

Entorno construido, sistemas urbanos y ciudades



Capítulo 12. Entorno construido, sistemas urbanos y ciudades

Autores y colaboradores

Autor principal de coordinación federal

Meridith M. Fry, US Environmental Protection Agency

Autor principal del capítulo

Eric K. Chu, University of California, Davis

Autores del capítulo

Jayajit Chakraborty, University of Texas at El Paso

So-Min Cheong, Texas A&M University

Christopher Clavin, National Institute of Standards and Technology (until October 2022)

Makena Coffman, University of Hawai'i at Mānoa, Department of Urban and Regional Planning

David M. Hondula, City of Phoenix, Arizona

David Hsu, Massachusetts Institute of Technology

Viniece L. Jennings, Agnes Scott College

Jesse M. Keenan, Tulane University

Ann Kosmal, US General Services Administration

Tischa A. Muñoz-Erickson, USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry

Na'Taki Osborne Jelks, Spelman College

Contribuyentes técnicos

Kristin Baja, Urban Sustainability Directors Network

Michele Barbato, University of California, Davis

Joyce Coffee, Climate Resilience Consulting

Juan F. Fung, National Institute of Standards and Technology

Adrienne I. Greve, California Polytechnic State University

Kevin R. Gurney, Northern Arizona University

Mathew Hauer, Florida State University

Joe Krolak, US Department of Transportation, Federal Highway Administration

Victoria L. Ludwig, US Environmental Protection Agency

A. Marissa Matsler, US Environmental Protection Agency, Oak Ridge Institute for Science and Education

Sara Meerow, Arizona State University

Chandana Mitra, Auburn University

Kimberly L. Mueller, National Institute of Standards and Technology

Christopher J. Narducci, ICF

Daniel S. Sharar-Salgado, US Department of Transportation

Hua Shi, US Geological Survey, Earth Resources Observation and Science Center/ASRC Federal Data Solutions

Yating Zhang, National Institute of Standards and Technology

Editor revisor

Austin N. Glass, University of Michigan

Arte de apertura de capítulo

Diane Bronstein

Cita recomendada

Chu, E.K., M.M. Fry, J. Chakraborty, S.-M. Cheong, C. Clavin, M. Coffman, D.M. Hondula, D. Hsu, V.L. Jennings, J.M. Keenan, A. Kosmal, T.A. Muñoz-Erickson, and N.T.O. Jelks, 2023: Cap. 12. Entorno construido, sistemas urbanos y ciudades. 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.CH12.ES>

Índice de Contenidos

Introducción	5
Mensaje clave 12.1	
Las áreas urbanas son los principales motores del cambio climático	6
Mensaje clave 12.2	
Los atributos del entorno construido agravan los impactos, los riesgos y las vulnerabilidades climáticas	9
Mensaje clave 12.3	
Los entornos urbanos crean oportunidades para la mitigación y adaptación climática	16
Recuadro 12.1. Financiamiento de la acción por el clima en los gobiernos locales	21
Mensaje clave 12.4	
Las acciones comunitarias marcan el cambio hacia una gobernanza climática equitativa	22
Cuentas trazables.....	24
Descripción del proceso	24
Mensaje clave 12.1.....	25
Mensaje clave 12.2.....	26
Mensaje clave 12.3.....	29
Mensaje clave 12.4.....	30
Referencias	33

Introducción

El entorno construido incluye paisajes, estructuras y sistemas de infraestructuras creados o modificados por la actividad humana que reúnen personas, servicios y actividades económicas. Este capítulo se centra en el entorno construido en las ciudades y suburbios de todo el país, donde viven y trabajan la mayoría de los estadounidenses. Las ciudades y las áreas urbanas son también una parte fundamental de la cultura, la naturaleza y el patrimonio histórico del país. Las decisiones que tomemos hoy en las ciudades, los suburbios y el entorno construido para hacer abordar el cambio climático afectarán los medios de subsistencia, el bienestar y la calidad de vida de todos los estadounidenses en el futuro.

El cambio climático tiene efectos múltiples y acumulativos sobre las ciudades y el entorno construido. Las ciudades y las zonas urbanas son motores notables del cambio climático a través de la creación de emisiones de gases de efecto invernadero (greenhouse gas, GHG) procedentes del consumo humano y del cambio de uso de la tierra (KM 12.1). Los atributos del entorno construido también influyen en los climas locales y regionales, que se ven aún más afectados por el cambio climático. En todo el país, las ciudades se enfrentan al aumento de las temperaturas y al aumento del nivel del mar, así como a cambios en eventos extremos como sequías, incendios forestales, precipitaciones extremas, inundaciones y olas de calor (KM 12.2). Se proyecta que el cambio climático tenga efectos en cascada sobre los sistemas críticos de energía, transporte, comunicación y cadena de suministro (Capítulos 5, 13, 18; enfoque en riesgos de las cadenas de suministro). Las proyecciones climáticas también muestran cambios demográficos y de uso de la tierra y una distribución desigual del riesgo de cambio climático (Capítulos 2, 3). Las infraestructuras urbanas se verán aún más presionadas por el cambio climático, a menos que se emprendan acciones efectivas de mitigación de los GHG y de adaptación climática.

Muchos gobiernos de las ciudades están planificando los riesgos climáticos a corto y mediano plazos para proteger sus economías y el bienestar de las comunidades y los residentes (KM 12.3). Estos planes involucran diseños de infraestructuras con visión de futuro, uso de la tierra y zonificación, códigos de construcción, herramientas de apoyo a la toma de decisiones y servicios para garantizar la calidad de vida de los residentes. Sin embargo, la implementación de estas acciones es desigual y limitada en escala y a menudo carece de visión a largo plazo (Capítulos 31, 32), y no todos los gobiernos de las ciudades reconocen las desigualdades que sufren las comunidades sobrecargadas. Las brechas persistentes en la prestación de servicios médicos, vivienda, alimentación, transporte, oportunidades de empleo y espacios verdes exponen a las comunidades ya sobrecargadas a un mayor riesgo de sufrir impactos climáticos adversos.

El reciente aumento del número de enfoques locales y comunitarios apunta a la posibilidad de una planificación e implementación más integradoras de las medidas climáticas (KM 12.4). Aun así, sin estrategias basadas en evidencia para evaluar las acciones climáticas, las ciudades corren el riesgo de invertir en infraestructuras y sistemas del entorno construido que bloquean las futuras emisiones urbanas de GHG, tienen un rendimiento inferior o una vida útil más corta y agravan los riesgos climáticos adversos para las comunidades sobrecargadas.

Mensaje clave 12.1

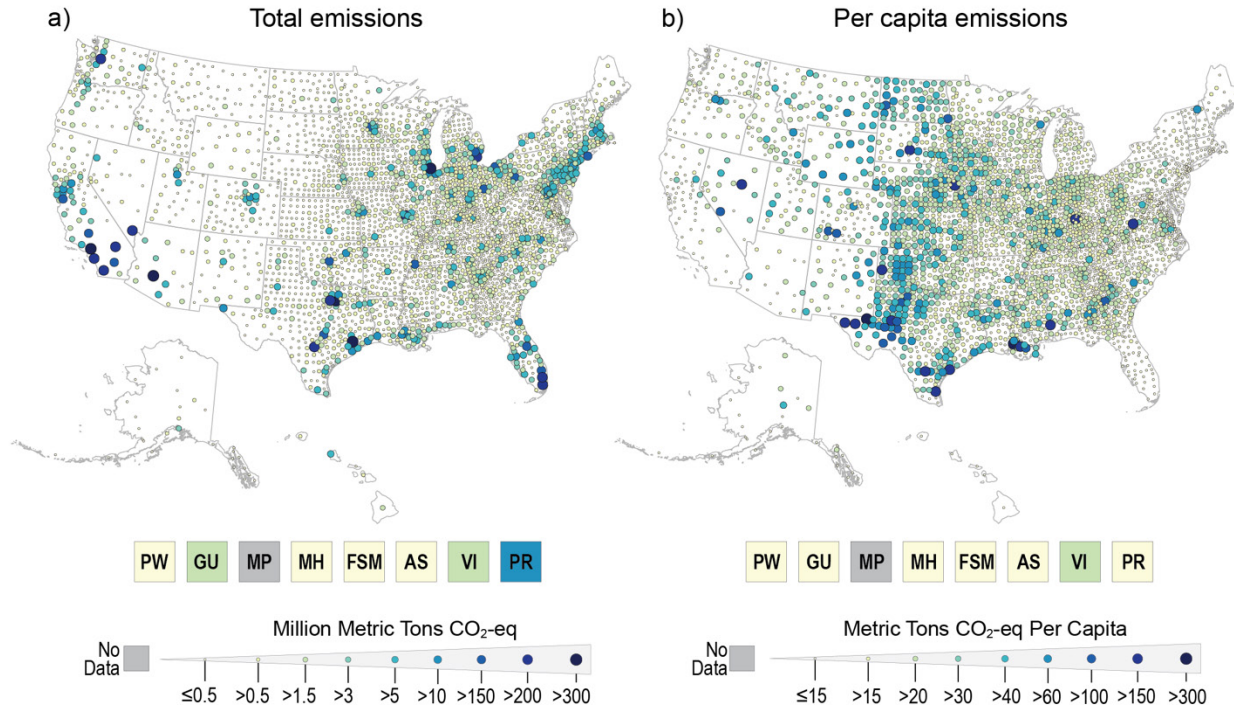
Las áreas urbanas son los principales motores del cambio climático

El consumo de alimentos, energía, agua y materiales es uno de los principales motores del cambio climático mundial, y estas actividades de consumo se concentran de forma desproporcionada en áreas urbanas y suburbanas (*casi seguro, confianza muy alta*).

El consumo humano y la actividad económica en áreas urbanas y suburbanas de todo el país contribuyen de forma significativa a las emisiones totales de GHG y otros contaminantes atmosféricos de los EE. UU.^{1,2,3}. La proporción exacta de emisiones procedentes de las áreas urbanas depende de su definición, así como de la atribución de las emisiones procedentes del consumo (aguas arriba), los residuos (aguas abajo) y la importación y exportación de bienes y servicios (emisiones indirectas) a las áreas urbanas^{4,5}. Las emisiones también se distribuyen de forma desigual entre las ciudades: las 10 mayores, más el 5 % de las periferias, representan más de la mitad de todas las emisiones del país⁶.

Las ciudades tienen grandes emisiones de GHG en términos absolutos (es decir, emisiones totales). Aproximadamente el 70 % de las emisiones urbanas de GHG proceden del consumo energético de los edificios, los combustibles para el transporte, la industria, el suministro eléctrico y la construcción (Figura 12.1)^{5,7,8}. Aunque las altas densidades de población en las áreas urbanas pueden corresponder a emisiones per cápita más bajas, esta métrica no suele captar todo el alcance de las emisiones indirectas y el consumo de los residentes urbanos, así como la variación espacial dentro de las zonas urbanas^{3,9}.

Emisiones de gases de efecto invernadero por condados y territorios afiliados de los EE. UU.

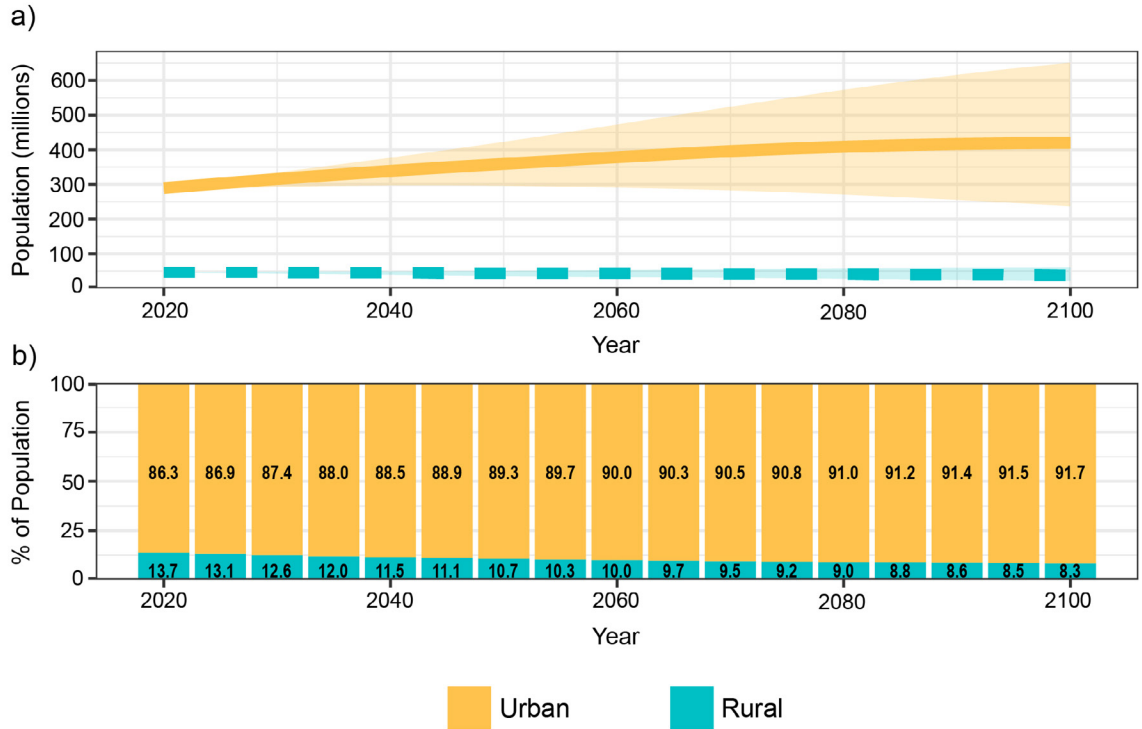


Las áreas urbanas y suburbanas aportan la mayor parte de las emisiones totales de gases de efecto invernadero a través de su consumo y su población.

Figura 12.1. Los mapas muestran las emisiones totales (a) y per cápita (b), medidas en millones de toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente (CO₂-eq) y toneladas métricas de CO₂-eq por persona, respectivamente. Las emisiones totales de GHG en todo el país se concentran en ciudades y áreas suburbanas. Sin embargo, los niveles de emisiones per cápita de los residentes urbanos y suburbanos son relativamente inferiores a los de las áreas rurales, aunque las mediciones suelen omitir las emisiones indirectas de los residentes urbanos o las variaciones de sus niveles de consumo. Las fuentes de emisiones incluidas proceden de la electricidad y el gas natural utilizados por edificios residenciales, comerciales e industriales, junto con la gasolina y el diésel utilizados por el transporte por carretera, pero no incluyen el consumo de alimentos, agua y materiales. Los datos de los 50 estados más el Distrito de Columbia (District of Columbia, DC) son por condado o equivalente de condado para el año 2016. Los datos de Palaos (Palau, PW), Guam (GU), República de las Islas Marshall (Republic of the Marshall Islands, MH), Estados Federados de Micronesia (Federated States of Micronesia, FSM), Samoa Americana (American Sāmoa, AS), Islas Vírgenes Estadounidenses (US Virgin Islands, VI) y Puerto Rico (PR) son de todo el territorio y corresponden al año 2019, excepto los de los FSM, cuyos datos son de 2017. No se dispone de datos correspondientes a las Islas Marianas del Norte (Northern Mariana Islands or Marianas Pacific, MP). Créditos de la figura: University of California, Davis; Northern Arizona University; NOAA NCEI y CISS NC.

Las emisiones totales de las áreas urbanas pueden seguir creciendo con la población urbana. La Figura 12.2 ilustra los cambios proyectados en la población de los EE. UU. hasta 2100 para las áreas urbanas y rurales. Los ingresos más altos y las densidades de población más bajas están relacionadas con un mayor uso residencial de la energía, incluidas las emisiones de GHG del transporte^{10,11}. Todas estas observaciones indican que si las áreas urbanas siguen creciendo en población, extensión y nivel de riqueza como se espera, sus emisiones totales también aumentarán, a menos que estos vínculos puedan modificarse mediante la mitigación.

Tendencias de la población urbana y rural



Las áreas urbanas constituyen una mayoría significativa de la población total de los EE. UU. en todos los escenarios futuros.

Figura 12.2. El panel (a) muestra los cambios proyectados en la población urbana (incluidos los suburbios) y rural de los EE. UU. de 2020 a 2100 según las trayectorias socioeconómicas compartidas (Shared Socioeconomic Pathways, SSP), junto con las incertidumbres de los escenarios modelados en las áreas sombreadas. Las SSP describen futuros potenciales de emisiones de gases de efecto invernadero y desarrollo económico, por lo que el rango de incertidumbre está delimitado por el impacto global de las intervenciones climáticas a lo largo del tiempo. El panel (b) muestra el reparto proporcional entre población urbana y rural basado en un escenario promedio de SSP. Muestra que se espera que la proporción de población urbana aumente con el tiempo. Esta tendencia resalta la importancia de reducir las emisiones en las áreas urbanas y en los sistemas de infraestructuras construidas que se concentran en las ciudades y sus alrededores. Los datos demográficos solo están disponibles para los 50 estados más el DC y no están disponibles para el Caribe estadounidense ni las Islas del Pacífico afiliadas a los EE. UU. En los Capítulos 23 y 30 se analizan más a fondo las limitaciones de la disponibilidad de datos regionales. Créditos de la figura: University of California, Davis; Florida State University; Massachusetts Institute of Technology; NOAA NCEI y CISSNC.

Mensaje clave 12.2

Los atributos del entorno construido agravan los impactos, los riesgos y las vulnerabilidades climáticas

Los patrones de desarrollo urbano pueden agravar los impactos del cambio climático, como el aumento del calor y las inundaciones (*casi seguro, confianza muy alta*). El cambio climático está amplificando las cargas y los factores de estrés existentes en el entorno construido, y se espera que esto continúe (*casi seguro, confianza muy alta*). Las áreas urbanas se enfrentan a un riesgo elevado, ya que tanto las personas como el entorno construido están expuestos a peligros climáticos, y estos riesgos se distribuyen de forma desigual entre la población (*casi seguro, confianza muy alta*).

Los patrones de desarrollo urbano —resultantes de decisiones pasadas sobre el uso de la tierra urbano— influyen significativamente en los entornos locales y regionales (Capítulo 6), y estos patrones pueden exacerbar los efectos locales del cambio climático. Según el tipo de entorno construido, tanto el crecimiento urbano como el cambio de uso de la tierra han afectado y seguirán afectando la temperatura del aire superficial y del aire ambiente^{12,13,14,15,16,17}, la humedad local y regional^{18,19}, los patrones de viento²⁰, las precipitaciones^{21,22,23}, las inundaciones (KM 4.1)^{24,25,26}, la dispersión de contaminantes atmosféricos^{22,27}, la intensidad de las marejadas ciclónicas y el aumento del nivel del mar²⁸. La Figura 12.3 muestra varios ejemplos de tipos comunes de entornos construidos —también denominados zonas climáticas locales (Local Climate Zones, LCZ)— que se encuentran en ciudades y suburbios de todo el país.

Ejemplos de tipos de entorno construido en ciudades de los EE. UU.

