos de desastres naturales más frecuentes e intensos están bien establecidos. Los huracanes aumentan las necesidades de gasto público para la atención médica y otros programas<sup>54,132</sup>, disminuyen los ingresos fiscales locales<sup>100</sup> y aumentan los costos por préstamos municipales<sup>100</sup>. También se ha demostrado que los incendios forestales aumentan el gasto público en la extinción de incendios y otros programas<sup>53,68,135,192,235,236,237</sup>. La evidencia sobre el impacto de los desastres naturales en los ingresos fiscales varía según el tipo de evento y el nivel de gobierno (p. ej., Liao y Kousky 2022<sup>53</sup> encuentran que, en California, los incendios forestales han tenido un impacto positivo en los ingresos locales, debido a una ley estatal única que congela las tasaciones de las propiedades a efectos fiscales

hasta su venta, y Miao et al. (2018)<sup>163</sup> no detecta impactos significativos de los desastres en los ingresos fiscales estatales). Ciertos impactos climáticos también pueden tener beneficios fiscales parciales, aunque la evidencia es menos sólida (p. ej., EPA 2017<sup>164</sup>; Barrage 2023<sup>68</sup>). Sin embargo, la misma base de evidencia también sugiere impactos *netos* negativos. Por ejemplo, Liao y Kousky (2022)<sup>53</sup> estiman grandes aumentos en la probabilidad de déficits municipales como resultado de incendios forestales. Conceptualmente, desastres como los huracanes y las inundaciones también pueden tener impactos negativos en las bases impositivas, como a través de efectos negativos en el crecimiento económico<sup>51,65,101</sup> y el valor de la propiedad<sup>109,123,131</sup>. Por último, la literatura documenta otros costos fiscales climáticos, como los derivados de las infraestructuras<sup>164</sup>, la Ley de Especies Amenazadas<sup>136</sup> y el aumento de la exposición al riesgo de inundaciones en los balances de las instituciones financieras<sup>208</sup> y de las empresas públicas<sup>209</sup>.

En el caso de los seguros, los mercados privados son importantes para la resiliencia financiera y la adaptación al cambio climático, pero estos mercados pueden verse afectados por el cambio climático. Por ejemplo, es bien sabido que, a medida que aumentan los riesgos climáticos, a las aseguradoras les resulta cada vez más difícil ofrecer pólizas con tarifas que reflejen los riesgos con exactitud y que los consumidores puedan y estén dispuestos a pagar, lo que provoca una creciente brecha de seguros contra desastres (p. ej., Issler et al. 2020<sup>238</sup>; Netusil et al. 2021<sup>239</sup>; Kousky 2022<sup>113</sup>). Los actuales sistemas de establecimiento de precios de riesgos y, por tanto, de seguros, pueden quedar desfasados con la evolución de las condiciones climáticas (p. ej., GAO 2021<sup>240</sup>). La evidencia sugiere que los hogares y las empresas con seguro tienden a recuperarse mejor y más rápido de los desastres (revisado en Kousky 2019<sup>114</sup>, también Billings et al. 2022<sup>85</sup>).

Cada vez hay más evidencia de que las cadenas mundiales de suministro pueden transferir, amplificar o reducir los impactos directos del cambio climático. Múltiples estudios han documentado que los eventos climáticos de otros países impactan el comercio con Estados Unidos, lo que a su vez afecta las condiciones del mercado interno de los EE. UU.<sup>110,153,154</sup>. Un número menor de estudios han identificado formas en que el cambio climático también provoca eventos físicos que afectan regiones enteras, lo que genera costos que pueden ser amplificados por las redes de producción<sup>155,241</sup>. Teóricamente se entiende bien que las redes flexibles de cadenas de suministro también pueden permitir la adaptación al cambio climático al posibilitar la diversificación geográfica<sup>156</sup>, aunque no existe una gran cantidad de evidencia empírica que demuestre cómo ocurre esto en la práctica.

### Principales incertidumbres y brechas en la investigación

Existe una incertidumbre considerable en cuanto a los efectos estimados de la exposición al riesgo climático sobre el valor de los activos. Por ejemplo, las estimaciones del efecto del riesgo de aumento del nivel del mar en los precios de los bienes raíces costeros varían desde el -20 %<sup>57</sup> hasta cero<sup>211</sup>. También existe una gran incertidumbre sobre el grado de exposición de las instituciones financieras a los riesgos relacionados con el clima<sup>205</sup>. Se necesitaría más investigación para comprender cómo los riesgos climáticos afectan los precios y las cantidades en los mercados de deuda, especialmente el mercado hipotecario y el mercado de valores respaldados por hipotecas, y para comprender las posibles fuentes de ineficiencias del mercado al fijar los precios y asignar los riesgos climáticos.

Por lo que respecta a los presupuestos públicos, aunque la evidencia sugiere que muchos costos de los programas públicos pueden verse impactados por el cambio climático, muchos de estos impactos siguen sin cuantificarse (p. ej., cambios en los gastos de las fuerzas del orden y militares debido a posibles aumentos de delincuencia y conflictos internacionales, respectivamente). También son limitadas las investigaciones sobre las interacciones entre los distintos impactos del clima, como en la migración y los resultados fiscales. Tanto para los presupuestos públicos como para los mercados de seguros, la incertidumbre política y la incertidumbre sobre la adaptación agravan la dificultad de proyectar los impactos climáticos.

## Descripción de confianza y probabilidad

Hay evidencia de respuestas del mercado al cambio climático, aunque la literatura sobre este tema varía en cuanto a las estimaciones de la magnitud y el momento de la respuesta, lo que lleva a determinar una *confianza media* para esta conclusión. Sin embargo, es *muy probable* que los factores de riesgo climático sean un impulsor importante del valor de los activos en el futuro. Ya existe un conjunto significativo de investigación que documenta la capitalización de los riesgos relacionados con las condiciones meteorológicas en los precios de los activos duraderos (bienes raíces, acciones, bonos a largo plazo, etc.), incluido un número creciente de trabajos que encuentran un reflejo de la exposición de los activos a futuros riesgos climáticos (p. ej., aumento del nivel del mar, inundaciones, incendios forestales o políticas anticipadas sobre el carbono), lo que lleva a determinar que este vínculo es *muy probable*, aunque la magnitud varía y las estimaciones sobre cómo se desarrollarán los cambios de precios a lo largo del tiempo son inciertas. La literatura al respecto es lo suficientemente sólida como para garantizar *confianza alta*. Existe *confianza alta* en que el cambio climático pondrá a prueba los sistemas de seguros y los presupuestos públicos diseñados antes del calentamiento global. Esto está respaldado por una amplia literatura académica que considera los efectos directos del cambio climático sobre activos asegurados, como cultivos y viviendas propensas a las inundaciones, los efectos directos sobre apoyos públicos en caso de desastre y los efectos indirectos sobre utilización de la atención médica y programas de la red de seguridad social. También hay investigaciones que confirman los impactos negativos de los desastres naturales en los presupuestos municipales y las pérdidas proyectadas en otros presupuestos del sector público. Además, cada vez hay más evidencia de que el estrés climático ya está impactando los mercados de algunas regiones del país, como Louisiana, Florida, Texas y California. Existe una *confianza media* en que tanto el comercio como el crecimiento económico *probablemente* se vean impactados por el cambio climático y por las respuestas políticas diseñadas para mitigarlo. Existe un amplio consenso en que el cambio climático afectará el comercio, pero la magnitud y la estructura de esos cambios son complejas y no se comprenden del todo. Del mismo modo, muchos estudios concluyen que el cambio climático afecta el crecimiento económico, pero hay variaciones sustanciales en los resultados cuantitativos según los métodos y los datos que se utilicen.

### Mensaje clave 19.3

## Cambiarán las oportunidades económicas de hogares, empresas e instituciones

### Descripción de la base de evidencia

Numerosa literatura respalda la conclusión de que el cambio climático impondrá nuevos costos a los hogares y las empresas<sup>15,84,157</sup>. En particular, la investigación se ha centrado en los ingresos<sup>15,31,157,166,242,243,244</sup>, el empleo<sup>4,39,49,167</sup> y los cambios en el valor de los bienes raíces<sup>57,101,103,105,211</sup>. Las empresas se enfrentan a un aumento de los costos en diversos ámbitos. Estos costos incluyen reducción de productividad por olas de calor, menor demanda de actividades al aire libre en lugares más alejados por el humo de los incendios forestales, interrupción de la cadena de suministro por eventos hidrológicos extremos (p. ej., ciclones tropicales en Asia, donde se concentra la fabricación de semiconductores), daños materiales y pérdidas por interrupción de actividad comercial por eventos meteorológicos extremos<sup>245,246</sup> y reducción de la demanda extranjera de productos estadounidenses<sup>5,84,156</sup>.

La literatura también respalda el hecho de que es posible reducir el costo social de los eventos extremos relacionados con el clima mediante inversiones en la mitigación de peligros<sup>3,76,247</sup>, incluida la actualización de los códigos de construcción<sup>192,193,194,248,249</sup> y el suministro público de mejor información sobre los riesgos climáticos, como la divulgación de los riesgos de inundación<sup>195,250</sup>. La investigación también ha demostrado que programas y actividades existentes y nuevos asociados a instituciones públicas y privadas tendrán

que desempeñar un papel para ayudar a mitigar el cambio climático y adaptarse a este<sup>52,53,54,68,100,128,135,163</sup>. La preparación financiera de los hogares y los instrumentos financieros especializados<sup>198</sup> también pueden desempeñar un papel en la reducción de las pérdidas derivadas de los eventos climáticos extremos. Aunque los seguros contra desastres naturales pueden proteger económicamente a hogares y empresas, estos mercados se están viendo afectados por el cambio climático, y gran parte de la cobertura contra desastres naturales se ofrece ahora a través de programas totalmente públicos o casi públicos<sup>113</sup>. Sigue siendo cierto que los más necesitados de la protección financiera de los seguros son los que menos pueden costearlos. Existe evidencia sólida de que los programas públicos de atención médica y apoyo social pueden reducir la vulnerabilidad climática en determinados entornos<sup>190,191</sup>.

