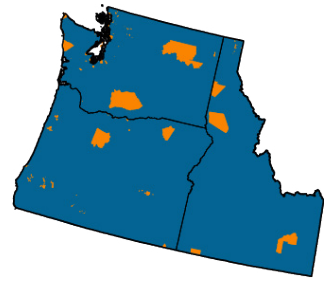


Noroeste



Capítulo 27. Noroeste

Autores y colaboradores

Autor principal de coordinación federal

Li Erikson, US Geological Survey, Pacific Coastal and Marine Science Center

Autor principal del capítulo

Michael Chang, Cascadia Consulting Group

Autores del capítulo

Kathleen Araújo, Boise State University, CAES Energy Policy Institute

Erica N. Asinas, University of Washington, Climate Impacts Group

Samantha Chisholm Hatfield, Oregon State University

Lisa G. Crozier, NOAA Fisheries, Northwest Fisheries Science Center

Erica Fleishman, Oregon State University

Ciarra S. Greene, Sapóoq'is Wíit'as Consulting

Eric E. Grossman, US Geological Survey, Pacific Coastal and Marine Science Center

Charles Luce, USDA Forest Service

Jayash Paudel, University of Oklahoma

Kirti Rajagopalan, Washington State University, Department of Biological Systems Engineering

Elise Rasmussen, Washington State Department of Health

Crystal Raymond, University of Washington, Climate Impacts Group

Julian J. Reyes, US Department of Agriculture

Vivek Shandas, Portland State University

Contribuyentes técnicos

Blane L. Bellerud, NOAA Fisheries, West Coast Region

Su J. Kim, NOAA Fisheries, Northwest Fisheries Science Center

Angela Pietschmann, Cascadia Consulting Group

Editor revisor

Kathryn McConnell, Brown University

Arte de apertura de capítulo

Claire Seaman

Cita recomendada

Chang, M., L. Erikson, K. Araújo, E.N. Asinas, S. Chisholm Hatfield, L.G. Crozier, E. Fleishman, C.S. Greene, E.E. Grossman, C. Luce, J. Paudel, K. Rajagopalan, E. Rasmussen, C. Raymond, J.J. Reyes, and V. Shandas, 2023: Cap. 27. Noroeste. 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.CH27.ES>

Índice de Contenidos

Introducción6

Mensaje clave 27.1

Las comunidades de primera línea están sobrecargadas, y dar prioridad a la equidad social favorece la resiliencia regional..... 10

Comunidades urbanas de color con bajos ingresos	11
Comunidades rurales y dependientes de los recursos naturales	13
Tribus y comunidades indígenas.....	13
Acción climática y equidad social.....	13

Mensaje clave 27.2

Los ecosistemas cambian en respuesta a los eventos extremos y la actividad humana 14

Efectos ecológicos de las tendencias climáticas y los eventos extremos	14
Ecosistemas terrestres	16
Ecosistemas acuáticos	17
Ecosistemas costeros y marinos	17
Recuadro 27.1. Salmón rojo del río Snake	19
Capacidad de adaptación de los ecosistemas y las especies al cambio climático	19

Mensaje clave 27.3

Los impactos en las economías regionales tienen efectos en cascada sobre los medios de subsistencia y el bienestar 20

Industrias agrícolas y medios de subsistencia	20
Industrias forestales y medios de subsistencia	22
Pescas comercial y medios de subsistencia.....	23
Industrias de turismo, recreación y atención al cliente	23
Recuadro 27.2. Las economías agrícolas tribales se adaptan al cambio climático	24
Transición justa y medios de subsistencia comunitarios	24

Mensaje clave 27.4

Los sistemas de infraestructuras se ven afectados por el cambio climático, pero pueden facilitar la mitigación y la adaptación..... 25

Infraestructuras hídricas.....	25
Infraestructuras energéticas.....	26
Recuadro 27.3. Grupo de trabajo de prevención de incendios forestales de las compañías de servicios públicos de electricidad del estado de Washington.....	28
Infraestructuras de transporte.....	30
Vivienda y uso de la tierra	30

Mensaje clave 27.5

El cambio climático amplifica las desigualdades en la salud 31

Impactos del cambio climático en la salud física	32
Impactos en la salud mental y cambio climático.....	34
Impactos en la salud y el bienestar de la comunidad.....	34
Impactos en el bienestar de las tribus	34
La acción climática puede beneficiar la salud humana y acabar con las desigualdades.....	35

Mensaje clave 27.6

El cambio climático afecta el patrimonio y el sentido de lugar 36

Sentimiento de estabilidad y seguridad	36
Servicios medioambientales y sentido de lugar.....	39
Culturas tribales y conexión con la tierra.....	40
Mantener el sentido de lugar y el patrimonio del Noroeste.....	40

Cuentas trazables..... 41

Descripción del proceso	41
Mensaje clave 27.1.....	43
Mensaje clave 27.2.....	44
Mensaje clave 27.3.....	46
Mensaje clave 27.4.....	47
Mensaje clave 27.5.....	48
Mensaje clave 27.6.....	50

Referencias 52

Introducción

El Noroeste —Washington, Oregón e Idaho— abarca diversas comunidades, economías y ecosistemas, con casi 14 millones de residentes¹. Desde las regiones costeras occidentales hasta las montañas boscosas, pasando por la árida estepa de arbustos, el Noroeste alberga numerosas plantas y animales nativos de gran importancia cultural y económica. Los ecosistemas del Noroeste proveen vivienda, recreación, alimentos e ingresos que sustentan la salud colectiva y el bienestar de las comunidades y economías de la región. Las 43 tribus del Noroeste reconocidas por el Gobierno Federal también dependen de los ecosistemas de la región para su subsistencia. El cambio climático ya ha afectado a todas las áreas del Noroeste y seguirá transformando la región de manera significativa. Las comunidades del Noroeste están empleando diversas estrategias para adaptarse y prepararse para el cambio climático; sin embargo, la efectividad a largo plazo de las acciones de adaptación es limitada si no se realizan inversiones comparables para mitigar el cambio climático (KM 31.1)^{2,3}.

Las observaciones del cambio climático en el Noroeste son consistentes con las proyecciones de anteriores Evaluaciones Nacionales del Clima^{4,5,6}. La temperatura anual promedio del aire en la región ha aumentado casi 2 °F desde 1900. Washington e Idaho se han calentado casi 2 °F y Oregón 2.5 °F. En relación con 1900-2020, el número anual de días extremadamente cálidos y noches cálidas en el Noroeste ha estado por encima del promedio a largo plazo durante la última década y el número anual de noches extremadamente frías durante el mismo período ha estado por debajo del promedio a largo plazo^{7,8}. Para la década de los años 80 de este siglo, se proyecta que las temperaturas anuales promedio en el Noroeste aumenten un promedio de 4.7 °F en un escenario bajo (SSP1-2.6) y un promedio de 10.0 °F en un escenario muy alto (SSP5-8.5) en relación con el período 1950-1999⁹. Se prevé que el calentamiento futuro de la región exacerbe la intensidad de las olas de calor regionales (KM 27.5)^{8,10}.

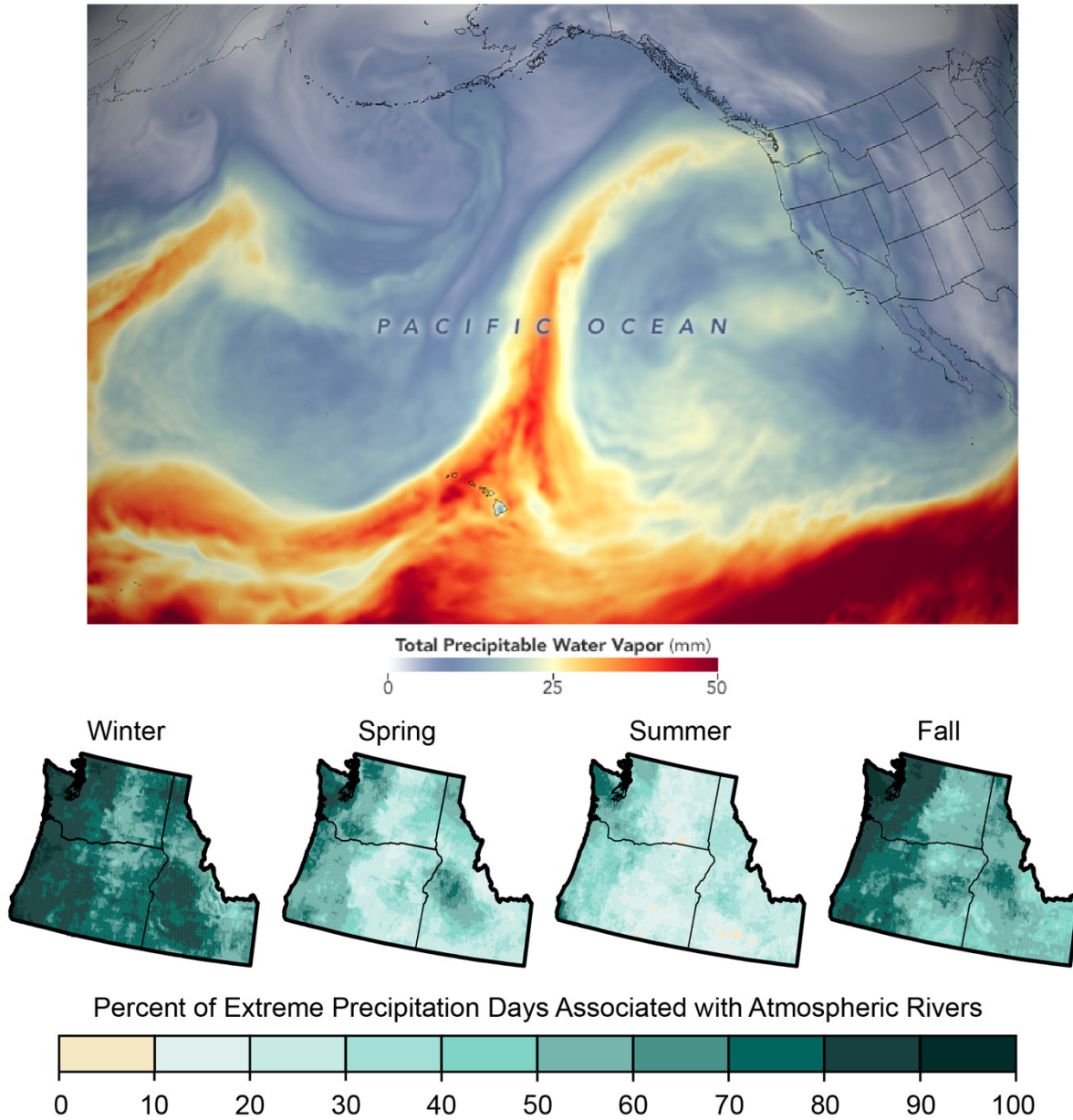
Las temperaturas invernales más cálidas han provocado un descenso del manto de nieve en las montañas, sobre todo en áreas de clima marítimo cálido^{11,12,13,14}. Se proyecta que una mayor proporción de las precipitaciones invernales caiga en forma de lluvia en vez de nieve¹⁵. Se espera que las temperaturas invernales más cálidas aumenten la elevación de la línea de nieve, lo que contribuye a que las cuencas dominadas por la nieve pasen a ser cuencas mixtas de lluvia y nieve y a que las cuencas mixtas de lluvia y nieve pasen a ser cuencas dominadas por la lluvia^{16,17}. Se proyecta que las precipitaciones estivales disminuyan en todos los escenarios, aunque serán variables⁹, lo que contribuye a unas condiciones regionales de sequía más frecuentes, prolongadas y severas que aumentan el riesgo de incendios forestales y disminuyen la disponibilidad de agua (KM 27.2, 27.3).

Se proyecta que persista la variabilidad interanual de las precipitaciones y que los caudales más bajos observados en verano disminuyan aún más debido a la reducción del almacenamiento de nieve, al aumento de la evapotranspiración y a los mayores desfases entre los eventos de precipitaciones estivales^{18,19,20}. Las precipitaciones cada vez más escasas en los años de sequía han provocado caudales extremadamente bajos²⁰. Algunos cursos de agua permanentes pasarán a ser efímeros, lo que afectará las especies acuáticas y el suministro regional de agua (KM 27.2, 27.4).

La disminución de la acumulación de nieve y el aumento del deshielo están aumentando la elevación de la línea de nieve, o el punto en el que la acumulación anual y el deshielo de la nieve son iguales, lo que está provocando el retroceso de los glaciares del Noroeste^{21,22}, lo que afecta las industrias recreativas y los sistemas hídricos regionales (KM 27.3, 27.4, 27.6). A largo plazo, se prevé una reducción del caudal en las cuencas alimentadas históricamente por glaciares²³. Se prevé que los flujos de escombros y los deslizamientos de tierras sean más frecuentes a medida que las recesiones glaciares dejen más tierra expuesta a la precipitación directa y las laderas escarpadas de los valles glaciares queden sin recubrimiento de hielo²⁴.

Se proyecta un aumento de la frecuencia y la intensidad de las precipitaciones extremas en toda la región^{7,8,25}. Las bandas largas y estrechas de transporte de vapor de agua atmosférico, comúnmente conocidas como ríos atmosféricos (atmospheric rivers, AR), están asociadas con precipitaciones extremas en el oeste de Estados Unidos, donde contribuyen con un promedio del 30 % al 45 % de la precipitación total en invierno (Figura 27.1)^{26,27,28}. Los AR pueden causar daños severos²⁹, como los daños generalizados provocados por los AR en el oeste de Washington en noviembre de 2021 (KM 27.4). Se proyecta un mayor número de eventos fuertes de AR y menos eventos moderados y débiles³⁰, aunque los cambios en la frecuencia de los AR que tocan tierra varían según los modelos climáticos^{31,32}. Aunque la contribución promedio de los AR a las precipitaciones anuales en las áreas costeras es del 50 % o superior³³, se proyecta que los AR lleguen más al interior^{34,35,36,37,38}. Comprender cómo afecta el cambio climático los AR es fundamental para estimar cómo cambiará el suministro de agua de la región (KM 27.4).

Ríos atmosféricos y precipitaciones extremas en el Noroeste



Los días de precipitaciones extremas están estrechamente asociados a los ríos atmosféricos, que se proyecta que sean más frecuentes e intensos y que lleguen más al interior.

Figura 27.1. (arriba) Las imágenes de satélite muestran el vapor de agua precipitable total el 6 de febrero de 2020. Las áreas rojas indican más vapor de agua precipitable, que aparece en una estrecha banda conocida como río atmosférico (atmospheric river, AR) dirigido hacia el Noroeste. **(abajo)** Los AR están estrechamente asociados a eventos de precipitación extrema y varían a lo largo de las estaciones meteorológicas, como se observa en el porcentaje de eventos de precipitación extrema durante 1981-2016 asociados a AR: invierno (diciembre-febrero), primavera (marzo-mayo), verano (junio-agosto) y otoño (septiembre-noviembre). Los meses de otoño e invierno presentan un mayor porcentaje de días de precipitaciones extremas asociadas a AR, sobre todo en las regiones costeras y al oeste de las Cascadas. (arriba) Imagen de satélite: Joshua Stevens, NASA Earth Observatory; (abajo) adaptado con permiso de Slinsky *et al.* 2020²⁷. ©American Meteorological Society

El afloramiento costero estacional hace que las temperaturas de la superficie del mar cerca de las costas de Washington y Oregón sean más frías que las temperaturas de la superficie en alta mar, siguiendo las tendencias de temperatura en las aguas profundas de calentamiento más lento³⁹. No obstante, las temperaturas anuales promedio de la superficie del mar costero en el Noroeste se han calentado aproximadamente 1.2 °F desde 1900, y se proyecta que la corriente del norte de California se caliente entre 4.6 ° y 7.3 °F adicionales para finales de siglo en un escenario muy alto (RCP8.5), lo que afectará las especies marinas de diversas maneras (KM 27.2)^{39,40,41,42}. Las emisiones de carbono de origen humano ya han provocado la acidificación de las aguas marinas superficiales y subsuperficiales de Oregón y Washington⁴³. Las sinergias entre la acidificación marina, la hipoxia y los aportes de nutrientes de origen humano afectan negativamente a muchas especies, con efectos en cascada sobre las redes tróficas y las comunidades humanas (KM 27.2, 27.6)^{44,45,46}.

Dos períodos recientes de altas temperaturas generalizadas y persistentes de la superficie del mar en 2014-2016 y en 2019, conocidos como olas de calor marinas (y de manera informal como “Blob” y “Blob 2.0”), aumentaron temporalmente las temperaturas costeras hasta 11 °F por encima de los promedios regionales⁴⁷, provocando cambios a corto plazo en la distribución de las especies y la mortalidad de muchas aves marinas⁴⁸ y mamíferos marinos (KM 10.1, 27.2)⁴⁹. Estas olas de calor aumentaron la toxicidad del florecimiento de algas nocivas para los mamíferos marinos y los seres humanos que consumen cangrejos y otros mariscos (KM 27.6)^{50,51,52,53,54}.

Se proyecta que el nivel del mar suba en todo el Noroeste en todos los escenarios (Apéndice 3.3)⁵⁵. Los cambios netos del nivel del mar varían según el lugar en respuesta al aumento del nivel del mar y al movimiento vertical de la tierra, que es el cambio a largo plazo en la elevación de la superficie terrestre debido a procesos como las fuerzas tectónicas (Tabla 27.1)⁵⁶. El nivel del mar también se ve afectado por los ciclos climáticos, como El Niño, que puede hacer que suba hasta 7.9 pulgadas más durante varios meses. En relación con el promedio de 1991-2009, se proyecta que el nivel relativo del mar en el Noroeste suba de 0.6 a 1.0 pie en 2050 para los escenarios intermedio y alto, respectivamente (Tabla 27.1)⁵⁵, lo que pone en riesgo estructuras físicas y comunidades (KM 27.1, 27.4)⁵⁷. En Puget Sound, donde la mayor parte de la tierra se está hundiendo, se espera que el nivel del mar suba de 0.9 a 1.6 pies para 2050 y de 3.2 a 10.2 pies para 2150 en un escenario muy alto (RCP8.5), en relación con el período de referencia. En la costa exterior de Washington, se anticipa que el aumento del nivel del mar oscile entre 0.1 y 0.8 pies para 2050 en Neah Bay, donde la tierra se está elevando, y entre 0.5 y 1.2 pies para 2050 en Tahola, donde la tierra se está hundiendo, en un escenario muy alto (RCP8.5)⁵⁸.

Tabla 27.1 Proyecciones de aumento del nivel del mar en el Noroeste

Se proyecta que el aumento del nivel del mar aumente en todo el Noroeste en todos los escenarios de aumento del nivel del mar. Esta tabla ilustra la variabilidad de las proyecciones de aumento del nivel del mar para 2050, 2100 y 2150 en todo el Noroeste en los escenarios de nivel del mar intermedio y alto⁵⁵, y para lugares específicos en escenarios comparables (50 % de probabilidad de superación y 1 % de probabilidad de superación, respectivamente) para proyecciones de aumento del nivel del mar reducidas para el estado de Washington en un escenario muy alto (RCP8.5)⁵⁸. Los cambios son aumentos en pies, en relación con el promedio de 1991-2009. Consulte en el Apéndice 3 la información asociada sobre los escenarios.

Ubicación	2050	2100	2150
Región Noroeste	0.60-1.03	2.64-5.98	5.40-10.86
Tacoma, WA	0.9-1.6	2.5-5.3	4.2-10.7
Neah Bay, WA	0.1-0.8	1.0-3.8	1.8-8.4
Tahola, WA	0.5-1.2	1.7-4.5	3.0-9.5

Mensaje clave 27.1

Las comunidades de primera línea están sobrecargadas, y dar prioridad a la equidad social favorece la resiliencia regional

La continua opresión sistémica expone desproporcionadamente a las comunidades de primera línea del Noroeste —incluidas comunidades urbanas de color con bajos ingresos, comunidades rurales y dependientes de los recursos naturales y tribus y comunidades indígenas— a las consecuencias del calor extremo, las inundaciones y el humo de los incendios forestales y otros peligros climáticos (*confianza muy alta*). Las comunidades de primera línea suelen tener menos recursos para lidiar con el cambio climático y su adaptación, pero han sido líderes en el desarrollo de soluciones climáticas dentro y fuera de sus comunidades (*confianza alta*). Las acciones para limitar y adaptarse al cambio climático que dan prioridad a la justicia climática y reorientan las inversiones hacia las comunidades de primera línea pueden hacer avanzar la resiliencia regional (*confianza media*).

En el Noroeste, una historia de privación de derechos y abandono sistémico de poblaciones específicas ha influido en su exposición geográfica y laboral a los peligros relacionados con el clima^{59,60}. Los efectos duraderos del colonialismo de asentamientos, los pactos racialmente restrictivos y las leyes excluyentes han empujado a las comunidades indígenas, las comunidades de color y las comunidades de bajos ingresos a áreas más vulnerables al cambio climático^{59,61,62}.

Además, los sistemas económicos, políticos y sociales desempeñan un papel fundamental en la distribución de los costos y beneficios de la acción climática (KM 20.3), lo que limita la movilidad socioeconómica de las comunidades de primera línea y, por tanto, su capacidad de adaptación. Como consecuencia, estas comunidades no solo experimentan una carga climática desproporcionada, sino que también son las que disponen de menos recursos para responder y adaptarse al cambio climático⁵⁹.

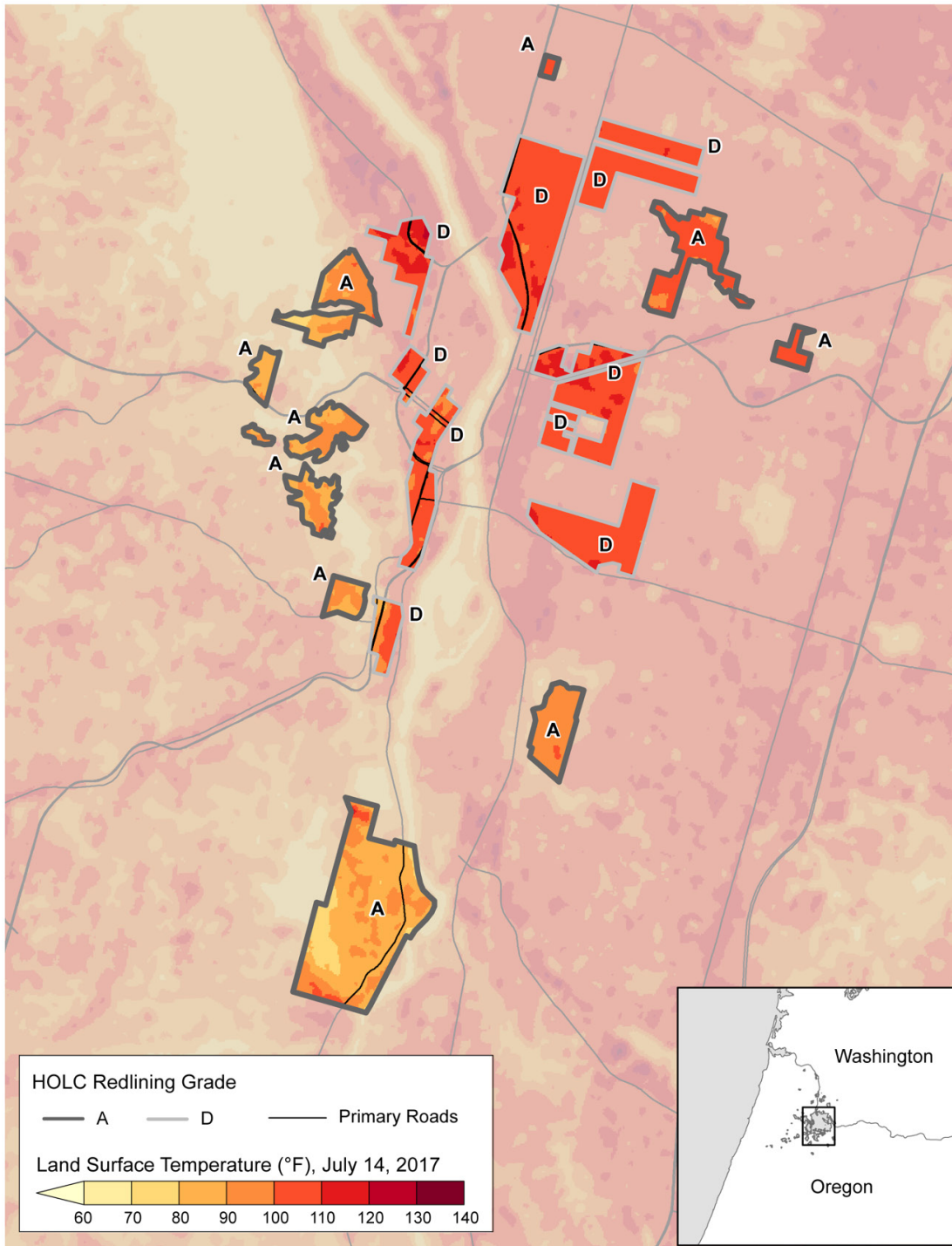
Aunque existen muchos tipos de comunidades de primera línea —como personas sin vivienda, niños pequeños, adultos mayores y personas con problemas de salud preexistentes—, esta sección destaca tres comunidades: las comunidades urbanas de color con bajos ingresos, las comunidades rurales y dependientes de los recursos naturales y las tribus y comunidades indígenas.

Comunidades urbanas de color con bajos ingresos

La negación de servicios financieros, las cláusulas restrictivas sobre la vivienda y otras políticas históricas han reforzado la discriminación racial y económica y han exacerbado la exposición desigual a los impactos climáticos contemporáneos (KM 20.3)⁶³. Las comunidades de Portland, Tacoma, Seattle y Spokane que anteriormente han sido negadas de servicios financieros siguen estando segregadas económica y racialmente y continúan privadas de un acceso equitativo a los servicios medioambientales que protegen de las consecuencias del cambio climático^{64,65,66}. Las antiguas áreas negadas de servicios financieros pueden ser hasta 13 °F más cálidas que la temperatura promedio de la superficie de la ciudad (KM 27.4), lo que intensifica algunos impactos para los residentes, como el agotamiento por calor (Figura 27.2)^{67,68}. Los casos de enfermedades y muertes relacionadas con el calor están aumentando y se prevé que lo hagan a medida que cambie el clima⁶⁹. El calor extremo plantea los mayores riesgos para la salud de los adultos mayores, los hogares de bajos ingresos, los trabajadores al aire libre, como trabajadores agrícolas y de la construcción, las personas que no tienen vivienda y otros grupos que tienen un acceso limitado a recursos de adaptación, tales como opciones de refrescamiento asequibles (KM 27.5).