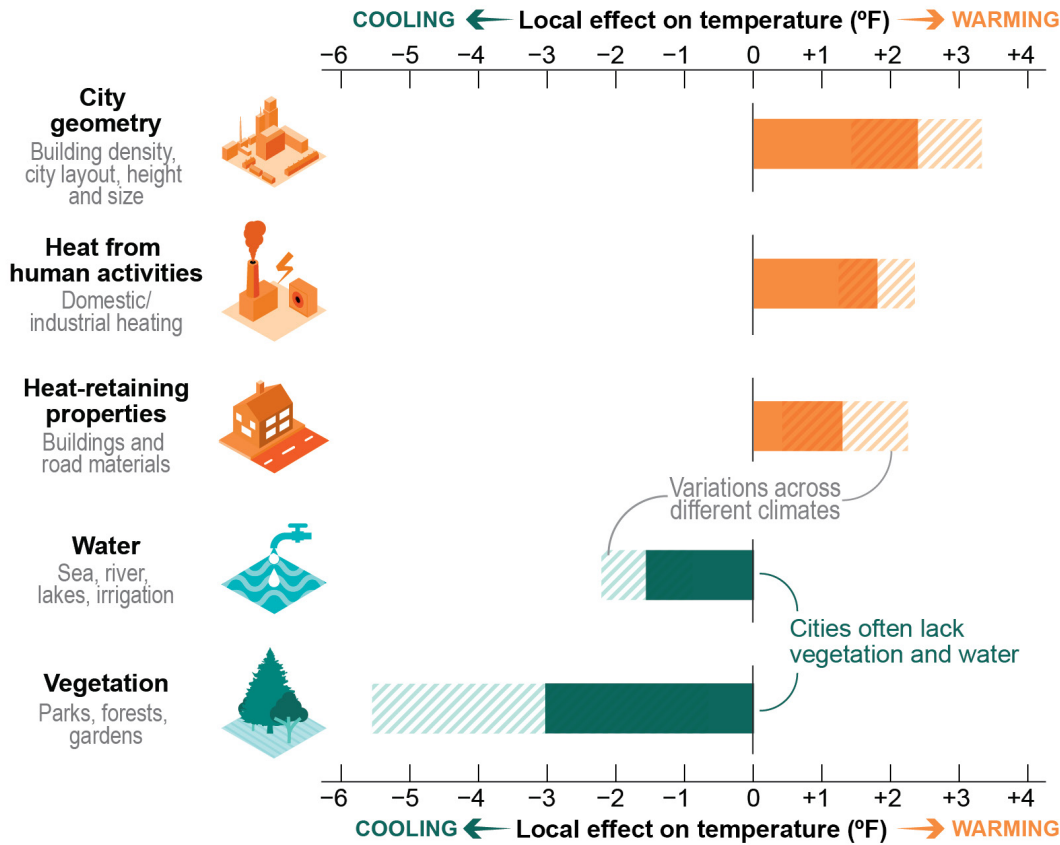


Las ciudades de los EE. UU. incluyen múltiples tipos de entornos construidos, desde densos núcleos urbanos hasta suburbios mucho menos densos.

Figura 12.3. Esta figura ilustra cinco ejemplos de un esquema de clasificación del uso y la cobertura de la tierra denominado zonas climáticas locales (LCZ)²⁹. El esquema incluye 10 clases y asume que los vecindarios de una misma LCZ son similares en su capacidad de modificar el clima urbano y son diferentes de los vecindarios de otras LCZ. Los residentes que viven y trabajan en vecindarios más compactos con una alta densidad de edificios de altura media y gran altura tienen más probabilidades de sufrir islas de calor urbano, ya que los edificios retienen el calor e impiden la ventilación. Las zonas industriales también registran temperaturas más elevadas debido a la falta de sombra de los árboles y a que el pavimento oscuro o el asfalto pueden atrapar el calor. Los ejemplos de esta figura son meramente ilustrativos. Adaptado de Masson *et al.* 2020³⁰ [CC BY 4.0]. Créditos de las fotografías: (Seattle) July7th/E+; (Chicago) Arial_Bold/iStock; (Washington, DC) Lingbeek/E+; (Charleston) Kruck20/iStock; (Jacksonville) Art Wager/E+; (Anchorage y Tucson) Jacob Boomsma/iStock; (Salt Lake City) olaser/iStock; (Long Beach) Jorge Villalba/iStock; (Texas City) Art Wager/iStock. Todas las fotografías son de Getty Images.

Los cambios en el diseño, la forma y la masa de los edificios y la configuración de las calles, los espacios verdes abiertos y los elementos acuáticos, así como sus interacciones, tienen efectos directos sobre la temperatura urbana y la demanda energética (Figura 12.4)^{5,31,32,33}. Por ejemplo, las temperaturas promedio diurnas de la superficie terrestre en Las Vegas son aproximadamente 3.6 °F (2 °C) más altas en las áreas clasificadas como industria pesada que en las clasificadas como de edificios de gran altura. Se espera que las temperaturas nocturnas del aire, en particular, sean más altas en muchas áreas urbanas debido al calor radiante y a la conductancia térmica de los edificios (Figura 12.5)^{34,35}.

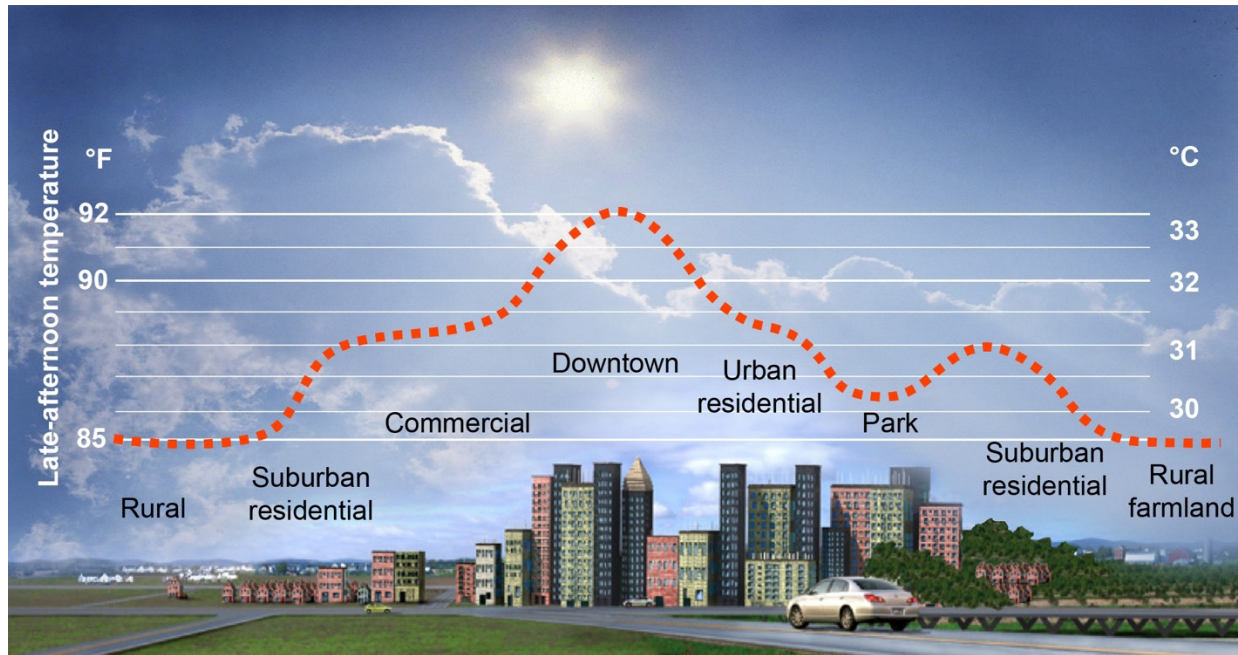
Efectos del entorno construido en las temperaturas locales



Diferentes aspectos del entorno construido afectan las temperaturas en las áreas urbanas.

Figura 12.4. Las ciudades suelen ser más calurosas que sus alrededores debido al efecto de isla de calor urbano, es decir, la prevalencia de temperaturas del aire más elevadas en las áreas urbanas a causa de la densidad general de edificios, el calor absorbido y emitido por los edificios y el asfalto y el calor procedente de las actividades comerciales, industriales y domésticas. Las partes sombreadas de las barras muestran cómo varían los efectos del calentamiento o enfriamiento de cada factor según el contexto climático local. Por ejemplo, la vegetación tiene un mayor efecto enfriante en los climas templados y cálidos. Adaptado con permiso de FAQ 10.2, Figura 1 de Doblas-Reyes *et al.* 2021³⁶.

El efecto de isla de calor urbano



Las islas de calor urbano son más prominentes en las áreas densas del centro de la ciudad con poco acceso a espacios abiertos.

Figura 12.5. La figura ilustra las fluctuaciones de temperatura en entornos naturales y construidos en una típica tarde de verano. Las áreas del centro de la ciudad con edificios altos y densos sufren el efecto de isla de calor porque el concreto y el asfalto absorben y retienen el calor. El calor residual de los automóviles, el aire acondicionado y otras actividades humanas también contribuyen al efecto de isla de calor. Las temperaturas más frescas se dan en los alrededores de parques urbanos, espacios verdes, abiertos y en los suburbios y áreas rurales. Las líneas de temperatura se muestran con fines ilustrativos y no representan el clima de una ciudad particular. Créditos de la figura: ©Heat Island Group, Lawrence Berkeley National Library. Adaptado con permiso.

El cambio climático tiene efectos negativos y en cascada en el entorno construido, y se proyecta que muchos sistemas de infraestructuras corren el riesgo de fallar, o ya se han observado fallas^{37,38,39,40}. Las temperaturas extremas también aumentan la demanda energética de los edificios, así como las emisiones de GHG y la contaminación atmosférica⁴¹. Las inundaciones desbordan los sistemas de aguas pluviales⁴², corroen las estructuras, socavan los cimientos y empeoran la calidad del aire interior debido al moho y a las bacterias⁴³. Las inundaciones también pueden afectar las infraestructuras críticas de comunicación digital e internet^{44,45,46}. Además, el calor extremo y las precipitaciones reducen la esperanza de vida de los pavimentos de las carreteras y de las superficies asfaltadas (Capítulo 13), y el humo de los incendios forestales reduce la esperanza de vida de los sistemas de calefacción, aire acondicionado, ventilación y filtración⁴⁷.

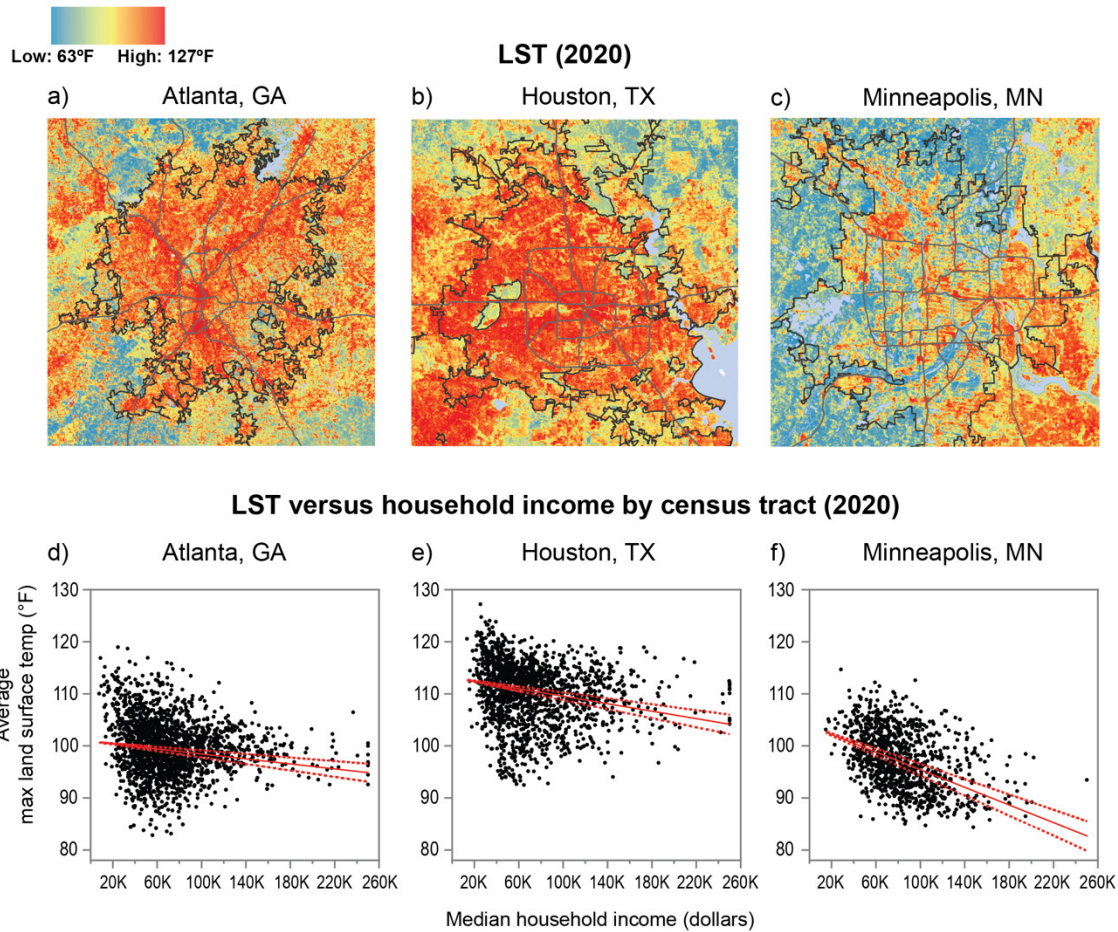
Muchos sistemas de infraestructuras de todo el país se están deteriorando y se encuentran al final de su vida útil prevista, y muchos de ellos no están diseñados para hacer frente a la carga adicional debida al cambio climático^{48,49}. El cambio climático tiene importantes implicaciones estructurales para los edificios^{50,51}, así como diferentes riesgos para los bienes públicos, históricos y culturales^{52,53}. Muchos códigos de construcción modelos han incorporado algunos elementos de mitigación de riesgos y adaptación climática; sin embargo, aún no se ha avanzado lo suficiente en la incorporación de estas normas a nivel estatal y local ni en el desarrollo de códigos y normas integrales de arquitectura, diseño e ingeniería que permitan la adaptación a una amplia variedad de impactos climáticos^{48,54,55,56,57,58}.

Las incertidumbres climáticas a largo plazo también afectarán la futura construcción y mantenimiento de presas, diques, puentes, sistemas de aguas pluviales, sistemas de distribución eléctrica y cerramientos de edificios, así como la protección de bienes históricos^{59,60,61,62,63}. El deterioro, los daños y los fallos en los sistemas de infraestructuras no suelen ser objeto de seguimiento, evaluación o divulgación pública en el contexto del cambio climático⁶⁴. Nuevos factores de estrés, como la migración humana (KM 20.3, 28.4, 30.3)⁶⁵, interrupciones de la cadena de suministro (enfoque en riesgos de las cadenas de suministro)^{66,67,68} y la pandemia por el COVID-19 (enfoque en el COVID-19 y cambio climático) ponen de relieve la vulnerabilidad interdependiente de las infraestructuras.

Los cambios climáticos observados y previstos afectan de forma desproporcionada a comunidades de escasos recursos, grupos históricamente excluidos de la toma de decisiones y personas con menor nivel educativo (Capítulo 20; KM 9.2)^{69,70,71}. Los vecindarios de escasos recursos están más expuestos a las temperaturas extremas (Figura 12.6; Capítulo 15)^{72,73,74}, donde el calor no solo provoca malestar físico a muchas personas, sino también mayores tasas de enfermedad y muerte^{75,76,77}. Se prevé que el riesgo de inundaciones en todo el país aumente de forma desproporcionada en los sectores de la población con más habitantes de razas negra e hispana^{78,79}. Estos impactos desproporcionados son, en parte, consecuencia de prácticas de desarrollo excluyentes, como la negación de servicios financieros. Las prácticas excluyentes en materia de vivienda —que persisten en la actualidad— dejan a las comunidades sobrecargadas con menor acceso a estrategias de reducción del calor, como los árboles urbanos y los espacios verdes, así como a recursos económicos y sociales más amplios^{73,80}.

Otro ejemplo del impacto desigual del cambio climático en el entorno construido es el deterioro de la calidad del aire interior que experimentan las personas que viven en vecindarios con viviendas precarias. Esto incluye la exposición a alérgenos como el moho y el polvo⁸¹ y a contaminantes como el dióxido de carbono⁸² y el dióxido de nitrógeno⁸³. En las regiones propensas a los incendios forestales, la calidad del aire interior se ve comprometida además por el humo (Capítulo 28; enfoque en los incendios forestales del occidente). La disminución de la interacción social y de la actividad física también puede tener consecuencias negativas para la salud mental cuando las personas se encierran en casa para evitar las temperaturas extremas⁸⁴.

Temperatura de la superficie terrestre y su relación con los ingresos medios del grupo familiar en tres ciudades



Los vecindarios urbanos con menos ingresos experimentan temperaturas superficiales más elevadas.

Figura 12.6. La figura muestra la distribución espacial de la máxima temperatura de la superficie terrestre (Land Surface Temperature, LST) en 2020 para Atlanta (a), Houston (b) y Minneapolis (c). Los gráficos (d), (e) y (f) muestran la relación entre la LST máxima y los ingresos medios del grupo familiar en los sectores de la población de cada ciudad (consulte también la Figura A4.4). Un análisis estadístico de la tendencia (el estimador Theil-Sen) arroja valores negativos para las tres ciudades, lo que indica que la LST disminuye a medida que aumentan los ingresos (línea roja continua). Las líneas rojas discontinuas indican el intervalo de confianza del 95 %, lo que significa que se espera que la verdadera pendiente de la tendencia se sitúe dentro de este intervalo. Tenga en cuenta que la LST se mide a nivel del suelo y puede diferir de la temperatura del aire en superficie, que se mide a una altura de 2 metros. Partes de esta figura incluyen propiedad intelectual de Esri y sus licenciantes y se utilizan bajo licencia. Derechos de autor © 2020 Esri y sus licenciantes. Todos los derechos reservados. Créditos de la figura: University of California, Davis; University of Texas at El Paso; Massachusetts Institute of Technology; City of Phoenix, Arizona; US Geological Survey.

Los impactos del cambio climático en las áreas urbanas son costosos debido a la densidad de infraestructuras, personas y servicios (Capítulo 19)^{85,86,87}. Las estimaciones de las pérdidas anuales proyectadas varían mucho según los datos disponibles y toda la gama de escenarios puestos en práctica^{88,89,90}. En los mensajes clave 3.3 y 3.5 puede encontrarse una evaluación más detallada de las formas en que los eventos extremos y los impactos climáticos se atribuyen a las actividades humanas. En consonancia con las directrices federales⁸⁹, se evalúan estimaciones de pérdidas anuales que van desde un escenario intermedio, en el que las tendencias de las emisiones de GHG no cambian notablemente respecto a los patrones de desarrollo históricos, hasta una trayectoria de progreso técnico más rápido y de aumento de la intensidad de los

recursos. La cuantificación de las pérdidas anuales según este intervalo puede servir de respaldo para la toma de decisiones a nivel local⁹⁰.

Para los sistemas de drenaje urbano en los EE. UU. contiguos, por ejemplo, las estimaciones de pérdidas promedio anuales proyectadas oscilan entre \$5,000 y \$6,800 millones en 2090, mientras que las pérdidas anuales en los sistemas de demanda y suministro de electricidad se estiman entre \$4,100 y \$11,200 millones en 2090 (en dólares de 2022, sin deducciones)⁸⁶. En cuanto a las infraestructuras de transporte, se estima que las pérdidas anuales promedio oscilarán entre \$9,800 y \$24,300 millones para las carreteras y entre \$620 y \$1,200 millones para los puentes en 2090 (en dólares de 2022, sin deducciones)⁸⁶. Los costos se concentran en la mitad oriental de los EE. UU. contiguos debido a una mayor densidad de infraestructuras de transporte⁹¹. Sin embargo, solo en un estado occidental (Alaska) los costos anuales proyectados de reparación, rehabilitación o reconstrucción de los daños causados por el cambio climático a las infraestructuras construidas podrían oscilar entre \$100 y \$207 millones en 2090 (en dólares de 2022, sin deducciones)⁸⁶.