### Principales incertidumbres y brechas en la investigación

Es difícil anticipar todas las formas en que los hogares, las empresas y las instituciones cambiarán ante una amplia gama de impactos climáticos; la investigación continua sobre las respuestas observadas y proyectadas a los cambios climáticos afinará y mejorará las estimaciones cuantitativas de las implicaciones de estos cambios. En particular, los riesgos sistémicos han resultado más difíciles de conceptualizar y modelar y, aunque podrían ser extremadamente costosos, han recibido menos atención por parte de la investigación. También tenemos un conocimiento limitado de las no linealidades en los costos o los efectos umbral que pueden materializarse tanto en los sistemas naturales como en los humanos. Los programas públicos pueden moderar potencialmente la desigualdad de los impactos climáticos de forma importante, pero se necesitaría más investigación para identificar estrategias costo-efectivas y ampliables<sup>251</sup>. También existen incertidumbres sobre cómo orientar la atención médica y otros programas de apoyo social para lograr los mayores beneficios netos.

### Descripción de confianza y probabilidad

Existe una amplia base de literatura y un alto grado de acuerdo en cuanto a la variedad de costos nuevos o más altos del cambio climático, lo que lleva a la conclusión de que esta afirmación es *muy probable* y de *confianza alta*. Hay menos literatura disponible que caracterice la modificación del panorama económico debido al cambio climático y, aunque predominan los nuevos riesgos, hay un subconjunto de trabajos que analizan el potencial de nuevas oportunidades que las empresas pueden aprovechar: esto lleva a la conclusión *probable* y de *confianza media*. Del mismo modo, existe menos literatura sobre la respuesta de las instituciones a las cambiantes condiciones climáticas, lo que conduce a una conclusión de *confianza media*. Existe una amplia literatura y un alto nivel de acuerdo en que las inversiones privadas y públicas en adaptación y mitigación pueden reducir los costos de los hogares y las empresas, lo que lleva a la evaluación de *confianza alta*.

## Referencias

1. DOS and EOP, 2021: The Long-Term Strategy of the United States: Pathways to Net-Zero Greenhouse Gas Emissions by 2050. U.S. Department of State and U.S. Executive Office of the President, Washington, DC. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/10/us-long-term-strategy.pdf>
2. Riahi, K., R. Schaeffer, J. Arango, K. Calvin, C. Guivarch, T. Hasegawa, K. Jiang, E. Kriegler, R. Matthews, G.P. Peters, A. Rao, S. Robertson, A.M. Sebbit, J. Steinberger, M. Tavoni, and D.P. van Vuuren, 2022: Ch. 3. Mitigation pathways compatible with long-term goals. In: IPCC, 2022: *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Shukla, P.R., J. Skea, R. Slade, A.A. Khourdajie, R.v. Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, and J. Malley, Eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 295–408. <https://doi.org/10.1017/9781009157926.005>
3. Neumann, J.E., P. Chinowsky, J. Helman, M. Black, C. Fant, K. Strzepek, and J. Martinich, 2021: Climate effects on US infrastructure: The economics of adaptation for rail, roads, and coastal development. *Climatic Change*, **167** (3), 44. <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03179-w>
4. Park, R.J., N. Pankratz, and A.P. Behrer, 2021: Temperature, Workplace Safety, and Labor Market Inequality. IZA DP No. 14560. IZA Institute of Labor Economics. <https://docs.iza.org/dp14560.pdf>
5. D'Agostino, A.L. and W. Schlenker, 2016: Recent weather fluctuations and agricultural yields: Implications for climate change. *Agricultural Economics*, **47** (S1), 159–171. <https://doi.org/10.1111/agec.12315>
6. Burke, M., F. González, P. Baylis, S. Heft-Neal, C. Baysan, S. Basu, and S. Hsiang, 2018: Higher temperatures increase suicide rates in the United States and Mexico. *Nature Climate Change*, **8** (8), 723–729. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0222-x>
7. Carleton, T., A. Jina, M. Delgado, M. Greenstone, T. Houser, S. Hsiang, A. Hultgren, R.E. Kopp, K.E. McCusker, I. Nath, J. Rising, A. Rode, H.K. Seo, A. Viaene, J. Yuan, and A.T. Zhang, 2022: Valuing the global mortality consequences of climate change accounting for adaptation costs and benefits. *The Quarterly Journal of Economics*, **137** (4), 2037–2105. <https://doi.org/10.1093/qje/qjac020>
8. Dodgen, D., D. Donato, N. Kelly, A. La Greca, J. Morganstein, J. Reser, J. Ruzek, S. Schweitzer, M.M. Shimamoto, K. Thigpen Tart, and R. Ursano, 2016: Ch. 8. Mental health and well-being. In: *The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment*. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, 217–246. <https://doi.org/10.7930/j0tx3c9h>
9. Heutel, G., N.H. Miller, and D. Molitor, 2021: Adaptation and the mortality effects of temperature across U.S. climate regions. *The Review of Economics and Statistics*, **103** (4), 740–753. [https://doi.org/10.1162/rest\\_a\\_00936](https://doi.org/10.1162/rest_a_00936)
10. Wen, J. and M. Burke, 2022: Lower test scores from wildfire smoke exposure. *Nature Sustainability*, **5** (11), 947–955. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00956-y>
11. Fisichelli, N.A., G.W. Schuurman, W.B. Monahan, and P.S. Ziesler, 2015: Protected area tourism in a changing climate: Will visitation at US national parks warm up or overheat? *PLoS ONE*, **10** (6), e0128226. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128226>
12. Lipton, D., M. Rubenstein, S.R. Weiskopf, S. Carter, J. Peterson, L. Crozier, M. Fogarty, S. Gaichas, K.J.W. Hyde, T.L. Morelli, J. Morissette, H. Moustahfid, R. Muñoz, R. Poudel, M.D. Staudinger, C. Stock, L. Thompson, R. Waples, and J.F. Weltzin, 2018: Ch. 7. Ecosystems, ecosystem services, and biodiversity. In: *Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: Fourth National Climate Assessment, Volume II*. Reidmiller, D.R., C.W. Avery, D. Easterling, K. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, and B.C. Stewart, Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 268–321. <https://doi.org/10.7930/nca4.2018.ch7>
13. Pershing, A., K. Mills, A. Dayton, B. Franklin, and B. Kennedy, 2018: Evidence for adaptation from the 2016 marine heatwave in the Northwest Atlantic Ocean. *Oceanography*, **31** (2), 152–161. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2018.213>
14. Dietz, S. and N. Stern, 2015: Endogenous growth, convexity of damage and climate risk: how Nordhaus' framework supports deep cuts in carbon emissions. *The Economic Journal*, **125** (583), 574–620. <https://doi.org/10.1111/eoj.12188>
15. Hsiang, S., R. Kopp, A. Jina, J. Rising, M. Delgado, S. Mohan, D.J. Rasmussen, R. Muir-Wood, P. Wilson, M. Oppenheimer, K. Larsen, and T. Houser, 2017: Estimating economic damage from climate change in the United States. *Science*, **356** (6345), 1362–1369. <https://doi.org/10.1126/science.aal4369>