Las comunidades anteriormente negadas de servicios financieros también presentan una menor diversidad de especies vegetales y animales debido a las decisiones sobre el uso de la tierra que facilitaron la industrialización, redujeron la cobertura arbórea y aumentaron la severidad del efecto de isla de calor urbano^{68,70,71}. Además, los mismos factores que contribuyen a las islas de calor urbanas —una mayor proporción de superficies impermeables al agua y la falta de espacios verdes— también aumentan las posibilidades de inundaciones urbanas durante eventos de precipitaciones extremas^{72,73}.

Negación de servicios financieros y calor extremo en Portland, Oregón



Las comunidades urbanas segregadas económica y racialmente están expuestas de forma desigual a los impactos del cambio climático, incluido el calor extremo.

Figura 27.2. El mapa muestra la temperatura de la superficie terrestre obtenida por satélite (en °F) para el 14 de julio de 2017. Las áreas de Portland, Oregón que históricamente han sido negadas de servicios financieros —es decir, las que recibieron una calificación D o “peligrosa” por parte de la Corporación de Préstamos a Propietarios de Viviendas (Home Owners’ Loan Corporation, HOLC)— experimentan efectos de isla de calor más intensos que las zonas que recibieron una calificación A o B por parte de la HOLC. Los residentes están desproporcionadamente expuestos al calor extremo en estas zonas, donde las temperaturas de la superficie son hasta 13 °F más altas que las temperaturas promedio de la superficie de la ciudad⁶⁸. Créditos de la figura: Portland State University y NOAA NCEI.

Comunidades rurales y dependientes de los recursos naturales

Muchas comunidades rurales dependen de los recursos naturales y, por tanto, son especialmente vulnerables al cambio climático (KM 27.3)⁷⁴. Los trabajadores de las industrias relacionadas con los recursos naturales y las actividades al aire libre estarán más expuestos a las olas de calor y al humo de los incendios forestales^{75,76}, y los trabajadores de la construcción al aire libre se enfrentan a tasas más altas de lesiones traumáticas cuando se exponen al calor extremo⁷⁷. Washington y Oregón cuentan con un gran número de trabajadores agrícolas, especialmente inmigrantes latinos, muchos de los cuales viven en áreas con baja resiliencia comunitaria a los peligros relacionados con el clima.

Las desigualdades estructurales limitan el acceso de los trabajadores de bajos ingresos, migrantes y agrícolas a aire limpio y agua potable, a unas condiciones de vida adecuadas, a la atención médica y a otros servicios sociales, lo que compromete su capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima⁷⁸. A medida que las economías de recursos naturales se adaptan, los cambios en la disponibilidad estacional de trabajo y la diversificación de las economías locales producen resultados tanto positivos como negativos, lo que incluye nuevas oportunidades económicas, mejores políticas equitativas de salud y seguridad en el trabajo y seguridad laboral para los trabajadores al aire libre y las comunidades rurales^{79,80,81}. Los proveedores de servicios meteorológicos y climáticos ofrecen a estas comunidades herramientas y recursos —como materiales de comunicación o modelos de fácil uso— para ayudarlas a ser más resilientes^{82,83,84}. Unos servicios climáticos efectivos que incluyan diversas perspectivas y comunidades y que también contextualicen los eventos meteorológicos extremos dentro de los cambios climáticos a largo plazo pueden reducir la inadaptación y mejorar la resiliencia de las comunidades al cambio climático^{3,74,85,86,87}.

Tribus y comunidades indígenas

Las tribus y comunidades indígenas experimentan impactos climáticos desproporcionados y barreras sistémicas que limitan su capacidad de adaptación al cambio climático (KM 16.1)^{88,89}. Debido a las políticas históricas de adjudicación de tierras, muchos paisajes tienen una gestión heterogénea entre las jurisdicciones tribales y no tribales, lo que puede amplificar el riesgo de incendios forestales o inundaciones para las estructuras tribales y limitar las opciones de adaptación de los miembros de las tribus. Estas políticas complican la capacidad de las tribus para acceder a estructuras y lugares espirituales durante o después de eventos relacionados con el clima^{90,91}. Por ejemplo, algunas tribus costeras, como la nación india quinault, se están adaptando a las inundaciones costeras readquiriendo tierras fraccionadas para reubicar viviendas e instalaciones clave⁹². Incluso cuando las tribus gestionan áreas contiguas de tierras, el acceso limitado al financiamiento, entre otros desafíos, dificulta los esfuerzos de reubicación planificados o dirigidos por la comunidad (KM 9.3)^{92,93}.

El cambio climático también afecta los alimentos y otros recursos culturales y tradicionales, dejando a las tribus sin sustento tradicional y medicinas para fines religiosos o ceremoniales (KM 27.6)^{94,95}. El cambio climático puede desplazar los recursos fuera de las áreas habituales y tradicionales a jurisdicciones adyacentes no tribales o provocar cambios fenológicos que afecten las prácticas culturales de cosecha⁹⁵. Por ejemplo, se prevén cambios en el hábitat del arándano silvestre y en la sincronización del florecimiento y maduración de la fruta, lo que afectará a las tribus que dependen de arándanos silvestres para usos culturales y económicos⁹⁶.

Acción climática y equidad social

Las soluciones climáticas diseñadas sin el aporte de las comunidades de primera línea pueden ocasionar una mala adaptación, aumentando la vulnerabilidad y la carga de costos^{97,98}. Por ejemplo, las medidas para reducir los impactos del calor extremo, como las infraestructuras ecológicas, han aumentado el valor de los inmuebles en ciudades como Portland y Seattle, un fenómeno conocido como “gentrificación

verde^{99,100}. A medida que las compañías de servicios públicos transfieran los costos relacionados con los eventos extremos y la transición a las energías renovables directamente a los consumidores, se espera que las facturas de los servicios públicos se vuelvan inasequibles para los hogares con bajos ingresos¹⁰¹. Una adaptación desigual exacerba los riesgos de desplazamiento para las poblaciones urbanas de bajos ingresos y puede provocar presiones de desarrollo en cascada en las áreas rurales (KM 27.6)^{102,103,104}. El aumento del costo de la vida, junto con las disparidades socioeconómicas, limita las opciones de ayuda temporal y recuperación a largo plazo para quienes se ven impactados por eventos climáticos extremos intensificados, como el domo de calor de 2021.

En respuesta a la defensa popular y a los esfuerzos comunitarios, las políticas climáticas estatales y locales del Noroeste reconocen cada vez más la importancia de la justicia climática. Estas políticas están dando prioridad a estrategias como subvencionar la adaptación, redistribuir los beneficios y reducir el daño a las comunidades de primera línea^{105,106}. A pesar de enfrentarse a riesgos desproporcionados por los impactos del cambio climático, las comunidades de primera línea han surgido como líderes en la acción climática, han elevado las políticas que centran la equidad social y confieren resiliencia a las comunidades de toda la región⁹⁷.

Mensaje clave 27.2

Los ecosistemas cambian en respuesta a los eventos extremos y la actividad humana

Se prevé que los ecosistemas cambien a medida que el clima siga cambiando y que aumente la magnitud y la frecuencia de los eventos extremos (*confianza muy alta*). Algunas actividades humanas históricas y actuales reducen la resiliencia de los ecosistemas y la capacidad de adaptación de las especies (*confianza muy alta*). Se espera que estas actividades humanas exacerben muchos efectos del cambio climático (*confianza muy alta*). Se espera que los esfuerzos humanos para permitir la adaptación ecológica basada en la teoría ecológica mejoren las funciones y los servicios de los ecosistemas y reduzcan la exposición a los peligros relacionados con el clima (*confianza media*).

Efectos ecológicos de las tendencias climáticas y los eventos extremos

Los cambios climáticos a largo plazo y la frecuencia y magnitud de los eventos extremos, como sequías, inundaciones y olas de calor, afectan las especies y los procesos ecológicos (Figura 27.3)^{107,108,109,110}. Los récords de altas temperaturas registrados en el Noroeste entre 2015 y 2021 se asociaron a muchas transformaciones ecológicas a corto o largo plazo, como mortalidad o daños fisiológicos de numerosas especies nativas de plantas y animales, cambios en la disponibilidad de agua y dinámica de los incendios forestales. Los efectos ecológicos y las respuestas al cambio climático no son uniformes, ni siquiera entre especies estrechamente emparentadas^{111,112}.

Impactos de los eventos climáticos extremos en los ecosistemas del Noroeste



Los cambios climáticos a largo plazo y los eventos extremos amenazan los ecosistemas del Noroeste.

Figura 27.3. (arriba) Se muestran las inundaciones del 16 de noviembre de 2021 en el río Nooksack. Se prevé que las inundaciones sean más frecuentes y severas como consecuencia de la intensificación de las precipitaciones y de los eventos de lluvia sobre nieve. **(centro izquierda)** Especies invasoras no nativas como el cangrejo verde europeo (*Carcinus maenas*) alteran las redes tróficas a medida que su distribución se amplía con el calentamiento.

to de las aguas costeras. **(centro)** Se espera que los flujos de escombros tras los incendios sean más comunes con el aumento de la intensidad de los incendios forestales y las precipitaciones. **(centro derecha)** Amplias áreas del Noroeste —como Idaho— son propensas a un mayor riesgo de incendios forestales. **(abajo a la izquierda)** El álamo es sensible a las altas temperaturas del aire, lo que provoca la muerte de más bosques de álamos agonizantes. **(abajo al centro)** Aumento de la distribución y densidad de gramíneas invasoras no nativas, como la espiguilla (*Bromus tectorum*), agravan el riesgo de incendios forestales. **(abajo a la derecha)** Las plántulas son más sensibles que los árboles maduros al estrés térmico y a la sequía. Imagen de satélite: (arriba) Lauren Dauphin y Joshua Stevens, NASA Earth Observatory. Créditos de las fotografías: (centro izquierda) ©Emily Grason, (centro derecha, centro izquierda, abajo a la izquierda) ©Charlie Luce, (abajo al centro) ©Erica Fleishman y (abajo a la derecha) Colorado State Forest Service.

Ecosistemas terrestres

Los habitantes del Noroeste dependen de los bosques para diversos bienes, servicios y fines culturales (KM 7.2, 27.2). El calentamiento de las temperaturas y la disminución de las precipitaciones estivales en las últimas cuatro décadas han contribuido a aumentar el tamaño y la altura máxima de los incendios forestales en los bosques del Noroeste, y se prevé que estas tendencias continúen^{113,114,115}. Dado que el calor y la sequía concurrentes son cada vez más frecuentes¹¹⁶, el volumen de vegetación estresada o muerta está aumentando, lo que incrementa la carga de combustible y el riesgo de incendios forestales. En todo el oeste de Estados Unidos, muchos bosques quemados anteriormente están volviendo a arder¹¹⁷. Algunas zonas secas y de baja altitud se están convirtiendo de bosques a arbustos tras los incendios, y se espera que estas transiciones continúen en el Noroeste^{118,119}.

En bosques y zonas áridas de arbustos del Noroeste la distribución y abundancia de la espiguilla (*Bromus tectorum*) siguen aumentando antes y después de los incendios forestales^{120,121}. El establecimiento de la espiguilla está asociada a precipitaciones relativamente altas durante el otoño y la primavera¹²⁰, y con la alteración del suelo por incendios forestales, pastoreo de ganado y otros tipos de usos de la tierra^{121,122}. Los cambios en actividades humanas como recreación, desarrollo, rutas de transporte y transmisión de energía también seguirán afectando la frecuencia de los incendios forestales (KM 27.4)¹⁰⁴. Se prevé que la duración de la temporada de incendios forestales y el potencial de igniciones provocadas por la actividad humana en todos los ecosistemas del Noroeste aumenten a medida que aumenten la frecuencia, la duración y la intensidad de la sequía¹²³.

El cambio climático puede afectar la distribución y la dinámica de población de especies nativas y no nativas. Cuando algunas especies no nativas se convierten en competidoras efectivas de las especies nativas y de otras especies no nativas, se consideran invasoras en los sistemas naturales y dominados por la actividad humana, incluidos los bosques utilizados para la explotación maderera o la recreación. Se espera que algunas de estas especies invasoras se vuelvan más prevalentes en respuesta a los aumentos proyectados de la temperatura, especialmente la temperatura mínima invernal, y a los aumentos de la frecuencia, la duración y la severidad de la sequía en todo el Noroeste^{117,124}.

Además, algunos insectos del Noroeste que dañan o matan a las coníferas son herbívoros nativos propensos a los brotes. Por ejemplo, las densidades de escarabajos nativos del pino de montaña (*Dendroctonus ponderosae*) suelen ser bajas, pero los brotes pueden provocar una mortalidad del 60 % en extensas áreas forestales¹²⁵. El escarabajo del abeto de Douglas (*Dendroctonus pseudotsugae*), otro insecto nativo del Noroeste, puede dañar tanto los abetos de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) estresados como los sanos. Los efectos de los brotes en los árboles suelen ser mayores durante los veranos calurosos y secos, cuando los árboles pueden sufrir estrés hídrico¹²⁶. Además, los inviernos cálidos pueden disminuir la mortalidad de los escarabajos y aumentar la probabilidad de un brote^{126,127}.

Ecosistemas acuáticos

Los cambios hidrológicos y térmicos provocarán cambios en la composición de especies de peces nativos y no nativos, especialmente allí donde sus hábitats se hayan visto deteriorados por el uso de la tierra, incluidas las modificaciones de los cursos de agua y las extracciones de agua^{128,129,130,131}. Por ejemplo, el aumento de las temperaturas, la propagación de enfermedades y la competencia amenazan a la trucha toro nativa (*Salvelinus confluentus*) y la trucha degollada (*Oncorhynchus clarkii*)¹³². Especies invasoras no nativas como la lobina de boca pequeña (*Micropterus dolomieu*), que prosperan en aguas más cálidas, siguen expandiéndose en la cuenca del río Columbia, compitiendo con los salmónidos nativos y consumiéndolos^{133,134}. El aumento de la intensidad de las precipitaciones y de los eventos de lluvia sobre nieve incrementará la severidad y la frecuencia de las inundaciones, lo que pone en peligro los huevos y alevines de salmón^{135,136,137,138,139}.

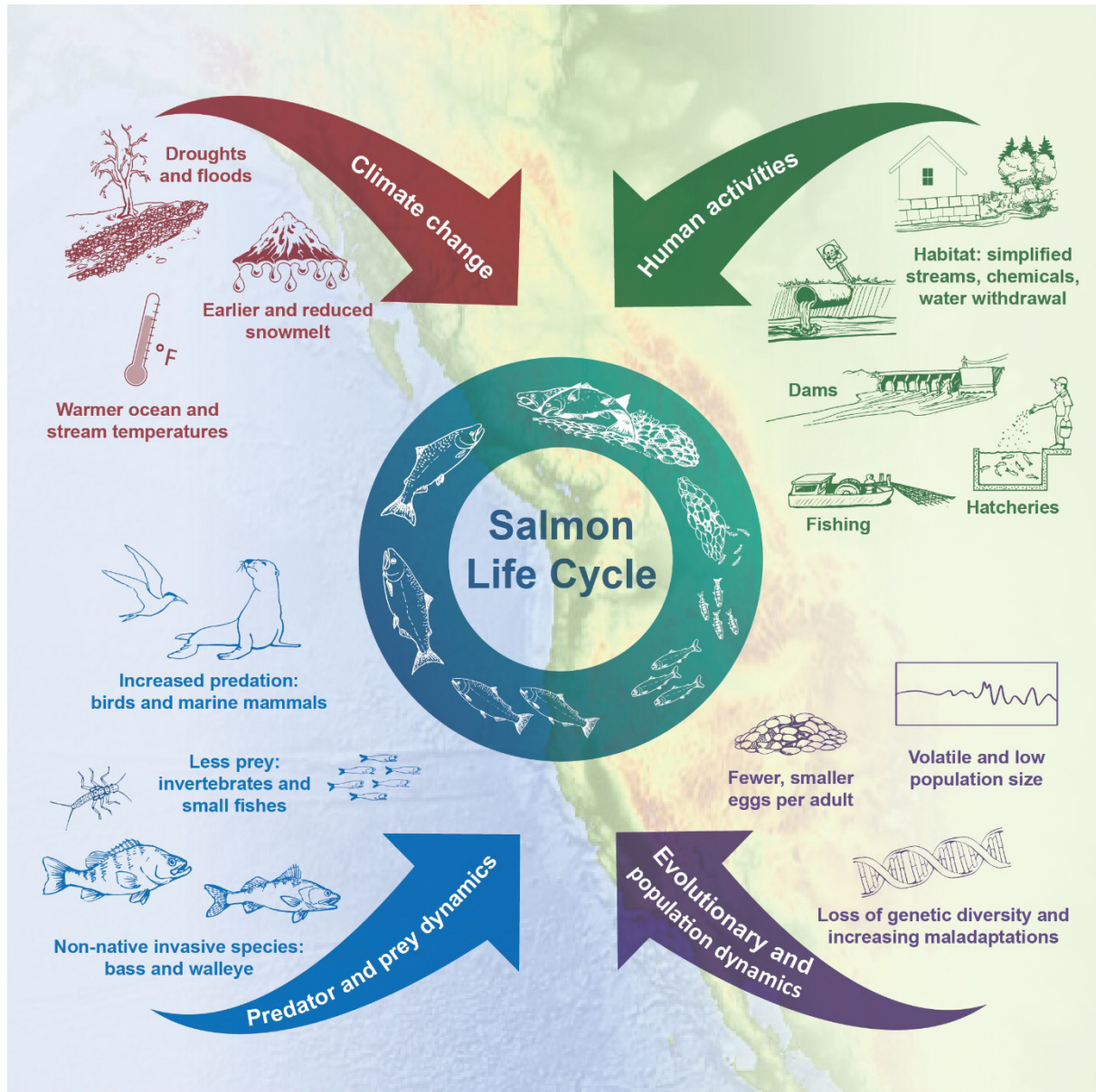
Se prevé que el aumento del tamaño y la intensidad de los incendios forestales provoque extinciones locales de peces residentes¹⁴⁰, temperaturas más cálidas en los arroyos¹⁴¹ y un aumento del transporte de sedimentos, turbidez y sedimentos finos en los lechos de los arroyos^{142,143}. La conectividad de los hábitats puede mejorar las extinciones locales después de los incendios forestales y los flujos de escombros después de los incendios, aunque la extinción local puede ser permanente si los parches de hábitat son pequeños y están aislados por la temperatura o los drenajes de las carreteras¹⁴⁴.

Ecosistemas costeros y marinos

La ola de calor marina de 2014-2016 tuvo numerosos efectos en el ecosistema marino altamente productivo de la corriente de California^{145,146,147}, incluido el primer envenenamiento por ácido domoico documentado en leones marinos, con niveles detectables de ácido domoico en delfines, ballenas y focas frente a la costa de Washington¹⁴⁸. Estas toxinas son ahora detectables durante todo el año en los leones marinos, no solo durante el florecimiento de algas¹⁴⁹. Los cambios en el ecosistema durante la ola de calor también provocaron la mortalidad masiva de aves marinas, como los mérgulos sombríos (*Ptychoramphus aleuticus*)⁴⁸ y el arao común (*Uria aalge*)¹⁵⁰, y ha provocado cierres masivos de la pesca de cangrejo y mariscos⁵⁴. Muchas poblaciones de salmón también se redujeron bruscamente después de la ola de calor¹⁵¹. Las evidencias preliminares indican que, luego del calor extremo de junio de 2021, numerosas especies de mariscos sufrieron estrés térmico o murieron¹⁵². Se prevé un aumento de la frecuencia y la intensidad de las olas de calor marinas y¹⁵³ se espera que estas tengan impactos de amplio alcance en los ecosistemas marinos¹⁵⁴ y aumenten la incidencia de conflictos entre la actividad humana y la vida silvestre, como el enredo de ballenas en redes de pesca¹⁵⁵. Aunque los impactos de las futuras olas de calor marinas sobre las especies variarán (algunas especies disminuirán, otras aumentarán y otras cambiarán su distribución), es posible que la normativa y las prácticas actuales no respondan adecuadamente a estos impactos, lo que podría provocar alteraciones en la pesca (KM 27.3)¹⁴⁵.

La abundancia del salmón, la edad de maduración y el tamaño en la madurez están ampliamente correlacionados con las tendencias climáticas (Figura 27.4)^{156,157,158,159}. El salmón Chinook y el salmón rojo de primavera y verano del río Snake de Idaho corren un riesgo especialmente alto en múltiples escenarios futuros de temperatura (Recuadro 27.1)^{160,161,162,163,164,165}. Se espera que el aumento de las temperaturas incremente la duración y la extensión espacial de las condiciones propicias para la proliferación de algas nocivas^{166,167}, lo que intensifica las amenazas para mamíferos marinos, peces y mariscos. La inestabilidad de las poblaciones aumenta la volatilidad de la pesca y el riesgo de extinción de especies que ya se encuentran en una situación de baja abundancia^{168,169}.

Interacción de factores de estrés que afectan la resiliencia del salmón



Los factores de estrés derivados de las interacciones entre las actividades humanas y los sistemas naturales afectan los ecosistemas marinos y de agua dulce y reducen la resiliencia del salmón al cambio climático.

Figura 27.4. Las actividades humanas y el cambio climático alteran el entorno físico de forma concertada, amplificando a menudo sus impactos a través de efectos acumulativos a lo largo del ciclo vital del salmón. También alteran directa e indirectamente los sistemas marinos y de agua dulce. Los sistemas naturales responden a los cambios de su entorno mediante procesos evolutivos y ecológicos. La suma de estos muchos procesos diferentes ha provocado el declive de muchas poblaciones de salmón durante décadas y ha reducido su capacidad para lidiar con el futuro cambio climático. Créditos de la figura: NOAA Fisheries.

Recuadro 27.1. Salmón rojo del río Snake

El salmón rojo del río Snake, una especie importante para la región, es muy vulnerable al cambio climático^{161,170,171,172}. La aplicación de la genética de la conservación y cooperación interinstitucional y tribal^{173,174} han sostenido a esta población con características culturales y ecológicas únicas.

A lo largo de 150 años, diversas actividades humanas han afectado el salmón rojo de Idaho. Por ejemplo, la sobrepesca, la construcción de presas que bloquearon la migración durante períodos y la repoblación de poblaciones de peces no nativos alteraron los procesos ecológicos acuáticos de forma compleja¹⁷⁵. Numerosos factores contribuyeron al declive del salmón rojo hasta que casi no regresaron peces del océano en la década de los años 90 del siglo XX. Los 16 adultos que se sabe que regresaron durante esa década fueron capturados y llevados a un programa de cría^{176,177}. Posteriormente, una colaboración entre biólogos federales, estatales y tribales aumentó la reproducción de los peces cautivos, lo que permitió la liberación de esguines y de algunos adultos al medio natural para desovar. En 2014, un pico de 1,579 salmones rojos regresó a las Montañas Sawtooth de Idaho¹⁵¹.

En julio de 2015, una ola de calor sin precedentes combinada con la escasez de nieve del invierno anterior provocó altas temperaturas del agua que mataron a casi todos los adultos que migraban de forma natural, lo que resaltó la vulnerabilidad de esta etapa de la vida del salmón rojo^{161,178,179}. Para proteger la diversidad genética en los años cálidos y maximizar la capacidad reproductiva, se han recogido adultos en las presas y se han transportado río arriba casi 500 millas. Para la década de los años 40 de este siglo, las temperaturas en el río Salmon, que recorre 425 millas en el centro y el este de Idaho, podrían aumentar varios grados más que en los ríos más grandes aguas abajo en los escenarios A1B y B1 del Informe Especial sobre Escenarios de Emisiones (Special Report on Emissions Scenarios, SRES) (similares a los escenarios intermedio y alto). El río Salmon podría perder casi la mitad de su caudal durante la ventana de migración de los adultos, amenazando a esta especie en peligro de extinción¹⁶¹. Extensas extracciones de agua y modificaciones del hábitat en la cuenca del río Salmon^{171,180,181} agravan estas condiciones. No obstante, la calidad del hábitat de cría de juveniles¹⁸² y la supervivencia marina¹⁷⁴ son relativamente altos en esta población, y los programas de reintroducción cuentan con un amplio apoyo¹⁸³. Acciones adicionales para restaurar el agua fría y limpia en toda la cuenca favorecerían la adaptación natural de la población al cambio climático^{181,184,185}.

Capacidad de adaptación de los ecosistemas y las especies al cambio climático

El uso histórico y contemporáneo de la tierra interactúa con el cambio climático para afectar la capacidad de adaptación de las especies: su capacidad genética, física y de comportamiento para responder al cambio medioambiental^{186,187}. Entre las muchas estrategias diferentes para adaptarse y crear resiliencia en los ecosistemas del Noroeste se incluyen protección y gestión ecológicas, migración asistida, mecanismos basados en el mercado y conservación de la diversidad genética^{188,189,190}.

La protección y restauración de las masas de agua naturales y de los procesos que mantienen la disponibilidad y calidad del agua pueden contrarrestar algunos efectos del uso de la tierra, incluida la creciente demanda de irrigación que reduce el caudal de los arroyos y la calidad de los hábitats de agua dulce¹⁶. Del mismo modo, la modificación de las estructuras naturales o construidas para el control de las inundaciones puede reducir los efectos adversos aguas abajo de los cambios en la hidrología, la sedimentación y la erosión de las costas y mejorar la calidad del agua y la capacidad de drenaje de las aguas subterráneas en los sistemas agrícolas¹⁹¹. Estos esfuerzos pueden generar beneficios en cascada para los hábitats, lo que favorece a los salmónidos, otros peces, mariscos y aves costeras^{192,193}.

La restauración de las llanuras aluviales que sirven de hábitat al salmón¹⁹⁴ también beneficia a los seres humanos al reducir la exposición actual y futura de la agricultura y las infraestructuras a las inundaciones provocadas por los efectos combinados del aumento del nivel del mar, las marejadas ciclónicas y la escorrentía de los arroyos^{195,196}. Como en las décadas recientes se han eliminado varias presas y otros obstáculos a las áreas históricas de desove, en algunos casos los peces han recolonizado rápidamente los nuevos hábitats accesibles^{197,198,199,200}.