En los condados y las comunidades costeras de todo el país viven 123 millones de personas (el 40 % de la población total; Capítulo 9)^{85,92}. En los EE. UU. contiguos, si no se toman medidas de adaptación, las estimaciones de pérdidas anuales promedio de las propiedades costeras oscilan entre \$112,000 y \$146,000 millones en 2090 (en dólares de 2022, sin deducciones)⁸⁶. Las estimaciones del valor de las propiedades costeras en riesgo de inundación en los EE. UU. Contiguos oscilan entre \$17,000 y \$582,000 millones (en dólares de 2022, sin deducciones)⁸⁵. Las regiones donde los riesgos para las propiedades costeras son mayores incluyen la costa Atlántica del Sureste y Noreste y la costa Sureste del Golfo⁸⁵. Se calcula que las pérdidas de bienes inmuebles costeros en la costa Atlántica del Sureste ascenderán a casi \$692,000 millones anuales en 2090 sin adaptación (en dólares de 2022, sin deducciones), con el sureste de Florida que representa más del 80 % de las pérdidas totales de la región⁹¹.

Propietarios de viviendas, inquilinos, administradores de bienes culturales, inversores y actuarios tienen ahora un mayor acceso a información que revela riesgos climáticos^{93,94,95}. Esta información es fundamental para evaluar, valorar y gestionar los riesgos climáticos para el entorno construido⁸⁵. Por ejemplo, los mercados inmobiliarios están respondiendo al riesgo climático con ajustes de los valores de las propiedades^{96,97,98,99,100} y cambios en las prácticas de préstamo hipotecario^{94,101}. La creciente concienciación y creencia en el cambio climático puede influir en el grado en que los valores de la tierra y la propiedad tienen en cuenta los riesgos climáticos^{98,102}. La concienciación sobre el cambio climático también está asociada a una menor construcción de viviendas en zonas de alto riesgo¹⁰³.

Mensaje clave 12.3

Los entornos urbanos crean oportunidades para la mitigación y adaptación climática

Ciudades de todo el país trabajan para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y adaptarse a los impactos adversos del clima (*probable, confianza alta*). Algunos estados y ciudades están integrando consideraciones climáticas en los códigos, las normas y las políticas pertinentes. Sin embargo, el ritmo, la escala y el alcance de las medidas aún no son suficientes para evitar los peores impactos, dada la magnitud de los cambios climáticos observados y proyectados (*casi seguro, confianza muy alta*).

El número de acciones de reducción de emisiones de GHG y de adaptación al clima en las ciudades sigue creciendo (Figura 32.20)^{104,105}, aunque las acciones se concentran en las ciudades más ricas y pobladas, con recursos para hacer más^{74,106,107,108}. Entre las iniciativas federales para ayudar a las ciudades se incluye el Conjunto de Herramientas para la Resiliencia Climática de Estados Unidos, una guía para la planificación, el financiamiento y la implementación de esfuerzos de resiliencia¹⁰⁹; el Sistema Nacional Integrado de Información de Salud sobre el Calor, un portal interinstitucional de apoyo a la comunicación, la capacitación y la toma de decisiones en torno al calor¹¹⁰; oportunidades de financiamiento, como el programa Construir Infraestructuras y Comunidades Resilientes (Building Resilient Infrastructure and Communities, BRIC) de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (Federal Emergency Management Agency, FEMA); y subvenciones en bloque para el desarrollo comunitario que tienen en cuenta los riesgos climáticos en los proyectos que afectan las comunidades de escasos recursos.

En marzo de 2023, 25,500 gobiernos locales y 246 gobiernos tribales habían actualizado sus planes de mitigación de riesgos y resiliencia¹¹¹, aunque no todos abordan explícitamente los riesgos climáticos¹¹². Varios cientos de jurisdicciones locales han elaborado planes de acción climática que incluyen específicamente inventarios de emisiones de GHG y objetivos de reducción¹⁰⁴.

Los gobiernos municipales y los residentes disponen de numerosas opciones para reducir las emisiones de GHG y adaptarse a los impactos climáticos (Tabla 12.1; Figuras 31.1, 32.21). La temperatura urbana y la demanda energética pueden reducirse mediante cambios físicos en el entorno construido. Por ejemplo, las ciudades pueden adoptar o iniciar programas de certificación para reducir las emisiones de los edificios, como el uso de la norma Phius para edificios pasivos¹¹³ o la Norma Nacional de Edificios Verdes 2020 del Consejo Internacional de Códigos¹¹⁴. Las ciudades también están utilizando nuevas tecnologías como el aprendizaje automático, la teledetección, las redes sociales y las iniciativas de colaboración abierta distribuida para recopilar más información sobre el clima y reducir las emisiones de GHG^{115,116,117,118,119,120,121}.

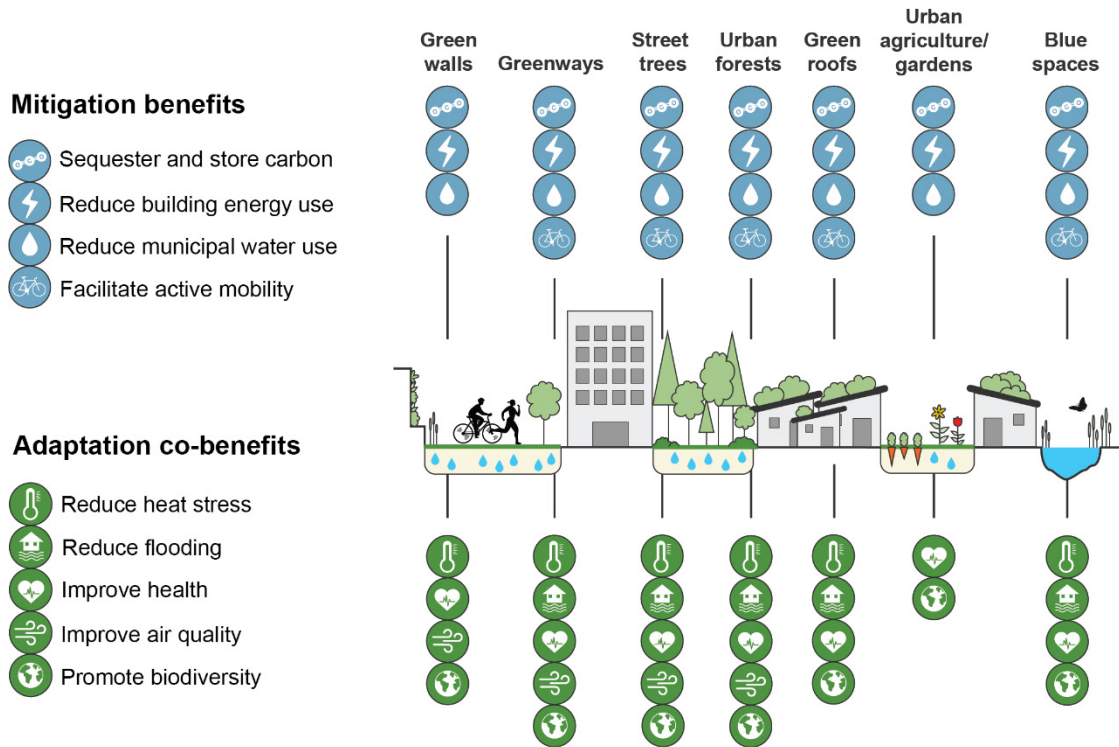
Tabla 12.1. Ejemplos de opciones de mitigación y adaptación en ciudades y entornos construidos

Estos ejemplos de opciones de mitigación y adaptación proceden de fuentes publicadas o de otros capítulos de la Quinta Evaluación Nacional del Clima (Fifth National Climate Assessment, NCA5). Los ejemplos son ilustrativos y no representan una lista exhaustiva. En el Capítulo 32 (consulte la Figura 32.22) se ofrece un análisis más detallado de las posibles reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero mediante medidas de mitigación. Las categorías de opciones se han adaptado de Carmin *et al.* 2015; Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) de 2022, 2022; y Dodman *et al.* 2022^{122,123,124,125}.

Opciones sociales	Ejemplos
Programas y servicios	Planificación de la acción climática, gestión y respuesta ante desastres, provisión de viviendas, servicios de salud pública, supervisión del medio ambiente.
Economía y finanzas	Redes de seguridad social, productos de seguros, mecanismos de financiamiento público (como bonos) (Recuadro 12.1).
Comunicación y apoyo a la toma de decisiones	Sistemas de alerta temprana, evaluaciones de la vulnerabilidad a los peligros, formación en sensibilización de salud, evaluaciones de riesgos, asociaciones cívicas, colaboraciones regionales.
Opciones de construcción	Ejemplos
Rendimiento energético	Reacondicionamiento de edificios energéticamente eficientes, producción y uso de energías renovables dentro y fuera de las instalaciones ¹²⁶ , energía solar comunitaria/compartida, iluminación y electrodomésticos energéticamente eficientes, supervisión y evaluación comparativa ¹²⁷ , edificios interactivos con la red (consulte el Capítulo 5).
Códigos y normas	Ventilación del edificio ⁷¹ , techos fríos y evaporativos ¹²⁸ , cubiertas vegetales de techos ¹²⁹ , normas de reducción de riesgos, materiales de construcción resiliente ^{130,131} , electrificación, eficiencia energética y otras reducciones de emisiones de GHG ¹³² .
Opciones de uso de la tierra y ecosistemas	Ejemplos
Infraestructura gris	Pavimentos de alto albedo/reflectantes, protección costera (como diques), presas, control de inundaciones, drenaje (consulte el Capítulo 9).
Infraestructuras naturales, verdes y azules	Ecosistemas urbanos y biodiversidad, arbolado urbano, zonas verdes, humedales costeros y sistemas de dunas.
Gestión de tierras	Zonificación para reducir la exposición al impacto y apoyar la mitigación de las emisiones de GHG ¹³³ , ubicación conjunta de la urbanización con transporte y tecnologías de GHG bajos ¹³⁴ , reducción de la invasión de tierras naturales, gestión de incendios, restauración de la tierra.
Migración y reubicación	Retirada dirigida (consulte los Capítulos 9, 16, 29, 31).
Uso de los recursos	Mejora del abastecimiento de agua, reducción de las emisiones de residuos y aguas residuales.
Opciones de transporte urbano	Ejemplos
Vehículos eléctricos y de bajo consumo	Redes de recarga de vehículos eléctricos ¹³⁵ , incentivos a la compra y explotación ^{136,137,138} , normas sobre emisiones de GHG y contaminación atmosférica (Capítulo 13).
Tránsito, transporte activo	Dotación de infraestructuras de transporte activo (consulte el Capítulo 13), medidas de seguridad y comodidad.

Muchos de los ejemplos destacados en la Tabla 12.1 tienen beneficios colaterales de mitigación y adaptación^{139,140,141,142,143}. La Figura 12.7 ilustra algunos beneficios colaterales asociados a almacenamiento y secuestro de carbono, conservación del hábitat y biodiversidad y mejora de la calidad del agua, del aire y del suelo en las áreas urbanas (las concesiones mutuas se analizan en el KM 12.4).

Infraestructuras naturales en las ciudades



Las infraestructuras naturales de las ciudades aportan beneficios de adaptación y mitigación climática.

Figura 12.7. La figura ilustra los beneficios potenciales (sin ningún orden en particular) de integrar estrategias de infraestructura natural —también denominadas soluciones verdes, azules o basadas en la naturaleza— en el entorno construido. Las opciones de infraestructuras basadas en la naturaleza, verdes y azules son conjuntos interconectados y estratégicamente planificados de ecosistemas naturales y construidos, espacios con vegetación o paisajes acuáticos y otras características paisajísticas que ofrecen importantes funciones de mitigación de los gases de efecto invernadero y de adaptación climática, además de mejorar el bienestar humano, la biodiversidad y la salud de los ecosistemas. Esta figura muestra ejemplos de cómo los bosques urbanos y los árboles de las calles pueden secuestrar y almacenar carbono al tiempo que reducen la demanda energética de los edificios. La reducción del uso municipal del agua puede ofrecer un beneficio de mitigación al disminuir el uso de energía en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Adaptado con permiso de la Figura 8.18a de Lwasa *et al.* 2022¹⁴⁴.

Las soluciones naturales y basadas en la naturaleza —tanto la vegetación terrestre “verde” como las variedades marinas o acuáticas “azules”— pueden tener beneficios colaterales de mitigación de GHG y adaptación climática (Capítulo 8)^{13,145,146}. Muchas soluciones basadas en la naturaleza se centran en los peligros del calor extremo y las inundaciones. Ejemplos notables incluyen el uso de prácticas de silvicultura urbana para promover el sombreado de árboles maduros con el fin de reducir los impactos del efecto de isla de calor urbano^{74,77,147}. Los tejados y muros verdes pueden reducir el estrés térmico y aumentar la retención de las aguas pluviales¹⁴⁸ y reducir la demanda energética de los edificios^{149,150,151,152}. Los gobiernos de las ciudades y las comunidades pueden recurrir a diferentes soluciones verdes y basadas en la naturaleza (así como a intervenciones “grises” tradicionales) que van desde parques urbanos hasta tejados verdes y pavimentos porosos (Figura 12.8)¹⁵³. Todas estas soluciones requieren una inversión suficiente en diseño, construcción y mantenimiento a largo plazo, así como la consideración de concesiones mutuas (p. ej., el consumo de agua para la plantación de árboles), para hacer realidad todo su potencial de mitigación de GHG o adaptación climática.

Soluciones verdes, azules y basadas en la naturaleza



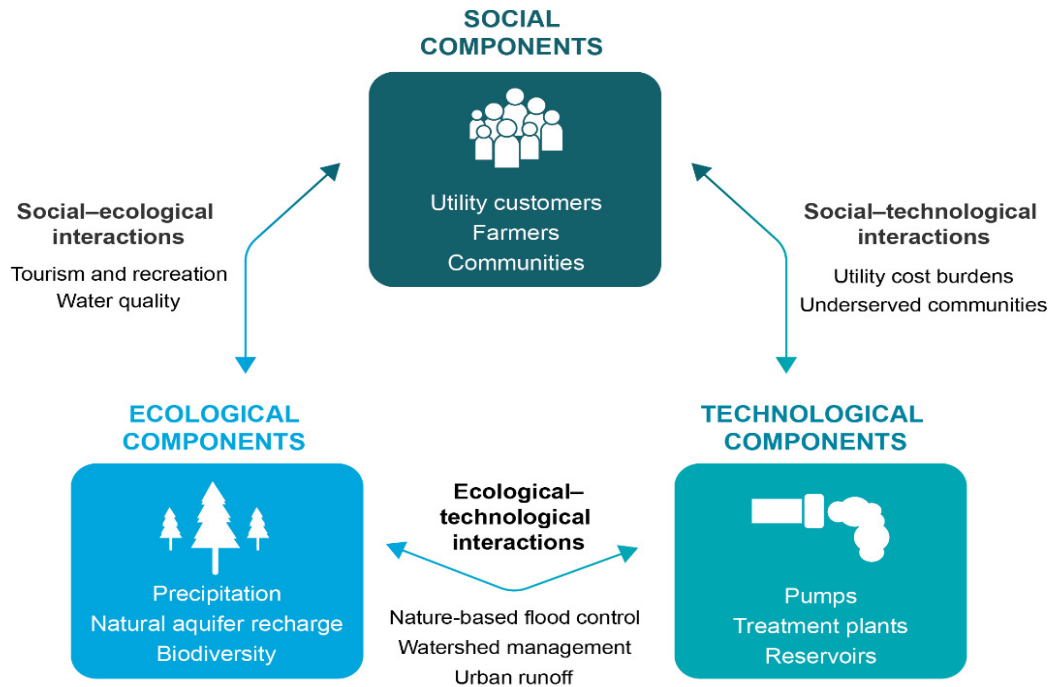
Las ciudades tienen diversas opciones de adaptación y mitigación climática.

Figura 12.8. La figura ilustra varias opciones de entorno construido que constan de componentes verdes, azules y basados en la naturaleza. Los ejemplos, que solo tienen fines ilustrativos, ponen de relieve cómo los gobiernos de las ciudades, las comunidades y los residentes pueden recurrir a diversas opciones para adaptarse a los impactos climáticos, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y secuestrar carbono en el entorno construido: (a) bosque remanente en Forest Park, Portland, Oregón; (b) agricultura urbana en Chicago; (c) drenaje sostenible en Portland, Oregón; (d) humedales en Bayou Bienvenue Wetland Triangle, Nueva Orleans; (e) parque urbano en Boston; (f) árboles en las calles de Miami; (g) tejado verde en Arlington, Virginia; (h) pavimento poroso en Milwaukee, Wisconsin. Créditos de las fotografías: (a) Ari Weil a través de Flickr [CC BY 2.0]; (b) Linda N. a través de Flickr [CC BY 2.0]; (c, d) ©Annie Marissa Matsler; (e) Kelly Sikkema a través de Unsplash; (f) Faith Crabtree a través de Unsplash; (g) Arlington County a través de Flickr [CC BY-SA 2.0]; (h) Aaron Volkening a través de Flickr [CC BY 2.0].

Los diseños con visión de futuro y las soluciones de gobernanza que tienen en cuenta los sistemas sociales, ecológicos y tecnológicos (Social, Ecological, and Technological Systems, SETS) conjuntos pueden anticipar y responder mejor al cambio climático futuro (Figura 12.9)^{154,155,156,157,158}. Este enfoque evalúa la vulnerabilidad de las infraestructuras urbanas y estandariza los métodos de diseño para tener en cuenta los futuros riesgos climáticos^{159,160}. Este enfoque también resalta la necesidad de pensar en todos los componentes ecológicos, sociales y tecnológicos del entorno construido para ofrecer beneficios de mitigación de GHG o de adaptación climática, además de proteger equitativamente la salud pública, la seguridad y el

bienestar^{57,62,154,157} para las comunidades que se han visto sobrecargadas e insuficientemente atendidas debido a una falta histórica de inversión en infraestructura¹⁶¹. Los diseños orientados al futuro también pueden evitar que las ciudades bloqueen las tecnologías de construcción, los usos de la tierra, los planes de infraestructura y las opciones de transporte basándose en los niveles de emisiones de GHG del pasado (Capítulos 13, 32)⁶⁰.

Componentes sociales, ecológicos y tecnológicos de las infraestructuras



La infraestructura urbana involucra sistemas sociales, ecológicos y tecnológicos conjuntos. Todos afrontan los riesgos del cambio climático individualmente y de forma interconectada.

Figura 12.9. Esta figura es un ejemplo que utiliza los sistemas de agua y aguas residuales para poner de relieve las interdependencias sociales, ecológicas y tecnológicas de las infraestructuras. Los ecosistemas urbanos (como masas de agua), las infraestructuras construidas (como tuberías y bombas) y los sistemas sociales (como los residentes) se ven afectados individualmente por el cambio climático. El cambio climático también afecta las interacciones entre estos sistemas, como cuando las inundaciones desbordan las tuberías e interrumpen el servicio a las compañías de servicios públicos o aumentan los costos de los servicios para los consumidores. Las acciones climáticas con visión de futuro que tengan en cuenta estas interacciones –como la forma en que las mejoras en las infraestructuras hídricas afectan el ecosistema urbano y el nivel de acceso de las comunidades desatendidas– pueden conducir a resultados más efectivos y equitativos. Adaptado con permiso de Markolf *et al.* 2018¹⁵⁶.

