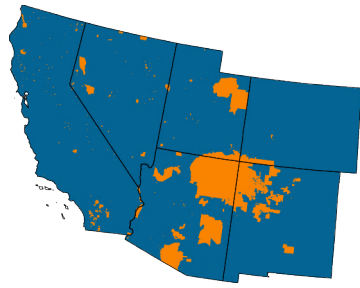


Suroeste



Capítulo 28. Suroeste

Autores y colaboradores

Autor principal de coordinación federal

Emile H. Elias, USDA Agricultural Research Service, Southwest Climate Hub

Autor principal del capítulo

Dave D. White, Arizona State University

Autor principal del capítulo por la agencia

Kathryn A. Thomas, US Geological Survey, Southwest Biological Science Center

Autores del capítulo

Cristina E. Bradatan, US Census Bureau, International Programs Center

Mark W. Brunson, Utah State University, Department of Environment and Society

Ann Marie Chischilly, Northern Arizona University, Institute for Tribal Environmental Professionals

Carolyn A.F. Enquist, US Geological Survey, Southwest Climate Adaptation Science Center

Leah R. Fisher, California Department of Transportation

Halley E. Froehlich, University of California, Santa Barbara

Elizabeth A. Koebele, University of Nevada, Reno

Michael Méndez, University of California, Irvine

Steven M. Ostoja, USDA Agricultural Research Service, California Climate Hub

Caitriana Steele, New Mexico State University

Jennifer K. Vanos, Arizona State University

Contribuyentes técnicos

Grace Di Cecco, Eagle Rock Analytics

Owen M. Doherty, Eagle Rock Analytics

Victoria L. Ford, Eagle Rock Analytics

Gerald C. Nelson, University of Illinois at Urbana–Champaign

Ashley Quay, unaffiliated

Scott Stephens, University of California, Berkeley, Department of Environmental Science, Policy, and Management

Editor revisor

Olivia T. Yip, San Jose State University

Arte de apertura de capítulo

Diya P.

Cita recomendada

White, D.D., E.H. Elias, K.A. Thomas, C.E. Bradatan, M.W. Brunson, A.M. Chischilly, C.A.F. Enquist, L.R. Fisher, H.E. Froehlich, E.A. Koebele, M. Méndez, S.M. Ostoja, C. Steele, and J.K. Vanos, 2023: Cap. 28. Suroeste. 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.CH28.ES>

Índice de Contenidos

Introducción	6
Mensaje clave 28.1	
La sequía y la creciente aridez amenazan los recursos hídricos.....	9
Sequía y aridificación	9
Inundaciones	11
Impactos desproporcionados.....	11
Vías de adaptación.....	12
Recuadro 28.1. Primera declaración de escasez de agua en el río Colorado	12
Mensaje clave 28.2	
Aumentan los esfuerzos de adaptación para abordar la aceleración de los impactos en la costa y el océano de la región	13
Extremos oceánicos y adaptación	14
Impactos de la subida del nivel del mar y planificación de la adaptación.....	16
Mensaje clave 28.3	
La producción de alimentos y fibras en el Suroeste se enfrenta a retos cada vez mayores	19
Impactos en la agricultura	20
Impactos en cascada del cambio climático en la agricultura	22
Comunidades de primera línea e inseguridad alimentaria	23
Adaptación de la agricultura.....	23
Mensaje clave 28.4	
El cambio climático compromete la salud humana y modifica la demografía	24
Impactos del calor extremo	24
Calidad del aire y efecto sobre la salud	26
Inundaciones y enfermedades	26
Impactos sobre los trabajadores al aire libre	26
Cambios demográficos relacionados con el clima.....	28
Esfuerzos de adaptación para la salud.....	28
Mensaje clave 28.5	
Los cambios en las pautas de los incendios forestales plantean retos a los residentes y ecosistemas del Suroeste	29
Impactos en los ecosistemas.....	30
Impactos en las personas y las comunidades	31
Retos de la gestión de los ecosistemas y soluciones de adaptación	32

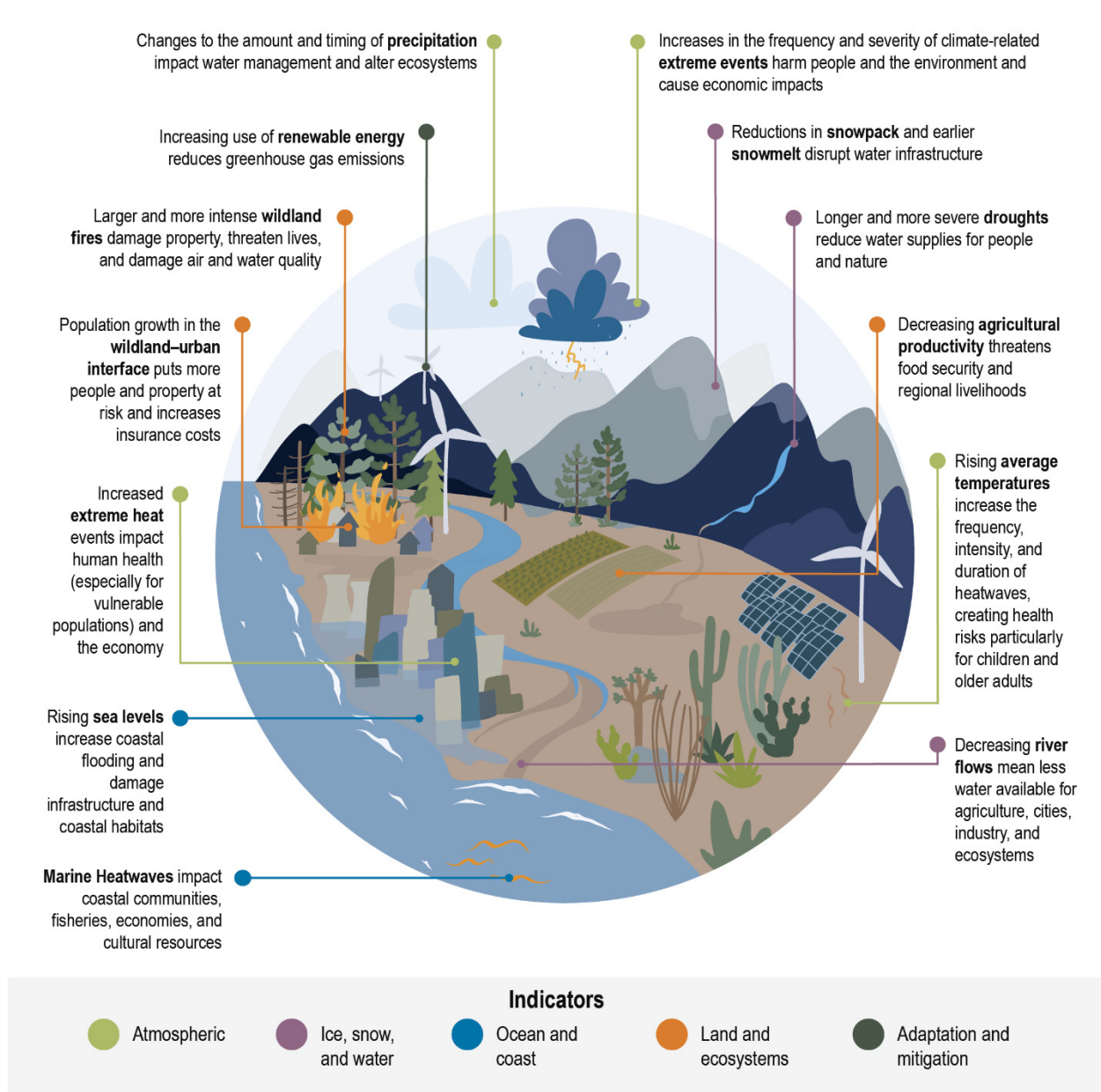
Cuentas rastreables.....	34
Descripción del proceso	34
Mensaje clave 28.1.....	34
Mensaje clave 28.2.....	36
Mensaje clave 28.3.....	38
Mensaje clave 28.4	40
Mensaje clave 28.5.....	42
 Referencias	 44

Introducción

El Suroeste abarca diversos ecosistemas naturales, culturas dinámicas y economías productivas. Esta vasta región abarca casi 700,000 millas cuadradas, es decir, el 18 % de la superficie terrestre de EE. UU.¹. En el Suroeste viven más de 60 millones de personas y es una de las áreas de mayor crecimiento y productividad económica del país. Los ecosistemas del Suroeste proporcionan a la sociedad alimentos, energía y agua; regulan el clima; protegen contra desastres y perturbaciones; y ofrecen los escenarios y la inspiración para significativas experiencias sociales, culturales, recreativas y espirituales (Figura 8.17).

El cambio climático está impactando negativamente la salud y el bienestar humano (KM 15.1), el patrimonio cultural, las propiedades, las infraestructuras construidas, la prosperidad económica, el capital natural y los servicios de los ecosistemas en todo el Suroeste (Figura 28.1). Entre sus impactos están el aumento de la temperatura del aire² y de la superficie del mar, ambos atribuibles en parte a las actividades humanas³; cambios en la sincronización, la forma y la cantidad de las precipitaciones^{4,5,6}; subida del nivel del mar y las inundaciones asociadas⁷; aumento de los eventos de calor extremo⁸; estrés térmico del verano^{9,10} y mortalidad relacionada con el calor¹¹; reducción de las aguas superficiales y subterráneas^{12,13,14,15,16} aumento del riesgo de incendios forestales^{17,18,19,20,21} y cambios en la química oceánica. Estos impactos suponen mayores riesgos para las comunidades sobrecargadas y de primera línea y para los pueblos indígenas (KM 4.2, 15.2, 16.1).

Indicadores del cambio climático, impactos y respuestas en el Suroeste del país



Los indicadores destacan los impactos climáticos importantes y los esfuerzos de adaptación y mitigación.

Figura 28.1. Los indicadores hacen un seguimiento de los impactos del cambio climático en la atmósfera; el hielo, la nieve y el agua; el océano y la costa; y la tierra y los ecosistemas; así como de los esfuerzos de adaptación y mitigación. El seguimiento de estos indicadores nos ayuda a comprender cómo se experimentan los impactos y cómo adaptarnos a los riesgos. Consulte el Apéndice 4 para conocer más indicadores. Créditos de la figura: Universidad del Estado de Arizona. Consulte los metadatos de las figuras para conocer otros colaboradores.

Los ecosistemas del Suroeste pasan de desiertos y praderas en las altitudes más cálidas y bajas a bosques y praderas alpinas en las altitudes más frías y altas. La región alberga una importante biodiversidad y ecosistemas terrestres y marinos, como el desierto de Sonora, la Sierra Nevada y la costa del Pacífico. Los desiertos del sur suelen registrar temperaturas entre los 105 °F y 115 °F, y Phoenix tiene el clima más caluroso de todas las grandes ciudades de EE. UU. La costa de California se extiende unas 3,400 millas (5,500 km) y sus humedales costeros proporcionan un hábitat crítico para peces y vida silvestre, protegen la calidad del agua y amortiguan los impactos de las tormentas e inundaciones.

La región está muy urbanizada: 9 de cada 10 habitantes viven en ciudades como Albuquerque, Denver, Las Vegas, Los Ángeles, Phoenix, Salt Lake City y San Francisco. La región es también un importante centro de innovación en *software*, tecnología de la información y fabricación de semiconductores. Solo la economía de California aportó más de \$3.21 billones (en dinero de 2022) al PIB de EE. UU. en 2021, alrededor del 12 % del total de la economía de EE. UU.²². La región también abarca amplias áreas rurales cuyos medios de vida se centran en la ganadería, la minería, la agricultura y el turismo.

Los pueblos indígenas y las tierras tribales son esenciales para la identidad social, cultural y geográfica de la región. El Suroeste alberga 182 tribus reconocidas por el Gobierno federal²³, así como numerosas tribus reconocidas por los estados y tribus que buscan el reconocimiento estatal o federal. California tiene el mayor número de tribus reconocidas por el Gobierno federal (109) y la mayor población indígena de todos los estados²³. Arizona, Nuevo México, Colorado y Utah albergan siete de las tribus más pobladas, con entre 10,000 y más de 300,000 miembros. Nueve tribus del Suroeste se consideran “grandes tribus terratenientes”, cinco de las cuales se encuentran entre las diez mayores reservas de EE. UU., con una superficie que oscila entre los 600,000 y los 16 millones de acres. La mayor reserva federal indígena de EE. UU. —la reserva de la nación navajo, de 16 millones de acres— ocupa partes de Arizona, Nuevo México y Utah.

El Gobierno federal gestiona casi la mitad de la superficie total de la región a través de parques nacionales, bosques, reservas de pesca y vida silvestre, instalaciones militares y terrenos públicos²⁴. En Nevada, el Gobierno federal es responsable de la gestión de más del 80 % de la superficie total del estado²⁴. Así pues, el Gobierno federal es fundamental para la adaptación y la mitigación en el Suroeste.

En los últimos cinco años, los impactos del cambio climático en el Suroeste se han hecho cada vez más evidentes y generalizados²⁵. Al mismo tiempo, han mejorado la comprensión y modelado de la forma en que estos impactos afectan sectores y procesos específicos. Por ejemplo, se ha avanzado en la comprensión y modelado del agua^{26,27,28}, alimentación y agricultura²⁹, incendios forestales¹⁹, especies invasoras, pérdida de biodiversidad (KM 8.2), transformaciones de ecosistemas, salud humana³⁰ y las migraciones humanas en el Suroeste^{31,32}. Además, la investigación ha avanzado en la comprensión y modelado de las interdependencias, retroalimentación y riesgos en cascada de los sistemas interconectados (KM 18.1), como el nexo entre alimentos, energía y agua (KM 18.3)^{33,34}.

Para abordar estos impactos del cambio climático, los gobiernos, las organizaciones no gubernamentales y las empresas privadas están respondiendo cada vez más con planificación y acciones para reducir los riesgos actuales y futuros y aumentar la capacidad de adaptación. Los esfuerzos de adaptación que son efectivos, viables y justos, incluidas las soluciones basadas en la naturaleza, como la infraestructura verde para la mitigación de inundaciones, han demostrado que reducen el riesgo climático, aumentan la resiliencia y proporcionan beneficios colaterales a las metas sociales relacionadas (KM 8.3)³⁵. En todo el Suroeste se conocen nuevos enfoques de equidad y justicia medioambiental para las comunidades de primera línea, así como para los pueblos indígenas (KM 16.2). Estos enfoques reconocen, protegen y aplican diversos sistemas de conocimiento, incluidos los conocimientos indígenas (KM 16.3). Las ciencias sociales también han mejorado nuestra comprensión de la toma de decisiones inclusiva, participativa y colaborativa para resolver problemas en esta región y más allá^{36,37,38}.

Aunque este capítulo se centra en los impactos climáticos, los riesgos y las acciones de adaptación en el Suroeste, también reconoce los esfuerzos en curso para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (Figura 32.20) en toda la región a múltiples escalas. California, Colorado y Nuevo México son miembros de la Alianza por el Clima de EE. UU., comprometida con la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (greenhouse gas, GHG) netas en línea con el Acuerdo de París (KM 32.5). California se comprometió a alcanzar la neutralidad de carbono en 2045^{39,40} y publicó un plan detallado con objetivos para alcanzar esta meta⁴¹ además de aumentar el financiamiento en todos los sectores⁴². Tanto Colorado como

Nuevo México tienen metas estatales de reducción de gases de efecto invernadero^{43,44}. A nivel local, decenas de ciudades de todos los estados del Suroeste se han comprometido a reducir las emisiones en consonancia con el Acuerdo de París a través de la red bipartidista Climate Mayors (Alcaldes Climáticos; KM 32.5). Por ejemplo, el Plan de Acción Climática de Phoenix señala que la ciudad está en vías de cumplir su meta de reducir en un 50 % las emisiones de GHG (por debajo de su nivel de referencia de 2018) para 2030 y se ha comprometido a lograr la neutralidad de carbono para 2050.

Mensaje clave 28.1

La sequía y la creciente aridez amenazan los recursos hídricos

El cambio climático ha reducido la disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas para las personas y la naturaleza en el Suroeste (*confianza muy alta*), y existen desigualdades en cómo se experimentan estos impactos (*confianza alta*). El aumento de las temperaturas ha intensificado la sequía y conducirá a un futuro más árido (*muy probable, confianza alta*); sin adaptación, estos cambios agravarán los desequilibrios existentes entre la oferta y la demanda de agua (*probable, confianza alta*). Al mismo tiempo, la región está experimentando precipitaciones más intensas, incluidos ríos atmosféricos, que contribuyen a aumentar las inundaciones (*confianza alta*). Los enfoques flexibles y adaptativos de la gestión del agua tienen el potencial de mitigar los impactos de estos cambios en las personas, el medioambiente y la economía (*confianza media*).

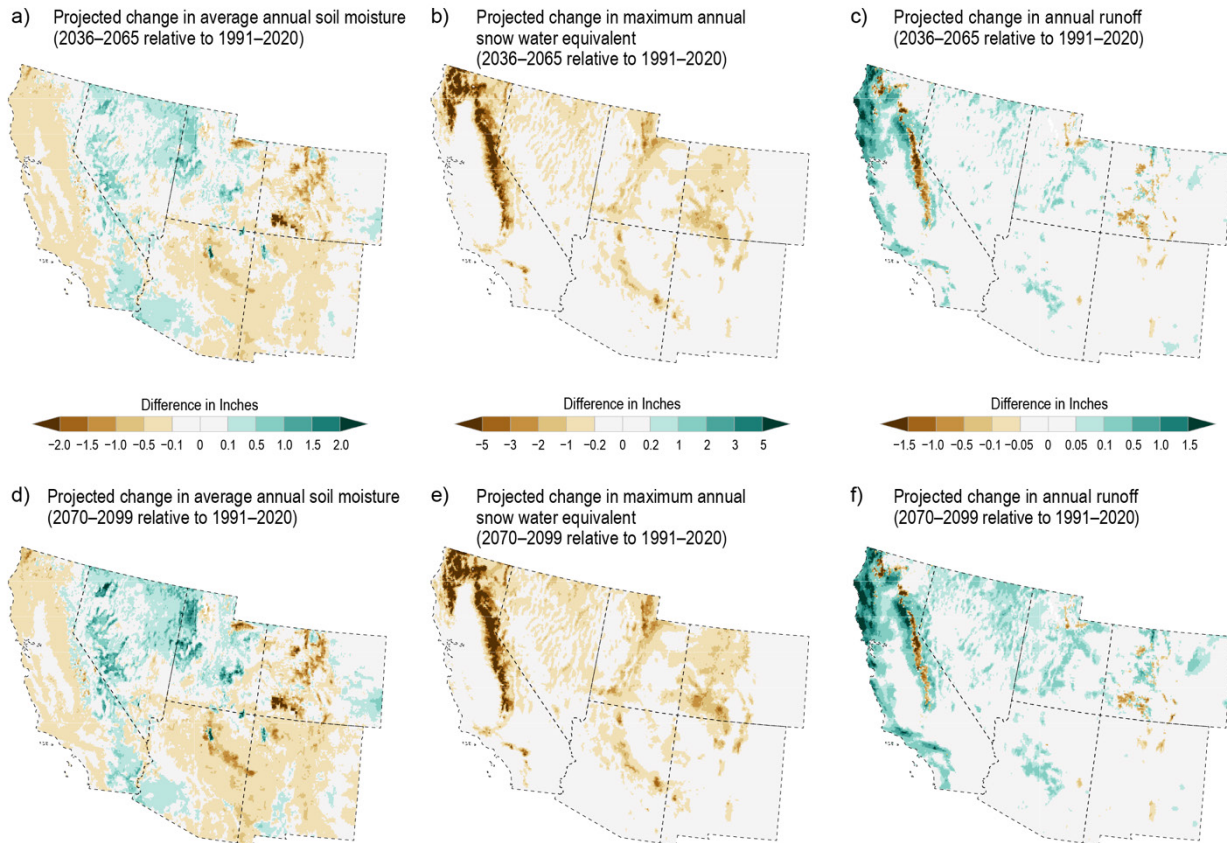
Sequía y aridificación

La región Suroeste es históricamente árida y está marcada por episodios de intensa sequía y precipitación (KM 4.1)^{45,46}. El cambio climático está exacerbando estas condiciones, ya que el aumento de las temperaturas está provocando episodios de calor extremo más calurosos, suelos más secos, una mayor demanda de evaporación atmosférica y una reducción de los caudales en las principales cuencas fluviales, como las del río Colorado y el río Grande^{14,47,48,49,50}. Por ejemplo, entre 1913 y 2017, la descarga media anual del río Colorado disminuyó un 9.3 % por cada grado centígrado de calentamiento (Recuadro 28.1)⁴⁹. Además, desde el año 2000 el Suroeste ha experimentado una “megasequía” excepcional —definida como un episodio de intensa aridez que persiste durante varias décadas— que se reconoce como el período de 22 años más seco en 1,200 años⁵¹.

El manto de nieve de las montañas es una de las fuentes de agua más importantes del Suroeste, ya que sirve de reserva natural para suministrar agua a las zonas más secas y bajas para usos agrícolas, municipales e industriales de riego, así como para los ecosistemas (KM 4.1). Los descensos observados en el manto de nieve del oeste durante el siglo pasado han sido impulsados predominantemente por las tendencias de calentamiento⁴, que han provocado menores volúmenes de manto de nieve, líneas de nieve a mayor altitud y un deshielo más temprano (KM 3.4)^{6,52}. Estos procesos se ven exacerbados por la deposición de polvo y otras partículas que absorben la luz sobre el manto de nieve, lo que acelera el deshielo⁵³. La consecuente disminución de la capa de nieve también reduce el albedo, o reflectividad, de la superficie terrestre, lo que origina un ciclo de retroalimentación positiva que aumenta aún más la absorción de la radiación solar, el calentamiento y el deshielo^{49,54,55}. Se espera que estos cambios en la dinámica del manto de nieve influyan de forma diferente la sincronización y el volumen de los caudales impulsados por el deshielo en las distintas cuencas⁵⁶, perturbando potencialmente la capacidad de las infraestructuras hídricas existentes, incluida la energía hidroeléctrica, para satisfacer las necesidades de la región^{5,49} y alterando la dinámica de los

ecosistemas. Se proyecta que en el próximo medio siglo se observen años persistentes de escasez de nieve si el cambio climático continúa sin cesar (Figura 28.2)⁵.

Cambios proyectados en la humedad del suelo, el equivalente del agua de nieve y la escorrentía



Se proyecta que el cambio climático reduzca el equivalente en agua de nieve y altere las tendencias de la humedad del suelo y la escorrentía anual.

Figura 28.2. Estos mapas muestran las diferencias promedio proyectadas para mediados del siglo XXI (2036-2065; fila superior) y finales del siglo XXI (2070-2099; fila inferior) en la humedad anual del suelo, el equivalente en agua de nieve (la cantidad de agua contenida en el manto de nieve) y la escorrentía en la región del Suroeste en relación con el período de referencia, 1991-2020. Los datos de estos mapas proceden de un modelo hidrológico de la superficie terrestre que simula diferentes partes del balance hídrico y energético. El modelo toma los datos de temperatura y precipitación de un conjunto de modelos climáticos globales de la Fase 5 del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (Coupled Model Intercomparison Project, Phase 5, CMIP5) utilizando un escenario intermedio (RCP4.5)⁵⁷ para crear proyecciones futuras de la humedad del suelo, el equivalente en agua de nieve y la escorrentía⁵⁸. Se prevé que el aumento de las temperaturas y la variabilidad de las precipitaciones reduzcan el equivalente de agua de nieve y alteren las tendencias de la humedad del suelo y la escorrentía anual (KM 4.1). El registro histórico muestra que la climatología de 1991-2020 fue sustancialmente más cálida que la de los períodos precedentes de 30 años. Así pues, las zonas de menor humedad del suelo, equivalente del agua de nieve y escorrentía proyectadas en esta figura, especialmente en las cotas más altas, presentan déficits marcados en comparación con períodos de 30 años del siglo XX. También hay zonas en las que se proyecta un aumento de la humedad del suelo y de la escorrentía. Algunos modelos climáticos globales CMIP5 proyectan un aumento de las precipitaciones sobre partes del Suroeste, y cuando estas se incluyen en el cálculo de la humedad promedio del suelo o de la escorrentía, el resultado indica condiciones más húmedas en algunos lugares, predominantemente en Nevada, Utah, el suroeste de Arizona y el sureste de California. Para conocer más detalles

sobre la variabilidad, las Figuras 4.5, 4.6 y 4.7 muestran datos de la misma fuente que ilustran el rango de húmedo a seco de las proyecciones para mediados del siglo XXI. Créditos de la figura: Universidad Estatal de Nuevo México; Universidad Estatal de Arizona; Universidad de Nevada, Reno; NCEI de la NOAA; y CISS de NC.

Además de los períodos prolongados de precipitaciones mínimas sin precedentes, el aumento de las temperaturas provocado por el cambio climático ha incrementado la evapotranspiración y reducido la humedad del suelo, lo que puede disminuir el volumen de escorrentía producido por una cantidad determinada de precipitaciones^{16,47,50,59}. Estas tendencias han afectado negativamente la gestión de los recursos naturales y la producción agrícola (KM 11.1) al aumentar el estrés sobre la vegetación⁶⁰. Junto con el aumento de la demanda y las consiguientes extracciones de agua, la reducción del caudal de los arroyos ha provocado que muchos de los lagos y embalses de la región, como el Gran Lago Salado, hayan alcanzado niveles de agua históricamente bajos⁶¹. Además, la mayor variabilidad de los caudales amenaza la capacidad de la región para producir y utilizar energía hidroeléctrica, lo que afecta una fuente de energía fiable y baja en carbono⁶².

El calentamiento climático también reducirá la recarga de las aguas subterráneas por precipitaciones, deshielo y escorrentía en algunas zonas, lo que reduce el almacenamiento de aguas subterráneas^{63,64}. Estos efectos se ven exacerbados por el bombeo de aguas subterráneas para satisfacer las necesidades del riego agrícola^{65,66}, que es el mayor consumidor de agua dulce de la región. El acuífero del Valle Central de California es uno de los más estresados del mundo; durante la sequía de 2012–2016, alrededor de dos tercios del déficit de agua superficial del valle se debieron al bombeo de aguas subterráneas, lo que provocó el hundimiento del terreno (el hundimiento gradual de la tierra) en algunas zonas⁶⁷ y la disminución de la calidad de las aguas subterráneas.

Inundaciones

A pesar de la creciente aridez de la región, las inundaciones provocadas por precipitaciones extremas (KM 3.5) y por el deshielo (KM 4.1) también suponen una amenaza para la vida y la propiedad, así como para los ecosistemas de agua dulce^{68,69}. Debido al cambio climático, se prevé que las inundaciones provocadas por el deshielo se produzcan al principio del año debido a una escorrentía más temprana⁷⁰. Además, se prevé que los ríos atmosféricos, que han provocado gran parte de las inundaciones históricas de la región, se intensifiquen con un clima más cálido^{71,72}. Las inundaciones provocadas por la subida del nivel del mar también pueden amenazar las infraestructuras y el suministro de agua en zonas como la región del delta de la bahía de Sacramento–San Joaquín^{73,74}.

Impactos desproporcionados

Resulta crítico que los impactos de estos cambios provocados por el clima sean experimentados de manera desproporcionada por ciertas comunidades de la región, incluidas las comunidades indígenas (KM 16.1). La falta de agua potable y de servicios de saneamiento en las comunidades indígenas salió a la luz nacional en 2020 debido a la pandemia del COVID-19, que se propagó 3.5 veces más rápido entre las comunidades indígenas que entre las no indígenas en la fase inicial de la pandemia⁷⁵, debido en parte a la falta de acceso a agua potable en algunas comunidades indígenas. Uno de los principales impedimentos para el acceso al agua es el costo de las infraestructuras hídricas, que asciende a un promedio de \$600 por acre-pie de agua para las familias no indígenas con suministro por tuberías, en comparación con los \$43,000 por acre-pie de agua para las familias navajo que dependen del acarreo de agua (no se dispone del año en dólares)^{76,77}. Además, muchas tribus de la región siguen sin tener acceso al agua porque sus derechos a esta no han sido adjudicados mediante acuerdos u otros procesos, lo que podría agravar aún más la escasez de agua para otros usuarios⁷⁸.

Otros ejemplos de comunidades sobrecargadas que experimentan impactos desproporcionados del cambio climático relacionados con el agua incluyen ciertas comunidades negras, que se enfrentan a un riesgo

de inundación desproporcionadamente mayor en Los Ángeles⁷⁹, y las comunidades hispanas y de bajos ingresos, que reciben agua potable de menor calidad⁸⁰ y pueden quedar sistemáticamente excluidas de los procesos de gestión del agua (KM 4.3)⁸¹.

Vías de adaptación

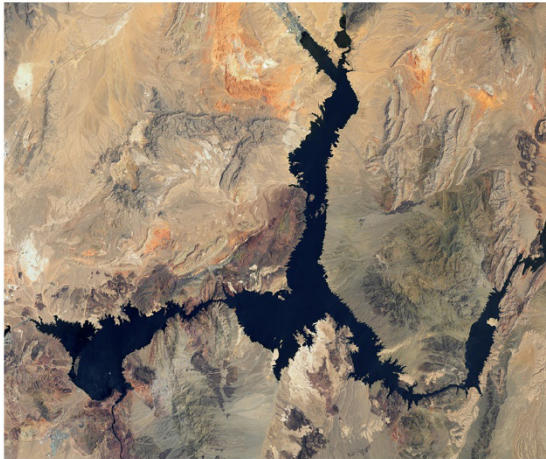
En respuesta a estos retos climáticos interrelacionados, los habitantes del Suroeste han implementado enfoques adaptativos de gobernanza y gestión del agua. Algunos ejemplos son la Ley de Gestión Sostenible de las Aguas Subterráneas de California⁸² y diversas medidas de conservación y respuesta a la sequía en la cuenca del río Colorado^{37,38,83}, que incentivan la colaboración entre diversos participantes para desarrollar soluciones innovadoras (KM 12.4). Las transiciones hacia una gestión más sostenible del agua en el marco del cambio climático también incluyen infraestructuras innovadoras (p. ej., mejoras del almacenamiento, de la recarga y de la recuperación de acuíferos) y prácticas institucionales (p. ej., prácticas integradoras de gestión de la tierra y el agua, cambios en las estructuras tarifarias, acuerdos de reparto del agua y funcionamiento de los embalses)^{84,85,86,87}. Los estudios de ciencias sociales realizados en ciudades del Suroeste, como Denver, Phoenix y Las Vegas, indican un apoyo generalizado a las estrategias de gestión innovadoras para la sostenibilidad del agua urbana⁸⁸ y oportunidades de intervenciones educativas específicas para estrategias de gestión de la demanda basadas en las actitudes de los residentes hacia el cambio climático⁸⁹. La medida en que estas acciones de adaptación mitiguen los cambios en la disponibilidad de agua depende de la interacción entre el clima y la dinámica social (KM 3.4).

Recuadro 28.1. Primera declaración de escasez de agua en el río Colorado

En respuesta a más de 22 años de sequía histórica agravada por el cambio climático y un creciente desequilibrio entre la oferta y la demanda de agua en el Suroeste, la Oficina de Reclamación de EE. UU. declaró la primera escasez de agua de la historia en el río Colorado en agosto de 2021 (Figura 4.18)⁹⁰. La decisión se produjo después de que la agencia proyectó que el nivel del agua en el lago Mead, el mayor embalse del país, descendería a 1,066 pies sobre el nivel del mar, o solo el 36 % de su capacidad, a finales de 2021, el nivel más bajo desde que el embalse se llenó inicialmente en la década de los años 30 del siglo XX (Figura 28.3). Además de afectar la fiabilidad del suministro de agua para todos los usuarios, el bajo nivel de los embalses podría interrumpir la generación hidroeléctrica, que suministra electricidad a varias comunidades de la región. La ronda inicial de recortes del suministro de agua implementados en virtud de la declaración, siguiendo políticas negociadas previamente, afectó a Arizona, Nevada y México, siendo los agricultores de Arizona los que sufrieron los mayores recortes. Desde entonces, se han producido recortes más profundos y generalizados, así como peticiones de medidas de conservación adicionales, y se espera que se expandan mientras continúan los impactos del cambio climático. En respuesta, los Gobiernos federales de Estados Unidos y México, los siete estados de EE. UU. de la cuenca del río Colorado y los pueblos indígenas están desarrollando una serie de vías y soluciones de adaptación para mejorar la colaboración histórica en el río Colorado (KM 16.3), incluido el modelado del efecto de escenarios de cambio climático más extremos sobre los recursos hídricos de la cuenca. Muchos consideran que la conservación multisectorial y la gestión de la demanda son una solución importante. Las granjas pueden reducir el consumo agrícola aumentando la eficiencia en el uso del agua mediante tecnologías como el riego por goteo y la elección de cultivos alternativos. Las mejoras en la conservación, el reciclaje y la reutilización del agua urbana e industrial podrían apoyar a las industrias “inteligentes en materia de agua” y económicamente productivas del Suroeste. Mediante una asociación con México para la desalinización de las aguas costeras, la región podría liberar agua del río Colorado para Estados Unidos y, al mismo tiempo, proporcionar a México un nuevo suministro seguro⁹¹. Sin embargo, las propuestas de desalinización han suscitado preocupación por la demanda de energía, el costo y la gestión de la salmuera, así como por su efecto desigual en México, incluidos los efectos ambientales derivados de la eliminación de la salmuera. Unas instalaciones de tratamiento de agua innovadoras y descentralizadas podrían beneficiar directamente a las comunidades de ambos países, incluidas aquellas en tierras tribales.

Imágenes satelitales del lago Mead

a) 2000



b) 2022



Los niveles de agua del lago Mead han descendido, lo que puede afectar el suministro de agua de millones de personas.

Figura 28.3. El lago Mead, el mayor embalse de EE. UU., abastece de agua a decenas de millones de personas en todo el Suroeste; riega millones de acres de tierras agrícolas; sustenta la biodiversidad, el patrimonio cultural, los ecosistemas y los servicios ecosistémicos; y ofrece oportunidades recreativas. De 2000 (a) a 2022 (b), el nivel de agua del lago Mead descendió del 98 % a solo el 27 % de su capacidad, como muestran estas imágenes satelitales. Imágenes satelitales: Observatorio de la Tierra de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (National Aeronautics and Space Administration, NASA).

Mensaje clave 28.2

Aumentan los esfuerzos de adaptación para abordar la aceleración de los impactos en la costa y el océano de la región

Las olas de calor marinas a gran escala y las floraciones de algas nocivas han causado impactos profundos y en cascada en los ecosistemas costeros marinos y las economías (*confianza alta*). Si no se implementan medidas de adaptación o de reducción de emisiones, el calentamiento de origen humano provocará olas de calor marinas más frecuentes y prolongadas (*muy probable, confianza muy alta*), lo que amplifica los efectos costeros negativos (*confianza media*). La subida del nivel del mar, junto con los impactos asociados, como las inundaciones y la intrusión de agua salada, tendrá efectos severos y desproporcionados sobre las infraestructuras, las comunidades y los recursos naturales (*probable, confianza muy alta*). El Gobierno del estado de California ha aplicado la climatología a la planificación y la toma de decisiones en relación con la subida del nivel del mar, y varias regiones están adoptando estrategias de adaptación para la pesca basadas en el clima (*confianza alta*). Sin embargo, la planificación climática y las soluciones de adaptación para la acuicultura están menos claras (*confianza alta*).

La región costera del Suroeste abarca aproximadamente 3,400 millas de costa y casi el 70 % de los 39,400 millones de habitantes del estado. Los 19 condados costeros de California emplean a más de 12 millones

de personas⁹² y en 2012 representaron el 80 % del PIB del estado (\$57,250 millones en 2022)⁹³. Además, California está mostrando su liderazgo a través de acciones de adaptación a nivel nacional.