La reintroducción del fuego y el clareo de la vegetación no resistente al fuego reducen la severidad y el riesgo de incendios forestales en algunos bosques y arboledas del Noroeste, especialmente en los tipos de bosque seco en los que se ha acumulado vegetación debido a las políticas de exclusión de incendios aplicadas en el pasado^{201,202}. Estas prácticas de gestión forestal también tienen el potencial de reducir la mortalidad relacionada con la sequía²⁰³. Las quemadas y clareos forestales pueden no disminuir la severidad y el riesgo de incendios forestales en tipos de bosques húmedos o fríos^{204,205}, pero pueden aumentar la diversidad vegetal y animal.

Los humedales ofrecen cierta protección contra los eventos climáticos extremos²⁰⁶. Los bancos de mitigación de humedales crean o mejoran humedales en un lugar determinado como compensación por la pérdida o degradación de otros humedales. El número de estos bancos ha aumentado en toda la región²⁰⁷, pero las evaluaciones a largo plazo de los humedales creados²⁰⁸ o la efectividad de los bancos de mitigación de humedales²⁰⁹ son poco frecuentes. Los enfoques basados en el mercado, como los arrendamientos temporales de derechos de agua o las transferencias permanentes, tienen el potencial de apoyar las funciones de los ecosistemas, como el aumento del caudal de los cursos de agua para la salud de los peces, con pagos a los usuarios de recursos competidores²¹⁰. Sin embargo, los cuellos de botella políticos y de mercado afectan la eficacia de estos enfoques²¹¹.

La capacidad de las especies para adaptarse al cambio climático es variada, y la probabilidad de adaptación depende en parte de la cantidad de variación genética de una población o especie, que suele estar relacionada con el número de individuos y su parentesco¹⁸⁸. En general, las respuestas evolutivas al cambio climático reciente han sido menores de lo que cabría esperar, y estas limitaciones no se comprenden del todo^{212,213}. La viabilidad de cuantificar la abundancia, el parentesco y la variación genética varía entre poblaciones y especies, y estas medidas no se han estimado para muchas poblaciones y especies.

Mensaje clave 27.3

Los impactos en las economías regionales tienen efectos en cascada sobre los medios de subsistencia y el bienestar

Los impactos del cambio climático en las economías del Noroeste dependientes de los recursos naturales y de las actividades al aire libre serán variables, dada la diversidad de industrias, cobertura de la tierra y zonas climáticas (*confianza muy alta*). Los impactos en estas industrias tendrán efectos en cascada sobre los medios de subsistencia y el bienestar de la comunidad (*confianza alta*). Aunque algunas industrias y comunidades dependientes de los recursos son resilientes a las tensiones relacionadas con el clima, las respuestas económicas al cambio climático pueden beneficiar a las industrias, los trabajadores y los medios de subsistencia afectados (*confianza media*).

Industrias agrícolas y medios de subsistencia

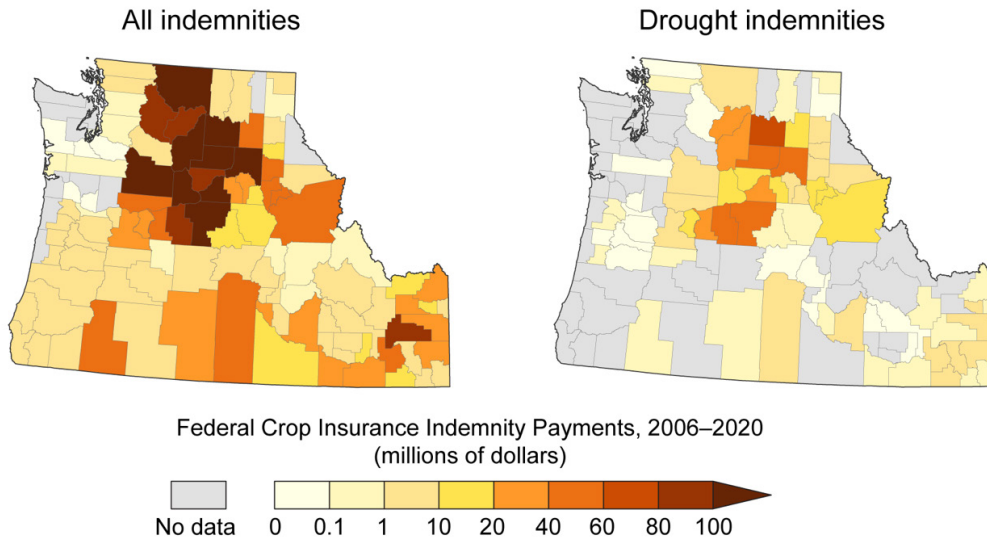
El Noroeste abarca 138.8 millones de acres de tierras de cultivo, praderas, pastos, pastizales y bosques públicos y privados²¹⁴, y la producción agrícola ascendió a \$6,280 millones de dólares en 2021 (en dólares de 2021)²¹⁵. La economía agrícola incluye granjas y ranchos que han estado en funcionamiento durante varias generaciones y depende de una mano de obra migrante estacional, principalmente de México y América Central (KM 27.1).

El cambio climático afecta la cantidad y la calidad de la producción de cultivos, y los múltiples efectos que compiten entre sí dependen del cultivo y de la región, lo que provoca aumentos y disminuciones en los rendimientos proyectados (Recuadro 27.2; KM 11.1).²¹⁶ La acumulación de frío —la exposición a temperaturas frías durante la latencia— es clave para el cuajado y la calidad de los frutos en los cultivos perennes y se prevé que disminuya en las zonas meridionales del Noroeste y aumente en las septentrionales²¹⁷. El aumento de la exposición a temperaturas extremas puede inducir efectos cosméticos (p. ej., quemaduras solares en las manzanas) que hacen que los cultivos sean cada vez menos comercializables²¹⁸. Se espera que la presión de las plagas aumente debido al cambio climático; sin embargo, las investigaciones preliminares indican que la eficacia del control no químico de las plagas también puede aumentar, ofreciendo oportunidades para reducir el uso de plaguicidas y beneficios medioambientales²¹⁷. Los otoños más cálidos se han relacionado con un aumento potencial del riesgo de fracaso de las colonias de abejas melíferas (*Apis mellifera*) en la primavera siguiente, incluso en ausencia de otros factores de estrés,^{219,220} lo que afecta a la industria de cultivos especializados que depende de las abejas melíferas gestionadas. Aunque el aumento de las temperaturas en algunas regiones puede presentar nuevas oportunidades económicas, como el cultivo de la uva de vino en Puget Sound²²¹, otros impactos relacionados con el clima, como el humo de los incendios forestales, pueden obstaculizar estas industrias emergentes²²².

La sequía también ha afectado las tierras agrícolas y los pastizales de la región. En toda la región, la sequía de 2021 redujo el acceso al agua de riego y provocó pérdidas de rendimiento en varios cultivos²²³. También se atribuyeron a la sequía disminuciones significativas del rendimiento entre 2020 y 2021 en el trigo de invierno, el trigo de primavera y la cebada²²⁴. Las sequías también han disminuido la disponibilidad de forraje y la productividad, lo que afecta las explotaciones ganaderas y la gestión del hábitat de otras especies²²⁵. Los enfoques de mercado, como la cesión temporal de agua, pueden aliviar hasta cierto punto los impactos de la sequía sobre la productividad agrícola y la economía regional²²⁶. Del mismo modo, los bancos de césped, que permiten a los propietarios arrendar espacio forrajero a los ganaderos a cambio de la ejecución de proyectos de conservación por parte de estos, pueden permitir a los ganaderos gestionar mejor la escasez de forraje causada por la sequía y están ganando popularidad en el oeste de Estados Unidos^{227,228}.

Las tendencias al alza en los pagos por pérdidas de seguros de cosechas —un indicador asociado a la interrupción económica de la producción agrícola debido a eventos e impactos extremos— reflejan el calentamiento de las temperaturas en la región y la disminución del manto de nieve (Figura 27.5)^{229,230}. Las percepciones de los productores agrícolas sobre el riesgo climático afectan la eficacia de los esfuerzos de adaptación y resiliencia basados en el lugar, y las operaciones que se adaptan a las condiciones climáticas extremas y cambiantes pueden ver mejorada su productividad y resiliencia (KM 6.1, 27.1)^{3,82,83,87,231}.

Pérdidas agrícolas por pagos de indemnizaciones del seguro de cosechas



Las tendencias al alza en los pagos por pérdidas de seguros de cosechas reflejan la alteración económica de la producción agrícola debido a eventos extremos, entre ellos las sequías.

Figura 27.5. Estos mapas de condados comparan todos los pagos de indemnizaciones del seguro de cultivos de la Agencia de Gestión de Riesgos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (**izquierda**) con los que se deben específicamente a la sequía, desde 2006 hasta 2020 (**derecha**). Todas las indemnizaciones reflejan los impactos biofísicos y socioeconómicos de los eventos meteorológicos y climáticos, incluidas las grandes sequías, en importantes productos básicos como el trigo y la papa. Créditos de la figura: USDA. Consulte los metadatos de las figuras para conocer otros colaboradores.

Industrias forestales y medios de subsistencia

Los bosques del Noroeste brindan múltiples servicios ecosistémicos y económicos. El aumento de las temperaturas y la mayor frecuencia de las perturbaciones ecológicas pueden afectar la estructura y el crecimiento de los bosques (KM 27.2)²³², lo que provocaría reducciones en la cantidad y calidad de los productos forestales y de las especies maderables de importancia comercial^{233,234,235,236}. Por ejemplo, estos impactos podrían provocar el aumento de la densidad y la distribución del pino ponderosa a mayor altitud en la ecorregión de las Montañas Azules y la expansión del abeto Douglas de la Cordillera Cascade occidental a mayores altitudes, lo que afectaría el suministro de madera y el potencial de secuestro de carbono^{234,237,238}. Los bosques secos de coníferas y las zonas boscosas de elevaciones bajas y medias —como los del lado este de la Cordillera Cascade, el ecotono pradera-bosque de Palouse en Idaho y las áreas más secas de las Montañas Rocosas— experimentarán grandes aumentos en la frecuencia, la extensión y la severidad de los incendios forestales, y amenazarán iniciativas de gestión forestal y maderera^{117,239,240}.

Los impactos climáticos sobre las industrias forestales afectarán los medios de subsistencia de las comunidades que dependen de la madera y de los productos forestales no madereros^{234,237}. Aunque las economías rurales basadas en la madera se enfrentan a riesgos económicos adicionales derivados de los incendios forestales y la sequía, también disponen de conocimientos y experiencia locales para reducir efectivamente algunos de estos riesgos (KM 27.1)²⁴¹. A pesar de ello, los impactos climáticos sobre las industrias de productos forestales pueden provocar una depresión económica en algunas comunidades, lo que se traduce en su migración (KM 27.6)²⁴¹. Sin embargo, los cambios localizados de especies podrían inducir a las industrias y a los propietarios privados a tomar nuevas decisiones de adaptación económicamente beneficiosas^{235,242}. Otras oportunidades emergentes, como la madera laminada cruzada, pueden apoyar a las

economías madereras locales al tiempo que ofrecen alternativas sostenibles y menos intensivas en carbono para la construcción²⁴³.

Se espera que la reforestación y la forestación beneficien las funciones de los ecosistemas, como aumento de la calidad del agua, capacidad de almacenamiento de carbono a largo plazo y viabilidad de algunas especies nativas (KM 7.2)²⁴⁴. Las empresas forestales tribales utilizan técnicas de cosecha y conservación basadas en sistemas de valores indígenas para apoyar la mejora de la gestión forestal²⁴⁵. Por ejemplo, las Tribus Confederadas de la Reserva de Colville están empleando tecnologías innovadoras de drones para realizar inventarios forestales, lo que les permite mejorar sus esfuerzos de gestión forestal y maderera, la calidad del aire y del agua, el hábitat de la vida silvestre, la preservación de áreas y prácticas culturales y el potencial de secuestro de carbono²⁴⁶.

Pescas comercial y medios de subsistencia

El cambio climático ha afectado la pesca en el Noroeste (KM 27.2, 10.2). Las olas de calor marinas y el florecimiento de algas nocivas han provocado pérdidas pesqueras inducidas por el clima en la Costa Occidental, lo que supone una reducción de \$641.1 millones (en dólares de 2022) en los ingresos de la pesca comercial²⁴⁷. El cambio climático también puede intensificar factores de estrés como la disminución de las tasas de captura y desembarque y la aceleración del fenómeno del envejecimiento de la flota, es decir, el aumento de la edad promedio de los pescadores comerciales^{248,249}. Las pérdidas y cierres pesqueros pueden afectar las industrias relacionadas con la pesca, como la hostelería y a la identidad cultural de los residentes que dependen directa o indirectamente de la pesca²⁵⁰.

Las tribus representan más de la mitad de las solicitudes federales de pérdida pesquera²⁴⁷. Un mayor descenso de la población, especialmente del salmón del Pacífico, tendrá consecuencias adicionales para las comunidades tribales que dependen del pescado para su sustento, ceremonias y salud^{95,251}. La acidificación marina, los eventos de hipoxia y la proliferación de algas también están perjudicando la pesca tribal de cangrejo Dungeness²⁵². No siempre es factible para las tribus obtener préstamos y equipos y prosperar en sistemas de mercado competitivos. Sin embargo, muchas tribus están utilizando enfoques indígenas y asociaciones tribales-federales para aumentar la resiliencia de su pesca comercial y de subsistencia²⁵³.

Industrias de turismo, recreación y atención al cliente

La industria del turismo y las actividades recreativas al aire libre en el Noroeste generan \$51,900 millones (en dólares de 2022) en gastos anuales y emplean más de 588,000 personas²⁵⁴. Los impactos económicos del cambio climático en la industria recreativa variarán⁷⁹. Se proyecta que la temporada de nieve se reduzca casi a la mitad a finales de siglo en algunas zonas de la Cordillera Cascade²⁵⁵. Las industrias recreativas basadas en la nieve, como el esquí, ya han perdido ingresos debido a la disminución de los días de nieve, y se espera que los futuros impactos sobre el manto de nieve perjudiquen aún más las industrias recreativas basadas en la nieve^{256,257}. En contraste, el deshielo más temprano en primavera y el aumento de las temperaturas pueden aumentar el acceso a las rutas de senderismo y a los campamentos, alargando así estas temporadas. Sin embargo, un cambio regional de un sistema dominado por la nieve a un sistema dominado por la lluvia (KM 27.6)^{16,258} puede plantear nuevos desafíos operativos y de mantenimiento debido al aumento de las inundaciones y la erosión²⁵⁹. Las áreas quemadas recientemente suelen cerrarse como medida de seguridad, y la mala calidad del aire debido al humo de los incendios forestales puede disuadir de realizar actividades al aire libre y recreativas^{79,260}.

El aumento de las temperaturas puede incrementar la demanda de actividades acuáticas y de condiciones meteorológicas cálidas, como la navegación, el ciclismo y la pesca (KM 27.6)^{79,261}. Por ejemplo, se espera que aumenten los beneficios económicos de las actividades ciclistas en Washington debido a la disminución del

número de días fríos²⁶². Sin embargo, el cambio climático puede reducir la calidad y la estética de los lugares de recreación, lo que afecta las preferencias de los usuarios y provoca una reducción de las tasas de visita⁷⁹.

Los cambios en la gestión de las actividades recreativas pueden producir resultados no equitativos. El aumento de los costos de acceso a los lugares de recreación y la capacidad limitada para desplazarse a destinos alternativos afectarán de forma desproporcionada a los visitantes con ingresos bajos. El aumento del costo de vida en áreas de gran afluencia, como las estaciones de esquí, también supondrá una carga para los trabajadores y las comunidades adyacentes (KM 27.6)²⁶³. Las actividades al aire libre, como el esquí y el senderismo, pueden mejorar la salud en general y, por tanto, reducir los costos de atención médica; sin embargo, la disminución del acceso a estas actividades puede provocar un mayor riesgo de enfermedades crónicas, impactos en la salud mental y pérdida del patrimonio cultural y de conexión con el lugar (KM 27.6)²⁶⁴.

Recuadro 27.2. Las economías agrícolas tribales se adaptan al cambio climático

Las economías tribales del Noroeste son diversas y muchas se ven afectadas por el cambio climático. Las tribus están utilizando enfoques innovadores que combinan las ciencias indígenas y occidentales para responder a estos desafíos.

El cambio climático afecta la agricultura tribal²⁶⁵. La Tribu Nez Perce trabaja actualmente con gestores no tribales para poner a prueba prácticas agrícolas regenerativas que integren los conocimientos ecológicos tradicionales para mejorar la resiliencia económica, ecológica y cultural²⁶⁶. La Nación Yakama está readquiriendo tierras agrícolas para promover la soberanía alimentaria y formar a la próxima generación de miembros de la tribu en agricultura sostenible y regenerativa^{267,268}.

Transición justa y medios de subsistencia comunitarios

A medida que las economías locales del Noroeste se orientan hacia industrias con bajas emisiones de carbono y prácticas adaptadas al clima, los trabajadores históricamente sobrecargados se enfrentarán a una mayor exposición a los peligros relacionados con el clima, así como a los riesgos de quedar excluidos de los cambios económicos hacia una economía ecológica (KM 27.1)^{76,97,269}. Los gobiernos locales, las tribus, los sindicatos y los grupos comunitarios de toda la región están evaluando y adoptando políticas y programas que apoyan una transición justa (KM 20.3)⁹⁷. Los esfuerzos hacia una transición justa en la región del Noroeste incluyen inversiones en sectores con bajas emisiones de carbono, planes locales de diversificación económica, formación y desarrollo de capacidades para los trabajadores de industrias dependientes de los recursos y de los combustibles fósiles, ayuda financiera para las comunidades afectadas y protección de los trabajadores^{270,271}. A pesar de los avances en sectores específicos, los esfuerzos que tienen en cuenta a los trabajadores históricamente sobrecargados pueden reducir las posibles alteraciones de los medios de subsistencia causadas por los cambios económicos asociados a la descarbonización^{97,272}.

Mensaje clave 27.4

Los sistemas de infraestructuras se ven afectados por el cambio climático, pero pueden facilitar la mitigación y la adaptación

Los recientes eventos extremos han puesto a prueba los sistemas hídricos y las infraestructuras de vivienda, transporte y energía en todo el Noroeste (*confianza muy alta*). Las precipitaciones extremas, las sequías y las olas de calor se intensificarán debido al cambio climático y seguirán amenazando estos sistemas interrelacionados (*confianza muy alta*). Dada la complejidad y la interdependencia de los sistemas de infraestructuras, un impacto o una respuesta en un sector pueden afectar en cascada otros sectores (*confianza muy alta*). La planificación intersectorial, que puede incluir el rediseño de infraestructuras obsoletas y la incorporación de consideraciones climáticas en las decisiones sobre el uso de la tierra, puede aumentar la resiliencia a la variabilidad y los eventos climáticos extremos en el futuro (*confianza alta*).

Los sistemas de infraestructuras se ven amenazados por eventos extremos como sequías, incendios forestales, olas de calor, inundaciones y deslizamientos de tierra (KM 12.2)²⁷³. El cambio climático ha puesto de manifiesto la vulnerabilidad de la planificación y el diseño de las infraestructuras, que suelen basarse en condiciones históricas y no tienen en cuenta el reciente aumento de la frecuencia o la severidad de los eventos extremos. Las comunidades aisladas y las que carecen de alternativas en caso de fallo de las infraestructuras se encuentran entre las más vulnerables. El diseño de infraestructuras resilientes exige tener en cuenta las interdependencias entre los elementos físicos y sociales del entorno construido^{274,275,276}.

Infraestructuras hídricas

Las sequías de la última década en el Noroeste demostraron la vulnerabilidad del suministro de agua, como el agotamiento de los embalses en el centro y este de Oregón y el sur de Idaho^{277,278}. Algunas fuentes de agua, infraestructuras y operaciones que tratan y transportan el agua fueron resilientes durante estas sequías. Sin embargo, algunos proveedores de agua se vieron obligados a acceder a fuentes alternativas, instituir medidas de conservación obligatorias o voluntarias o modificar de otro modo sus operaciones. Los pequeños proveedores rurales de agua son vulnerables porque suelen depender de una sola fuente de agua o de fuentes con capacidad limitada y porque los operadores suelen disponer de recursos limitados para la planificación, las mejoras y la respuesta a emergencias (KM 27.1). Los incendios forestales de 2020 y 2021 dañaron elementos físicos de los sistemas de suministro y tratamiento de agua, interrumpieron los sistemas eléctricos y aumentaron la cantidad de sedimentos en los cursos de agua y embalses^{142,279}. Estas vulnerabilidades aumentarán a medida que las sequías y los incendios forestales sean más frecuentes y severos.

Alrededor del 30 % de los hogares del Noroeste utilizan sistemas sépticos para tratar sus aguas residuales²⁸⁰. El aumento del nivel del mar, las altas temperaturas, las precipitaciones extremas y los caudales elevados reducen la función de los sistemas sépticos^{281,282}. Por ejemplo, los suelos saturados impiden el tratamiento de las aguas residuales en los pozos de drenaje²⁸³. Los fallos en el almacenamiento y tratamiento de las aguas residuales afectarán negativamente la salud humana y aumentarán las cargas de nitrógeno en los cursos de agua²⁸⁴.

Los nuevos datos y tecnologías pueden hacer que los sistemas de agua potable y pluviales sean más resilientes al cambio climático. Por ejemplo, las proyecciones de cambios en la duración, la intensidad y la frecuencia de las tormentas²⁸⁵ suministran la información necesaria para mejorar los sistemas de aguas pluviales con el fin de reducir las tensiones derivadas de las precipitaciones extremas^{286,287}. Las compañías de suministro de agua pueden reducir las pérdidas de agua durante el suministro y aliviar la tensión del sistema

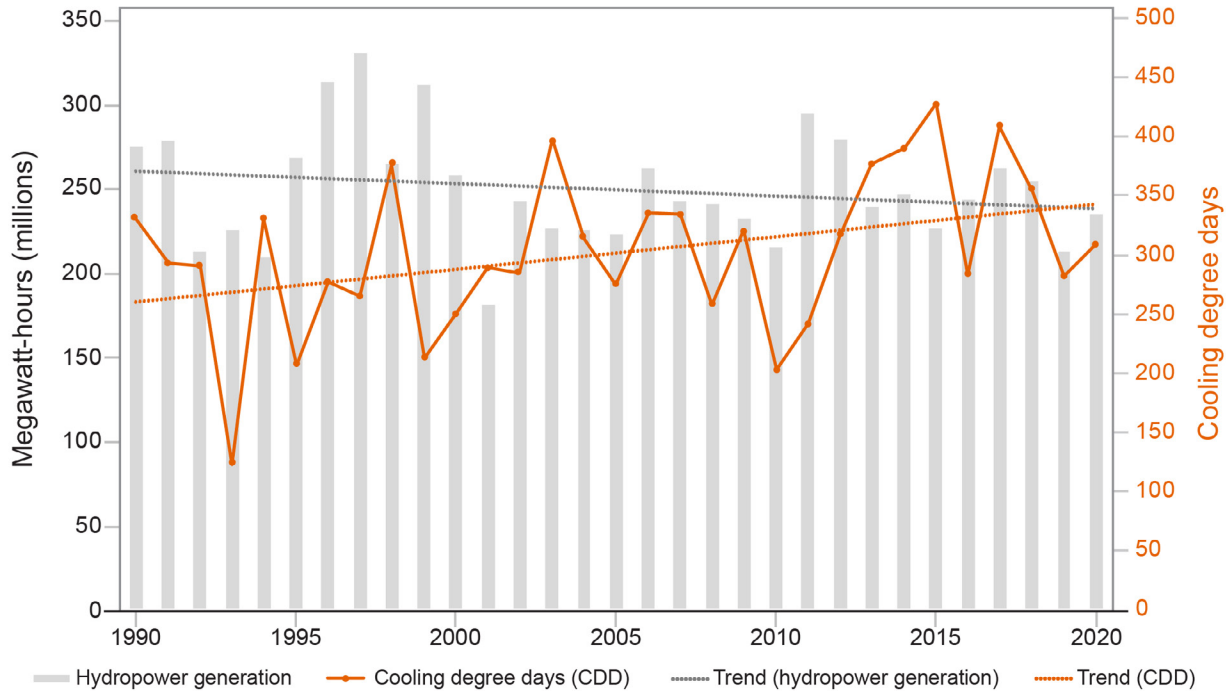
durante los veranos más calurosos y las sequías más severas al mejorar las líneas de distribución y minimizar las pérdidas de agua durante el tratamiento²⁸⁸. Los electrodomésticos que ahorran agua, los aspersores con sensores de humedad del suelo, las plantas resilientes a la sequía y la educación y los incentivos para la conservación también pueden reducir la demanda de agua²⁸⁸.

Infraestructuras energéticas

El cambio climático impacta casi todos los aspectos del sistema energético, con interdependencias y efectos en cascada en otros sectores críticos (KM 5.1, 12.2, 31.1; Enfoque en Eventos Compuestos). Por ejemplo, menos nieve, un deshielo más temprano y sequías más frecuentes e intensas alterarán la capacidad estacional de la energía hidroeléctrica, fuente primaria de energía regional, para satisfacer la demanda de electricidad^{278,289,290,291}. El deshielo más temprano también está aumentando la necesidad de almacenamiento de agua en los embalses de Idaho¹. La eliminación de presas puede favorecer la recuperación del salmón, pero puede reducir la capacidad de recuperación del sistema energético regional (Recuadro 27.1)²⁹².

El aumento de las temperaturas y las olas de calor están modificando la sincronización estacional y la huella espacial de la demanda de electricidad^{291,293}. Los grados día de enfriamiento, una métrica asociada a la demanda de energía para enfriamiento, están aumentando en todo el Noroeste, y el aumento de la población de la región también afectará la demanda de electricidad, pudiendo provocar déficits energéticos (Figura 27.6)²⁹⁴. Se prevé que el crecimiento demográfico y las sequías amplifiquen las reclamaciones de suministro de agua por parte de irrigadores, tribus, centrales eléctricas y otros titulares de derechos de agua^{295,296}, lo que pone de manifiesto la interdependencia de los sistemas energéticos, hídricos y agrícolas. Estrategias como la gestión de la demanda (cambios voluntarios en las cargas de energía) y las continuas adiciones de energía solar, como la que está llevando a cabo la Tribu Nez Perce²⁹⁷, pueden aumentar la resiliencia de la infraestructura energética.