A pesar del creciente número de acciones, los gobiernos de las ciudades siguen siendo lentos al mitigar las emisiones de GHG, adaptarse a los impactos climáticos y reducir los efectos negativos de la urbanización sobre el clima local y regional^{74,103,104,162,163,164,165,166}. Las acciones pueden verse obstaculizadas por la larga duración de los procesos de planificación y toma de decisiones^{167,168}, la ambigüedad en torno a lo que se considera acción climática^{165,166}, las limitaciones financieras (Recuadro 12.1), la rotación del personal gubernamental, las dificultades para la aceptación pública y las brechas en el conocimiento y la concienciación^{163,169,170}. Estos obstáculos limitan la capacidad de las ciudades para planificar desafíos climáticos complejos y a largo plazo (Capítulo 18), como el calor extremo y la sequía¹⁷¹, o para evaluar de manera efectiva

el progreso de la planificación⁶¹. Las ciudades y comunidades más pequeñas suelen disponer de menos recursos y capacidad para hacer frente a estos desafíos^{74,106,107,108}.

Para superar estas barreras, las ciudades pueden buscar alianzas con gobiernos de todos los niveles, sectores, comunidades tribales, compañías de servicios públicos y residentes locales (Tabla 12.2)^{106,170,172}. Un ejemplo es la Coalición Nacional para las Normas de Rendimiento de los Edificios, un grupo de alcance nacional que promueve la reducción de las emisiones de GHG, la electrificación y las metas de equidad social en los programas de rendimiento de los edificios¹⁷³. Algunas ciudades han nombrado directores de resiliencia¹⁶³ y jefes de calor¹⁷¹. Las ciudades también desarrollan relaciones con investigadores universitarios y redes entre ciudades^{107,174,175,176,177}. Cada vez hay más evidencia de la difusión y el aprendizaje de políticas entre ciudades, regiones metropolitanas y estados^{105,178,179,180,181,182,183}.

Recuadro 12.1. Financiamiento de la acción por el clima en los gobiernos locales

Los gobiernos locales pueden financiar acciones climáticas¹⁸⁴. El cambio climático también plantea nuevos riesgos fiscales, como la disminución de ingresos e impuestos procedentes de propiedades y empresas situadas en áreas de alto riesgo^{79,162,185,186,187}. Aunque el número de programas, herramientas e incentivos financieros ha aumentado, las barreras estructurales y la falta de capacidad siguen siendo obstáculos para muchas ciudades y comunidades (Capítulo 19)¹⁸⁴. Las opciones de financiamiento externo son limitadas, ya que la mayoría de los estados destinan menos del 1 % de sus presupuestos operativos a acciones climáticas, aunque algunas excepciones notables incluyen Nuevo Hampshire (4.9 % en 2015), Delaware (3.3 % en 2015-2016) y Missouri (3.1 % en 2016)¹⁸⁵. Algunas ciudades, como las que forman parte del Pacto Regional contra el Cambio Climático del Sureste de Florida¹⁸⁸, están poniendo en común sus recursos con jurisdicciones vecinas, pero la gestión de estos fondos es todo un desafío¹⁰⁶. Muchos proveedores de infraestructuras también tienen una capacidad limitada para asumir los costos adicionales del cambio climático a través de tarifas y evaluaciones de los usuarios¹⁸⁹.

Las ciudades utilizan cada vez más modelos de financiamiento público y privado para invertir en acciones climáticas¹⁹⁰. Dado que se considera que las inversiones climáticas reducen los riesgos físicos y políticos, benefician a las ciudades al mejorar su solvencia crediticia.^{191,192} Al mismo tiempo, el cambio hacia modelos de financiamiento privado genera obligaciones de infraestructuras que compiten entre sí y a restricciones crediticias que limitan la capacidad de planificación de los gobiernos de las ciudades¹⁹³. Por ejemplo, las comunidades sobrecargadas y con escasas inversiones se enfrentan a una mayor exposición al riesgo cuando los mercados no están dispuestos a financiar infraestructuras locales de reducción del riesgo¹⁹⁴. A pesar de estas limitaciones, los mercados financieros están avanzando con estrategias y productos de inversión en mitigación y adaptación en diversas clases de activos, incluidos los bonos verdes^{195,196,197}.

Mensaje clave 12.4

Las acciones comunitarias marcan el cambio hacia una gobernanza climática equitativa

El progreso en la consideración de quién se beneficia o soporta la carga de las acciones climáticas locales es variante (*muy probable, confianza alta*). La aparición de enfoques locales y comunitarios —junto con la creciente colaboración entre los gobiernos de la ciudad, tribales y estatales y el federal— indica un movimiento hacia una planificación e implementación más integradoras de las medidas climáticas (*probable, confianza alta*).

La planificación urbana ha avanzado en la inclusión de comunidades sobrecargadas y con inversión insuficiente, incluidas las que históricamente han estado excluidas de la toma de decisiones. Sin embargo, los avances en materia de equidad e inclusión social han sido lentos, desiguales y faltos de magnitud^{166,198,199,200}. También se carece en general de enfoques para evaluar el impacto social de las acciones climáticas (KM 31.3)^{201,202,203}. Estas brechas plantean interrogantes no solo sobre la eficiencia y la efectividad de la planificación y las inversiones locales, sino también sobre la distribución de la carga de los costos asociados a las acciones climáticas²⁰⁴.

Las ciudades se enfrentan a decisiones difíciles sobre cómo distribuir de forma justa y equitativa los beneficios y las cargas de las inversiones y acciones de mitigación de GHG y adaptación climática. La equidad y la justicia social son consideraciones importantes al evaluar las posibles concesiones mutuas entre la mitigación de los GHG, la adaptación climática y el desarrollo urbano. Por ejemplo, la restauración de las llanuras aluviales puede reducir daños materiales y fomentar el desarrollo de las áreas adyacentes^{140,205}, pero también puede desplazar los riesgos de inundación de un lugar a otro^{206,207}. Si los riesgos se desplazan para cargar a las comunidades de primera línea, las poblaciones de escasos recursos a veces se reubican en zonas igualmente de alto riesgo²⁰⁸. Del mismo modo, la planificación térmica urbana puede reducir el exceso de estrés térmico y promover el confort físico en espacios interiores y exteriores mediante el reacondicionamiento de edificios y el diseño de paisajes activos^{165,209,210,211,212}. Mientras que el reacondicionamiento de edificios de alta calidad puede mejorar el confort y la calidad del aire interior, el reacondicionamiento de edificios de baja calidad que simplemente sella los edificios para minimizar la infiltración puede empeorar la calidad del aire interior al crear niveles más altos de contaminantes atrapados en el aire interior²¹³. Los efectos de la contaminación del aire interior sobre la salud de los ocupantes de los edificios suponen riesgos adicionales para los grupos que anteriormente han recibido peores servicios de atención médica y han vivido en vecindarios históricamente negados de servicios financieros^{214,215}.

Al igual que ocurre con las infraestructuras grises tradicionales, los procesos políticos, económicos y de gobernanza que subyacen a la implementación de infraestructuras verdes y azules y de soluciones basadas en la naturaleza pueden ocasionar desigualdades y exclusiones sociales, aunque se necesita más investigación para medir empíricamente cómo y en qué medida se producen estas desigualdades y exclusiones. Por ejemplo, los esfuerzos por refrescar las calles plantando árboles o creando barreras contra las inundaciones que también sirvan de parques pueden aumentar el valor recreativo de las propiedades y provocar gentrificación y desplazamiento^{153,216}. La gentrificación climática también puede deberse a una mayor demanda de viviendas en áreas de menor riesgo por parte de los consumidores²¹⁷. Esto resalta la necesidad de abordar las concesiones mutuas entre la respuesta al cambio climático y la equidad social.

Buscar una gobernanza climática inclusiva y equitativa puede ser una forma de combatir la histórica falta de inversión y el acceso limitado a servicios e infraestructuras eficientes, saludables y asequibles en las ciudades. En algunas ciudades se están documentando acciones de base, comunitarias y participativas,

muchas de las cuales se fundamentan en la infraestructura cívica y social de la ciudad, así como en el interés de los residentes por lograr un desarrollo con cero emisiones de carbono, resiliente al clima y socialmente equitativo (Tabla 12.2). Estas acciones tienden a priorizar las estrategias distributivas, como el reparto de beneficios y cargas de forma más justa, en vez de los esfuerzos inclusivos que reconocen las necesidades, valores y conocimientos de las comunidades que han sido históricamente excluidas de la toma de decisiones o de las generaciones futuras de forma más general^{169,178,199,204,218,219}.

Tabla 12.2. Ejemplos de acciones locales y comunitarias

Los ejemplos de acciones locales y comunitarias proceden de una evaluación de ejemplos publicados. Las ciudades, las comunidades locales y los residentes pueden recurrir a más acciones dirigidas por la comunidad y procesos de planificación con visión de futuro, así como buscar colaboraciones con otros gobiernos de ciudades, tribales y estatales y el federal. Los ejemplos son ilustrativos y no representan una lista exhaustiva.

Categoría	Ejemplos
Planificación y ejecución dirigidas por la comunidad	<ul style="list-style-type: none"> • Planes de acción vecinales contra el calor creados con la comunidad²²⁰. • Centros de resiliencia vecinal que apoyan el desarrollo comunitario y los recursos para la respuesta a emergencias²²¹. • Plataformas virtuales para conectar comunidades sobrecargadas de todo el país.
Planificación urbana integradora y orientada al futuro.	<ul style="list-style-type: none"> • Formación en equidad para el personal de la ciudad y los responsables de la toma de decisiones, por ejemplo, el conjunto de herramientas de participación ciudadana y compromiso equitativo del Departamento de Vivienda y Desarrollo Urbano de Estados Unidos²²². • Planes centrados en la juventud, el género y la inclusión racial¹⁶⁹. • Reasignación de fondos para apoyar el compromiso comunitario. • Planificación de escenarios^{112,223}, juegos^{175,224} y visión de futuro²²⁵.
Colaboración multinivel	<ul style="list-style-type: none"> • Redes intertribales²²⁶. • Colaboración con organizaciones no gubernamentales²²⁷. • Creación de nuevas funciones de liderazgo y coordinación¹⁷¹. • Ampliación de las oportunidades de participación pública^{169,218}.

La competencia de recursos, capacidades y demandas políticas de otras entidades locales, tribales, estatales y federales puede limitar el alcance, la escala y el ritmo de los esfuerzos para promover una mitigación justa y equitativa de los GHG y la adaptación climática. Dichos desafíos podrían abordarse mediante acciones futuras que den prioridad a la planificación a largo plazo, a las nuevas tecnologías y a diseños de infraestructuras radicalmente diferentes, así como mediante una mejor comprensión de cómo los cambios en la sociedad y la cultura pueden contribuir a crear un entorno construido socialmente más justo, inclusivo y equitativo.

Cuentas trazables

Descripción del proceso

Los autores del Capítulo 12 fueron seleccionados de acuerdo con tres criterios. El primer criterio fue la experiencia disciplinaria necesaria, identificada a través de la convocatoria pública de comentarios sobre el borrador del prospecto de la Quinta Evaluación Nacional del Clima (Fifth National Climate Assessment, NCA5) —que pedía científicos sociales, ingenieros, economistas, arquitectos y ecologistas urbanos/ científicos del clima— junto con un ejercicio inicial de visión por parte del autor principal del capítulo basado en reflexiones sobre las principales brechas y oportunidades destacadas en la NCA4. El segundo criterio fue la representación de diversas afiliaciones institucionales, incluidas las del gobierno federal y el mundo académico, así como las que tienen experiencia profesional. Un último criterio fue el reconocimiento de la diversidad de etapas vitales y profesionales, historias y antecedentes personales y representación regional y geográfica. La puesta en práctica de los tres criterios llevó al liderazgo del capítulo a seleccionar a 11 personas (tres del ámbito federal y ocho del académico) que abarcaban desde las primeras etapas profesionales hasta las más avanzadas y representaban diversos contextos disciplinarios, personales y geográficos.

Los autores recopilaron referencias mediante búsquedas exhaustivas en plataformas web, como Scopus, Web of Science y Google Scholar. La búsqueda se centró en literatura científica revisada por expertos, documentos de trabajo e informes técnicos publicados desde la NCA4 para identificar áreas centrales de avance del conocimiento desde 2018. La búsqueda de literatura se centró en ocho áreas temáticas: 1) modelos y escenarios climáticos urbanos y regionales; 2) impactos físicos y riesgos para el entorno construido; 3) costos económicos y humanos sectoriales en el entorno construido; 4) vulnerabilidades sociales, ecológicas y espaciales en el entorno urbano; 5) opciones urbanas de mitigación y adaptación; 6) equidad y justicia social urbana; 7) gobernanza urbana y toma de decisiones; y 8) métricas e indicadores. Así se creó una base de datos de literatura con más de 600 fuentes. A continuación, el equipo de autores evaluó las fuentes para generar temas y mensajes clave, que luego se utilizaron para compilar las cuatro secciones de mensajes clave.

El proceso de participación pública en el Capítulo 12 se desarrolló en dos fases. En primer lugar, el capítulo Borrador de Orden Cero (Zero Order Draft, ZOD) se hizo público mediante un anuncio en el Registro Federal en enero de 2022. Luego, el ZOD se sometió a un período de comentarios públicos de seis semanas. Las respuestas detalladas a estos comentarios públicos se completaron antes de la fecha límite del 27 de mayo de 2022. En segundo lugar, el capítulo del ZOD se sometió a un taller de participación pública el 14 de enero de 2022. El taller contó con unos 160 participantes en representación de grupos comunitarios, agentes del sector privado, particulares interesados, instituciones académicas y organizaciones sin fines de lucro, así como científicos de los gobiernos local, estatal y federal. El objetivo del taller era brindar a los participantes la oportunidad de intercambiar ideas con el equipo de autores sobre los temas clave del capítulo, compartir recursos y dar su opinión sobre asuntos de importancia para los temas del capítulo.

Los esfuerzos por sintetizar y evaluar la literatura se llevaron a cabo de forma colaborativa e iterativa, con amplios esfuerzos de reelaboración y revisión por parte de todos los autores del capítulo. El planteamiento se basó en la extensa base de datos de literatura y en los conocimientos especializados de los autores del capítulo. El equipo del capítulo celebró reuniones semanales a lo largo de la fase de redacción, y los equipos específicos de mensajes clave se reunieron casi con la misma frecuencia para debatir, redactar y revisar secciones específicas del texto del capítulo. Además, los amplios diálogos con otros autores del capítulo de la NCA5 y 17 contribuyentes técnicos mantenidos a lo largo de 2022 y la primavera de 2023 ayudaron a garantizar la exhaustividad y representatividad de los temas tratados en el capítulo.

Por último, el capítulo Borrador de Cuarta Orden (Fourth Order Draft, 4OD) se sometió a un período de revisión y comentarios públicos de 12 semanas entre noviembre de 2022 y enero de 2023. A ello se sumó una amplia revisión entre expertos realizada por las Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Medicina (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, NASEM). Se completaron las respuestas detalladas a los comentarios del público y de las NASEM sobre el capítulo 4OD y el editor de revisión del capítulo las aprobó antes del 28 de abril de 2023.

Mensaje clave 12.1

Las áreas urbanas son los principales motores del cambio climático

Descripción de la base de evidencia

La base de evidencia del mensaje clave 12.1 se fundamenta en una amplia literatura basada en diversas metodologías cuantitativas, geoespaciales, de teledetección y de modelación, que evalúa cómo el uso de la tierra, el desarrollo económico y los patrones de asentamiento humano han afectado y seguirán afectando los procesos climáticos locales y regionales. Investigaciones recientes destacan cómo el consumo de alimentos, energía y materiales en las áreas urbanas es uno de los motores del cambio climático mundial^{1,2,3}. El mensaje clave 12.1 se basa en las evaluaciones realizadas en el *Segundo Informe sobre el Estado del Ciclo del Carbono* (Second State of the Carbon Cycle Report, SOCCR2), publicado en 2018. Específicamente, se basa en el Capítulo 4, “Comprender los flujos urbanos de carbono”, del SOCCR2⁵ que destaca los fundamentos científicos del papel de las áreas urbanas como fuentes primarias (es decir, responsables de una gran proporción) de emisiones de gases de efecto invernadero (greenhouse gas, GHG) en Norteamérica⁶.

El mensaje clave 12.1 se basa en evidencia científica que respalda que las ciudades son factores del cambio climático. Numerosas investigaciones en los campos de la ecología urbana, los estudios energéticos, la modelación del clima, la geografía física y la ingeniería demuestran que las áreas urbanas y suburbanas contribuyen aproximadamente en un 75 % al total de las emisiones mundiales de GHG¹, aunque este porcentaje se distribuye de forma desigual, ya que las 100 mayores ciudades representan el 18 % de las emisiones mundiales de GHG³. Al igual que en la literatura, el mensaje clave 12.1 clasifica las emisiones de GHG en emisiones de alcance 1, 2 o 3. Las emisiones de alcance 1 y 2 se refieren a las emisiones directas de GHG asociadas a la quema de combustibles en los sectores industrial o del transporte y a las emisiones directas atribuidas a la energía para calefacción y enfriamiento, respectivamente^{4,5}. La evidencia científica ilustra además varios enfoques para contabilizar las emisiones indirectas (es decir, las emisiones de alcance 3) que se producen a través de la compra de bienes y servicios, la distribución de bienes y servicios a través de las cadenas de suministro y los residuos generados en las operaciones de los activos del entorno construido. Los estudios señalan que, en todas estas formas diferentes de emisiones, es necesario pensar más allá de los límites físicos de las áreas urbanas³.

Principales incertidumbres y brechas en la investigación

Existen incertidumbres relativas al cálculo de las distintas fuentes de emisiones de GHG dentro del entorno construido, así como dificultades para delimitar geográficamente el área “urbana”^{4,5}. Una contabilidad exhaustiva de las emisiones de GHG de las ciudades y los sistemas urbanos incluye las emisiones de alcances 1, 2 y 3, pero los desafíos que plantea la atribución consistente de las emisiones a las distintas ciudades son muy elevados^{3,9}. Por ejemplo, existe evidencia de que las ciudades subregistran sus propias emisiones de GHG debido a falta de datos o a datos incompletos². Atribuir las emisiones de GHG a las ciudades y las áreas suburbanas exige repartir las emisiones entre varios sistemas con múltiples límites conceptuales, incluidos, entre otros, límites espaciales y territoriales, vida útil y utilización de determinados sistemas del entorno

construido, costos fijos y variables, propiedad y toma de decisiones, emisiones incorporadas en el consumo y flujos de materiales y efectos indirectos adicionales e interacciones entre las fases de uso.

Como en todos los pronósticos, proyectar las futuras emisiones de carbono de las ciudades y los sistemas urbanos es intrínsecamente difícil debido a la considerable incertidumbre sobre las tendencias futuras y sus interacciones. La investigación sobre dónde y cómo crecerá la población urbana, qué tecnologías estarán disponibles y se pondrán en uso y cómo la gente decide construir, mantener y vivir dentro de las ciudades depende de la interacción de futuras tendencias económicas, sociales, tecnológicas, políticas y climáticas que no pueden conocerse con total certeza.