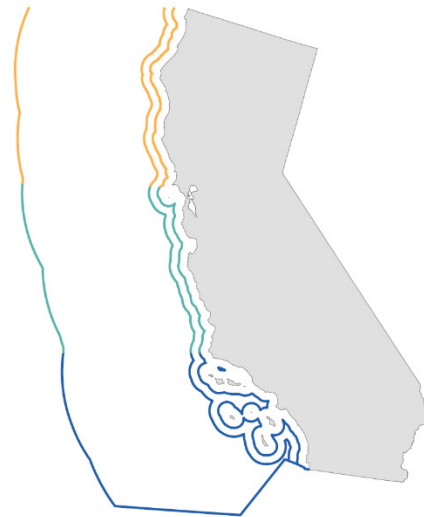
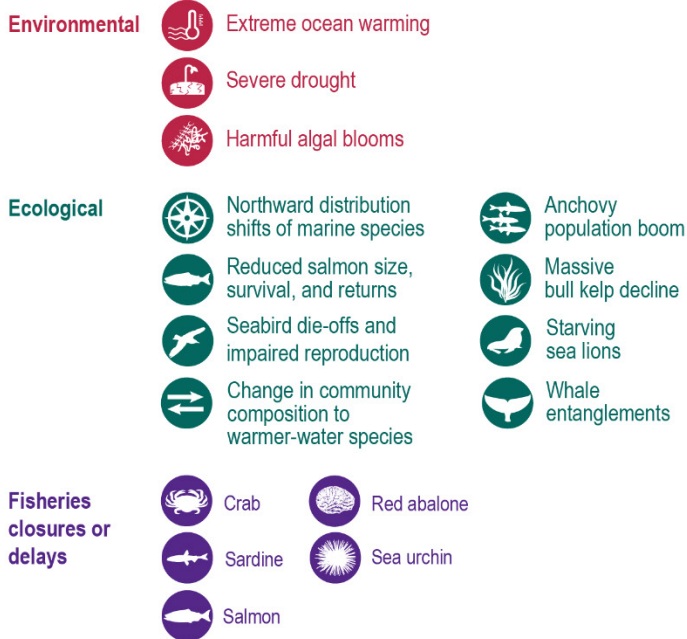
Extremos oceánicos y adaptación

La temperatura de la superficie del mar en la costa de California ha aumentado un promedio de 0.4 °F-0.6 °F por década desde los años 70 del siglo pasado⁹⁴, y se proyecta que aumente en el futuro debido al cambio climático (Capítulo 2)^{95,96}. El calentamiento causado por los humanos también contribuye a las olas de calor marinas (marine heatwave, MHW) (Figura 28.4), o incidencias de temperaturas oceánicas excepcionalmente cálidas, que ya han tenido impactos significativos en los sistemas humanos y naturales (Recuadro 10.1)^{97,98,99,100}. En la Figura A4.11 se presenta el cambio en la intensificación acumulada promedio de las MHW en toda la costa de EE. UU. A medida que el océano se calienta, incluso en las aguas costeras de California, las MHW superan cada vez más los límites térmicos de los ecosistemas, lo que amplifica los impactos⁹⁹, incluso cambios en la composición de las especies marinas¹⁰¹, la menor abundancia y calidad nutricional de importantes peces de presa pequeños^{102,103} y una posible influencia en la mortalidad masiva y la reproducción de las aves marinas^{104,105}. Del mismo modo, los conocimientos tradicionales tribales o indígenas demuestran disminuciones significativas en cinco especies costeras de importancia cultural para la nación Tolowa Dee-ni', la comunidad india Cher-Ae Heights de la Ranchería Trinidad, la tribu Wiyot y el Consejo Intertribal Sinkyone Wilderness, un consorcio tribal de diez naciones tribales¹⁰⁶. Estos cambios ecológicos afectan de manera desproporcionada las comunidades y economías costeras (KM 9.3)^{107,108,109}, incluidos los recursos culturales de los pueblos indígenas (KM 15.2)^{106,110}. A la ola de calor marina del Pacífico nororiental de 2014-2016 le siguieron otras en 2018¹¹¹ y 2019-2020¹¹². Estas MHW pueden coincidir con otros eventos extremos relacionados con el clima, y contribuir a ellos, como la sequía¹⁰⁰ y las floraciones de algas nocivas (harmful algal blooms, HAB)¹¹³.

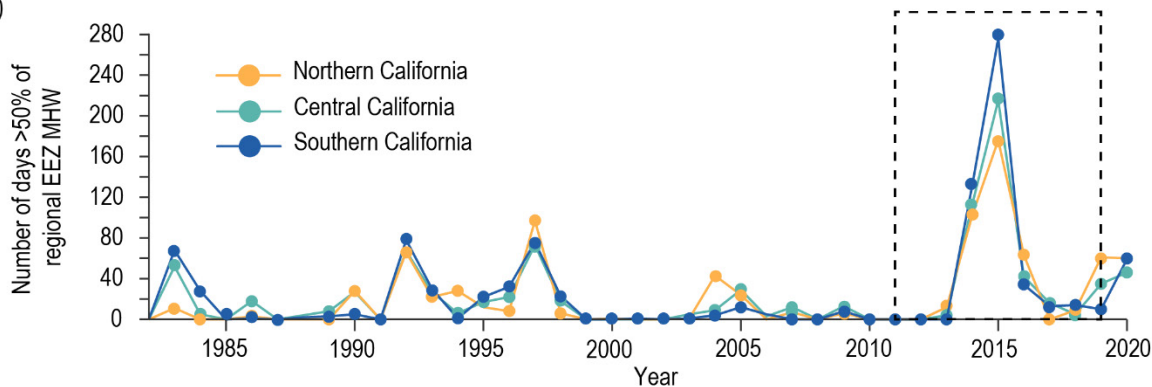
Olas de calor marinas en California

a)

Coast-wide impacts



b)



Las olas de calor marinas del Pacífico han tenido impactos en toda la costa sobre los ecosistemas y la pesca.

Figura 28.4. La ola de calor marina (MHW) del Pacífico de 2014-2016 fue inusualmente larga y provocó diversos impactos en la costa Suroeste de California (a). A esta MHW le siguieron eventos menos extensos en 2018 y 2019-2020 (b). Aunque se espera que estos tipos de impactos continúen, demuestran la necesidad y el potencial de una gestión adaptativa y de mitigación mediante un enfoque ecosistémico integrado de la gestión de los hábitats marinos y las pesquerías. EEZ quiere decir zona económica exclusiva (exclusive economic zone, EEZ). Créditos de la figura: Universidad de California, Santa Bárbara; Departamento de Transporte de California; NCEI de la NOAA y CISESS de NC.

La pesca silvestre comercial y recreativa, así como la acuicultura (cultivos acuáticos), seguirán viéndose afectadas negativamente por las MHW y las HAB¹⁰⁷ y ocasionará severas ramificaciones económicas^{113,114,115,116}. Los eventos extremos de calentamiento oceánico también tienen efectos compuestos: una MHW contribuyó a la pérdida de más del 90 % de alga toro del norte de California, una especie fundamental para el ecosistema oceánico, lo que provocó grandes pérdidas económicas en la pesca (centrarse en el carbono azul)^{117,118}, lo que incluye el abalón rojo, una especie ahora catalogada como en peligro de extinción crítico por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Además, los retrasos y cierres

extremos relacionados con el evento afectaron de manera desproporcionada las operaciones pesqueras de menor escala¹¹⁹.

Los impactos generalizados de las MHW y las HAB subrayan la necesidad de adoptar enfoques adaptativos efectivos para la gestión de la pesca. Los pescadores californianos lidian con las MHW pescando en zonas distintas o especies diferentes¹⁰⁸. Será difícil gestionar la pesca a largo plazo en condiciones de calentamiento extremo¹¹⁵. Las áreas marinas protegidas (marine protected areas, MPA), consideradas una estrategia de gestión de los cambios oceánicos provocados por el clima, podrían no amortiguar los efectos generalizados de las MHW sobre las especies de los bosques de algas del sur de California¹²⁰. Adoptar un enfoque ecosistémico que considere múltiples opciones de gestión en vez de una especie aislada^{121,122} parece mejorar la gestión del cambio climático¹²³. La aplicación de un enfoque más coordinado de gestión del riesgo de desastres a las MHW y a los eventos extremos de HAB parece corresponderse con una mejor gestión adaptativa de la pesca, lo que pone de relieve la necesidad de mejorar la coordinación y la coherencia entre los órganos de Gobierno, las comunidades y los pescadores en primera línea (KM 10.3)^{124,125}.

El calentamiento de los océanos provocado por los humanos coincide con el aumento de la acidificación de los océanos (ocean acidification, OA) y el descenso de los niveles de oxígeno (hipoxia) de las aguas costeras más profundas y ricas en nutrientes. En un escenario muy alto (RCP8.5), se prevé que las sardinas, una especie comercial y ecológicamente importante, se desplacen hacia los polos, lo que provocará cambios sustanciales en las capturas^{109,126}. Bajo el mismo escenario, se proyecta que el aumento de la acidez debido a la respuesta química del océano a la absorción de dióxido de carbono incrementa la mortalidad de los invertebrados calcificadores (como las ostras y otros bivalvos), que son importantes para la acuicultura y la red trófica, y provoque una pérdida de fuentes de alimento para algunos peces e invertebrados¹²⁷.

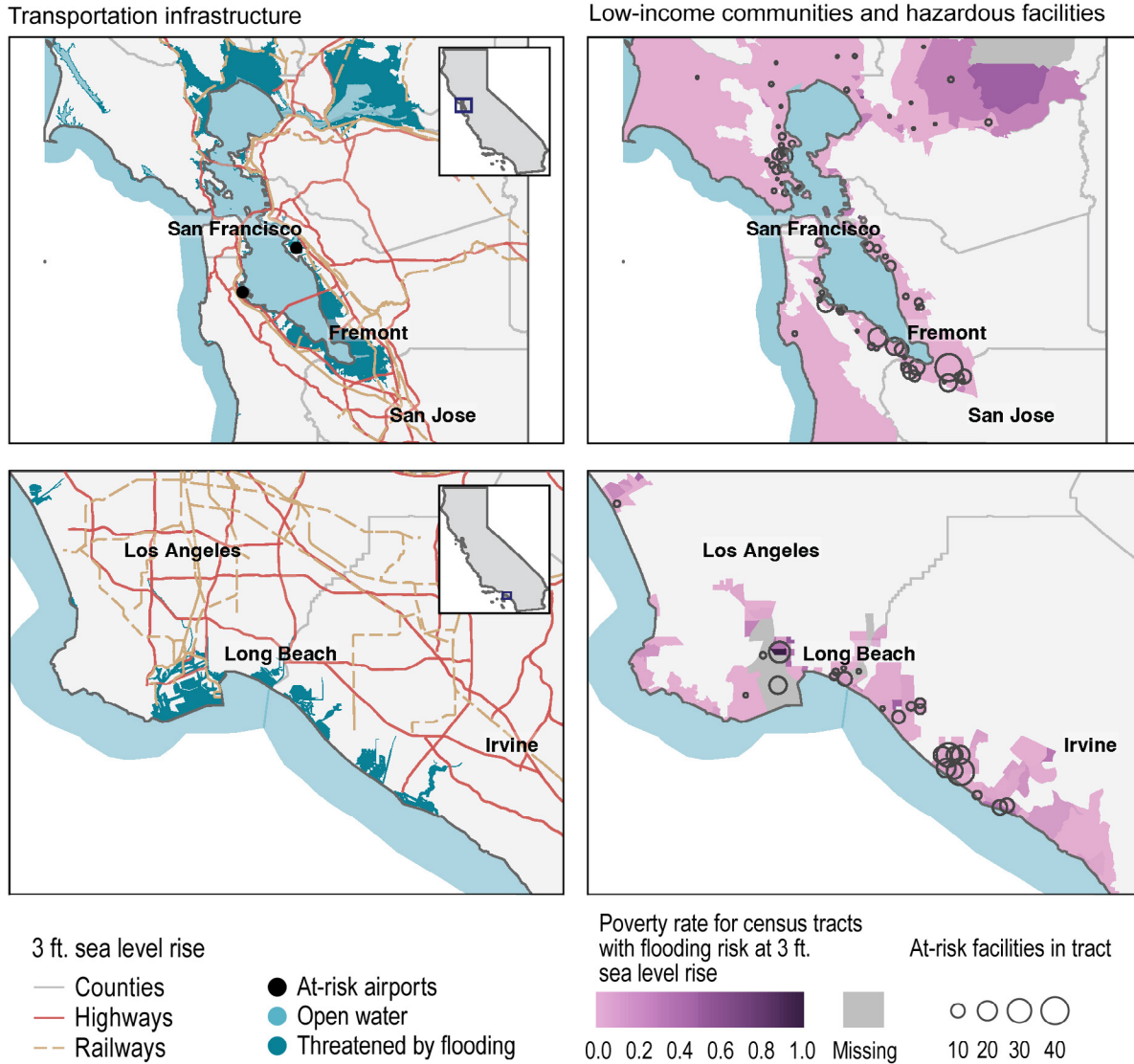
Las posibles soluciones de adaptación incluyen un enfoque de gestión ecosistémica de los hábitats marinos y la pesca, así como la aplicación de normativas sobre el agua y el uso del suelo, que se espera que amortigüen algunos impactos climáticos¹²⁸. La protección y restauración de la hierba marina y los bosques de alga toro en las aguas de California proporcionan un hábitat esencial, y estos ecosistemas también pueden mejorar las condiciones locales de pH y oxígeno^{129,130}. El Plan de Ecosistemas Pesqueros adoptado por el Consejo de Gestión Pesquera del Pacífico en 2013 incluye orientaciones sobre la OA e hipoxia¹²⁸, pero es posible que se necesiten estrategias adicionales, como permisos flexibles, mejor coordinación con las comunidades pesqueras y normas de control adaptables, para mejorar los resultados¹³¹. Las soluciones acuícolas basadas en la naturaleza, como la conservación y la acuicultura restauradora, también tienen potencial para mitigar los impactos locales de la OA^{132,133,134,135}, pero apenas están surgiendo en California¹³⁶.

Impactos de la subida del nivel del mar y planificación de la adaptación

La subida del nivel del mar (Sea Level Rise, SLR) plantea riesgos para la costa de California a través de un aumento de las inundaciones, los impactos de las marejadas ciclónicas y la pérdida de hábitats costeros y playas (Figura 28.5; KM 9.1). Se proyecta un aumento promedio del nivel del mar de unos 0.79 a 1.25 pies en la costa de California para 2050, de unos 3.10 a 6.63 pies para 2100 y de unos 6.11 a 11.90 pies para 2150 (escenario de intermedio a alto)⁷. En California viven más personas por debajo de 3.3 pies (1 m) de elevación que en cualquier otro estado, excepto Louisiana¹³⁷; la población que vive en las llanuras aluviales costeras cartografiadas de 100 y 500 años aumentó aproximadamente un 10 % de 2010 a 2020¹³⁷. También se prevé que la SLR empeore las desigualdades en las comunidades y provoque impactos agravados, como la intrusión de agua salada que contamina las aguas subterráneas^{7,138,139,140,141,142,143}. Además, las tribus costeras de California están observando una subida del nivel del mar que, combinado con la pérdida de bosques de alga toro, incrementa el riesgo de erosión costera, destrucción de artefactos culturales y limitación del acceso a los lugares tradicionales de la costa¹¹⁰.

En 2050, para todas las vías de emisiones, se espera que los efectos de la SLR sobre las mareas y las marejadas ciclónicas provoquen inundaciones de marea alta a moderadas con mayor frecuencia, y las comunidades costeras ya están experimentando inundaciones de marea alta de leves a moderadas (KM 9.1)⁷.

Riesgos de la subida del nivel del mar para infraestructuras y comunidades



Se prevé que las inundaciones provocadas por la subida del nivel del mar afecten las infraestructuras de transporte y las comunidades de la costa de California, con un efecto desproporcionado en las comunidades con ingresos más bajos.

Figura 28.5. Estos mapas muestran el riesgo de inundación proyectado a partir de 3 pies de subida del nivel del mar (SLR), así como los riesgos para las infraestructuras críticas y las comunidades circundantes, para la zona de la bahía de San Francisco (**fila superior**) y el litoral desde Los Ángeles hasta San Diego (**fila inferior**). Los paneles de la columna de la izquierda muestran las infraestructuras de transporte amenazadas por inundaciones con 3 pies de SLR, mientras que los de la columna de la derecha muestran el número de instalaciones peligrosas (indicadas con círculos) y los sectores de población en riesgo de inundación, con un sombreado púrpura que indica la fracción de población de cada tramo censal con ingresos por debajo del nivel de pobreza. Las inundaciones provocadas por la SLR afectarán las principales infraestructuras de transporte a lo largo de la costa; dada la ubicación de las instalaciones peligrosas y su coincidencia con comunidades de bajos ingresos, estas inundaciones tendrán un efecto desproporcionado en estas comunidades. El riesgo de inundación por la SLR coincide con un

escenario intermedio en el año 2100⁷. Las infraestructuras de transporte incluyen los principales aeropuertos, autopistas y vías ferroviarias. Las categorías de instalaciones peligrosas definidas por la EPA incluyen fábricas, plantas y subestaciones de transmisión de energía, gasoductos de gas natural, refinerías y pozos de petróleo y gas, instalaciones de gestión de residuos, vertederos e incineradoras y operaciones con animales. Créditos de la figura: Eagle Rock Analytics.

Se prevé que las infraestructuras costeras de energía y transporte se vean afectadas negativamente por las inundaciones provocadas por la SLR. Se espera que la inundación proyectada de las subestaciones de energía en zonas bajas durante las tormentas y a causa de la SLR extrema en un escenario muy alto (RCP8.5) cause interrupciones del servicio eléctrico a miles de clientes y aumente los costos de mantenimiento y reparación¹³⁹. El análisis de la red de transporte de combustible de California reveló que los muelles, las terminales y las refinerías son los más expuestos a las inundaciones costeras¹⁴³. El Departamento de Transporte de California ha iniciado esfuerzos de planificación de la adaptación que consideran una variedad de estrategias más allá del endurecimiento de las infraestructuras, lo que incluye estrategias basadas en la naturaleza para limitar los impactos de las inundaciones (KM 8.3), así como la planificación para evitar la pérdida de recursos costeros y de acceso¹⁴⁴.

La subida del nivel del mar y el aumento de las inundaciones costeras afectarán de manera desproporcionada las comunidades de primera línea (KM 9.2)¹⁴⁵. El proyecto Mareas Tóxicas (Toxic Tides) proyectó que, en un escenario muy alto (RCP8.5), la SLR en California^{146,147} provocaría un aumento de las inundaciones en más de 400 instalaciones industriales y lugares contaminados, incluidas plantas eléctricas, refinerías y vertederos de residuos peligrosos, y se proyecta que 440 de ellas corran el riesgo de sufrir al menos una inundación al año de aquí a 2100¹⁴⁸. Cualquier inundación de lugares peligrosos aumentaría los riesgos de contaminación en las comunidades de primera línea circundantes¹⁴⁹.

Los residentes de viviendas asequibles, normalmente comunidades de bajos ingresos, son especialmente vulnerables a la SLR, con un mayor porcentaje de viviendas asequibles expuestas a la SLR que el parque general de viviendas en algunos estados costeros¹⁴⁰. California se encuentra entre los cuatro primeros estados del país con más unidades de vivienda asequible expuestas al menos cuatro veces al año a inundaciones costeras, según los niveles del mar proyectados para el año 2050 en un escenario muy alto (RCP8.5)¹⁴⁰. También se proyecta que en 2050 California experimente un aumento del 40 % en el número de unidades en riesgo de inundación, en comparación con el año 2000¹⁴⁰. En el caso de los residentes de viviendas asequibles, el riesgo de inundación se ve agravado por la amenaza de desplazamiento debido al aumento del valor de la propiedad y de los alquileres. Los esfuerzos estratégicos de adaptación y resiliencia en la ciudad, combinados con mejoras comunitarias y de infraestructuras, podrían proteger a estos residentes de posibles desplazamientos^{140,150}.

La subida del nivel del mar está elevando el nivel freático de la costa, exponiendo a las comunidades a inundaciones provocadas por el agua que emerge del subsuelo (KM 9.1, 9.2)^{138,141}. Las comunidades situadas en zonas bajas, como la bahía de San Francisco, son las que corren mayor riesgo, y se proyecta que las zonas con niveles freáticos costeros poco profundos sufran inundaciones generalizadas por la aparición de aguas subterráneas^{138,141}. La subsidencia agrava esta amenaza; los residentes de la costa que viven en lugares donde se está produciendo subsidencia experimentan un aumento promedio relativo del nivel del mar hasta cuatro veces superior a la tasa mundial^{142,151}. Estos riesgos no se han tenido bien en cuenta en la planificación de la adaptación. Además, se espera que los impactos y las necesidades de adaptación sean mayores de lo previsto si solo se tienen en cuenta las inundaciones superficiales debido a la SLR —lo que no incluye inundaciones por hundimiento o intrusión de aguas subterráneas— en la planificación comunitaria y de infraestructuras¹⁴².

La planificación de la adaptación para el SLR como campo ha avanzado¹⁵² a medida que los gerentes costeros han manifestado una mayor preocupación por la amenaza de la SLR y los gobiernos locales, regionales y estatales de California aplican la ciencia climática en la toma de decisiones (KM 9.3)¹⁵³. California ha

establecido políticas que obligan a tener en cuenta el cambio climático en la toma de decisiones y la planificación de infraestructuras de los gobiernos estatales y locales^{154,155,156,157}. Específicamente para la costa, existen orientaciones sobre cómo aplicar la evaluación de riesgos y las proyecciones de la SLR en la planificación, incluidas orientaciones específicas para infraestructuras críticas^{158,159}. Este panorama de políticas y orientaciones estatales está informando directamente la planificación local de la adaptación costera. De los 19 condados costeros, 18 han completado una evaluación de la vulnerabilidad, desarrollado una política de adaptación o actualizado los elementos de seguridad exigidos por el estado en sus planes generales para incluir la adaptación al clima¹⁶⁰.

Aunque la planificación de la adaptación a lo largo de la costa de California ha avanzado considerablemente, muchos de estos esfuerzos aún no se han implementado¹⁶⁰. Esto se debe en parte a los problemas de financiamiento e implementación, especialmente para los gobiernos locales que carecen de recursos y deben superar problemas institucionales y de gobernanza (KM 31.5)^{152,161}. A pesar de estos retos, California lidera sobre muchas otras partes de la costa estadounidense en el empleo de estrategias de adaptación y parece estar bien posicionada para una mayor adaptación¹⁵².

Mensaje clave 28.3

La producción de alimentos y fibras en el Suroeste se enfrenta a retos cada vez mayores

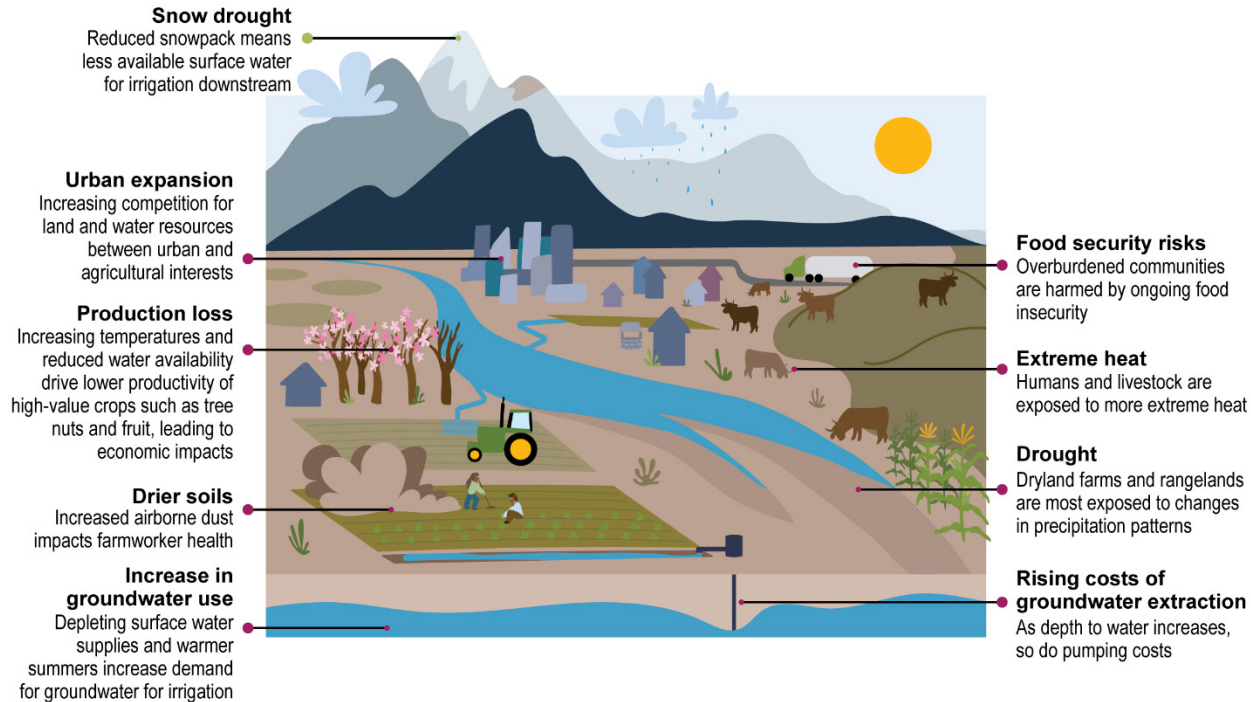
Las sequías continuas y la escasez de agua dificultarán la producción de alimentos y fibras en el Suroeste si no se adoptan nuevas estrategias y tecnologías (*confianza alta*). Los episodios de calor extremo aumentarán el estrés de los animales y reducirán la calidad y el rendimiento de las cosechas, con el consiguiente efecto económico generalizado (*probable, confianza alta*). Dado que los habitantes del Suroeste se han adaptado a los impactos de la sequía durante milenios, la incorporación de los conocimientos indígenas a la innovación tecnológica puede ofrecer soluciones para proteger la seguridad y la soberanía alimentarias (*confianza media*).

En todo el Suroeste, se proyecta que aumente el promedio anual de temperaturas mínimas del aire, los días con grados para cultivar medidos por GDD (growing degree days) y el número promedio de días por encima de 86 °F (el umbral utilizado para definir las zonas de calor) debido al cambio climático¹⁶². A mediados del siglo, en escenarios intermedios (RCP4.5) y muy altos (RCP8.5), las proyecciones muestran temporadas de cultivo más largas, un desplazamiento hacia el norte de las zonas de rusticidad de las plantas y una ampliación de las zonas de exposición a estrés térmico para los cultivos y el ganado (KM 11.1)¹⁶². En California, se prevé que el aumento de las temperaturas afecte la temporada de los cultivos anuales de estación fría y la ubicación de los cultivos anuales de estación cálida¹⁶³. Los inviernos más cálidos serían perjudiciales para las necesidades de frío de los cultivos frutales¹⁶⁴. En California, se espera que un menor número de olas de frío reduzca la exposición de los cultivos a las heladas¹⁶⁵; sin embargo, se espera que las “primaveras falsas” en el oeste intermontano aumenten la vulnerabilidad a las heladas de final de estación¹⁶⁶. Durante el verano, se espera una mayor probabilidad de olas de calor (KM 2.2)¹⁶⁷. La productividad de algunos cultivos de importancia económica, como el algodón de tierras altas en Arizona, ya ha disminuido debido al estrés térmico¹⁶⁸. Aunque el aumento de la sequía es el riesgo climático más importante para la agricultura de la región, importantes zonas agrícolas como el Valle Central de California también sufren los daños de grandes inundaciones ocasionales provocadas por eventos fluviales atmosféricos¹⁶⁹.

Impactos en la agricultura

Los agricultores y ganaderos están especialmente amenazados por las sequías severas y prolongadas (Figuras 28.6, 8.6). Se prevé que los futuros aumentos de temperatura provoquen mayores tasas de evapotranspiración, lo que incrementará la demanda de agua dulce para el riego¹⁶⁸. Los productores más vulnerables a los déficits locales de precipitaciones son los agricultores que cultivan secano en tierras áridas y los productores que crían ganado en pastizales. Los sistemas comunitarios de riego alimentados por la nieve en las cuencas hidrográficas de gran altitud de Nuevo México y Colorado, conocidos como *acequias*, están especialmente expuestos a la escasez de nieve anual¹⁷⁰. Con el aumento de la aridez, las prácticas agrícolas como el barbecho y el pastoreo en pastizales necesitarán una gestión cuidadosa para evitar el aumento de la erosión eólica y la producción de polvo de los suelos expuestos¹⁷¹. El aumento de las temperaturas estivales también degrada las costras protectoras del suelo desértico formadas por comunidades de algas, bacterias, líquenes, hongos o musgos, lo que se suma a las cargas de polvo en suspensión¹⁷². El efecto de la creciente aridez sobre la agricultura es, por tanto, doble, ya que los depósitos de polvo en el manto de nieve de las montañas provocan un deshielo más rápido, agotando el manto de nieve¹⁷³, lo que reduce el agua de superficie para el riego. Mientras que solo 22 de los 216 condados de la región están clasificados como “dependientes de la agricultura” por el USDA¹⁷⁴, la agricultura es un importante contribuyente a las economías estatales y locales y al suministro de alimentos de EE. UU. California lidera la nación en ingresos agrícolas en efectivo¹⁷⁵, principalmente de frutas, frutos secos y vegetales, ventas agrícolas directas a los consumidores y gastos agrícolas¹⁷⁶. El cambio climático plantea riesgos tanto para la productividad como para la calidad de frutas y hortalizas, lo que exige adaptaciones en las explotaciones agrícolas y en toda la cadena de suministro, incluidos cambios en los calendarios de cultivo, estrategias de gestión de nutrientes y plagas, manejo poscosecha y métodos de conservación^{177,178}.

Agricultura y cambio climático en el Suroeste de EE. UU.



El seguimiento de los indicadores del efecto climático en la agricultura puede mejorar la comprensión y contribuir a los esfuerzos de adaptación.

Figura 28.6. Entre los impactos del cambio climático en la agricultura del Suroeste se encuentran la prolongación de los períodos vegetativos, el desplazamiento hacia el norte de las zonas de rusticidad de las plantas, la ampliación de las zonas de estrés térmico y el aumento de las tasas de evapotranspiración, lo que incrementa la demanda de agua dulce para riego. El seguimiento de los indicadores nos ayuda a comprender cómo se experimentan los impactos y cómo adaptarnos a los riesgos. Créditos de la figura: Universidad Estatal de Nuevo México y Universidad Estatal de Utah. Consulte los metadatos de las figuras para conocer otros colaboradores.

La reducción en la producción agrícola debido al cambio climático acarreará importantes costos económicos. Los episodios de sequía han tenido impactos económicos importantes en la agricultura regional (KM 19.1); por ejemplo, la sequía de 2021 costó a los sectores agrícolas de California un estimado de \$1,280 millones (en dólares de 2022) y provocó la pérdida de 8,745 puestos de trabajo a tiempo completo o parcial (KM 11.3)¹⁷⁹. Los estudios de modelado indican que se espera que el calentamiento de las temperaturas tenga un efecto perjudicial en el rendimiento de las almendras¹⁶⁴, uvas de vino¹⁸⁰ y otros cultivos de alto valor¹⁶⁹. Las estrategias de adaptación localizadas incluyen combinaciones de riego específicas para cada cultivo y localidad, la gestión del lugar (p. ej., el uso de cultivos de cobertura y el aumento del barbecho) y la selección de variedades cultivadas¹⁸¹. El barbecho como respuesta a la escasez de agua puede conllevar sus propios retos, como el aumento de la producción de polvo y malezas, pero también puede mejorar los servicios ecosistémicos, como la recarga de las aguas subterráneas y la mejora de la salud de los ecosistemas¹⁸².

Es probable que el calentamiento climático provoque brotes mayores, más frecuentes y más severos de escarabajos de la corteza, lo que afectará negativamente la calidad y cantidad de madera disponible para las industrias y productos forestales de la región¹⁸³. Aunque los productos madereros contribuyen en menor medida a la economía de los estados del interior de la región, los costos podrían ser considerables en California, donde se calcula que la industria aporta \$44,800 millones (en dólares de 2022) y 177,000 puestos de trabajo (KM 7.2)¹⁸⁴.

Con el tiempo, el ingreso agrario de la región ha pasado a depender más de los cultivos que de la ganadería¹⁸⁵. Dado que la mayoría de las tierras de cultivo del Suroeste son de riego, se pensaba que la agricultura de la región era menos vulnerable al cambio climático que la de otras partes del país. Sin embargo, el futuro suministro de riego es incierto, ya que depende de la disminución de las reservas de aguas subterráneas y superficiales (KM 28.1, 4.1). Por ejemplo, Arizona permite que hasta el 73 % de su agua se destine a la producción de cultivos¹⁸⁶, pero la promesa de seguir disponiendo de agua de riego es menos clara dado el rápido crecimiento de la población del estado y la disminución de los caudales del río Colorado¹⁸⁷. El riego de cultivos, principalmente de alfalfa, representa las tres cuartas partes del consumo de agua en la cuenca del Gran Lago Salado, donde se aboga por disminuir el riego, ya que el estado trata de evitar el agotamiento total del lago y los impactos medioambientales y de salud pública asociados¹⁸⁸. Entre las estrategias para reducir el consumo de agua de riego está la sustitución del riego por gravedad y por aspersión por sistemas más eficientes¹⁸⁶, pero los costos de la reconversión pueden resultar difíciles para los agricultores cuando el cambio climático ya está reduciendo los rendimientos¹⁸⁵. Los programas federales de seguros pueden ayudar a los agricultores después de las pérdidas de cosechas o forraje relacionadas con el clima, proporcionando un alivio económico a corto plazo de los efectos de los eventos extremos¹⁸⁹. Sin embargo, algunas investigaciones sugieren que los programas federales de seguros desincentivan la adaptación de los agricultores a los impactos del cambio climático¹⁸⁹. Los factores de estrés no relacionados con el clima pueden influir en la capacidad de las comunidades agrícolas para adaptarse a los impactos climáticos²⁹. En las llanuras de Colorado y Nuevo México, la mayoría de los condados rurales se están despoblando debido a la emigración persistente de adultos jóvenes, lo que pone a prueba los servicios sociales y reduce los ingresos fiscales¹⁹⁰. Sin embargo, el Suroeste también cuenta con algunas de las zonas de más rápido crecimiento de EE. UU., incluidas zonas rurales de alta densidad demográfica y ciudades que se expanden hacia zonas agrícolas¹⁹¹. La expansión urbana puede incrementar la pérdida de tierras de cultivo y, al mismo tiempo, aumentar el número de pequeñas explotaciones centradas en cultivos especializados en vez de en productos básicos^{192,193}, lo que ejerce una mayor presión sobre el suministro de alimentos de la región a medida que la sequía (KM 28.1)⁵¹ amenaza la producción agrícola¹⁹⁴.

La ganadería es el uso dominante de las tierras agrícolas en amplias zonas del Suroeste donde la producción de cultivos no es rentable o es inviable. La ganadería representa aproximadamente un tercio de los ingresos agrícolas, con cerca del 70 % procedente del ganado vacuno¹⁹⁵. Se prevé que el cambio climático reduzca la sostenibilidad de la producción ganadera que depende de los ecosistemas de pastizales^{195,196}. Se prevén impactos negativos en toda la cadena de suministro de alimentos para el ganado, que afectarán la producción y la calidad nutricional del forraje, la salud del ganado en los pastizales y el transporte debido al estrés térmico y a la exposición a plagas, y la vida útil de los productos durante el transporte y el almacenamiento^{197,198}. Se espera que el forraje de los pastizales de la Oficina de Gestión de Tierras disminuya en Arizona y Nuevo México, pero es menos seguro que el forraje de los pastizales se mantenga estable en las partes central y septentrional de California, Colorado, Nevada y Utah debido a las diferencias en la disponibilidad de humedad durante la temporada de crecimiento^{197,199}.