Grados día de enfriamiento anuales en relación con la generación hidroeléctrica anual



La generación hidroeléctrica cumple actualmente el número de grados día de enfriamiento, pero podría no seguir haciéndolo a medida que aumenten las temperaturas y las olas de calor en el futuro.

Figura 27.6. Los grados día de enfriamiento —el número acumulado anual de días en los que la temperatura promedio es superior a 65 °F— suelen utilizarse para medir la demanda de energía de enfriamiento. Durante 1990-2020, el número anual de grados día de enfriamiento (líneas naranjas) aumentó, mientras que la generación hidroeléctrica anual (en millones de megavatios horas, barras grises) disminuyó ligeramente. Es posible que la generación hidroeléctrica no satisfaga la futura demanda de enfriamiento proyectada, especialmente durante el verano. Créditos de la figura: Boise State University y Cascadia Consulting Group.

Las redes de transporte y distribución de electricidad son a la vez una fuente de riesgo de incendios forestales y también corren riesgo de sufrirlos, sobre todo en condiciones de calor, sequedad y viento. Las compañías de servicios públicos de electricidad y las agencias de gestión del territorio están evaluando las posibles medidas que pueden adoptar para reducir el riesgo de incendios forestales en el futuro y su impacto en los sistemas eléctricos (Recuadro 27.3). Algunas compañías de servicios públicos de electricidad del Noroeste están aplicando programas de cortes de energía por seguridad pública o de “desconexión rápida” que desencadenan cortes cuando se detectan fallos²⁹⁸. Estos cortes pueden reducir la probabilidad de igniciones de la red eléctrica cuando se complementan con otras medidas de mitigación de riesgos, pero también pueden afectar negativamente las economías locales y la salud humana (Enfoque en los Incendios Forestales del Occidente). Los riesgos para la infraestructura de la red eléctrica derivados de los incendios forestales también pueden ser mayores en las áreas remotas, ya que la capacidad de monitoreo es menos robusta.

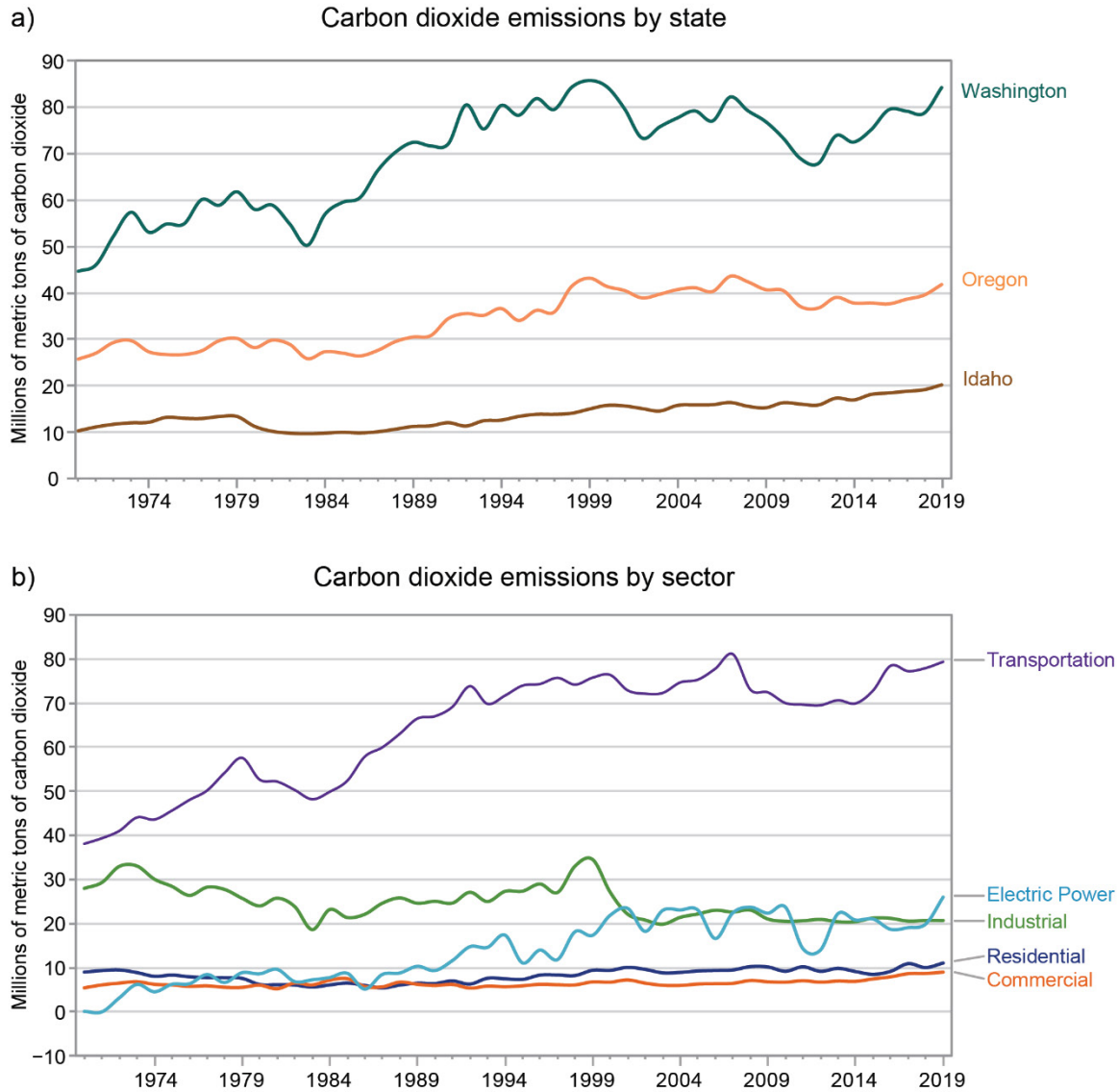
Recuadro 27.3. Grupo de trabajo de prevención de incendios forestales de las compañías de servicios públicos de electricidad del estado de Washington

Muchos estados, incluidos los del Noroeste, están adoptando nuevas medidas ante los desafíos relacionados con el clima para las infraestructuras energéticas críticas. Por ejemplo, en respuesta a los incendios forestales del oeste en 2019 encendidos por líneas de transmisión eléctrica o que redujeron temporalmente los servicios eléctricos, la Legislatura del estado de Washington convocó al grupo de trabajo de prevención de incendios forestales de las compañías de servicios públicos de electricidad²⁹⁹ con la intención de aumentar la resiliencia de la infraestructura eléctrica a través de una mejor coordinación entre agencias y fuentes de información. El grupo de trabajo asesoró al Departamento de Recursos Naturales del estado de Washington sobre gestión de la vegetación, protocolos de comunicación y protocolos de investigación relacionados con el riesgo de incendios forestales y la fiabilidad de la electricidad. Los tres resultados de la labor del grupo de trabajo fueron un modelo de acuerdo para la gestión de la vegetación fuera de los derechos de paso, protocolos para la investigación coordinada de los incendios forestales que interactúan con las empresas de servicios públicos y la coordinación de intercambios anuales de información entre gestores de tierras, operadores de servicios públicos y expertos en incendios forestales.

Las emisiones de carbono han aumentado en términos absolutos en el Noroeste (Figura 27.7). El cambio hacia sistemas energéticos con bajas emisiones de carbono puede ser complejo, y existen diversas concesiones mutuas y beneficios colaterales entre las innovaciones tecnológicas que pueden mejorar la viabilidad de las fuentes de energía limpia y aumentar la resiliencia tanto de los sistemas de infraestructuras como de las comunidades e industrias que dependen de ellos (KM 5.3)^{300,301}.

La transición a una energía con bajas emisiones de carbono puede percibirse como algo que requiere mucho tiempo, pero la investigación ha demostrado que en menos de 15 años pueden producirse transiciones considerables con bajas emisiones de carbono³⁰². Teniendo en cuenta estas condiciones, los estados, los gobiernos locales y las compañías de servicios públicos han empezado a desarrollar planes y vías de descarbonización y bajas emisiones de carbono. Oregón aprobó una ley para eliminar las emisiones de carbono de la red eléctrica antes de 2040, y Washington aprobó una ley para reducir las emisiones de carbono en un 95 % respecto a los niveles de 1990 antes de 2050. En Idaho, ciudades como Boise y compañías de servicios públicos, como Idaho Power, tienen planes de reducción del carbono^{105,303}. Las agencias y las compañías de servicios públicos están utilizando diversas estrategias, como inversiones en conservación y eficiencia energética; enfoques de diseño, como edificios con ventanas orientadas al sur para reducir las necesidades de enfriamiento; aprovechamiento del gas renovable procedente de granjas y vertederos municipales; y exploración y utilización de fuentes de energía alternativas al tiempo que se invierte en tecnologías de descarbonización^{300,304,305,306}.

Emisiones de dióxido de carbono procedentes de combustibles fósiles por estado y sector



Las emisiones de dióxido de carbono procedentes del consumo de combustibles fósiles varían mucho según el sector y el estado.

Figura 27.7. Estos gráficos muestran las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) (en millones de toneladas métricas) procedentes del consumo de combustibles fósiles por estado (**arriba**) y por sector (**abajo**). Las emisiones de dióxido de carbono procedentes del consumo de combustibles fósiles son mayores en Washington, seguido de Oregon e Idaho. El transporte emite más CO₂ que otros sectores en Idaho, Oregon y Washington. Créditos de la figura: Boise State University y Cascadia Consulting Group.

Infraestructuras de transporte

Los ríos atmosféricos de 2021 ilustraron los conocimientos existentes sobre cómo los deslizamientos de tierra y las inundaciones pueden alterar las rutas de transporte^{307,308}. La alteración de las rutas de transporte puede provocar lesiones o la muerte debido a la falta de rutas de evacuación y al corte de servicios críticos de emergencia, atención médica y otros bienes y servicios^{29,309}. En casos extremos, la pérdida de rutas de transporte y servicios sociales puede desplazar a los hogares y reducir la oferta regional de mano de obra³¹⁰. Gran parte de las infraestructuras de transporte del Noroeste, como ferrocarriles, puentes y carreteras, están envejeciendo, lo que aumenta su vulnerabilidad a los peligros relacionados con el clima. Por ejemplo, la edad promedio de todos los puentes estudiados en Oregón es de 46 años, y la vida útil típica es de 75 años³¹¹. Algunas agencias estatales de transporte, como el Departamento de Transporte del estado de Washington y el Departamento de Transporte de Oregón, han evaluado los riesgos climáticos para sus rutas y carreteras y diversas opciones de adaptación (KM 13.1)^{312,313}.

El transporte es la mayor fuente de emisiones de gases de efecto invernadero en el Noroeste (Figura 27.7), y las compañías de servicios públicos y las agencias de transporte de toda la región están explorando opciones de electrificación para reducir las emisiones. Sin embargo, los esfuerzos para electrificar el sector del transporte aumentarán la demanda de electricidad y supondrán una presión adicional sobre el sistema energético regional (KM 13.1)^{314,315,316}. La eficiencia energética de los vehículos eléctricos y las fuentes de electricidad afectarán la magnitud potencial de reducción de las emisiones relacionadas con el transporte (KM 13.4)^{314,316}.

Vivienda y uso de la tierra

La mayor parte de la tierra de las áreas urbanas se destina a viviendas residenciales, que brindan refugio a las personas durante los eventos extremos, pero también pueden agravar la exposición a impactos perjudiciales. La ubicación específica de las estructuras de las viviendas urbanas puede afectar directamente la severidad de los impactos climáticos locales. Las áreas urbanas son más cálidas que los paisajes circundantes, un fenómeno conocido como efecto de isla de calor urbano, y algunos vecindarios urbanos pueden experimentar temperaturas superiores a 13 °F que otras áreas de la misma ciudad (KM 27.1, 12.2). La densidad residencial en las áreas urbanas está aumentando más en los vecindarios históricamente con menos ingresos, lo que reduce la disponibilidad de espacios verdes y aumenta la extensión de las superficies impermeables, agravando así los efectos de isla de calor^{68,100}. Los árboles urbanos y otros tipos de vegetación podrían dar sombra, pero hay concesiones mutuas entre mitigar las islas de calor y conservar el agua³¹⁷. La creación de incentivos o requisitos para el uso eficiente del agua en el paisajismo (xerojardinería), al tiempo que se brinda sombra y se absorben las aguas pluviales, podría ayudar a reducir los impactos adversos del calor extremo y las tormentas.

De manera similar, la ubicación de las viviendas más allá de los centros urbanos también interactúa con los impactos del cambio climático. Por ejemplo, las viviendas situadas en la interfaz urbano-forestal (Wildland-Urban Interface, WUI) —o en lugares donde la vegetación forestal y las viviendas se encuentran— han aumentado en última décadas e incrementan el riesgo de impacto de los incendios forestales en las estructuras de las viviendas (KM 27.6)^{102,318}.

Además, la calidad de los materiales y los tipos de equipamiento en el diseño y la construcción de viviendas tanto urbanas como rurales afectan la exposición a algunos impactos, como el humo de los incendios forestales. Los hogares con acceso a sistemas de calefacción, ventilación y filtrado del aire pueden mejorar la calidad del aire interior y reducir la exposición al humo de los incendios forestales^{319,320}; sin embargo, pueden ser insuficientes para mitigar los aumentos anticipados en el número de días de humo de incendios forestales y las altas concentraciones asociadas de partículas finas y otros contaminantes^{321,322}.

El cambio climático también afectará las infraestructuras digitales, como los sistemas de infraestructuras de internet. Por ejemplo, los conductos de fibra y los nódulos del área metropolitana de Seattle corren el riesgo de inundarse por el aumento del nivel del mar en la década de los años 30 de este siglo³²³, lo que amenaza las estrategias de telecomunicaciones que algunas jurisdicciones están utilizando para reducir las millas recorridas en vehículo por los empleados y las emisiones asociadas relacionadas con el transporte.

Dado que las leyes sobre el uso de la tierra determinan cómo se distribuye la actividad humana en el espacio y cómo se construyen las infraestructuras, afectan la mitigación y adaptación del cambio climático³²⁴. Aunque cada estado tiene un conjunto diferente de políticas de uso de la tierra, las directrices de planificación del uso de la tierra a nivel estatal pueden limitar o ampliar las oportunidades de los planes locales de uso de la tierra para responder al cambio climático (KM 6.2, 12.3). No obstante, las leyes y políticas de uso de la tierra pueden facilitar la adaptación de múltiples formas, como protección (proteger las estructuras existentes de los peligros relacionados con el clima mediante estructuras de ingeniería), adaptación (continuar el uso en lugares peligrosos, como las llanuras aluviales, mejorando los estándares de diseño o desarrollo, como elevar los cimientos o crear llanuras aluviales naturales) o retirada (restringir la nueva urbanización en lugares peligrosos)^{324,325,326,327}.

Mensaje clave 27.5

El cambio climático amplifica las desigualdades en la salud

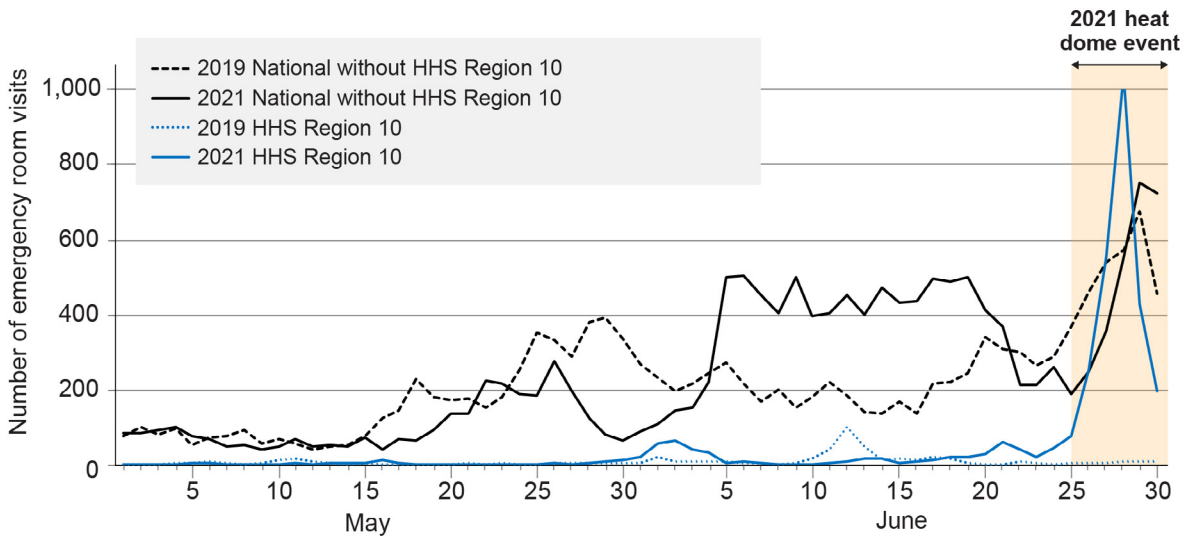
El clima del Noroeste ha sido históricamente templado y relativamente suave, pero los cambios en los patrones meteorológicos asociados al cambio climático están afectando negativamente la salud física, mental y comunitaria (*confianza muy alta*). La incidencia de enfermedades y muertes durante los eventos de calor extremo y los días de humo de los incendios forestales está aumentando, y el cambio climático está poniendo a prueba los sistemas de salud (*confianza alta*). Los riesgos para la salud relacionados con el clima afectan de forma desproporcionada a determinadas personas y grupos (*confianza muy alta*). Los esfuerzos de resiliencia climática pueden aprovecharse para mejorar la salud, especialmente entre las poblaciones más vulnerables (*confianza alta*).

Se han asociado múltiples problemas de salud pública al cambio climático. Las personas cuyos medios de subsistencia dependen de las condiciones meteorológicas —como los jornaleros al aire libre y los bomberos forestales— y las personas con problemas de salud preexistentes y capacidades de afrontamiento limitadas se enfrentan a algunos de los desafíos más graves (KM 15.1). El COVID-19 ha sobrecargado el sector de la salud pública desde 2020 y ha puesto a prueba los enfoques tradicionales para reducir los impactos en la salud pública de los desastres inducidos por el clima (como el enfriamiento o el calentamiento de los refugios), ya que se ha prohibido o limitado la concentración de grupos en grandes áreas (Enfoque en el COVID-19 y el Cambio Climático).

Impactos del cambio climático en la salud física

El cambio climático amplifica los riesgos para la salud, especialmente para quienes padecen enfermedades subyacentes, y provoca impactos en la salud física, como mortalidad prematura por olas de calor, compromiso de la salud respiratoria debido al humo de los incendios forestales, enfermedades infecciosas y transmitidas por vectores, exposición al moho y a los peligros para la salud ambiental, enfermedades presentes en algunos alimentos y recursos naturales, como las toxinas de los mariscos (KM 27.2, 27.6) y la exposición a sustancias tóxicas (KM 15.1). Las olas de calor y el calor extremo, cuya frecuencia e intensidad van en aumento, matan anualmente a más personas que cualquier otro peligro natural^{328,329}. El aumento de la frecuencia de los incendios forestales incrementará el número de días de mala calidad del aire⁷⁵. Juntos, el calor y el humo de los incendios forestales han causado miles de muertes en el Noroeste desde 2018. El mayor número de muertes se produjo en el verano de 2021 (Figura 27.8)³³⁰ cuando casi mil personas perecieron durante una extraordinaria ola de calor que se atribuyó en parte al cambio climático^{331,332}. Aunque se desconoce si eventos como el domo de calor de 2021 son una anomalía o serán cada vez más frecuentes en el Noroeste³³³, se espera que la morbilidad y la mortalidad relacionadas con el calor en el Noroeste aumenten en todos los escenarios^{69,334}. Muchas de estas muertes eran evitables y se produjeron porque las comunidades estaban mal adaptadas al nivel de calor, lo que afectó de forma desproporcionada a mujeres, personas de color y personas con enfermedades crónicas y supuso una carga adicional para el sistema de atención médica del Noroeste^{69,330}.

Visitas a la sala de emergencias por calor en la región 10 de Salud y Servicios Humanos (Health and Human Services, HHS)

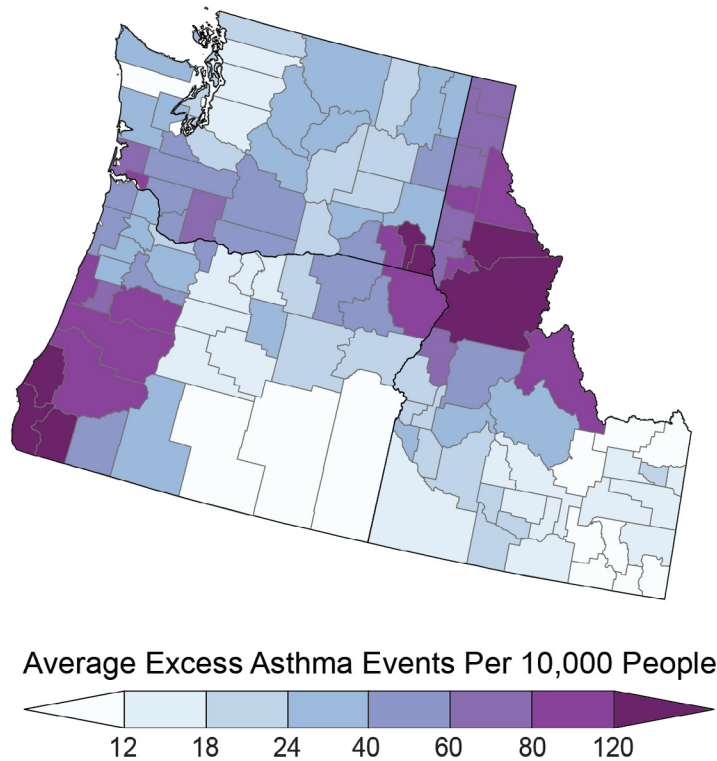


Las olas de calor, como el evento de domo de calor del verano de 2021, ponen a prueba los sistemas de atención médica.

Figura 27.8. El gráfico muestra el número de visitas al departamento de emergencias relacionadas con el calor para la región 10 (que incluye Alaska, Oregón, Idaho y Washington) del Departamento de Salud y Servicios Humanos (Health and Human Services, HHS) de Estados Unidos, en relación con el resto del país, del 1.º de mayo al 30 de junio en 2019 y 2021. Hubo un fuerte aumento en las visitas al departamento de emergencias por enfermedades relacionadas con el calor durante el evento de domo de calor de 2021 en la región 10 del HHS, en relación con las visitas al departamento de emergencias relacionadas con el calor para la región en 2019. La región 10 del HHS también experimentó un número relativamente mayor de visitas a los departamentos del emergencias relacionadas con el calor durante el evento de domo de calor de 2021 en comparación con el resto del país durante el mismo período. Adaptado de Schramm et al. 2021³³⁵.

El humo de los incendios forestales puede ser intenso en la región, sobre todo en áreas muy pobladas, Idaho y el este de Washington y Oregón^{321,336}. En el oeste de los EE. UU., los eventos de humo entre 2004 y 2009 se asociaron con un aumento del 7.2 % en los ingresos hospitalarios por causas respiratorias entre los adultos mayores de 65 años, en comparación con la década anterior. En Washington, la mortalidad relacionada con el humo aumentó durante la temporada de incendios forestales de 2020, cuando la concentración total de partículas en el ambiente pasó de casi cero a 100 microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en el transcurso de un verano³²². El aumento de las partículas finas (Particulate Matter, $\text{PM}_{2.5}$) debido al humo de los incendios forestales en el oeste se ha asociado con una predisposición al COVID-19 y mayores tasas de casos de COVID-19 y mortalidad³³⁷. Las futuras temporadas de incendios forestales —y los aumentos de $\text{PM}_{2.5}$ asociadas a esas temporadas de incendios forestales— se proyecta que aumenten el exceso de incidencias de asma para la década de los años 50 del siglo XXI en un escenario muy alto (RCP8.5; Figura 27.9); se espera que Washington, Oregón e Idaho vean un aumento de 25.7, 41.9 y 29.4 visitas al departamento de emergencias relacionadas con el humo de incendios forestales por cada 10,000 personas, respectivamente³³⁶. Se espera que la carga financiera anticipada de los costos de atención médica asociados a la exposición al humo de los incendios forestales aumente significativamente en todo el Noroeste^{336,338,339}.

Proyección de la carga de asma por temporada de incendios forestales en 2050



Se prevé que la carga excesiva de asma asociada al humo de los incendios forestales afecte de forma desproporcionada el Noroeste.

Figura 27.9. Se prevé que el norte de Idaho, la costa de Oregón y el suroeste de Washington sufran una de las mayores cargas de asma relacionada con el humo de los incendios forestales del Noroeste. Se prevé un aumento de las incidencias de asma relacionadas con el humo de los incendios forestales en todo el Noroeste. La figura muestra el número total promedio previsto de eventos de asma excesiva por cada 10,000 personas por temporada de incendios forestales para la década de los años 50 del siglo XXI en un escenario muy alto (RCP8.5). Adaptado de Stowell *et al.* 2022³³⁶ [CC BY 4.0].

Otros impactos sobre la salud están relacionados con las olas de calor y el humo de los incendios forestales³⁴⁰. El menor peso al nacer y los nacimientos prematuros se atribuyen a estos eventos^{341,342}, aunque todavía está apareciendo evidencia empírica en el Noroeste. De forma similar, está apareciendo evidencia de una asociación entre la exposición repetida a largo plazo al humo de los incendios forestales y la incidencia del cáncer³⁴³.

A las personas con acceso a aparatos de aire acondicionado o purificadores de aire, junto con la capacidad económica para hacer funcionar estos sistemas, les irá mejor que a aquellas cuyas viviendas están mal aisladas y permiten una mayor concentración de contaminantes ambientales en los espacios interiores. Los niños pequeños y los adultos mayores son especialmente vulnerables, al igual que quienes viven en parques de casas móviles, vehículos recreativos o zonas urbanas históricamente desprovistas de inversión. Las políticas discriminatorias, como la negación de servicios financieros, también contribuyen a una mayor exposición al calor y a otros eventos inducidos por el clima, como las inundaciones urbanas (KM 27.1).