16. NCEI, 2022: U.S. Billion-Dollar Weather and Climate Disasters. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Satellite, Data, and Information Service, National Centers for Environmental Information. <https://www.ncei.noaa.gov/access/billions/>
17. Swain, D.L., O.E.J. Wing, P.D. Bates, J.M. Done, K.A. Johnson, and D.R. Cameron, 2020: Increased flood exposure due to climate change and population growth in the United States. *Earth's Future*, **8** (11), e2020EF001778. <https://doi.org/10.1029/2020ef001778>
18. Wing, O.E.J., W. Lehman, P.D. Bates, C.C. Sampson, N. Quinn, A.M. Smith, J.C. Neal, J.R. Porter, and C. Kousky, 2022: Inequitable patterns of US flood risk in the Anthropocene. *Nature Climate Change*, **12** (2), 156–162. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01265-6>
19. Zhang, Y. and D.T. Shindell, 2021: Costs from labor losses due to extreme heat in the USA attributable to climate change. *Climatic Change*, **164** (3), 35. <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03014-2>
20. Walther, G.-R., 2010: Community and ecosystem responses to recent climate change. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, **365** (1549), 2019–2024. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0021>
21. Ortiz-Bobea, A., H. Wang, C.M. Carrillo, and T.R. Ault, 2019: Unpacking the climatic drivers of US agricultural yields. *Environmental Research Letters*, **14** (6), 064003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab1e75>
22. Asseng, S., F. Ewert, P. Martre, R.P. Rötter, D.B. Lobell, D. Cammarano, B.A. Kimball, M.J. Ottman, G.W. Wall, J.W. White, M.P. Reynolds, P.D. Alderman, P.V.V. Prasad, P.K. Aggarwal, J. Anothai, B. Basso, C. Biernath, A.J. Challinor, G. De Sanctis, J. Doltra, E. Fereres, M. Garcia-Vila, S. Gayler, G. Hoogenboom, L.A. Hunt, R.C. Izaurralde, M. Jabloun, C.D. Jones, K.C. Kersebaum, A.K. Koehler, C. Müller, S. Naresh Kumar, C. Nendel, G. O'Leary, J.E. Olesen, T. Palosuo, E. Priesack, E. Eyshi Rezaei, A.C. Ruane, M.A. Semenov, I. Shcherbak, C. Stöckle, P. Stratonovitch, T. Streck, I. Supit, F. Tao, P.J. Thorburn, K. Waha, E. Wang, D. Wallach, J. Wolf, Z. Zhao, and Y. Zhu, 2015: Rising temperatures reduce global wheat production. *Nature Climate Change*, **5**, 143–147. <https://doi.org/10.1038/nclimate2470>
23. Moore, F.C., U.L.C. Baldos, and T. Hertel, 2017: Economic impacts of climate change on agriculture: A comparison of process-based and statistical yield models. *Environmental Research Letters*, **12** (6), 065008. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa6eb2>
24. Ortiz-Bobea, A., T.R. Ault, C.M. Carrillo, R.G. Chambers, and D.B. Lobell, 2021: Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth. *Nature Climate Change*, **11** (4), 306–312. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01000-1>
25. Proctor, J., A. Rigden, D. Chan, and P. Huybers, 2022: More accurate specification of water supply shows its importance for global crop production. *Nature Food*, **3** (9), 753–763. <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00592-x>
26. Schlenker, W. and M.J. Roberts, 2009: Nonlinear temperature effects indicate severe damages to U.S. crop yields under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **106** (37), 15594–15598. <https://doi.org/10.1073/pnas.0906865106>
27. Tack, J., A. Barkley, and L.L. Nalley, 2015: Effect of warming temperatures on US wheat yields. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **112** (22), 6931–6936. <https://doi.org/10.1073/pnas.1415181112>
28. Welch, J.R., J.R. Vincent, M. Auffhammer, P.F. Moya, A. Dobermann, and D. Dawe, 2010: Rice yields in tropical/subtropical Asia exhibit large but opposing sensitivities to minimum and maximum temperatures. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **107** (33), 14562–14567. <https://doi.org/10.1073/pnas.1001222107>
29. Neumann, J.E., J. Price, P. Chinowsky, L. Wright, L. Ludwig, R. Streeter, R. Jones, J.B. Smith, W. Perkins, L. Jantarasami, and J. Martinich, 2015: Climate change risks to US infrastructure: Impacts on roads, bridges, coastal development, and urban drainage. *Climatic Change*, **131** (1), 97–109. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-1037-4>
30. Dasgupta, P., 2021: The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review. HM Treasury, London, UK. <https://www.gov.uk/government/publications/final-report-the-economics-of-biodiversity-the-dasgupta-review>
31. Burke, M., S.M. Hsiang, and E. Miguel, 2015: Global non-linear effect of temperature on economic production. *Nature*, **527** (7577), 235–239. <https://doi.org/10.1038/nature15725>
32. Willner, S.N., N. Glanemann, and A. Levermann, 2021: Investment incentive reduced by climate damages can be restored by optimal policy. *Nature Communications*, **12** (1), 3245. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-23547-5>

33. Kimball, B.A., 2016: Crop responses to elevated CO<sub>2</sub> and interactions with H<sub>2</sub>O, N, and temperature. *Current Opinion in Plant Biology*, **31**, 36–43. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2016.03.006>
34. Myers, S.S., A. Zanobetti, I. Kloog, P. Huybers, A.D.B. Leakey, A.J. Bloom, E. Carlisle, L.H. Dietterich, G. Fitzgerald, T. Hasegawa, N.M. Holbrook, R.L. Nelson, M.J. Ottman, V. Raboy, H. Sakai, K.A. Sartor, J. Schwartz, S. Seneweera, M. Tausz, and Y. Usui, 2014: Increasing CO<sub>2</sub> threatens human nutrition. *Nature*, **510** (7503), 139–142. <https://doi.org/10.1038/nature13179>
35. Hsiang, S. and R.E. Kopp, 2018: An economist's guide to climate change science. *Journal of Economic Perspectives*, **32** (4), 3–32. <https://doi.org/10.1257/jep.32.4.3>
36. Cai, Y. and T.S. Lontzek, 2019: The social cost of carbon with economic and climate risks. *Journal of Political Economy*, **127** (6), 2684–2734. <https://doi.org/10.1086/701890>
37. Lemoine, D., 2021: The climate risk premium: How uncertainty affects the social cost of carbon. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, **8** (1), 27–57. <https://doi.org/10.1086/710667>
38. Barreca, A., K. Clay, O. Deschenes, M. Greenstone, and J.S. Shapiro, 2016: Adapting to climate change: The remarkable decline in the US temperature-mortality relationship over the twentieth century. *Journal of Political Economy*, **124** (1), 105–159. <https://doi.org/10.1086/684582>
39. Graff Zivin, J. and M. Neidell, 2014: Temperature and the allocation of time: Implications for climate change. *Journal of Labor Economics*, **32** (1), 1–26. <https://doi.org/10.1086/671766>
40. Diaz, D.B., 2016: Estimating global damages from sea level rise with the Coastal Impact and Adaptation Model (CIAM). *Climatic Change*, **137** (1), 143–156. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1675-4>
41. Hsiang, S.M. and D. Narita, 2012: Adaptation to cyclone risk: Evidence from the global cross-section. *Climate Change Economics*, **03** (02), 1250011. <https://doi.org/10.1142/s201000781250011x>
42. Fant, C., J.M. Jacobs, P. Chinowsky, W. Sweet, N. Weiss, J.E. Sias, J. Martinich, and J.E. Neumann, 2021: Mere nuisance or growing threat? The physical and economic impact of high tide flooding on US road networks. *Journal of Infrastructure Systems*, **27** (4), 04021044. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)is.1943-555x.0000652](https://doi.org/10.1061/(asce)is.1943-555x.0000652)
43. Hultgren, A., T. Carleton, M. Delgado, D.R. Gergel, M. Greenstone, T. Houser, S. Hsiang, A. Jina, R.E. Kopp, S.B. Malevich, K. McCusker, T. Mayer, I. Nath, J. Rising, A. Rode, and J. Yuan, 2022: Estimating Global Impacts to Agriculture from Climate Change Accounting for Adaptation. Social Science Research Network, 112 pp. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4222020>
44. Martinich, J. and A. Crimmins, 2019: Climate damages and adaptation potential across diverse sectors of the United States. *Nature Climate Change*, **9** (5), 397–404. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0444-6>
45. Rode, A., R.E. Baker, T. Carleton, A. D'Agostino, M. Delgado, T. Foreman, D.R. Gergel, M. Greenstone, T. Houser, S. Hsiang, A. Hultgren, A. Jina, R.E. Kopp, S.B. Malevich, K.E. McCusker, I. Nath, M. Pecenco, J. Rising, and J. Yuan, 2022: Labor Disutility in a Warmer World: The Impact of Climate Change on the Global Workforce. Social Science Research Network, 96 pp. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4221478>
46. Rode, A., T. Carleton, M. Delgado, M. Greenstone, T. Houser, S. Hsiang, A. Hultgren, A. Jina, R.E. Kopp, K.E. McCusker, I. Nath, J. Rising, and J. Yuan, 2021: Estimating a social cost of carbon for global energy consumption. *Nature*, **598** (7880), 308–314. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03883-8>
47. Sarofim, M.C., J. Martinich, J.E. Neumann, J. Willwerth, Z. Kerrich, M. Kolian, C. Fant, and C. Hartin, 2021: A temperature binning approach for multi-sector climate impact analysis. *Climatic Change*, **165** (1), 22. <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03048-6>
48. Diffenbaugh, N.S., F.V. Davenport, and M. Burke, 2021: Historical warming has increased U.S. crop insurance losses. *Environmental Research Letters*, **16** (8), 084025. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac1223>
49. Feng, S., M. Oppenheimer, and W. Schlenker, 2012: Climate Change, Crop Yields, and Internal Migration in the United States. Working Paper 17734. National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA. <https://doi.org/10.3386/w17734>
50. Holtermans, R., M.E. Kahn, and N. Kok, 2022: Climate Risk and Commercial Mortgage Delinquency. Research Paper No. 22/04. MIT Center for Real Estate, 36 pp. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4066875>