Impactos en cascada del cambio climático en la agricultura

Los impactos en cascada del cambio climático, combinados con el aumento de la población urbana y otros factores sociales y culturales, suponen una amenaza cada vez mayor para la agricultura de la región²⁹. El crecimiento urbano en el Suroeste ha provocado una competencia por el agua entre las explotaciones agrícolas y las ciudades, reflejo de las tendencias mundiales²⁰⁰. Las transferencias de agua de las zonas rurales a las urbanas han sido una característica del Suroeste durante décadas, a menudo, con consecuencias negativas para las comunidades rurales y de bajos ingresos^{201,202}. Para satisfacer la demanda de agua de una región metropolitana en crecimiento y preservar al mismo tiempo las tierras de cultivo de riego, Colorado está experimentando con innovaciones en la política del agua diseñadas para fomentar las transferencias de las zonas rurales a las urbanas minimizando al mismo tiempo los impactos en las zonas rurales,

pero la adopción ha sido lenta debido a la desconfianza de las comunidades agrícolas y a la incertidumbre sobre las compensaciones²⁰². En California, las fuerzas del mercado han animado a los agricultores a orientarse hacia cultivos con un alto valor económico, pero también con una gran huella hídrica, como los frutos secos^{203,204} y el cannabis legal²⁰⁵.

Comunidades de primera línea e inseguridad alimentaria

Las comunidades de primera línea, incluidas las poblaciones hispanas, las mujeres agricultoras, los trabajadores agrícolas migrantes y los pueblos indígenas, se enfrentan a problemas de acceso al agua en sus hogares, así como de seguridad alimentaria y salud (KM 4.2)^{201,206,207}. Por ejemplo, la sequía de 2012-2016 en el Valle de San Joaquín de California interrumpió el empleo de los trabajadores agrícolas y redujo la seguridad alimentaria, la seguridad del agua y la salud²⁰⁸. Los riesgos para la salud mental también están aumentando a medida que los agricultores y ganaderos informan de niveles de ansiedad de moderados a graves sobre el cambio climático y la necesidad de adaptarse²⁰⁹. Los ganaderos de primera generación y las mujeres ganaderas son desproporcionadamente vulnerables a los impactos climáticos debido a su limitada experiencia con la sequía y a sus conexiones más débiles con las redes de ganaderos²¹⁰.

Se prevé que las comunidades urbanas de bajos ingresos sean de las primeras en sufrir inseguridad alimentaria a medida que el cambio climático reduzca la producción de alimentos de la región. Se han propuesto estrategias para producir más alimentos en los entornos urbanos, pero estos alimentos no suelen llegar a los consumidores con ingresos bajos, que tienen menos acceso a los sistemas de distribución de alimentos y, a menudo, no pueden permitirse pagar los precios más altos que suelen tener estos alimentos²¹¹. El conocimiento indígena se ha propuesto como un recurso importante para la adaptación al cambio climático (KM 16.3)^{212,213}. Dado que los habitantes del Suroeste se han adaptado a los impactos de la sequía durante milenios, el uso de los conocimientos indígenas puede permitir que la región sirva de “laboratorio” para futuros sistemas alimentarios adaptados al clima²¹⁴ a la vez que se refuerza la soberanía alimentaria²¹⁵.

Adaptación de la agricultura

Existen soluciones de adaptación para las explotaciones ganaderas^{196,216}, pero las barreras sociales y económicas, como la desconfianza hacia los expertos, los costos financieros y el tiempo que requiere la innovación, y la adhesión a la tradición han ralentizado la adopción de la información¹⁹⁹. La información sobre el cambio climático no se incorpora sistemáticamente a las decisiones de gestión de riesgos de los ganaderos²¹⁷, y solo recientemente se ha convertido en una prioridad en los planes de gestión de pastizales de las agencias federales¹⁹⁷.

Los habitantes del Suroeste están explorando adaptaciones tecnológicas a los impactos climáticos (KM 31.3). Los enfoques de gestión adaptativa de la conservación que se centran en minimizar la perturbación del suelo al tiempo que maximizan la cobertura del suelo, la biodiversidad y la presencia de raíces vivas han ido ganando adeptos entre los agricultores a través de prácticas como los cultivos de cobertura y la agricultura con labranza reducida y sin labranza (KM 11.1)^{218,219}. En combinación con la labranza reducida, los cultivos de cobertura mejoran la estructura del suelo, el contenido de carbono orgánico y la capacidad de infiltración y de retención de agua en las tierras de cultivo de riego²²⁰ e influye positivamente en el ciclo de los nutrientes, el rendimiento de los cultivos y la conservación del agua del suelo en sistemas de cultivo semiáridos con riego limitado^{221,222}. Sin embargo, algunos agricultores y ganaderos, como los que operan en pequeñas superficies, a menudo, tienen dificultades para acceder a los recursos necesarios para la transición de prácticas o pueden percibir que los riesgos del cambio son demasiado grandes, incluidos los gastos financieros y la necesidad percibida de aprender nuevas habilidades²²³.

La eficiencia del riego puede reducir los riesgos que corren las explotaciones agrícolas y ganaderas debido al aumento de las temperaturas, a la escasa fiabilidad de las precipitaciones y a la reducción de los recursos

hídricos. Sin embargo, el acceso a estas soluciones puede ser complicado debido a la ubicación de la granja o el rancho, al acceso a las aguas superficiales y subterráneas, a los derechos de agua, a los métodos de riego actuales y a los tipos de cultivo²²⁴. En el Valle Verde de Arizona, el acceso limitado a materiales, equipos y recursos financieros, especialmente para los pequeños productores, inhibe su capacidad para responder a los retos relacionados con el agua²²⁴. Los pueblos indígenas se enfrentan a barreras para acceder al apoyo del Servicio de Conservación de Recursos Naturales (Natural Resources Conservation Service, NRCS) relacionadas con la tenencia de la tierra, la asistencia financiera, los desajustes institucionales y las complejidades a la hora de incorporar los métodos agrícolas indígenas en las solicitudes de los programas del NRCS^{225,226}.

Mensaje clave 28.4

El cambio climático compromete la salud humana y modifica la demografía

El aumento del calor extremo, la sequía, las inundaciones y la actividad de los incendios forestales están impactando negativamente la salud física de los residentes del Suroeste (*confianza alta*). El cambio climático también está moldeando la demografía de la región al estimular la migración de personas de Centroamérica al Suroeste (*confianza media*). Entre las personas especialmente vulnerables a los crecientes impactos del cambio climático se encuentran los adultos mayores, los trabajadores al aire libre y las personas con bajos ingresos (*confianza alta*). Las iniciativas de adaptación locales, estatales y federales están trabajando para responder a estos impactos (*confianza alta*).

Impactos del calor extremo

Desde 2018, 31 grandes desastres relacionados con el clima y las condiciones meteorológicas han afectado al Suroeste, lo que ha provocado más de 700 víctimas mortales y daños estimados por un total de \$67,300 millones (en dólares de 2022)². Existen evidencia sólida que indica que el calor extremo afecta de manera desproporcionada la salud de las comunidades de primera línea y sobrecargadas de la región (KM 15.2), incluidas las personas sin vivienda^{227,228,229}, trabajadores al aire libre y trabajadores agrícolas migrantes (Figura 28.7; KM 11.2)^{230,231,232,233}, así como las personas con bajos ingresos^{8,234} y los adultos mayores²³⁵. Entre 2016 y 2020, 7,687 hospitalizaciones en el Suroeste se debieron al calor y a enfermedades relacionadas con el calor, en comparación con 5,517 en los cinco años anteriores (2011-2015)²³⁶. La exposición prenatal y posnatal al calor elevado y a la contaminación atmosférica se muestra especialmente peligrosa en la región^{237,238,239,240}.

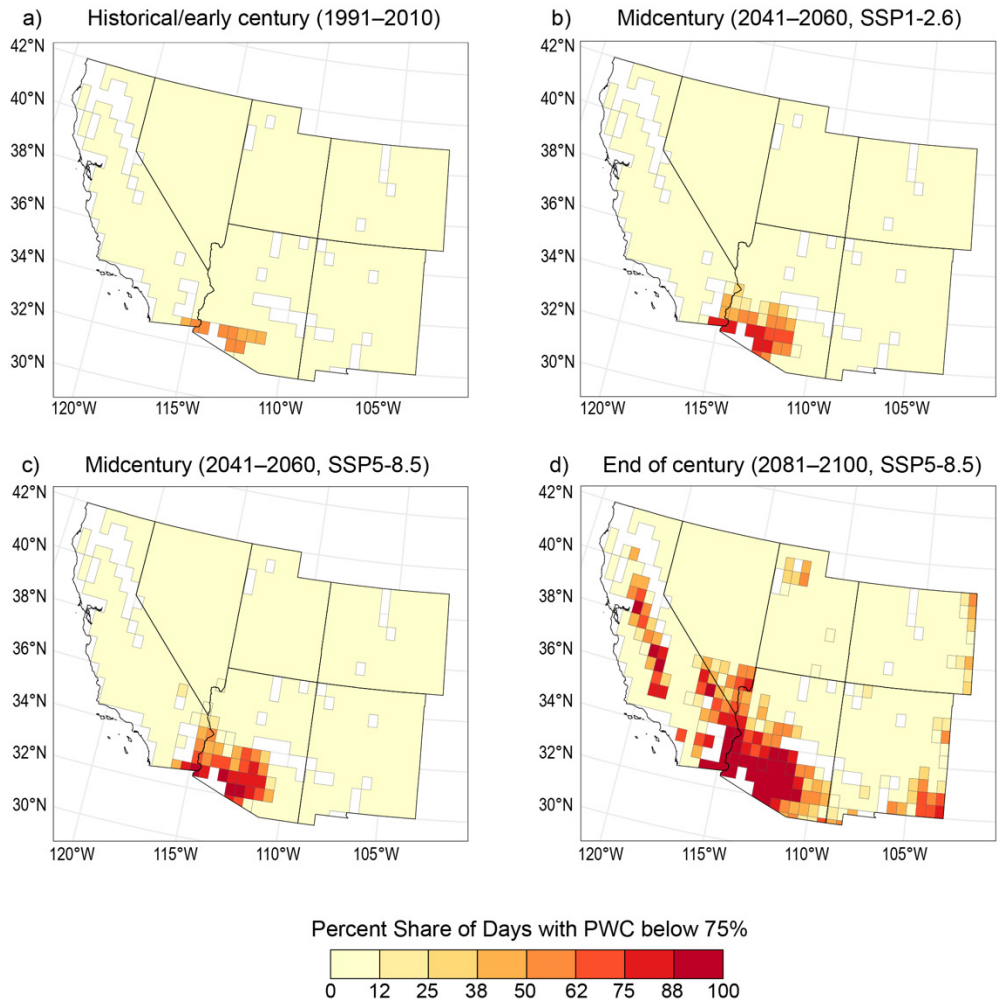
Se prevé un aumento del calor extremo y de los días de alto índice de ozono en la región como consecuencia del cambio climático (KM 2.3, 3.5)²⁴¹. Se espera que estos cambios aumenten la exposición al calor y a la contaminación atmosférica, las enfermedades y las muertes prematuras²⁴². Se prevé que la intensificación de la aridez debido al aumento de las temperaturas y a la sequía provoque más tormentas de polvo²⁴³ y más del doble de muertes atribuidas al polvo fino para 2080-2099 en un escenario muy alto (RCP8.5), en relación con 1986-2005 (KM 6.1)²⁴⁴, con un aumento de la exposición de los trabajadores al aire libre durante la estación cálida. La incidencia de la coccidioidomicosis (fiebre del Valle) en la región ha aumentado (Figura 15.2)²⁴⁵ y está asociada a temperaturas del aire más altas y suelos más secos^{246,247} con mayor riesgo para las personas cuyo trabajo requiere alteración del suelo. El costo promedio anual de la fiebre del Valle para la economía estadounidense en el período de referencia 2000-2015 fue de \$4,800 millones al año (en dólares de 2022), y se proyecta que aumente un 390 % en 2090 en un escenario muy alto (RCP8.5; Figura 15.2)²⁴⁸.

La exposición al calor extremo también afecta la economía a través de la disminución de la productividad y el bienestar de los trabajadores al aire libre (Figura 28.7)^{249,250,251}, especialmente entre los trabajadores

agrícolas migrantes de la región (KM 15.1)^{252,253}. Se proyecta que las estimaciones de impacto sobre la productividad que se muestran en la Figura 28.7 ocasionen una pérdida del 25 % de la jornada laboral en todos los días del tercer trimestre (julio-septiembre) en un escenario muy alto (SSP5-8.5) a finales de siglo y causen importantes pérdidas a la economía (KM 19.1). La deshidratación debido al trabajo al aire libre en condiciones de calor extremo en California está relacionada con la enfermedad renal aguda incluso después de un solo día de exposición²⁵⁴. Se están investigando los mecanismos de la enfermedad renal crónica relacionados con el cambio climático, pero la exposición al calor ocupacional es un factor causal²⁵⁵.

Impactos del calor en el Suroeste

Percent share of days (Jul–Sep) with physical work capacity below 75%



Dado que se espera un aumento de la frecuencia y la severidad de los episodios de calor extremo, se proyecta que la capacidad para trabajar al aire libre disminuya en algunas zonas del Suroeste.

Figura 28.7. La capacidad para trabajar al aire libre —medida por la capacidad de trabajo físico (physical work capacity, PWC)— disminuirá en amplias zonas del Suroeste debido a la exposición al calor a lo largo del siglo, y se espera que el mayor descenso se produzca en el suroeste de Arizona, el sureste de California y el Valle Central de California. Estos impactos en el trabajo al aire libre afectarán la producción agrícola, así como la capacidad de obtener ingresos de los trabajadores. La PWC oscila entre el 100 % (sin pérdida de capacidad laboral) y el 0 % (pérdida total). Los mapas muestran la proporción de días del tercer trimestre (de julio a septiembre) en los que la PWC es inferior al 75 %. En condiciones históricas (a), algunas localidades del sur de Arizona tuvieron valores de PWC inferiores al 75 % durante la mitad del trimestre. (d) En un escenario muy alto (SSP5-8.5) para finales de siglo, se proyecta que la mayor parte del sur de Arizona, el sureste de California y algunas zonas del Valle Central

de California tengan menos del 75 % de capacidad de trabajo durante todos los días del tercer trimestre. Esta pérdida diaria de trabajo se calcula según una carga térmica determinada (temperatura, humedad y radiación solar), en comparación con condiciones templadas en las que no hay efecto térmico sobre el rendimiento laboral. Para proporcionar una gama completa de posibles impactos, los mapas se basan en años representativos para (a) histórico/principios de siglo (1991-2010); (b) mediados de siglo (2041-2060, SSP1-2.6 [escenario bajo]); (c) mediados de siglo (2041-2060, SSP5-8.5 [escenario muy alto]); y (d) finales de siglo (2081-2100, SSP5-8.5). Las estimaciones se basan en una persona que realiza trabajos agrícolas de moderados a pesados al aire libre durante un turno diurno (unas 7 horas). La PWC es una estimación empírica basada en estudios de cámaras fisiológicas humanas que cuantifican cómo cambia la PWC con la carga de calor ambiental en función de la temperatura del globo de bulbo húmedo^{256,257,258,259}. Las zonas de tierra en blanco no tenían cultivos a principios del siglo XXI. Créditos de la figura: Universidad de Illinois-Urbana Champaign y Universidad Estatal de Arizona.

Calidad del aire y efecto sobre la salud

Aunque el nivel promedio anual de materia particulada (particulate matter, $PM_{2.5}$) ha experimentado un descenso decenal en la región debido al refuerzo de las políticas de calidad del aire que reducen las emisiones procedentes de fuentes controlables, las disparidades en la exposición a la $PM_{2.5}$ y los problemas de salud relacionados siguen siendo elevados en la región²⁶⁰. Además, la frecuencia y severidad de los episodios de humo con $PM_{2.5}$ que superan las normas federales de calidad del aire han aumentado significativamente debido a los incendios forestales (Figura 14.3). Desde 2015 en el norte de California, el promedio anual de $PM_{2.5}$ ha aumentado debido a los eventos de incendios forestales, que han tomado el relevo como la principal fuente de superaciones de $PM_{2.5}$ ²⁶¹. La $PM_{2.5}$ en el humo de los incendios forestales contribuyen a los efectos adversos para la salud de los bomberos²⁶² y la población^{263,264}, y pueden ser más peligrosas para la salud que niveles similares de partículas procedentes de otras fuentes²⁶⁵. Los costos de los resultados adversos para la salud respiratoria y cardiovascular pueden superar los miles de millones gastados en la extinción de incendios forestales (KM 28.5)²⁶⁶. Las sustancias químicas presentes en el humo de los incendios forestales también se correlacionan con un mayor riesgo de cáncer²⁶⁷. La exposición directa al incendio Camp Fire de 2018 en California se ha relacionado con trastornos de salud mental como la depresión y el trastorno de estrés postraumático²⁶⁸. Los incendios forestales también pueden causar otros impactos en la salud pública, incluida la contaminación del agua cuando dañan la infraestructura de distribución de agua²⁶⁹, pérdida a largo plazo del acceso a agua potable limpia²⁷⁰ y aumento del riesgo de desprendimientos de tierra (KM 28.5).

Inundaciones y enfermedades

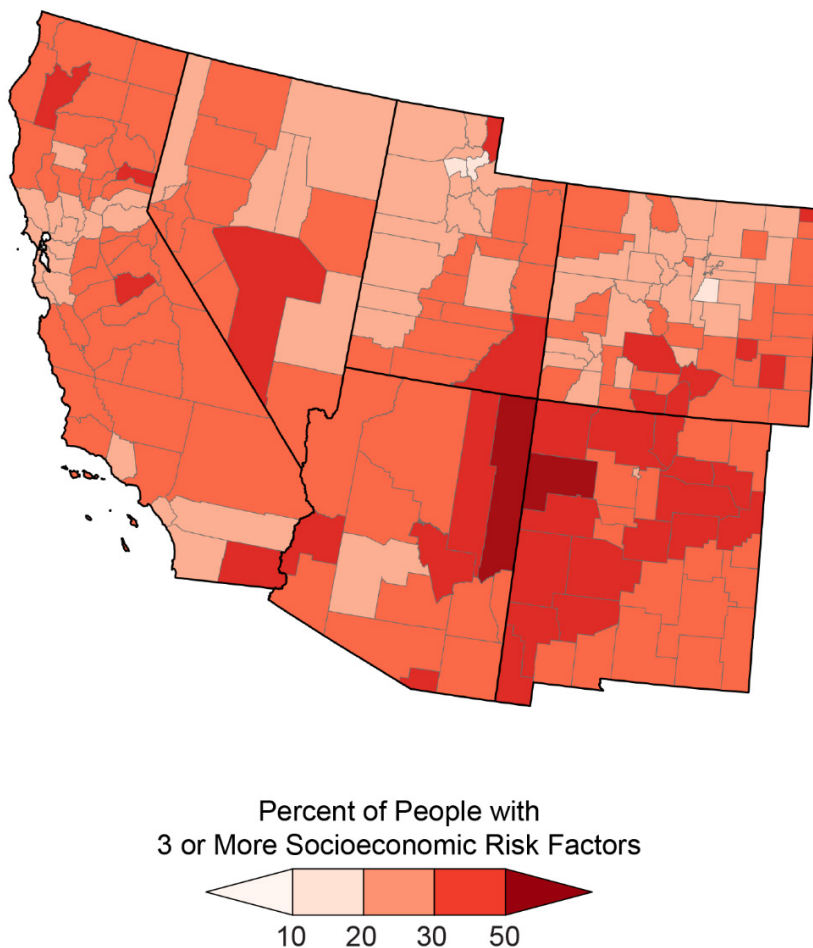
Se proyecta un aumento de las inundaciones en la región si continúa el calentamiento^{271,272}. Estos cambios aumentan los riesgos de enfermedades transmitidas por el agua y la exposición a peligros tóxicos y ejercen presión sobre los suministros de alimentos, energía y agua, así como sobre la salud de los trabajadores agrícolas (incluidos los sectores interconectados) y su inseguridad socioeconómica³⁹. La exposición a las inundaciones puede aumentar a medida que una mayor proporción de la población de toda la región, en promedio, vive en llanuras aluviales de 100 años (p. ej., en California, entre 1990 y 2020, 25,000 personas más vivían en llanuras aluviales de 100 años)¹³⁷. Las inundaciones también pueden interrumpir los programas de control de vectores, como el del virus del Nilo Occidental²⁷³. La región está experimentando problemas con el virus del Nilo Occidental, especialmente en Arizona y California²⁷⁴, con aumentos proyectados debido a los cambios en el clima, la población humana y la distribución de los mosquitos (KM 24.3)^{275,276}.

Impactos sobre los trabajadores al aire libre

Las limitadas normas de salud y seguridad ocupacional para los trabajadores agrícolas y otros trabajadores al aire libre son motivo de gran preocupación, ya que la intensificación de los incendios forestales y el calor coinciden cada año con la temporada de cosecha, especialmente para los migrantes indocumentados latinos e indígenas²³¹. La mejora de estas normas a nivel estatal y nacional será fundamental para la adaptación de

la salud a los impactos climáticos en la región. Además, se prevé que los daños causados a los trabajadores agrícolas por el humo de los incendios forestales sean mayores de lo que se pensaba, lo que refuerza el argumento a favor de nuevas investigaciones y políticas que ayuden a salvaguardar poblaciones sobrecargadas y estigmatizadas²⁷⁷. Muchas ciudades del Suroeste experimentaron altas tasas de crecimiento económico y demográfico durante la segunda mitad del siglo XX, especialmente entre 2015 y 2019³¹. La floreciente economía de la región y su proximidad a la frontera con México se traducen en una gran afluencia de migrantes^{278,279}. Los migrantes procedentes de América Central, incitados a emigrar debido al cambio climático además de la pobreza y la violencia (KM 17.2), se ven atraídos por la economía sólida del Suroeste y aumentan el número de personas vulnerables y cambian la demografía de la región. Los esfuerzos locales, estatales y federales tanto para mitigar el cambio climático como para apoyar la adaptación humana esencial al aumento de las exposiciones serán vitales para proteger la salud de una población creciente y envejecida y de nuestras comunidades más vulnerables (Figura 28.8; KM 15.1)²⁸⁰.

Estimaciones de resiliencia comunitaria para el Suroeste



Se espera que las comunidades con factores de riesgo socioeconómicos más elevados sean menos resilientes en caso de desastres climáticos y meteorológicos.

Figura 28.8. El mapa muestra las estimaciones de resiliencia comunitaria (community resilience estimates, CRE) del Suroeste. La resiliencia comunitaria es la capacidad de las personas y los hogares para absorber, soportar y recuperarse de los impactos a la salud, sociales y económicos de un desastre. Las características individuales y de los hogares de la encuesta sobre la comunidad estadounidense de 2019 se modelaron, en combinación con los datos del Programa de Estimaciones de Población, para crear las CRE en los condados. El sombreado más oscuro indica una mayor proporción de población de riesgo. Adaptado de la Oficina del Censo de EE. UU. 2021²⁸¹.

Cambios demográficos relacionados con el clima

Los efectos del cambio climático en otras regiones del mundo, especialmente Centroamérica, están modificando la demografía del Suroeste. La disminución de la productividad agrícola, el aumento de los niveles de inseguridad alimentaria y los efectos adversos del clima son algunas de las principales razones por las que las personas emigran del Triángulo Norte (Guatemala, Honduras y El Salvador) a EE. UU. (KM 17.2)^{32,279}. En 2021, el 42 % de los inmigrantes centroamericanos en EE. UU. vivían en la región Suroeste²⁸², y alrededor del 43 % de los inmigrantes detenidos en la frontera Suroeste en 2019 procedían del Triángulo Norte²⁷⁸. Muchos son pobres, mujeres, niños o indígenas. Se ha demostrado que la migración relacionada con el clima afecta la salud física y mental de las personas, como consecuencia de la exposición a condiciones meteorológicas extremas, la ruptura de los lazos sociales y la saturación de los sistemas médicos de las comunidades de acogida²⁸³.

Esfuerzos de adaptación para la salud

Se han desarrollado varios programas para abordar los impactos del cambio climático sobre la salud de las personas en la región, pero las limitaciones financieras y el apoyo político afectan su implementación²⁸⁴. Desde 2010, el programa *Building Resilience Against Climate Effects* (Desarrollar resiliencia contra los efectos del clima) del CDC en Arizona y California ha desarrollado e implementado estrategias para proteger a las comunidades de los peligros sensibles al clima, lo que incluye escuelas, centros médicos y otras poblaciones en riesgo²⁸⁵. Este programa, actualmente en 10 ciudades de todo el país, ha desarrollado importantes recursos y programas que pueden ampliarse para futuros esfuerzos de resiliencia climática. Para proteger la salud y el aprendizaje de los niños en edad escolar, el Departamento de Servicios de Salud de Arizona creó una guía nueva de políticas sobre el calor, que ha generado recomendaciones sobre estrategias de seguridad y adaptación al calor en las escuelas^{286,287}. En California, el condado de San Mateo evaluó la carga de asma relacionada con los problemas climáticos locales²⁸⁸. La orientación en materia de salud pública en la región debería centrarse en la exposición conjunta al calor y al humo de los incendios forestales en los esfuerzos de adaptación²⁸⁹, especialmente dado el aumento proyectado del asma infantil debido a los incendios forestales²⁹⁰. Aunque los datos sobre la inversión del sector privado son limitados, el sector privado ha carecido históricamente de incentivos para invertir en la adaptación (KM 31.6). A nivel mundial, en 2017-2018 solo el 1.6 % de todo el financiamiento para la adaptación procedió del sector privado²⁹¹. En el Suroeste, sin embargo, algunos sectores, como el de los seguros, se vieron presionados por las autoridades locales para involucrarse en la lucha contra el cambio climático mediante la desinversión de sus inversiones basadas en combustibles fósiles²⁹².

Mensaje clave 28.5

Los cambios en las pautas de los incendios forestales plantean retos a los residentes y ecosistemas del Suroeste

En los años recientes, el Suroeste ha sufrido incendios forestales sin precedentes, en parte debido al cambio climático (*confianza alta*). Los incendios en la región se han hecho más grandes y severos (*confianza alta*). Se prevé que los incendios forestales de alta severidad continúen en los próximos años, lo que pone en riesgo considerable a la población, las economías, los ecosistemas y los recursos hídricos de la región (*muy probable, confianza alta*). Las oportunidades de adaptación incluyen acciones previas y posteriores a los incendios que reducen el riesgo de incendios forestales y facilitan la restauración del ecosistema e incluyen prácticas tradicionales de administración de la tierra (*confianza alta*) y la aplicación del fuego cultural indígena (*confianza media*).

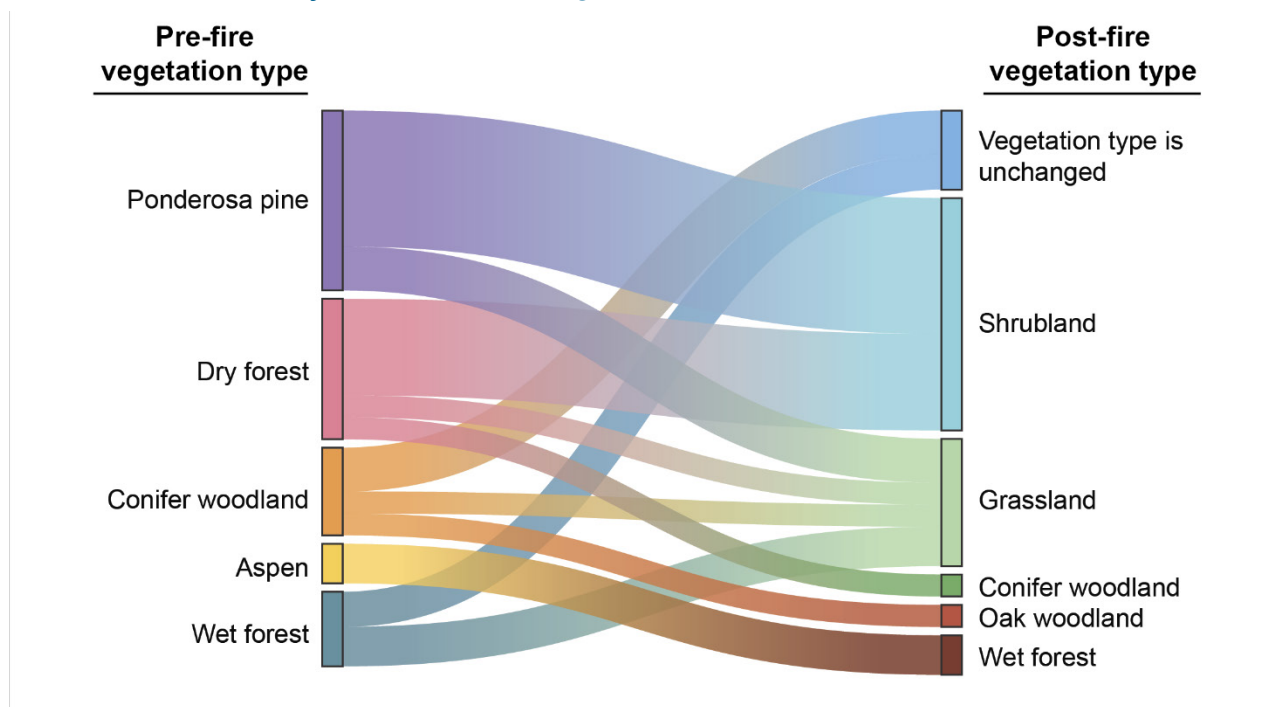
El incendio es un proceso natural en muchos ecosistemas del Suroeste y es necesario para la biodiversidad, los servicios de los ecosistemas y las soluciones basadas en la naturaleza (KM 8.2). Los regímenes de incendios asociados a los ecosistemas dependientes del fuego son muy variables según la altitud y la geografía²⁹³. Las políticas y la gestión forestal de larga duración, incluidas la supresión de incendios, la tala generalizada y el pastoreo de ganado y la eliminación del uso indígena del fuego, combinados con los efectos de un clima cambiante, han contribuido a las altas densidades de árboles, a la función comprometida del ecosistema y a la diversidad o heterogeneidad de atributos forestales tales como especies, clases de tamaño y distribuciones geográficas^{18,21,294,295,296}. En consecuencia, muchos bosques del Suroeste y zonas silvestres propensas a los incendios son susceptibles a impactos provocados por el clima, como sequías, plagas y enfermedades (Recuadro 7.1) y devastadores incendios forestales^{295,297}. Numerosas investigaciones científicas sugieren que los ecosistemas del Suroeste, ante la rápida transformación inducida por el cambio climático, requerirán intervenciones activas de gestión que aumenten la heterogeneidad de los bosques y mejoren la función y la capacidad de adaptación de los ecosistemas (KM 7.3)^{298,299,300}.

Las tendencias de calentamiento de la temperatura inducidas por la actividad humana, los cambios en los patrones de precipitación y los aumentos en el déficit de presión de vapor han impulsado la desecación de los combustibles que influyen en los patrones y el comportamiento de los incendios forestales en todo el oeste de EE. UU. (KM 7.1)^{17,18,19,20,21,301}. En el Suroeste, los incendios se han hecho más grandes, más frecuentes y, en muchas zonas, más severos (KM 7.1), con evidencia clara de que el cambio climático es una de las principales causas^{302,303}. Siete de los diez mayores incendios forestales de EE. UU. en 2020-2021 se produjeron en la región. De los 50 mayores incendios forestales de EE. UU. en 2020, 22 se produjeron en California y los 7 incendios forestales más grandes registrados en California se han producido desde 2018^{304,305,306}. Los tres incendios forestales más grandes registrados en Colorado se produjeron en 2020, los incendios más grandes de la historia de Nevada ardieron en 2018³⁰⁷ y los incendios forestales más grandes en Arizona, Nuevo México y Utah ocurrieron todos desde 2007 (Figura 28.9; Enfoque en los incendios forestales del occidente). Los grandes incendios en pastizales no forestales del oeste de EE. UU. también se quintuplicaron durante el período 1984-2017³⁰⁸. La mayoría de este incremento se debe al aumento de la cubierta de gramíneas anuales invasoras, causado en parte por el cambio climático y el aumento del dióxido de carbono atmosférico³⁰⁹.

Impactos en los ecosistemas

El cambio climático provoca efectos en cascada con otros factores en los ecosistemas del Suroeste que, por lo demás, están adaptados al fuego. Por ejemplo, las grandes extensiones de incendios de alta severidad han impulsado la conversión de tipos de ecosistemas en muchas partes de la región^{294,310}. Los sistemas forestales de semiáridos a áridos son especialmente vulnerables a estos efectos y han experimentado la conversión a pastizales autóctonos³¹¹ o pastizales alóctonos (Figuras 28.9, 8.6)²⁹⁴. Los efectos acumulativos de los cambios en los ecosistemas provocados por los incendios siguen poniendo a los ecosistemas en alto riesgo de conversión del tipo de vegetación (p. ej., de bosques a matorrales), lo que puede provocar impactos severos en las cuencas hidrográficas y en los recursos acuáticos²⁹⁴. Los efectos incluyen la degradación de los sistemas ribereños; los riesgos para las especies ribereñas y fluviales, así como para las especies amenazadas y en peligro de extinción, derivados de la erosión causada por episodios de precipitaciones extremas y el aumento de las invasiones de especies alóctonas³¹².

Incendios forestales y cambios en la vegetación del Suroeste



El cambio climático está provocando incendios más grandes y cálidos, con los consiguientes cambios en la vegetación.

Figura 28.9. Los datos de los estados de California, Arizona, Colorado y Nuevo México muestran que aproximadamente la mitad (alrededor del 50 %) del cambio de tipo de vegetación (p. ej., bosques que pasan a ser matorrales o pastizales) es una función de los incendios de alta severidad. Adaptado de Guiterman *et al.* 2022²⁹⁴ [CC BY 4.0].

La reciente aridificación inducida por el clima, incluida la pérdida del manto de nieve, también ha dificultado el establecimiento de plántulas de árboles y arbustos después de los incendios, lo que limita la recuperación del ecosistema^{313,314,315}. Esto es particularmente cierto en el caso de las condiciones de disponibilidad, cantidad y calidad del agua después del incendio. Además, se espera que las interacciones entre los incendios forestales y la variabilidad natural de la sequía empeoren cada vez más las condiciones de sequía, lo que supondrá un mayor estrés para las plántulas de árboles³¹⁶ y provocará posibles cambios futuros en la composición de las especies o en el tipo de vegetación^{314,317}. Las transformaciones de los matorrales costeros provocadas por el desarrollo humano también han interactuado con el secado de los combustibles vegetales inducido por el clima para generar condiciones de incendio atípicas³¹⁸.

Las proyecciones del futuro cambio climático sugieren que la actividad de los incendios forestales seguirá impactando los ecosistemas y sus servicios^{298,319,320,321,322}. Las respuestas específicas de los ecosistemas a los cambios climáticos dependerán de las interacciones entre el tipo de vegetación, el estrés hídrico, los regímenes de perturbación (p. ej., plagas, patógenos e incendios de alta severidad) y los cambios humanos en el uso de la tierra (KM 6.2)^{295,297,319}. Por ejemplo, se prevé que el cambio climático provoque una pérdida de ecosistemas de artemisa en el sur y el este de la Gran Cuenca porque esos ecosistemas son menos capaces de recuperarse después de los incendios en un clima más cálido y seco³²³.

Sin embargo, las tendencias futuras de los incendios forestales son menos seguras en los pastizales que en los bosques, ya que el tamaño de los incendios (medido por la superficie anual quemada) y su severidad (un cambio de los incendios de baja intensidad a los incendios de copas que sustituyen a los rodales) dependen de la producción de vegetación sobre el suelo, que varía anualmente según las condiciones climáticas³²⁴. Se prevé que en Arizona y Nuevo México disminuya el crecimiento de las gramíneas que suelen alimentar los incendios forestales^{199,325}, mientras que en el resto de la región se proyecta que las precipitaciones aumenten al principio de la temporada de crecimiento, lo que, seguido de veranos más calurosos, generará las condiciones ideales para la ignición de incendios³²⁴.