Impactos en la salud mental y cambio climático

Cada evento extremo tiene su propio conjunto de consecuencias observadas para la salud mental, incluidos algunos trastornos que se traslapan, como el estrés postraumático, la ansiedad, la depresión y el suicidio^{344,345}. Se han observado consecuencias negativas para la salud mental antes y después de un evento extremo relacionado con el clima³⁴⁶. Por ejemplo, el humo de los incendios forestales puede limitar las actividades al aire libre, reduciendo la capacidad de las personas para hacer ejercicio, recrearse y aliviar el estrés, lo que conlleva consecuencias adicionales para la salud mental (KM 27.6). Las consecuencias del cambio climático para la salud mental pueden resolverse rápidamente; sin embargo, los impactos a largo plazo pueden demorarse y, en el caso del estrés postraumático, pueden incluso afectar a las generaciones futuras^{347,348}.

Idaho, Oregón y Washington tienen una mayor prevalencia de enfermedades mentales que el resto del país³⁴⁹. Los impactos del cambio climático sobre la salud mental seguirán siendo desiguales. Los jóvenes preocupados por el cambio climático, las comunidades tribales que pierden recursos culturales a un ritmo acelerado y las personas sin hogar que experimentan una mayor exposición al cambio climático tienen una mayor prevalencia de enfermedades mentales relacionadas con el clima en comparación con otras poblaciones^{345,350,351,352}.

Impactos en la salud y el bienestar de la comunidad

El cambio climático impacta de muchas maneras la salud y el bienestar de las comunidades. El aumento de las temperaturas se asocia a un incremento de violencia y autolesiones, incluido el suicidio^{344,353}. Se proyecta un aumento de la magnitud y la duración de las sequías en el Noroeste, lo que podría interrumpir la producción agrícola y agravar la inseguridad alimentaria³⁵⁴, lo que puede causar angustia psicológica³⁵⁵. Los eventos extremos seguirán alterando la atención y los servicios médicos, y se prevé que las lesiones y enfermedades derivadas de tales eventos superen la capacidad del sistema de atención médica. Reforzar la cohesión comunitaria y social puede mejorar los resultados de salud de la comunidad y aumentar la preparación ante desastres y eventos extremos^{356,357}.

Impactos en el bienestar de las tribus

El cambio climático está alterando el acceso de las comunidades tribales a los alimentos tradicionales, lo que agrava los efectos heredados del colonialismo de asentamientos que han conducido a un mayor consumo de alimentos procesados, lo que se asocia con mayores tasas de diabetes, enfermedades cardíacas y obesidad en las comunidades tribales^{358,359,360}. El florecimiento de algas han contaminado los mariscos hasta el punto de que no se puede consumir durante las temporadas tradicionales (KM 27.2). El aumento de las tempe-

raturas ha creado condiciones más favorables para la transmisión de especies parasitarias e invasoras entre las fuentes de alimento, como ciervos y peces^{361,362}. Se prevé que los efectos continuados del cambio climático sobre la fenología de especies importantes y el acceso a recursos culturales alteren múltiples actividades culturales y ceremoniales, lo que agrava los problemas de bienestar mental, cultural y físico de las tribus^{265,352,363}. Los impactos en estos recursos y sitios culturales alteran las enseñanzas intergeneracionales, un componente importante de la salud indígena y un método para abordar el trauma intergeneracional (KM 27.6)³⁶⁴.

La acción climática puede beneficiar la salud humana y acabar con las desigualdades

Históricamente, la intersección entre el cambio climático y la salud no ha estado clara, lo que ha generado capacidad y recursos insuficientes para que las agencias de salud puedan responder adecuadamente y priorizar las acciones contra el cambio climático³⁶⁵. Sin embargo, debido a las consecuencias de salud de los recientes eventos extremos, las respuestas de salud pública al cambio climático se han convertido en una parte esencial de la adaptación al clima, y los marcos de resiliencia de la salud, como Desarrollo de la Resiliencia frente a los Efectos del Clima (Building Resilience Against Climate Effects, BRACE) de los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (Centers for Disease Control and Prevention, CDC) o el Plan de Equidad Climática de Oregón, son cada vez más comunes.³⁶⁶ Muchas estrategias —como el establecimiento de metas climáticas y de salud universales y la provisión de recursos adecuados a las comunidades y poblaciones para alcanzarlas— son prometedoras para evitar resultados negativos para la salud pública debido al cambio climático y pueden fomentar la resiliencia regional (KM 27.1)³⁶⁷. Por ejemplo, se espera que las inversiones para aumentar la adopción de vehículos eléctricos y el transporte activo (p. ej., caminar o montar en bicicleta) conduzcan a reducciones de las emisiones de gases de efecto invernadero, mejoras en la calidad del aire y reducciones en los accidentes de tráfico mortales³⁶⁸. Las inversiones en opciones de enfriamiento —como cobertura de sombra de los árboles, ventilación cruzada en las viviendas y capacidad de aire acondicionado— pueden ayudar a las comunidades, en particular a las que antes eran negadas de servicios financieros, a adaptarse a los eventos de calor extremo (KM 27.1)³⁶⁹.

Mensaje clave 27.6

El cambio climático afecta el patrimonio y el sentido de lugar

El cambio climático ha alterado el sentido de lugar en el Noroeste, lo que afecta valores no económicos como la proximidad y el acceso a la naturaleza y los sentimientos de seguridad y estabilidad de los residentes (*confianza alta*). Las comunidades locales, incluidas las tribus, se enfrentan a desafíos adicionales derivados del cambio climático debido a las relaciones culturales y económicas con su localidad (*confianza muy alta*). Aprovechar los conocimientos locales o indígenas y los sistemas de valores puede impulsar la acción climática para garantizar que el patrimonio local y el sentido del lugar persistan para las generaciones futuras (*confianza media*).

El patrimonio del Noroeste está entrelazado con la diversidad de paisajes, economías y calidad de vida (Figura 27.10). El cambio climático afecta todas estas características fundamentales del Noroeste, con impactos en la calidad de vida y el sentido de lugar —el apego o la relación que sienten las personas con su ubicación y su entorno— de todas las comunidades y en la capacidad de compartir las partes familiares del lugar donde se vive con otras personas y a través de generaciones³⁷⁰. Aunque existen diferencias entre las relaciones de las culturas, hay profundos puntos en común. Apoyar el bienestar emocional y cultural continuado de los residentes de toda la región requerirá una apreciación mutua desde múltiples perspectivas a través de diversas comunidades.

Sentimiento de estabilidad y seguridad

El cambio climático puede afectar de manera negativa la sensación de seguridad y estabilidad de las personas debido a las interrupciones en las cadenas de suministro y los sistemas alimentarios, que sustentan las economías y las comunidades (KM 18.2; Enfoque en Riesgos de las Cadenas de Suministro)^{371,372}. Por ejemplo, una industria de productos forestales requiere aportes regulares de madera y no puede prosperar con suministros que llegan cada vez más en pulsos u oleadas debido a sequías, incendios forestales e infestaciones de insectos³⁷³. Los impactos del cambio climático en las economías de recursos naturales afectarán la seguridad financiera y los medios de subsistencia de los residentes (KM 27.3), y tendrán impactos en cascada en los sistemas económicos regionales e internacionales (KM 19.2).

Patrimonio, sentido de lugar y servicios en riesgo

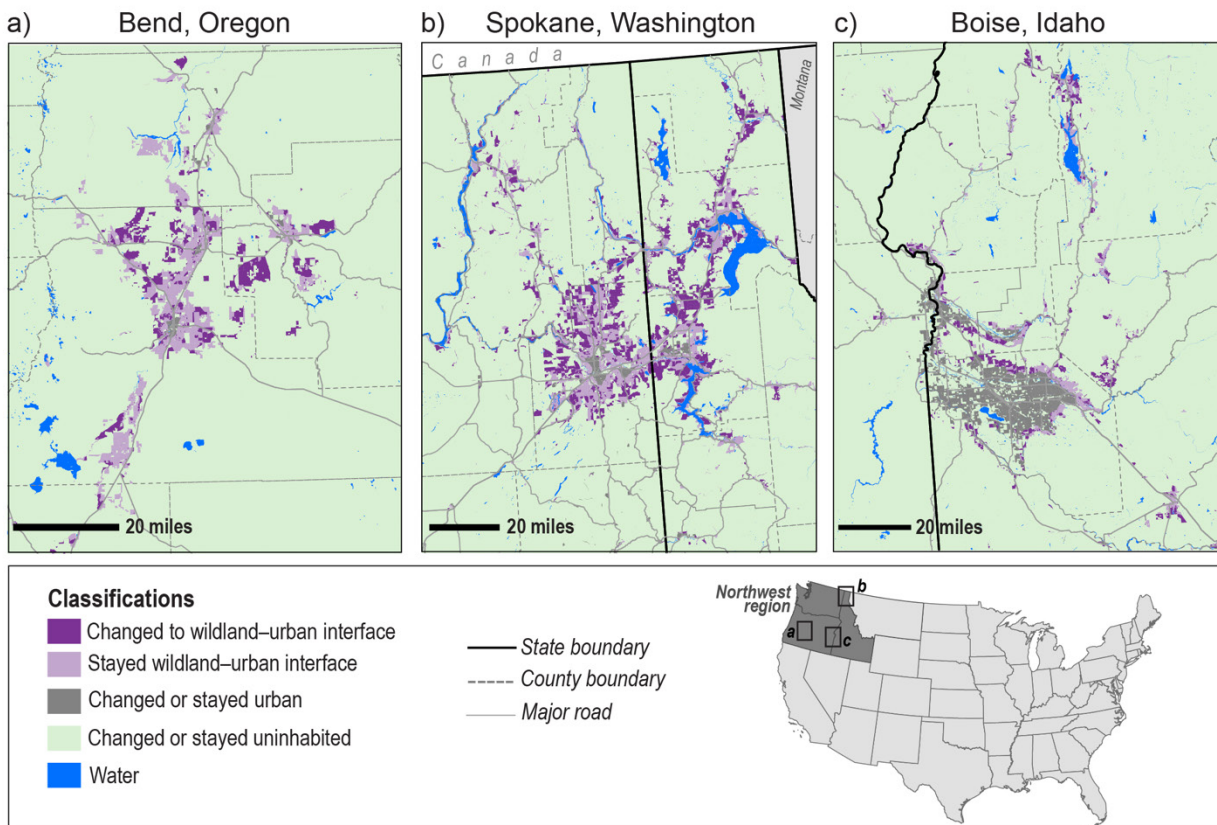


El patrimonio del Noroeste está entrelazado con la diversidad de paisajes, economías y calidad de vida.

Figura 27.10. Estas fotografías ilustran diferentes patrimonios, tradiciones culturales y servicios en riesgo por el cambio climático. **(arriba a la izquierda)** El cambio costero amenaza las playas y el hábitat de mariscos de la Tribu Swinomish, poniendo en peligro actividades culturales como el cocido de almejas de los Swinomish. **(arriba a la derecha)** Lanzamientos de retardante de incendios protegen viviendas vulnerables en la interfaz urbano-forestal. **(centro a la izquierda)** Los alimentos de importancia cultural, como las camas, se verán afectados por el cambio climático. **(centro a la derecha)** El cambio climático está afectando al salmón, pudiendo afectar a la capacidad de algunas tribus para asarlo y ahumarlo. **(abajo a la izquierda)** Los días de humo de los incendios forestales están aumentando, lo que afecta las oportunidades de recreación en las escuelas. **(abajo a la derecha)** Los inviernos más cálidos, como el de 2015, provocarán menos nieve en invierno, lo que afectará a las estaciones de esquí, como la de Mount Baker, en Washington, que no tuvo nieve el 15 de febrero de 2015, en plena temporada de esquí. Créditos de las fotografías: (arriba a la izquierda) ©Richard A. Walker, (arriba a la derecha) National Interagency Fire Center, (centro a la izquierda y abajo a la izquierda) ©Charles Luce, (centro a la derecha) ©Samantha Chisholm Hatfield, (abajo a la derecha) ©Duncan Howat.

Muchos habitantes del Noroeste se han trasladado de los centros urbanos a una interfaz urbano-forestal (wildland-urban interface, WUI) en expansión (Figura 27.11)^{102,103,104}, lo que aumenta la exposición de las comunidades a incendios forestales e inundaciones³⁷⁴. Las viviendas que dependen de pozos poco profundos corren el riesgo de sufrir sequías más frecuentes e intensas (KM 27.4)³⁷⁵. El aumento de la frecuencia del las florecimiento de algas o los brotes de enfermedades y plagas forestales reducen el valor de las viviendas con fachada al agua o rodeadas de bosque (KM 19.3)^{376,377,378}. La disminución del valor de las viviendas, agregada en todas las comunidades, puede conducir a la inestabilidad económica local y de la comunidad al reducir el deseo o la capacidad de reconstruir después de incendios e inundaciones^{379,380}. Aunque los hogares asegurados puedan reconstruir, los riesgos climáticos pueden aumentar los costos de los seguros y disminuir su disponibilidad, lo que tiene un efecto sobre qué residentes y empresas prosperarán en el futuro³⁸¹.

Crecimiento de la interfaz urbano-forestal (1990-2020)



El crecimiento de las viviendas en la interfaz urbano-forestal expone a un número creciente de personas al riesgo de incendios forestales e inundaciones.

Figura 27.11. Los mapas muestran el crecimiento de las áreas de interfaz urbano-forestal (wildland-urban interface, WUI; en púrpura oscuro), que están asociadas a un mayor riesgo de incendios forestales e inundaciones, entre 1990 y 2020 cerca de Bend, Oregón (a), Spokane, Washington (b) y Boise, Idaho (c). Bend y Spokane han experimentado rápidas tasas de desarrollo y crecimiento de la población que han llevado a nuevas áreas a ser desarrolladas como WUI. Créditos de la figura: USDA Forest Service, NOAA NCEI y CISS NC.

Servicios medioambientales y sentido de lugar

Los residentes del Noroeste valoran la región por sus servicios medioambientales, como la buena calidad del aire y el agua y la proximidad a lugares de recreación^{263,382}. El cambio climático ya ha comenzado y seguirá alterando muchos tipos de actividades recreativas al aire libre^{79,383}. Múltiples temporadas recreativas se han acortado y desplazado simultáneamente. Las temporadas de esquí y motos de nieve han empezado más tarde y se han acortado en gran parte de la región, especialmente en Cascades^{13,384}, lo que afecta a las empresas de recreación invernal (KM 27.3). La pérdida del deshielo primaveral desplazará las oportunidades de practicar rafting, kayak y piragüismo a los lluviosos meses de invierno, cuando las condiciones de caudal rápidamente fluctuante son menos seguras. Se espera que la demanda de actividades recreativas acuáticas aumente en los meses de primavera y verano; sin embargo, se prevé que la reducción de la calidad del agua y el florecimiento de algas nocivas restrinjan estas oportunidades recreativas⁷⁹.

Muchos senderos y áreas de campamento anteriormente arboladas ya han perdido la cobertura forestal debido a los incendios forestales y la sequía³⁸⁵. A medida que aumente la frecuencia de las perturbaciones, también lo hará el número de árboles muertos y derribados³⁸⁶, lo que cerrará carreteras, senderos y áreas de campamento y podría causar lesiones o la muerte a los recreacionistas³⁸⁷. Un mayor riesgo de inundaciones en los meses de invierno supondrá riesgos para las instalaciones recreativas y los usuarios³⁸⁸. La mayor frecuencia de humaredas y eventos de calor extremo aumentará los riesgos para los recreacionistas de verano que disfrutan del aire libre, especialmente para las actividades de gran esfuerzo³⁸⁹. Agencias de salud estatales, como el Departamento de Salud y Bienestar de Idaho, han desarrollado directrices recreativas para actividades físicas y deportivas para niños de kínder a 12.º grado (K-12) y adultos en respuesta al aumento de los días de humo de los incendios forestales y la disminución de la calidad del aire³⁹⁰.

El cambio climático también afectará las actividades de caza, recolección y pesca recreativas y de sustento. Aunque algunas especies de caza pueden beneficiarse del aumento de la cobertura de arbustos y de la reducción de la mortalidad invernal, el aumento de las poblaciones puede provocar otros problemas, afectando a los recursos gestionados y aumentando la propagación de patógenos^{391,392}. El florecimiento de algas y el aumento de los niveles de toxinas provocarán cierres de la recolección de mariscos, que a veces durarán temporadas enteras. Aunque estos impactos afectarán a los cazadores y pescadores recreativos, los impactos serán mayores para los hogares y comunidades que dependen nutricionalmente de estos recursos, como las comunidades tribales y los hogares que dependen de dietas de sustento³⁹³.

El cambio climático afectará de diversas maneras la migración por motivos de recreación, es decir, el desplazamiento de personas a áreas con una mayor calidad medioambiental o un mayor acceso a los servicios^{394,395}. Por ejemplo, las personas que se trasladen a la WUI para estar más cerca de los servicios medioambientales experimentarán un mayor riesgo de incendios forestales y, en algunos casos, de deslizamientos de tierra (Figura 27.11). Además, las comunidades que reciben una afluencia de inmigrantes por motivos de recreación se enfrentan a desafíos adicionales, especialmente las rurales y las de bajos ingresos, en las que los residentes fijos aportan la mano de obra, pero a los que el aumento del costo de la vivienda y otras necesidades puede echarlos de casa^{396,397}. La interacción de las tensiones entre los impactos socioeconómicos y de desarrollo asociados a la migración y al cambio climático afectará las comunidades de las áreas de altos servicios del Noroeste, como las comunidades de esquí de la Cordillera Cascade o las comunidades insulares de las Islas San Juan³⁹⁸.

Culturas tribales y conexión con la tierra

El cambio climático ha afectado las prácticas tribales de cosecha, caza y ceremonias³⁹⁹. El cambio climático afectará el salmón del Pacífico (KM 27.2) y otros recursos culturales como la lamprea del Pacífico, el ciervo, el alce, el oso, las bayas, la anguila, la platija, el esturión, los mariscos y las algas marinas⁴⁰⁰. La mortandad de plantas y los desplazamientos en las áreas de distribución pueden alterar e impedir el acceso de las tribus a los alimentos tradicionales, afectando así el sentido de lugar y las conexiones de las tribus y los pueblos indígenas (KM 27.5)³⁶³. Los eventos climáticos extremos y el calor y el frío extremos pueden impedir que los miembros de las tribus, especialmente los ancianos, participen en las ceremonias tribales. El acceso a los lugares ceremoniales también puede verse alterado o dañado por inundaciones, deslizamientos de tierra e incendios forestales, lo que agrava la degradación asociada a otras decisiones sobre el uso de la tierra (KM 27.1).

Los conocimientos indígenas pueden utilizarse para aumentar la resiliencia de las tribus al cambio climático²⁵¹. La gestión tribal del paisaje es un método para mantener las conexiones con los paisajes y preservar los lugares ceremoniales, las plantas medicinales y las tumbas para las generaciones futuras^{401,402,403}. Sin embargo, las jurisdicciones federales, estatales y locales han impedido que algunas tribus utilicen técnicas de gestión indígenas como la quema controlada, que puede eliminar matorrales para reducir el riesgo de incendios y establecer corredores para la vida silvestre (KM 27.2), limitando así la capacidad de las tribus para ejercer su soberanía y mantener un sentido de lugar para las generaciones futuras^{404,405,406,407,408}. Las opciones de adaptación occidentales de reemplazo, fortificación o reubicación (KM 27.4) pueden no ser posibles o apropiadas, ya que algunos sitios (p. ej., tumbas y sitios ceremoniales) no tienen equivalentes de intercambio uno a uno. A pesar de estas limitaciones, las asociaciones federales-tribales pueden aumentar la resiliencia del paisaje ante los futuros riesgos del cambio climático^{409,410}.

Mantener el sentido de lugar y el patrimonio del Noroeste

El cambio climático supone una amenaza existencial para la capacidad de las comunidades del Noroeste de mantener su sentido de lugar y su patrimonio para las generaciones futuras. Muchas culturas confían en las experiencias basadas en la naturaleza para transmitir conocimientos y formar su identidad cultural. Por ejemplo, la Tribu Swinomish celebra cocidos culturales de almejas, en los que los ancianos de la comunidad transmiten conocimientos tradicionales sobre el mundo natural que son vitales para mantener su bienestar cultural y su patrimonio³⁹⁹. Sin embargo, los recientes cambios en el litoral y la pérdida proyectada de playas amenazan el acceso a estas áreas de recolección de mariscos de importancia cultural, lo que reduce las oportunidades de celebrar cocidos culturales de almejas⁴¹¹.

Las comunidades del Noroeste se enorgullecen de sus valores y acciones medioambientales, como el fomento de la conservación o el empleo voluntario de prácticas sostenibles. Aprovechar estos valores comunitarios puede conducir a políticas innovadoras de adaptación y mitigación del cambio climático a nivel local^{412,413}, fomentando las metas regionales de mitigación y adaptación al clima (KM 27.4) para garantizar que el patrimonio y las comunidades del Noroeste persistan para las generaciones futuras.

Cuentas trazables

Descripción del proceso

El capítulo del Noroeste se centra en los avances de la ciencia del clima regional y la comprensión de los impactos sociales y económicos del cambio climático. Por lo tanto, el equipo de autores refleja la amplitud y profundidad de los conocimientos y experiencias sobre la ciencia del clima, los impactos y las respuestas. El equipo de autores se seleccionó a partir de una lista de autores propuestos, expertos regionales de evaluaciones y conferencias anteriores y recomendaciones de autores o candidatos a autores. El equipo de autores incluye: 1) diversidad de conocimientos especializados en los ámbitos de la ciencia física del clima, las ciencias sociales, la economía, la salud pública, los servicios ecosistémicos, la adaptación y la mitigación; 2) diversidad de geografías e instituciones que representen a cada estado del Noroeste; 3) una variedad de experiencias y etapas profesionales que incluye a investigadores universitarios, profesionales y empleados de la administración estatal; y 4) diversidad a través de múltiples características demográficas, lo que incluye el género, la raza y el origen étnico.

Los temas de los mensajes clave iniciales se desarrollaron por consenso, y estos se confirmaron en el taller de participación regional del Noroeste celebrado el 1.º de febrero de 2022. El contenido específico de los mensajes clave se refinó aún más a partir de los comentarios del taller de participación regional y de los comentarios públicos sobre el Borrador de Orden Cero. Los autores fueron asignados a equipos específicos de mensajes clave según su experiencia, y se les encargó la elaboración del texto, las citas, las cuentas trazables y los mensajes clave. Las descripciones de los mensajes clave se elaboraron para garantizar que el contenido se basara en las Evaluaciones Nacionales del Clima (National Climate Assessment, NCA) anteriores y no fuera repetitivo (Tabla 27.2). A lo largo del desarrollo de la Quinta Evaluación Nacional del Clima (Fifth National Climate Assessment, NCA5) se celebraron reuniones quincenales con los autores para debatir, deliberar y garantizar el cumplimiento de los plazos. Además, los equipos de mensajes clave más pequeños se reunieron con frecuencia para perfeccionar sus mensajes clave, textos, cifras y cuentas trazables.

Tabla 27.2 Cómo se basó el capítulo del Noroeste la NCA5 en las NCA anteriores

Mensaje clave de la NCA5	Cómo se basó la NCA5 en las NCA3 ⁵ y NCA4 ⁴
27.1 Comunidades de primera línea	<p>Desde la NCA4, se han publicado muchas más investigaciones sobre la carga distributiva del cambio climático en diversas comunidades del Noroeste. La NCA5 amplía la base de literatura consultada para centrarse en las diferentes dimensiones de cómo el cambio climático afecta de forma desigual a diversos grupos. Además, la NCA5 se centra en parte de la información emergente sobre cómo los diferentes grupos de primera línea están impulsando la acción climática en sus comunidades y estados.</p>
27.2 Cambios en los ecosistemas	<p>Desde la NCA3 y la NCA4 se han publicado más investigaciones sobre los impactos ecológicos del cambio climático. La NCA5 se basa en este trabajo centrándose en las respuestas ecológicas en todo el Noroeste a los eventos extremos y la interacción entre el cambio climático y la actividad humana (p. ej., el uso de la tierra). Adicionalmente, la NCA5 se basa en cómo distintos tipos de respuestas de adaptación, como la restauración, pueden aumentar la resistencia ecológica.</p>
27.3 Economía y bienestar	<p>Desde la NCA3 y la NCA4, ha habido más estudios sobre los impactos económicos del cambio climático. La NCA5 profundiza en algunos impactos económicos anteriormente discutidos, incluidos los impactos en la economía de los recursos naturales. También ofrece una síntesis de las nuevas investigaciones sobre los impactos recreativos del cambio climático y las oportunidades económicas en un futuro con bajas emisiones de carbono.</p>
27.4 Infraestructura y resiliencia	<p>La NCA5 se basa en la NCA3 y la NCA4 al centrarse en diferentes tipos de sistemas de infraestructuras y sus respuestas al cambio climático. La NCA5 también subraya las concesiones mutuas de la acción climática entre sistemas, como las concesiones mutuas entre la electrificación del transporte y la resiliencia energética. Además, se centra en cómo los sistemas de infraestructuras y el entorno construido son los que más contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero y ofrece un relato sobre la mitigación del cambio climático y la descarbonización en la región.</p>
27.5 Desigualdades en la salud	<p>Desde la NCA4, un mayor número de eventos extremos, como grandes incendios forestales, más días de humo de incendios forestales y olas de calor extremas, han tenido consecuencias para la salud. La NCA5 se basa en la NCA4, que profundizó en una variedad de impactos, centrándose principalmente en los impactos del calor y el humo en la salud pública. Adicionalmente, añade nuevas investigaciones sobre los impactos del cambio climático en la salud mental y comunitaria.</p>
27.6 Patrimonio y sentido de lugar	<p>Desde la NCA4, se han realizado más investigaciones que establecen cómo está cambiando el sentido regional de lugar debido al cambio climático. La NCA5 profundiza en muchos de los temas tratados en la NCA4, como la sensación de seguridad ante los eventos extremos, cómo están cambiando los distintos servicios y cómo se están viendo afectadas las diferentes partes emblemáticas del Noroeste. Además, la NCA5 ofrece un debate adicional sobre la migración relacionada con el clima y cómo afecta la identidad de una comunidad y a su sentido de lugar.</p>

Mensaje clave 27.1

Las comunidades de primera línea están sobrecargadas, y dar prioridad a la equidad social favorece la resiliencia regional

Descripción de la base de evidencia

Estudios e informes recientes se han basado en décadas de investigación que han ofrecido evidencia contundente de que la prevalencia de personas de color en una comunidad sigue siendo el factor de predicción más significativo de dónde se sitúan los peligros medioambientales en todo el Noroeste, debido a políticas racistas y racializadas^{59,60,62,63,64,65,66,97}. Una gran cantidad de evidencia, lo que incluye investigaciones revisadas por expertos, literatura no oficial e informes y recursos gubernamentales, vinculan la demografía racial y socioeconómica en todo el Noroeste con una exposición y vulnerabilidad desproporcionadas de las comunidades de primera línea a una variedad de peligros climáticos y eventos extremos, lo que incluye incendios forestales, humo de los incendios forestales y deterioro de la calidad del aire, calor extremo e inundaciones^{59,61,62,67,68,70,71,74,75,76,77,89,92,93,95,414}.