51. Strobl, E., 2011: The economic growth impact of hurricanes: Evidence from U.S. coastal counties. *The Review of Economics and Statistics*, **93** (2), 575–589. [https://doi.org/10.1162/rest\\_a\\_00082](https://doi.org/10.1162/rest_a_00082)
52. Painter, M., 2020: An inconvenient cost: The effects of climate change on municipal bonds. *Journal of Financial Economics*, **135** (2), 468–482. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2019.06.006>
53. Liao, Y. and C. Kousky, 2022: The fiscal impacts of wildfires on California municipalities. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, **9** (3), 455–493. <https://doi.org/10.1086/717492>
54. Deryugina, T., 2017: The fiscal cost of hurricanes: Disaster aid versus social insurance. *American Economic Journal: Economic Policy*, **9** (3), 168–198. <https://doi.org/10.1257/pol.20140296>
55. Beltrán, A., D. Maddison, and R.J.R. Elliott, 2018: Is flood risk capitalised into property values? *Ecological Economics*, **146**, 668–685. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.12.015>
56. Park, R.J., J. Goodman, M. Hurwitz, and J. Smith, 2020: Heat and learning. *American Economic Journal: Economic Policy*, **12** (2), 306–339. <https://doi.org/10.1257/pol.20180612>
57. Bernstein, A., M.T. Gustafson, and R. Lewis, 2019: Disaster on the horizon: The price effect of sea level rise. *Journal of Financial Economics*, **134** (2), 253–272. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2019.03.013>
58. Davenport, F.V., M. Burke, and N.S. Diffenbaugh, 2021: Contribution of historical precipitation change to US flood damages. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **118** (4), e2017524118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2017524118>
59. Borgschulte, M., D. Molitor, and E. Zou, 2022: Air Pollution and the Labor Market: Evidence from Wildfire Smoke. Working Paper 29952. National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA. <https://doi.org/10.3386/w29952>
60. Isen, A., M. Rossin-Slater, and R. Walker, 2017: Relationship between season of birth, temperature exposure, and later life wellbeing. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **114** (51), 13447–13452. <https://doi.org/10.1073/pnas.1702436114>
61. White, C., 2017: The dynamic relationship between temperature and morbidity. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, **4** (4), 1155–1198. <https://doi.org/10.1086/692098>
62. Deschênes, O. and M. Greenstone, 2011: Climate change, mortality, and adaptation: Evidence from annual fluctuations in weather in the US. *American Economic Journal: Applied Economics*, **3** (4), 152–185. <https://doi.org/10.1257/app.3.4.152>
63. USACE, 2006: Alaska Village Erosion Technical Assistance Program: An Examination of Erosion Issues in the Communities of Bethel, Dillingham, Kaktovik, Kivalina, Newtok, Shishmaref, and Unalakleet. U.S. Army Corps of Engineers, Alaska District. [http://66.160.145.48/coms/cli/AVETA\\_Report.pdf](http://66.160.145.48/coms/cli/AVETA_Report.pdf)
64. Lee, J., L. Marla, and P. Vaishnav, 2021: The impact of climate change on the recoverability of airline networks. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, **95**, 102801. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102801>
65. Hsiang, S.M. and A.S. Jina, 2014: The Causal Effect of Environmental Catastrophe on Long-Run Economic Growth: Evidence From 6,700 Cyclones. Working Paper 20352. National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA. <https://doi.org/10.3386/w20352>
66. OMB, 2022: Climate Risk Exposure: An Assessment of the Federal Government’s Financial Risks to Climate Change. U.S. Office of Management and Budget. [https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/04/omb\\_climate\\_risk\\_exposure\\_2022.pdf](https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/04/omb_climate_risk_exposure_2022.pdf)
67. Shi, L. and A.M. Varuzzo, 2020: Surging seas, rising fiscal stress: Exploring municipal fiscal vulnerability to climate change. *Cities*, **100**, 102658. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102658>
68. Barrage, L., 2023: Fiscal Costs of Climate Change in the United States. Economic Working Paper Series 23/380. ETH Zurich, Center of Economic Research. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000605514>
69. Larsen, P.H., B. Boehlert, J. Eto, K. Hamachi-LaCommare, J. Martinich, and L. Rennels, 2018: Projecting future costs to U.S. electric utility customers from power interruptions. *Energy*, **147**, 1256–1277. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.12.081>
70. FSF, 2021: The Cost of Climate: America’s Growing Flood Risk. First Street Foundation, 121 pp. [https://assets.firststreet.org/uploads/2021/02/The\\_Cost\\_of\\_Climate\\_FSF20210219-1.pdf](https://assets.firststreet.org/uploads/2021/02/The_Cost_of_Climate_FSF20210219-1.pdf)

71. Chinowsky, P., J. Helman, S. Gulati, J. Neumann, and J. Martinich, 2019: Impacts of climate change on operation of the US rail network. *Transport Policy*, **75**, 183–191. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.05.007>
72. BIA, 2020: The Unmet Infrastructure Needs of Tribal Communities and Alaska Native Villages in Process of Relocating to Higher Ground as a Result of Climate Change. Department of Interior, Bureau of Indian Affairs, Albuquerque, NM. <https://www.bia.gov/news/unmet-infrastructure-needs-tribal-communities-and-alaska-native-villages-process-relocation>
73. Feng, S., A.B. Krueger, and M. Oppenheimer, 2010: Linkages among climate change, crop yields and Mexico–US cross-border migration. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **107** (32), 14257–14262. <https://doi.org/10.1073/pnas.1002632107>
74. Burke, M., A. Driscoll, S. Heft–Neal, J. Xue, J. Burney, and M. Wara, 2021: The changing risk and burden of wildfire in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **118** (2), e2011048118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2011048118>
75. Chan, N.W. and C.J. Wichman, 2022: Valuing nonmarket impacts of climate change on recreation: From reduced form to welfare. *Environmental and Resource Economics*, **81** (1), 179–213. <https://doi.org/10.1007/s10640-021-00624-3>
76. Fried, S., 2022: Seawalls and stilts: A quantitative macro study of climate adaptation. *The Review of Economic Studies*, **89** (6), 3303–3344. <https://doi.org/10.1093/restud/rdab099>
77. Bierbaum, R., J.B. Smith, A. Lee, M. Blair, L. Carter, F.S. Chapin, P. Fleming, S. Ruffo, M. Stults, S. McNeeley, E. Wasley, and L. Verduzco, 2013: A comprehensive review of climate adaptation in the United States: More than before, but less than needed. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, **18** (3), 361–406. <https://doi.org/10.1007/s11027-012-9423-1>
78. Burke, M. and K. Emerick, 2016: Adaptation to climate change: Evidence from US agriculture. *American Economic Journal: Applied Economics*, **8** (3), 106–140. <https://doi.org/10.1257/pol.20130025>
79. Mendelsohn, R., W.D. Nordhaus, and D. Shaw, 1994: The impact of global warming on agriculture: A Ricardian analysis. *The American Economic Review*, **84** (4), 753–771. <http://www.jstor.org/stable/pdfplus/2118029.pdf>
80. Deryugina, T. and S. Hsiang, 2017: The Marginal Product of Climate. Working Paper 24072. National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA. <https://doi.org/10.3386/w24072>
81. Schlenker, W., M.J. Roberts, and D.D. Lobell, 2013: US maize adaptability. *Nature Climate Change*, **3**, 690–691. <https://doi.org/10.1038/nclimate1959>
82. Orlove, B., 2005: Human adaptation to climate change: A review of three historical cases and some general perspectives. *Environmental Science & Policy*, **8** (6), 589–600. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2005.06.009>
83. Wagner, G. and W. Schlenker, 2022: Declining crop yields limit the potential of bioenergy. *Nature*, **609** (7926), 250–251. <https://doi.org/10.1038/d41586-022-02344-0>
84. Behrer, A.P., R.J. Park, G. Wagner, C.M. Golja, and D.W. Keith, 2021: Heat has larger impacts on labor in poorer areas. *Environmental Research Communications*, **3** (9), 095001. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/abffa3>
85. Billings, S.B., E.A. Gallagher, and L. Ricketts, 2022: Let the rich be flooded: The distribution of financial aid and distress after Hurricane Harvey. *Journal of Financial Economics*, **146** (2), 797–819. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2021.11.006>
86. Emrich, C.T., E. Tate, S.E. Larson, and Y. Zhou, 2020: Measuring social equity in flood recovery funding. *Environmental Hazards*, **19** (3), 228–250. <https://doi.org/10.1080/17477891.2019.1675578>
87. EPA, 2021: Climate Change and Social Vulnerability in the United States: A Focus on Six Impacts. EPA 430-R-21-003. U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/cira/social-vulnerability-report>
88. Heilmann, K., M.E. Kahn, and C.K. Tang, 2021: The urban crime and heat gradient in high and low poverty areas. *Journal of Public Economics*, **197**, 104408. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2021.104408>
89. Hoffman, J.S., V. Shandas, and N. Pendleton, 2020: The effects of historical housing policies on resident exposure to intra-urban heat: A study of 108 US urban areas. *Climate*, **8** (1), 12. <https://doi.org/10.3390/cli8010012>