Impactos en las personas y las comunidades

El aumento relacionado con el clima de la frecuencia, severidad y extensión de los incendios forestales en el Suroeste pone en peligro vidas y bienes (Enfoque en los incendios forestales del occidente)^{17,18,19,20,21,326}. Los datos completos de la región sobre víctimas mortales causadas por incendios forestales son escasos³²⁷, pero tres de los cinco incendios más mortíferos registrados en California se han producido desde 2017, con un costo de 122 vidas³⁰⁴. Además, la pérdida de vidas puede atribuirse al humo de los incendios forestales, que también se ha relacionado con aumentos en las muertes por COVID-19 en el norte de California³²⁸ y los flujos de escombros posteriores a los incendios que pueden dejar las laderas desprovistas de vegetación y vulnerables a una rápida erosión (Capítulo 7; Enfoque en los incendios forestales del occidente)³²⁹. Se espera que aumente el riesgo de flujos de escombros posterior a los incendios en las comunidades costeras debido a un aumento de las precipitaciones intensas que suelen producirse por eventos fluviales atmosféricos (KM 28.1, 8.1)³³⁰.

Las pérdidas materiales por incendios forestales son mayores en el Suroeste que en otras regiones. En 2021, 3,363 estructuras ardieron debido a incendios forestales en California, el mayor número de pérdidas en cualquier estado, mientras que el incendio de Marshall de diciembre de 2021 en Colorado, un incendio de pastizales de rápida combustión, quemó más de 1,000 viviendas en solo unas horas³⁰⁶. El incendio de Calf Canyon/Hermit's Peak de 2022, que quemó 341,735 acres, es el incendio más grande de Nuevo México. Los impactos secundarios de los incendios forestales, como los flujos de escombros posteriores al incendio (Figuras 3.13, 6.5) en laderas recién quemadas, suponen peligros adicionales para la propiedad³²⁹. El costo estimado de combatir los 10 incendios forestales más grandes de California en 2021 superó los \$2,250 millones (en dólares de 2022)³⁰⁶, con costos de supresión que representan solo una fracción de un efecto económico total que también incluye la pérdida de estructuras e infraestructuras, el aumento de los costos médicos, las pérdidas de cosechas, la contaminación de la calidad del agua y otros factores (KM 19.1).

El aumento de estructuras e infraestructuras perdidas puede estar relacionado con el crecimiento de la población en la interfaz urbano-forestal (wildland-urban interface, WUI; Figura A4.14), donde las casas se construyen cerca de bosques y otras zonas naturales³³¹. El número de estadounidenses que viven en la WUI se duplicó de 1990 a 2010, y la población de la WUI ha aumentado más rápidamente en zonas como el Suroeste, donde el riesgo de incendios forestales es mayor^{332,333}. Mientras que la migración a los condados de la WUI muestra modestas reducciones inmediatamente después de incendios forestales o eventos de calor extremo³³⁴, los incendios no parecen alejar a los residentes actuales; menos del 6 % de los residentes

del condado de Sonoma, California, que perdieron sus hogares debido a incendios forestales en 2017 abandonaron posteriormente el condado³³⁵.

El efecto de los incendios en los medios de vida de las comunidades depende de la exposición al riesgo de incendios forestales y de la capacidad de adaptación (KM 7.3). El análisis de la vulnerabilidad de los medios de subsistencia en 14 estados propensos a los incendios reveló que los residentes de Nuevo México y Arizona eran los más vulnerables debido a una exposición al riesgo relativamente alta y a un acceso de bajo a moderado a los recursos necesarios para adaptarse a las condiciones cambiantes³³⁶. Las zonas de bajos ingresos, comunidades de color, migrantes indígenas indocumentados, minorías sexuales y de género (KM 15.2)³³⁷ y las personas sin hogar son las más vulnerables a los impactos de los incendios forestales^{231,338}, incluida la contaminación del agua por compuestos cancerígenos²⁶⁹. Las poblaciones con discapacidades médicas o movilidad limitada, los adultos mayores y las personas que dependen de equipos médicos también corren un riesgo desproporcionadamente alto durante los incendios forestales³³⁹.

Además, los incendios forestales suelen producirse durante las temporadas de cosecha agrícola, lo que aumenta los riesgos para la salud de los trabajadores²⁷⁷. Entre las industrias del Suroeste especialmente vulnerables a los incendios forestales están las bodegas³⁴⁰, el turismo^{341,342}, los productos forestales¹⁸³ y el cultivo legal de cannabis³⁴³. Por ejemplo, en los incendios de 2020, se calcula que el efecto económico de la contaminación por humo costó a la industria vinícola de California \$4,200 millones (en dólares de 2022). La contaminación por humo se produce cuando el humo y la ceniza impregnan la piel de las uvas y pueden afectar el sabor y el olor del vino³⁴⁴.

Los impactos de los incendios forestales en los entornos naturales pueden influir negativamente en los servicios ecosistémicos (KM 7.2) que las personas obtienen de esos entornos, incluidas la calidad del aire (KM 28.4)²⁶⁶, la calidad y disponibilidad del agua³⁴⁵, la polinización³⁴⁶, el forraje y la salud del ganado³⁴⁷ y la recreación al aire libre³⁴⁸. Los efectos de los servicios ecosistémicos varían con el tiempo, ya que la disminución a corto plazo de los servicios puede ir seguida de una mejora a largo plazo a medida que los ecosistemas se recuperan³⁴⁹. Los incendios forestales alteran químicamente las cuencas hidrográficas y pueden reducir la calidad del agua potable³⁵⁰, en algunos casos llevando a los municipios a emitir avisos sobre la calidad del agua potable³⁵¹. Los riesgos posteriores a los incendios, como inundaciones y flujos de escombros, amenazan aún más la seguridad del agua (Enfoque en los incendios forestales del occidente)³⁵². El humo de los incendios forestales de 2020 redujo significativamente la producción industrial de energía solar en el sur de California³⁵³.

Mientras que los incendios forestales de alta severidad (es decir, los incendios que reemplazan rodales de árboles) suelen tener impactos negativos, los incendios forestales y prescritos de intensidad baja a moderada pueden tener efectos positivos al reducir la carga de combustible, frenar las plagas y enfermedades de las plantas y estimular el crecimiento de nueva vegetación³⁵⁴. Los incendios prescritos, aunque son una herramienta efectiva para invertir los cambios indeseables en la estructura de la vegetación forestal debidos a la supresión de incendios, también pueden reducir la calidad del aire a corto plazo²⁶⁶.

Retos de la gestión de los ecosistemas y soluciones de adaptación

La capacidad de recuperación de los bosques puede mejorarse mediante la tala de árboles, al aprovechar los incendios forestales de severidad baja y moderada con tratamientos tradicionales de gestión forestal que ajustan los combustibles e incorporan mejor los incendios forestales gestionados²⁹⁹. El uso de incendios prescritos junto con tratamientos forestales mecánicos, como la tala o la poda, también reduce la densidad de los árboles y los combustibles³⁰⁰. Los incendios prescritos pueden aumentar la resistencia de los bosques durante períodos de estrés climático, como una sequía sostenida³⁵⁵, y puede reducir el alcance y la intensidad del régimen de incendios forestales³⁵⁶. El uso cultural del fuego para cumplir los objetivos

indígenas y tribales puede ser compatible con la aplicación tradicional del fuego y contribuir a aumentar la resiliencia al cambio climático^{296,357}.

Para disminuir la competencia por los recursos hídricos y aumentar la resiliencia de los bosques, la reducción de la densidad de árboles y combustibles puede disminuir el riesgo de incendios forestales de alta severidad y la mortalidad inducida por sequías y plagas (KM 6.2)^{358,359}. Evidencia reciente sugiere que el aumento de estos enfoques puede ayudar a adaptarse al rápido incremento de los riesgos^{299,360}. Sin embargo, la implementación de los incendios prescritos puede verse limitada debido a la preocupación pública por el humo y los incendios que escapan a la prescripción de gestión³⁶¹.

Las tierras naturales, incluidos los bosques y zonas arboladas asociadas, desempeñan un papel fundamental en la mitigación del cambio climático (KM 32.1)^{362,363}. Sin embargo, la variabilidad climática, la mortalidad de los árboles provocada por la sequía y las plagas, los incendios forestales y otras perturbaciones sugieren que en el Suroeste se producirá un descenso continuo del almacenamiento de carbono terrestre^{362,364}. En consecuencia, asegurar o incluso aumentar el almacenamiento de carbono en los ecosistemas suele ser un objetivo de las inversiones en gestión forestal³⁶⁵. Los tratamientos de gestión forestal difieren en sus pérdidas de carbono a corto plazo en relación con los beneficios esperados de una mayor resistencia al fuego, lo que conduce a una estabilidad del carbono a más largo plazo (Recuadro 7.2). En los bosques del Suroeste, la reducción de la superficie de tala y el aumento de la superficie quemada aumentan el potencial de beneficio neto de carbono, en comparación con la no actuación³⁶⁶. La reforestación de zonas en las que se perdió la cubierta forestal debido a la mortalidad puede ayudar a mitigar los efectos del cambio climático³⁶⁷, pero la siembra de árboles adicionales que aumenten la densidad forestal provocaría un mayor riesgo de incendios y estrés por sequía, por lo que no se espera que sea una solución de adaptación efectiva^{300,368}.

Otras soluciones de adaptación incluyen políticas de corte de suministro eléctrico por parte de las empresas de servicios públicos para reducir el riesgo de incendios forestales cuando se prevean vientos extremos que derriben tendidos eléctricos e infraestructuras de telecomunicaciones^{369,370,371}. Los cortes de suministro eléctrico son más probables en otoño debido a un aumento relacionado con el clima en el número de días con condiciones meteorológicas extremas para incendios¹⁸. Los cortes de suministro eléctrico también pueden aumentar la intención de los propietarios de viviendas de adoptar la energía solar³⁷² o de usar generadores alimentados por combustibles fósiles³⁷³. Las personas que sufrieron cortes de suministro eléctrico informaron una peor salud física y mental inmediatamente después del suceso, aunque siguen apoyando el uso de los cortes de suministro eléctrico como estrategia de reducción del riesgo de incendios forestales³⁷⁴.

Cuentas rastreables

Descripción del proceso

Después de su selección en agosto de 2021, el autor principal del capítulo, el autor principal de la coordinación federal y el autor principal del capítulo de la agencia elaboraron una lista exhaustiva de candidatos a autores basada en un análisis de las evaluaciones nacionales del clima anteriores, la literatura científica publicada, los medios de comunicación científica y los informes relevantes para las políticas. A continuación, se seleccionó a los autores de los capítulos finales en función de sus conocimientos detallados, diversidad de competencias y experiencia en temas críticos para el Suroeste. Además, se seleccionaron autores que representaran perspectivas diversas en cuanto a raza, etnia e identidad de género. El taller de participación pública del capítulo Suroeste se llevó a cabo virtualmente el 4 de febrero de 2022, con más de 90 asistentes. El taller incluyó una presentación general, una serie de grupos de trabajo en los que los participantes aportaron sus opiniones sobre temas clave y un debate final entre todos los asistentes. El equipo de autores llevó a cabo una sesión informativa el 7 de febrero de 2022 para reflexionar sobre los aportes realizados durante el taller. El equipo de autores se reunió semanalmente durante la elaboración del capítulo.

A partir de los debates entre el equipo de autores, los aportes de las partes interesadas y la consideración de la Cuarta Evaluación Nacional del Clima, los autores elaboraron cinco mensajes clave que representan los activos valorados y las características únicas de la región. Entre ellos se encuentran los recursos hídricos, la costa, la alimentación y la agricultura, la demografía y la salud humana y los incendios forestales. El capítulo detalla los efectos observados y previstos del cambio climático en los sistemas humanos y naturales a través de esos temas y los resultados que deben evitarse en ausencia de estrategias de adaptación y mitigación.

En el estudio científico, los autores llevaron a cabo una evaluación sistemática del conjunto de conocimientos científicos y técnicos para sintetizar los estudios, datos, modelos e hipótesis publicados, aplicando al mismo tiempo el mejor criterio profesional para evaluar las incertidumbres y los resultados contradictorios. El capítulo presta especial atención a los factores que hacen más vulnerables determinados sistemas y grupos e identifica las intersecciones entre temas, los riesgos en cascada y las vías hacia la resiliencia. También aborda temas transversales como soluciones y retos de la adaptación, equidad en el cambio climático y la justicia medioambiental, pueblos indígenas y sus conocimientos, economía, infraestructuras y ecosistemas y servicios ecosistémicos.

Mensaje clave 28.1

La sequía y la creciente aridez amenazan los recursos hídricos

Descripción de la base de evidencia

Los datos instrumentales y los datos paleoclimáticos proporcionan evidencia sólida y abundante de que la sequía de principios del siglo XXI en el Suroeste es más severa que la mayoría de los períodos de sequía anteriores, aunque no todos^{28,45,46,375}. La investigación ha identificado las temperaturas más altas como uno de los principales impulsores de la severidad de la sequía a través del mecanismo de aumento de la demanda atmosférica⁴⁷. Las investigaciones recientes parten de una base de evidencia ya sustancial que demuestra el declive de los mantos de nieve del Suroeste en el siglo pasado^{5,6,49,50}. Las investigaciones han demostrado cómo la escasez de agua superficial inducida por la sequía ha aumentado el bombeo de aguas subterráneas en el Valle Central de California⁶⁷, lo que constituye un ejemplo de cómo la sequía puede reducir el acceso futuro al agua, especialmente si también se reduce la recarga de los acuíferos⁶³.

Principales incertidumbres y brechas de investigación

Los datos históricos permiten comprender el posible efecto del déficit de precipitaciones sobre las aguas superficiales, y diversos estudios de investigación demuestran cómo el déficit de precipitaciones y el aumento de las tasas de evapotranspiración contribuyen a reducir la humedad y la infiltración del suelo, tanto en los climas actuales como en los futuros climas más cálidos. Sin embargo, persiste la incertidumbre sobre la contribución exacta de la temperatura a estos descensos del caudal del Alto Colorado en el siglo XX³⁷⁵, el efecto de la dinámica cambiante del manto de nieve sobre el caudal en y a través de las diferentes cuencas fluviales del Suroeste⁵⁶ y el impacto de El Niño–Oscilación Sur en las precipitaciones de la región^{376,377}.

También hay brechas de investigación sobre los impactos del cambio climático en el ciclo hidrológico completo del Suroeste. Desde la perspectiva biofísica, falta información sobre la recarga de los acuíferos, específicamente sobre la variabilidad temporal de las tasas y los lugares de recarga⁶³. Otro tema que debe estudiarse más a fondo es la relación entre la sequía, los suministros de agua superficial y los índices de bombeo de aguas subterráneas para la agricultura en lugares del Suroeste más allá de California (p. ej., río Grande y afluentes, Utah, Nevada). Además, la investigación sobre los impactos del cambio climático en la dinámica del monzón norteamericano, incluida la forma de captar con más efectividad la humedad del monzón para sustituir la disminución de las precipitaciones invernales, así como en otros eventos de precipitaciones extremas, como los ríos atmosféricos, es limitada.

Además, existen múltiples vías de adaptación hídrica en el Suroeste para que la industria, la agricultura y las comunidades creen resiliencia ante un futuro con más escasez de agua. Sin embargo, existen brechas de investigación sobre la viabilidad y los efectos a largo plazo de estas soluciones de adaptación^{378,379}. Además, la capacidad de los diferentes sectores y comunidades, incluidas las rurales, las de bajos ingresos, las indígenas y otras comunidades de primera línea, para adaptarse a la escasez de agua inducida por el clima es muy variable en todo el Suroeste³⁸⁰. Existe una brecha de investigación sobre las mejores prácticas para apoyar a estas comunidades en la adaptación a la escasez de agua actual y futura.

En la actualidad, los derechos de agua de los pueblos indígenas están infrautilizados, mientras que el acceso al agua sigue siendo un reto para muchos pueblos indígenas. A medida que más pueblos indígenas obtienen acceso a sus derechos sobre el agua y los utilizan, hay pocas investigaciones sobre cómo esto podría afectar a otros usuarios del agua y a acciones más amplias de gestión del agua, especialmente en el marco de las políticas de sequía del río Colorado³⁸¹.

Descripción de la confianza y la probabilidad

Las mediciones del manto de nieve, el caudal de las corrientes de agua y las aguas subterráneas durante el siglo pasado respaldan la observación, con *confianza muy alta*, de que el cambio climático ha reducido la disponibilidad de agua superficial y subterránea para las personas y la naturaleza en el Suroeste^{4,14,56}. Además, la evidencia procedente de la literatura revisada por expertos apoya la afirmación de *confianza alta* de que ciertas comunidades indígenas y de primera línea, incluidos los agricultores, experimentarán impactos desproporcionados por la reducción de la disponibilidad de agua y que los marcos institucionales históricos impulsan estas desigualdades^{187,382,383,384}.

La *confianza alta* en que el aumento de las temperaturas ha intensificado la sequía y que es *muy probable* que conducirá a un futuro más árido se basan en evidencia reciente que demuestra que desde principios del siglo XX el aumento de las temperaturas ha incrementado la proporción de precipitaciones que se pierden por evapotranspiración en relación con su contribución al caudal del río Colorado, una tendencia que se espera que continúe a medida que se calienten las regiones^{28,51}.

Sin una amplia adaptación, lo que supone un reto porque los sistemas humanos se han desarrollado bajo los patrones históricos del ciclo del agua (KM 4.2), existe una *confianza alta* y es *probable* que estas dinámicas acentúen aún más los desequilibrios existentes entre la oferta y la demanda de agua. Los desequilibrios en el suministro de agua se refieren principalmente a la sobreasignación de las reservas de agua superficial en los principales ríos de la región, como el Colorado y el río Grande, debido a que se destina más agua de la disponible a lo que legalmente se conoce como “usos beneficiosos”. Al mismo tiempo, los estudios longitudinales y los modelos climáticos sugieren que existe una *confianza alta* en que se producirá un aumento de las inundaciones debido a eventos de precipitación más intensos, como los provocados por los ríos atmosféricos^{71,72}, en el futuro de la región.

Existe una *confianza media* en que los enfoques flexibles y adaptativos de la gestión del agua tienen potencial para abordar los riesgos climáticos cambiantes y mitigar los impactos sobre las personas, el medioambiente y la economía (KM 4.3). Aunque existen abundantes ejemplos de este tipo de enfoques en todo el mundo y en múltiples sectores de uso del agua, faltan evaluaciones de la viabilidad de estos ejemplos en el Suroeste.

Mensaje clave 28.2

Aumentan los esfuerzos de adaptación para abordar la aceleración de los impactos en la costa y el océano de la región

Descripción de la base de evidencia

Las investigaciones recientes y los eventos observados demuestran que las olas de calor marinas continuarán y aumentarán en frecuencia junto con otros factores de estrés, lo que afecta a las comunidades que dependen de los recursos marinos^{35,95}. Las olas de calor marinas y las tendencias centenarias de calentamiento de la temperatura de la superficie del mar cerca de la costa de California se han atribuido a la influencia humana sobre el clima³⁸⁵. Ya se han observado impactos adversos en la acuicultura y la pesca de captura salvaje y se proyecta que empeoren. Los impactos están relacionados con la degradación de los ecosistemas marinos, no solo por los efectos de la temperatura, sino también por la acidificación de los océanos, la hipoxia y las floraciones de algas nocivas. Y aunque existe una amplia literatura sobre el ecosistema de la corriente de California y las pesquerías de captura salvaje, hay menos estudios sobre los efectos a largo plazo de los eventos extremos y la acuicultura californiana y, por lo tanto, una mayor incertidumbre.

Los impactos de la subida del nivel del mar han sido ampliamente modelados y comparados con las inundaciones observadas. Las líneas de evidencia más recientes se sintetizan con un amplio corpus de literatura relevante incluida en el informe del Grupo de Trabajo Interagencias 2022 sobre la subida del nivel del mar⁷ y el Sexto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo I del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático⁹⁵.

Los autores se centraron en las conclusiones sobre los impactos de la subida del nivel del mar, que giraron en torno a los nuevos conocimientos sobre los impactos de la subida del nivel del mar en las aguas subterráneas y en las infraestructuras y comunidades. Las infraestructuras energéticas y de transporte seguirán viéndose afectadas por el aumento de las inundaciones. Además, estudios recientes han demostrado que los impactos climáticos influirán de forma desproporcionada a las comunidades más sobrecargadas, pero faltan investigaciones adicionales específicas sobre California.

La adaptación de las infraestructuras y las comunidades se ha acelerado en California a través de los gobiernos estatales y locales, como se observa en la publicación de leyes, decretos ejecutivos y documentos de orientación estatales, así como en el aumento de las evaluaciones de vulnerabilidad y los planes de adaptación estatales, tribales, locales y regionales. Aumentan los requisitos y orientaciones gubernamentales en materia de planificación para los distintos sectores. El estado de California también invierte en la reducción de la escala de la ciencia climática para informar la toma de decisiones estatales y locales sobre el clima; la evaluación del cambio climático del estado se ha codificado en la ley. Se ha publicado menos información sobre estrategias de adaptación para la pesca y la acuicultura.

Principales incertidumbres y brechas de investigación

A largo plazo, las implicaciones compuestas de mayores extremos con otros factores de estrés y estrategias de mitigación son menos seguras. En California se investiga menos sobre los impactos combinados a largo plazo de las olas de calor marinas y los efectos de los múltiples factores de estrés sobre los ecosistemas, las especies y la acuicultura. Sin embargo, la investigación sobre múltiples factores de estrés está avanzando³⁸⁶, lo que incluye la corriente de California³⁸⁷, y aumenta nuestra comprensión mecanicista de los efectos del cambio climático. Las estrategias de mitigación de la emisión de dióxido de carbono basadas en la naturaleza suscitan cada vez más interés e inversión en EE. UU. (Capítulo 32)³⁸⁸, incluso en California. Aunque la nueva evidencia sugiere que las soluciones basadas en los océanos, como el secuestro de carbono mediante la acuicultura de algas, no son una “cura milagrosa” para mitigar las emisiones de carbono a nivel mundial, pueden aportar algunos beneficios locales³⁸³. Sin embargo, es necesario investigar más a fondo quién se beneficia de tales intervenciones y los impactos en los ecosistemas circundantes para garantizar resultados positivos para la naturaleza y las personas^{389,390,391}.

Faltan investigaciones sobre los impactos de la subida del nivel del mar en las inundaciones de aguas subterráneas, así como sobre la aplicación de esos resultados a los análisis de infraestructuras y comunidades. Hasta la fecha, estas amenazas agravadas no se han incluido en la mayoría de los planes de adaptación, lo que podría ocasionar la implementación de soluciones menos posibilidad de adaptarse.

A medida que los gobiernos y las comunidades comienzan a construir proyectos de adaptación, persisten las incertidumbres sobre su eficacia. La investigación sobre la implementación de medidas de adaptación es limitada e incluye la identificación de posibles ramificaciones, como el desplazamiento de comunidades sobrecargadas, las injusticias económicas en términos de recursos disponibles para la adaptación y los métodos para garantizar que las comunidades participen en la toma de decisiones sobre una posible retirada o reubicación. Un trabajo adicional podría ayudar a identificar cómo las herramientas de financiamiento existentes pueden apoyar los esfuerzos de adaptación y resiliencia y cómo desarrollar una comprensión más sólida de los costos y beneficios de la adaptación.

Descripción de la confianza y la probabilidad

Existe una *confianza alta* en que el cambio climático aumentará las olas de calor marinas y las floraciones de algas nocivas (HAB), lo que afectará los ecosistemas y las economías costeras. Existe una *confianza muy alta* y es *muy probable* que aumenten la frecuencia, la intensidad y la extensión de las olas de calor marinas. Laufkötter et al. (2020)³⁸⁵ descubrió que las olas de calor ya se han multiplicado por veinte debido al calentamiento global provocado por los humanos y que la probabilidad de que se produzcan aumenta en frecuencia en escenarios cada vez más cálidos. Se ha demostrado la relación entre las HAB y las condiciones térmicas de los océanos, pero la frecuencia y la extensión están vinculadas a factores climáticos y no climáticos (p. ej., la escorrentía)³⁹². En la literatura, hay un alto grado de acuerdo y evidencia de impactos negativos en los ecosistemas marinos y las comunidades dependientes de los recursos, pero la severidad de los impactos dependerá de las intervenciones adaptativas (p. ej., soluciones basadas en la naturaleza, adopción de una gestión basada en los ecosistemas) bajo los escenarios de mitigación climática de moderados a altos.

Es probable que la subida del nivel del mar provoque un aumento de las inundaciones en la costa Suroeste y existe una *confianza muy alta* en que esos impactos afectarán severamente las infraestructuras y las comunidades, con desigualdades en la forma en que se experimentan esos impactos. Los más recientes modelos climáticos y proyecciones de subida del nivel del mar demuestran una mayor confianza en las cantidades relativas de subida del nivel del mar para 2050. Sweet *et al.* (2022)⁷ afirma que se espera que el nivel relativo del mar en toda la costa contigua de EE. UU. aumente, en promedio, tanto en los próximos 40 años (2020-2050) como lo ha hecho en los 100 años pasados (1920-2020; 0.82-0.98 pies). Además, para 2050, el nivel relativo del mar previsto afectará las mareas y las marejadas ciclónicas, lo que provocará inundaciones de marea alta severas y moderadas con la misma frecuencia que las inundaciones de marea alta leves que se produjeron en 2022, lo que afectará las infraestructuras, las comunidades y los ecosistemas⁷.

Dados los avances y el liderazgo del estado de California en la ciencia del clima y la planificación de la adaptación a la subida del nivel del mar, existe una *confianza alta* en que la planificación y la implementación de la adaptación continúen. Como evidencia, el presupuesto del estado para el año fiscal 2021-2022 incluyó \$4,000 millones (en dólares de 2022) para programas de resiliencia climática, con otros nuevos programas de resiliencia climática creados en el año fiscal 2022-2023. Las agencias estatales siguen publicando guías para la planificación de la adaptación (p. ej., el plan de acción de la Agencia Estatal sobre la subida del nivel del mar 2022; el plan de acción sobre el calor extremo 2022; la estrategia estatal de adaptación 2021^{393,394,395}) y nuevos programas de financiamiento (p. ej., el Programa de Subvenciones para la Planificación de la Adaptación 2022; las Subvenciones para la Planificación de la Adaptación Climática del Transporte 2022; el Programa de Proyectos de Adaptación Climática de las Infraestructuras Locales de Transporte [planes de acción para reducir las emisiones de carbono {Low Carbon Action Plans, LCAP}] 2022; el Programa de Subvenciones para la Planificación e Implementación de la Resiliencia Regional 2022)^{396,397,398,399}. La inclusión de la acuicultura en la planificación climática del estado de California es escasa o nula (p. ej., Lester *et al.* 2022⁴⁰⁰), y comparativamente existe menos cobertura en general en la literatura científica en comparación con la captura salvaje y la agricultura⁴⁰¹ y, por lo tanto, existe una *confianza alta* en que la planificación climática y las soluciones de adaptación para la acuicultura son menos claras.

Mensaje clave 28.3

La producción de alimentos y fibras en el Suroeste se enfrenta a retos cada vez mayores

Descripción de la base de evidencia

Los datos de temperatura y precipitaciones muestran claramente que este siglo ha sido más cálido y seco que el anterior^{50,381,402}. Esta tendencia a la sequía y al calentamiento ya está teniendo impactos apreciables en la producción de forraje en los pastizales⁴⁰³, agricultura en tierras secas⁴⁰⁴ y rendimiento de los cultivos que requieren riego. Hay abundante literatura que muestra el efecto del cambio climático en la producción ganadera a través de cambios en la cantidad y calidad de los alimentos, las plagas y enfermedades y la salud y el bienestar de los animales⁴⁰⁵. La evidencia demuestra que el clima ya está afectando la distribución de la ganadería en el este de la región. Las Llanuras del Sur (en Nuevo México) y las Llanuras Centrales (en Colorado) experimentaron grandes descensos en el número de vacas en la sequía de 2011-2014⁴⁰⁶. La economía agrícola del Suroeste depende cada vez más de la producción de cultivos, pero las investigaciones anticipan tendencias a la baja en la producción de numerosos cultivos de alto valor en California¹⁶⁹ y un suministro reducido o menos fiable del agua de riego que sustenta la producción de cultivos en toda la región. Hay numerosos ejemplos de estrategias de adaptación, como la mejora de las tecnologías de riego,

las estrategias de protección del suelo y el cambio a prácticas y cultivos autóctonos, aunque hay obstáculos que impiden la adopción generalizada de muchas de estas prácticas.

Principales incertidumbres y brechas de investigación

La producción de alimentos y fibras del Suroeste es diversa y abarca sistemas ganaderos de pastizales, tierras de cultivo y huertos de riego, tierras secas y agricultura indígena. Cada uno de estos sistemas está anidado dentro de contextos locales, regionales e internacionales que pueden exacerbar o aliviar la vulnerabilidad al cambio climático. Esta diversidad, combinada con factores distintos del cambio climático (p. ej., pandemias, inflación, cadenas de suministro, acceso a ayudas financieras), contribuyen a la complejidad de la evaluación de los impactos del cambio climático en la agricultura del Suroeste. Existen, por lo tanto, brechas de investigación y cierta incertidumbre sobre cómo pueden aplicarse en el mundo real las opciones de adaptación que se describen en la literatura agronómica y de gestión de pastizales.

Siguen existiendo brechas de investigación en nuestra comprensión no solo de la capacidad biofísica y socioeconómica para apoyar el cambio en los agrosistemas del Suroeste, sino también de la voluntad de los agricultores y los responsables políticos para cambiar el tipo de cultivos que se siembran. Para los ganaderos que dependen del forraje de las tierras públicas, existe incertidumbre sobre cómo afectará el cambio climático al número de animales que la tierra puede mantener y cómo afectarán las posibles reducciones de la carga ganadera a la viabilidad de los ranchos y las comunidades dependientes de la ganadería.

Descripción de la confianza y la probabilidad

Hay una *confianza alta* en que las sequías continuas y la escasez de agua dificultarán la producción de alimentos y fibras en el Suroeste si no se adoptan nuevas estrategias y tecnologías. Los modelos climáticos coinciden en que el Suroeste seguirá calentándose. Esto afecta la tolerancia térmica y los requisitos de frío de los cultivos de importancia económica. Hay múltiples indicadores de que el Suroeste está sufriendo un proceso de aridificación. Como consecuencia, se espera que en el futuro haya menos agua disponible para la agricultura de riego.

Teniendo en cuenta la evidencia sustancial vista en la literatura, existe una *confianza alta*, y es *probable*, que los eventos de calor extremo sigan produciéndose y que se prevea un empeoramiento de su intensidad y un aumento de su frecuencia en el siglo XXI¹⁶⁷. El calor extremo reduce la calidad y el rendimiento de los cultivos^{181,403} y afecta la productividad del ganado (y en algunos casos su supervivencia), lo que tiene impactos económicos^{197,198,405}. Los datos de indemnizaciones de la Agencia de Gestión de Riesgos del USDA, desde 1989 hasta 2021, muestran que los episodios de calor ya están provocando pérdidas en la producción de cultivos en toda la región.

Hay una literatura cada vez más amplia que aboga por una mayor inclusión de los conocimientos indígenas en la elaboración de soluciones de adaptación para la agricultura del Suroeste. Existe una *confianza media* en que el conocimiento indígena, junto con la innovación tecnológica, tenga el potencial de informar sobre las prácticas agrícolas sostenibles en toda la región, así como de aumentar la soberanía alimentaria indígena, porque hasta la fecha hay pocos estudios que demuestren cómo se puede recurrir al conocimiento indígena para adaptar al cambio climático superficies más grandes u operaciones comerciales. También es evidente en la literatura que las innovaciones técnicas (p. ej., agrivoltaicos, red de las cosas) todavía tienen que ser más ampliamente adoptadas o aplicadas a las operaciones de mayor superficie.

Mensaje clave 28.4

El cambio climático compromete la salud humana y modifica la demografía

Descripción de la base de evidencia

La evidencia sólida y la buena concordancia entre múltiples fuentes y líneas de evidencia demuestran que las exposiciones al calor extremo ya están provocando muertes y enfermedades asociadas al calor en toda la región^{228,233,407}. La exposición al calor extremo de los habitantes de las ciudades está aumentando, en parte debido al cambio climático provocado por el hombre y en parte debido al calentamiento inducido por las ciudades^{408,409}. El calentamiento a escala regional en el Suroeste desde 1901 supera lo que cabría esperar de la variabilidad natural y es atribuible en parte a la influencia humana³. El cambio climático ha duplicado la probabilidad de que se produzca un evento capaz de provocar inundaciones catastróficas en California, y se espera que este riesgo aumente en el futuro debido al calentamiento continuo^{271,272}.

Múltiples líneas de evidencia indican aumentos actuales y futuros en la exposición humana y resultados adversos para la salud por el humo de los incendios forestales en la región^{277,410,411}. Los modelos coinciden en que la intensificación de las condiciones áridas en la región provocará más tormentas de polvo²⁴³ y, por lo tanto, una mayor incidencia de enfermedades respiratorias, como la fiebre del Valle^{246,248}.

La evidencia apoya la necesidad de aumentar las inversiones en estrategias de adaptación que apoyen los sistemas sociales, físicos y de salud que mejoran la resiliencia individual y comunitaria a los cambios en el clima, en particular al calor extremo^{288,412,413,414,415}. La mejora de los sistemas de salud pública y de las infraestructuras comunitarias de la región puede reducir las consecuencias sobre la salud del cambio climático.

Principales incertidumbres y brechas de investigación

Existen incertidumbres en la atribución de los cambios en las variables climáticas a resultados de salud específicos. La recopilación y alineación de más datos medioambientales y de salud ayudará a comprender la naturaleza a largo plazo de cómo el cambio climático afecta los resultados de salud específicos. La detección de relaciones directas entre los impactos del cambio climático y los resultados de salud pública también se ve obstaculizada por factores distractivos relacionados con la socioeconomía, la vulnerabilidad, las evaluaciones de la exposición, los cambios demográficos, la migración y las características comunitarias e individuales. Por lo tanto, estudios de detección y atribución son vitales en la región para abordar múltiples problemas de salud pública (p. ej., Ebi *et al.* 2020³⁰).

Hay incertidumbres relacionadas con la forma en que los cambios regionales del clima afectarán la salud pública debido a la variabilidad de las proyecciones de precipitaciones extremas; incertidumbres sobre la aparición e intensidad de las exposiciones sensibles al clima que afectan la salud humana, incluida la exposición al humo de los incendios forestales; y la variabilidad del ozono local y regional de acuerdo con las condiciones meteorológicas y de los objetivos alcanzados de reducción de emisiones.

También existen incertidumbres a la hora de proyectar los cambios relacionados con el clima en la gran cantidad de enfermedades transmitidas por vectores y las alteraciones asociadas. Bajan las tasas de chikungunya y zika en EE. UU.⁴¹⁶ con restricciones generalizadas de los viajes debido al COVID-19, los problemas con el virus del Nilo Occidental (West Nile virus, WNV) persisten debido a la naturaleza endémica del virus en la región. El vector más común del WNV en la región, *Culex quinquefasciatus*, abunda en zonas urbanas como Los Ángeles, Albuquerque y Phoenix⁴¹⁷, y ciertas estructuras de gestión del agua (p. ej., cuencas de captación, desagües pluviales y estanques de retención) proporcionan entornos favorables para la reproducción del vector⁴¹⁸. También hay incertidumbre en torno a cómo las precipitaciones intensas, en comparación con las condiciones de sequía, afectan la abundancia y distribución de enfermedades transmitidas por vectores relacionadas con la actividad humana y la gestión del agua. También se proyecta que la

transmisión del WNV se desplace hacia el norte⁴¹⁹, lo que disminuye los riesgos potenciales de transmisión en partes del Suroeste.

Por último, existen considerables incertidumbres sobre cómo se adaptarán las personas y las comunidades a los efectos del cambio climático en la región. Las proyecciones de los modelos sobre el efecto en la salud rara vez tienen en cuenta los cambios en la capacidad de adaptación en el futuro. Mejorar la capacidad de adaptación implica mejorar las infraestructuras, las tecnologías, el comportamiento y la salud general de la población para lidiar con los efectos del clima.