Además, las sesiones de escucha de la NCA5 y la investigación dirigida por la comunidad aportaron evidencia sobre las experiencias vividas por las comunidades de primera línea con los impactos climáticos y cómo estas comunidades están implementando prioridades de resiliencia climática informadas por la comunidad. La literatura respalda la diversidad de enfoques que las comunidades de primera línea están utilizando para aumentar su resiliencia al cambio climático, incluidas las comunidades urbanas de color,^{59,97} comunidades rurales y dependientes de los recursos naturales^{79,80,81} y comunidades tribales e indígenas^{93,265}. La literatura revisada por expertos y la literatura no oficial documentan que, aunque las comunidades de primera línea son intrínsecamente resilientes tanto al cambio climático como a otras formas de opresión, las políticas y otras barreras estructurales siguen impidiendo que estas promulguen estrategias de adaptación dirigidas por la comunidad^{78,90,91,92,93}.

Principales incertidumbres y brechas en la investigación

Aunque las prioridades y necesidades de las comunidades de primera línea se tienen cada vez más en cuenta en las políticas, los planes y los presupuestos de los gobiernos estatales y locales del Noroeste, estos esfuerzos se encuentran en las primeras fases de implementación. Aunque estos esfuerzos están presentando algunos beneficios a las comunidades de primera línea a corto plazo, aún están por ver los resultados a largo plazo. El avance de la justicia climática y la equidad social en la región depende de la capacidad de las instituciones para transformarse y satisfacer las necesidades de las comunidades de primera línea.

Aunque la investigación y los planes comunitarios documentan las prioridades de las comunidades de primera línea, es fundamental señalar que estas fuentes probablemente no representen toda la gama de perspectivas, valores y experiencias de las diversas comunidades del Noroeste. Los autores de la evaluación entienden que las comunidades no son monolitos y que muchas estrategias de adaptación y resiliencia son cultural, temporal y geográficamente específicas; por lo tanto, la información de esta evaluación no puede utilizarse para hacer declaraciones generales sobre todas las comunidades que sufren injusticias medioambientales y climáticas en la región.

Descripción de confianza y probabilidad

Con base en la amplitud de la investigación y la literatura disponibles, los autores concluyeron que existe *confianza muy alta* en que las comunidades de primera línea están experimentando una exposición desproporcionadamente alta a los peligros relacionados con el clima, aunque hay variaciones entre los tipos de comunidades de primera línea.

Además, debido a la abundante documentación dirigida por la comunidad, los informes gubernamentales y la investigación preliminar revisada por expertos, los autores concluyeron que existe *confianza alta* en que las comunidades de primera línea disponen en general de menos recursos para adaptarse y responder al cambio climático, pero están liderando los esfuerzos para aumentar la resiliencia ante el cambio climático y los eventos extremos.

Aunque cada vez hay más evidencia de que las prioridades, los valores y las necesidades de las comunidades de primera línea se tienen cada vez más en cuenta en las políticas y los planes estatales y locales, estos esfuerzos aún se encuentran en las primeras fases de implementación y todavía están por ver los resultados a largo plazo. Además, los esfuerzos existentes aún no son suficientes para alcanzar la escala y la velocidad de la acción climática centrada en la justicia que se requiere para garantizar un futuro seguro y habitable para las comunidades de primera línea. Por lo tanto, los autores de este mensaje clave tienen *confianza media* en que el alcance de estos esfuerzos aportará beneficios de resiliencia a largo plazo y justicia climática a la región.

Mensaje clave 27.2

Los ecosistemas cambian en respuesta a los eventos extremos y la actividad humana

Descripción de la base de evidencia

Hay evidencia sólida que apoya la proyección de que los ecosistemas cambiarán a medida que cambie el clima. Numerosas evaluaciones proyectan grandes cambios en la distribución de las especies a medida que cambie el clima. Además, los eventos extremos (p. ej., sequías, inundaciones y olas de calor), cada vez más frecuentes e intensos, pueden ser igualmente relevantes para el estado físico y la dinámica poblacional de las especies^{107,109}, especialmente aquellas con tiempos de generación cortos¹¹⁰. Múltiples publicaciones revisadas por expertos e informes gubernamentales documentan los amplios impactos de los eventos extremos en los ecosistemas del Noroeste, especialmente en las dos últimas décadas. Dadas las proyecciones del clima futuro, se espera que los incendios forestales sigan afectando los sistemas forestales^{113,114,115,116,117,118,119,120,121,123}, los cambios en la hidrología y la temperatura afectarán los ecosistemas acuáticos^{128,129,130,131,132,133,134,138,139} y la acidificación y las olas de calor marinas afectarán los sistemas costeros y marinos^{42,48,54,145,146,147,148,149,150,151,152,154,155,159,415}.

Además, evidencia sólida revisada por expertos documenta cómo estos cambios en los ecosistemas tendrán innumerables efectos sobre las especies nativas, lo que incluye especies de caza^{391,392}, árboles^{232,234,237,238,244}, taxones marinos^{148,149,150} y salmónidos emblemáticos de la región^{48,159,160,161,162,163,164,165,415}.

Amplia evidencia en la literatura revisada por expertos demuestra también el impacto generalizado de los usos humanos de la tierra sobre el grado de adaptación de las especies a los cambios medioambientales, incluido el cambio climático^{104,118,119,120,121,122,144}. Por ejemplo, la variación fina de la cobertura de la tierra, incluidos los tipos de cobertura asociados a las actividades humanas, afecta la resiliencia de las especies o los procesos ecológicos a la variabilidad y el cambio climático¹⁸⁹ y el grado en que los usos de la tierra actúan como factores de estrés. La fragmentación histórica y reciente del hábitat de una especie y las barreras a sus movimientos afectan su capacidad de adaptación tanto a las formas de cambio ambiental provocadas por la actividad humana como a las naturales^{129,130,144,186,187}.

Existe amplia evidencia de que la conservación de la diversidad genética y la protección y restauración ecológicas pueden beneficiar los procesos de los ecosistemas y aumentar la capacidad de adaptación de

las especies^{120,121,122,192,193,194,195,196}. Por ejemplo, la restauración mediante la eliminación de presas y estructuras infranqueables en todo el Noroeste ha restablecido algunos procesos ecológicos e hidrológicos naturales que permiten a los peces anádromos acceder a su hábitat histórico^{194,197,198,199,200}. Sin embargo, la evidencia de la efectividad de otros tipos de gestión ecológica, como la eliminación de vegetación para mitigar el riesgo de incendios forestales y las herramientas de gestión de ecosistemas basadas en el mercado, son limitadas, especialmente a largo plazo^{204,205,206,208,209}.

Principales incertidumbres y brechas en la investigación

Las relaciones entre el clima y la dinámica de población de la mayoría de las especies son complejas, por lo que existe incertidumbre en las proyecciones, incluso en el caso de especies bien estudiadas. Además, las distribuciones, abundancias u otras métricas de las especies reflejan mejor las interacciones entre variables climáticas y entre especies que las variables climáticas individuales^{111,112}.

Las respuestas evolutivas al clima también son complejas^{212,213}. La probabilidad de adaptación depende en parte de la cantidad de variación genética de una población o especie, que suele estar relacionada con el número de individuos y su parentesco¹⁸⁸. La viabilidad de cuantificar la abundancia, el parentesco y la variación genética difiere entre poblaciones y especies, y estas medidas no se han estimado para la mayoría de las poblaciones y especies. Además, es difícil obtener estimaciones empíricas de las presiones de selección opuestas en distintos entornos. Del mismo modo, la plasticidad fenotípica, su heredabilidad y la respuesta potencial a la selección no se han estimado en la mayoría de los taxones. En consecuencia, la capacidad de adaptación de la mayoría de los taxones es muy incierta. Tampoco se dispone de datos sobre qué atributos biológicos y físicos afectan más la viabilidad de la mayoría de las especies.

El grado en que los esfuerzos de restauración pueden aumentar la variación genética y la función y productividad de los ecosistemas es incierto, sobre todo teniendo en cuenta la amplia modificación antropogénica de la estructura, composición y función de los ecosistemas. Dado que los ecosistemas pocas veces pueden restablecerse a su estado histórico, las medidas de restauración tienden a centrarse en aumentar la capacidad de los ecosistemas para sustentar funciones y servicios diversos y valiosos y en mejorar la variación genética y de las especies. Las necesidades de información incluyen una mejor comprensión de la calidad del hábitat, la tolerancia al estrés y la capacidad de adaptación de diversas especies. Existen importantes brechas en la comprensión de las complejas interacciones entre especies, comunidades y procesos biogeoquímicos, todos ellos modificados por el cambio climático y el uso de la tierra.

Descripción de confianza y probabilidad

El enorme conjunto de evidencia sobre la sensibilidad ecológica al clima produce una *confianza muy alta* en las proyecciones de cambio, a pesar de la incertidumbre sobre cómo responderán los componentes ecológicos individuales e interactuantes. Del mismo modo, aunque la capacidad de adaptación es difícil de cuantificar, existe *confianza muy alta* en que dicha capacidad se ha visto reducida por la disminución de la abundancia y la diversidad genética de muchas especies nativas. Existe *confianza muy alta* en que las actividades humanas y los usos de la tierra interactúan con las respuestas ecológicas al cambio climático y, en muchos casos, agravan estos efectos.

Los impactos del cambio climático podrían mejorarse con cambios en las acciones humanas. Sin embargo, la restauración a estados ecológicos anteriores suele ser improbable. Por ejemplo, es improbable erradicar ciertas especies invasoras no nativas, y las modificaciones de la tierra pocas veces pueden revertirse por completo. Además, el cambio climático modificará algunas especies y características de los ecosistemas independientemente de las acciones humanas. Aunque la comunidad científica tiene una confianza entre media y baja en que los esfuerzos de restauración de los ecosistemas puedan aumentar la variación genética en muchas especies nativas, existe una confianza entre alta y media en que la reconexión y la mejora de la calidad de los hábitats de las especies puedan aumentar la viabilidad de la persistencia de las especies. La

probabilidad de recuperación ecológica es específica de cada lugar y contexto y depende de factores como la severidad de los factores de estrés ecológico, la ubicación, la sincronización, el diseño y el alcance de las medidas de restauración y el potencial para restaurar los procesos abióticos y bióticos, la cobertura vegetal y los flujos de energía y genes. Por lo tanto, los autores tienen *confianza media* en que los esfuerzos de adaptación dirigidos por la actividad humana pueden reducir la exposición a los peligros relacionados con el clima.

Mensaje clave 27.3

Los impactos en las economías regionales tienen efectos en cascada sobre los medios de subsistencia y el bienestar

Descripción de la base de evidencia

En últimas décadas, múltiples estudios revisados por expertos han establecido cómo el cambio climático afecta diversos sistemas de cultivo anuales y perennes^{216,217,218,219,220,221,222,223}, sistemas pesqueros^{225,247,248,249,250,253}, sistemas forestales^{233,234,236,237,242,244} y la industria turística^{16,79,256,257,258,261}.

A pesar de estos impactos climáticos variables, hay datos científicos emergentes, incluidos los revisados por expertos, que indican que el Noroeste sigue manteniendo la resiliencia económica al cambio climático debido a la diversificación inherente de la región. Por ejemplo, el seguro federal de cosechas para el Noroeste muestra múltiples causas de pérdida de cosechas relacionadas con las condiciones meteorológicas y el clima (p. ej., sequía, calor, heladas, congelación, exceso de humedad), lo que demuestra la diversidad de riesgos que experimentan los productores agrícolas²³⁰. Sin embargo, también empiezan a observarse oportunidades nuevas y emergentes en estos importantes sectores económicos^{82,83,87,231,243,244,245}. La efectividad y el alcance de estas nuevas oportunidades de adaptación y mitigación aún no están claros.

En todo el Noroeste se están implementando estudios de casos, literatura no oficial y marcos emergentes, como el de la transición justa, para pasar a una economía con bajas emisiones de carbono^{97,246,303,416,417}. Existen marcos y evidencia que asocian la resiliencia económica con la priorización de la protección de los trabajadores y las poblaciones laborales marginadas^{270,272}. Sin embargo, este tipo de publicaciones en la región del Noroeste son aún relativamente nuevas y de alcance limitado.

Principales incertidumbres y brechas en la investigación

Eventos recientes como el domo de calor de 2021 han resaltado los impactos significativos de las condiciones meteorológicas extremas. Las industrias regionales están invirtiendo en investigaciones que permitan conocer mejor los factores de riesgo asociados a las condiciones climáticas extremas y evaluar si los riesgos son lo bastante altos como para justificar inversiones adicionales en infraestructuras y alternativas de gestión para limitar los daños. Gran parte de la literatura existente sobre los impactos del cambio climático en la región se basa en conjuntos climáticos limitados y no en grandes conjuntos, que son fundamentales para comprender las probabilidades de eventos climáticos extremos y sus impactos. Se están iniciando nuevos esfuerzos para abordar esta brecha, especialmente los dirigidos a la industria agrícola regional.

El potencial de nuevas oportunidades de adaptación y mitigación aún no está claro. Se necesita información adicional específica de la región para obtener una mejor imagen del potencial. La región se encuentra aún en sus primeras fases de implementación de planes y estrategias de transición hacia una economía con bajas emisiones de carbono. Sigue habiendo muchas brechas relacionadas con la eficacia de la implementación

de estos planes. La evaluación de los esfuerzos recientemente iniciados debería aportar información valiosa para su futura racionalización.

Descripción de confianza y probabilidad

Debido a la gran cantidad de investigaciones revisadas por expertos y publicadas a lo largo de varias décadas, tenemos una *confianza muy alta* en que el cambio climático está afectando, a veces de forma negativa, las economías dependientes de los recursos naturales y las actividades al aire libre, aunque la forma en que se vean afectadas variará según la ubicación y la industria o el producto. Con base en una sólida literatura revisada por expertos y un creciente número de publicaciones específicas del Noroeste, existe *confianza alta* en que los efectos del cambio climático en estas industrias tendrán impactos en cascada sobre los medios de subsistencia de las comunidades dependientes de los recursos. Debido a una base de evidencia emergente en la literatura revisada por expertos —y una base de evidencia incipiente específica de la región Noroeste— los autores tienen *confianza media* en que las industrias de recursos naturales de la región están respondiendo de manera efectiva al cambio climático y en que la transición a una economía con bajas emisiones de carbono puede aportar resiliencia económica, especialmente a los más impactados, como los trabajadores de las industrias dependientes de los combustibles fósiles y los trabajadores al aire libre.

Mensaje clave 27.4

Los sistemas de infraestructuras se ven afectados por el cambio climático, pero pueden facilitar la mitigación y la adaptación

Descripción de la base de evidencia

Existe evidencia considerable de que el cambio climático y los eventos extremos han afectado de forma negativa las infraestructuras construidas, especialmente las más antiguas, en el Noroeste^{100,142,273,278,279,291,307,308,311,318,323}. La evidencia varía según los sectores, y múltiples estudios documentan los efectos de la sequía en las infraestructuras y el suministro de agua²⁷⁷, los efectos de los incendios forestales en prácticamente todo tipo de infraestructuras^{142,277,418} y los efectos de las precipitaciones extremas y las inundaciones en las infraestructuras hídricas y de transporte^{29,281,282,283,323}.

Múltiples estudios destacan las interdependencias de los sistemas^{274,275,276,291,294,310,314,315,316}. En el Noroeste, las dependencias de los sistemas de infraestructuras pueden desencadenar conflictos sobre las concesiones mutuas entre usos y entre la adaptación al cambio climático y su mitigación. Estas concesiones mutuas se han documentado en publicaciones revisadas por expertos y en informes y planes gubernamentales^{293,295,296,314,315,316,419}. Además, algunos estudios sugieren que las acciones de adaptación y mitigación del cambio climático en los sistemas de infraestructuras pueden tener consecuencias en cascada en otros sectores, como la salud pública, la conservación del agua y el uso de la tierra (Enfoque en los Incendios Forestales del Occidente)^{277,278}.

A pesar de estos conflictos y concesiones mutuas, los nuevos estudios de casos documentan enfoques para gestionar las concesiones mutuas en el uso del agua, el transporte y la infraestructura eléctrica. Hay ejemplos de nuevas tecnologías y productos de datos para apoyar la adaptación^{285,286,300,304,305,306} y estudios de casos de esfuerzos de colaboración para abordar estos sistemas complejos y sus respuestas al cambio climático^{105,303,418}.

Principales incertidumbres y brechas en la investigación

Las concesiones mutuas entre los usos de las infraestructuras y los esfuerzos por aumentar la resiliencia de las infraestructuras crean incertidumbres sustanciales en los efectos sociales y medioambientales de esas acciones. Por ejemplo, la electrificación del transporte público y de los vehículos puede reducir las emisiones de gases de efecto invernadero pero sobrecargar el suministro de energía, lo que afecta la adopción de vehículos eléctricos en todas las comunidades. Del mismo modo, el suministro de aire acondicionado y la filtración del aire, especialmente en regiones donde actualmente son escasos, pueden aliviar las consecuencias del calor extremo para la salud pública, pero sobrecargan los suministros de energía. Las posibles consecuencias de la disminución de la exposición a los incendios forestales pueden ir en detrimento de las personas dependientes de la electricidad por situaciones médicas.

Descripción de confianza y probabilidad

La investigación disponible, la literatura revisada por expertos y los estudios de casos indican que existe *confianza muy alta* en que el cambio climático, los peligros climáticos y los eventos extremos relacionados con el clima han afectado las infraestructuras construidas en el Noroeste, y que existe *confianza muy alta* en que el cambio climático seguirá afectando estos sistemas. Además, existe un amplio consenso en que estos sistemas de infraestructuras son complejos y están interrelacionados y, por tanto, que los impactos relacionados con el clima o las respuestas a eventos extremos presentarán concesiones mutuas y ocasionarán conflictos sobre su uso. En el Noroeste, la documentación de estos conflictos y concesiones mutuas varía según los sectores y lugares. No obstante, la literatura sigue destacando las concesiones mutuas entre sistemas. Por lo tanto, existe *confianza muy alta* en que las alteraciones relacionadas con el clima y los esfuerzos de adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático en un determinado sistema de infraestructuras pueden someter a tensión a otros sistemas de infraestructuras. Múltiples estudios de casos resaltan cómo los profesionales gestionan estos conflictos y concesiones mutuas a través de la planificación, la ingeniería y el diseño colaborativos. Dada la amplitud de los estudios de casos en todos los sectores, existe *confianza alta* en que la planificación intersectorial y multisistema aumentará la resiliencia de los sistemas de infraestructuras construidas al futuro cambio climático.

Mensaje clave 27.5

El cambio climático amplifica las desigualdades en la salud

Descripción de la base de evidencia

Una amplia base de literatura consultada revisada por expertos documenta los impactos de los eventos extremos y el cambio climático en la salud física y mental^{69,75,321,322,330,334,335,336,337,340,341,345}, y una base de evidencia más pequeña pero creciente documenta los impactos del cambio climático en la salud de la comunidad^{344,353,355}. El Noroeste ha experimentado más eventos de calor extremo, incendios forestales y días de humo de incendios forestales en la última década, y la investigación ha documentado la mortalidad y la morbilidad directamente asociadas con estos peligros e impactos^{69,328,329,330,334}. La evidencia que relaciona el calor extremo, por ejemplo, con los malos resultados para la salud mental, como la ansiedad, la fatiga psicológica y el suicidio, son aún incipientes, aunque los investigadores y los médicos están desarrollando metodologías y enfoques prometedores para abordar las necesidades de salud mental relacionadas con el clima³⁴⁵.

Múltiples líneas de evidencia documentan la distribución desigual de los riesgos para la salud relacionados con el clima entre las comunidades del Noroeste^{265,322,337,345,350,351,352,358,359,360,363,364}. Existen algunas brechas específicas de la región del Noroeste sobre los impactos del cambio climático en la salud de la comunidad (p. ej., violencia doméstica). Sin embargo, tanto los artículos nacionales como los internacionales revisados

por expertos documentan estas asociaciones. Múltiples estudios de casos y literatura no oficial, así como una emergente base de literatura consultada revisada por expertos, documentan cómo los profesionales de la salud y las comunidades están respondiendo a los crecientes desafíos para la salud pública y comunitaria inducidos o exacerbados por el cambio climático^{356,357,364,367}.

Principales incertidumbres y brechas en la investigación

Los informes y estudios publicados se han centrado en los impactos en la comunidad después de eventos extremos, u otros acontecimientos traumáticos percibidos en las comunidades, que pueden reducir la cohesión social. Es necesario seguir investigando para conocer mejor el alcance regional de los problemas de salud mental derivados del cambio climático y elaborar protocolos que preparen mejor a los profesionales de la salud para afrontar los impactos del cambio climático en la salud de la comunidad. También hay oportunidades para descolonizar los métodos de salud pública y mejorar la integración de los sistemas de conocimiento y las metodologías locales e indígenas para informar mejor la investigación en salud pública.

Sigue habiendo incertidumbre sobre la medida en que el cambio climático supondrá una presión adicional para los servicios de atención médica del Noroeste. Las investigaciones preliminares basadas en anteriores eventos climáticos extremos pusieron de manifiesto los problemas de la cadena de suministro de medicamentos y equipos médicos, aunque se prevé que la demanda de atención médica aumente debido a los eventos extremos. Sin embargo, las tensiones agravadas que provocan la escasez de personal de atención médica, otros problemas de salud pública (p. ej., el COVID-19) y los eventos extremos agudos relacionados con el clima están empezando a poner de manifiesto las posibles brechas del sistema de atención médica.

Sigue habiendo incertidumbre al asociar los impactos en la salud de la comunidad, como la violencia doméstica, con el cambio climático y sus consiguientes impactos en el sistema de atención médica.

Descripción de confianza y probabilidad

Dada la amplitud de la literatura que documenta los impactos del cambio climático en la salud física, mental y comunitaria, los autores tienen *confianza muy alta* en que el cambio climático está afectando de manera negativa la salud pública y comunitaria en el Noroeste. Los autores tienen *confianza alta* en que la mortalidad y las enfermedades relacionadas con los eventos de calor extremo y la mala calidad del aire están aumentando y suponen una carga adicional para el sector de la salud pública. Esta asignación de confianza se basa en la investigación que pone de manifiesto la asociación entre la morbilidad y la mortalidad durante y después de los eventos de calor extremo, como el domo de calor de 2021, y el creciente número de días de humo de incendios forestales en toda la región. Los autores también tienen *confianza muy alta* en que el cambio climático y los eventos extremos empeoran las disparidades de salud existentes, lo que distribuye de forma desigual la carga de salud entre grupos como adultos mayores y comunidades de color, comunidades con bajos ingresos. Con base en nuevas investigaciones y estudios de casos, los autores tienen *confianza alta* en que la adaptación al cambio climático y la mitigación de sus efectos pueden reportar beneficios para la salud.

Mensaje clave 27.6

El cambio climático afecta el patrimonio y el sentido de lugar

Descripción de la base de evidencia

En el Noroeste, una base de evidencia cada vez mayor de literatura científica, literatura no oficial y conocimientos comunitarios sigue dilucidando las interacciones entre el cambio climático y los servicios y estilos de vida regionales que hacen del Noroeste un lugar atractivo para vivir, trabajar y visitar. Por ejemplo, múltiples publicaciones revisadas por expertos documentan las formas en que los impactos climáticos han alterado industrias clave que son fundamentales para las cadenas de suministro y la estabilidad económica y comunitaria^{249,371,372,373} y las infraestructuras locales (KM 27.4)³⁷⁵. Además, múltiples publicaciones revisadas por expertos documentan las interacciones entre el cambio climático y el uso de la tierra, como el crecimiento de la interfaz urbano-forestal^{102,103,104} y la creciente exposición de las comunidades a eventos relacionados con el clima, como incendios forestales e inundaciones^{103,374,381}. Múltiples publicaciones documentan estos riesgos acumulativos para la seguridad, el acceso a los servicios y el sentido de lugar en todo el Noroeste^{376,377,378,379,380,388}.

La literatura ha documentado cómo los lugares con más servicios medioambientales o de mayor calidad (p. ej., recreación, proximidad al aire libre, buena calidad del aire y del agua, menos congestión del tráfico, etc.) impulsan la migración hacia zonas más rurales y no urbanas^{263,382}. Existe abundante literatura no oficial y algunas investigaciones revisadas por expertos que documentan cómo el cambio climático afecta los servicios, incluidos los recreativos, en todas las estaciones^{79,384} y la calidad medioambiental³⁹⁰. Existen múltiples publicaciones revisadas por expertos que documentan cómo los impactos sobre estos servicios pueden provocar emigración, migración y desplazamiento regional, especialmente como consecuencia de eventos extremos relacionados con el clima^{394,395,396,397,398}.

Existen múltiples líneas de investigación que detallan los impactos relacionados con el clima en las comunidades locales. Por ejemplo, el cambio climático afectará los recursos culturales y de sustento de las tribus^{92,251,265,363,364,399,400}, lo que puede tener impactos adversos en el sentido de lugar tribal y en la salud y el bienestar de las tribus (KM 27.5)^{93,95,363,393,401}. Otras comunidades que tienen vínculos generacionales con zonas rurales o no urbanas específicas —como los trabajadores de industrias específicas y las comunidades de color— experimentarán impactos indirectos y en cascada del cambio climático que pueden impulsar la migración desde o hacia regiones específicas^{394,396,398}.