90. Howell, J. and J.R. Elliot, 2019: Damages done: The longitudinal impacts of natural hazards on wealth inequality in the United States. *Social Problems*, **66** (3), 448–467. <https://doi.org/10.1093/socpro/spy016>
91. Hsu, A., G. Sheriff, T. Chakraborty, and D. Many, 2021: Disproportionate exposure to urban heat island intensity across major US cities. *Nature Communications*, **12** (1), 2721. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22799-5>
92. Mehta, L., S. Srivastava, S. Movik, H.N. Adam, R. D'Souza, D. Parthasarathy, L.O. Naess, and N. Ohte, 2021: Transformation as praxis: Responding to climate change uncertainties in marginal environments in South Asia. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, **49**, 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2021.04.002>
93. Deryugina, T., G. Heutel, N.H. Miller, D. Molitor, and J. Reif, 2019: The mortality and medical costs of air pollution: Evidence from changes in wind direction. *American Economic Review*, **109** (12), 4178–4219. <https://doi.org/10.1257/aer.20180279>
94. Albert, S., R. Bronen, N. Tooler, J. Leon, D. Yee, J. Ash, D. Boseto, and A. Grinham, 2018: Heading for the hills: Climate-driven community relocations in the Solomon Islands and Alaska provide insight for a 1.5 °C future. *Regional Environmental Change*, **18** (8), 2261–2272. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1256-8>
95. Smith, N. and A. Sattineni, 2016: Effect of erosion in Alaskan coastal villages. *52nd ASC Annual International Conference Proceedings*, Provo, UT. Associated Schools of Construction, 7 pp. <http://ascpro0.ascweb.org/archives/cd/2016/paper/CPRT151002016.pdf>
96. Bakkensen, L.A. and L. Ma, 2020: Sorting over flood risk and implications for policy reform. *Journal of Environmental Economics and Management*, **104**, 102362. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2020.102362>
97. Varela Varela, A., 2023: Surge of Inequality: How Different Neighborhoods React to Flooding. Federal Reserve Bank of New York, 97 pp. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4396481>
98. Hsiang, S., P. Oliva, and R. Walker, 2019: The distribution of environmental damages. *Review of Environmental Economics and Policy*, **13** (1), 83–103. <https://doi.org/10.1093/reep/rey024>
99. Roth Tran, B. and T.L. Sheldon, 2017: Same Storm, Different Disasters: Consumer Credit Access, Income Inequality, and Natural Disaster Recovery. Social Science Research Network, 39 pp. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3380649>
100. Jerch, R., M.E. Kahn, and G.C. Lin, 2023: Local public finance dynamics and hurricane shocks. *Journal of Urban Economics*, **134**, 103516. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2022.103516>
101. Bakkensen, L.A. and L. Barrage, 2022: Going underwater? Flood risk belief heterogeneity and coastal home price dynamics. *The Review of Financial Studies*, **35** (8), 3666–3709. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhab122>
102. Hong, H., F.W. Li, and J. Xu, 2019: Climate risks and market efficiency. *Journal of Econometrics*, **208** (1), 265–281. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2018.09.015>
103. Baldauf, M., L. Garlappi, and C. Yannelis, 2020: Does climate change affect real estate prices? Only if you believe in it. *The Review of Financial Studies*, **33** (3), 1256–1295. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhz073>
104. Barrage, L. and J. Furst, 2019: Housing investment, sea level rise, and climate change beliefs. *Economics Letters*, **177**, 105–108. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2019.01.023>
105. Hino, M. and M. Burke, 2021: The effect of information about climate risk on property values. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **118** (17), e2003374118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2003374118>
106. Keenan, J.M. and J.T. Bradt, 2020: Underwaterwriting: From theory to empiricism in regional mortgage markets in the U.S. *Climatic Change*, **162** (4), 2043–2067. <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02734-1>
107. Board of Governors of the Federal Reserve System, 2020: Financial Stability Report. Board of Governors of the Federal Reserve System, Washington, DC. <https://www.federalreserve.gov/publications/files/financial-stability-report-20201109.pdf>
108. Bolton, P. and M. Kacperczyk, 2021: Do investors care about carbon risk? *Journal of Financial Economics*, **142** (2), 517–549. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2021.05.008>
109. Gibson, M. and J.T. Mullins, 2020: Climate risk and beliefs in New York floodplains. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, **7** (6), 1069–1111. <https://doi.org/10.1086/710240>

110. Roberts, M.J. and W. Schlenker, 2013: Identifying supply and demand elasticities of agricultural commodities: Implications for the US ethanol mandate. *American Economic Review*, **103** (6), 2265–2295. <https://doi.org/10.1257/aer.103.6.2265>
111. 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. Department of Agriculture, 146 pp. <https://doi.org/10.7930/j0862dc7>
112. Kousky, C. and R. Cooke, 2012: Explaining the failure to insure catastrophic risks. *The Geneva Papers on Risk and Insurance - Issues and Practice*, **37** (2), 206–227. <https://doi.org/10.1057/gpp.2012.14>
113. Kousky, C., 2022: *Understanding Disaster Insurance: New Tools for a More Resilient Future*. Island Press, Washington, DC, 214 pp. <https://islandpress.org/books/understanding-disaster-insurance>
114. Kousky, C., 2019: The role of natural disaster insurance in recovery and risk reduction. *Annual Review of Resource Economics*, **11** (1), 399–418. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100518-094028>
115. Tack, J., K. Coble, and B. Barnett, 2018: Warming temperatures will likely induce higher premium rates and government outlays for the U.S. crop insurance program. *Agricultural Economics*, **49** (5), 635–647. <https://doi.org/10.1111/agec.12448>
116. Bansal, R., D. Kiku, and M. Ochoa, 2019: Climate Change Risk. Federal Reserve Bank of San Francisco. <https://www.frbsf.org/economic-research/wp-content/uploads/sites/4/paper-5-2019-11-8-kiku-1pm-1st-paper.pdf>
117. Alok, S., N. Kumar, and R. Wermers, 2020: Do fund managers misestimate climatic disaster risk. *The Review of Financial Studies*, **33** (3), 1146–1183. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhz143>.
118. Ilhan, E., Z. Sautner, and G. Vilkov, 2021: Carbon tail risk. *The Review of Financial Studies*, **34** (3), 1540–1571. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhaa071>
119. Goldsmith-Pinkham, P.S., M. Gustafson, R. Lewis, and M. Schwert, 2021: Sea Level Rise Exposure and Municipal Bond Yields. Jacobs Levy Equity Management Center for Quantitative Financial Research, 60 pp. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3478364>
120. Engle, R.F., S. Giglio, B. Kelly, H. Lee, and J. Stroebel, 2020: Hedging climate change news. *The Review of Financial Studies*, **33** (3), 1184–1216. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhz072>
121. Krueger, P., Z. Sautner, and L.T. Starks, 2020: The importance of climate risks for institutional investors. *The Review of Financial Studies*, **33** (3), 1067–1111. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhz137>
122. Mueller, J., J. Loomis, and A. González-Cabán, 2009: Do repeated wildfires change homebuyers' demand for homes in high-risk areas? A hedonic analysis of the short and long-term effects of repeated wildfires on house prices in Southern California. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, **38** (2), 155–172. <https://doi.org/10.1007/s11146-007-9083-1>
123. Hallstrom, D.G. and V.K. Smith, 2005: Market responses to hurricanes. *Journal of Environmental Economics and Management*, **50** (3), 541–561. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2005.05.002>
124. Hornbeck, R., 2012: The enduring impact of the American Dust Bowl: Short- and long-run adjustments to environmental catastrophe. *American Economic Review*, **102** (4), 1477–1507. <https://doi.org/10.1257/aer.102.4.1477>
125. Albouy, D., W. Graf, R. Kellogg, and H. Wolff, 2016: Climate amenities, climate change, and American quality of life. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, **3** (1), 205–246. <https://doi.org/10.1086/684573>
126. Druckenmiller, H., 2020: Estimating an Economic and Social Value for Healthy Forests: Evidence from Tree Mortality in the American West. Working Paper. National Science Foundation Graduate Research Fellowship Program. [https://static1.squarespace.com/static/5f60e3b9a38e910134a8aeab/t/5fb6df90721aae50818579d2/1605820322700/JMP\\_11.19.2020.pdf](https://static1.squarespace.com/static/5f60e3b9a38e910134a8aeab/t/5fb6df90721aae50818579d2/1605820322700/JMP_11.19.2020.pdf)
127. Barrage, L., 2020: The fiscal costs of climate change. *AEA Papers and Proceedings*, **110**, 107–112. <https://doi.org/10.1257/pandp.20201082>
128. CBO, 2021: Budgetary Effects of Climate Change and of Potential Legislative Responses to It. Congressional Budget Office. <https://www.cbo.gov/publication/57019>

129. Gilmore, E.A., C. Kousky, and T. St.Clair, 2022: Climate change will increase local government fiscal stress in the United States. *Nature Climate Change*, **12** (3), 216–218. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01311-x>
130. Bakkensen, L. and L. Barrage, 2018: Climate Shocks, Cyclones, and Economic Growth: Bridging the Micro–Macro Gap. Working Paper 24893. National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA. <https://doi.org/10.3386/w24893>
131. Ortega, F. and S. Taşpınar, 2018: Rising sea levels and sinking property values: Hurricane Sandy and New York’s housing market. *Journal of Urban Economics*, **106**, 81–100. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2018.06.005>
132. CBO, 2016: Potential Increases in Hurricane Damage in the United States: Implications for the Federal Budget. Congressional Budget Office, Washington, DC, 46 pp. <https://www.cbo.gov/publication/51518>
133. DOD, 2021: Department of Defense Climate Risk Analysis. Report Submitted to National Security Council. U.S. Department of Defense, Office of the Undersecretary for Policy, 18 pp. <https://media.defense.gov/2021/oct/21/2002877353/-1/-1/0/dod-climate-risk-analysis-final.pdf>
134. Baylis, P. and J. Boomhower, 2019: Moral Hazard, Wildfires, and the Economic Incidence of Natural Disasters. Working Paper 26550. National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA. <https://doi.org/10.3386/w26550>
135. OMB, 2016: Climate Change: The Fiscal Risks Facing the Federal Government. U.S. Office of Management and Budget, 34 pp. [https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/omb/reports/omb\\_climate\\_change\\_fiscal\\_risk\\_report.pdf](https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/omb/reports/omb_climate_change_fiscal_risk_report.pdf)
136. Moore, F.C., A. Stokes, M.N. Conte, and X. Dong, 2022: Noah’s Ark in a warming world: Climate change, biodiversity loss, and public adaptation costs in the United States. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, **9** (5), 981–1015. <https://doi.org/10.1086/716662>
137. Fann, N., B. Alman, R.A. Broome, G.G. Morgan, F.H. Johnston, G. Pouliot, and A.G. Rappold, 2018: The health impacts and economic value of wildland fire episodes in the U.S.: 2008–2012. *Science of The Total Environment*, **610–611**, 802–809. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.024>
138. Karlsson, M. and N.R. Ziebarth, 2018: Population health effects and health–related costs of extreme temperatures: Comprehensive evidence from Germany. *Journal of Environmental Economics and Management*, **91**, 93–117. <https://doi.org/10.1016/j.jeeem.2018.06.004>
139. Bell, J.E., S.C. Herring, L. Jantarasami, C. Adrianopoli, K. Benedict, K. Conlon, V. Escobar, J. Hess, J. Luvall, C.P. Garcia-Pando, D. Quattrochi, J. Runkle, and C.J. Schreck III, 2016: Ch. 4. Impacts of extreme events on human health. In: *The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment*. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, 99–128. <https://doi.org/10.7930/j0bz63zv>
140. Ebi, K.L., J.M. Balbus, G. Luber, A. Bole, A. Crimmins, G. Glass, S. Saha, M.M. Shimamoto, J. Trtanj, and J.L. White-Newsome, 2018: Ch. 14. Human health. In: *Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: Fourth National Climate Assessment, Volume II*. Reidmiller, D.R., C.W. Avery, D. Easterling, K. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, and B.C. Stewart, Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 539–571. <https://doi.org/10.7930/nca4.2018.ch14>
141. Mace, S.E. and A. Sharma, 2020: Hospital evacuations due to disasters in the United States in the twenty-first century. *American Journal of Disaster Medicine*, **15** (1), 7–22. <https://doi.org/10.5055/ajdm.2020.0351>
142. Watts, N., M. Amann, N. Arnell, S. Ayeb-Karlsson, J. Beagley, K. Belesova, and M. Boykoff, 2021: The 2020 report of the Lancet Countdown on health and climate change: Responding to converging crises. *The Lancet*, **397** (10269), 129–170. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(20\)32290-x](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(20)32290-x)
143. Limaye, V.S., W. Max, J. Constible, and K. Knowlton, 2019: Estimating the health-related costs of 10 climate-sensitive U.S. events during 2012. *GeoHealth*, **3** (9), 245–265. <https://doi.org/10.1029/2019gh000202>
144. Salas, R.N., T.H. Friend, A. Bernstein, and A.K. Jha, 2020: Adding a climate lens to health policy in the United States. *Health Affairs*, **39** (12), 2063–2070. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2020.01352>
145. WHO, 2015: Operational Framework for Building Climate Resilient Health Systems. World Health Organization, Geneva, Switzerland, 47 pp. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/189951>
146. Deryugina, T., L. Kawano, and S. Levitt, 2018: The economic impact of Hurricane Katrina on its victims: Evidence from individual tax returns. *American Economic Journal: Applied Economics*, **10** (2), 202–233. <https://doi.org/10.1257/app.20160307>