Descripción de la confianza y la probabilidad

Hay una *confianza alta* en que el aumento del calor extremo, la sequía, las inundaciones y la actividad de los incendios forestales están impactando negativamente la salud física de los residentes del Suroeste. Los modelos climáticos coinciden en que el Suroeste está experimentando temperaturas más altas y episodios de calor más intensos, prolongados y frecuentes^{3,8,375,420}. La exposición al calor extremo causa mortalidad, morbilidad y pérdida de productividad si se producen exposiciones peligrosas (KM 15.2)^{235,421}. Las condiciones más secas conllevan un mayor riesgo de incendios forestales y materia particulada, que afectan negativamente la salud respiratoria y cardiovascular de las personas cuando están expuestas^{265,290,422,423,424}.

El cambio climático también está influyendo en la demografía de la región al estimular la migración de personas al Suroeste, principalmente desde Centroamérica (*confianza media*). En 2021, unos 13 millones de personas (que representaban el 21.3 % de la población total) que vivían en el Suroeste habían nacido en el extranjero; el 21.1 % de ellos entraron a Estados Unidos en los 10 años pasados⁴²⁵. La disminución de la productividad agrícola, el aumento de los niveles de inseguridad alimentaria y los efectos climáticos adversos se encuentran entre las principales razones por las que las personas emigran del Triángulo Norte (Guatemala, Honduras y El Salvador) a EE. UU. (KM 17.2)^{32,279}. Alrededor del 43 % de los inmigrantes detenidos en la frontera Suroeste en 2019 procedían del Triángulo Norte²⁷⁸.

Entre las personas especialmente vulnerables a los crecientes impactos del cambio climático se encuentran los adultos mayores, los trabajadores al aire libre y las personas con bajos ingresos (*confianza alta*). Los incendios forestales y el humo asociado están afectando a un mayor número de personas, y hay evidencia sólida de que las poblaciones más vulnerables son las que corren mayor riesgo⁴²⁶. Existe evidencia sólida que relacionan el aumento de los niveles de materia particulada con un mayor riesgo para las poblaciones ya vulnerables, como las personas con bajos ingresos, los pueblos indígenas, las mujeres embarazadas, los niños y los trabajadores al aire libre^{427,428,429,430,431}. Está bien documentado que el calor extremo afecta de manera desproporcionada la salud de las poblaciones más vulnerables de la región, incluidas las personas sin hogar^{227,228,229}, los trabajadores al aire libre y los trabajadores agrícolas migrantes^{230,231,232,233}, así como las personas con bajos ingresos^{8,234}, los adultos mayores²³⁵ y las mujeres embarazadas y los bebés (en particular con exposiciones conjuntas a la contaminación atmosférica)^{237,238,239,240}.

Existe una *confianza alta* en que las iniciativas locales, estatales y federales puedan responder a estos cambios climáticos y demográficos ayudando a las personas y a las comunidades a ser más sanas y resilientes. Existe evidencia sólida de que el aumento de la capacidad de adaptación y la resiliencia de las comunidades, especialmente de las más vulnerables, reducirá los impactos del cambio climático sobre la salud humana⁴³². La importancia relativa de las distintas estrategias de adaptación variará en función de las escalas espaciales y temporales, la climatología y los contextos sociales y de comportamiento. Mejorar los sistemas de salud pública, la salud en general, las infraestructuras comunitarias y la educación puede reducir los riesgos para la salud que se están agravando en el Suroeste debido al cambio climático, así como muchos riesgos de salud en general⁴³¹.

Mensaje clave 28.5

Los cambios en las pautas de los incendios forestales plantean retos a los residentes y ecosistemas del Suroeste

Descripción de la base de evidencia

La dinámica cambiante de los incendios forestales incluye el aumento del tamaño y la severidad de los incendios y el cambio y la prolongación de las temporadas de incendios^{18,303,433,434}. Numerosas investigaciones han demostrado que el cambio climático está relacionado con el aumento de las condiciones meteorológicas propicias para los incendios extremos¹⁸, la actividad de los incendios forestales^{20,303,326}, la severidad de los incendios forestales^{17,19,21,434} y la superficie quemada anualmente³⁰². Los incendios de alta severidad sin precedentes han impulsado la conversión de ecosistemas en muchas partes de la región^{294,311}. La reciente aridificación inducida por el clima, incluida la pérdida del manto de nieve, también ha reducido el establecimiento de plántulas de árboles y arbustos después de los incendios, limitando la recuperación de los ecosistemas^{313,314,315}.

Las proyecciones sugieren que la actividad futura de los incendios seguirá degradando los ecosistemas y alterando su estructura y función^{294,298,319}. El aumento de la actividad de los incendios^{320,321,322}, el calentamiento y la desecación que afectan las plántulas de árboles y las proyecciones de modelos de incendios que sustituyen a los rodales en el límite entre bosques y no bosques en el oeste de EE. UU.³¹⁶ han planteado la posibilidad de cambios en la composición de las especies o en el tipo de vegetación^{294,317}. Estas proyecciones sugieren una gran variabilidad en las respuestas de los ecosistemas dependiendo de las interacciones entre el tipo de vegetación, el estrés hídrico, los regímenes de perturbaciones y las alteraciones humanas^{314,319,435,436,437,438}.

El creciente riesgo de incendios forestales amenaza la vida y los medios de subsistencia en la región. Los incendios forestales y el humo que los acompaña han provocado víctimas mortales causadas por los propios incendios^{304,327}, por el humo de los incendios forestales³²⁸ y por los flujos de escombros que se producen cuando las fuertes lluvias caen sobre laderas recién quemadas³³⁰. Aunque no sean mortales, los incendios forestales se han relacionado con el deterioro de la salud física^{265,328,439} y mental²⁶⁸. Las comunidades de primera línea, incluidos los grupos de bajos ingresos y las poblaciones de color, son especialmente vulnerables a estos impactos^{231,338}. La exposición de los habitantes del Suroeste al riesgo de incendios forestales también está aumentando debido al crecimiento de la población en zonas de interfaz urbano-forestal cercanas a bosques, matorrales y pastizales propensos a los incendios^{331,332,333}. Los costos económicos para los hogares se derivan de las estructuras quemadas y del aumento de los costos de seguros y atención médica^{440,441}. Otros costos se derivan de las pérdidas de ingresos debido a los incendios que afectan la energía, la agricultura y el turismo^{340,341,342,353}.

Las estrategias de adaptación incluyen la reducción de la densidad arbórea y de los combustibles forestales^{299,355,358} que pueden reducir el tamaño y la severidad de los incendios cuando se producen. La integración de las prácticas de quema indígenas con la gestión forestal contemporánea también puede mitigar el riesgo de incendios forestales²⁹⁶. Se espera reducir el riesgo mediante cortes de suministro eléctrico de seguridad pública iniciados por las compañías eléctricas cuando las condiciones meteorológicas sugieran que el peligro de incendio forestal es especialmente alto³⁷⁰.

Principales incertidumbres y brechas de investigación

La probabilidad a corto plazo de que aumenten los riesgos y impactos de los incendios forestales es muy alta. Lo que no está tan claro es hasta qué punto las estrategias de adaptación, como el aumento de los tratamientos de reducción del combustible y la adopción de una silvicultura adaptada al clima, podrán

mitigar esos impactos. Hasta ahora, no se ha podido cuantificar de forma fiable en qué medida el aumento de la superficie y la severidad de los incendios se deben al cambio climático en comparación con la gestión anterior, la invasión de especies alóctonas, la urbanización u otros factores. Para restaurar la resiliencia de los bosques (KM 7.3), es necesario aumentar considerablemente el ritmo de la tala y la reducción del combustible, y se desconoce si se dispondrá de recursos para lograr una gestión tan intensificada. Los ecologistas especializados en incendios señalan la necesidad de aumentar el uso de las quemadas prescritas para reducir la carga de combustible, pero no se sabe con certeza en qué medida puede lograrse este aumento, teniendo en cuenta el riesgo cada vez mayor de fuga del fuego y el desacuerdo de la población ante el uso del fuego como herramienta de gestión³⁶¹. Los factores geográficos, las políticas forestales y las actitudes de la población hacia la gestión forestal pueden limitar el ritmo de implementación de las medidas de reducción de riesgos. Del mismo modo, las actitudes a largo plazo hacia los cortes de suministro eléctrico por motivos de seguridad pública, las restricciones a la construcción de viviendas en zonas propensas a los incendios y otras políticas de reducción del riesgo son inciertas.

Descripción de la confianza y la probabilidad

Hay una *confianza alta* en que la región Suroeste está experimentando una incidencia de incendios forestales sin precedentes y que este cambio está relacionado con el cambio climático. Entre las causas que contribuyen a ello se encuentran las políticas de gestión del territorio que han dado lugar a una elevada densidad de árboles que aumentan el combustible para los incendios^{295,318}, eventos relacionados con el clima, como brotes de insectos y enfermedades de los árboles (Recuadro 7.1)³¹⁹ y el aumento de la población humana en los límites del bosque³³¹, todos ellos interactúan con el cambio climático de forma que aumentan el riesgo y la incidencia de incendios forestales^{18,21}.

Existe una *confianza alta* en que los incendios en la región se han hecho más grandes y severos. El aumento de las temperaturas y los cambios en las precipitaciones se han combinado para producir un aumento del déficit de presión de vapor³³³. Esto, junto con episodios de extremos climáticos como sequías y olas de calor, significa que es *muy probable* que estas tendencias continúen en los bosques de la región^{319,320,321,322}. Sin embargo, hay menos certeza sobre las tendencias futuras en las zonas no boscosas debido a la gran variabilidad interanual en la producción de las hierbas que alimentan los incendios forestales³²⁴. Las proyecciones de los modelos sugieren que el efecto del clima en el crecimiento de las plantas variará de una región a otra³²⁵.

Existe una *confianza alta* en que los incendios forestales severos están poniendo en peligro a las personas, las economías, los ecosistemas y los recursos hídricos, y es *muy probable* que continúen produciéndose, en parte debido a los impactos del cambio climático. Los estudios de los modelos climáticos coinciden en que el Suroeste seguirá calentándose, y hay múltiples indicadores de que la región se está volviendo más árida, lo que aumenta el riesgo de incendios forestales. Hay muchos indicadores de los costos para la vida humana, la salud y los medios de subsistencia debidos a los incendios forestales, y a medida que aumenta el riesgo de incendios forestales catastróficos, también aumentan esos costos.

Hay una *confianza media* en que las vías de adaptación reduzcan el riesgo de incendios forestales y promuevan la restauración de los ecosistemas a través de la gestión forestal y otras adaptaciones como la aplicación de los conocimientos indígenas. Aunque se conocen las oportunidades de adaptación, no está tan claro si la sociedad tendrá la capacidad de aprovecharlas.

Referencias

1. U.S. Census Bureau. 2010: State Area Measurements and Internal Point Coordinates. U.S. Department of Commerce, U.S. Census Bureau. <https://www.census.gov/geographies/reference-files/2010/geo/state-area.html>
2. NCEI, 2022: U.S. Billion-Dollar Weather and Climate Disasters. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Satellite, Data, and Information Service, National Centers for Environmental Information. <https://www.ncei.noaa.gov/access/billions/>
3. Vose, R.S., D.R. Easterling, K.E. Kunkel, A.N. LeGrande, and M.F. Wehner, 2017: Ch. 6. Temperature changes in the United States. In: *Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I*. Wuebbles, D.J., D.W. Fahey, K.A. Hibbard, D.J. Dokken, B.C. Stewart, and T.K. Maycock, Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 185–206. <https://doi.org/10.7930/j0n29v45>
4. Mote, P.W., S. Li, D.P. Lettenmaier, M. Xiao, and R. Engel, 2018: Dramatic declines in snowpack in the western US. *Npj Climate and Atmospheric Science*, **1** (1), 1–6. <https://doi.org/10.1038/s41612-018-0012-1>
5. Siirila-Woodburn, E.R., A.M. Rhoades, B.J. Hatchett, L.S. Huning, J. Szinai, C. Tague, P.S. Nico, D.R. Feldman, A.D. Jones, W.D. Collins, and L. Kaatz, 2021: A low-to-no snow future and its impacts on water resources in the western United States. *Nature Reviews Earth & Environment*, **2** (11), 800–819. <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00219-y>
6. Uzun, S., T. Tanir, G.d.A. Coelho, A.d. Souza de Lima, F. Cassalho, and C.M. Ferreira, 2021: Changes in snowmelt runoff timing in the contiguous United States. *Hydrological Processes*, **35** (11), e14430. <https://doi.org/10.1002/hyp.14430>
7. Sweet, W.V., B.D. Hamlington, R.E. Kopp, C.P. Weaver, P.L. Barnard, D. Bekaert, W. Brooks, M. Craghan, G. Dusek, T. Frederikse, G. Garner, A.S. Genz, J.P. Krasting, E. Larour, D. Marcy, J.J. Marra, J. Obeysekera, M. Osler, M. Pendleton, D. Roman, L. Schmied, W. Veatch, K.D. White, and C. Zuzak, 2022: Global and Regional Sea Level Rise Scenarios for the United States: Updated Mean Projections and Extreme Water Level Probabilities Along U.S. Coastlines. NOAA Technical Report NOS 01. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Service, Silver Spring, MD, 111 pp. <https://oceanservice.noaa.gov/hazards/sealevelrise/sealevelrise-tech-report-sections.html>
8. Gabbe, C.J. and G. Pierce, 2020: Extreme heat vulnerability of subsidized housing residents in California. *Housing Policy Debate*, **30** (5), 843–860. <https://doi.org/10.1080/10511482.2020.1768574>
9. Knutson, T.R. and J.J. Ploshay, 2016: Detection of anthropogenic influence on a summertime heat stress index. *Climatic Change*, **138** (1), 25–39. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1708-z>
10. Li, C., X. Zhang, F. Zwiers, Y. Fang, and A.M. Michalak, 2017: Recent very hot summers in northern hemispheric land areas measured by wet bulb globe temperature will be the norm within 20 years. *Earth's Future*, **5** (12), 1203–1216. <https://doi.org/10.1002/2017ef000639>
11. Vicedo-Cabrera, A.M., N. Scovronick, F. Sera, D. Royé, R. Schneider, A. Tobias, C. Astrom, Y. Guo, Y. Honda, D.M. Hondula, R. Abrutzky, S. Tong, M.d.S.Z.S. Coelho, P.H.N. Saldiva, E. Lavigne, P.M. Correa, N.V. Ortega, H. Kan, S. Osorio, J. Kyselý, A. Urban, H. Orru, E. Indermitte, J.J.K. Jaakkola, N. Rytty, M. Pascal, A. Schneider, K. Katsouyanni, E. Samoli, F. Mayvaneh, A. Entezari, P. Goodman, A. Zeka, P. Michelozzi, F. de'Donato, M. Hashizume, B. Alahmad, M.H. Diaz, C.D.L.C. Valencia, A. Overcenco, D. Houthuijs, C. Ameling, S. Rao, F. Di Ruscio, G. Carrasco-Escobar, X. Seposo, S. Silva, J. Madureira, I.H. Holobaca, S. Fratianni, F. Acquaotta, H. Kim, W. Lee, C. Iniguez, B. Forsberg, M.S. Ragettli, Y.L.L. Guo, B.Y. Chen, S. Li, B. Armstrong, A. Aleman, A. Zanobetti, J. Schwartz, T.N. Dang, D.V. Dung, N. Gillett, A. Haines, M. Mengel, V. Huber, and A. Gasparrini, 2021: The burden of heat-related mortality attributable to recent human-induced climate change. *Nature Climate Change*, **11** (6), 492–500. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01058-x>
12. Miller, K., A. Milman, and M. Kiparsky, 2021: Introduction to the Special Collection: Institutional dimensions of groundwater recharge. *Case Studies in the Environment*, **5** (1). <https://doi.org/10.1525/cse.2021.1245648>
13. Milly, P.C.D. and K.A. Dunne, 2016: Potential evapotranspiration and continental drying. *Nature Climate Change*, **6**, 946–969. <https://doi.org/10.1038/nclimate3046>
14. Overpeck, J.T. and B. Udall, 2020: Climate change and the aridification of North America. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **117** (22), 11856–11858. <https://doi.org/10.1073/pnas.2006323117>
15. Talsma, C.J., K.E. Bennett, and V.V. Vesselinov, 2022: Characterizing drought behavior in the Colorado River Basin using unsupervised machine learning. *Earth and Space Science*, **9** (5), e2021EA002086. <https://doi.org/10.1029/2021ea002086>

16. Xiao, M., B. Udall, and D.P. Lettenmaier, 2018: On the causes of declining Colorado River streamflows. *Water Resources Research*, **54** (9), 6739–6756. <https://doi.org/10.1029/2018wr023153>
17. Duane, A., M. Castellnou, and L. Brotons, 2021: Towards a comprehensive look at global drivers of novel extreme wildfire events. *Climatic Change*, **165** (3), 43. <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03066-4>
18. Goss, M., D.L. Swain, J.T. Abatzoglou, A. Sarhadi, C.A. Kolden, A.P. Williams, and N.S. Diffenbaugh, 2020: Climate change is increasing the likelihood of extreme autumn wildfire conditions across California. *Environmental Research Letters*, **15** (9), 094016. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab83a7>
19. Mueller, S.E., A.E. Thode, E.Q. Margolis, L.L. Yocom, J.D. Young, and J.M. Iniguez, 2020: Climate relationships with increasing wildfire in the southwestern US from 1984 to 2015. *Forest Ecology and Management*, **460**, 117861. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117861>
20. Swain, D.L., 2021: A shorter, sharper rainy season amplifies California wildfire risk. *Geophysical Research Letters*, **48** (5), e2021GL092843. <https://doi.org/10.1029/2021gl092843>
21. Williams, A.P., J.T. Abatzoglou, A. Gershunov, J. Guzman-Morales, D.A. Bishop, J.K. Balch, and D.P. Lettenmaier, 2019: Observed impacts of anthropogenic climate change on wildfire in California. *Earth's Future*, **7** (8), 892–910. <https://doi.org/10.1029/2019ef001210>
22. BEA, 2022: Gross Domestic Product by State and Personal Income by State, 2nd Quarter 2022. BEA 22–48. U.S. Department of Commerce, Bureau of Economic Analysis. <https://www.bea.gov/data/gdp/gdp-state>
23. Bureau of Indian Affairs, 2017: Indian entities recognized and eligible to receive services from the United States Bureau of Indian Affairs. *Federal Register*, **82** (10), 4915–4920. <https://www.federalregister.gov/documents/2017/01/17/2017-00912/indian-entities-recognized-and-eligible-to-receive-services-from-the-united-states-bureau-of-indian>
24. CRS, 2020: Federal Land Ownership: Overview and Data. CRS Report R42346. Congressional Research Service. <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/r/r42346>
25. Gonzalez, P., G.M. Garfin, D.D. Breshears, K.M. Brooks, H.E. Brown, E.H. Elias, A. Gunasekara, N. Huntly, J.K. Maldonado, N.J. Mantua, H.G. Margolis, S. McAfee, B.R. Middleton, and B.H. Udall, 2018: Ch. 25. Southwest. In: *Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: Fourth National Climate Assessment, Volume II*. Reidmiller, D.R., C.W. Avery, D. Easterling, K. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, and B.C. Stewart, Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 1101–1184. <https://doi.org/10.7930/nca4.2018.ch25>
26. Hoerling, M., J. Eischeid, X. Quan, and A. Badger, 2019: Causes for the century-long decline in Colorado River flow. *Journal of Climate*, **32** (23), 8181–8203. <https://doi.org/10.1175/jcli-d-19-0207.1>
27. Lukas, J.J. and E.A. Payton, 2020: Colorado River Basin Climate and Hydrology: State of the Science. Western Water Assessment. University of Colorado Boulder, Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences, Boulder, CO. <https://doi.org/10.25810/3hecv-w477>
28. Udall, B. and J. Overpeck, 2017: The twenty-first century Colorado River hot drought and implications for the future. *Water Resources Research*, **53** (3), 2404–2418. <https://doi.org/10.1002/2016wr019638>
29. Steele, C., J. Reyes, E. Elias, S. Aney, and A. Rango, 2018: Cascading impacts of climate change on southwestern US cropland agriculture. *Climatic Change*, **148** (3), 437–450. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2220-4>
30. Ebi, K.L., C. Åström, C.J. Boyer, L.J. Harrington, J.J. Hess, Y. Honda, E. Kazura, R.F. Stuart-Smith, and F.E.L. Otto, 2020: Using detection and attribution to quantify how climate change is affecting health. *Health Affairs*, **39** (12), 2168–2174. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2020.01004>
31. Hait, A.W., 2021: Growth in the Desert Southwest Mirrors the Nation in Some Economic Sectors but Is Quite Different in Others. U.S. Census Bureau. <https://www.census.gov/library/stories/2021/09/business-growth-in-desert-southwest-more-than-twice-national-average.html>
32. Spencer, N. and M.-A. Urquhart, 2018: Hurricane strikes and migration: Evidence from storms in Central America and the Caribbean. *Weather, Climate, and Society*, **10** (3), 569–577. <https://doi.org/10.1175/wcas-d-17-0057.1>
33. Newell, J.P., B. Goldstein, and A. Foster, 2019: A 40-year review of food-energy-water nexus literature and its application to the urban scale. *Environmental Research Letters*, **14** (7). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab0767>

34. Opejin, A.K., R.M. Aggarwal, D.D. White, J.L. Jones, R. Maciejewski, G. Mascaro, and H.S. Sarjoughian, 2020: A bibliometric analysis of food-energy-water nexus literature. *Sustainability*, **12** (3), 1112. <https://doi.org/10.3390/su12031112>
35. IPCC, 2022: *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, 3056 pp. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
36. Jones, J.L. and D.D. White, 2022: Understanding barriers to collaborative governance for the food-energy-water nexus: The case of Phoenix, Arizona. *Environmental Science and Policy*, **127**, 111–119. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.10.025>
37. Koebele, E.A., 2020: Cross-coalition coordination in collaborative environmental governance processes. *Policy Studies Journal*, **48** (3), 727–753. <https://doi.org/10.1111/psj.12306>
38. Sullivan, A., D.D. White, and M. Hanemann, 2019: Designing collaborative governance: Insights from the drought contingency planning process for the lower Colorado River Basin. *Environmental Science and Policy*, **91**, 39–49. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.10.011>
39. The California Climate Crisis Act. Assembly Bill No. 1279, State of California, September 16, 2022. https://leginfo.ca.gov/faces/billNavClient.xhtml?bill_id=202120220AB1279
40. State of California, 2018: Executive Order B-55-18: To Achieve Carbon Neutrality. State of California, Executive Department. <https://www.ca.gov/archive/gov39/wp-content/uploads/2018/09/9.10.18-Executive-Order.pdf>
41. CARB, 2022: Scoping Plan for Achieving Carbon Neutrality. California Air Resources Board. <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2022-12/2022-sp.pdf>
42. State of California, 2021: California Climate Commitment: Biggest Climate Investment in History. State of California, 2 pp. <https://www.gov.ca.gov/wp-content/uploads/2022/06/california-climate-commitment-.pdf>
43. Climate Action Plan to Reduce Pollution. HB19-1261, State of Colorado, 2019. <https://leg.colorado.gov/bills/hb19-1261>
44. State of New Mexico, 2019: Executive Order 2019-003: Executive Order on Addressing Climate Change and Energy Waste Prevention. State of New Mexico, Executive Office, 4 pp. https://www.governor.state.nm.us/wp-content/uploads/2019/01/EO_2019-003.pdf
45. Gangopadhyay, S., C.A. Woodhouse, G.J. McCabe, C.C. Routson, and D.M. Meko, 2022: Tree rings reveal unmatched 2nd century drought in the Colorado River Basin. *Geophysical Research Letters*, **49** (11), e2022GL098781. <https://doi.org/10.1029/2022gl098781>
46. Meko, D.M., C.A. Woodhouse, and A.G. Winitzky, 2022: Tree-ring perspectives on the Colorado River: Looking back and moving forward. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, **58** (5), 604–621. <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12989>
47. Albano, C.M., J.T. Abatzoglou, D.J. McEvoy, J.L. Huntington, C.G. Morton, M.D. Dettinger, and T.J. Ott, 2022: A Multidataset assessment of climatic drivers and uncertainties of recent trends in evaporative demand across the continental United States. *Journal of Hydrometeorology*, **23** (4), 505–519. <https://doi.org/10.1175/jhm-d-21-0163.1>
48. Lehner, F., E.R. Wahl, A.W. Wood, D.B. Blatchford, and D. Llewellyn, 2017: Assessing recent declines in Upper Rio Grande runoff efficiency from a paleoclimate perspective. *Geophysical Research Letters*, **44** (9), 4124–4133. <https://doi.org/10.1002/2017gl073253>
49. Milly, P.C.D. and K.A. Dunne, 2020: Colorado River flow dwindles as warming-driven loss of reflective snow energizes evaporation. *Science*, **367** (6483), 1252–1255. <https://doi.org/10.1126/science.aay9187>
50. Su, L., Q. Cao, M. Xiao, D.M. Mocko, M. Barlage, D. Li, C.D. Peters-Lidard, and D.P. Lettenmaier, 2021: Drought variability over the conterminous United States for the past century. *Journal of Hydrometeorology*, **22** (5), 1153–1168. <https://doi.org/10.1175/jhm-d-20-0158.1>
51. Williams, A.P., B.I. Cook, and J.E. Smerdon, 2022: Rapid intensification of the emerging southwestern North American megadrought in 2020–2021. *Nature Climate Change*, **12** (3), 232–234. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01290-z>

52. Lynn, E., A. Cuthbertson, M. He, J.P. Vasquez, M.L. Anderson, P. Coombe, J.T. Abatzoglou, and B.J. Hatchett, 2020: Technical note: Precipitation-phase partitioning at landscape scales to regional scales. *Hydrology and Earth System Sciences*, **24** (11), 5317–5328. <https://doi.org/10.5194/hess-24-5317-2020>
53. Skiles, S.M.K., M. Flanner, J.M. Cook, M. Dumont, and T.H. Painter, 2018: Radiative forcing by light-absorbing particles in snow. *Nature Climate Change*, **8** (11), 964–971. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0296-5>
54. Livneh, B. and A.M. Badger, 2020: Drought less predictable under declining future snowpack. *Nature Climate Change*, **10** (5), 452–458. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0754-8>
55. Walton, D.B., A. Hall, N. Berg, M. Schwartz, and F. Sun, 2017: Incorporating snow albedo feedback into downscaled temperature and snow cover projections for California's Sierra Nevada. *Journal of Climate*, **30** (4), 1417–1438. <https://doi.org/10.1175/jcli-d-16-0168.1>
56. Gordon, B.L., P.D. Brooks, S.A. Krogh, G.F.S. Boisrime, R.W.H. Carroll, J.P. McNamara, and A.A. Harpold, 2022: Why does snowmelt-driven streamflow response to warming vary? A data-driven review and predictive framework. *Environmental Research Letters*, **17** (5), 053004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac64b4>
57. Pierce, D.W., 2023: LOCA Statistical Downscaling. University of San Diego, Scripps Institution of Oceanography. <https://loca.ucsd.edu/>
58. Vano, J., J. Hamman, E. Gutmann, A. Wood, N. Mizukami, M. Clark, D.W. Pierce, D.R. Cayan, C. Wobus, K. Nowak, and J. Arnold, 2020: Comparing Downscaled LOCA and BCSD CMIP5 Climate and Hydrology Projections: Release of Downscaled LOCA CMIP5 Hydrology. Bureau of Reclamation, Livermore, CA, 96 pp. https://gdo-dcp.ucllnl.org/downscaled_cmip_projections/techmemo/LOCA_BCSD_hydrology_tech_memo.pdf
59. Woodhouse, C.A. and G.T. Pederson, 2018: Investigating runoff efficiency in upper Colorado River streamflow over past centuries. *Water Resources Research*, **54** (1), 286–300. <https://doi.org/10.1002/2017wr021663>
60. Berg, A. and J. Sheffield, 2018: Climate change and drought: The soil moisture perspective. *Current Climate Change Reports*, **4** (2), 180–191. <https://doi.org/10.1007/s40641-018-0095-0>
61. Null, S.E. and W.A. Wurtsbaugh, 2020: Ch. 1. Water development, consumptive water uses, and Great Salt Lake. In: *Great Salt Lake Biology: A Terminal Lake in a Time of Change*. Baxter, B.K. and J.K. Butler, Eds. Springer, Cham, Switzerland, 1–21. https://doi.org/10.1007/978-3-030-40352-2_1
62. Mankin, J.S., I. Simpson, A. Hoell, R. Fu, J. Lisonbee, A. Sheffield, and D. Barrie, 2021: NOAA Drought Task Force Report on the 2020–2021 Southwestern U.S. Drought. National Oceanic and Atmospheric Administration Drought Task Force, Modeling, Analysis, Predictions, and Projections Program, and National Integrated Drought Information System. <https://www.drought.gov/documents/noaa-drought-task-force-report-2020-2021-southwestern-us-drought>
63. Al Atawneh, D., N. Cartwright, and E. Bertone, 2021: Climate change and its impact on the projected values of groundwater recharge: A review. *Journal of Hydrology*, **601**, 126602. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126602>
64. Meixner, T., A.H. Manning, D.A. Stonestrom, D.M. Allen, H. Ajami, K.W. Blasch, A.E. Brookfield, C.L. Castro, J.F. Clark, D.J. Gochis, A.L. Flint, K.L. Neff, R. Niraula, M. Rodell, B.R. Scanlon, K. Singha, and M.A. Walvoord, 2016: Implications of projected climate change for groundwater recharge in the western United States. *Journal of Hydrology*, **534**, 124–138. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.12.027>
65. Russo, T.A. and U. Lall, 2017: Depletion and response of deep groundwater to climate-induced pumping variability. *Nature Geoscience*, **10** (2), 105–108. <https://doi.org/10.1038/ngeo2883>
66. Sheng, Z., 2013: Impacts of groundwater pumping and climate variability on groundwater availability in the Rio Grande Basin. *Ecosphere*, **4** (1), 5. <https://doi.org/10.1890/es12-00270.1>
67. Lund, J., J. Medellin-Azuara, J. Durand, and K. Stone, 2018: Lessons from California's 2012–2016 drought. *Journal of Water Resources Planning and Management*, **144** (10), 04018067. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)wr.1943-5452.0000984](https://doi.org/10.1061/(asce)wr.1943-5452.0000984)
68. Davenport, F.V., J.E. Herrera-Estrada, M. Burke, and N.S. Diffenbaugh, 2020: Flood size increases nonlinearly across the western United States in response to lower snow-precipitation ratios. *Water Resources Research*, **56** (1), e2019WR025571. <https://doi.org/10.1029/2019wr025571>
69. Li, D., D.P. Lettenmaier, S.A. Margulis, and K. Andreadis, 2019: The role of rain-on-snow in flooding over the conterminous United States. *Water Resources Research*, **55** (11), 8492–8513. <https://doi.org/10.1029/2019wr024950>

70. Huang, H., M.R. Fischella, Y. Liu, Z. Ban, J.v. Fayne, D. Li, K.C. Cavanaugh, and D.P. Lettenmaier, 2022: Changes in mechanisms and characteristics of western U.S. floods over the last sixty years. *Geophysical Research Letters*, **49** (3). <https://doi.org/10.1029/2021gl097022>
71. Albano, C.M., M.D. Dettinger, and A.A. Harpold, 2020: Patterns and drivers of atmospheric river precipitation and hydrologic impacts across the western United States. *Journal of Hydrometeorology*, **21** (1), 143–159. <https://doi.org/10.1175/jhm-d-19-0119.1>
72. Gershunov, A., T. Shulgina, R.E.S. Clemesha, K. Guirguis, D.W. Pierce, M.D. Dettinger, D.A. Lavers, D.R. Cayan, S.D. Polade, J. Kalansky, and F.M. Ralph, 2019: Precipitation regime change in western North America: The role of atmospheric rivers. *Scientific Reports*, **9** (1), 9944. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46169-w>
73. Pierce, D.W., J.F. Kalansky, and D.R. Cayan, 2018: Climate, Drought, and Sea Level Rise Scenarios for the Fourth California Climate Assessment. California's Fourth Climate Change Assessment. Publication Number: CNRA-CEC-2018-006. California Energy Commission. https://www.energy.ca.gov/sites/default/files/2019-11/projections_ccca4-cec-2018-006_ada.pdf
74. Wang, J., H. Yin, E. Reyes, T. Smith, and F. Chung, 2018: Mean and Extreme Climate Change Impacts on the State Water Project. California's Fourth Climate Change Assessment. Publication Number: CCCA4-EXT-2018-004. California Energy Commission. https://www.energy.ca.gov/sites/default/files/2019-12/water_ccca4-ext-2018-004_ada.pdf
75. Hatcher, S.M., C. Agnew-Brune, M. Anderson, L.D. Zambrano, C.E. Rose, M.A. Jim, A. Baugher, G.S. Liu, S.v. Patel, M.E. Evans, T. Pindyck, C.L. Dubray, J.J. Rainey, J. Chen, C. Sadowski, K. Winglee, A. Penman-Aguilar, A. Dixit, E. Claw, and J. McCollum, 2020: COVID-19 among American Indian and Alaska Native persons—23 states, January 31–July 3, 2020. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, **69** (34). <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6934e1>
76. ASCE, 2017: The Economic Benefits of Investing in Water Infrastructure: How a Failure to Act Would Affect the US Economic Recovery. American Society of Civil Engineers. www.downstreamstrategies.com
77. Tanana, H., J. Combs, and A. Hoss, 2021: Water is life: Law, systemic racism, and water security in Indian Country. *Health Security*, **19** (1), 78–82. <https://doi.org/10.1089/hs.2021.0034>
78. Yang, Y.C.E., K. Son, F. Hung, and V. Tidwell, 2020: Impact of climate change on adaptive management decisions in the face of water scarcity. *Journal of Hydrology*, **588**, 125015. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125015>
79. Sanders, B.F., J.E. Schubert, D.T. Kahl, K.J. Mach, D. Brady, A. AghaKouchak, F. Forman, R.A. Matthew, N. Ulibarri, and S.J. Davis, 2023: Large and inequitable flood risks in Los Angeles, California. *Nature Sustainability*, **6** (1), 47–57. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00977-7>
80. Schaider, L.A., L. Swetschinski, C. Campbell, and R.A. Rudel, 2019: Environmental justice and drinking water quality: Are there socioeconomic disparities in nitrate levels in U.S. drinking water? *Environmental Health*, **18** (1), 3. <https://doi.org/10.1186/s12940-018-0442-6>
81. Dobbin, K.B. and M. Lubell, 2021: Collaborative governance and environmental justice: Disadvantaged community representation in California sustainable groundwater management. *Policy Studies Journal*, **49** (2), 562–590. <https://doi.org/10.1111/psj.12375>
82. Conrad, E., T. Moran, M.E. DuPraw, D. Ceppos, J. Martinez, and W. Blomquist, 2018: Diverse stakeholders create collaborative, multilevel basin governance for groundwater sustainability. *California Agriculture*, **72** (1), 44–53. <https://doi.org/10.3733/ca.2018a0002>
83. Gilson, G.G. and D.E. Garrick, 2021: Can philanthropy enable collective action to conserve rivers? Insights from a decade of collaboration in the Colorado River Basin. *Conservation and Society*, **19** (3), 190–194. https://doi.org/10.4103/cs.cs_225_20
84. Garcia, M., E. Koebele, A. Deslatte, K. Ernst, K.F. Manago, and G. Treuer, 2019: Towards urban water sustainability: Analyzing management transitions in Miami, Las Vegas, and Los Angeles. *Global Environmental Change*, **58**, 101967. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.101967>
85. Perry, M.D. and S.J. Praskievicz, 2017: A new era of big infrastructure? (Re)developing water storage in the U.S. West in the context of climate change and environmental regulation. *Water Alternatives*, **10** (2), 437–454. <https://www.water-alternatives.org/index.php/alldoc/articles/vol10/v10issue2/363-a10-2-13/file>