Descripción de confianza y probabilidad

La evidencia científica reciente disponible que documenta el papel de los sistemas del entorno construido y las áreas urbanas como impulsores del cambio climático es amplia (p. ej., Gurney *et al.* 2018⁵), de ahí la atribución de *confianza muy alta*. La evidencia científica que atribuyen las emisiones de GHG al cambio de uso de la tierra, al desarrollo económico e industrial y a los patrones de asentamiento humano^{1,2,3,12,13,14,15,16,17} es *casi segura*. Esta evaluación de la probabilidad refleja un consenso casi científico según el cual las áreas urbanas y suburbanas —a través de la producción industrial impulsada por los combustibles fósiles, el crecimiento económico, el transporte y el consumo humano— aportan la mayor parte del total de las emisiones mundiales de GHG.

Mensaje clave 12.2

Los atributos del entorno construido agravan los impactos, los riesgos y las vulnerabilidades climáticas

Descripción de la base de evidencia

La base de evidencia para el mensaje clave 12.2 se fundamenta en la extensa literatura científica que documenta tanto las tendencias naturales, físicas y atmosféricas observadas como las proyectadas para el futuro, asociadas a los efectos del cambio climático en el entorno construido. Existe un amplio consenso científico en que el cambio climático local y regional en y cerca de las áreas urbanas de todo el país se verá afectado por los cambios en el uso de la tierra, el desarrollo y los patrones de asentamiento humano^{5,31,32,33}. El mensaje clave evalúa la amplia literatura sobre los impactos en la temperatura del aire ambiente y de superficie^{12,13,14,15,16,17}, la humedad local y regional^{18,19}, los patrones de viento²⁰, las precipitaciones^{21,22,23}, las inundaciones^{24,25,26}, la dispersión de contaminantes atmosféricos^{22,27} y la intensidad de las marejadas ciclónicas y el aumento del nivel del mar²⁸.

La literatura sobre urbanismo, geografía, ecología, arquitectura e ingeniería señala que el diseño, la forma y la masa de los edificios y la configuración de las calles y los espacios abiertos, junto con su interacción, influyen profundamente en los climas urbanos.^{5,31,32,33} En particular, los sistemas urbanos añaden directamente calor sensible al medio ambiente a través del calor radiante y la conductancia térmica de los edificios³⁵, y esto se ilustra en las Figuras 12.4 y 12.5. Existen numerosas investigaciones que señalan cómo eventos meteorológicos extremos, como huracanes que tocan tierra, olas de calor y marejadas ciclónicas, atribuidos al cambio climático han afectado cada vez más comunidades urbanas densamente pobladas y sus infraestructuras construidas, así como los ecosistemas de los que dependen²⁰.

El mensaje clave 12.2 evalúa la evidencia científica de cómo el cambio climático está planteando riesgos para los sistemas del entorno construido y las comunidades urbanas. Existe amplia evidencia que documenta el aumento del número de desastres y de los costos de los daños (Figura A4.5)⁸⁷. Esfuerzos

científicos recientes, como los de Martinich y Crimmins (2019), Oficina Presupuestaria del Congreso (Congressional Budget Office, CBO) (2019) y Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency, EPA) (2021)^{85,86,228}, tratan de cuantificar los daños potenciales en diversos entornos construidos, incluidos los sectores inmobiliario y de la vivienda, para proyecciones basadas en múltiples escenarios (p. ej., RCP4.5 y RCP8.5 en los ejemplos anteriores) hasta finales del siglo XXI. El aumento del nivel del mar, la frecuencia de los días calurosos y las temperaturas extremas son riesgos climáticos clave para las ciudades ampliamente documentados en la literatura.

El mensaje clave 12.2 también evalúa las estimaciones en dólares estadounidenses de los daños anuales proyectados en 2090 para los diferentes sectores del entorno construido. Estas estimaciones cuantitativas varían mucho según el escenario usado para calcular los costos futuros. En consonancia con los recientes Informes de Evaluación del IPCC y con las orientaciones federales, en este capítulo se utilizan escenarios de uso común, entre ellos la SSP2-4.5, que corresponde a una trayectoria media de emisiones de GHG, y la SSP5-8.5, que representa una trayectoria de desarrollo intensivo en recursos de gama alta (KM 3.3)^{89,229}. Aunque sigue habiendo debate sobre la probabilidad de un escenario de emisiones de GHG de gama alta⁸⁸, sigue siendo práctica común cuantificar toda la gama de daños potenciales a las infraestructuras para apoyar la toma de decisiones, especialmente para aquellos encargados de tomar decisiones a más corto plazo (2050 o antes)⁹⁰.

El mensaje clave evalúa la investigación científica sobre la amplificación de los riesgos en los sistemas del entorno construido a través de eventos compuestos y en cascada^{37,38,39,40}. Dado que la mayoría de los sistemas de infraestructuras se diseñan para las condiciones climáticas actuales y no se construyen para soportar las proyecciones climáticas futuras, existe amplia evidencia que documenta cómo las cargas y los factores de estrés adicionales en los sistemas de infraestructuras atribuidos al cambio climático —especialmente cuando se combinan con las limitaciones operativas de las infraestructuras— conducen a impactos en cascada en todo el entorno construido y los sistemas conectados³⁹. La amplia evidencia evaluada en el mensaje clave 12.2 también muestra cómo las ciudades y los sistemas urbanos concentrarán espacialmente los riesgos debido a los niveles actuales de déficit de infraestructuras, la exposición desigual de las personas y los activos y los altos niveles de desigualdad socioeconómica^{85,87}. Existe evidencia clara de que el cambio climático también plantea riesgos financieros sustanciales para los activos inmobiliarios²³⁰, mientras que las comunidades con escasos recursos suelen ser menos capaces de responder a los impactos del cambio climático o de recuperarse de la exposición a temperaturas extremas y desastres naturales^{69,70}. Este mensaje clave responde a una literatura más amplia (y creciente) que evalúa la vulnerabilidad climática de los residentes urbanos^{70,215,219}, señalando en particular que las comunidades de primera línea, sobrecargadas y de escasos recursos suelen verse desproporcionadamente afectadas por los extremos climáticos.

Múltiples factores de estrés emergentes destacan vulnerabilidades adicionales que se entrecruzan en el entorno urbano construido. La investigación ha documentado una creciente concienciación general sobre los riesgos climáticos por parte de gestores de infraestructuras, promotores inmobiliarios, administradores de sitios patrimoniales y residentes urbanos^{93,94,95,100,103}. Esta creciente concienciación sobre los riesgos climáticos está asociada a una menor construcción de viviendas en áreas de alto riesgo. Por lo tanto, el mensaje clave 12.2 se basa en la expansión de la formación profesional, la certificación, la orientación, la evaluación del uso existente de la tierra, los códigos y las normas de construcción, la comunicación de riesgos y los esfuerzos para definir las necesidades de información sobre la resolución temporal y espacial del clima.

Principales incertidumbres y brechas en la investigación

La velocidad, la distribución geográfica y el grado en que los principales factores de estrés climático cambiarán a lo largo de la vida útil prevista del entorno construido son inciertos, al igual que la carga de estos impactos sobre las comunidades urbanas. Ya se han observado y documentado cambios en los

factores estresantes y en los niveles de carga^{37,38,39,40}, pero las incertidumbres dependen del ritmo del cambio climático global, así como de factores regionales y muchos otros locales y específicos de cada lugar, como cambios en la población urbana, desigualdades sociales y la economía en general.

También se desconoce el alcance de los cambios en las prácticas de diseño de ingeniería y en la gestión de los sistemas de infraestructura como respuesta (y en los esfuerzos por adaptarse) a los cambiantes factores de estrés climático. Los profesionales de ingeniería y diseño arquitectónico suelen centrarse en los eventos meteorológicos extremos^{48,54,55,56,57,58}, que se proyectan con más incertidumbre en comparación con los cambios en las condiciones promedio. Las medidas para tener en cuenta en los futuros impactos climáticos dependen de la forma en que los responsables de la toma de decisiones evalúen los costos y beneficios de la implementación de diferentes diseños de infraestructura. Se desconoce cómo funcionarán los distintos sistemas de infraestructura en condiciones climáticas cambiantes y cuáles serán los efectos previstos sobre los sistemas urbanos y las ciudades. Otra brecha en la comprensión es si el ritmo y la escala de los cambios en la práctica del diseño arquitectónico y de ingeniería asociados con el entorno construido y los sistemas de infraestructuras son suficientes para abordar el ritmo y la escala de los impactos previstos del cambio climático.

Por último, sigue habiendo brechas en la comprensión de la respuesta del mercado en lugares actualmente expuestos y sensibles a las perturbaciones y los factores de estrés climáticos. Se desconoce hasta qué punto los mercados financieros estadounidenses pueden llevar a cabo innovaciones que ofrezcan servicios anticipados de inversión y tasación dentro del mercado mundial. Del mismo modo, se desconoce la forma en que el mercado del diseño y la construcción puede innovar para prestar estos servicios al mercado mundial.

Descripción de confianza y probabilidad

Existe consenso científico en que el aumento de las tasas de urbanización ha transformado significativamente el uso de la tierra y la cobertura vegetal de las ciudades de los EE. UU., lo que contribuye a la degradación general de los climas urbanos y regionales^{31,32}. La amplia evidencia científica evalúa cómo, para muchas áreas urbanas, estos procesos serán motores significativos y potencialmente dominantes de los cambios del clima urbano en lo que queda de siglo³⁴. Por lo tanto, la evidencia apunta a una *confianza muy alta* en el papel del cambio climático en la exacerbación y amplificación de las cargas sobre el entorno construido, así como en la imposición de cargas adicionales sobre las comunidades urbanas y los sistemas de infraestructura. También hay consenso científico sobre cómo el cambio climático plantea riesgos adicionales para los sistemas de infraestructura. La literatura describe, en términos *casi seguros*, que las ciudades concentran riesgos dados los actuales niveles de déficit de infraestructuras, la desigual exposición de personas y bienes y los altos niveles de desigualdad socioeconómica^{37,38,39,40}. Los impactos climáticos afectarán de manera *casi segura* y desproporcionada las comunidades de escasos recursos, los grupos históricamente excluidos de la toma de decisiones y las personas con menor acceso a la educación^{69,70,71}. Por lo tanto, la amplitud de las evidencias científicas que respaldan estas observaciones confiere a la tercera afirmación de este mensaje clave una valoración de *confianza muy alta*.

Mensaje clave 12.3

Los entornos urbanos crean oportunidades para la mitigación y adaptación climática

Descripción de la base de evidencia

El mensaje clave 12.3 evalúa la evidencia científica de los progresos observados en la mitigación de las emisiones de GHG y la adaptación a los impactos climáticos adversos entre las ciudades de todo el país. La investigación muestra que la tecnología o los cambios necesarios para la neutralidad de carbono están generalmente disponibles y son conocidos por las ciudades. Las investigaciones han destacado el creciente número de ciudades que reconocen la necesidad de establecer objetivos de reducción de GHG; sin embargo, estas investigaciones también muestran que muchas se retrasan en la implementación de estos objetivos^{104,105} o realizan esfuerzos generales para reducir las emisiones de GHG que tienden a ser similares. Desde la NCA4, más evidencia científica ha apuntado a que las ciudades planifiquen el aumento de la resiliencia y la adaptación al cambio climático^{111,112}. La investigación sigue señalando que los esfuerzos para permitir la mitigación de los GHG y la adaptación climática, así como los esfuerzos para obtener sus beneficios colaterales, siguen siendo difíciles de implementar¹⁶².

Evidencia científica reciente documentan cómo un número cada vez mayor de estados y ciudades tienen en cuenta los riesgos climáticos en sus códigos, normas y políticas pertinentes, aunque estos avances aún no son suficientes. Por ejemplo, están surgiendo normas, códigos y diseños de construcción que permiten adoptar enfoques prospectivos y anticipatorios de la planificación y el diseño para el cambio climático en los distintos tipos de infraestructuras y entornos construidos^{62,154,157}. Muchos gobiernos de las ciudades también están explorando estrategias para proteger las infraestructuras contra el aumento del nivel del mar a corto y largo plazos.

Ejemplos de acciones que están ganando popularidad rápidamente son las soluciones basadas en la naturaleza^{13,145,146,153}, incluidas las ilustradas en las Figuras 12.7 y 12.8. Desde la NCA4, se ha producido un notable aumento de la literatura científica que documenta acciones climáticas que utilizan materiales y procesos naturales para ayudar a proteger las infraestructuras contra diferentes tipos de riesgos extremos¹⁴⁶. Un número cada vez mayor de investigaciones cuantitativas, cualitativas y basadas en estudios de casos se han centrado en soluciones basadas en la naturaleza, como pantanos, manglares, dunas, nutrición de las playas y otros tipos de estructuras naturales (consulte la Figura 12.8). La Tabla 12.1 sintetiza algunos ejemplos de acciones de mitigación de GHG y adaptación climática en ciudades y el entorno construido que proceden de ejemplos publicados o de otros capítulos de la NCA5.

El mensaje clave 12.3 evalúa la evidencia científica para cuantificar una serie de beneficios colaterales económicos, de salud y medioambientales de las acciones de mitigación y adaptación en las ciudades y los sistemas del entorno construido^{139,141}. Desde la NCA4, ahora se entiende mejor cómo se distribuyen los beneficios colaterales del clima en una comunidad (en particular entre las comunidades sobrecargadas y desatendidas) y cómo pueden ayudar a reducir las brechas en la adopción mediante el aumento de la capacidad de adaptación al tiempo que se abordan las disparidades históricas^{142,143}.

Principales incertidumbres y brechas en la investigación

A pesar de los recientes avances en la investigación científica sobre las distintas formas de integrar los esfuerzos contra el cambio climático en los procesos de planificación, los controles del uso de la tierra, los diseños de los edificios y los mecanismos de financiamiento, aún queda mucho por aprender sobre cómo las personas modifican sus patrones de actividad en respuesta a las condiciones meteorológicas y al clima. La evidencia científica sobre la atribución del cambio de comportamiento individual y colectivo a experien-

cias específicas de cambio climático son aún inciertas. También existen brechas en la investigación en la comprensión de los cambios políticos específicos en respuesta a las prioridades climáticas, lo que incluye el papel del liderazgo, el aprendizaje y la difusión de ideas. Gran parte de esta investigación se basa en estudios de un solo caso que son difíciles de ampliar y generalizar. De los análisis cuantitativos a mayor escala de que se dispone, muchos siguen mostrando explicaciones diversas. Esta investigación pone de relieve distintos desafíos. Por ejemplo, uno de los desafíos es la ambigüedad de la definición de lo que se considera acción climática^{163,165,166}. Meerow y Keith (2022)⁷⁴ también documentan obstáculos relacionados con los recursos humanos y financieros y la voluntad política, mientras que Barrage y Furst (2019)¹⁰³ señalan la prevalencia del negacionismo climático.

Descripción de confianza y probabilidad

Una amplia investigación científica representativa de diversas disciplinas refleja una *confianza alta* en el continuo crecimiento del número de planes de mitigación de las emisiones de GHG y de adaptación climática en las ciudades que se encuentran en todo el país. También se ha producido un gran aumento de la investigación científica que documenta los factores de la adopción de medidas climáticas en las ciudades, con muchos estudios cuantitativos y cualitativos que representan diversas regiones y geografías^{105,179,180,181,182,183}.

A pesar del aumento del número de planes en los años recientes, la evidencia empírica también muestra que la implementación de medidas de mitigación y adaptación en las ciudades y los gobiernos locales sigue rezagada. Por lo tanto, aunque es casi seguro que se están elaborando y publicando planes climáticos en las ciudades, los datos muestran que solo es *probable* que los gobiernos de las ciudades y los residentes urbanos estén empleando una variedad cada vez mayor de herramientas y estrategias para permitir la implementación sobre el terreno. La investigación señala cómo esta diferencia puede atribuirse a la realidad de que los procesos de planificación y la implementación de los esfuerzos dependen del contexto, lo que significa que los motores y los incentivos de la acción están ligados a factores políticos, sociales, económicos y ecológicos locales^{74,103,104,162,163,164,165,166}. Por lo tanto, dada la evaluación de esta literatura emergente, es *casi seguro* y existe una *confianza muy alta* en que el alcance, la escala y el ritmo de las acciones no son suficientes dada la magnitud de los impactos climáticos observados y proyectados de los entornos construidos y los sistemas urbanos^{74,103,104,162,163,164,165,166}.

Mensaje clave 12.4

Las acciones comunitarias marcan el cambio hacia una gobernanza climática equitativa

Descripción de la base de evidencia

La evidencia científica sobre los esfuerzos urbanos para combatir el cambio climático pone de manifiesto una creciente preocupación por la forma en que sus posibles beneficios y cargas serán asumidos por la sociedad^{169,178,199,204,219}. En respuesta, el mensaje clave 12.4 evalúa la evidencia científica sobre las implicaciones para la equidad social de los esfuerzos de planificación del cambio climático. Recientemente han aumentado los esfuerzos por documentar las desigualdades inherentes a la forma en que se planifican, diseñan y ejecutan las acciones climáticas en contextos locales, especialmente en ciudades de todo el país donde ya se observan altos niveles de desigualdad social y económica^{166,169,198,199,200}. También han surgido más investigaciones sobre estrategias basadas en la comunidad, dirigidas por la comunidad y ascendentes para reconocer mejor las necesidades de las comunidades urbanas de primera línea y sobrecargadas¹⁷⁸, incluidas las comunidades negras, hispanas/latinas, de las Islas del Pacífico, nativas de Alaska e indígenas²²⁶, así como los grupos de escasos recursos.

El mensaje clave 12.4 documenta evidencia científica moderada pero creciente de los enfoques de planificación e implementación inclusivos^{220,221}. Para algunas comunidades sobrecargadas, la búsqueda de una acción climática equitativa puede ser una estrategia para abordar la histórica falta de inversiones y movilizar el acceso a más atención médica y servicios e infraestructuras urbanas asequibles. Fiack *et al.* (2021)²⁰⁴ encuentran que la adaptación climática con equidad social está presente a nivel local, basándose en 22 de las 100 ciudades más grandes del país. Muchos gobiernos locales también colaboran activamente con las partes interesadas locales^{106,107} para una amplia variedad de impactos climáticos, desde el calor extremo hasta el aumento del nivel del mar.

La Tabla 12.2 ilustra varios ejemplos de cambios en la gobernanza climática urbana hacia una planificación e implementación dirigidas por las comunidades locales. Los gobiernos locales que integran la equidad en sus planes de mitigación de GHG y adaptación climática pueden centrarse en transformar el proceso y trasladar el poder y las capacidades a las comunidades. Amplia evidencia científica demuestra que los planes de acción climática se crean e implementan cuando las ciudades experimentan una mayor vulnerabilidad climática y cuentan con el apoyo activo de los residentes y cuando los gobiernos tienen en marcha otros planes relacionados^{107,181}. Aun así, mucha evidencia científica sugiere que los enfoques participativos siguen siendo un desafío. Por ejemplo, Sarzynski (2018)²¹⁸ mostró cómo, en Baltimore, la resiliencia se ha limitado a las acciones gubernamentales, y la ciudad ha tenido dificultades para que la comunidad asuma su responsabilidad. Stults y Larsen (2020)¹¹², al analizar 44 planes locales en los EE. UU. de adaptación al clima, descubrieron que ninguno utilizaba una planificación de escenarios locales o estrategias sólidas.