Existen múltiples ejemplos de cómo el aprovechamiento de los conocimientos de la comunidad puede ocasionar resultados de adaptación satisfactorios; sin embargo, la mayor parte de esta investigación es específica de las comunidades tribales^{251,399,402,403,404,408,409,411}. Hay investigaciones emergentes que documentan cómo otros tipos de conocimientos locales y valores comunitarios pueden impulsar la acción climática^{412,413}.

Principales incertidumbres y brechas en la investigación

En general, la investigación en ciencias sociales en el Noroeste sigue desarrollando y reforzando la comprensión de las conexiones entre el cambio climático y el sentido regional de lugar y el patrimonio. Por lo tanto, sigue habiendo muchas incertidumbres y brechas en la investigación. Esto incluye la comprensión de las respuestas sociales y económicas a los eventos extremos o a la exposición repetida a los peligros climáticos, cómo estas respuestas impulsan la migración intrarregional y cómo la migración por motivos de recreación puede conducir a efectos en cascada de desplazamiento de otras comunidades basadas en el lugar (p. ej., comunidades que se identifican fuertemente con industrias específicas, como la madera o la pesca). También hay incertidumbre en los motivadores de la acción climática por parte de las instituciones. Aunque se dispone de algunas investigaciones sobre las dimensiones sociales y políticas de la acción climática, incluidos muchos estudios de casos, la base de evidencia es incipiente.

Descripción de confianza y probabilidad

La investigación sobre los impactos del cambio climático en los servicios, el patrimonio y el sentido de lugar varía según el lugar, el servicio, la cultura y el lugar. Sin embargo, un tema común a toda la base de evidencia es que el cambio climático está alterando estos valores y culturas regionales. En consecuencia, los autores tienen *confianza alta* en que el cambio climático está afectando los servicios, el patrimonio y el sentido de la región. Además, los autores tienen *confianza muy alta* en que el cambio climático está afectando las comunidades locales, como las tribus y las comunidades basadas en los recursos naturales, dada la amplitud de la investigación regional y nacional sobre estos impactos desproporcionados. Numerosos estudios resaltan cómo la integración de los conocimientos locales e indígenas puede contribuir a la resiliencia de las comunidades ante el cambio climático. Sin embargo, la investigación sobre cómo el patrimonio y los valores locales, como los medioambientales o de sostenibilidad, pueden conducir a acciones de adaptación y mitigación del cambio climático es limitada. Por lo tanto, los autores tienen *confianza media* en que el patrimonio y los valores regionales pueden estimular la acción climática para garantizar la persistencia de patrimonios, culturas y servicios en todo el Noroeste.

Referencias

1. U.S. Census Bureau, 2021: 2020 Census Apportionment Results. U.S. Department of Commerce, U.S. Census Bureau. <https://www.census.gov/data/tables/2020/dec/2020-apportionment-data.html>
2. Kates, R.W., W.R. Travis, and T.J. Wilbanks, 2012: Transformational adaptation when incremental adaptations to climate change are insufficient. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **109** (19), 7156–7161. <https://doi.org/10.1073/pnas.1115521109>
3. Wilson, R.S., A. Herziger, M. Hamilton, and J.S. Brooks, 2020: From incremental to transformative adaptation in individual responses to climate-exacerbated hazards. *Nature Climate Change*, **10** (3), 200–208. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0691-6>
4. May, K., C. Luce, J. Casola, M. Chang, J. Cuhaciyani, M. Dalton, S. Lowe, G. Morishima, P. Mote, A. Petersen, G. Roesch-McNally, and E. York, 2018: Ch. 24. Northwest. 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, 1036–1100. <https://doi.org/10.7930/nca4.2018.ch24>
5. Mote, P., A.K. Snover, S. Capalbo, S.D. Eigenbrode, P. Glick, J. Littell, R. Raymond, and S. Reeder, 2014: Ch. 21. Northwest. In: *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*. Melillo, J.M., T.C. Richmond, and G.W. Yohe, Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, 487–513. <https://doi.org/10.7930/j04q7rwx>
6. 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>
7. Frankson, R., K.E. Kunkel, S.M. Champion, D.R. Easterling, L.E. Stevens, K. Bumbaco, N. Bond, J. Casola, and W. Sweet, 2022: Washington State Climate Summary 2022. NOAA Technical Report NESDIS 150-WA. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Satellite, Data, and Information Service, Silver Spring, MD. 5 pp. <https://statesummaries.ncics.org/chapter/wa/>
8. Runkle, J., K.E. Kunkel, R. Frankson, S.M. Champion, L.E. Stevens, and J. Abatzoglou, 2022: Idaho State Climate Summary 2022. NOAA Technical Report NESDIS 150-ID. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Satellite, Data, and Information Service, Silver Spring, MD, 4 pp. <https://statesummaries.ncics.org/chapter/id/>
9. Rogers, M. and G.S. Mauger, 2021: Pacific Northwest Climate Projection Tool. University of Washington, Climate Impacts Group. <https://cig.uw.edu/resources/analysis-tools/pacific-northwest-climate-projection-tool/>
10. Salathé Jr., E.P., A. Beggs, C. McJunkin, and S. Sandhu, 2023: The relative warming rates of heat events and median days in the Pacific Northwest from observations and a regional climate model. *Journal of Climate*, **36** (8), 2471–2481. <https://doi.org/10.1175/jcli-d-22-0313.1>
11. Humes, K., R. Walters, J. Ryu, R. Mahler, and C. Woodruff, 2021: Water report. In: *Idaho Climate-Economy Impacts Assessment*. James A. & Louise McClure Center for Public Policy Research, University of Idaho. <https://www.uidaho.edu/president/direct-reports/mcclure-center/iceia/water>
12. Ikeda, K., R. Rasmussen, C. Liu, A. Newman, F. Chen, M. Barlage, E. Gutmann, J. Dudhia, A. Dai, C. Luce, and K. Musselman, 2021: Snowfall and snowpack in the western U.S. as captured by convection permitting climate simulations: Current climate and pseudo global warming future climate. *Climate Dynamics*, **57** (7), 2191–2215. <https://doi.org/10.1007/s00382-021-05805-w>
13. Lute, A.C. and C.H. Luce, 2017: Are model transferability and complexity antithetical? Insights from validation of a variable-complexity empirical snow model in space and time. *Water Resources Research*, **53** (11), 8825–8850. <https://doi.org/10.1002/2017wr020752>
14. 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>
15. Nolin, A.W. and C. Daly, 2006: Mapping “at risk” snow in the Pacific Northwest. *Journal of Hydrometeorology*, **7** (5), 1164–1171. <https://doi.org/10.1175/jhm543.1>

16. Clifton, C.F., K.T. Day, C.H. Luce, G.E. Grant, M. Safeeq, J.E. Halofsky, and B.P. Staab, 2018: Effects of climate change on hydrology and water resources in the Blue Mountains, Oregon, USA. *Climate Services*, **10**, 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2018.03.001>
17. Wagner, A.M., K.E. Bennett, G.E. Liston, C.A. Hiemstra, and D. Cooley, 2021: Multiple indicators of extreme changes in snow-dominated streamflow regimes, Yakima River Basin region, USA. *Water*, **13**, 2608. <https://doi.org/10.3390/w13192608>
18. Chang, H., I.-W. Jung, M. Steele, and M. Gannett, 2012: Spatial patterns of March and September streamflow trends in Pacific Northwest streams, 1958–2008. *Geographical Analysis*, **44** (3), 177–201. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.2012.00847.x>
19. Dalton, M., and E. Fleishman, Ed. 2021: *Fifth Oregon Climate Assessment*. Oregon State University, Oregon Climate Change Research Institute, Corvallis, OR. https://ir.library.oregonstate.edu/concern/technical_reports/pz50h457p
20. Kormos, P.R., C.H. Luce, S.J. Wenger, and W.R. Berghuijs, 2016: Trends and sensitivities of low streamflow extremes to discharge timing and magnitude in Pacific Northwest mountain streams. *Water Resources Research*, **52** (7), 4990–5007. <https://doi.org/10.1002/2015wr018125>
21. Fountain, A.G., C. Gray, B. Glenn, B. Menounos, J. Pflug, and J.L. Riedel, 2022: Glaciers of the Olympic Mountains, Washington—The past and future 100 years. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, **127** (4), e2022JF006670. <https://doi.org/10.1029/2022jf006670>
22. Frans, C., E. Istanbuluoglu, D.P. Lettenmaier, A.G. Fountain, and J. Riedel, 2018: Glacier recession and the response of summer streamflow in the Pacific Northwest United States, 1960–2099. *Water Resources Research*, **54** (9), 6202–6225. <https://doi.org/10.1029/2017wr021764>
23. Lee, S.-Y., A.F. Hamlet, and E.E. Grossman, 2016: Impacts of climate change on regulated streamflow, hydrologic extremes, hydropower production, and sediment discharge in the Skagit River Basin. *Northwest Science*, **90** (1), 23–43. <https://doi.org/10.3955/046.090.0104>
24. Lancaster, S.T., A.W. Nolin, E.A. Copeland, and G.E. Grant, 2012: Periglacial debris-flow initiation and susceptibility and glacier recession from imagery, airborne LiDAR, and ground-based mapping. *Geosphere*, **8** (2), 417–430. <https://doi.org/10.1130/ges00713.1>
25. Lorente-Plazas, R., T.P. Mitchell, G. Mauger, and E.P. Salathé, 2018: Local enhancement of extreme precipitation during atmospheric rivers as simulated in a regional climate model. *Journal of Hydrometeorology*, **19** (9), 1429–1446. <https://doi.org/10.1175/jhm-d-17-0246.1>
26. 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>
27. Slinskey, E.A., P.C. Loikith, D.E. Waliser, B. Guan, and A. Martin, 2020: A climatology of atmospheric rivers and associated precipitation for the seven U.S. National Climate Assessment regions. *Journal of Hydrometeorology*, **21** (11), 2439–2456. <https://doi.org/10.1175/jhm-d-20-0039.1>
28. Xiong, Y. and X. Ren, 2021: Influences of atmospheric rivers on North Pacific winter precipitation: Climatology and dependence on ENSO condition. *Journal of Climate*, **34** (1), 277–292. <https://doi.org/10.1175/jcli-d-20-0301.1>
29. Corringham, T.W., F.M. Ralph, A. Gershunov, D.R. Cayan, and C.A. Talbot, 2019: Atmospheric rivers drive flood damages in the western United States. *Science Advances*, **5** (12). <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax4631>
30. Hughes, M., D. Swales, J.D. Scott, M. Alexander, K. Mahoney, R.R. McCrary, R. Cifelli, and M. Bukovsky, 2022: Changes in extreme integrated water vapor transport on the U.S. west coast in NA-CORDEX, and relationship to mountain and inland precipitation. *Climate Dynamics*, **59** (3), 973–995. <https://doi.org/10.1007/s00382-022-06168-6>
31. Payne, A.E., M.-E. Demory, L.R. Leung, A.M. Ramos, C.A. Shields, J.J. Rutz, N. Siler, G. Villarini, A. Hall, and F.M. Ralph, 2020: Responses and impacts of atmospheric rivers to climate change. *Nature Reviews Earth & Environment*, **1** (3), 143–157. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0030-5>
32. Shields, C.A. and J.T. Kiehl, 2016: Atmospheric river landfall-latitude changes in future climate simulations. *Geophysical Research Letters*, **43** (16), 8775–8782. <https://doi.org/10.1002/2016gl070470>

33. Rutz, J.J., W.J. Steenburgh, and F.M. Ralph, 2014: Climatological characteristics of atmospheric rivers and their inland penetration over the western United States. *Monthly Weather Review*, **142** (2), 905–921. <https://doi.org/10.1175/mwr-d-13-00168.1>
34. Espinoza, V., D.E. Waliser, B. Guan, D.A. Lavers, and F.M. Ralph, 2018: Global analysis of climate change projection effects on atmospheric rivers. *Geophysical Research Letters*, **45** (9), 4299–4308. <https://doi.org/10.1029/2017gl076968>
35. Gao, Y., J. Lu, L.R. Leung, Q. Yang, S. Hagos, and Y. Qian, 2015: Dynamical and thermodynamical modulations on future changes of landfalling atmospheric rivers over western North America. *Geophysical Research Letters*, **42** (17), 7179–7186. <https://doi.org/10.1002/2015gl065435>
36. Mahoney, K., D. Swales, M.J. Mueller, M. Alexander, M. Hughes, and K. Malloy, 2018: An examination of an inland-penetrating atmospheric river flood event under potential future thermodynamic conditions. *Journal of Climate*, **31** (16), 6281–6297. <https://doi.org/10.1175/jcli-d-18-0118.1>
37. Warner, M.D. and C.F. Mass, 2017: Changes in the climatology, structure, and seasonality of northeast Pacific atmospheric rivers in CMIP5 climate simulations. *Journal of Hydrometeorology*, **18** (8), 2131–2141. <https://doi.org/10.1175/jhm-d-16-0200.1>
38. Massoud, E.C., V. Espinoza, B. Guan, and D.E. Waliser, 2019: Global climate model ensemble approaches for future projections of atmospheric rivers. *Earth's Future*, **7** (10), 1136–1151. <https://doi.org/10.1029/2019EF001249>
39. Howard, E.M., H. Frenzel, F. Kessouri, L. Renault, D. Bianchi, J.C. McWilliams, and C. Deutsch, 2020: Attributing causes of future climate change in the California Current System with multimodel downscaling. *Global Biogeochemical Cycles*, **34** (11), e2020GB006646. <https://doi.org/10.1029/2020gb006646>
40. Jewett, L. and A. Romanou, 2017: Ch. 13. Ocean acidification and other ocean changes. 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, 364–392. <https://doi.org/10.7930/j0qv3jqb>
41. Siedlecki, S.A., D. Pilcher, E.M. Howard, C. Deutsch, P. MacCready, E.L. Norton, H. Frenzel, J. Newton, R.A. Feely, S.R. Alin, and T. Klinger, 2021: Coastal processes modify projections of some climate-driven stressors in the California Current System. *Biogeosciences*, **18** (9), 2871–2890. <https://doi.org/10.5194/bg-18-2871-2021>
42. 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>
43. Feely, R.A., S.R. Alin, B. Carter, N. Bednaršek, B. Hales, F. Chan, T.M. Hill, B. Gaylord, E. Sanford, R.H. Byrne, C.L. Sabine, D. Greeley, and L. Juranek, 2016: Chemical and biological impacts of ocean acidification along the west coast of North America. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **183** (Part A), 260–270. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.08.043>
44. Doney, S.C., D.S. Busch, S.R. Cooley, and K.J. Kroeker, 2020: The impacts of ocean acidification on marine ecosystems and reliant human communities. *Annual Review of Environment and Resources*, **45**, 83–112. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012320-083019>
45. Feely, R.A., R.R. Okazaki, W.-J. Cai, N. Bednaršek, S.R. Alin, R.H. Byrne, and A. Fassbender, 2018: The combined effects of acidification and hypoxia on pH and aragonite saturation in the coastal waters of the California Current Ecosystem and the northern Gulf of Mexico. *Continental Shelf Research*, **152**, 50–60. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2017.11.002>
46. Pelletier, G., L. Bianucci, W. Long, T. Khangaonkar, T. Mohamedali, A. Ahmed, and C. Figueroa-Kaminsky, 2017: Salish Sea Model: Ocean Acidification Module and the Response to Regional Anthropogenic Nutrient Sources. Publication No. 17-03-009. State of Washington, Department of Ecology. <https://apps.ecology.wa.gov/publications/documents/1703009.pdf>
47. Gentemann, C.L., M.R. Fewings, and M. García-Reyes, 2017: Satellite sea surface temperatures along the West Coast of the United States during the 2014–2016 northeast Pacific marine heat wave. *Geophysical Research Letters*, **44** (1), 312–319. <https://doi.org/10.1002/2016gl071039>

48. 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>
49. NMFS, 2022: 2019–2022 Gray Whale Unusual Mortality Event along the West Coast and Alaska. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service. <https://www.fisheries.noaa.gov/national/marine-life-distress/2019-2022-gray-whale-unusual-mortality-event-along-west-coast-and>
50. Amaya, D.J., A.J. Miller, S.-P. Xie, and Y. Kosaka, 2020: Physical drivers of the summer 2019 North Pacific marine heatwave. *Nature Communications*, **11** (1), 1903. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15820-w>
51. Bond, N.A., M.F. Cronin, H. Freeland, and N. Mantua, 2015: Causes and impacts of the 2014 warm anomaly in the NE Pacific. *Geophysical Research Letters*, **42** (9), 3414–3420. <https://doi.org/10.1002/2015gl063306>
52. Oliver, E.C.J., J.A. Benthuyesen, S. Darmaraki, M.G. Donat, A.J. Hobday, N.J. Holbrook, R.W. Schlegel, and A. Sen Gupta, 2021: Marine heatwaves. *Annual Review of Marine Science*, **13** (1), 313–342. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-032720-095144>
53. Peterson, W.T., J.L. Fisher, P.T. Strub, X. Du, C. Risien, J. Peterson, and C.T. Shaw, 2017: The pelagic ecosystem in the Northern California Current off Oregon during the 2014–2016 warm anomalies within the context of the past 20 years. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, **122** (9), 7267–7290. <https://doi.org/10.1002/2017jc012952>
54. Trainer, V.L., S.K. Moore, G. Hallegraef, R.M. Kudela, A. Clement, J.I. Mardones, and W.P. Cochlan, 2020: Pelagic harmful algal blooms and climate change: Lessons from nature's experiments with extremes. *Harmful Algae*, **91**, 101591. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2019.03.009>
55. 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>
56. Newton, T.J., R. Weldon, I.M. Miller, D. Schmidt, G. Mauger, H. Morgan, and E. Grossman, 2021: An assessment of vertical land movement to support coastal hazards planning in Washington state. *Water*, **13** (3). <https://doi.org/10.3390/w13030281>
57. Taherkhani, M., S. Vitousek, P.L. Barnard, N. Frazer, T.R. Anderson, and C.H. Fletcher, 2020: Sea-level rise exponentially increases coastal flood frequency. *Scientific Reports*, **10** (1), 6466. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62188-4>
58. Miller, I.M., H. Morgan, G. Mauger, T. Newton, R. Weldon, D. Schmidt, M. Welch, and E. Grossman, 2018: Projected Sea Level Rise for Washington State—A 2018 Assessment. University of Washington, 24 pp. <https://cig.uw.edu/projects/projected-sea-level-rise-for-washington-state-a-2018-assessment/>
59. UW Climate Impacts Group, 2018: *An Unfair Share: Exploring the Disproportionate Risks from Climate Change Facing Washington State Communities*. University of Washington, Seattle, WA. <https://cig.uw.edu/projects/an-unfair-share/>
60. Voelkel, J., D. Hellman, R. Sakuma, and V. Shandas, 2018: Assessing vulnerability to urban heat: A study of disproportionate heat exposure and access to refuge by socio-demographic status in Portland, Oregon. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **15** (4), 640. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040640>
61. Farrell, J., P.B. Burow, K. McConnell, J. Bayham, K. Whyte, and G. Koss, 2021: Effects of land dispossession and forced migration on Indigenous peoples in North America. *Science*, **374** (6567), 4943. <https://doi.org/10.1126/science.abe4943>
62. Lane, H.M., R. Morello-Frosch, J.D. Marshall, and J.S. Apte, 2022: Historical redlining is associated with present-day air pollution disparities in U.S. cities. *Environmental Science & Technology Letters*, **9** (4), 345–350. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.1c01012>

63. Alvarez, C.H., 2023: Structural racism as an environmental justice issue: A multilevel analysis of the state racism index and environmental health risk from air toxics. *Journal of Racial and Ethnic Health Disparities*, **10** (1), 244–258. <https://doi.org/10.1007/s40615-021-01215-0>
64. Colon, J., 2016: The Disproportionate Impacts of Climate Change on Communities of Color in Washington State. *Front and Centered*, 6 pp. <https://frontandcentered.org/the-disproportionate-impacts-of-climate-change-on-communities-of-color-in-washington-state/>
65. Digital Scholarship Lab and the National Community Reinvestment Coalition, 2020: Not even past: Social vulnerability and the legacy of redlining. In: *American Panorama*. Nelson, R. and E. Ayers, Eds. The Digital Scholarship Lab and the National Community Reinvestment Coalition. <https://dsl.richmond.edu/socialvulnerability/>
66. Priske, M., 2020: Environmental Racism and Economic Health Injustice: Exploring the LatinX Community in Eugene, Oregon. ArcGIS. <https://storymaps.arcgis.com/stories/d519ab45cfc646438b8e91e846d674af>
67. Bencivengo, A., E. Clark, M. Davies, E. Kushkowsky, A. Loukides, F. Marten, A. Miller, L.I. Parker, H. Wise, and S. Witte, 2017: Vulnerability and Climate Change Adaptation Planning: Heat and Floods in Portland, Oregon. Reed College, Environmental Studies Department Junior Seminar, 62 pp. https://www.reed.edu/es/assets/es_300_2017_vulnerability-and-climate-change-adaptation-planning.pdf
68. Hoffman, J.S., V. Shandas, and N. Pendleton, 2020: The effects of historical housing policies on resident exposure to intra-urban heat: A study of 108 US urban areas. *Climate*, **8** (1), 12. <https://doi.org/10.3390/cli8010012>
69. Arnold, L., M.D. Scheuerell, and T. Busch Isaksen 2022: Mortality associated with extreme heat in Washington state: The historical and projected public health burden. *Atmosphere*, **13** (9), 1392. <https://doi.org/10.3390/atmos13091392>
70. Earth Economics, 2020: Urban Heat Island Analysis. Earth Economics, Tacoma, WA, 2 pp. https://cms.cityoftacoma.org/enviro/urbanforestry/tacomawa_heatislandanalysis.pdf
71. Schell, C.J., K. Dyson, T.L. Fuentes, S.D. Roches, N.C. Harris, D.S. Miller, C.A. Woelfle-Erskine, and M.R. Lambert, 2020: The ecological and evolutionary consequences of systemic racism in urban environments. *Science*, **369** (6510), 4497. <https://doi.org/10.1126/science.aay4497>
72. He, B.-J., J. Zhu, D.-X. Zhao, Z.-H. Gou, J.-D. Qi, and J. Wang, 2019: Co-benefits approach: Opportunities for implementing sponge city and urban heat island mitigation. *Land Use Policy*, **86**, 147–157. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.05.003>
73. Richards, D.R. and P.J. Edwards, 2018: Using water management infrastructure to address both flood risk and the urban heat island. *International Journal of Water Resources Development*, **34** (4), 490–498. <https://doi.org/10.1080/07900627.2017.1357538>
74. Fischer, A.P., 2019: Pathways of adaptation to external stressors in coastal natural-resource-dependent communities: Implications for climate change. *World Development*, **108**, 235–248. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.12.007>
75. Childs, M.L., J. Li, J. Wen, S. Heft-Neal, A. Driscoll, S. Wang, C.F. Gould, M. Qiu, J. Burney, and M. Burke, 2022: Daily local-level estimates of ambient wildfire smoke/PM_{2.5} for the contiguous US. *Environmental Science & Technology*, **56** (19), 13607–13621. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c02934>
76. Tigchelaar, M., D.S. Battisti, and J.T. Spector, 2020: Work adaptations insufficient to address growing heat risk for U.S. agricultural workers. *Environmental Research Letters*, **15** (9), 094035. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab86f4>
77. Calkins, M.M., D. Bonauto, A. Hajat, M. Lieblich, N. Seixas, L. Sheppard, and J.T. Spector, 2019: A case-crossover study of heat exposure and injury risk among outdoor construction workers in Washington State. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, **45** (6), 588–599. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3814>
78. Oregon Health Authority, 2020: Climate and Health in Oregon 2020 Report. Oregon Health Authority, Public Health Division. <https://www.oregon.gov/oha/ph/healthyenvironments/climatechange/documents/2020/climate%20and%20health%20in%20oregon%202020%20-%20full%20report.pdf>
79. Miller, A.B., P.L. Winter, J.J. Sánchez, D.L. Peterson, and J.W. Smith, 2022: Climate change and recreation in the western United States: Effects and opportunities for adaptation. *Journal of Forestry*, **120** (4), 453–472. <https://doi.org/10.1093/jofore/fvab072>