86. Quay, R., F. Sternlieb, E. Rauh, R. Andrade, A. Bartholomew, D. White, J. Holway, Z. Sugg, and E. Rugland, 2022: Evaluating the effectiveness of land and water integrative practices for achieving water sustainability within the Colorado River Basin: Perceptions and indicators. *Water International*, **47** (2), 257–277. <https://doi.org/10.1080/02508060.2022.2041281>
87. Sterle, K. and L. Singletary, 2017: Adapting to variable water supply in the Truckee-Carson River system, western USA. *Water*, **9** (10), 768. <https://doi.org/10.3390/w9100768>
88. White, D.D., E.K. Rauh, A. Sullivan, K.L. Larson, A. Wutich, D. Linthicum, V. Horvath, and K.L. Lawless, 2019: Public attitudes toward urban water sustainability transitions: A multi-city survey in the western United States. *Sustainability Science*, **14** (6), 1469–1483. <https://doi.org/10.1007/s11625-019-00658-z>
89. Obringer, R. and D.D. White, 2023: Leveraging unsupervised learning to develop a typology of residential water users' attitudes towards conservation. *Water Resources Management*, **37** (1), 37–53. <https://doi.org/10.1007/s11269-022-03354-3>
90. USBR, 2021: Reclamation Announces 2022 Operating Conditions for Lake Powell and Lake Mead. U.S. Bureau of Reclamation. <https://www.usbr.gov/newsroom/news-release/3950>
91. Black & Veatch, 2020: Binational Study of Water Desalination Opportunities in the Sea of Cortez. TM1: Water Supply Availability and Demand Analysis. Prepared for Minute 323 Desalination Work Group. B&V Project No. 400584. Black & Veatch. https://www.ibwc.gov/wp-content/uploads/2023/04/TMs_All_Portfolio.pdf
92. OCM, 2023: California. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Service, Office for Coastal Management, accessed July 19, 2023. <https://coast.noaa.gov/states/california.html>
93. OCM, 2015: The National Significance of California's Ocean Economy. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Service, Office for Coastal Management. <https://coast.noaa.gov/digitalcoast/training/california-ocean-economy.html>
94. CalEPA, 2018: Coastal Ocean Temperature: Ocean Waters Along California's Coast Are Warming. California Environmental Protection Agency, Office of Environmental Health Hazard Assessment, 2 pp. https://oehha.ca.gov/media/epic/downloads/15coastoceantemp_19dec2018.pdf
95. IPCC, 2021: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou, Eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2391 pp. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
96. Pozo Buil, M., M.G. Jacox, J. Fiechter, M.A. Alexander, S.J. Bograd, E.N. Curchitser, C.A. Edwards, R.R. Rykaczewski, and C.A. Stock, 2021: A dynamically downscaled ensemble of future projections for the California Current System. *Frontiers in Marine Science*, **8**, 612874. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.612874>
97. Di Lorenzo, E. and N. Mantua, 2016: Multi-year persistence of the 2014/15 North Pacific marine heatwave. *Nature Climate Change*, **6**, 1042–1047. <https://doi.org/10.1038/nclimate3082>
98. Fumo, J.T., M.L. Carter, R.E. Flick, L.L. Rasmussen, D.L. Rudnick, and S.F. Iacobellis, 2020: Contextualizing marine heatwaves in the Southern California Bight under anthropogenic climate change. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, **125** (5), e2019JC015674. <https://doi.org/10.1029/2019jc015674>
99. Oliver, E.C.J., M.G. Donat, M.T. Burrows, P.J. Moore, D.A. Smale, L.V. Alexander, J.A. Benthuisen, M. Feng, A. Sen Gupta, A.J. Hobday, N.J. Holbrook, S.E. Perkins-Kirkpatrick, H.A. Scannell, S.C. Straub, and T. Wernberg, 2018: Longer and more frequent marine heatwaves over the past century. *Nature Communications*, **9** (1), 1324. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03732-9>
100. Shi, H., M. García-Reyes, M.G. Jacox, R.R. Rykaczewski, B.A. Black, S.J. Bograd, and W.J. Sydeman, 2021: Co-occurrence of California drought and northeast Pacific marine heatwaves under climate change. *Geophysical Research Letters*, **48** (17), e2021GL092765. <https://doi.org/10.1029/2021gl092765>
101. Nielsen, J.M., L.A. Rogers, R.D. Brodeur, A.R. Thompson, T.D. Auth, A.L. Deary, J.T. Duffy-Anderson, M. Galbraith, J.A. Koslow, and R.I. Perry, 2021: Responses of ichthyoplankton assemblages to the recent marine heatwave and previous climate fluctuations in several Northeast Pacific marine ecosystems. *Global Change Biology*, **27** (3), 506–520. <https://doi.org/10.1111/gcb.15415>

102. Koenigstein, S., M.G. Jacox, M. Pozo Buil, J. Fiechter, B.A. Muhling, S. Brodie, P.T. Kuriyama, T.D. Auth, E.L. Hazen, S.J. Bograd, and D. Tommasi, 2022: Population projections of Pacific sardine driven by ocean warming and changing food availability in the California Current. *ICES Journal of Marine Science*, **79** (9), 2510–2523. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac191>
103. von Biela, V.R., M.L. Arimitsu, J.F. Piatt, B. Heflin, S.K.T.J.L. Schoen, and C.M. Clawson, 2019: Extreme reduction in nutritional value of a key forage fish during the Pacific marine heatwave of 2014–2016. *Marine Ecology Progress Series*, **613**, 171–182. <https://doi.org/10.3354/meps12891>
104. Jones, T., J.K. Parrish, W.T. Peterson, E.P. Bjorkstedt, N.A. Bond, L.T. Ballance, V. Bowes, J.M. Hipfner, H.K. Burgess, J.E. Dolliver, K. Lindquist, J. Lindsey, H.M. Nevins, R.R. Robertson, J. Roletto, L. Wilson, T. Joyce, and J. Harvey, 2018: Massive mortality of a planktivorous seabird in response to a marine heatwave. *Geophysical Research Letters*, **45** (7), 3193–3202. <https://doi.org/10.1002/2017gl076164>
105. Piatt, J.F., J.K. Parrish, H.M. Renner, S.K. Schoen, T.T. Jones, M.L. Arimitsu, K.J. Kuletz, B. Bodenstein, M. García-Reyes, R.S. Duerr, R.M. Corcoran, R.S.A. Kaler, G.J. McChesney, R.T. Golightly, H.A. Coletti, R.M. Suryan, H.K. Burgess, J. Lindsey, K. Lindquist, P.M. Warzybok, J. Jahncke, J. Roletto, and W.J. Sydeman, 2020: Extreme mortality and reproductive failure of common murres resulting from the northeast Pacific marine heatwave of 2014–2016. *PLoS ONE*, **15** (1), e0226087. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226087>
106. Tolowa Dee-ni' Nation, InterTribal Sinkiyone Wilderness Council, Cher-Ae Heights Indian Community of the Trinidad Rancheria, and Wiyot Tribe, 2017: Informing the North Coast MPA Baseline: Traditional Ecological Knowledge of Keystone Marine Species and Ecosystems. University of California, San Diego. <https://casegrant.ucsd.edu/sites/default/files/39-Rocha-Final.pdf>
107. Cheung, W.W.L. and T.L. Frölicher, 2020: Marine heatwaves exacerbate climate change impacts for fisheries in the northeast Pacific. *Scientific Reports*, **10** (1), 6678. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63650-z>
108. Fisher, M.C., S.K. Moore, S.L. Jardine, J.R. Watson, and J.F. Samhuri, 2021: Climate shock effects and mediation in fisheries. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **118** (2), e2014379117. <https://doi.org/10.1073/pnas.2014379117>
109. Smith, J.A., M. Pozo Buil, B. Muhling, D. Tommasi, S. Brodie, T.H. Frawley, J. Fiechter, S. Koenigstein, A. Himes-Cornell, M.A. Alexander, S.J. Bograd, N. Cordero Quirós, L.B. Crowder, E. Curchitser, S.J. Green, N.A. Hardy, A.C. Haynie, E.L. Hazen, K. Holsman, G. Le Fol, N. Lezama-Ochoa, R.R. Rykaczewski, C.A. Stock, S. Stohs, J. Sweeney, H. Welch, and M.G. Jacox, 2023: Projecting climate change impacts from physics to fisheries: A view from three California Current fisheries. *Progress in Oceanography*, **211**, 102973. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2023.102973>
110. CalEPA, 2022: Indicators of Climate Change in California: Impacts on Tribes. California Environmental Protection Agency, Office of Environmental Health Hazard Assessment. <https://oehha.ca.gov/media/tribalsection2022.pdf>
111. Wei, X., K.-Y. Li, T. Kilpatrick, M. Wang, and S.-P. Xie, 2021: Large-scale conditions for the record-setting Southern California marine heatwave of August 2018. *Geophysical Research Letters*, **48** (7), e2020GL091803. <https://doi.org/10.1029/2020gl091803>
112. Chen, Z., J. Shi, Q. Liu, H. Chen, and C. Li, 2021: A persistent and intense marine heatwave in the Northeast Pacific during 2019–2020. *Geophysical Research Letters*, **48** (13), e2021GL093239. <https://doi.org/10.1029/2021gl093239>
113. McCabe, R.M., B.M. Hickey, R.M. Kudela, K.A. Lefebvre, N.G. Adams, B.D. Bill, F.M.D. Gulland, R.E. Thomson, W.P. Cochlan, and V.L. Trainer, 2016: An unprecedented coastwide toxic algal bloom linked to anomalous ocean conditions. *Geophysical Research Letters*, **43** (19), 10366–10376. <https://doi.org/10.1002/2016gl070023>
114. Holland, D.S. and J. Leonard, 2020: Is a delay a disaster? Economic impacts of the delay of the California Dungeness crab fishery due to a harmful algal bloom. *Harmful Algae*, **98**, 101904. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2020.101904>
115. Samhuri, J.F., B.E. Feist, M.C. Fisher, O. Liu, S.M. Woodman, B. Abrahms, K.A. Forney, E.L. Hazen, D. Lawson, J. Redfern, and L.E. Saez, 2021: Marine heatwave challenges solutions to human-wildlife conflict. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, **288** (1964), 20211607. <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.1607>
116. Santora, J.A., N.J. Mantua, I.D. Schroeder, J.C. Field, E.L. Hazen, S.J. Bograd, W.J. Sydeman, B.K. Wells, J. Calambokidis, L. Saez, D. Lawson, and K.A. Forney, 2020: Habitat compression and ecosystem shifts as potential links between marine heatwave and record whale entanglements. *Nature Communications*, **11** (1), 536. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14215-w>

117. Rogers-Bennett, L. and C.A. Catton, 2019: Marine heat wave and multiple stressors tip bull kelp forest to sea urchin barrens. *Scientific Reports*, **9** (1), 15050. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51114-y>
118. Rogers-Bennett, L., R. Klamt, and C.A. Catton, 2021: Survivors of climate driven abalone mass mortality exhibit declines in health and reproduction following kelp forest collapse. *Frontiers in Marine Science*, **8**, 725134. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.725134>
119. Jardine, S.L., M.C. Fisher, S.K. Moore, and J.F. Samhour, 2020: Inequality in the economic impacts from climate shocks in fisheries: The case of harmful algal blooms. *Ecological Economics*, **176**, 106691. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106691>
120. Freedman, R.M., J.A. Brown, C. Caldow, and J.E. Caselle, 2020: Marine protected areas do not prevent marine heatwave-induced fish community structure changes in a temperate transition zone. *Scientific Reports*, **10** (1), 21081. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77885-3>
121. Kawana, S.K., C.A. Catton, J.K.K. Hofmeister, C.I. Juhasz, I.K. Taniguchi, D.M. Stein, and L. Rogers-Bennett, 2019: Warm water shifts abalone recruitment and sea urchin diversity in Southern California: Implications for climate-ready abalone restoration planning. *Journal of Shellfish Research*, **38** (2), 475–484. <https://doi.org/10.2983/035.038.0231>
122. Munsch, S.H., C.M. Greene, N.J. Mantua, and W.H. Satterthwaite, 2022: One hundred-seventy years of stressors erode salmon fishery climate resilience in California's warming landscape. *Global Change Biology*, **28** (7), 2183–2201. <https://doi.org/10.1111/gcb.16029>
123. Holsman, K.K., A.C. Haynie, A.B. Hollowed, J.C.P. Reum, K. Aydin, A.J. Hermann, W. Cheng, A. Faig, J.N. Ianelli, K.A. Kearney, and A.E. Punt, 2020: Ecosystem-based fisheries management forestalls climate-driven collapse. *Nature Communications*, **11** (1), 4579. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18300-3>
124. Ekstrom, J.A., S.K. Moore, and T. Klinger, 2020: Examining harmful algal blooms through a disaster risk management lens: A case study of the 2015 U.S. West Coast domoic acid event. *Harmful Algae*, **94**, 101740. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2020.101740>
125. Hartog, J.R., C.M. Spillman, G. Smith, and A.J. Hobday, 2023: Forecasts of marine heatwaves for marine industries: Reducing risk, building resilience and enhancing management responses. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, **209**, 105276. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2023.105276>
126. Fiechter, J., M. Pozo Buil, M.G. Jacox, M.A. Alexander, and K.A. Rose, 2021: Projected shifts in 21st century sardine distribution and catch in the California Current. *Frontiers in Marine Science*, **8**, 685241. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.685241>
127. Clements, J.C. and T. Chopin, 2017: Ocean acidification and marine aquaculture in North America: Potential impacts and mitigation strategies. *Reviews in Aquaculture*, **9** (4), 326–341. <https://doi.org/10.1111/raq.12140>
128. Klinger, T., E.A. Chornesky, E.A. Whiteman, F. Chan, J.L. Largier, and W.W. Wakefield, 2017: Using integrated, ecosystem-level management to address intensifying ocean acidification and hypoxia in the California Current large marine ecosystem. *Elementa: Science of the Anthropocene*, **5**, 16. <https://doi.org/10.1525/elementa.198>
129. Beheshti, K.M., S.L. Williams, K.E. Boyer, C. Endris, A. Clemons, T. Grimes, K. Wasson, and B.B. Hughes, 2022: Rapid enhancement of multiple ecosystem services following the restoration of a coastal foundation species. *Ecological Applications*, **32** (1), e02466. <https://doi.org/10.1002/eap.2466>
130. Hirsh, H.K., K.J. Nickols, Y. Takeshita, S.B. Traiger, D.A. Mucciarone, S. Monismith, and R.B. Dunbar, 2020: Drivers of biogeochemical variability in a central California kelp forest: Implications for local amelioration of ocean acidification. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, **125** (11), e2020JC016320. <https://doi.org/10.1029/2020jc016320>
131. Chavez, F.P., C. Costello, D. Aseltine-Neilson, H. Doremus, J.C. Field, S.D. Gaines, M. Hall-Arber, N.J. Mantua, B. McCovey, C. Pomeroy, L. Sievanen, W. Sydeman, and S.A. Wheeler, 2017: Readyng California Fisheries for Climate Change. California Ocean Science Trust, Oakland, CA. https://www.oceansciencetrust.org/wp-content/uploads/2016/06/Climate-and-Fisheries_GuidanceDoc.pdf
132. Alleway, H.K., C.L. Gillies, M.J. Bishop, R.R. Gentry, S.J. Theuerkauf, and R. Jones, 2019: The ecosystem services of marine aquaculture: Valuing benefits to people and nature. *BioScience*, **69** (1), 59–68. <https://doi.org/10.1093/biosci/biy137>

133. Froehlich, H.E., J.C. Afflerbach, M. Frazier, and B.S. Halpern, 2019: Blue growth potential to mitigate climate change through seaweed offsetting. *Current Biology*, **29** (18), 3087–3093. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.07.041>
134. Froehlich, H.E., R.R. Gentry, and B.S. Halpern, 2017: Conservation aquaculture: Shifting the narrative and paradigm of aquaculture's role in resource management. *Biological Conservation*, **215**, 162–168. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.09.012>
135. Theuerkauf, S.J., B.J. Puckett, and D.B. Eggleston, 2021: Metapopulation dynamics of oysters: Sources, sinks, and implications for conservation and restoration. *Ecosphere*, **12** (7), e03573. <https://doi.org/10.1002/ecs2.3573>
136. Kübler, J.E., S.R. Dudgeon, and D. Bush, 2021: Climate change challenges and opportunities for seaweed aquaculture in California, the United States. *Journal of the World Aquaculture Society*, **52** (5), 1069–1080. <https://doi.org/10.1111/jwas.12794>
137. 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>
138. Befus, K.M., P.L. Barnard, D.J. Hoover, J.A. Finzi Hart, and C.I. Voss, 2020: Increasing threat of coastal groundwater hazards from sea-level rise in California. *Nature Climate Change*, **10** (10), 946–952. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0874-1>
139. Bruzgul, J., R. Kay, A. Petrow, T. Hendrickson, B. Rodehorst, D. Revell, M. Bruguera, D. Moreno, and K. Collison, 2018: Rising Seas and Electricity Infrastructure: Potential Impacts and Adaptation Actions for San Diego Gas & Electric. California's Fourth Climate Change Assessment. Publication Number: CCCA4-CEC-2018-004. California Energy Commission. https://www.energy.ca.gov/sites/default/files/2019-11/energy_ccca4-cec-2018-004_ada.pdf
140. Buchanan, M.K., S. Kulp, L. Cushing, R. Morello-Frosch, T. Nedwick, and B. Strauss, 2020: Sea level rise and coastal flooding threaten affordable housing. *Environmental Research Letters*, **15** (12), 124020. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abb266>
141. Hoover, D.J., K.O. Odigie, P.W. Swarzenski, and P. Barnard, 2017: Sea-level rise and coastal groundwater inundation and shoaling at select sites in California, USA. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, **11**, 234–249. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.12.055>
142. Nicholls, R.J., D. Lincke, J. Hinkel, S. Brown, A.T. Vafeidis, B. Meyssignac, S.E. Hanson, J.-L. Merkens, and J. Fang, 2021: A global analysis of subsidence, relative sea-level change and coastal flood exposure. *Nature Climate Change*, **11** (4), 338–342. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-00993-z>
143. Radke, J.D., G.S. Biging, K. Roberts, M. Schmidt-Poolman, H. Foster, E. Roe, Y. Ju, S. Lindbergh, T. Beach, L. Maier, Y. He, M. Ashenfarb, P. Norton, M. Wray, A. Alruheili, S. Yi, R. Rau, J. Collins, D. Radke, M. Coufal, S. Marx, A. Gohar, D. Moanga, V. Ulyashin, and A. Dalal, 2018: Assessing Extreme Weather-Related Vulnerability and Identifying Resilience Options for California's Interdependent Transportation Fuel Sector. California's Fourth Climate Change Assessment. Publication Number: CCCA4-CEC-2018-012. California Energy Commission. https://www.energy.ca.gov/sites/default/files/2019-11/energy_ccca4-cec-2018-012_ada.pdf
144. Caltrans, 2022: Sea Level Rise and the Transportation System in the Coastal Zone. California Department of Transportation. <https://dot.ca.gov/programs/environmental-analysis/coastal-program/coastal-act-policy-resource-information/coastal-hazards/sea-level-rise>
145. Martinich, J., J. Neumann, L. Ludwig, and L. Jantarasami, 2013: Risks of sea level rise to disadvantaged communities in the United States. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, **18** (2), 169–185. <https://doi.org/10.1007/s11027-011-9356-0>
146. Kopp, R.E., R.M. Horton, C.M. Little, J.X. Mitrovica, M. Oppenheimer, D.J. Rasmussen, B.H. Strauss, and C. Tebaldi, 2014: Probabilistic 21st and 22nd century sea-level projections at a global network of tide-gauge sites. *Earth's Future*, **2** (8), 383–406. <https://doi.org/10.1002/2014ef000239>
147. Tebaldi, C., B.H. Strauss, and C.E. Zervas, 2012: Modelling sea level rise impacts on storm surges along US coasts. *Environmental Research Letters*, **7** (1), 014032. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/1/014032>
148. Morello-Frosch, R., 2020: Toxic Tides: Sea Level Rise, Hazardous Sites, and Environmental Justice in California. University of California, Berkeley. <https://sites.google.com/berkeley.edu/toxictides/home>
149. OEHHA, 2021: CalEnviroScreen 4.0. California Office of Environmental Health Hazard Assessment. <https://oehha.ca.gov/calenviroscreen/report/calenviroscreen-40>

150. Keenan, J.M., T. Hill, and A. Gumber, 2018: Climate gentrification: From theory to empiricism in Miami-Dade County, Florida. *Environmental Research Letters*, **13** (5), 054001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aabb32>
151. Blackwell, E., M. Shirzaei, C. Ojha, and S. Werth, 2020: Tracking California's sinking coast from space: Implications for relative sea-level rise. *Science Advances*, **6** (31), 4551. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aba4551>
152. Fu, X., 2020: Measuring local sea-level rise adaptation and adaptive capacity: A national survey in the United States. *Cities*, **102**, 102717. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102717>
153. Moser, S.C., J.A. Finzi Hart, A.G. Newton Mann, N. Sadrpour, and P.M. Grifman, 2018: Growing Effort, Growing Challenge: Findings from the 2016 CA Coastal Adaptation Needs Assessment Survey. California's Fourth Climate Change Assessment. CCCA4-EXT-2018-009. California Natural Resources Agency. https://www.energy.ca.gov/sites/default/files/2019-12/Oceans_CCCA4-EXT-2018-009_ada.pdf
154. An Act to Amend Section 65302 of the Government Code, Relating to Land Use. Senate Bill No. 379, Chapter 608, State of California, October 8, 2015. https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billTextClient.xhtml?bill_id=201520160SB379
155. CAL OES, 2020: California Adaptation Planning Guide. California Governor's Office of Emergency Services, Mather, CA. <https://www.caloes.ca.gov/ca-adaptation-planning-guide-final-june-2020-accessible/>
156. State of California, 2015: Executive Order B-30-15: Governor Brown Establishes Most Ambitious Greenhouse Gas Reduction Target in North America. State of California, Office of the Governor, Sacramento, CA. <https://www.ca.gov/archive/gov39/2015/04/29/news18938/index.html>
157. State of California, 2019: Executive Order N-19-19: To Require the Redoubling of the State's "Efforts to Reduce Greenhouse Gas Emissions and Mitigate the Impacts of Climate Change While Building a Sustainable, Inclusive Economy". State of California, Office of the Governor. <https://www.adaptationclearinghouse.org/resources/state-of-california-executive-order-n-19-19.html>
158. California Coastal Commission, 2021: Critical Infrastructure at Risk: Sea Level Rise Planning Guidance for California's Coastal Zone. California Coastal Commission, San Francisco, CA. <https://www.coastal.ca.gov/climate/slr/vulnerability-adaptation/infrastructure/>
159. California Ocean Protection Council, 2018: State of California Sea-Level Rise Guidance 2018 Update. State of California, 84 pp. <https://www.adaptationclearinghouse.org/resources/california-sea-level-rise-guidance-2018-update.html>
160. Governor's Office of Planning and Research, 2022: The ResilientCA Adaptation Planning Map (RAP-Map). State of California, Governor's Office of Planning and Research. <https://resilientca.org/rap-map/>
161. Moser, S.C., J.A. Ekstrom, J. Kim, and S. Heitsch, 2018: Adaptation Finance Challenges: Characteristic Patterns Facing California Local Governments and Ways to Overcome Them. California's Fourth Climate Change Assessment. Publication Number: CCCA4-CNRA2018-007. California Natural Resources Agency. https://www.energy.ca.gov/sites/default/files/2019-12/governance_ccca4-cnra-2018-007_ada.pdf
162. Matthews, S.N., L.R. Iverson, M.P. Peters, and A.M. Prasad, 2018: Assessing Potential Climate Change Pressures Across the Conterminous United States: Mapping Plant Hardiness Zones, Heat Zones, Growing Degree Days, and Cumulative Drought Severity Throughout This Century. RMAP-NRS-9. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, Newtown Square, PA, 31 pp. <https://doi.org/10.2737/nrs-rmap-9>
163. Marklein, A., E. Elias, P. Nico, and K. Steenwerth, 2020: Projected temperature increases may require shifts in the growing season of cool-season crops and the growing locations of warm-season crops. *Science of The Total Environment*, **746**, 140918. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140918>
164. Jin, Y., B. Chen, B.D. Lampinen, and P.H. Brown, 2020: Advancing agricultural production with machine learning analytics: Yield determinants for California's almond orchards. *Frontiers in Plant Science*, **11**, 290. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00290>
165. Parker, L.E., N. Zhang, J.T. Abatzoglou, S.M. Ostojia, and T.B. Pathak, 2022: Observed changes in agroclimate metrics relevant for specialty crop production in California. *Agronomy*, **12** (1), 205. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010205>
166. Kral-O'Brien, K.C., P.L. O'Brien, and J.P. Harmon, 2019: Need for false spring research in the northern Great Plains, USA. *Agricultural & Environmental Letters*, **4** (1), 190025. <https://doi.org/10.2134/ael2019.07.0025>

167. Guirguis, K., A. Gershunov, D.R. Cayan, and D.W. Pierce, 2018: Heat wave probability in the changing climate of the Southwest US. *Climate Dynamics*, **50** (9–10), 3853–3864. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3850-3>
168. Ayankojo, I.T., K.R. Thorp, K. Morgan, K. Kothari, and S. Ale, 2020: Assessing the impacts of future climate on cotton production in the Arizona low desert. *Transactions of the ASABE*, **63** (4), 1087–1098. <https://doi.org/10.13031/trans.13731>
169. Pathak, T.B., M.L. Maskey, J.A. Dahlberg, F. Kearns, K.M. Bali, and D. Zaccaria, 2018: Climate change trends and impacts on California agriculture: A detailed review. *Agronomy*, **8** (3), 25. <https://doi.org/10.3390/agronomy8030025>
170. Conrad, L.M., A.G. Fernald, S.J. Guldan, and C.G. Ochoa, 2022: A water balancing act: Water balances highlight the benefits of community-based adaptive management in northern New Mexico, USA. *Hydrology*, **9** (4), 64. <https://doi.org/10.3390/hydrology9040064>
171. Duniway, M.C., A.A. Pfennigwerth, S.E. Fick, T.W. Nauman, J. Belnap, and N.N. Barger, 2019: Wind erosion and dust from US drylands: A review of causes, consequences, and solutions in a changing world. *Ecosphere*, **10** (3), e02650. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2650>
172. Finger-Higgins, R., M.C. Duniway, S. Fick, E.L. Geiger, D.L. Hoover, A.A. Pfennigwerth, M.W. Van Scoyoc, and J. Belnap, 2022: Decline in biological soil crust N-fixing lichens linked to increasing summertime temperatures. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **119** (16), e2120975119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2120975119>
173. Fassnacht, S.R., C.R. Duncan, A.K.D. Pfohl, R.W. Webb, J.E. Derry, W.E. Sanford, D.C. Reimanis, and L.G. Duskocil, 2022: Drivers of dust-enhanced snowpack melt-out and streamflow timing. *Hydrology*, **9** (3), 47. <https://doi.org/10.3390/hydrology9030047>
174. ERS, 2020: Ag and Food Statistics: Charting the Essentials. U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service. <https://www.ers.usda.gov/data-products/ag-and-food-statistics-charting-the-essentials/>
175. CDFA, 2022: California Agricultural Production Statistics. California Department of Food and Agriculture. <https://www.cdfa.ca.gov/statistics/>
176. NASS, 2022: Data and Statistics, October 2022. U.S. Department of Agriculture, National Agricultural Statistics Service. https://www.nass.usda.gov/data_and_statistics/index.php
177. Parajuli, R., G. Thoma, and M.D. Matlock, 2019: Environmental sustainability of fruit and vegetable production supply chains in the face of climate change: A review. *Science of The Total Environment*, **650**, 2863–2879. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.019>
178. Davis, K.F., S. Downs, and J.A. Gephart, 2021: Towards food supply chain resilience to environmental shocks. *Nature Food*, **2** (1), 54–65. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-00196-3>
179. Medellín-Azuara, J., A. Escriva-Bou, J.A. Abatzoglou, J.H. Viers, S.A. Cole, J.M. Rodríguez-Flores, and D.A. Sumner, 2022: Economic Impacts of the 2021 Drought on California Agriculture: Preliminary Report. University of California, Merced. https://wsm.ucmerced.edu/wp-content/uploads/2022/02/2021-Drought-Impact-Assessment_20210224.pdf
180. Monteverde, C. and F. De Sales, 2020: Impacts of global warming on southern California’s winegrape climate suitability. *Advances in Climate Change Research*, **11** (3), 279–293. <https://doi.org/10.1016/j.accre.2020.08.002>
181. Parker, L.E., A.J. McElrone, S.M. Ostoja, and E.J. Forrester, 2020: Extreme heat effects on perennial crops and strategies for sustaining future production. *Plant Science*, **295**, 110397. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110397>
182. Hanak, E., A. Escriva-Bou, B. Gray, S. Green, T. Harter, J. Jezdimirovic, J. Lund, J. Medellín-Azuara, P. Moyle, and N. Seavy, 2019: Water and the Future of the San Joaquin Valley. Public Policy Institute of California, 100 pp. <https://www.ppic.org/publication/water-and-the-future-of-the-san-joaquin-valley/>
183. Morris, J.L., S. Cottrell, C.J. Fettig, R.J. DeRose, K.M. Mattor, V.A. Carter, J. Clear, J. Clement, W.D. Hansen, J.A. Hicke, P.E. Higuera, A.W. Seddon, H. Seppä, R.L. Sherriff, J.D. Stednick, and S.J. Seybold, 2018: Bark beetles as agents of change in social–ecological systems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, **16** (S1), S34–S43. <https://doi.org/10.1002/fee.1754>

184. Standiford, R., S.L. Evans, and J. Henderson, 2020: Economic Contribution of California's Forestry and Forest-Products Sectors. Publication Number: 8670. University of California, Agriculture and Natural Resources, 17 pp. <https://anrcatalog.ucanr.edu/details.aspx?itemno=8670>
185. Ortiz-Bobea, A., E. Knippenberg, and R.G. Chambers, 2018: Growing climatic sensitivity of U.S. agriculture linked to technological change and regional specialization. *Science Advances*, **4** (12), 4343. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat4343>
186. Bae, J. and S. Dall'erba, 2018: Crop production, export of virtual water and water-saving strategies in Arizona. *Ecological Economics*, **146**, 148–156. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.10.018>
187. York, A.M., H. Eakin, J.C. Bausch, S. Smith-Heisters, J.M. Anderies, R. Aggarwal, B. Leonard, and K. Wright, 2020: Agricultural water governance in the desert: Shifting risks in central Arizona. *Water Alternatives*, **13** (2), 418–445. <https://www.water-alternatives.org/index.php/alldoc/articles/vol13/v13issue2/582-a13-2-11/file>
188. Abbott, B.W., B.K. Baxter, K. Busche, L.d. Freitas, R. Frei, T. Gomez, M.A. Karren, R.L. Buck, J. Price, S. Frutos, R.B. Sowby, J. Brahney, B.G. Hopkins, M.F. Bekker, J.S. Bekker, R. Rader, B. Brown, M. Proteau, G.T. Carling, L. Conner, P.A. Cox, E. McQuhae, C. Oscarson, D.T. Nelson, R.J. Davis, D. Horns, H. Dove, T. Bishop, A. Johnson, K. Nelson, J. Bennion, and P. Belmont, 2023: Emergency Measures Needed to Rescue Great Salt Lake from Ongoing Collapse. Brigham Young University, College of Life Sciences, Plant and Wildlife Sciences, 34 pp. <https://pws.byu.edu/great-salt-lake>
189. Reyes, J.J. and E. Elias, 2019: Spatio-temporal variation of crop loss in the United States from 2001 to 2016. *Environmental Research Letters*, **14** (7), 074017. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab1ac9>
190. Johnson, K.M. and D.T. Lichter, 2019: Rural depopulation: Growth and decline processes over the past century. *Rural Sociology*, **84** (1), 3–27. <https://doi.org/10.1111/ruso.12266>
191. Lichter, D.T., D.L. Brown, and D. Parisi, 2021: The rural–urban interface: Rural and small town growth at the metropolitan fringe. *Population, Space and Place*, **27** (3), e2415. <https://doi.org/10.1002/psp.2415>
192. Ahmed, S. and D. Jackson-Smith, 2019: Impacts of spatial patterns of rural and exurban residential development on agricultural trends in the Intermountain West. *SAGE Open*, **9** (3). <https://doi.org/10.1177/2158244019871037>
193. Park, S. and S. Deller, 2021: Effect of farm structure on rural community well-being. *Journal of Rural Studies*, **87**, 300–313. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.09.014>
194. Stahle, D.W., 2020: Anthropogenic megadrought. *Science*, **368** (6488), 238–239. <https://doi.org/10.1126/science.abb6902>
195. Havstad, K.M., J.R. Brown, R. Estell, E. Elias, A. Rango, and C. Steele, 2018: Vulnerabilities of southwestern U.S. rangeland-based animal agriculture to climate change. *Climatic Change*, **148** (3), 371–386. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1834-7>
196. Holechek, J.L., H.M.E. Geli, A.F. Cibils, and M.N. Sawalhah, 2020: Climate change, rangelands, and sustainability of ranching in the western United States. *Sustainability*, **12** (12), 4942. <https://doi.org/10.3390/su12124942>
197. Brice, E.M., B.A. Miller, H. Zhang, K. Goldstein, S.N. Zimmer, G.J. Grosklos, P. Belmont, C.G. Flint, J.E. Givens, P.B. Adler, M.W. Brunson, and J.W. Smith, 2020: Impacts of climate change on multiple use management of Bureau of Land Management land in the Intermountain West, USA. *Ecosphere*, **11** (11), e03286. <https://doi.org/10.1002/ecs2.3286>
198. Godde, C.M., D. Mason-D'Croz, D.E. Mayberry, P.K. Thornton, and M. Herrero, 2021: Impacts of climate change on the livestock food supply chain; a review of the evidence. *Global Food Security*, **28**, 100488. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100488>
199. Dinan, M., P.B. Adler, J. Bradford, M. Brunson, E. Elias, A. Felton, C. Greene, J. James, K. Suding, and E. Thacker, 2021: Making research relevant: Sharing climate change research with rangeland advisors to transform results into drought resilience. *Rangelands*, **43** (5), 185–193. <https://doi.org/10.1016/j.rala.2021.08.004>
200. Flörke, M., C. Schneider, and R.I. McDonald, 2018: Water competition between cities and agriculture driven by climate change and urban growth. *Nature Sustainability*, **1** (1), 51–58. <https://doi.org/10.1038/s41893-017-0006-8>
201. Bray, L.A., 2022: Water justice across the rural-urban interface: The making of hydrosocial territories in New Mexico's Rio Grande Valley. *Society & Natural Resources*, **35** (3), 320–337. <https://doi.org/10.1080/08941920.2022.2032893>