Principales incertidumbres y brechas en la investigación

Para el mensaje clave 12.4, las principales fuentes de incertidumbre pertenecen a los impulsores específicos de la desigualdad (especialmente en las comunidades urbanas que experimentan inseguridad en la vivienda, salarios más bajos e indicadores socioeconómicos más bajos) asociados con la implementación de acciones específicas de mitigación de emisiones de GHG y adaptación climática, así como las incertidumbres que rodean los impactos sociales a largo plazo de las desigualdades impulsadas por el clima. Aunque existen numerosas investigaciones empíricas que documentan cómo los procesos de toma de decisiones sobre el cambio climático a menudo no tienen en cuenta a las poblaciones de primera línea, las comunidades sobrecargadas, los pueblos indígenas y los grupos históricamente excluidos de la toma de decisiones^{166,169,198,199,200}, la literatura difiere sobre si las acciones específicas contra el cambio climático contribuyen directamente a producir más carga sobre grupos particulares, como por ejemplo a través del desplazamiento. También existe una gran incertidumbre sobre si las crecientes consideraciones de inclusión y equidad conducen realmente a resultados más justos y equitativos sobre el terreno, y de qué manera.

Descripción de confianza y probabilidad

A pesar de un notable cambio en la investigación científica hacia acciones socialmente equitativas y justas contra el cambio climático, el mensaje clave 12.4 señala con *confianza alta* que el progreso real en la planificación e implementación inclusivas sobre el terreno sigue siendo variable^{166,198,199,200}. Esta evaluación se basa en investigaciones científicas publicadas desde la NCA4 que muestran la creciente adopción de ideas de equidad y justicia social en los planes y las políticas sobre cambio climático en ciudades y regiones. Muchos de estos planes y políticas identifican vulnerabilidades socioeconómicas y mayores riesgos que experimentan las comunidades de primera línea, pero las investigaciones demuestran que se quedan cortos al incorporar las prioridades de equidad y justicia social en el diseño y la implementación de los esfuerzos de mitigación y adaptación^{169,178,199,204,219}. Algunas excepciones notables incluyen ciudades más grandes o ciudades que tienen experiencia reciente con impactos extremos, de ahí la evaluación de que la implementación sigue siendo variable en los EE. UU.

En los últimos años, la investigación en ciencias sociales ha criticado ampliamente la forma en que los planes municipales han abordado la equidad social y la inclusión en los planes climáticos. La investigación muestra avances en la documentación de cómo es *muy probable* que los procesos de toma de decisiones sobre el cambio climático no incluyan a poblaciones históricamente excluidas, comunidades sobrecargadas y pueblos indígenas. Esta investigación también señala el papel de la sociedad civil, las organizaciones no gubernamentales, los movimientos sociales y otros agentes al posibilitar acciones climáticas más inclusivas. Del mismo modo, la literatura documenta un número creciente de asociaciones entre niveles de gobierno y entre sectores para apoyar la toma de decisiones y la implementación^{106,107,169,170,171,172,174,175,176,177,218,227}. Con esta creciente literatura, el mensaje clave señala con *confianza alta* el elevado número de mecanismos de toma de decisiones participativos, dirigidos por la comunidad y ampliamente inclusivos que se encuentran en los EE. UU., así como el modo *probable* en que estos mecanismos se consideran en conjunto con los procesos de planificación tradicionales.

Referencias

1. Gurney, K.R., J. Liang, R. Patarasuk, Y. Song, J. Huang, and G. Roest, 2020: The Vulcan version 3.0 high-resolution fossil fuel CO₂ emissions for the United States. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **125** (19), e2020JD032974. <https://doi.org/10.1029/2020jd032974>
2. Gurney, K.R., J. Liang, G. Roest, Y. Song, K. Mueller, and T. Lauvaux, 2021: Under-reporting of greenhouse gas emissions in U.S. cities. *Nature Communications*, **12** (1), 553. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20871-0>
3. Seto, K.C., G. Churkina, A. Hsu, M. Keller, P.W.G. Newman, B. Qin, and A. Ramaswami, 2021: From low- to net-zero carbon cities: The next global agenda. *Annual Review of Environment and Resources*, **46** (1), 377–415. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-050120-113117>
4. de Chalendar, J.A., J. Taggart, and S.M. Benson, 2019: Tracking emissions in the US electricity system. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **116** (51), 25497–25502. <https://doi.org/10.1073/pnas.1912950116>
5. Gurney, K.R., P. Romero-Lankao, S. Pincetl, M. Betsill, M. Chester, F. Creutzig, K. Davis, R. Duren, G. Franco, S. Hughes, L. R. Hutyrá, C. Kennedy, R. Krueger, P. J. Marcotullio, D. Pataki, D. Sailor, and K.V.R. Schäfer, 2018: Ch. 4. Understanding urban carbon fluxes. In: *Second State of the Carbon Cycle Report (SOCCR2): A Sustained Assessment Report*. Cavallaro, N., G. Shrestha, R. Birdsey, M. A. Mayes, R. G. Najjar, S. C. Reed, P. Romero-Lankao, and Z. Zhu, Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, 189–228. <https://doi.org/10.7930/soccr2.2018.ch4>
6. Moran, D., K. Kanemoto, M. Jiborn, R. Wood, J. Többen, and K.C. Seto, 2018: Carbon footprints of 13,000 cities. *Environmental Research Letters*, **13** (6), 064041. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aac72a>
7. C40 Cities, 2018: Consumption-Based GHG Emissions of C40 Cities. C40 Cities Climate Leadership Group. https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Consumption-based-GHG-emissions-of-C40-cities?language=en_US
8. Song, K., S. Qu, M. Taiebat, S. Liang, and M. Xu, 2019: Scale, distribution and variations of global greenhouse gas emissions driven by U.S. households. *Environment International*, **133**, 105137. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105137>
9. Wiedmann, T., G. Chen, A. Owen, M. Lenzen, M. Doust, J. Barrett, and K. Steele, 2021: Three-scope carbon emission inventories of global cities. *Journal of Industrial Ecology*, **25** (3), 735–750. <https://doi.org/10.1111/jiec.13063>
10. Goldstein, B., D. Gounaridis, and J.P. Newell, 2020: The carbon footprint of household energy use in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **117** (32), 19122–19130. <https://doi.org/10.1073/pnas.1922205117>
11. Jones, C.M., S.M. Wheeler, and D.M. Kammen, 2018: Carbon footprint planning: Quantifying local and state mitigation opportunities for 700 California cities. *Urban Planning*, **3** (3), 35–51. <https://doi.org/10.17645/up.v3i2.1218>
12. Ghandehari, M., T. Emig, and M. Aghamohamadnia, 2018: Surface temperatures in New York City: Geospatial data enables the accurate prediction of radiative heat transfer. *Scientific Reports*, **8** (1), 2224. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19846-5>
13. Howe, D.A., J.M. Hathaway, K.N. Ellis, and L.R. Mason, 2017: Spatial and temporal variability of air temperature across urban neighborhoods with varying amounts of tree canopy. *Urban Forestry & Urban Greening*, **27**, 109–116. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.07.001>
14. Kim, S.W. and R.D. Brown, 2021: Urban heat island (UHI) variations within a city boundary: A systematic literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **148**, 111256. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111256>
15. Parida, B.R., S. Bar, D. Kaskaoutis, A.C. Pandey, S.D. Polade, and S. Goswami, 2021: Impact of COVID-19 induced lockdown on land surface temperature, aerosol, and urban heat in Europe and North America. *Sustainable Cities and Society*, **75**, 103336. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103336>
16. Tsoka, S., K. Tsikaloudaki, T. Theodosiou, and D. Bikas, 2020: Urban warming and cities' microclimates: Investigation methods and mitigation strategies—A review. *Energies*, **13** (6), 1414. <https://doi.org/10.3390/en13061414>

17. Wimberly, M.C., J.K. Davis, M.V. Evans, A. Hess, P.M. Newberry, N. Solano-Asamoah, and C.C. Murdock, 2020: Land cover affects microclimate and temperature suitability for arbovirus transmission in an urban landscape. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, **14** (9), e0008614. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008614>
18. Crum, S.M. and G.D. Jenerette, 2017: Microclimate variation among urban land covers: The importance of vertical and horizontal structure in air and land surface temperature relationships. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, **56** (9), 2531–2543. <https://doi.org/10.1175/jamc-d-17-0054.1>
19. Sarangi, C., Y. Qian, J. Li, L.R. Leung, T.C. Chakraborty, and Y. Liu, 2021: Urbanization amplifies nighttime heat stress on warmer days over the US. *Geophysical Research Letters*, **48** (24), e2021GL095678. <https://doi.org/10.1029/2021gl095678>
20. Cao, Q., Y. Liu, M. Georgescu, and J. Wu, 2020: Impacts of landscape changes on local and regional climate: A systematic review. *Landscape Ecology*, **35** (6), 1269–1290. <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01015-7>
21. Liu, J. and D. Niyogi, 2020: Identification of linkages between urban heat Island magnitude and urban rainfall modification by use of causal discovery algorithms. *Urban Climate*, **33**, 100659. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100659>
22. Schmid, P.E. and D. Niyogi, 2017: Modeling urban precipitation modification by spatially heterogeneous aerosols. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, **56** (8), 2141–2153. <https://doi.org/10.1175/jamc-d-16-0320.1>
23. Shepherd, J.M., S.J. Burian, M. Jin, C. Liu, and B. Johnson, 2020: Ch. 29. Two decades of urban hydroclimatological studies have yielded discovery and societal benefits. In: *Satellite Precipitation Measurement. Advances in Global Change Research*. Levizzani, V., C. Kidd, D.B. Kirschbaum, C.D. Kummerow, K. Nakamura, and F.J. Turk, Eds. Springer, Cham, Switzerland, 1055–1072. https://doi.org/10.1007/978-3-030-35798-6_29
24. Hodgkins, G.A., R.W. Dudley, S.A. Archfield, and B. Renard, 2019: Effects of climate, regulation, and urbanization on historical flood trends in the United States. *Journal of Hydrology*, **573**, 697–709. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.03.102>
25. Jacobs, J.M., L.R. Cattaneo, W. Sweet, and T. Mansfield, 2018: Recent and future outlooks for nuisance flooding impacts on roadways on the U.S. East Coast. *Transportation Research Record*, **2672** (2), 1–10. <https://doi.org/10.1177/0361198118756366>
26. Wing, O.E.J., P.D. Bates, A.M. Smith, C.C. Sampson, K.A. Johnson, J. Fargione, and P. Morefield, 2018: Estimates of present and future flood risk in the conterminous United States. *Environmental Research Letters*, **13** (3), 034023. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaac65>
27. Jiang, Z., B.C. McDonald, H. Worden, J.R. Worden, K. Miyazaki, Z. Qu, D.K. Henze, D.B.A. Jones, A.F. Arellano, E.V. Fischer, L. Zhu, and K.F. Boersma, 2018: Unexpected slowdown of US pollutant emission reduction in the past decade. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **115** (20), 5099–5104. <https://doi.org/10.1073/pnas.1801191115>
28. Song, X.-P., M.C. Hansen, S.V. Stehman, P.V. Potapov, A. Tyukavina, E.F. Vermote, and J.R. Townshend, 2018: Global land change from 1982 to 2016. *Nature*, **560** (7720), 639–643. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0411-9>
29. Stewart, I.D. and T.R. Oke, 2012: Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **93** (12), 1879–1900. <https://doi.org/10.1175/bams-d-11-00019.1>
30. Masson, V., A. Lemonsu, J. Hidalgo, and J. Voogt, 2020: Urban climates and climate change. *Annual Review of Environment and Resources*, **45** (1), 411–444. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012320-083623>
31. IPCC, 2018: *Global Warming of 1.5°C. an IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C Above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts To Eradicate Poverty*. Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Shearman, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield, Eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. <https://doi.org/10.1017/9781009157940>
32. Qian, Y., T.C. Chakraborty, J. Li, D. Li, C. He, C. Sarangi, F. Chen, X. Yang, and L.R. Leung, 2022: Urbanization impact on regional climate and extreme weather: Current understanding, uncertainties, and future research directions. *Advances in Atmospheric Sciences*, **39** (6), 819–860. <https://doi.org/10.1007/s00376-021-1371-9>

33. Webb, B., 2017: The use of urban climatology in local climate change strategies: A comparative perspective. *International Planning Studies*, **22** (2), 68–84. <https://doi.org/10.1080/13563475.2016.1169916>
34. Georgescu, M., P.E. Morefield, B.G. Bierwagen, and C.P. Weaver, 2014: Urban adaptation can roll back warming of emerging megapolitan regions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **111** (8), 2909–2914. <https://doi.org/10.1073/pnas.1322280111>
35. Oke, T.R., G. Mills, A. Christen, and J.A. Voogt, 2017: *Urban Climates*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. <https://doi.org/10.1017/9781139016476>
36. Doblas-Reyes, F.J., A.A. Sörensson, M. Almazroui, A. Dosio, W.J. Gutowski, R. Haarsma, R. Hamdi, B. Hewitson, W.-T. Kwon, B.L. Lamptey, D. Maraun, T.S. Stephenson, I. Takayabu, L. Terray, A. Turner, and Z. Zuo, 2021: Ch. 10. Linking global to regional climate change. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou, Eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 1363–1512. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.012>
37. Clark, S.S., M.V. Chester, T.P. Seager, and D.A. Eisenberg, 2019: The vulnerability of interdependent urban infrastructure systems to climate change: Could Phoenix experience a Katrina of extreme heat? *Sustainable and Resilient Infrastructure*, **4** (1), 21–35. <https://doi.org/10.1080/23789689.2018.1448668>
38. Habel, S., C.H. Fletcher, T.R. Anderson, and P.R. Thompson, 2020: Sea-level rise induced multi-mechanism flooding and contribution to urban infrastructure failure. *Scientific Reports*, **10** (1), 3796. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60762-4>
39. Okour, Y., N.B. Rajkovich, and M. Bohm, 2019: Balancing adaptation and mitigation in the building sector of New York State. In: *Handbook of Climate Change Resilience*. Leal Filho, W., Ed. Springer, Cham, Switzerland, 1–17. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71025-9_124-1
40. Stone Jr., B., E. Mallen, M. Rajput, C.J. Gronlund, A.M. Broadbent, E.S. Krayenhoff, G. Augenbroe, M.S. O'Neill, and M. Georgescu, 2021: Compound climate and infrastructure events: How electrical grid failure alters heat wave risk. *Environmental Science & Technology*, **55** (10), 6957–6964. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c00024>
41. Williams, A., L. McDonogh-Wong, and J.D. Spengler, 2020: The influence of extreme heat on police and fire department services in 23 U.S. cities. *GeoHealth*, **4** (11), e2020GH000282. <https://doi.org/10.1029/2020gh000282>
42. Cook, L.M., S. McGinnis, and C. Samaras, 2020: The effect of modeling choices on updating intensity-duration-frequency curves and stormwater infrastructure designs for climate change. *Climatic Change*, **159** (2), 289–308. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02649-6>
43. Rajkovich, N.B., M.E. Tuzzo, N. Heckman, K. Macy, E. Gilman, M. Bohm, and H.-R. Tanner, 2018: Climate Resilience Strategies for Buildings in New York State. Report Number 18-11. New York State Energy Research and Development Authority, Albany, NY. <https://ap.buffalo.edu/content/dam/ap/PDFs/NYSERDA/Climate-Resilience-Strategies-for-Buildings.pdf>
44. Argyroudis, S.A., S.A. Mitoulis, E. Chatzi, J.W. Baker, I. Brilakis, K. Gkoumas, M. Vousdoukas, W. Hynes, S. Carluccio, O. Keou, D.M. Frangopol, and I. Linkov, 2022: Digital technologies can enhance climate resilience of critical infrastructure. *Climate Risk Management*, **35**, 2212–0963. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2021.100387>
45. Balogun, A.-L., D. Marks, R. Sharma, H. Shekhar, C. Balmes, D. Maheng, A. Arshad, and P. Salehi, 2020: Assessing the potentials of digitalization as a tool for climate change adaptation and sustainable development in urban centres. *Sustainable Cities and Society*, **53**, 101888. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101888>
46. Durairajan, R., C. Barford, and P. Barford, 2018: Lights out: Climate change risk to Internet infrastructure. *Proceedings of the Applied Networking Research Workshop*, Montreal, QC, Canada. Association for Computing Machinery, 9–15. <https://doi.org/10.1145/3232755.3232775>
47. ASHRAE, 2021: Planning Framework for Protecting Commercial Building Occupants from Smoke During Wildfire Events. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 17 pp. <https://www.ashrae.org/File%20Library/Technical%20Resources/COVID-19/Planning-Framework-for-Protecting-Commercial-Building-Occupants-from-Smoke-During-Wildfire-Events.pdf>
48. ASCE, 2021: A Comprehensive Assessment of America's Infrastructure: 2021 Report Card for America's Infrastructure. American Society of Civil Engineers. <https://infrastructurereportcard.org/>

49. Lopez-Cantu, T. and C. Samaras, 2018: Temporal and spatial evaluation of stormwater engineering standards reveals risks and priorities across the United States. *Environmental Research Letters*, **13** (7), 074006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aac696>
50. Esmaili, M. and M. Barbato, 2021: Predictive model for hurricane wind hazard under changing climate conditions. *Natural Hazards Review*, **22** (3), 04021011. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)nh.1527-6996.0000458](https://doi.org/10.1061/(asce)nh.1527-6996.0000458)
51. Pant, S. and E.J. Cha, 2019: Wind and rainfall loss assessment for residential buildings under climate-dependent hurricane scenarios. *Structure and Infrastructure Engineering*, **15** (6), 771-782. <https://doi.org/10.1080/15732479.2019.1572199>
52. Dawson, T., J. Hambly, A. Kelley, W. Lees, and S. Miller, 2020: Coastal heritage, global climate change, public engagement, and citizen science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **117** (15), 8280-8286. <https://doi.org/10.1073/pnas.1912246117>
53. Hambrecht, G. and M. Rockman, 2017: International approaches to climate change and cultural heritage. *American Antiquity*, **82** (4), 627-641. <https://doi.org/10.1017/aaq.2017.30>
54. AIA, 2022: Scalable Climate Action. American Institute of Architects, 28 pp. https://content.aia.org/sites/default/files/2022-03/21_10_EX_Scalable_Climate_Action_v03.pdf
55. ASLA, 2018: Smart Policies for a Changing Climate: The Report and Recommendations of the ASLA Blue Ribbon Panel on Climate Change and Resilience. American Society of Landscape Architects. https://www.asla.org/uploadedfiles/cms/about__us/climate_blue_ribbon/climate%20interactive3.pdf
56. IFMA, 2020: *Adapting to Climate Change for FM Professionals*. International Facility Management Association. <https://knowledgelibrary.ifma.org/adapting-to-climate-change-for-fm-professionals/>
57. International Code Council, 2021: 2021 International Building Code (IBC). International Code Council. <https://codes.iccsafe.org/content/ibc2021p1>
58. Rastogi, P., A. Laxo, L.D. Cecil, and D. Overbey, 2022: Projected climate data for building design: Barriers to use. *Buildings and Cities*, **3** (1), 111-117. <https://doi.org/10.5334/bc.145>
59. Ayyub, B.M., Ed. 2018: *Climate-Resilient Infrastructure: Adaptive Design and Risk Management*. American Society of Civil Engineers, Reston, VA. <https://doi.org/10.1061/9780784415191>
60. Chester, M.V., B.S. Underwood, and C. Samaras, 2020: Keeping infrastructure reliable under climate uncertainty. *Nature Climate Change*, **10** (6), 488-490. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0741-0>
61. Lopez-Cantu, T., A.F. Prein, and C. Samaras, 2020: Uncertainties in future U.S. extreme precipitation from downscaled climate projections. *Geophysical Research Letters*, **47** (9), e2019GL086797. <https://doi.org/10.1029/2019gl086797>
62. Patterson, M., 2022: Ch. 14. Resilience by design: Building facades for tomorrow. In: *Rethinking Building Skins*. Gasparri, E., A. Brambilla, G. Lobaccaro, F. Goia, A. Andaloro, and A. Sangiorgio, Eds. Woodhead Publishing, 359-375. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-822477-9.00002-4>
63. Underwood, B.S., G. Mascaro, M.V. Chester, A. Fraser, T. Lopez-Cantu, and C. Samaras, 2020: Past and present design practices and uncertainty in climate projections are challenges for designing infrastructure to future conditions. *Journal of Infrastructure Systems*, **26** (3), 04020026. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)is.1943-555x.0000567](https://doi.org/10.1061/(asce)is.1943-555x.0000567)
64. Ray, P., N.B. Rajkovich, M.E. Tuzzo, M. Bohm, and B. Roberts, 2018: Regional Costs of Climate-Related Hazards for the New York State Building Sector. Report Number 18-11b. New York State Energy Research and Development Authority, Albany, NY. <https://archplan.buffalo.edu/content/dam/ap/PDFs/NYSERDA/Regional-Costs-of-Climate-Related-Hazards.pdf>
65. Maxim, A. and E. Grubert, 2021: Effects of climate migration on town-to-city transitions in the United States: Proactive investments in civil infrastructure for resilience and sustainability. *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability*, **1** (3), 031001. <https://doi.org/10.1088/2634-4505/ac33ef>
66. Gomez, M., A. Mejia, B.L. Ruddell, and R.R. Rushforth, 2021: Supply chain diversity buffers cities against food shocks. *Nature*, **595** (7866), 250-254. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03621-0>