147. DeWaard, J., J.E. Johnson, and S.D. Whitaker, 2020: Out-migration from and return migration to Puerto Rico after Hurricane Maria: Evidence from the consumer credit panel. *Population and Environment*, **42** (1), 28–42. <https://doi.org/10.1007/s11111-020-00339-5>
148. Meléndez, E. and J. Hinojosa, 2017: Estimates of Post-Hurricane Maria Exodus from Puerto Rico. Hunter College, Center for Puerto Rican Studies, New York, NY, 7 pp. <https://centropr-archive.hunter.cuny.edu/events-news/rebuild-puerto-rico/policy/estimates-post-hurricane-maria-exodus-puerto-rico>
149. Depsky, N., I. Bolliger, D. Allen, J.H. Choi, M. Delgado, M. Greenstone, A. Hamidi, T. Houser, R.E. Kopp, and S. Hsiang, 2022: DSCIM-Coastal v1.0: An open-source modeling platform for global impacts of sea level rise. *EGUsphere*, **2022**, 1–47. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2022-198>
150. Desmet, K., R.E. Kopp, S.A. Kulp, D.K. Nagy, M. Oppenheimer, E. Rossi-Hansberg, and B.H. Strauss, 2021: Evaluating the economic cost of coastal flooding. *American Economic Journal: Macroeconomics*, **13** (2), 444–486. <https://doi.org/10.1257/mac.20180366>
151. Hauer, M.E., 2017: Migration induced by sea-level rise could reshape the US population landscape. *Nature Climate Change*, **7** (5), 321–325. <https://doi.org/10.1038/nclimate3271>
152. Puente, G.B., F. Perez, and R.J. Gitter, 2016: The effect of rainfall on migration from Mexico to the United States. *International Migration Review*, **50** (4), 890–909. <https://doi.org/10.1111/imre.12116>
153. Jones, B.F. and B.A. Olken, 2010: Climate shocks and exports. *American Economic Review*, **100** (2), 454–459. <https://doi.org/10.1257/aer.100.2.454>
154. Moore, F.C., U. Baldos, T. Hertel, and D. Diaz, 2017: New science of climate change impacts on agriculture implies higher social cost of carbon. *Nature Communications*, **8** (1), 1607. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-01792-x>
155. Dingel, J.I., K.C. Meng, and S.M. Hsiang, 2019: Spatial Correlation, Trade, and Inequality: Evidence from the Global Climate. Working Paper 25447. National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA. <https://doi.org/10.3386/w25447>
156. Costinot, A., D. Donaldson, and C. Smith, 2016: Evolving comparative advantage and the impact of climate change in agricultural markets: Evidence from 1.7 million fields around the world. *Journal of Political Economy*, **124** (1), 205–248. <https://doi.org/10.1086/684719>
157. Colacito, R., B. Hoffmann, and T. Phan, 2019: Temperature and growth: A panel analysis of the United States. *Journal of Money, Credit and Banking*, **51** (2–3), 313–368. <https://doi.org/10.1111/jmcb.12574>
158. IMF, 2017: *Seeking Sustainable Growth: Short-Term Recovery, Long-Term Challenges*. World Economic Outlook. International Monetary Fund, Washington, DC. <https://www.imf.org/en/publications/weo/issues/2017/09/19/world-economic-outlook-october-2017>
159. Barnett, M., W. Brock, and L.P. Hansen, 2020: Pricing uncertainty induced by climate change. *The Review of Financial Studies*, **33** (3), 1024–1066. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhz144>
160. Hong, H., N. Wang, and J. Yang, 2021: Welfare Consequences of Sustainable Finance. Working Paper 28595. National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA. <https://doi.org/10.3386/w28595>
161. Olmstead, A.L. and P.W. Rhode, 2011: Adapting North American wheat production to climatic challenges, 1839–2009. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **108** (2), 480–485. <https://doi.org/10.1073/pnas.1008279108>
162. Roberts, M.J. and W. Schlenker, 2011: Ch. 8. The evolution of heat tolerance of corn: Implications for climate change. In: *The Economics of Climate Change: Adaptations Past and Present*. Libecap, G.D. and R.H. Steckel, Eds. University of Chicago Press, 225–251. <http://www.nber.org/chapters/c11988>
163. Miao, Q., Y. Hou, and M. Abrigo, 2018: Measuring the financial shocks of natural disasters: A panel study of U.S. states. *National Tax Journal*, **71** (1), 11–44. <https://doi.org/10.17310/ntj.2018.1.01>
164. EPA, 2017: Multi-Model Framework for Quantitative Sectoral Impacts Analysis: A Technical Report for the Fourth National Climate Assessment. EPA 430-R-17-001. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. <https://www.epa.gov/cira/multi-model-framework-quantitative-sectoral-impacts-analysis>

165. CPUC, 2018: Order Instituting Rulemaking to Consider Strategies and Guidance for Climate Change Adaptation. Proceeding: R18-04-019. California Public Utilities Commission. <https://docs.cpuc.ca.gov/searchres.aspx?docformat=all&docid=213511543>
166. Dellink, R., E. Lanzi, and J. Chateau, 2019: The sectoral and regional economic consequences of climate change to 2060. *Environmental and Resource Economics*, **72** (2), 309–363. <https://doi.org/10.1007/s10640-017-0197-5>
167. Neidell, M., J.G. Zivin, M. Sheahan, J. Willwerth, C. Fant, M. Sarofim, and J. Martinich, 2021: Temperature and work: Time allocated to work under varying climate and labor market conditions. *PLoS ONE*, **16** (8), 0254224. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254224>
168. Cohen, F., M. Glachant, and M. Söderberg, 2017: The Cost of Adapting to Climate Change: Evidence from the US Residential Sector. Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment Working Paper No. 263; CCCEP Working Paper No. 297. Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, Centre for Climate Change Economics and Policy. <https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/publication/the-cost-of-adapting-to-climate-change-evidence-from-the-us-residential-sector/>
169. Auffhammer, M., P. Baylis, and C.H. Hausman, 2017: Climate change is projected to have severe impacts on the frequency and intensity of peak electricity demand across the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **114** (8), 1886–1891. <https://doi.org/10.1073/pnas.1613193114>
170. Park, R.J., A.P. Behrer, and J. Goodman, 2021: Learning is inhibited by heat exposure, both internationally and within the United States. *Nature Human Behaviour*, **5** (1), 19–27. <https://doi.org/10.1038/s41562-020-00959-9>
171. Graff Zivin, J., S.M. Hsiang, and M. Neidell, 2018: Temperature and human capital in the short and long run. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, **5** (1), 77–105. <https://doi.org/10.1086/694177>
172. Park, R.J., 2022: Hot temperature and high-stakes performance. *The Journal of Human Resources*, **57** (2), 400–434. <https://doi.org/10.3368/jhr.57.2.0618-9535r3>
173. Hsiang, S.M., M. Burke, and E. Miguel, 2013: Quantifying the influence of climate on human conflict. *Science*, **341** (6151), 1235367. <https://doi.org/10.1126/science.1235367>
174. Obradovich, N., R. Migliorini, S.C. Mednick, and J.H. Fowler, 2017: Nighttime temperature and human sleep loss in a changing climate. *Science Advances*, **3** (5), e1601555. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1601555>
175. Obradovich, N., R. Migliorini, M.P. Paulus, and I. Rahwan, 2018: Empirical evidence of mental health risks posed by climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **115** (43), 10953–10958. <https://doi.org/10.1073/pnas.1801528115>
176. Baylis, P., 2020: Temperature and temperament: Evidence from Twitter. *Journal of Public Economics*, **184**, 104161. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2020.104161>
177. Gellman, J., M. Walls, and M. Wibbenmeyer, 2022: Wildfire, smoke, and outdoor recreation in the western United States. *Forest Policy and Economics*, **134**, 102619. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102619>
178. Obradovich, N. and J.H. Fowler, 2017: Climate change may alter human physical activity patterns. *Nature Human Behaviour*, **1** (5), 0097. <https://doi.org/10.1038/s41562-017-0097>
179. Wobus, C., E.E. Small, H. Hosterman, D. Mills, J. Stein, M. Rissing, R. Jones, M. Duckworth, R. Hall, M. Kolian, J. Creason, and J. Martinich, 2017: Projected climate change impacts on skiing and snowmobiling: A case study of the United States. *Global Environmental Change*, **45**, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.04.006>
180. Fan, Q. and L.A. Bakkensen, 2021: Household sorting as adaptation to hurricane risk in the United States. *Land Economics*, **98** (2), 219–238. <https://doi.org/10.3368/le.98.2.11319-0162r1>
181. Sinha, P., M.L. Caulkins, and M.L. Cropper, 2018: Household location decisions and the value of climate amenities. *Journal of Environmental Economics and Management*, **92**, 608–637. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2017.08.005>
182. Kim, H.S., C. Matthes, and T. Phan, 2021: Extreme Weather and the Macroeconomy. Working Paper 21-14R. Federal Reserve Bank of Richmond, 44 pp. <https://doi.org/10.21144/wp21-14>
183. Kousky, C., E.F.P. Luttmer, and R.J. Zeckhauser, 2006: Private investment and government protection. *Journal of Risk and Uncertainty*, **33** (1), 73–100. <https://doi.org/10.1007/s11166-006-0172-y>