202. Dilling, L., J. Berggren, J. Henderson, and D. Kenney, 2019: Savior of rural landscapes or Solomon's choice? Colorado's experiment with alternative transfer methods for water (ATMs). *Water Security*, **6**, 100027. <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2019.100027>
203. Fulton, J., M. Norton, and F. Shilling, 2019: Water-indexed benefits and impacts of California almonds. *Ecological Indicators*, **96**, 711–717. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.063>
204. Reisman, E., 2019: The great almond debate: A subtle double movement in California water. *Geoforum*, **104**, 137–146. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2019.04.021>
205. Morgan, B., K. Spangler, J. Stuivenvold Allen, C.N. Morrisett, M.W. Brunson, S.-Y.S. Wang, and N. Huntly, 2021: Water availability for cannabis in Northern California: Intersections of climate, policy, and public discourse. *Water*, **13** (1), 5. <https://doi.org/10.3390/w13010005>
206. Carney, M.A. and K.C. Krause, 2020: Immigration/migration and healthy publics: The threat of food insecurity. *Palgrave Communications*, **6** (1), 93. <https://doi.org/10.1057/s41599-020-0461-0>
207. Glazebrook, T., S. Noll, and E. Opoku, 2020: Gender matters: Climate change, gender bias, and women's farming in the global South and North. *Agriculture*, **10** (7), 267. <https://doi.org/10.3390/agriculture10070267>
208. Greene, C., 2018: Broadening understandings of drought—The climate vulnerability of farmworkers and rural communities in California (USA). *Environmental Science & Policy*, **89**, 283–291. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.08.002>
209. Howard, M., S. Ahmed, P. Lachapelle, and M.B. Schure, 2020: Farmer and rancher perceptions of climate change and their relationships with mental health. *Journal of Rural Mental Health*, **44** (2), 87–95. <https://doi.org/10.1037/rmh0000131>
210. Munden-Dixon, K., K. Tate, B. Cutts, and L. Roche, 2019: An uncertain future: Climate resilience of first-generation ranchers. *The Rangeland Journal*, **41**, 189–196. <https://doi.org/10.1071/rj18023>
211. Siegner, A., J. Sowerwine, and C. Acey, 2018: Does urban agriculture improve food security? Examining the nexus of food access and distribution of urban produced foods in the United States: A systematic review. *Sustainability*, **10** (9), 2988. <https://doi.org/10.3390/su10092988>
212. Adger, W.N., J. Barnett, K. Brown, N. Marshall, and K. O'Brien, 2013: Cultural dimensions of climate change impacts and adaptation. *Nature Climate Change*, **3** (2), 112–117. <https://doi.org/10.1038/nclimate1666>
213. Hepler, M. and E.A. Kronk Warner, 2019: Learning from tribal innovations: Lessons in climate change adaptation. *Environmental Law Reporter*, **49** (11130). <https://doi.org/10.2139/ssrn.3444403>
214. Nabhan, G.P., E.C. Riordan, L. Monti, A.M. Rea, B.T. Wilder, E. Ezcurra, J.B. Mabry, J. Aronson, G.A. Barron-Gafford, J.M. García, A. Búrquez, T.E. Crews, P. Mirocha, and W.C. Hodgson, 2020: An Aridamerican model for agriculture in a hotter, water scarce world. *Plants, People, Planet*, **2** (6), 627–639. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10129>
215. Sowerwine, J., D. Sarna-Wojcicki, M. Mucioki, L. Hillman, F. Lake, and E. Friedman, 2019: Enhancing food sovereignty: A five-year collaborative Tribal-University research and extension project in California and Oregon. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, **9** (B), 167–190. <https://doi.org/10.5304/jafscd.2019.09b.013>
216. Gosnell, H., S. Charnley, and P. Stanley, 2020: Climate change mitigation as a co-benefit of regenerative ranching: Insights from Australia and the United States. *Interface Focus*, **10** (5), 20200027. <https://doi.org/10.1098/rsfs.2020.0027>
217. Shrum, T.R., W.R. Travis, T.M. Williams, and E. Lih, 2018: Managing climate risks on the ranch with limited drought information. *Climate Risk Management*, **20**, 11–26. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2018.01.002>
218. Mitchell, J.P., D.C. Reicosky, E.A. Kueneman, J. Fisher, and D. Beck, 2019: Conservation agriculture systems. *CABI Reviews*, **2019**, 1–25. <https://doi.org/10.1079/pavsnr201914001>
219. Mpanga, I.K., G. Neumann, U.K. Schuch, and J. Schalau, 2020: Sustainable agriculture practices as a driver for increased harvested cropland among large-scale growers in Arizona: A paradox for small-scale growers. *Advanced Sustainable Systems*, **4** (4), 1900143. <https://doi.org/10.1002/adsu.201900143>

220. Kelly, C., S.J. Fonte, A. Shrestha, K.M. Daane, and J.P. Mitchell, 2021: Winter cover crops and no-till promote soil macrofauna communities in irrigated, Mediterranean cropland in California, USA. *Applied Soil Ecology*, **166**, 104068. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.104068>
221. Paye, W.S., R. Ghimire, P. Acharya, A. Nilahyane, A.O. Mesbah, and M.A. Marsalis, 2022: Cover crop water use and corn silage production in semi-arid irrigated conditions. *Agricultural Water Management*, **260**, 107275. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107275>
222. Thapa, V.R., R. Ghimire, D. VanLeeuwen, V. Acosta-Martínez, and M. Shukla, 2022: Response of soil organic matter to cover cropping in water-limited environments. *Geoderma*, **406**, 115497. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115497>
223. Babin, N., C. Klier, and A. Singh, 2022: Understanding and promoting adoption of irrigation efficiency practices in Paso Robles, California vineyards: The importance of farm typology and grower sustainability networks. *Current Research in Environmental Sustainability*, **4**, 100143. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2022.100143>
224. Douglass-Gallagher, E. and D. Stuart, 2019: Crop growers' adaptive capacity to climate change: A situated study of agriculture in Arizona's Verde Valley. *Environmental Management*, **63** (1), 94–109. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1114-6>
225. Johnson, M.K., A.M. Lien, N.R. Sherman, and L. López-Hoffman, 2018: Barriers to PES programs in Indigenous communities: A lesson in land tenure insecurity from the Hopi Indian reservation. *Ecosystem Services*, **32**, 62–69. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.05.009>
226. Johnson, M.K., M.J. Rowe, A. Lien, and L. López-Hoffman, 2021: Enhancing integration of indigenous agricultural knowledge into USDA Natural Resources Conservation Service cost-share initiatives. *Journal of Soil and Water Conservation*, **76** (6), 487. <https://doi.org/10.2489/jswc.2021.00179>
227. MCDPH, 2021: Heat Reports. Maricopa County Department of Public Health, accessed August 15, 2022. <https://www.maricopa.gov/1858/heat-surveillance>
228. Putnam, H., D.M. Hondula, A. Urban, V. Berisha, P. Iñiguez, and M. Roach, 2018: It's not the heat, it's the vulnerability: Attribution of the 2016 spike in heat-associated deaths in Maricopa County, Arizona. *Environmental Research Letters*, **13** (9), 094022. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aadb44>
229. Schwarz, L., E.M. Castillo, T.C. Chan, J.J. Brennan, E.S. Sbiroli, G. Carrasco-Escobar, A. Nguyen, R.E.S. Clemesha, A. Gershunov, and T. Benmarhnia, 2022: Heat waves and emergency department visits among the homeless, San Diego, 2012–2019. *American Journal of Public Health*, **112** (1), 98–106. <https://doi.org/10.2105/ajph.2021.306557>
230. López-Carr, D., J. Vanos, A. Sánchez-Vargas, R. Vargas, and F. Castillo, 2022: Extreme heat and COVID-19: A dual burden for farmworkers. *Frontiers in Public Health*, **10**, 884152. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.884152>
231. Méndez, M., G. Flores-Haro, and L. Zucker, 2020: The (in)visible victims of disaster: Understanding the vulnerability of undocumented Latino/a and Indigenous immigrants. *Geoforum*, **116**, 50–62. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2020.07.007>
232. Mitchell, D.C., J. Castro, T.L. Armitage, A.J. Vega-Arroyo, S.C. Moyce, D.J. Tancredi, D.H. Bennett, J.H. Jones, T. Kjellstrom, and M.B. Schenker, 2017: Recruitment, methods, and descriptive results of a physiologic assessment of Latino farmworkers: The California heat illness prevention study. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, **59** (7). <https://doi.org/10.1097/jom.0000000000000988>
233. Taylor, E.V., A. Vaidyanathan, W.D. Flanders, M. Murphy, M. Spencer, and R.S. Noe, 2018: Differences in heat-related mortality by citizenship status: United States, 2005–2014. *American Journal of Public Health*, **108** (S2), S131–S136. <https://doi.org/10.2105/ajph.2017.304006>
234. Guardaro, M., D.M. Hondula, J. Ortiz, and C.L. Redman, 2022: Adaptive capacity to extreme urban heat: The dynamics of differing narratives. *Climate Risk Management*, **35**, 100415. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2022.100415>
235. Jay, O., A. Capon, P. Berry, C. Broderick, R. de Dear, G. Havenith, Y. Honda, R.S. Kovats, W. Ma, A. Malik, N.B. Morris, L. Nybo, S.I. Seneviratne, J. Vanos, and K.L. Ebi, 2021: Reducing the health effects of hot weather and heat extremes: From personal cooling strategies to green cities. *The Lancet*, **398** (10301), 709–724. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(21\)01209-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(21)01209-5)
236. CDC, 2022: National Environmental Public Health Tracking Network. Centers for Disease Control and Prevention, accessed August 20, 2022. <https://ephrtracking.cdc.gov/dataexplorer/>

237. Avalos, L.A., H. Chen, D.-K. Li, and R. Basu, 2017: The impact of high apparent temperature on spontaneous preterm delivery: A case-crossover study. *Environmental Health*, **16** (1), 5. <https://doi.org/10.1186/s12940-017-0209-5>
238. Barreca, A. and J. Schaller, 2020: The impact of high ambient temperatures on delivery timing and gestational lengths. *Nature Climate Change*, **10** (1), 77–82. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0632-4>
239. Ilango, S.D., M. Weaver, P. Sheridan, L. Schwarz, R.E.S. Clemesha, T. Bruckner, R. Basu, A. Gershunov, and T. Benmarhnia, 2020: Extreme heat episodes and risk of preterm birth in California, 2005–2013. *Environment International*, **137**, 105541. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105541>
240. Lu, C., Y. Zhang, B. Li, Z. Zhao, C. Huang, X. Zhang, H. Qian, J. Wang, W. Liu, Y. Sun, D. Norbäck, and Q. Deng, 2022: Interaction effect of prenatal and postnatal exposure to ambient air pollution and temperature on childhood asthma. *Environment International*, **167**, 107456. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107456>
241. Gershunov, A. and K. Guirguis, 2012: California heat waves in the present and future. *Geophysical Research Letters*, **39** (18). <https://doi.org/10.1029/2012gl052979>
242. EPA, 2021: Climate Change Indicators: Health and Society. U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/climate-indicators/health-society>
243. Prein, A.F., G.J. Holland, R.M. Rasmussen, M.P. Clark, and M.R. Tye, 2016: Running dry: The U.S. Southwest’s drift into a drier climate state. *Geophysical Research Letters*, **43** (3), 1272–1279. <https://doi.org/10.1002/2015gl066727>
244. Achakulwisut, P., S.C. Anenberg, J.E. Neumann, S.L. Penn, N. Weiss, A. Crimmins, N. Fann, J. Martinich, H. Roman, and L.J. Mickley, 2019: Effects of increasing aridity on ambient dust and public health in the U.S. Southwest under climate change. *GeoHealth*, **3** (5), 127–144. <https://doi.org/10.1029/2019gh000187>
245. McCotter, O.Z., K. Benedict, D.M. Engelthaler, K. Komatsu, K.D. Lucas, J.C. Mohle-Boetani, H. Oltean, D. Vugia, T.M. Chiller, G.L. Sondermeyer Cooksey, A. Nguyen, C.C. Roe, C. Wheeler, and R. Sunenshine, 2019: Update on the Epidemiology of coccidioidomycosis in the United States. *Medical Mycology*, **57** (Supplement_1), S30–S40. <https://doi.org/10.1093/mmy/myy095>
246. Gorris, M.E., L.A. Cat, C.S. Zender, K.K. Treseder, and J.T. Randerson, 2018: Coccidioidomycosis dynamics in relation to climate in the southwestern United States. *GeoHealth*, **2** (1), 6–24. <https://doi.org/10.1002/2017gh000095>
247. Head, J.R., G. Sondermeyer-Cooksey, A.K. Heaney, A.T. Yu, I. Jones, A. Bhattachan, S.K. Campo, R. Wagner, W. Mgbara, S. Phillips, N. Keeney, J. Taylor, E. Eisen, D.P. Lettenmaier, A. Hubbard, G.S. Okin, D.J. Vugia, S. Jain, and J.V. Remais, 2022: Effects of precipitation, heat, and drought on incidence and expansion of coccidioidomycosis in western USA: A longitudinal surveillance study. *The Lancet Planetary Health*, **6** (10), e793–e803. [https://doi.org/10.1016/s2542-5196\(22\)00202-9](https://doi.org/10.1016/s2542-5196(22)00202-9)
248. Gorris, M.E., J.E. Neumann, P.L. Kinney, M. Sheahan, and M.C. Sarofim, 2021: Economic valuation of coccidioidomycosis (Valley fever) projections in the United States in response to climate change. *Weather, Climate, and Society*, **13** (1), 107–123. <https://doi.org/10.1175/wcas-d-20-0036.1>
249. Graff Zivin, J. and M. Neidell, 2014: Temperature and the allocation of time: Implications for climate change. *Journal of Labor Economics*, **32** (1), 1–26. <https://doi.org/10.1086/671766>
250. Vanos, J., S. Moyce, B. Lemke, and T. Kjellstrom, 2021: Ch. 10. Extreme heat exposure and occupational health in a changing climate. In: *Extreme Events and Climate Change: A Multidisciplinary Approach*. Castillo, F., M. Wehner, and D.A. Stone, Eds. Wiley, 147–166. <https://doi.org/10.1002/9781119413738.ch10>
251. Zhang, Y. and D.T. Shindell, 2021: Costs from labor losses due to extreme heat in the USA attributable to climate change. *Climatic Change*, **164** (3), 35. <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03014-2>
252. Castillo, F., A.M. Mora, G.L. Kayser, J. Vanos, C. Hyland, A.R. Yang, and B. Eskenazi, 2021: Environmental health threats to Latino migrant farmworkers. *Annual Review of Public Health*, **42** (1), 257–276. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-012420-105014>
253. Stevens, A.W., 2017: Temperature, Wages, and Agricultural Labor Productivity. University of California, Berkeley. https://www.econ.iastate.edu/files/events/files/stevens_jmp_jan16.pdf
254. Moyce, S., J. Joseph, D. Tancredi, D. Mitchell, and M. Schenker, 2016: Cumulative incidence of acute kidney injury in California’s agricultural workers. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, **58** (4). <https://doi.org/10.1097/jom.0000000000000668>

255. Wesseling, C., J. Glaser, J. Rodríguez-Guzmán, I. Weiss, R. Lucas, S. Peraza, A. Soares da Silva, E. Hansson, R.J. Johnson, C. Hogstedt, D.H. Wegman, and K. Jakobsson, 2020: Chronic kidney disease of non-traditional origin in Mesoamerica: A disease primarily driven by occupational heat stress. *Pan American Journal of Public Health*, **44**, 15. <https://doi.org/10.26633/rpsp.2020.15>
256. Foster, J., J.W. Smallcombe, S. Hodder, O. Jay, A.D. Flouris, and G. Havenith, 2022: Quantifying the impact of heat on human physical work capacity; Part II: The observed interaction of air velocity with temperature, humidity, sweat rate, and clothing is not captured by most heat stress indices. *International Journal of Biometeorology*, **66** (3), 507–520. <https://doi.org/10.1007/s00484-021-02212-y>
257. Foster, J., J.W. Smallcombe, S. Hodder, O. Jay, A.D. Flouris, L. Nybo, and G. Havenith, 2021: An advanced empirical model for quantifying the impact of heat and climate change on human physical work capacity. *International Journal of Biometeorology*, **65** (7), 1215–1229. <https://doi.org/10.1007/s00484-021-02105-0>
258. Foster, J., J.W. Smallcombe, S. Hodder, O. Jay, A.D. Flouris, L. Nybo, and G. Havenith, 2022: Quantifying the impact of heat on human physical work capacity; Part III: The impact of solar radiation varies with air temperature, humidity, and clothing coverage. *International Journal of Biometeorology*, **66** (1), 175–188. <https://doi.org/10.1007/s00484-021-02205-x>
259. Smallcombe, J.W., J. Foster, S.G. Hodder, O. Jay, A.D. Flouris, and G. Havenith, 2022: Quantifying the impact of heat on human physical work capacity; part IV: Interactions between work duration and heat stress severity. *International Journal of Biometeorology*, **66** (12), 2463–2476. <https://doi.org/10.1007/s00484-022-02370-7>
260. Colmer, J., I. Hardman, J. Shimshack, and J. Voorheis, 2020: Disparities in PM_{2.5} air pollution in the United States. *Science*, **369** (6503), 575–578. <https://doi.org/10.1126/science.aaz9353>
261. Liang, Y., D. Sengupta, M.J. Campmier, D.M. Lunderberg, J.S. Apte, and A.H. Goldstein, 2021: Wildfire smoke impacts on indoor air quality assessed using crowdsourced data in California. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **118** (36), e2106478118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2106478118>
262. Navarro, K.M., R. Cisneros, D. Schweizer, P. Chowdhary, E.M. Noth, J.R. Balmes, and S.K. Hammond, 2019: Incident command post exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and particulate matter during a wildfire. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, **16** (11), 735–744. <https://doi.org/10.1080/15459624.2019.1657579>
263. Fann, N., B. Alman, R.A. Broome, G.G. Morgan, F.H. Johnston, G. Pouliot, and A.G. Rappold, 2018: The health impacts and economic value of wildland fire episodes in the U.S.: 2008–2012. *Science of The Total Environment*, **610–611**, 802–809. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.024>
264. Yang, X., Y. Yu, S. Shirowzhan, S. sepasgozar, and H. Li, 2020: Automated PPE-tool pair check system for construction safety using smart IoT. *Journal of Building Engineering*, **32**, 101721. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101721>
265. Aguilera, R., T. Corringham, A. Gershunov, and T. Benmarhnia, 2021: Wildfire smoke impacts respiratory health more than fine particles from other sources: Observational evidence from Southern California. *Nature Communications*, **12** (1), 1493. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21708-0>
266. Jaffe, D.A., S.M. O'Neill, N.K. Larkin, A.L. Holder, D.L. Peterson, J.E. Halofsky, and A.G. Rappold, 2020: Wildfire and prescribed burning impacts on air quality in the United States. *Journal of the Air & Waste Management Association*, **70** (6), 583–615. <https://doi.org/10.1080/10962247.2020.1749731>
267. Grant, E. and J.D. Runkle, 2022: Long-term health effects of wildfire exposure: A scoping review. *The Journal of Climate Change and Health*, **6**, 100110. <https://doi.org/10.1016/j.jocl.2021.100110>
268. Silveira, S., M. Kornbluh, M.C. Withers, G. Grennan, V. Ramanathan, and J. Mishra, 2021: Chronic mental health sequelae of climate change extremes: A case study of the deadliest Californian wildfire. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **18** (4), 1487. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041487>
269. Proctor, C.R., J. Lee, D. Yu, A.D. Shah, and A.J. Whelton, 2020: Wildfire caused widespread drinking water distribution network contamination. *AWWA Water Science*, **2** (4), e1183. <https://doi.org/10.1002/aws2.1183>
270. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2020: *Implications of the California Wildfires for Health, Communities, and Preparedness: Proceedings of a Workshop*. The National Academies Press, Washington, DC. <https://doi.org/10.17226/25622>

271. Dong, L., L.R. Leung, J. Lu, and Y. Gao, 2019: Contributions of extreme and non-extreme precipitation to California precipitation seasonality changes under warming. *Geophysical Research Letters*, **46** (22), 13470–13478. <https://doi.org/10.1029/2019gl084225>
272. Huang, X. and D.L. Swain, 2022: Climate change is increasing the risk of a California megaflood. *Science Advances*, **8** (32), 0995. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abq0995>
273. Semenza, J.C., J. Rocklöv, and K.L. Ebi, 2022: Climate change and cascading risks from infectious disease. *Infectious Diseases and Therapy*, **11** (4), 1371–1390. <https://doi.org/10.1007/s40121-022-00647-3>
274. NCEZID, 2023: 2022 Provisional Human Data. Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Emerging and Zoonotic Infectious Diseases, accessed April 3, 2023. https://wwwn.cdc.gov/arbovet/maps/adb_diseases_map/index.html
275. CA DWR, 2022: Central Valley Flood Protection Plan Update 2022. State of California, Natural Resources Agency, Department of Water Resources. https://water.ca.gov/-/media/dwr-website/web-pages/programs/flood-management/flood-planning-and-studies/central-valley-flood-protection-plan/files/cvfpp-updates/2022/central_valley_flood_protection_plan_update_2022_adopted.pdf
276. Gorris, M.E., A.W. Bartlow, S.D. Temple, D. Romero-Alvarez, D.P. Shutt, J.M. Fair, K.A. Kaufeld, S.Y. Del Valle, and C.A. Manore, 2021: Updated distribution maps of predominant *Culex* mosquitoes across the Americas. *Parasites & Vectors*, **14** (1), 547. <https://doi.org/10.1186/s13071-021-05051-3>
277. Méndez, M., 2022: Behind the bougainvillea curtain: Wildfires and inequality. *Issues in Science and Technology*, **38** (2), 84–90. <https://www.preventionweb.net/publication/behind-bougainvillea-curtain-wildfires-and-inequality>
278. CBP, 2020: Southwest Border Migration FY 2020. U.S. Customs and Border Protection. <https://www.cbp.gov/newsroom/stats/sw-border-migration-fy2020>
279. WFP, 2017: Food Security and Emigration: Why People Flee and the Impact on Family Members Left Behind in El Salvador, Guatemala, and Honduras. United Nations World Food Programme. <https://docs.wfp.org/api/documents/wfp-0000019632/download/>
280. Bradatan, C., J.A. Dennis, N. Flores-Yeffal, and S. Swain, 2020: Child health, household environment, temperature and rainfall anomalies in Honduras: A socio-climate data linked analysis. *Environmental Health*, **19** (1), 10. <https://doi.org/10.1186/s12940-020-0560-9>
281. U.S. Census Bureau, 2021: Community Resilience Estimates: Thematic Risk Factor (RF). U.S. Department of Commerce, U.S. Census Bureau. <https://experience.arcgis.com/experience/b0341fa9b237456c9a9f1758c15cde8d/>
282. U.S. Census Bureau, 2023: Selected Population Profile in the United States—2021: ACS 1-Year Estimates Selected Population Profiles. U.S. Department of Commerce, U.S. Census Bureau, accessed April 3, 2023. <https://data.census.gov/table?q=united+states&t=716:720:721:722&g=040xx00us04,06,08,32,35,49&y=2021>
283. Schwerdtle, P., K. Bowen, and C. McMichael, 2018: The health impacts of climate-related migration. *BMC Medicine*, **16** (1), 1. <https://doi.org/10.1186/s12916-017-0981-7>
284. White-Newsome, J., S. McCormick, N. Sampson, M. Buxton, M. O'Neill, C. Gronlund, L. Catalano, K. Conlon, and E. Parker, 2014: Strategies to reduce the harmful effects of extreme heat events: A four-city study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **11** (2), 1960–1988. <https://doi.org/10.3390/ijerph110201960>
285. NCEH, 2015: CDC's Building Resilience Against Climate Effects (BRACE) Framework. Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Environmental Health. <https://www.cdc.gov/climateandhealth/brace.htm>
286. Shortridge, A., W. Walker Vi, D.D. White, M.M. Guardaro, D.M. Hondula, and J.K. Vanos, 2022: HeatReady schools: A novel approach to enhance adaptive capacity to heat through school community experiences, risks, and perceptions. *Climate Risk Management*, **36**, 100437. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2022.100437>
287. ADHS, 2021: Managing Extreme Heat Recommendations for Schools: Pilot Version. Arizona Department of Health Services, Phoenix, AZ. <https://www.azdhs.gov/documents/preparedness/epidemiology-disease-control/extreme-weather/heat/managing-extreme-heat-recommendations-for-schools.pdf>
288. NCEH, 2020: Preparing for the Regional Health Impacts of Climate Change in the United States: A Summary of Health Effects, Resources, and Adaptation Examples from Health Departments Funded by CDC's Climate and Health Program. Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Environmental Health. <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/99147>

289. Rosenthal, N., T. Benmarhnia, R. Ahmadov, E. James, and M.E. Marlier, 2022: Population co-exposure to extreme heat and wildfire smoke pollution in California during 2020. *Environmental Research: Climate*, **1** (2), 025004. <https://doi.org/10.1088/2752-5295/ac860e>
290. Stowell, J.D., C.-E. Yang, J.S. Fu, N.C. Scovronick, M.J. Strickland, and Y. Liu, 2022: Asthma exacerbation due to climate change-induced wildfire smoke in the western US. *Environmental Research Letters*, **17** (1), 014023. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac4138>
291. The World Bank, 2021: Enabling Private Investment in Climate Adaptation & Resilience. World Bank Group. <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/127de8c7-d367-59ac-9e54-27ee52c744aa/content>
292. CDI, 2023: Climate Risk Carbon Initiative. California Department of Insurance. <https://www.insurance.ca.gov/0250-insurers/0300-insurers/0100-applications/ci/>
293. Margolis, E.Q., C.H. Guiterman, R.D. Chavardès, J.D. Coop, K. Copes-Gerbitz, D.A. Dawe, D.A. Falk, J.D. Johnston, E. Larson, H. Li, J.M. Marschall, C.E. Naficy, A.T. Naito, M.-A. Parisien, S.A. Parks, J. Portier, H.M. Poulos, K.M. Robertson, J.H. Speer, M. Stambaugh, T.W. Swetnam, A.J. Tepley, I. Thapa, C.D. Allen, Y. Bergeron, L.D. Daniels, P.Z. Fulé, D. Gervais, M.P. Girardin, G.L. Harley, J.E. Harvey, K.M. Hoffman, J.M. Huffman, M.D. Hurteau, L.B. Johnson, C.W. Lafon, M.K. Lopez, R.S. Maxwell, J. Meunier, M. North, M.T. Rother, M.R. Schmidt, R.L. Sherriff, L.A. Stachowiak, A. Taylor, E.J. Taylor, V. Trouet, M.L. Villarreal, L.L. Yocom, K.B. Arabas, A.H. Arizpe, D. Arseneault, A.A. Tarancón, C. Baisan, E. Bigio, F. Biondi, G.D. Cahalan, A. Caprio, J. Cerano-Paredes, B.M. Collins, D.C. Dey, I. Drobyshev, C. Farris, M.A. Fenwick, W. Flatley, M.L. Floyd, Z.e. Gedalof, A. Holz, L.F. Howard, D.W. Huffman, J. Iniguez, K.F. Kipfmüller, S.G. Kitchen, K. Lombardo, D. McKenzie, A.G. Merschel, K.L. Metlen, J. Minor, C.D. O'Connor, L. Platt, W.J. Platt, T. Saladyga, A.B. Stan, S. Stephens, C. Sutheimer, R. Touchan, and P.J. Weisberg, 2022: The North American tree-ring fire-scar network. *Ecosphere*, **13** (7), e4159. <https://doi.org/10.1002/ecs2.4159>
294. Guiterman, C.H., R.M. Gregg, L.A.E. Marshall, J.J. Beckmann, P.J. van Mantgem, D.A. Falk, J.E. Keeley, A.C. Caprio, J.D. Coop, P.J. Fornwalt, C. Haffey, R.K. Haggmann, S.T. Jackson, A.M. Lynch, E.Q. Margolis, C. Marks, M.D. Meyer, H. Safford, A.D. Syphard, A. Taylor, C. Wilcox, D. Carril, C.A.F. Enquist, D. Huffman, J. Iniguez, N.A. Molinari, C. Restaino, and J.T. Stevens, 2022: Vegetation type conversion in the US Southwest: Frontline observations and management responses. *Fire Ecology*, **18** (1), 6. <https://doi.org/10.1186/s42408-022-00131-w>
295. Haggmann, R.K., P.F. Hessburg, S.J. Prichard, N.A. Povak, P.M. Brown, P.Z. Fulé, R.E. Keane, E.E. Knapp, J.M. Lydersen, K.L. Metlen, M.J. Reilly, A.J. Sánchez Meador, S.L. Stephens, J.T. Stevens, A.H. Taylor, L.L. Yocom, M.A. Battaglia, D.J. Churchill, L.D. Daniels, D.A. Falk, P. Henson, J.D. Johnston, M.A. Krawchuk, C.R. Levine, G.W. Meigs, A.G. Merschel, M.P. North, H.D. Safford, T.W. Swetnam, and A.E.M. Waltz, 2021: Evidence for widespread changes in the structure, composition, and fire regimes of western North American forests. *Ecological Applications*, **31** (8), e02431. <https://doi.org/10.1002/eap.2431>
296. Lake, F.K., J. Parrotta, C.P. Giardina, I. Davidson-Hunt, and Y. Uprety, 2018: Ch. 12. Integration of Traditional and Western knowledge in forest landscape restoration. In: *Forest Landscape Restoration: Integrated Approaches to Support Effective Implementation*. Mansourian, S. and J. Parrotta, Eds. Routledge, New York, 198–226. <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/57158>
297. Collins, L., H. Clarke, M.F. Clarke, S.C. McColl Gausden, R.H. Nolan, T. Penman, and R. Bradstock, 2022: Warmer and drier conditions have increased the potential for large and severe fire seasons across south-eastern Australia. *Global Ecology and Biogeography*, **31** (10), 1933–1948. <https://doi.org/10.1111/geb.13514>
298. Coop, J.D., S.A. Parks, C.S. Stevens-Rumann, S.D. Crausbay, P.E. Higuera, M.D. Hurteau, A. Tepley, E. Whitman, T. Assal, B.M. Collins, K.T. Davis, S. Dobrowski, D.A. Falk, P.J. Fornwalt, P.Z. Fulé, B.J. Harvey, V.R. Kane, C.E. Littlefield, E.Q. Margolis, M. North, M.-A. Parisien, S. Prichard, and K.C. Rodman, 2020: Wildfire-driven forest conversion in western North American landscapes. *BioScience*, **70** (8), 659–673. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa061>
299. North, M.P., R.E. Tompkins, A.A. Bernal, B.M. Collins, S.L. Stephens, and R.A. York, 2022: Operational resilience in western US frequent-fire forests. *Forest Ecology and Management*, **507**, 120004. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.120004>
300. Prichard, S.J., P.F. Hessburg, R.K. Haggmann, N.A. Povak, S.Z. Dobrowski, M.D. Hurteau, V.R. Kane, R.E. Keane, L.N. Kobziar, C.A. Kolden, M. North, S.A. Parks, H.D. Safford, J.T. Stevens, L.L. Yocom, D.J. Churchill, R.W. Gray, D.W. Huffman, F.K. Lake, and P. Khatri-Chhetri, 2021: Adapting western North American forests to climate change and wildfires: 10 common questions. *Ecological Applications*, **31** (8), e02433. <https://doi.org/10.1002/eap.2433>

301. MacDonald, G., T. Wall, C.A.F. Enquist, S.R. LeRoy, J.B. Bradford, D.D. Breshears, T. Brown, D. Cayan, C. Dong, D.A. Falk, E. Fleishman, A. Gershunov, M. Hunter, R.A. Loehman, P.J. van Mantgem, B.R. Middleton, H.D. Safford, M.W. Schwartz, and V. Trouet, 2023: Drivers of California's changing wildfires: A state-of-the-knowledge synthesis. *International Journal of Wildland Fire*, **32** (7), 1039–1058. <https://doi.org/10.1071/WF22155>
302. Westerling, A.L., 2016: Increasing western US forest wildfire activity: Sensitivity to changes in the timing of spring. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, **371** (1696), 20150178. <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0178>
303. Westerling, A.L., H.G. Hidalgo, D.R. Cayan, and T.W. Swetnam, 2006: Warming and earlier spring increase western U.S. forest wildfire activity. *Science*, **313** (5789), 940–943. <https://doi.org/10.1126/science.1128834>
304. CalFire, 2021: Top 20 Deadliest California Wildfires. California Department of Forestry and Fire Protection. <https://www.fire.ca.gov/our-impact/statistics>
305. NICC, 2021: Wildland Fire Summary and Statistics Annual Report 2020. National Interagency Coordination Center. <https://www.predictiveservices.nifc.gov/intelligence/intelligence.htm>
306. NICC, 2022: Wildland Fire Summary and Statistics Annual Report 2021. National Interagency Coordination Center. <https://www.predictiveservices.nifc.gov/intelligence/intelligence.htm>
307. Stinnesbeck, J., 2020: Wildfires in Nevada: An Overview. Legislative Counsel Bureau, Research Division, 5 pp. <https://www.leg.state.nv.us/division/research/documents/wildfires-in-nevada-2020-final.pdf>
308. Li, Z., J.P. Angerer, and X.B. Wu, 2021: Temporal patterns of large wildfires and their burn severity in rangelands of western United States. *Geophysical Research Letters*, **48** (7), e2020GL091636. <https://doi.org/10.1029/2020GL091636>
309. Archer, D., D. Toledo, D.M. Blumenthal, J. Derner, C. Boyd, K. Davies, E. Hamerlynck, R. Sheley, P. Clark, S. Hardegree, F. Pierson, C. Clements, B. Newingham, B. Rector, J. Gaskin, C.L. Wonkka, K. Jensen, T. Monaco, L.T. Vermeire, and S.L. Young, 2023: Invasive annual grasses—Reenvisioning approaches in a changing climate. *Journal of Soil and Water Conservation*, **78** (2), 95–103. <https://doi.org/10.2489/jswc.2023.00074>
310. Singleton, M.P., A.E. Thode, A.J. Sánchez Meador, and J.M. Iniguez, 2019: Increasing trends in high-severity fire in the southwestern USA from 1984 to 2015. *Forest Ecology and Management*, **433**, 709–719. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.11.039>
311. Haffey, C., T.D. Sisk, C.D. Allen, A.E. Thode, and E.Q. Margolis, 2018: Limits to ponderosa pine regeneration following large high-severity forest fires in the United States Southwest. *Fire Ecology*, **14** (1), 143–163. <https://doi.org/10.4996/fireecology.140114316>
312. Webb, A.D., D.A. Falk, and D.M. Finch, 2019: Fire Ecology and Management in Lowland Riparian Ecosystems of the Southwestern United States and Northern Mexico. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-401. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, CO, 132 pp. <https://www.fs.usda.gov/research/treesearch/59156>
313. Davis, K.T., S.Z. Dobrowski, P.E. Higuera, Z.A. Holden, T.T. Veblen, M.T. Rother, S.A. Parks, A. Sala, and M.P. Maneta, 2019: Wildfires and climate change push low-elevation forests across a critical climate threshold for tree regeneration. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **116** (13), 6193–6198. <https://doi.org/10.1073/pnas.1815107116>
314. O'Connor, R.C., M.J. Germino, D.M. Barnard, C.M. Andrews, J.B. Bradford, D.S. Pilliod, R.S. Arkle, and R.K. Shriver, 2020: Small-scale water deficits after wildfires create long-lasting ecological impacts. *Environmental Research Letters*, **15** (4), 044001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab79e4>
315. Rodman, K.C., T.T. Veblen, M.A. Battaglia, M.E. Chambers, P.J. Fornwalt, Z.A. Holden, T.E. Kolb, J.R. Ouzts, and M.T. Rother, 2020: A changing climate is snuffing out post-fire recovery in montane forests. *Global Ecology and Biogeography*, **29** (11), 2039–2051. <https://doi.org/10.1111/geb.13174>
316. Parks, S.A., S.Z. Dobrowski, J.D. Shaw, and C. Miller, 2019: Living on the edge: Trailing edge forests at risk of fire-facilitated conversion to non-forest. *Ecosphere*, **10** (3), e02651. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2651>
317. Halofsky, J.E., D.L. Peterson, and B.J. Harvey, 2020: Changing wildfire, changing forests: The effects of climate change on fire regimes and vegetation in the Pacific Northwest, USA. *Fire Ecology*, **16** (1), 4. <https://doi.org/10.1186/s42408-019-0062-8>