67. Sarkis, J., M.J. Cohen, P. Dewick, and P. Schröder, 2020: A brave new world: Lessons from the COVID-19 pandemic for transitioning to sustainable supply and production. *Resources, Conservation and Recycling*, **159**, 104894. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104894>
68. Simchi-Levi, D. and E. Simchi-Levi, 2020: We need a stress test for critical supply chains. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2020/04/we-need-a-stress-test-for-critical-supply-chains>
69. Bezgrebelna, M., K. McKenzie, S. Wells, A. Ravindran, M. Kral, J. Christensen, V. Stergiopoulos, S. Gaetz, and S.A. Kidd, 2021: Climate change, weather, housing precarity, and homelessness: A systematic review of reviews. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **18** (11), 5812. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115812>
70. Bixler, R.P., E. Yang, S.M. Richter, and M. Coudert, 2021: Boundary crossing for urban community resilience: A social vulnerability and multi-hazard approach in Austin, Texas, USA. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, **66**, 102613. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102613>
71. Hsu, A., G. Sheriff, T. Chakraborty, and D. Manya, 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>
72. Gabbe, C.J., G. Pierce, E. Petermann, and A. Marecek, 2021: Why and how do cities plan for extreme heat? *Journal of Planning Education and Research*, 0739456X211053654. <https://doi.org/10.1177/0739456x211053654>
73. 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>
74. Meerow, S. and L. Keith, 2022: Planning for extreme heat. *Journal of the American Planning Association*, **88** (3), 319–334. <https://doi.org/10.1080/01944363.2021.1977682>
75. Fragomeni, M.B.A., S. Bernardes, J.M. Shepherd, and R. Rivero, 2020: A collaborative approach to heat response planning: A case study to understand the integration of urban climatology and land-use planning. *Urban Climate*, **33**, 100653. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100653>
76. Gronlund, C.J., K.P. Sullivan, Y. Kefelegn, L. Cameron, and M.S. O'Neill, 2018: Climate change and temperature extremes: A review of heat- and cold-related morbidity and mortality concerns of municipalities. *Maturitas*, **114**, 54–59. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2018.06.002>
77. Lin, J. and R.D. Brown, 2021: Integrating microclimate into landscape architecture for outdoor thermal comfort: A systematic review. *Land*, **10** (2), 196. <https://doi.org/10.3390/land10020196>
78. Titus, J.G., 2023: Population in floodplains or close to sea level increased in US but declined in some counties—Especially among black residents. *Environmental Research Letters*, **18** (3), 034001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acadf5>
79. 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>
80. Harlan, S.L., P. Chakalian, J. Declat-Barreto, D.M. Hondula, and G.D. Jenerette, 2019: Ch. 2. Pathways to climate justice in a desert metropolis. In: *People and Climate Change: Vulnerability, Adaptation, and Social Justice*. Reyes Mason, L. and J. Rigg, Eds. Oxford University Press, 23–50. <https://doi.org/10.1093/oso/9780190886455.003.0002>
81. Eguiluz-Gracia, I., A.G. Mathioudakis, S. Bartel, S.J.H. Vijverberg, E. Fuertes, P. Comberiat, Y.S. Cai, P.V. Tomazic, Z. Diamant, J. Vestbo, C. Galan, and B. Hoffmann, 2020: The need for clean air: The way air pollution and climate change affect allergic rhinitis and asthma. *Allergy*, **75** (9), 2170–2184. <https://doi.org/10.1111/all.14177>
82. Karnauskas, K.B., S.L. Miller, and A.C. Schapiro, 2020: Fossil fuel combustion is driving indoor CO₂ toward levels harmful to human cognition. *GeoHealth*, **4** (5), e2019GH000237. <https://doi.org/10.1029/2019gh000237>
83. Lebel, E.D., C.J. Finnegan, Z. Ouyang, and R.B. Jackson, 2022: Methane and NO_x emissions from natural gas stoves, cooktops, and ovens in residential homes. *Environmental Science & Technology*, **56** (4), 2529–2539. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c04707>
84. Evans, G.W., 2019: Projected behavioral impacts of global climate change. *Annual Review of Psychology*, **70** (1), 449–474. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-103023>

85. 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>
86. 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>
87. Shi, L. and S. Moser, 2021: Transformative climate adaptation in the United States: Trends and prospects. *Science*, **372** (6549), 8054. <https://doi.org/10.1126/science.abc8054>
88. Hausfather, Z. and G.P. Peters, 2020: Emissions—The ‘business as usual’ story is misleading. *Nature*, **577** (7792), 618–620. <https://doi.org/10.1038/d41586-020-00177-3>
89. OSTP, 2023: Selecting Climate Information to Use in Climate Risk and Impact Assessments: Guide for Federal Agency Climate Adaptation Planners. White House Office of Science and Technology Policy, Washington, DC. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2023/03/guide-on-selecting-climate-information-to-use-in-climate-risk-and-impact-assessments.pdf>
90. Schwalm, C.R., S. Glendon, and P.B. Duffy, 2020: RCP8.5 tracks cumulative CO₂ emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **117** (33), 19656–19657. <https://doi.org/10.1073/pnas.2007117117>
91. 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>
92. Hauer, M.E., E. Fussell, V. Mueller, M. Burkett, M. Call, K. Abel, R. McLeman, and D. Wrathall, 2020: Sea-level rise and human migration. *Nature Reviews Earth & Environment*, **1** (1), 28–39. <https://doi.org/10.1038/s43017-019-0002-9>
93. Goldstein, A., W.R. Turner, J. Gladstone, and D.G. Hole, 2019: The private sector’s climate change risk and adaptation blind spots. *Nature Climate Change*, **9** (1), 18–25. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0340-5>
94. 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>
95. Owen, R., 2019: Actuaries are paying attention to climate data. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **100** (1), S5–S8. <https://doi.org/10.1175/bams-d-18-0293.1>
96. 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>
97. Beck, J. and M. Lin, 2020: The impact of sea level rise on real estate prices in coastal Georgia. *Review of Regional Studies*, **50** (1), 43–52. <https://doi.org/10.52324/001c.11643>
98. 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>
99. 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>
100. Kim, S.K. and R.B. Peiser, 2020: The implication of the increase in storm frequency and intensity to coastal housing markets. *Journal of Flood Risk Management*, **13** (3), e12626. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12626>
101. Duanmu, J., Y. Li, M. Lin, and S. Tahsin, 2022: Natural disaster risk and residential mortgage lending standards. *Journal of Real Estate Research*, **44** (1), 106–130. <https://doi.org/10.1080/08965803.2021.2013613>
102. 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>
103. 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>
104. Markolf, S.A., I.M. Azevedo, M. Muro, and D.G. Victor, 2020: Pledges and Progress: Steps Toward Greenhouse Gas Emissions Reductions in the 100 Largest Cities Across the United States. The Brookings Institution. https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2020/10/fp_20201022_ghg_pledges_v4.pdf

105. Woodruff, S.C., 2022: Coordinating plans for climate adaptation. *Journal of Planning Education and Research*, **42** (2), 218–230. <https://doi.org/10.1177/0739456x18810131>
106. Kalesnikaitė, V., 2019: Keeping cities afloat: Climate change adaptation and collaborative governance at the local level. *Public Performance & Management Review*, **42** (4), 864–888. <https://doi.org/10.1080/15309576.2018.1526091>
107. Rai, S., 2020: Policy adoption and policy intensity: Emergence of climate adaptation planning in U.S. states. *Review of Policy Research*, **37** (4), 444–463. <https://doi.org/10.1111/ropr.12383>
108. Siders, A.R. and J.M. Keenan, 2020: Variables shaping coastal adaptation decisions to armor, nourish, and retreat in North Carolina. *Ocean & Coastal Management*, **183**, 105023. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.105023>
109. U.S. Federal Government, 2014: U.S. Climate Resilience Toolkit [Website]. <http://toolkit.climate.gov>
110. NIHHS, 2022: National Integrated Heat Health Information System [Website]. <https://www.heat.gov>
111. FEMA, 2023: Hazard Mitigation Plan Status. U.S. Department of Homeland Security, Federal Emergency Management Agency, accessed July 6, 2023. <https://www.fema.gov/emergency-managers/risk-management/hazard-mitigation-planning/status>
112. Stults, M. and L. Larsen, 2020: Tackling uncertainty in US local climate adaptation planning. *Journal of Planning Education and Research*, **40** (4), 416–431. <https://doi.org/10.1177/0739456x18769134>
113. Phius, 2022: Phius Standards [Website]. <https://www.phius.org/standards>
114. NGBS, 2022: The NGBS Green Promise. National Green Building Standard. <https://www.ngbs.com/the-ngbs-green-promise>
115. Gong, F.-Y., Z.-C. Zeng, F. Zhang, X. Li, E. Ng, and L.K. Norford, 2018: Mapping sky, tree, and building view factors of street canyons in a high-density urban environment. *Building and Environment*, **134**, 155–167. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.02.042>
116. González, J.E., P. Ramamurthy, R.D. Bornstein, F. Chen, E.R. Bou-Zeid, M. Ghandehari, J. Luvall, C. Mitra, and D. Niyogi, 2021: Urban climate and resiliency: A synthesis report of state of the art and future research directions. *Urban Climate*, **38**, 100858. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100858>
117. Grêt-Regamey, A., M. Switalski, N. Fagerholm, S. Korpilo, S. Juhola, M. Kyttä, N. Käyhkö, T. McPhearson, M. Nollert, T. Rinne, N. Soininen, T. Toivonen, A. Räsänen, E. Willberg, and C.M. Raymond, 2021: Harnessing sensing systems towards urban sustainability transformation. *npj Urban Sustainability*, **1** (1), 40. <https://doi.org/10.1038/s42949-021-00042-w>
118. Liang, J., J. Gong, J. Sun, J. Zhou, W. Li, Y. Li, J. Liu, and S. Shen, 2017: Automatic sky view factor estimation from Street View photographs—A big data approach. *Remote Sensing*, **9** (5), 411. <https://doi.org/10.3390/rs9050411>
119. Masson, V., W. Heldens, E. Bocher, M. Bonhomme, B. Bucher, C. Burmeister, C. de Munck, T. Esch, J. Hidalgo, F. Kanani-Sühring, Y.-T. Kwok, A. Lemonsu, J.-P. Lévy, B. Maronga, D. Pavlik, G. Petit, L. See, R. Schoetter, N. Tornay, A. Votsis, and J. Zeidler, 2020: City-descriptive input data for urban climate models: Model requirements, data sources and challenges. *Urban Climate*, **31**, 100536. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100536>
120. Middel, A., J. Lukasczyk, R. Maciejewski, M. Demuzere, and M. Roth, 2018: Sky view factor footprints for urban climate modeling. *Urban Climate*, **25**, 120–134. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2018.05.004>
121. Middel, A., J. Lukasczyk, S. Zakrzewski, M. Arnold, and R. Maciejewski, 2019: Urban form and composition of street canyons: A human-centric big data and deep learning approach. *Landscape and Urban Planning*, **183**, 122–132. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.12.001>
122. Carmin, J., K. Tierney, E. Chu, L.M. Hunter, J.T. Roberts, and L. Shi, 2015: Ch. 6. Adaptation to climate change. In: *Climate Change and Society: Sociological Perspectives*. Dunlap, R.E. and R.J. Brulle, Eds. Oxford University Press, 164–198. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199356102.003.0006>
123. Dodman, D., B. Hayward, M. Pelling, V. Castan Broto, W. Chow, E. Chu, R. Dawson, L. Khirfan, T. McPhearson, A. Prakash, Y. Zheng, and G. Ziervogel, 2022: Ch. 6. Cities, settlements and key infrastructure. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Pörtner, H.-O., D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, and B. Rama, Eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 907–1040. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.008>

124. IPCC, 2022: Summary for policymakers. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Pörtner, H.-O., D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, and B. Rama, Eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3–33. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.001>
125. IPCC, 2022: Summary for policymakers. In: *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. Al Khourdajie, R. van 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. <https://doi.org/10.1017/9781009157926.001>
126. Zhang, Y. and M. Ayyub Bilal, 2020: Electricity system assessment and adaptation to rising temperatures in a changing climate using Washington metro area as a case study. *Journal of Infrastructure Systems*, **26** (2), 04020017. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)is.1943-555x.0000550](https://doi.org/10.1061/(asce)is.1943-555x.0000550)
127. Hsu, D., T. Meng, A. Han, and D. Suh, 2019: Further opportunities to reduce the energy use and greenhouse gas emissions of buildings. *Journal of Planning Education and Research*, **39** (3), 315–331. <https://doi.org/10.1177/0739456x17739674>
128. Zhang, Y. and B.M. Ayyub, 2020: Projecting heat waves temporally and spatially for local adaptations in a changing climate: Washington D.C. as a case study. *Natural Hazards*, **103** (1), 731–750. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04008-6>
129. Smalls-Mantey, L. and F. Montalto, 2021: The seasonal microclimate trends of a large scale extensive green roof. *Building and Environment*, **197**, 107792. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107792>
130. Kumar, N., M. Barbato, and R. Holton, 2018: Feasibility study of affordable earth masonry housing in the U.S. Gulf Coast Region. *Journal of Architectural Engineering*, **24** (2), 04018009. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)ae.1943-5568.0000311](https://doi.org/10.1061/(asce)ae.1943-5568.0000311)
131. Reda Taha, M., M. Ayyub Bilal, K. Soga, S. Daghash, D. Heras Murcia, F. Moreu, and E. Soliman, 2021: Emerging technologies for resilient infrastructure: Conspectus and roadmap. *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering*, **7** (2), 03121002. <https://doi.org/10.1061/ajrua6.0001134>
132. Skillington, K., R.H. Crawford, G. Warren-Myers, and K. Davidson, 2022: A review of existing policy for reducing embodied energy and greenhouse gas emissions of buildings. *Energy Policy*, **168**, 112920. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112920>
133. Hurlimann, A., S. Moosavi, and G.R. Browne, 2021: Urban planning policy must do more to integrate climate change adaptation and mitigation actions. *Land Use Policy*, **101**, 105188. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105188>
134. Zhang, H., J. Peng, R. Wang, J. Zhang, and D. Yu, 2021: Spatial planning factors that influence CO₂ emissions: A systematic literature review. *Urban Climate*, **36**, 100809. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100809>
135. Slowik, P. and N. Lutsey, 2018: The Continued Transition to Electric Vehicles in U.S. Cities. International Council on Clean Transportation, Washington, DC. <https://theicct.org/publication/the-continued-transition-to-electric-vehicles-in-u-s-cities/>
136. Jenn, A., J.H. Lee, S. Hardman, and G. Tal, 2020: An in-depth examination of electric vehicle incentives: Consumer heterogeneity and changing response over time. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, **132**, 97–109. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.11.004>
137. Jenn, A., K. Springel, and A.R. Gopal, 2018: Effectiveness of electric vehicle incentives in the United States. *Energy Policy*, **119**, 349–356. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.04.065>
138. Wee, S., M. Coffman, and S. La Croix, 2018: Do electric vehicle incentives matter? Evidence from the 50 U.S. states. *Research Policy*, **47** (9), 1601–1610. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.05.003>
139. Fung, J.F., J.F. Helgeson, D.H. Webb, C.M. O'Fallon, and H. Cutler, 2021: Does resilience yield dividends? Co-benefits of investing in increased resilience in Cedar Rapids. *Economic Systems Research*, **33** (3), 336–362. <https://doi.org/10.1080/09535314.2020.1798359>
140. Kondo, K., L. Mabon, Y. Bi, Y. Chen, and Y. Hayabuchi, 2021: Balancing conflicting mitigation and adaptation behaviours of urban residents under climate change and the urban heat island effect. *Sustainable Cities and Society*, **65**, 102585. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102585>

141. Negev, M., L. Zea-Reyes, L. Caputo, G. Weinmayr, C. Potter, and A. de Nazelle, 2022: Barriers and enablers for integrating public health cobenefits in urban climate policy. *Annual Review of Public Health*, **43** (1), 255–270. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-052020-010820>
142. Sethi, M., 2020: Ch. 17. Climate co-benefits in rapidly urbanizing emerging economies: Scientific and policy imperatives. In: *Ancillary Benefits of Climate Policy: New Theoretical Developments and Empirical Findings*. Buchholz, W., A. Markandya, D. Rübhelke, and S. Vögele, Eds. Springer, Cham, Switzerland, 301–324. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30978-7_17
143. Sharifi, A., 2021: Co-benefits and synergies between urban climate change mitigation and adaptation measures: A literature review. *Science of The Total Environment*, **750**, 141642. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141642>
144. Lwasa, S., K.C. Seto, X. Bai, H. Blanco, K.R. Gurney, S. Kilikş, O. Lucon, J. Murakami, J. Pan, A. Sharifi, and Y. Yamagata, 2022: Ch. 8. Urban systems and other settlements. 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. Al Khourdajie, R. van 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, 861–952. <https://doi.org/10.1017/9781009157926.010>
145. Ward, S., C. Staddon, L. De Vito, A. Zuniga-Teran, A.K. Gerlak, Y. Schoeman, A. Hart, and G. Booth, 2019: Embedding social inclusiveness and appropriateness in engineering assessment of green infrastructure to enhance urban resilience. *Urban Water Journal*, **16** (1), 56–67. <https://doi.org/10.1080/1573062x.2019.1633674>
146. Webb, B., B. Dix, S. Douglass, S. Asam, C. Cherry, and B. Buhning, 2019: Nature-Based Solutions for Coastal Highway Resilience: An Implementation Guide. FHWA-HEP-19-042. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington DC. https://www.fhwa.dot.gov/environment/sustainability/resilience/ongoing_and_current_research/green_infrastructure/implementation_guide/
147. Keith, L. and S. Meerow, 2022: Planning for Urban Heat Resilience. PAS Report 600. American Planning Association, 99 pp. <https://www.planning.org/publications/report/9245695/>
148. Zheng, X., Y. Zou, A.W. Lounsbury, C. Wang, and R. Wang, 2021: Green roofs for stormwater runoff retention: A global quantitative synthesis of the performance. *Resources, Conservation and Recycling*, **170**, 105577. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105577>
149. Besir, A.B. and E. Cuce, 2018: Green roofs and facades: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **82**, 915–939. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.106>
150. Jamei, E., H.W. Chau, M. Seyedmahmoudian, and A. Stojcevski, 2021: Review on the cooling potential of green roofs in different climates. *Science of The Total Environment*, **791**, 148407. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148407>
151. Susca, T., 2019: Green roofs to reduce building energy use? A review on key structural factors of green roofs and their effects on urban climate. *Building and Environment*, **162**, 106273. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106273>
152. Wong, N.H., C.L. Tan, D.D. Kolokotsa, and H. Takebayashi, 2021: Greenery as a mitigation and adaptation strategy to urban heat. *Nature Reviews Earth & Environment*, **2** (3), 166–181. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-00129-5>
153. Matsler, A.M., 2019: Making ‘green’ fit in a ‘grey’ accounting system: The institutional knowledge system challenges of valuing urban nature as infrastructural assets. *Environmental Science & Policy*, **99**, 160–168. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.05.023>
154. Chester, M., B.S. Underwood, B. Allenby, M. Garcia, C. Samaras, S. Markolf, K. Sanders, B. Preston, and T.R. Miller, 2021: Infrastructure resilience to navigate increasingly uncertain and complex conditions in the Anthropocene. *npj Urban Sustainability*, **1** (1), 4. <https://doi.org/10.1038/s42949-021-00016-y>
155. Mahmoud, H., 2020: Barriers to gauging built environment climate vulnerability. *Nature Climate Change*, **10** (6), 482–485. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0742-z>
156. Markolf, S.A., M.V. Chester, D.A. Eisenberg, D.M. Iwaniec, C.I. Davidson, R. Zimmerman, T.R. Miller, B.L. Ruddell, and H. Chang, 2018: Interdependent infrastructure as linked social, ecological, and technological systems (SETs) to address lock-in and enhance resilience. *Earth’s Future*, **6** (12), 1638–1659. <https://doi.org/10.1029/2018ef000926>