184. Hsiang, S.M. and A.S. Jina, 2015: Geography, depreciation, and growth. *American Economic Review*, **105** (5), 252–56. <https://doi.org/10.1257/aer.p20151029>
185. Swart, R., 2019: Assessing physical climate risks for investments: A risky promise. *Climate Services*, **14**, 15–18. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2019.04.001>
186. TCFD, 2017: Recommendations of the Task Force on Climate-Related Financial Disclosures: Final Report. Task Force on Climate-Related Financial Disclosures. <https://assets.bbhub.io/company/sites/60/2020/10/FINAL-2017-TCFD-Report-11052018.pdf>
187. Executive Office of the President, 2021: Executive Order 14008: Tackling the climate crisis at home and abroad. *Federal Register*, **86** (19), 7619–7633. <https://www.federalregister.gov/documents/2021/02/01/2021-02177/tackling-the-climate-crisis-at-home-and-abroad>
188. Executive Office of the President, 2021: Executive Order 14030: Climate-Related Financial Risk. *Federal Register*, **86**, 27967–27971. <https://www.federalregister.gov/documents/2021/05/25/2021-11168/climate-related-financial-risk>
189. Frimpong, E., D.R. Petrolia, A. Harri, and J.H. Cartwright, 2020: Flood insurance and claims: The impact of the community rating system. *Applied Economic Perspectives and Policy*, **42** (2), 245–262. <https://doi.org/10.1093/aapp/ppz013>
190. Garg, T., M. Jagnani, and V. Taraz, 2020: Temperature and human capital in India. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, **7** (6), 1113–1150. <https://doi.org/10.1086/710066>
191. Mullins, J.T. and C. White, 2020: Can access to health care mitigate the effects of temperature on mortality? *Journal of Public Economics*, **191**, 104259. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2020.104259>
192. Baylis, P.W. and J. Boomhower, 2022: Mandated vs. Voluntary Adaptation to Natural Disasters: The Case of U.S. Wildfires. Working Paper 29621. National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA. <https://doi.org/10.3386/w29621>
193. FEMA, 2020: Building Codes Save: A Nationwide Study. U.S. Department of Homeland Security, Federal Emergency Management Agency. [https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-11/fema\\_building-codes-save\\_study.pdf](https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-11/fema_building-codes-save_study.pdf)
194. Simmons, K.M., J. Czajkowski, and J.M. Done, 2018: Economic effectiveness of implementing a statewide building code: The case of Florida. *Land Economics*, **94** (2), 155–174. <https://doi.org/10.3368/le.94.2.155>
195. Lee, S., 2021: Adapting to Natural Disasters through Better Information: Evidence from the Home Seller Disclosure Requirement. Research Paper No. 21/17. MIT Center for Real Estate. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3960813>
196. Kousky, C., 2018: Financing flood losses: A discussion of the National Flood Insurance Program. *Risk Management and Insurance Review*, **21** (1), 11–32. <https://doi.org/10.1111/rmir.12090>
197. Gallagher, J. and D. Hartley, 2017: Household finance after a natural disaster: The case of Hurricane Katrina. *American Economic Journal: Economic Policy*, **9** (3), 199–228. <https://doi.org/10.1257/pol.20140273>
198. Phan, T. and F.F. Schwartzman, 2023: Climate Defaults and Financial Adaptation. Working Paper No. 23-06. Federal Reserve Bank of Richmond. <https://doi.org/10.21144/wp23-06>
199. Annan, F. and W. Schlenker, 2015: Federal crop insurance and the disincentive to adapt to extreme heat. *American Economic Review*, **105** (5), 262–266. <https://doi.org/10.1257/aer.p20151031>
200. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2017: *Valuing Climate Damages: Updating Estimation of the Social Cost of Carbon Dioxide*. The National Academies Press, Washington, DC, 280 pp. <https://doi.org/10.17226/24651>
201. IWG, 2021: Technical Support Document: Social Cost of Carbon, Methane, and Nitrous Oxide—Interim Estimates under Executive Order 13990. U.S. Government, Interagency Working Group on Social Cost of Greenhouse Gases. [https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/02/technicalsupportdocument\\_socialcostofcarbonmethanenitrousoxide.pdf](https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/02/technicalsupportdocument_socialcostofcarbonmethanenitrousoxide.pdf)
202. Brunetti, C., B. Dennis, D. Gates, D. Hancock, D. Ignell, E.K. Kiser, G. Kotta, A. Kovner, R.J. Rosen, and N.K. Tabor, 2021: Climate Change and Financial Stability. FEDS Notes. Board of Governors of the Federal Reserve System, Washington, DC. <https://doi.org/10.17016/2380-7172.2893>

203. FSOC, 2021: Report on Climate-Related Financial Risk. Financial Stability Oversight Council, Washington, DC. <https://home.treasury.gov/system/files/261/FSOC-Climate-Report.pdf>
204. Hansen, L.P., 2022: Central banking challenges posed by uncertain climate change and natural disasters. *Journal of Monetary Economics*, **125**, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2021.09.010>
205. Jung, H., R. Engle, and R. Berner, 2021: CRISK: Measuring the Climate Risk Exposure of the Financial System. FRB of New York Staff Report No. 977. Federal Reserve Bank of New York. [https://www.newyorkfed.org/medialibrary/media/research/staff\\_reports/sr977.pdf](https://www.newyorkfed.org/medialibrary/media/research/staff_reports/sr977.pdf)
206. Phan, T., 2021: Climate Change and Financial Stability? Recalling Lessons from the Great Recession. Economic Brief No. 21-27. Federal Reserve Bank of Richmond. [https://www.richmondfed.org/publications/research/economic\\_brief/2021/eb\\_21-27](https://www.richmondfed.org/publications/research/economic_brief/2021/eb_21-27)
207. Climate-Related Market Risk Subcommittee, 2020: Managing Climate Risk in the U.S. Financial System. U.S. Commodity Futures Trading Commission, Market Risk Advisory Committee, Washington, DC, 165 pp. <https://www.preventionweb.net/quick/50716>
208. Bakkensen, L.A., T. Phan, and T.-N. Wong, 2023: Leveraging the Disagreement on Climate Change: Theory and Evidence. Working Paper No. 23-01. Federal Reserve Bank of Richmond. <https://doi.org/10.21144/wp23-01>
209. Ouazad, A. and M.E. Kahn, 2022: Mortgage finance and climate change: Securitization dynamics in the aftermath of natural disasters. *The Review of Financial Studies*, **35** (8), 3617-3665. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhab124>
210. Phan, T., 2022: Are Some Homebuyers Strategically Transferring Climate Risks to Lenders? Economic Brief, No. 22-14. Federal Reserve Bank of Richmond. [https://www.richmondfed.org/publications/research/economic\\_brief/2022/eb\\_22-14](https://www.richmondfed.org/publications/research/economic_brief/2022/eb_22-14)
211. Murfin, J. and M. Spiegel, 2020: Is the risk of sea level rise capitalized in residential real estate? *The Review of Financial Studies*, **33** (3), 1217-1255. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhz134>
212. Heyes, A. and S. Saberian, 2019: Temperature and decisions: Evidence from 207,000 court cases. *American Economic Journal: Applied Economics*, **11** (2), 238-265. <https://doi.org/10.1257/app.20170223>
213. Obradovich, N., 2017: Climate change may speed democratic turnover. *Climatic Change*, **140** (2), 135-147. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1833-8>
214. Burke, M., S.M. Hsiang, and E. Miguel, 2015: Climate and conflict. *Annual Review of Economics*, **7** (1), 577-617. <https://doi.org/10.1146/annurev-economics-080614-115430>
215. Ranson, M., 2014: Crime, weather, and climate change. *Journal of Environmental Economics and Management*, **67** (3), 274-302. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2013.11.008>
216. Du, D. and X. Zhao, 2020: Hurricanes and Residential Mortgage Loan Performance. WP-2020-04. U.S. Department of the Treasury, Office of the Comptroller of the Currency, 48 pp. <https://www.occ.gov/publications-and-resources/publications/economics/working-papers-banking-perf-reg/economic-working-paper-hurricanes-residential-mortgage-loan-perf.html>
217. Kunreuther, H.C. and E.O. Michel-Kerjan, 2011: *At War with the Weather: Managing Large-Scale Risks in a New Era of Catastrophes*. MIT Press, 440 pp. <https://mitpress.mit.edu/9780262516549/at-war-with-the-weather/>
218. Healy, A. and N. Malhotra, 2010: Random events, economic losses, and retrospective voting: Implications for democratic competence. *Quarterly Journal of Political Science*, **5** (2), 193-208. <https://doi.org/10.1561/100.00009057>
219. Acosta, R.J., N. Kishore, R.A. Irizarry, and C.O. Buckee, 2020: Quantifying the dynamics of migration after Hurricane Maria in Puerto Rico. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **117** (51), 32772-32778. <https://doi.org/10.1073/pnas.2001671117>
220. Cattaneo, C., M. Beine, C.J. Fröhlich, D. Kniveton, I. Martinez-Zarzoso, M. Mastrorillo, K. Millock, E. Pigué, and B. Schraven, 2019: Human migration in the era of climate change. *Review of Environmental Economics and Policy*, **13** (2), 189-206. <https://doi.org/10.1093/reep/rez008>
221. Cai, R., S. Feng, M. Oppenheimer, and M. Pytlikova, 2016: Climate variability and international migration: The importance of the agricultural linkage. *Journal of Environmental Economics and Management*, **79**, 135-151. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2016.06.005>