318. Keeley, J.E. and A.D. Syphard, 2019: Twenty-first century California, USA, wildfires: Fuel-dominated vs. wind-dominated fires. *Fire Ecology*, **15** (1), 24. <https://doi.org/10.1186/s42408-019-0041-0>
319. Loehman, R.A., R.E. Keane, and L.M. Holsinger, 2020: Simulation modeling of complex climate, wildfire, and vegetation dynamics to address wicked problems in land management. *Frontiers in Forests and Global Change*, **3**, 3. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2020.00003>
320. Stevens-Rumann, C.S., K.B. Kemp, P.E. Higuera, B.J. Harvey, M.T. Rother, D.C. Donato, P. Morgan, and T.T. Veblen, 2018: Evidence for declining forest resilience to wildfires under climate change. *Ecology Letters*, **21** (2), 243–252. <https://doi.org/10.1111/ele.12889>
321. Stevens-Rumann, C.S. and P. Morgan, 2019: Tree regeneration following wildfires in the western US: A review. *Fire Ecology*, **15** (1), 15. <https://doi.org/10.1186/s42408-019-0032-1>
322. Turner, M.G., K.H. Braziunas, W.D. Hansen, and B.J. Harvey, 2019: Short-interval severe fire erodes the resilience of subalpine lodgepole pine forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **116** (23), 11319–11328. <https://doi.org/10.1073/pnas.1902841116>
323. Doherty, K., D.M. Theobald, J.B. Bradford, L.A. Wiechman, G. Bedrosian, C.S. Boyd, M. Cahill, P.S. Coates, M.K. Creutzburg, M.R. Crist, S.P. Finn, A.V. Kumar, C.E. Littlefield, J.D. Maestas, K.L. Prentice, B.G. Prochazka, T.E. Remington, W.D. Sparklin, J.C. Tull, Z. Wurtzebach, and K.A. Zeller, 2022: A Sagebrush Conservation Design to Proactively Restore America's Sagebrush Biome. Open-File Report 2022–1081. U.S. Geological Survey. <https://www.usgs.gov/publications/a-sagebrush-conservation-design-proactively-restore-americas-sagebrush-biome>
324. Shinneman, D.J., E.K. Strand, M. Pellant, J.T. Abatzoglou, M.W. Brunson, N.F. Glenn, J.A. Heinrichs, M. Sadegh, and N.M. Vaillant, 2023: Future direction of fuels management in sagebrush rangelands. *Rangeland Ecology & Management*, **86**, 50–63. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2022.10.009>
325. Felton, A.J., R.K. Shriver, M. Stenkovski, J.B. Bradford, K.N. Suding, and P.B. Adler, 2022: Climate disequilibrium dominates uncertainty in long-term projections of primary productivity. *Ecology Letters*, **25** (12), 2688–2698. <https://doi.org/10.1111/ele.14132>
326. Ellis, T.M., D.M.J.S. Bowman, P. Jain, M.D. Flannigan, and G.J. Williamson, 2022: Global increase in wildfire risk due to climate-driven declines in fuel moisture. *Global Change Biology*, **28** (4), 1544–1559. <https://doi.org/10.1111/gcb.16006>
327. Haynes, K., K. Short, G. Xanthopoulos, D. Viegas, L.M. Ribeiro, and R. Blanchi, 2020: Wildfires and WUI fire fatalities. In: *Encyclopedia of Wildfires and Wildland–Urban Interface (WUI) Fires*. Manzello, S.L., Ed. Springer, Cham, Switzerland, 1–16. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51727-8_92-1
328. Schwarz, L., A. Dimitrova, R. Aguilera, R. Basu, A. Gershunov, and T. Benmarhnia, 2022: Smoke and COVID-19 case fatality ratios during California wildfires. *Environmental Research Letters*, **17** (1), 014054. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac4538>
329. Tiwari, B., B. Ajmera, A. Gonzalez, and H. Sonbol, 2020: Impact of wildfire on triggering mudslides—A case study of 2018 Montecito debris flows. In: *Geo-Congress 2020: Engineering, Monitoring, and Management of Geotechnical Infrastructure*. Hambleton, J.P., R. Makhnenko, and A.S. Budge, Eds. American Society of Civil Engineers, Reston, VA, 40–49. <https://doi.org/10.1061/9780784482797.005>
330. Murray, A.T., L. Carvalho, R.L. Church, C. Jones, D. Roberts, J. Xu, K. Zigner, and D. Nash, 2021: Coastal vulnerability under extreme weather. *Applied Spatial Analysis and Policy*, **14** (3), 497–523. <https://doi.org/10.1007/s12061-020-09357-0>
331. Radeloff, V.C., D.P. Helmers, H.A. Kramer, M.H. Mockrin, P.M. Alexandre, A. Bar-Massada, V. Butsic, T.J. Hawbaker, S. Martinuzzi, A.D. Syphard, and S.I. Stewart, 2018: Rapid growth of the US wildland-urban interface raises wildfire risk. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **115** (13), 3314–3319. <https://doi.org/10.1073/pnas.1718850115>
332. Rao, K., A.P. Williams, N.S. Diffenbaugh, M. Yebra, and A.G. Konings, 2022: Plant-water sensitivity regulates wildfire vulnerability. *Nature Ecology & Evolution*, **6** (3), 332–339. <https://doi.org/10.1038/s41559-021-01654-2>
333. Zhuang, Y., R. Fu, B.D. Santer, R.E. Dickinson, and A. Hall, 2021: Quantifying contributions of natural variability and anthropogenic forcings on increased fire weather risk over the western United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **118** (45), e2111875118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2111875118>

334. Winkler, R.L. and M.D. Rouleau, 2021: Amenities or disamenities? Estimating the impacts of extreme heat and wildfire on domestic US migration. *Population and Environment*, **42** (4), 622–648. <https://doi.org/10.1007/s11111-020-00364-4>
335. Sharygin, E., 2021: Ch. 3. Estimating migration impacts of wildfire: California's 2017 North Bay fires. In: *The Demography of Disasters: Impacts for Population and Place*. Karácsonyi, D., A. Taylor, and D. Bird, Eds. Springer, Cham, Switzerland, 49–70. https://doi.org/10.1007/978-3-030-49920-4_3
336. Baijnath-Rodino, J.A., M. Kumar, M. Rivera, K.D. Tran, and T. Banerjee, 2021: How vulnerable are American states to wildfires? A livelihood vulnerability assessment. *Fire*, **4** (3), 54. <https://doi.org/10.3390/fire4030054>
337. Goldsmith, L., V. Raditz, and M. Méndez, 2022: Queer and present danger: Understanding the disparate impacts of disasters on LGBTQ+ communities. *Disasters*, **46** (4), 946–973. <https://doi.org/10.1111/disa.12509>
338. Davies, I.P., R.D. Haugo, J.C. Robertson, and P.S. Levin, 2018: The unequal vulnerability of communities of color to wildfire. *PLoS ONE*, **13** (11), 0205825. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205825>
339. Engelman, A., L. Craig, and A. Iles, 2022: Global disability justice in climate disasters: Mobilizing people with disabilities as change agents. *Health Affairs*, **41** (10), 1496–1504. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2022.00474>
340. Madhusoodanan, J., 2021: Wildfires pose a burning problem for wines and winemakers. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **118** (34), e2113327118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2113327118>
341. Cartier, E.A. and L.L. Taylor, 2020: Living in a wildfire: The relationship between crisis management and community resilience in a tourism-based destination. *Tourism Management Perspectives*, **34**, 100635. <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2020.100635>
342. Kim, M.-K. and P.M. Jakus, 2019: Wildfire, national park visitation, and changes in regional economic activity. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, **26**, 34–42. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2019.03.007>
343. Dillis, C., V. Butsic, D. Moanga, P. Parker-Shames, A. Wartenberg, and T.E. Grantham, 2022: The threat of wildfire is unique to cannabis among agricultural sectors in California. *Ecosphere*, **13** (9), e4205. <https://doi.org/10.1002/ecs2.4205>
344. Crews, P., P. Dorenbach, G. Amberchan, R.F. Keiffer, I. Lizama-Chamu, T.C. Ruthenburg, E.P. McCauley, and G. McGourty, 2022: Natural product phenolic diglycosides created from wildfires, defining their impact on California and Oregon grapes and wines. *Journal of Natural Products*, **85** (3), 547–561. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.2c00028>
345. Rhoades, C.C., J.P. Nunes, U. Silins, and S.H. Doerr, 2019: The influence of wildfire on water quality and watershed processes: New insights and remaining challenges. *International Journal of Wildland Fire*, **28** (10), 721–725. https://doi.org/10.1071/wfv28n10_fo
346. Carbone, L.M., J. Tavella, J.G. Pausas, and R. Aguilar, 2019: A global synthesis of fire effects on pollinators. *Global Ecology and Biogeography*, **28** (10), 1487–1498. <https://doi.org/10.1111/geb.12939>
347. O'Hara, K.C., J. Ranches, L.M. Roche, T.K. Schohr, R.C. Busch, and G.U. Maier, 2021: Impacts from wildfires on livestock health and production: Producer perspectives. *Animals*, **11** (11), 3230. <https://doi.org/10.3390/ani1113230>
348. Gellman, J., M. Walls, and M. Wibbenmeyer, 2022: Wildfire, smoke, and outdoor recreation in the western United States. *Forest Policy and Economics*, **134**, 102619. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102619>
349. Vukomanovic, J. and T. Steelman, 2019: A systematic review of relationships between mountain wildfire and ecosystem services. *Landscape Ecology*, **34** (5), 1179–1194. <https://doi.org/10.1007/s10980-019-00832-9>
350. Hohner, A.K., C.C. Rhoades, P. Wilkerson, and F.L. Rosario-Ortiz, 2019: Wildfires alter forest watersheds and threaten drinking water quality. *Accounts of Chemical Research*, **52** (5), 1234–1244. <https://doi.org/10.1021/acs.accounts.8b00670>
351. Schulze, S.S., E.C. Fischer, S. Hamideh, and H. Mahmoud, 2020: Wildfire impacts on schools and hospitals following the 2018 California Camp Fire. *Natural Hazards*, **104** (1), 901–925. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04197-0>
352. Robinne, F.-N., D.W. Hallema, K.D. Bladon, M.D. Flannigan, G. Boisramé, C.M. Bréthaut, S.H. Doerr, G. Di Baldassarre, L.A. Gallagher, A.K. Hohner, S.J. Khan, A.M. Kinoshita, R. Mordecai, J.P. Nunes, P. Nyman, C. Santín, G. Sheridan, C.R. Stoof, M.P. Thompson, J.M. Waddington, and Y. Wei, 2021: Scientists' warning on extreme wildfire risks to water supply. *Hydrological Processes*, **35** (5), e14086. <https://doi.org/10.1002/hyp.14086>

353. Juliano, T.W., P.A. Jiménez, B. Kosović, T. Eidhammer, G. Thompson, L.K. Berg, J. Fast, A. Motley, and A. Polidori, 2022: Smoke from 2020 United States wildfires responsible for substantial solar energy forecast errors. *Environmental Research Letters*, **17** (3), 034010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac5143>
354. Pereira, P., I. Bogunovic, W. Zhao, and D. Barcelo, 2021: Short-term effect of wildfires and prescribed fires on ecosystem services. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, **22**, 100266. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2021.100266>
355. van Mantgem, P.J., A.C. Caprio, N.L. Stephenson, and A.J. Das, 2021: Forest resistance to extended drought enhanced by prescribed fire in low elevation forests of the Sierra Nevada. *Forests*, **12** (9), 1248. <https://doi.org/10.3390/f12091248>
356. Hunter, M.E. and M.D. Robles, 2020: Tamm review: The effects of prescribed fire on wildfire regimes and impacts: A framework for comparison. *Forest Ecology and Management*, **475**, 118435. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118435>
357. Long, J.W., F.K. Lake, R.W. Goode, and B.M. Burnette, 2020: How traditional tribal perspectives influence ecosystem restoration. *Ecopsychology*, **12** (2). <https://doi.org/10.1089/eco.2019.0055>
358. Banerjee, T., 2020: Impacts of forest thinning on wildland fire behavior. *Forests*, **11** (9), 918. <https://doi.org/10.3390/f11090918>
359. Goodwin, M.J., M.P. North, H.S.J. Zald, and M.D. Hurteau, 2020: Changing climate reallocates the carbon debt of frequent-fire forests. *Global Change Biology*, **26** (11), 6180–6189. <https://doi.org/10.1111/gcb.15318>
360. Stephens, S.L., M.A. Battaglia, D.J. Churchill, B.M. Collins, M. Coppoletta, C.M. Hoffman, J.M. Lydersen, M.P. North, R.A. Parsons, S.M. Ritter, and J.T. Stevens, 2021: Forest restoration and fuels reduction: Convergent or divergent? *BioScience*, **71** (1), 85–101. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa134>
361. Striplin, R., S.A. McAfee, H.D. Safford, and M.J. Papa, 2020: Retrospective analysis of burn windows for fire and fuels management: An example from the Lake Tahoe Basin, California, USA. *Fire Ecology*, **16** (1), 13. <https://doi.org/10.1186/s42408-020-00071-3>
362. Sleeter, B.M., D.C. Marvin, D.R. Cameron, P.C. Selmants, A.L. Westerling, J. Kreitler, C.J. Daniel, J. Liu, and T.S. Wilson, 2019: Effects of 21st-century climate, land use, and disturbances on ecosystem carbon balance in California. *Global Change Biology*, **25** (10), 3334–3353. <https://doi.org/10.1111/gcb.14677>
363. Xu, X., A. Huang, E. Belle, P. De Frenne, and G. Jia, 2022: Protected areas provide thermal buffer against climate change. *Science Advances*, **8** (44), 0119. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abo0119>
364. Anderegg, W.R.L., A.T. Trugman, G. Badgley, C.M. Anderson, A. Bartuska, P. Ciais, D. Cullenward, C.B. Field, J. Freeman, S.J. Goetz, J.A. Hicke, D. Huntzinger, R.B. Jackson, J. Nickerson, S. Pacala, and J.T. Randerson, 2020: Climate-driven risks to the climate mitigation potential of forests. *Science*, **368** (6497), 7005. <https://doi.org/10.1126/science.aaz7005>
365. Ontl, T.A., M.K. Janowiak, C.W. Swanston, J. Daley, S. Handler, M. Cornett, S. Hagenbuch, C. Handrick, L. McCarthy, and N. Patch, 2020: Forest management for carbon sequestration and climate adaptation. *Journal of Forestry*, **118** (1), 86–101. <https://doi.org/10.1093/jofore/fvz062>
366. Krofcheck, D.J., C.C. Remy, A.R. Keyser, and M.D. Hurteau, 2019: Optimizing forest management stabilizes carbon under projected climate and wildfires. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, **124** (10), 3075–3087. <https://doi.org/10.1029/2019jg005206>
367. North, M.P., J.T. Stevens, D.F. Greene, M. Coppoletta, E.E. Knapp, A.M. Latimer, C.M. Restaino, R.E. Tompkins, K.R. Welch, R.A. York, D.J.N. Young, J.N. Axelson, T.N. Buckley, B.L. Estes, R.N. Hager, J.W. Long, M.D. Meyer, S.M. Ostojia, H.D. Safford, K.L. Shive, C.L. Tubbesing, H. Vice, D. Walsh, C.M. Werner, and P. Wyrsh, 2019: Tamm review: Reforestation for resilience in dry western U.S. forests. *Forest Ecology and Management*, **432**, 209–224. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.09.007>
368. Holl, K.D. and P.H.S. Brancalion, 2020: Tree planting is not a simple solution. *Science*, **368** (6491), 580–581. <https://doi.org/10.1126/science.aba8232>
369. Anderson, R., P.E. Bayer, and D. Edwards, 2020: Climate change and the need for agricultural adaptation. *Current Opinion in Plant Biology*, **56**, 197–202. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2019.12.006>

370. Meyer, M.D., B.L. Estes, A. Wuenschel, B. Bulaon, A. Stucy, D.F. Smith, and A.C. Caprio, 2019: Structure, diversity and health of Sierra Nevada red fir forests with reestablished fire regimes. *International Journal of Wildland Fire*, **28** (5), 386–396. <https://doi.org/10.1071/wf18114>
371. Mildenberger, M., P.D. Howe, S. Trachtman, L.C. Stokes, and M. Lubell, 2022: The effect of public safety power shut-offs on climate change attitudes and behavioural intentions. *Nature Energy*, **7** (8), 736–743. <https://doi.org/10.1038/s41560-022-01071-0>
372. Zanolco, C., J. Flora, R. Rajagopal, and H. Boudet, 2021: When the lights go out: Californians' experience with wildfire-related public safety power shutoffs increases intention to adopt solar and storage. *Energy Research & Social Science*, **79**, 102183. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102183>
373. Mildenberger, M., S. Trachtman, P. Howe, L. Stokes, and M. Lubell, 2021: Wildfire-mitigating power shut-offs promote household-level adaptation but not climate policy support. *Nature Portfolio*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-631250/v1>
374. Wong-Parodi, G., 2020: When climate change adaptation becomes a “looming threat” to society: Exploring views and responses to California wildfires and public safety power shutoffs. *Energy Research & Social Science*, **70**, 101757. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101757>
375. Martin, J.T., G.T. Pederson, C.A. Woodhouse, E.R. Cook, G.J. McCabe, K.J. Anchukaitis, E.K. Wise, P.J. Erger, L. Dolan, M. McGuire, S. Gangopadhyay, K.J. Chase, J.S. Littell, S.T. Gray, S. St. George, J.M. Friedman, D.J. Sauchyn, J.-M. St-Jacques, and J. King, 2020: Increased drought severity tracks warming in the United States' largest river basin. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **117** (21), 11328–11336. <https://doi.org/10.1073/pnas.1916208117>
376. Luo, X., S. Dee, S. Stevenson, Y. Okumura, N. Steiger, and L. Parsons, 2022: Last millennium ENSO diversity and North American teleconnections: New insights from paleoclimate data assimilation. *Paleoceanography and Paleoclimatology*, **37** (3), e2021PA004283. <https://doi.org/10.1029/2021pa004283>
377. Patricola, C.M., J.P. O'Brien, M.D. Risser, A.M. Rhoades, T.A. O'Brien, P.A. Ullrich, D.A. Stone, and W.D. Collins, 2020: Maximizing ENSO as a source of western US hydroclimate predictability. *Climate Dynamics*, **54** (1), 351–372. <https://doi.org/10.1007/s00382-019-05004-8>
378. Brown, T.C., V. Mahat, and J.A. Ramirez, 2019: Adaptation to future water shortages in the United States caused by population growth and climate change. *Earth's Future*, **7** (3), 219–234. <https://doi.org/10.1029/2018ef001091>
379. Di Baldassarre, G., N. Wanders, A. AghaKouchak, L. Kuil, S. Ramagecroft, T.I.E. Veldkamp, M. Garcia, P.R. van Oel, K. Breinl, and A.F. Van Loon, 2018: Water shortages worsened by reservoir effects. *Nature Sustainability*, **1** (11), 617–622. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0159-0>
380. Elias, E., J. Reyes, C. Steele, and A. Rango, 2018: Diverse landscapes, diverse risks: Synthesis of the special issue on climate change and adaptive capacity in a hotter, drier Southwestern United States. *Climatic Change*, **148** (3), 339–353. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2219-x>
381. Zhang, F., J.A. Biederman, M.P. Dannenberg, D. Yan, S.C. Reed, and W.K. Smith, 2021: Five decades of observed daily precipitation reveal longer and more variable drought events across much of the western United States. *Geophysical Research Letters*, **48** (7), e2020GL092293. <https://doi.org/10.1029/2020gl092293>
382. du Bray, M.V., B. Quimby, J.C. Bausch, A. Wutich, W.M. Eaton, K.J. Brasier, A. Brewis, and C. Williams, 2022: Red, white, and blue: Environmental distress among water stakeholders in a U.S. farming community. *Weather, Climate, and Society*, **14** (2), 585–595. <https://doi.org/10.1175/wcas-d-21-0103.1>
383. Wilson, N.J., T. Montoya, R. Arseneault, and A. Curley, 2021: Governing water insecurity: Navigating Indigenous water rights and regulatory politics in settler colonial states. *Water International*, **46** (6), 783–801. <https://doi.org/10.1080/02508060.2021.1928972>
384. Wutich, A., W. Jepson, C. Velasco, A. Roque, Z. Gu, M. Hanemann, M.J. Hossain, L. Landes, R. Larson, W.W. Li, O. Morales-Pate, N. Patwoary, S. Porter, Y.-s. Tsai, M. Zheng, and P. Westerhoff, 2022: Water insecurity in the Global North: A review of experiences in U.S. colonias communities along the Mexico border. *WIREs Water*, **9** (4), e1595. <https://doi.org/10.1002/wat2.1595>
385. Laufkötter, C., J. Zscheischler, and T.L. Frölicher, 2020: High-impact marine heatwaves attributable to human-induced global warming. *Science*, **369** (6511), 1621–1625. <https://doi.org/10.1126/science.aba0690>

386. Orr, J.A., R.D. Vinebrooke, M.C. Jackson, K.J. Kroeker, R.L. Kordas, C. Mantyka-Pringle, P.J. Van den Brink, F. De Laender, R. Stoks, M. Holmstrup, C.D. Matthaei, W.A. Monk, M.R. Penk, S. Leuzinger, R.B. Schäfer, and J.J. Piggott, 2020: Towards a unified study of multiple stressors: Divisions and common goals across research disciplines. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, **287** (1926), 20200421. <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.0421>
387. Sunday, J.M., E. Howard, S. Siedlecki, D.J. Pilcher, C. Deutsch, P. MacCready, J. Newton, and T. Klinger, 2022: Biological sensitivities to high-resolution climate change projections in the California Current Marine Ecosystem. *Global Change Biology*, **28** (19), 5726–5740. <https://doi.org/10.1111/gcb.16317>
388. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2022: *A Research Strategy for Ocean-based Carbon Dioxide Removal and Sequestration*. The National Academies Press, Washington, DC, 322 pp. <https://doi.org/10.17226/26278>
389. DeAngelo, J., B.T. Saenz, I.B. Arzeno-Soltero, C.A. Frieder, M.C. Long, J. Hamman, K.A. Davis, and S.J. Davis, 2023: Economic and biophysical limits to seaweed farming for climate change mitigation. *Nature Plants*, **9** (1), 45–57. <https://doi.org/10.1038/s41477-022-01305-9>
390. Levin, L.A., J.M. Alfaro-Lucas, A. Colaço, E.E. Cordes, N. Craik, R. Danovaro, H.-J. Hoving, J. Ingels, N.C. Mestre, S. Seabrook, A.R. Thurber, C. Vivian, and M. Yasuhara, 2023: Deep-sea impacts of climate interventions. *Science*, **379** (6636), 978–981. <https://doi.org/10.1126/science.ade7521>
391. Spillias, S., R. Kelly, R.S. Cottrell, K.R. O'Brien, R.-Y. Im, J.Y. Kim, C. Lei, R.W.S. Leung, M. Matsuba, J.A. Reis, Y. Sato, K. Sempert, and E. McDonald-Madden, 2023: The empirical evidence for the social-ecological impacts of seaweed farming. *PLOS Sustainability and Transformation*, **2** (2), e0000042. <https://doi.org/10.1371/journal.pstr.0000042>
392. Gobler, C.J., 2020: Climate change and harmful algal blooms: Insights and perspective. *Harmful Algae*, **91**, 101731. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2019.101731>
393. Sea-Level Rise Leadership Team, 2022: State Agency Sea-Level Rise Action Plan for California. State of California, Ocean Protection Council. https://www.opc.ca.gov/webmaster/_media_library/2022/02/Item-7_Exhibit-A_SLR-Action-Plan-Final.pdf
394. State of California, 2022: Protecting Californians from Extreme Heat: A State Action Plan to Build Community Resilience. State of California. <https://resources.ca.gov/-/media/CNRA-Website/Files/Initiatives/Climate-Resilience/2022-Final-Extreme-Heat-Action-Plan.pdf>
395. State of California, 2021: California Climate Adaptation Strategy. State of California. <https://climateresilience.ca.gov/>
396. Governor's Office of Planning and Research, 2022: Climate Adaptation Planning Grant Program. State of California, Governor's Office of Planning and Research. <https://opr.ca.gov/climate/icarp/grants/adaptation-planning-grant.html#:~:text=The%20Adaptation%20Planning%20Grant%20Program,infrastructure%20projects%20across%20the%20state>
397. Caltrans, 2022: Climate Adaptation Planning—Sustainable Transportation Planning Grant Program. California Department of Transportation. <https://www.grants.ca.gov/grants/climate-adaptation-planning-sustainable-transportation-planning-grant-program/>
398. California Transportation Commission, 2022: Local Transportation Climate Adaptation Program (LTCAP). State of California, California Transportation Commission. <https://catc.ca.gov/programs/local-transportation-climate-adaptation-program>
399. Governor's Office of Planning and Research, 2022: Regional Resilience Planning and Implementation Grant Program. State of California, Governor's Office of Planning and Research. <https://opr.ca.gov/climate/icarp/grants/regional-resilience-grant.html>
400. Lester, S.E., R.R. Gentry, H.R. Lemoine, H.E. Froehlich, L.D. Gardner, M. Rennick, E.O. Ruff, and K.D. Thompson, 2022: Diverse state-level marine aquaculture policy in the United States: Opportunities and barriers for industry development. *Reviews in Aquaculture*, **14** (2), 890–906. <https://doi.org/10.1111/raq.12631>
401. Froehlich, H.E., J.Z. Koehn, K.K. Holsman, and B.S. Halpern, 2022: Emerging trends in science and news of climate change threats to and adaptation of aquaculture. *Aquaculture*, **549**, 737812. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737812>

402. Williams, A.P., E.R. Cook, J.E. Smerdon, B.I. Cook, J.T. Abatzoglou, K. Bolles, S.H. Baek, A.M. Badger, and B. Livneh, 2020: Large contribution from anthropogenic warming to an emerging North American megadrought. *Science*, **368** (6488), 314–318. <https://doi.org/10.1126/science.aaz9600>
403. Dannenberg, M.P., D. Yan, M.L. Barnes, W.K. Smith, M.R. Johnston, R.L. Scott, J.A. Biederman, J.F. Knowles, X. Wang, T. Duman, M.E. Litvak, J.S. Kimball, A.P. Williams, and Y. Zhang, 2022: Exceptional heat and atmospheric dryness amplified losses of primary production during the 2020 U.S. Southwest hot drought. *Global Change Biology*, **28** (16), 4794–4806. <https://doi.org/10.1111/gcb.16214>
404. Robertson, A.D., Y. Zhang, L.A. Sherrod, S.T. Rosenzweig, L. Ma, L. Ahuja, and M.E. Schipanski, 2018: Climate change impacts on yields and soil carbon in row crop dryland agriculture. *Journal of Environmental Quality*, **47** (4), 684–694. <https://doi.org/10.2134/jeq2017.08.0309>
405. Collier, R.J., L.H. Baumgard, R.B. Zimelman, and Y. Xiao, 2018: Heat stress: Physiology of acclimation and adaptation. *Animal Frontiers*, **9** (1), 12–19. <https://doi.org/10.1093/af/vfy031>
406. Klemm, T. and D.D. Briske, 2021: Retrospective assessment of beef cow numbers to climate variability throughout the U.S. Great Plains. *Rangeland Ecology & Management*, **78**, 273–280. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2019.07.004>
407. Schwarz, L., K. Hansen, A. Alari, S.D. Ilango, N. Bernal, R. Basu, A. Gershunov, and T. Benmarhnia, 2021: Spatial variation in the joint effect of extreme heat events and ozone on respiratory hospitalizations in California. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **118** (22), e2023078118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2023078118>
408. 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>
409. Hondula, D.M., M. Georgescu, and R.C. Balling, 2014: Challenges associated with projecting urbanization-induced heat-related mortality. *Science of The Total Environment*, **490**, 538–544. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.04.130>
410. Burke, M., A. Driscoll, S. Heft-Neal, J. Xue, J. Burney, and M. Wara, 2021: The changing risk and burden of wildfire in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **118** (2), e2011048118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2011048118>
411. Magzamen, S., R.W. Gan, J. Liu, K. O’Dell, B. Ford, K. Berg, K. Bol, A. Wilson, E.V. Fischer, and J.R. Pierce, 2021: Differential cardiopulmonary health impacts of local and long-range transport of wildfire smoke. *GeoHealth*, **5** (3), 2020GH000330. <https://doi.org/10.1029/2020gh000330>
412. Hondula, D.M., J.L. Sabo, R. Quay, M. Chester, M. Georgescu, N.B. Grimm, S.L. Harlan, A. Middel, S. Porter, C.L. Redman, B. Rittmann, B.L. Ruddell, and D.D. White, 2019: Cities of the Southwest are testbeds for urban resilience. *Frontiers in Ecology and the Environment*, **17** (2), 79–80. <https://doi.org/10.1002/fee.2005>
413. 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/>
414. 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>
415. Schramm, P.J., A.L.A. Janabi, L.W. Campbell, J.L. Donatuto, and S.C. Gaughen, 2020: How Indigenous communities are adapting to climate change: Insights from the Climate-Ready Tribes Initiative. *Health Affairs*, **39** (12), 2153–2159. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2020.00997>
416. OPHDST, 2023: National Notifiable Disease Surveillance System: Notifiable Infectious Disease Tables. Centers for Disease Control and Prevention, Office of Public Health Data, Surveillance, and Technology. <https://www.cdc.gov/nndss/data-statistics/infectious-tables/index.html>
417. Rochlin, I., A. Faraji, K. Healy, and T.G. Andreadis, 2019: West Nile virus mosquito vectors in North America. *Journal of Medical Entomology*, **56** (6), 1475–1490. <https://doi.org/10.1093/jme/tjz146>
418. Reisen, W.K., 2012: The contrasting bionomics of *Culex* mosquitoes in western North America. *Journal of the American Mosquito Control Association*, **28** (4s), 82–91. <https://doi.org/10.2987/8756-971x-28.4.82>
419. Harrigan, R.J., H.A. Thomassen, W. Buermann, and T.B. Smith, 2014: A continental risk assessment of West Nile virus under climate change. *Global Change Biology*, **20** (8), 2417–2425. <https://doi.org/10.1111/gcb.12534>

420. Habeeb, D., J. Vargo, and B. Stone, 2015: Rising heat wave trends in large US cities. *Natural Hazards*, **76** (3), 1651-1665. <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1563-z>
421. Ebi, K.L., A. Capon, P. Berry, C. Broderick, R. de Dear, G. Havenith, Y. Honda, R.S. Kovats, W. Ma, A. Malik, N.B. Morris, L. Nybo, S.I. Seneviratne, J. Vanos, and O. Jay, 2021: Hot weather and heat extremes: Health risks. *The Lancet*, **398** (10301), 698-708. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(21\)01208-3](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(21)01208-3)
422. Crooks, J.L., W.E. Cascio, M.S. Percy, J. Reyes, L.M. Neas, and E.D. Hilborn, 2016: The association between dust storms and daily non-accidental mortality in the United States, 1993-2005. *Environmental Health Perspectives*, **124** (11), 1735-1743. <https://doi.org/10.1289/ehp216>
423. Reid, C.E., E.M. Considine, G.L. Watson, D. Telesca, G.G. Pfister, and M. Jerrett, 2019: Associations between respiratory health and ozone and fine particulate matter during a wildfire event. *Environment International*, **129**, 291-298. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.04.033>
424. Borlina, C.S. and N.O. Rennó, 2017: The impact of a severe drought on dust lifting in California's Owens Lake area. *Scientific Reports*, **7** (1), 1784. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-01829-7>
425. U.S. Census Bureau, 2022: Foreign Born. U.S. Department of Commerce, U.S. Census Bureau. <https://www.census.gov/topics/population/foreign-born.html>
426. Reid, C.E. and M.M. Maestas, 2019: Wildfire smoke exposure under climate change: Impact on respiratory health of affected communities. *Current Opinion in Pulmonary Medicine*, **25** (2). <https://doi.org/10.1097/mcp.0000000000000552>
427. Bekkar, B., S. Pacheco, R. Basu, and N. DeNicola, 2020: Association of air pollution and heat exposure with preterm birth, low birth weight, and stillbirth in the US: A systematic review. *JAMA Network Open*, **3** (6), e208243. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.8243>
428. Benmarhnia, T., J. Huang, R. Basu, J. Wu, and T.A. Bruckner, 2017: Decomposition analysis of Black-White disparities in birth outcomes: The relative contribution of air pollution and social factors in California. *Environmental Health Perspectives*, **125** (10), 107003. <https://doi.org/10.1289/ehp490>
429. Lowe, A.A., B. Bender, A.H. Liu, T. Solomon, A. Kobernick, W. Morgan, and L.B. Gerald, 2018: Environmental concerns for children with asthma on the Navajo Nation. *Annals of the American Thoracic Society*, **15** (6), 745-753. <https://doi.org/10.1513/annalsats.201708-674ps>
430. Sun, Y., S.D. Ilango, L. Schwarz, Q. Wang, J.-C. Chen, J.M. Lawrence, J. Wu, and T. Benmarhnia, 2020: Examining the joint effects of heatwaves, air pollution, and green space on the risk of preterm birth in California. *Environmental Research Letters*, **15** (10), 104099. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abb8a3>
431. USGCRP, 2016: *The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment*. Crimmins, A., J. Balbus, J.L. Gamble, C.B. Beard, J.E. Bell, D. Dodgen, R.J. Eisen, N. Fann, M.D. Hawkins, S.C. Herring, L. Jantarasami, D.M. Mills, S. Saha, M.C. Sarofim, J. Trtanj, and L. Ziska, Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, 312 pp. <https://doi.org/10.7930/j0r49nqx>
432. Ebi, K.L., J. Vanos, J.W. Baldwin, J.E. Bell, D.M. Hondula, N.A. Errett, K. Hayes, C.E. Reid, S. Saha, J. Spector, and P. Berry, 2021: Extreme weather and climate change: Population health and health system implications. *Annual Review of Public Health*, **42** (1), 293-315. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-012420-105026>
433. Dennison, P.E., S.C. Brewer, J.D. Arnold, and M.A. Moritz, 2014: Large wildfire trends in the western United States, 1984-2011. *Geophysical Research Letters*, **41** (8), 2928-2933. <https://doi.org/10.1002/2014gl059576>
434. Parks, S.A. and J.T. Abatzoglou, 2020: Warmer and drier fire seasons contribute to increases in area burned at high severity in western US forests from 1985 to 2017. *Geophysical Research Letters*, **47** (22), e2020GL089858. <https://doi.org/10.1029/2020gl089858>
435. Kitzberger, T., D.A. Falk, A.L. Westerling, and T.W. Swetnam, 2017: Direct and indirect climate controls predict heterogeneous early-mid 21st century wildfire burned area across western and boreal North America. *PLoS ONE*, **12** (12), e0188486. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188486>
436. Hurteau, M. and M. North, 2008: Mixed-conifer understory response to climate change, nitrogen, and fire. *Global Change Biology*, **14** (7), 1543-1552. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01584.x>
437. Hurteau, M.D., S. Liang, A.L. Westerling, and C. Wiedinmyer, 2019: Vegetation-fire feedback reduces projected area burned under climate change. *Scientific Reports*, **9** (1), 2838. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39284-1>

438. Littell, J.S., 2018: Drought and fire in the western USA: Is climate attribution enough? *Current Climate Change Reports*, **4** (4), 396–406. <https://doi.org/10.1007/s40641-018-0109-y>
439. Stowell, J.D., G. Geng, E. Saikawa, H.H. Chang, J. Fu, C.-E. Yang, Q. Zhu, Y. Liu, and M.J. Strickland, 2019: Associations of wildfire smoke PM_{2.5} exposure with cardiorespiratory events in Colorado 2011–2014. *Environment International*, **133**, 105151. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105151>
440. Dixon, L., F. Tsang, and G. Fitts, 2018: The Impact of Changing Wildfire Risk on California’s Residential Insurance Market. California’s Fourth Climate Change Assessment. CCCA4-CNRA-2018-008. California Natural Resources Agency. https://www.energy.ca.gov/sites/default/files/2019-12/Forests_CCCA4-CNRA-2018-008_ada.pdf
441. Wang, D., D. Guan, S. Zhu, M.M. Kinnon, G. Geng, Q. Zhang, H. Zheng, T. Lei, S. Shao, P. Gong, and S.J. Davis, 2021: Economic footprint of California wildfires in 2018. *Nature Sustainability*, **4** (3), 252–260. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00646-7>