157. Mehvar, S., K. Wijnberg, B. Borsje, N. Kerle, J.M. Schraagen, J. Vinke-de Kruijf, K. Geurs, A. Hartmann, R. Hogeboom, and S. Hulscher, 2021: Review article: Towards resilient vital infrastructure systems—Challenges, opportunities, and future research agenda. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **21** (5), 1383–1407. <https://doi.org/10.5194/nhess-21-1383-2021>
158. WUCA, 2021: Leading Practices in Climate Adaptation. Water Utility Climate Alliance. <https://www.wucaonline.org/adaptation-in-practice/leading-practices>
159. Lopez-Cantu, T., M.K. Webber, and C. Samaras, 2022: Incorporating uncertainty from downscaled rainfall projections into climate resilience planning in U.S. cities. *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability*, **2** (4), 045006. <https://doi.org/10.1088/2634-4505/ac8a6c>
160. OWP, 2022: Analysis of Impact of Nonstationary Climate on NOAA Atlas 14 Estimates: Assessment Report. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service, Office of Water Prediction. https://hdsc.nws.noaa.gov/pfds/files25/NA14_Assessment_report_202201v1.pdf
161. Chang, H., A. Pallathadka, J. Sauer, N.B. Grimm, R. Zimmerman, C. Cheng, D.M. Iwaniec, Y. Kim, R. Lloyd, T. McPhearson, B. Rosenzweig, T. Troxler, C. Welty, R. Brenner, and P. Herreros-Cantis, 2021: Assessment of urban flood vulnerability using the social-ecological-technological systems framework in six US cities. *Sustainable Cities and Society*, **68**, 102786. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102786>
162. Deetjen, T.A., J.P. Conger, B.D. Leibowicz, and M.E. Webber, 2018: Review of climate action plans in 29 major U.S. cities: Comparing current policies to research recommendations. *Sustainable Cities and Society*, **41**, 711–727. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.06.023>
163. Fastiggi, M., S. Meerow, and T.R. Miller, 2021: Governing urban resilience: Organisational structures and coordination strategies in 20 North American city governments. *Urban Studies*, **58** (6), 1262–1285. <https://doi.org/10.1177/0042098020907277>
164. Hsu, A. and R. Rauber, 2021: Diverse climate actors show limited coordination in a large-scale text analysis of strategy documents. *Communications Earth & Environment*, **2** (1), 30. <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00098-7>
165. Koutra, S., M. Balsells Mondejar, and V. Becue, 2022: The nexus of ‘urban resilience’ and ‘energy efficiency’ in cities. *Current Research in Environmental Sustainability*, **4**, 100118. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2021.100118>
166. Woodruff, S., A.O. Bowman, B. Hannibal, G. Sansom, and K. Portney, 2021: Urban resilience: Analyzing the policies of U.S. cities. *Cities*, **115**, 103239. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103239>
167. Boswell, M.R., A.I. Greve, and T.L. Seale, 2019: *Climate Action Planning: A Guide to Creating Low-Carbon, Resilient Communities*. Island Press, Washington, DC, 365 pp. <https://doi.org/10.5822/978-1-61091-964-7>
168. Landis, J.D., D. Hsu, and E. Guerra, 2019: Intersecting residential and transportation CO₂ emissions: Metropolitan climate change programs in the age of Trump. *Journal of Planning Education and Research*, **39** (2), 206–226. <https://doi.org/10.1177/0739456x17729438>
169. Chu, E.K. and C.E.B. Cannon, 2021: Equity, inclusion, and justice as criteria for decision-making on climate adaptation in cities. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, **51**, 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2021.02.009>
170. Patterson, J.J., 2021: More than planning: Diversity and drivers of institutional adaptation under climate change in 96 major cities. *Global Environmental Change*, **68**, 102279. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102279>
171. Keith, L., S. Meerow, D.M. Hondula, V.K. Turner, and J.C. Arnott, 2021: Deploy heat officers, policies and metrics. *Nature*, **598** (7879), 29–31. <https://doi.org/10.1038/d41586-021-02677-2>
172. Hughes, S., E.K. Chu, and S.G. Mason, Eds., 2018: *Climate Change in Cities: Innovations in Multi-Level Governance*. 1st ed. The Urban Book Series. Springer, Cham, Switzerland, 378 pp. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-65003-6>
173. National BPS Coalition, 2021: The National Building Performance Standards Coalition. Institute for Market Transformation. <https://nationalbpscoalition.org>
174. Bellinson, R. and E. Chu, 2019: Learning pathways and the governance of innovations in urban climate change resilience and adaptation. *Journal of Environmental Policy & Planning*, **21** (1), 76–89. <https://doi.org/10.1080/1523908x.2018.1493916>

175. Keeler, A.G., D.E. McNamara, and J.L. Irish, 2018: Responding to sea level rise: Does short-term risk reduction inhibit successful long-term adaptation? *Earth's Future*, **6** (4), 618–621. <https://doi.org/10.1002/2018ef000828>
176. Solecki, W., G.C. Delgado Ramos, D. Roberts, C. Rosenzweig, and B. Walsh, 2021: Accelerating climate research and action in cities through advanced science-policy-practice partnerships. *Npj Urban Sustainability*, **1** (1), 3. <https://doi.org/10.1038/s42949-021-00015-z>
177. Woodruff, S.C., 2018: City membership in climate change adaptation networks. *Environmental Science & Policy*, **84**, 60–68. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.03.002>
178. Cannon, C., E. Chu, A. Natekal, and G. Waaland, 2023: Translating and embedding equity-thinking into climate adaptation: An analysis of US cities. *Regional Environmental Change*, **23** (1), 30. <https://doi.org/10.1007/s10113-023-02025-2>
179. Fink, J.H., 2019: Contrasting governance learning processes of climate-leading and -lagging cities: Portland, Oregon, and Phoenix, Arizona, USA. *Journal of Environmental Policy and Planning*, **21** (1), 16–29. <https://doi.org/10.1080/1523908x.2018.1487280>.
180. Hsu, D., 2022: Straight out of Cape Cod: The origin of community choice aggregation and its spread to other states. *Energy Research & Social Science*, **86**, 102393. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102393>
181. Hui, I., G. Smith, and C. Kimmel, 2019: Think globally, act locally: Adoption of climate action plans in California. *Climatic Change*, **155** (4), 489–509. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02505-7>
182. Leffel, B., 2022: Toward global urban climate mitigation: Linking national and polycentric systems of environmental change. *Sociology of Development*, **8** (1), 111–137. <https://doi.org/10.1525/sod.2021.0018>
183. Miao, Q., 2019: What affects government planning for climate change adaptation: Evidence from the U.S. states. *Environmental Policy and Governance*, **29** (5), 376–394. <https://doi.org/10.1002/eet.1866>
184. Moser, S.C., J.A. Ekstrom, J. Kim, and S. Heitsch, 2019: Adaptation finance archetypes: Local governments' persistent challenges of funding adaptation to climate change and ways to overcome them. *Ecology and Society*, **24** (2), 28. <https://doi.org/10.5751/es-10980-240228>
185. Gilmore, E.A. and T. St.Clair, 2018: Budgeting for climate change: Obstacles and opportunities at the US state level. *Climate Policy*, **18** (6), 729–741. <https://doi.org/10.1080/14693062.2017.1366891>
186. Javadi, S. and A.-A. Masum, 2021: The impact of climate change on the cost of bank loans. *Journal of Corporate Finance*, **69**, 102019. <https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2021.102019>
187. 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>
188. Young, S.A., K.C. Lindeman, and S.R. Fowler, 2022: Climate adaptation and risk preparedness in Florida's East Coast cities: Views of municipal leaders. *Journal of Environmental Planning and Management*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/09640568.2022.2125369>
189. Cousins, J.J. and D.T. Hill, 2021: Green infrastructure, stormwater, and the financialization of municipal environmental governance. *Journal of Environmental Policy & Planning*, **23** (5), 581–598. <https://doi.org/10.1080/1523908x.2021.1893164>
190. Klein, J., M. Araos, A. Karimo, M. Heikkinen, T. Ylä-Anttila, and S. Juhola, 2018: The role of the private sector and citizens in urban climate change adaptation: Evidence from a global assessment of large cities. *Global Environmental Change*, **53**, 127–136. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.09.012>
191. 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>
192. Rashidi, K., M. Stadelmann, and A. Patt, 2019: Creditworthiness and climate: Identifying a hidden financial co-benefit of municipal climate adaptation and mitigation policies. *Energy Research & Social Science*, **48**, 131–138. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.09.021>
193. Chung, C.S., 2020: Rising tides and rearranging deckchairs: How climate change is reshaping infrastructure finance and threatening to sink municipal budgets. *Georgetown Environmental Law Review*, **32** (2), 165–226. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3452590

194. Bigger, P. and N. Millington, 2020: Getting soaked? Climate crisis, adaptation finance, and racialized austerity. *Environment and Planning E: Nature and Space*, **3** (3), 601–623. <https://doi.org/10.1177/2514848619876539>
195. 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>
196. Jinga, P., 2021: Ch. 16. The increasing importance of environmental, social and governance (ESG) investing in combating climate change. In: *Environmental Management*. Tiefenbacher, J.P., Ed. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.98345>
197. Partridge, C. and F.R. Medda, 2020: The evolution of pricing performance of green municipal bonds. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, **10** (1), 44–64. <https://doi.org/10.1080/20430795.2019.1661187>
198. Angelo, H., K. MacFarlane, J. Sirigotis, and A. Millard-Ball, 2022: Missing the housing for the trees: Equity in urban climate planning. *Journal of Planning Education and Research*, 0739456X211072527. <https://doi.org/10.1177/0739456x211072527>
199. Meerow, S., P. Pajouhesh, and T.R. Miller, 2019: Social equity in urban resilience planning. *Local Environment*, **24** (9), 793–808. <https://doi.org/10.1080/13549839.2019.1645103>
200. Shi, L., 2021: From progressive cities to resilient cities: Lessons from history for new debates in equitable adaptation to climate change. *Urban Affairs Review*, **57** (5), 1442–1479. <https://doi.org/10.1177/1078087419910827>
201. Berrang-Ford, L., A.R. Siders, A. Lesnikowski, A.P. Fischer, M.W. Callaghan, et al., 2021: A systematic global stocktake of evidence on human adaptation to climate change. *Nature Climate Change*, **11** (11), 989–1000. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01170-y>
202. Olazabal, M., M. Ruiz de Gopegui, E.L. Tompkins, K. Venner, and R. Smith, 2019: A cross-scale worldwide analysis of coastal adaptation planning. *Environmental Research Letters*, **14** (12), 124056. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab5532>
203. Owen, G., 2020: What makes climate change adaptation effective? A systematic review of the literature. *Global Environmental Change*, **62**, 102071. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102071>
204. Fiack, D., J. Cumberbatch, M. Sutherland, and N. Zerphey, 2021: Sustainable adaptation: Social equity and local climate adaptation planning in U.S. cities. *Cities*, **115**, 103235. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103235>
205. Johnson, K.A., O.E.J. Wing, P.D. Bates, J. Fargione, T. Kroeger, W.D. Larson, C.C. Sampson, and A.M. Smith, 2020: A benefit–cost analysis of floodplain land acquisition for US flood damage reduction. *Nature Sustainability*, **3** (1), 56–62. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0437-5>
206. Gourevitch, J.D., R.M. Diehl, B.C. Wemple, and T.H. Ricketts, 2022: Inequities in the distribution of flood risk under floodplain restoration and climate change scenarios. *People and Nature*, **4** (2), 415–427. <https://doi.org/10.1002/pan3.10290>
207. Parton, L.C. and S.J. Dundas, 2020: Fall in the sea, eventually? A green paradox in climate adaptation for coastal housing markets. *Journal of Environmental Economics and Management*, **104**, 102381. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2020.102381>
208. Dundon, L.A. and M. Abkowitz, 2021: Climate-induced managed retreat in the U.S.: A review of current research. *Climate Risk Management*, **33**, 100337. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2021.100337>
209. Katavoutas, G., H.A. Flocas, and A. Matzarakis, 2015: Dynamic modeling of human thermal comfort after the transition from an indoor to an outdoor hot environment. *International Journal of Biometeorology*, **59** (2), 205–216. <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0836-2>
210. Stone Jr., B., K. Lanza, E. Mallen, J. Vargo, and A. Russell, 2023: Urban heat management in Louisville, Kentucky: A framework for climate adaptation planning. *Journal of Planning Education and Research*, **43** (2), 346–358. <https://doi.org/10.1177/0739456x19879214>
211. Sun, K., M. Specian, and T. Hong, 2020: Nexus of thermal resilience and energy efficiency in buildings: A case study of a nursing home. *Building and Environment*, **177**, 106842. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106842>
212. Zhao, Q., C. Dickson, J. Thornton, P. Solís, and E.A. Wentz, 2020: Articulating strategies to address heat resilience using spatial optimization and temporal analysis of utility assistance data of the Salvation Army Metro Phoenix. *Applied Geography*, **122**, 102241. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102241>

213. Ortiz, M., L. Itard, and P.M. Bluysen, 2020: Indoor environmental quality related risk factors with energy-efficient retrofitting of housing: A literature review. *Energy and Buildings*, **221**, 110102. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110102>
214. Jessel, S., S. Sawyer, and D. Hernández, 2019: Energy, poverty, and health in climate change: A comprehensive review of an emerging literature. *Frontiers in Public Health*, **7**, 357. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2019.00357>
215. Thomas, K., R.D. Hardy, H. Lazrus, M. Mendez, B. Orlove, I. Rivera-Collazo, J.T. Roberts, M. Rockman, B.P. Warner, and R. Winthrop, 2019: Explaining differential vulnerability to climate change: A social science review. *WIREs Climate Change*, **10** (2), e565. <https://doi.org/10.1002/wcc.565>
216. Tedesco, M., J.M. Keenan, and C. Hultquist, 2022: Measuring, mapping, and anticipating climate gentrification in Florida: Miami and Tampa case studies. *Cities*, **131**, 103991. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103991>
217. Aune, K.T., D. Gesch, and G.S. Smith, 2020: A spatial analysis of climate gentrification in Orleans Parish, Louisiana post-Hurricane Katrina. *Environmental Research*, **185**, 109384. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109384>
218. Sarzynski, A., 2018: Ch. 6. Multi-level governance, civic capacity, and overcoming the climate change “adaptation deficit” in Baltimore, Maryland. In: *Climate Change in Cities: Innovations in Multi-Level Governance*. Hughes, S., E.K. Chu, and S.G. Mason, Eds. Springer, Cham, Switzerland, 97-120. https://doi.org/10.1007/978-3-319-65003-6_6
219. van den Berg, H.J. and J.M. Keenan, 2019: Dynamic vulnerability in the pursuit of just adaptation processes: A Boston case study. *Environmental Science & Policy*, **94**, 90-100. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.12.015>
220. Guardaro, M., M. Messerschmidt, D.M. Hondula, N.B. Grimm, and C.L. Redman, 2020: Building community heat action plans story by story: A three neighborhood case study. *Cities*, **107**, 102886. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102886>
221. Baja, K., 2021: Ch. 6. Resilience hubs: Shifting power to communities through action. In: *Climate Adaptation and Resilience Across Scales: From Buildings to Cities*. Rajkovich, N.B. and S.H. Holmes, Eds. Routledge, New York, 21. <https://doi.org/10.4324/9781003030720>
222. HUD, 2023: Citizen Participation & Equitable Engagement (CPEE) Toolkit. U.S. Department of Housing and Urban Development, accessed August 3, 2023. <https://www.hudexchange.info/programs/cdbg-dr/cpee-toolkit/introduction/>
223. Woodruff, S.C., S. Meerow, M. Stults, and C. Wilkins, 2022: Adaptation to resilience planning: Alternative pathways to prepare for climate change. *Journal of Planning Education and Research*, **42** (1), 64-75. <https://doi.org/10.1177/0739456x18801057>
224. Chu, E., T. Schenk, and J. Patterson, 2018: The dilemmas of citizen inclusion in urban planning and governance to enable a 1.5°C climate change scenario. *Urban Planning*, **3** (2), 128-40. <https://doi.org/10.17645/up.v3i2.1292>
225. Iwaniec, D.M., N.B. Grimm, T. McPhearson, M. Berbés-Blázquez, E.M. Cook, and T.A. Muñoz-Erickson, 2021: Ch. 1. A framework for resilient urban futures. In: *Resilient Urban Futures*. Hamstead, Z.A., D.M. Iwaniec, T. McPhearson, M. Berbés-Blázquez, E.M. Cook, and T.A. Muñoz-Erickson, Eds. Springer, Cham, Switzerland, 1-9. https://doi.org/10.1007/978-3-030-63131-4_1
226. STACCWG, 2021: The Status of Tribes and Climate Change Report. Marks-Marino, D., Ed. Northern Arizona University, Institute for Tribal Environmental Professionals, Flagstaff, AZ. <http://nau.edu/stacc2021>
227. Rudge, K., 2021: Participatory climate adaptation planning in New York City: Analyzing the role of community-based organizations. *Urban Climate*, **40**, 101018. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.101018>
228. CBO, 2019: Expected Costs of Damage from Hurricane Winds and Storm-Related Flooding. Congressional Budget Office. <https://www.cbo.gov/publication/55019>
229. IPCC, 2023: Summary for policymakers. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Lee, H. and J. Romero, Eds. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland, 1-34. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001>
230. Clayton, J., A. Devine, and R. Holtermans, 2021: Beyond building certification: The impact of environmental interventions on commercial real estate operations. *Energy Economics*, **93**, 105039. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.105039>