222. Missirian, A. and W. Schlenker, 2017: Asylum applications respond to temperature fluctuations. *Science*, **358** (6370), 1610–1614. <https://doi.org/10.1126/science.aao0432>
223. Belasen, A.R. and S.W. Polachek, 2008: How hurricanes affect wages and employment in local labor markets. *The American Economic Review*, **98** (2), 49–53. <http://www.jstor.org/stable/29729993>
224. Kousky, C., B. Lingle, and L. Shabman, 2017: The pricing of flood insurance. *Journal of Extreme Events*, **4** (2), 1750001. <https://doi.org/10.1142/s2345737617500014>
225. Auffhammer, M. and A. Aroonruengsawat, 2011: Simulating the impacts of climate change, prices and population on California's residential electricity consumption. *Climatic Change*, **109** (1), 191–210. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0299-y>
226. Butler, E.E. and P. Huybers, 2013: Adaptation of US maize to temperature variations. *Nature Climate Change*, **3**, 68–72. <https://doi.org/10.1038/nclimate1585>
227. Lorie, M., J.E. Neumann, M.C. Sarofim, R. Jones, R.M. Horton, R.E. Kopp, C. Fant, C. Wobus, J. Martinich, M. O'Grady, and L.E. Gentile, 2020: Modeling coastal flood risk and adaptation response under future climate conditions. *Climate Risk Management*, **29**, 100233. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2020.100233>
228. Howard, P.H. and T. Sterner, 2017: Few and not so far between: A meta-analysis of climate damage estimates. *Environmental and Resource Economics*, **68** (1), 197–225. <https://doi.org/10.1007/s10640-017-0166-z>
229. Dietz, S., J. Rising, T. Stoerk, and G. Wagner, 2021: Economic impacts of tipping points in the climate system. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **118** (34), e2103081118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2103081118>
230. Kemp, L., C. Xu, J. Depledge, K.L. Ebi, G. Gibbins, T.A. Kohler, J. Rockström, M. Scheffer, H.J. Schellnhuber, W. Steffen, and T.M. Lenton, 2022: Climate endgame: Exploring catastrophic climate change scenarios. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **119** (34), e2108146119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2108146119>
231. Nordhaus, W., 2019: Economics of the disintegration of the Greenland ice sheet. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **116** (25), 12261–12269. <https://doi.org/10.1073/pnas.1814990116>
232. Dietz, S., J. Rising, T. Stoerk, and G. Wagner, 2022: Reply to Keen et al.: Dietz et al. modeling of climate tipping points is informative even if estimates are a probable lower bound. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **119** (21), e2201191119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2201191119>
233. Keen, S., T.M. Lenton, T.J. Garrett, J.W.B. Rae, B.P. Hanley, and M. Grasselli, 2022: Estimates of economic and environmental damages from tipping points cannot be reconciled with the scientific literature. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **119** (21), e2117308119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2117308119>
234. Giglio, S., B. Kelly, and J. Stroebel, 2021: Climate finance. *Annual Review of Financial Economics*, **13** (1), 15–36. <https://doi.org/10.1146/annurev-financial-102620-103311>
235. Alman, B.L., G. Pfister, H. Hao, J. Stowell, X. Hu, Y. Liu, and M.J. Strickland, 2016: The association of wildfire smoke with respiratory and cardiovascular emergency department visits in Colorado in 2012: A case crossover study. *Environmental Health*, **15** (1), 64. <https://doi.org/10.1186/s12940-016-0146-8>
236. Gan, R.W., B. Ford, W. Lassman, G. Pfister, A. Vaidyanathan, E. Fischer, J. Volckens, J.R. Pierce, and S. Magzamen, 2017: Comparison of wildfire smoke estimation methods and associations with cardiopulmonary-related hospital admissions. *GeoHealth*, **1** (3), 122–136. <https://doi.org/10.1002/2017gh000073>
237. Miller, N., D. Molitor, and E. Zou, 2017: Blowing Smoke: Health Impacts of Wildfire Plume Dynamics. University of Illinois, 35 pp. <https://nmiller.web.illinois.edu/documents/research/smoke.pdf>
238. Issler, P., R. Stanton, C. Vergara-Alert, and N. Wallace, 2020: Mortgage Markets with Climate-Change Risk: Evidence from Wildfires in California. *Social Science Research Network*, 48 pp. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3511843>
239. Netusil, N.R., C. Kousky, S. Neupane, W. Daniel, and H. Kunreuther, 2021: The willingness to pay for flood insurance. *Land Economics*, **97** (1), 17–38. <https://doi.org/10.3368/wple.97.1.110819-0160r1>
240. GAO, 2021: FEMA Flood Maps: Better Planning and Analysis Needed to Address Current and Future Flood Hazards. GAO-22-104079. U.S. Government Accountability Office. <https://www.gao.gov/assets/gao-22-104079.pdf>

241. Acemoglu, D., P. Aghion, L. Bursztyn, and D. Hemous, 2012: The environment and directed technical change. *American Economic Review*, **102** (1), 131–66. <https://doi.org/10.1257/aer.102.1.131>
242. Kompas, T., V.H. Pham, and T.N. Che, 2018: The effects of climate change on GDP by country and the global economic gains from complying with the Paris Climate Accord. *Earth's Future*, **6** (8), 1153–1173. <https://doi.org/10.1029/2018ef000922>
243. Nordhaus, W.D., 2017: Revisiting the social cost of carbon. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **114** (7), 1518–1523. <https://doi.org/10.1073/pnas.1609244114>
244. Roson, R. and M. Sartori, 2016: Estimation of climate change damage functions for 140 regions in the GTAP 9 Data Base. *Journal of Global Economic Analysis*, **1** (2), 78–115. <https://doi.org/10.21642/jgea.010202af>
245. Collier, B., L. Powell, M.A. Ragin, and X. You, 2020: Financing Negative Shocks: Evidence from Hurricane Harvey. Social Science Research Network. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3741812>
246. Collier, B.L., A.F. Haughwout, H.C. Kunreuther, and E.O. Michel-Kerjan, 2020: Firms' management of infrequent shocks. *Journal of Money, Credit and Banking*, **52** (6), 1329–1359. <https://doi.org/10.1111/jmcb.12674>
247. Davlasheridze, M., K. Fisher-Vanden, and H.A. Klaiber, 2017: The effects of adaptation measures on hurricane induced property losses: Which FEMA investments have the highest returns? *Journal of Environmental Economics and Management*, **81**, 93–114. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2016.09.005>
248. Kousky, C. and E. Michel-Kerjan, 2017: Examining flood insurance claims in the United States: Six key findings. *Journal of Risk and Insurance*, **84** (3), 819–850. <https://doi.org/10.1111/jori.12106>
249. Wagner, K.R.H., 2022: Adaptation and adverse selection in markets for natural disaster insurance. *American Economic Journal: Economic Policy*, **14** (3), 380–421. <https://doi.org/10.1257/pol.20200378>
250. Pope, J.C., 2008: Do seller disclosures affect property values? Buyer information and the hedonic model. *Land Economics*, **84** (4), 551–572. <https://doi.org/10.3368/le.84.4.551>
251. Kousky, C., H. Kunreuther, B. Lingle, and L. Shabman, 2018: The Emerging Private Residential Flood Insurance Market in the United States. University of Pennsylvania, Wharton Risk Management and Decision Processes Center, 53 pp. <https://www.preventionweb.net/quick/47371>
252. Auffhammer, M. and J.R. Vincent, 2012: Unobserved time effects confound the identification of climate change impacts. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **109** (30), 11973–11974. <https://doi.org/10.1073/pnas.1202049109>
253. Feng, S. and M. Oppenheimer, 2012: Applying statistical models to the climate–migration relationship. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **109** (43), E2915–E2915. <https://doi.org/10.1073/pnas.1212226109>