80. Petersen–Rockney, M., P. Baur, A. Guzman, S.F. Bender, A. Calo, F. Castillo, K. De Master, A. Dumont, K. Esquivel, C. Kremen, J. LaChance, M. Mooshammer, J. Ory, M.J. Price, Y. Socolar, P. Stanley, A. Iles, and T. Bowles, 2021: Narrow and brittle or broad and nimble? Comparing adaptive capacity in simplifying and diversifying farming systems. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, **5**, 564900. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.564900>
81. Weiler, A.M., 2022: Farmworkers, climate change, and “converging crises”. *Gastronomica*, **22** (1), 44–49. <https://doi.org/10.1525/gfc.2022.22.1.44>
82. Lavoie, A.L., K. Dentzman, and C.B. Wardropper, 2021: Using diffusion of innovations theory to understand agricultural producer perspectives on cover cropping in the inland Pacific Northwest, USA. *Renewable Agriculture and Food Systems*, **36** (4), 384–395. <https://doi.org/10.1017/s1742170520000423>
83. Roesch–McNally, G., A. Garrett, and M. Fery, 2020: Assessing perceptions of climate risk and adaptation among small farmers in Oregon’s Willamette Valley. *Renewable Agriculture and Food Systems*, **35** (6), 626–630. <https://doi.org/10.1017/s1742170519000267>
84. Wardropper, C.B., J.P. Angerer, M. Burnham, M.E. Fernández–Giménez, V.S. Jansen, J.W. Karl, K. Lee, and K. Wollstein, 2021: Improving rangeland climate services for ranchers and pastoralists with social science. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, **52**, 82–91. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2021.07.001>
85. Boag, A.E., J. Hartter, L.C. Hamilton, N.D. Christoffersen, F.R. Stevens, M.W. Palace, and M.J. Ducey, 2018: Climate change beliefs and forest management in eastern Oregon: Implications for individual adaptive capacity. *Ecology and Society*, **23** (4). <https://doi.org/10.5751/es-10355-230401>
86. Haltinner, K. and D. Sarathchandra, 2021: Considering attitudinal uncertainty in the climate change skepticism continuum. *Global Environmental Change*, **68**, 102243. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102243>
87. Maas, A., C. Wardropper, G. Roesch–McNally, and J. Abatzoglou, 2020: A (mis)alignment of farmer experience and perceptions of climate change in the U.S. inland pacific northwest. *Climatic Change*, **162** (3), 1011–1029. <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02713-6>
88. Hand, J.P., 2008: Global climate change: A serious threat to Native American lands and culture. *Environmental Law Reporter–News & Analysis*, **38**, 10329. <https://heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/elrna38&div=28&id=&page=>
89. Vinyeta, K. and K. Lynn, 2013: Exploring the Role of Traditional Ecological Knowledge in Climate Change Initiatives. Gen. Tech. Rep. PNW–GTR–879. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, OR, 37 pp. <https://doi.org/10.2737/pnw-gtr-879>
90. Burkett, M., R.R.M. Verchick, and D. Flores, 2017: Reaching Higher Ground: Avenues to Secure and Manage New Land for Communities Displaced by Climate Change. Research Paper No. 2017–07. Loyola University New Orleans College of Law, Center for Progressive Reform. <https://ssrn.com/abstract=3034040>
91. Ford, J.K. and E. Giles, 2015: Climate change adaptation in Indian country: Tribal regulation of reservation lands and natural resources. *William Mitchell Law Review*, **41** (2), 519–551. <http://open.mitchellhamline.edu/wmlr/vol41/iss2/3/>
92. Watkinson–Schutten, M., 2022: Decolonizing climate adaptation by reacquiring fractionated tribal lands. In: *The Oxford Handbook of Indigenous Sociology*. Walter, M., T. Kukutai, A.A. Gonzales, and R. Henry, Eds. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780197528778.013.42>
93. Maldonado, J., D. Antrobus, C. Comardelle, S.R. Cox, L. Laukea, C. Jones, P. Keys, H. Mullen, M. Neale, and D. Sambo Dorough, 2021: Ch. 10. Protection-in-place & community-led relocation. In: *Status of Tribes and Climate Change Report*. Marks–Marino, D., Ed. Institute for Tribal Environmental Professionals, 241–259. <http://nau.edu/stacc2021>
94. Jantarasami, L.C., R. Novak, R. Delgado, E. Marino, S. McNeeley, C. Narducci, J. Raymond–Yakoubian, L. Singletary, and K.P. Whyte, 2018: Ch. 15. Tribes and Indigenous Peoples. In: *Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: Fourth National Climate Assessment, Volume II*. Reidmiller, D.R., C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, and B.C. Stewart, Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 572–603. <https://doi.org/10.7930/nca4.2018.ch15>
95. Lynn, K., J. Daigle, J. Hoffman, F. Lake, N. Michelle, D. Ranco, C. Viles, G. Voggesser, and P. Williams, 2014: Ch. 4. The impacts of climate change on tribal traditional foods. In: *Climate Change and Indigenous Peoples in the United States: Impacts, Experiences and Actions*. Maldonado, J.K., B. Colombi, and R. Pandya, Eds. Springer, Cham, Switzerland, 37–48. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05266-3_4

96. Prevéy, J.S., L.E. Parker, C.A. Harrington, C.T. Lamb, and M.F. Proctor, 2020: Climate change shifts in habitat suitability and phenology of huckleberry (*Vaccinium membranaceum*). *Agricultural and Forest Meteorology*, **280**, 107803. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107803>
97. Front and Centered, 2020: Accelerating a Just Transition in Washington State: Climate Justice Strategies from the Frontlines. Front and Centered, 6 pp. <https://frontandcentered.org/accelerating-a-just-transition-in-wa-state/>
98. Shi, L. and S. Moser, 2021: Transformative climate adaptation in the United States: Trends and prospects. *Science*, **372** (6549), 8054. <https://doi.org/10.1126/science.abc8054>
99. Hellman, D. and V. Shandas, 2020: Community Resilience to Climate Change: Theory, Research and Practice. Portland State University. <https://doi.org/10.15760/pdxopen-24>
100. Makido, Y., D. Hellman, and V. Shandas, 2019: Nature-based designs to mitigate urban heat: The efficacy of green infrastructure treatments in Portland, Oregon. *Atmosphere*, **10** (5), 282. <https://doi.org/10.3390/atmos10050282>
101. Puget Sound Sage, 2020: Powering the Transition: Community Priorities for a Renewable and Equitable Future. Puget Sound Sage. <https://pugetsoundsage.org/research/clean-healthy-environment/community-energy/>
102. Blazina, A. and K. Davis, 2022: The Wildland-Urban Interface: Mapping Washington State's Fastest-Growing Environment. Washington State Department of Natural Resources. <https://storymaps.arcgis.com/stories/7016c437623a445997c072a05e26afbb>
103. Mockrin, M.H., D. Helmers, S. Martinuzzi, T.J. Hawbaker, and V.C. Radeloff, 2022: Growth of the wildland-urban interface within and around U.S. National Forests and Grasslands, 1990–2010. *Landscape and Urban Planning*, **218**, 104283. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104283>
104. 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>
105. City of Boise, 2021: Boise's Climate Action Roadmap: Our Community's Plan for Climate Action. City of Boise. <https://www.cityofboise.org/media/15045/boise-climate-roadmap.pdf>
106. King County Climate Equity Community Task Force, 2020: Section II: Sustainable & resilient frontline communities. In: *King County 2020 Strategic Climate Action Plan*. Stroble, J. and S. Rahman, Eds., King County, WA. <https://your.kingcounty.gov/dnrp/climate/documents/scap-2020-approved/2020-scap-sustainable-and-resilient-frontline-communities-section.pdf>
107. Germain, S.J. and J.A. Lutz, 2020: Climate extremes may be more important than climate means when predicting species range shifts. *Climatic Change*, **163** (1), 579–598. <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02868-2>
108. Noy-Meir, I., 1973: Desert ecosystems: Environment and producers. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **4** (1), 25–51. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000325>
109. Rangwala, I., W. Moss, J. Wolken, R. Rondeau, K. Newlon, J. Guinotte, and W.R. Travis, 2021: Uncertainty, complexity and constraints: How do we robustly assess biological responses under a rapidly changing climate? *Climate*, **9** (12), 177. <https://doi.org/10.3390/cli9120177>
110. Singer, M.C., 2017: Shifts in time and space interact as climate warms. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **114** (49), 12848–12850. <https://doi.org/10.1073/pnas.1718334114>
111. Fogarty, F.A., D.R. Cayan, L.L. DeHaan, and E. Fleishman, 2020: Associations of breeding-bird abundance with climate vary among species and trait-based groups in southern California. *PLoS ONE*, **15** (3), e0230614. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230614>
112. Harsch, M.A. and J. HilleRisLambers, 2016: Climate warming and seasonal precipitation change interact to limit species distribution shifts across western North America. *PLoS ONE*, **11** (7), e0159184. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159184>
113. Abatzoglou, J.T. and A.P. Williams, 2016: Impact of anthropogenic climate change on wildfire across western US forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **113** (42), 11770–11775. <https://doi.org/10.1073/pnas.1607171113>

114. Alizadeh, M.R., J.T. Abatzoglou, C.H. Luce, J.F. Adamowski, A. Farid, and M. Sadegh, 2021: Warming enabled upslope advance in western US forest fires. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **118** (22), e2009717118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2009717118>
115. Holden, Z.A., A. Swanson, C.H. Luce, W.M. Jolly, M. Maneta, J.W. Oyler, D.A. Warren, R. Parsons, and D. Affleck, 2018: Decreasing fire season precipitation increased recent western US forest wildfire activity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **115** (36), E8349–E8357. <https://doi.org/10.1073/pnas.1802316115>
116. Alizadeh, M.R., J. Adamowski, M.R. Nikoo, A. AghaKouchak, P. Dennison, and M. Sadegh, 2020: A century of observations reveals increasing likelihood of continental-scale compound dry-hot extremes. *Science Advances*, **6** (39), 4571. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz4571>
117. 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>
118. 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>
119. 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>
120. Bradley, B.A., C.A. Curtis, and J.C. Chambers, 2016: Ch. 9. *Bromus* response to climate and projected changes with climate change. In: *Exotic Brome-Grasses in Arid and Semiarid Ecosystems of the Western US: Causes, Consequences, and Management Implications*. Germino, M.J., J.C. Chambers, and C.S. Brown, Eds. Springer, Cham, Switzerland, 257–274. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24930-8_9
121. Williamson, M.A., E. Fleishman, R.C. Mac Nally, J.C. Chambers, B.A. Bradley, D.S. Dobkin, D.I. Board, F.A. Fogarty, N. Horning, M. Leu, and M. Wohlfeil Zillig, 2020: Fire, livestock grazing, topography, and precipitation affect occurrence and prevalence of cheatgrass (*Bromus tectorum*) in the Central Great Basin, USA. *Biological Invasions*, **22** (2), 663–680. <https://doi.org/10.1007/s10530-019-02120-8>
122. Mack, R.N. and J.N. Thompson, 1982: Evolution in steppe with few large, hooved mammals. *The American Naturalist*, **119** (6), 757–773. <http://www.jstor.org/stable/2460961>
123. Balch, J.K., B.A. Bradley, J.T. Abatzoglou, R.C. Nagy, E.J. Fusco, and A.L. Mahood, 2017: Human-started wildfires expand the fire niche across the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **114** (11), 2946–2951. <https://doi.org/10.1073/pnas.1617394114>
124. Gervais, J.A., R. Kovach, A. Sepulveda, R. Al-Chokhachy, J. Joseph Giersch, and C.C. Muhlfeld, 2020: Climate-induced expansions of invasive species in the Pacific Northwest, North America: A synthesis of observations and projections. *Biological Invasions*, **22** (7), 2163–2183. <https://doi.org/10.1007/s10530-020-02244-2>
125. Abrams, J., H. Huber-Stearns, M. Steen-Adams, E.J. Davis, C. Bone, M.F. Nelson, and C. Moseley, 2021: Adaptive governance in a complex social-ecological context: Emergent responses to a native forest insect outbreak. *Sustainability Science*, **16** (1), 53–68. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00843-5>
126. Agne, M.C., P.A. Beedlow, D.C. Shaw, D.R. Woodruff, E.H. Lee, S.P. Cline, and R.L. Comeleo, 2018: Interactions of predominant insects and diseases with climate change in Douglas-fir forests of western Oregon and Washington, U.S.A. *Forest Ecology and Management*, **409**, 317–332. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.11.004>
127. Bentz, B.J., J. Régnière, C.J. Fettig, E.M. Hansen, J.L. Hayes, J.A. Hicke, R.G. Kelsey, J.F. Negrón, and S.J. Seybold, 2010: Climate change and bark beetles of the western United States and Canada: Direct and indirect effects. *BioScience*, **60** (8), 602–613. <https://doi.org/10.1525/bio.2010.60.8.6>
128. Elliott, J., S.I. Passy, K.L. Pound, G. Merritt, S. Polkowske, and C.A. Larson, 2022: Strong but heterogeneous distributional responses to climate change are projected for temperate and semi-arid stream vertebrates. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **32** (8), 1291–1305. <https://doi.org/10.1002/aqc.3805>
129. Jacobs, G.R., R.F. Thurow, J.M. Buffington, D.J. Isaak, and S.J. Wenger, 2021: Climate, fire regime, geomorphology, and conspecifics influence the spatial distribution of Chinook salmon Redds. *Transactions of the American Fisheries Society*, **150** (1), 8–23. <https://doi.org/10.1002/tafs.10270>

130. Reid, A.J., A.K. Carlson, I.F. Creed, E.J. Eliason, P.A. Gell, P.T.J. Johnson, K.A. Kidd, T.J. MacCormack, J.D. Olden, S.J. Ormerod, J.P. Smol, W.W. Taylor, K. Tockner, J.C. Vermaire, D. Dudgeon, and S.J. Cooke, 2019: Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biological Reviews*, **94** (3), 849–873. <https://doi.org/10.1111/brv.12480>
131. Wenger, S.J., D.J. Isaak, C.H. Luce, H.M. Neville, K.D. Fausch, J.B. Dunham, D.C. Dauwalter, M.K. Young, M.M. Elsner, B.E. Rieman, A.F. Hamlet, and J.E. Williams, 2011: Flow regime, temperature, and biotic interactions drive differential declines of trout species under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **108** (34), 14175–14180. <https://doi.org/10.1073/pnas.1103097108>
132. Al-Chokhachy, R., M. Lien, B.B. Shepard, and B. High, 2021: The interactive effects of stream temperature, stream size, and non-native species on Yellowstone cutthroat trout. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **78** (8), 1073–1083. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2020-0408>
133. Rubenson, E.S., D.J. Lawrence, and J.D. Olden, 2020: Threats to rearing juvenile Chinook salmon from nonnative smallmouth bass inferred from stable isotope and fatty acid biomarkers. *Transactions of the American Fisheries Society*, **149** (3), 350–363. <https://doi.org/10.1002/tafs.10237>
134. Rubenson, E.S. and J.D. Olden, 2020: An invader in salmonid rearing habitat: Current and future distributions of smallmouth bass (*Micropterus dolomieu*) in the Columbia River Basin. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **77** (2), 314–325. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2018-0357>
135. Freeman, M.C., K.R. Bestgen, D. Carlisle, E.A. Frimpong, N.R. Franssen, K.B. Gido, E. Irwin, Y. Kanno, C. Luce, S. Kyle McKay, M.C. Mims, J.D. Olden, N. LeRoy Poff, D.L. Propst, L. Rack, A.H. Roy, E.S. Stowe, A. Walters, and S.J. Wenger, 2022: Toward improved understanding of streamflow effects on freshwater fishes. *Fisheries*, **47** (7), 290–298. <https://doi.org/10.1002/fsh.10731>
136. Goode, J.R., J.M. Buffington, D. Tonina, D.J. Isaak, R.F. Thurow, S. Wenger, D. Nagel, C. Luce, D. Tetzlaff, and C. Soulsby, 2013: Potential effects of climate change on streambed scour and risks to salmonid survival in snow-dominated mountain basins. *Hydrological Processes*, **27** (5), 750–765. <https://doi.org/10.1002/hyp.9728>
137. Gould, G.K., M. Liu, M.E. Barber, K.A. Cherkauer, P.R. Robichaud, and J.C. Adam, 2016: The effects of climate change and extreme wildfire events on runoff erosion over a mountain watershed. *Journal of Hydrology*, **536**, 74–91. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.02.025>
138. Nicol, C.L., J.C. Jorgensen, C.B. Fogel, B. Timpane-Padgham, and T.J. Beechie, 2022: Spatially overlapping salmon species have varied population response to early life history mortality from increased peak flows. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **79** (2), 342–351. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2021-0038>
139. Srivastava, A., E.S. Brooks, M. Dobre, W.J. Elliot, J.Q. Wu, D.C. Flanagan, J.A. Gravelle, and T.E. Link, 2020: Modeling forest management effects on water and sediment yield from nested, paired watersheds in the interior Pacific Northwest, USA using WEPP. *Science of The Total Environment*, **701**, 134877. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134877>
140. Dunham, J.B., M.K. Young, R.E. Gresswell, and B.E. Rieman, 2003: Effects of fire on fish populations: Landscape perspectives on persistence of native fishes and nonnative fish invasions. *Forest Ecology and Management*, **178** (1), 183–196. [https://doi.org/10.1016/s0378-1127\(03\)00061-6](https://doi.org/10.1016/s0378-1127(03)00061-6)
141. Isaak, D.J., C.H. Luce, B.E. Rieman, D.E. Nagel, E.E. Peterson, D.L. Horan, S. Parkes, and G.L. Chandler, 2010: Effects of climate change and wildfire on stream temperatures and salmonid thermal habitat in a mountain river network. *Ecological Applications*, **20** (5), 1350–1371. <https://doi.org/10.1890/09-0822.1>
142. Goode, J.R., C.H. Luce, and J.M. Buffington, 2012: Enhanced sediment delivery in a changing climate in semi-arid mountain basins: Implications for water resource management and aquatic habitat in the northern Rocky Mountains. *Geomorphology*, **139**, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.06.021>
143. Maturana, O., D. Tonina, J.A. McKean, J.M. Buffington, C.H. Luce, and D. Caamaño, 2014: Modeling the effects of pulsed versus chronic sand inputs on salmonid spawning habitat in a low-gradient gravel-bed river. *Earth Surface Processes and Landforms*, **39** (7), 877–889. <https://doi.org/10.1002/esp.3491>
144. Rieman, B., D. Lee, D. Burns, R. Gresswell, M. Young, R. Stowell, J. Rinne, and P. Howell, 2003: Status of native fishes in the western United States and issues for fire and fuels management. *Forest Ecology and Management*, **178** (1), 197–211. [https://doi.org/10.1016/s0378-1127\(03\)00062-8](https://doi.org/10.1016/s0378-1127(03)00062-8)

145. Free, C.M., S.C. Anderson, E.A. Hellmers, B.A. Muhling, M.O. Navarro, K. Richerson, L.A. Rogers, W.H. Satterthwaite, A.R. Thompson, J.M. Burt, S.D. Gaines, K.N. Marshall, J.W. White, and L.F. Bellquist, 2023: Impact of the 2014–2016 marine heatwave on US and Canada West Coast fisheries: Surprises and lessons from key case studies. *Fish and Fisheries*, **24** (4), 652–674. <https://doi.org/10.1111/faf.12753>
146. Morgan, C.A., B.R. Beckman, L.A. Weitkamp, and K.L. Fresh, 2019: Recent ecosystem disturbance in the Northern California Current. *Fisheries*, **44** (10), 465–474. <https://doi.org/10.1002/fsh.10273>
147. Shanks, A.L., L.K. Rasmuson, J.R. Valley, M.A. Jarvis, C. Salant, D.A. Sutherland, E.I. Lamont, M.A.H. Hainey, and R.B. Emlet, 2020: Marine heat waves, climate change, and failed spawning by coastal invertebrates. *Limnology and Oceanography*, **65** (3), 627–636. <https://doi.org/10.1002/lno.11331>
148. 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>
149. Akmajian, A.M., J.J. Scordino, and A. Acevedo-Gutiérrez, 2017: Year-round algal toxin exposure in free-ranging sea lions. *Marine Ecology Progress Series*, **583**, 243–258. <https://doi.org/10.3354/meps12345>
150. 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 murrelets resulting from the northeast Pacific marine heatwave of 2014–2016. *PLoS ONE*, **15** (1), e0226087. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226087>
151. Ford, M.J., 2022: Biological Viability Assessment Update for Pacific Salmon and Steelhead Listed Under the Endangered Species Act: Pacific Northwest. NOAA Technical Memorandum NMFS-NWFSC-171. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service. <https://doi.org/10.25923/kq2n-ke70>
152. Raymond, W.W., J.S. Barber, M.N. Dethier, H.A. Hayford, C.D.G. Harley, T.L. King, B. Paul, C.A. Speck, E.D. Tobin, A.E.T. Raymond, and P.S. McDonald, 2022: Assessment of the impacts of an unprecedented heatwave on intertidal shellfish of the Salish Sea. *Ecology*, **103** (10), e3798. <https://doi.org/10.1002/ecy.3798>
153. Frölicher, T.L., E.M. Fischer, and N. Gruber, 2018: Marine heatwaves under global warming. *Nature*, **560** (7718), 360–364. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0383-9>
154. Smith, K.E., M.T. Burrows, A.J. Hobday, N.G. King, P.J. Moore, A. Sen Gupta, M.S. Thomsen, T. Wernberg, and D.A. Smale, 2023: Biological impacts of marine heatwaves. *Annual Review of Marine Science*, **15** (1), 119–145. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-032122-121437>
155. 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>
156. Cline, T.J., J. Ohlberger, and D.E. Schindler, 2019: Effects of warming climate and competition in the ocean for life-histories of Pacific salmon. *Nature Ecology & Evolution*, **3** (6), 935–942. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-0901-7>
157. Litzow, M.A., F.J. Mueter, and A.J. Hobday, 2014: Reassessing regime shifts in the North Pacific: Incremental climate change and commercial fishing are necessary for explaining decadal-scale biological variability. *Global Change Biology*, **20** (1), 38–50. <https://doi.org/10.1111/gcb.12373>
158. Ohlberger, J., E.J. Ward, D.E. Schindler, and B. Lewis, 2018: Demographic changes in Chinook salmon across the northeast Pacific Ocean. *Fish and Fisheries*, **19** (3), 533–546. <https://doi.org/10.1111/faf.12272>
159. Welch, D.W., A.D. Porter, and E.L. Rechisky, 2021: A synthesis of the coast-wide decline in survival of West Coast Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*, Salmonidae). *Fish and Fisheries*, **22** (1), 194–211. <https://doi.org/10.1111/faf.12514>
160. Crozier, L.G., B.J. Burke, B.E. Chasco, D.L. Widener, and R.W. Zabel, 2021: Climate change threatens Chinook salmon throughout their life cycle. *Communications Biology*, **4** (1), 222. <https://doi.org/10.1038/s42003-021-01734-w>
161. Crozier, L.G., J.E. Siegel, L.E. Wiesebron, E.M. Trujillo, B.J. Burke, B.P. Sandford, and D.L. Widener, 2020: Snake River sockeye and Chinook salmon in a changing climate: Implications for upstream migration survival during recent extreme and future climates. *PLoS ONE*, **15** (9), e0238886. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238886>

162. Isaak, D.J., C.H. Luce, D.L. Horan, G.L. Chandler, S.P. Wollrab, and D.E. Nagel, 2018: Global warming of salmon and trout rivers in the northwestern U.S.: Road to ruin or path through purgatory? *Transactions of the American Fisheries Society*, **147** (3), 566–587. <https://doi.org/10.1002/tafs.10059>
163. Isaak, D.J., S.J. Wenger, E.E. Peterson, J.M. Ver Hoef, D.E. Nagel, C.H. Luce, S.W. Hostetler, J.B. Dunham, B.B. Roper, S.P. Wollrab, G.L. Chandler, D.L. Horan, and S. Parkes-Payne, 2017: The NorWeST summer stream temperature model and scenarios for the Western U.S.: A crowd-sourced database and new geospatial tools foster a user community and predict broad climate warming of rivers and streams. *Water Resources Research*, **53** (11), 9181–9205. <https://doi.org/10.1002/2017wr020969>
164. Keefer, M.L., T.S. Clabough, M.A. Jepson, E.L. Johnson, C.A. Peery, and C.C. Caudill, 2018: Thermal exposure of adult Chinook salmon and steelhead: Diverse behavioral strategies in a large and warming river system. *PLoS ONE*, **13** (9), e0204274. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204274>
165. Zhang, X., H.-Y. Li, Z.D. Deng, L.R. Leung, J.R. Skalski, and S.J. Cooke, 2019: On the variable effects of climate change on Pacific salmon. *Ecological Modelling*, **397**, 95–106. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2019.02.002>
166. Moore, S.K., J.A. Johnstone, N.S. Banas, and E.P. Salathé, 2015: Present-day and future climate pathways affecting *Alexandrium* blooms in Puget Sound, WA, USA. *Harmful Algae*, **48**, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2015.06.008>
167. Ralston, D.K. and S.K. Moore, 2020: Modeling harmful algal blooms in a changing climate. *Harmful Algae*, **91**, 101729. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2019.101729>
168. 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>
169. Sullaway, G.H., A.O. Shelton, and J.F. Samhuri, 2021: Synchrony erodes spatial portfolios of an anadromous fish and alters availability for resource users. *Journal of Animal Ecology*, **90** (11), 2692–2703. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13575>
170. Crozier, L.G., M.M. McClure, T. Beechie, S.J. Bograd, D.A. Boughton, M. Carr, T.D. Cooney, J.B. Dunham, C.M. Greene, M.A. Haltuch, E.L. Hazen, D.M. Holzer, D.D. Huff, R.C. Johnson, C.E. Jordan, I.C. Kaplan, S.T. Lindley, N.J. Mantua, P.B. Moyle, J.M. Myers, M.W. Nelson, B.C. Spence, L.A. Weitkamp, T.H. Williams, and E. Willis-Norton, 2019: Climate vulnerability assessment for Pacific salmon and steelhead in the California Current Large Marine Ecosystem. *PLoS ONE*, **14** (7), e0217711. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217711>
171. WCR, 2015: ESA Recovery Plan for Snake River Sockeye Salmon (*Oncorhynchus nerka*). National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service, West Coast Region. <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/16001>
172. Waples, R.S., O.W. Johnson, and R.P. Jones Jr., 1991: Status Review for Snake River Sockeye Salmon. NOAA Technical Memorandum NMFS F/NWC-19. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service. <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/21168>
173. Johnson, E.L., C.C. Kozfkay, J.H. Powell, M.P. Peterson, D.J. Baker, J.A. Heindel, K.E. Plaster, J.L. McCormick, and P.A. Kline, 2020: Evaluating artificial propagation release strategies for recovering endangered Snake River sockeye salmon. *North American Journal of Aquaculture*, **82** (3), 331–344. <https://doi.org/10.1002/naaq.10148>
174. Kozfkay, C.C., M. Peterson, B.P. Sandford, E.L. Johnson, and P. Kline, 2019: The productivity and viability of Snake River sockeye salmon hatchery adults released into Redfish Lake, Idaho. *Transactions of the American Fisheries Society*, **148** (2), 308–323. <https://doi.org/10.1002/tafs.10136>
175. Selbie, D.T., B.A. Lewis, J.P. Smol, and B.P. Finney, 2007: Long-term population dynamics of the endangered Snake River sockeye salmon: Evidence of past influences on stock decline and impediments to recovery. *Transactions of the American Fisheries Society*, **136** (3), 800–821. <https://doi.org/10.1577/t06-100.1>
176. Good, T.P., R.S. Waples, and P. Adams, 2005: Updated Status of Federally Listed ESUs of West Coast Salmon and Steelhead. NOAA Technical Memorandum NMFS-NWFSC-66. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service, Northwest Fisheries Science Center, 598 pp. <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/3413>
177. Kalinowski, S.T., D.M. Van Doornik, C.C. Kozfkay, and R.S. Waples, 2012: Genetic diversity in the Snake River sockeye salmon captive broodstock program as estimated from broodstock records. *Conservation Genetics*, **13** (5), 1183–1193. <https://doi.org/10.1007/s10592-012-0363-9>

178. Crozier, L.G., L.E. Weisebron, J.E. Siegel, B.J. Burke, T.M. Marsh, B.P. Sandford, and D.L. Widener, 2018: Passage and Survival of Adult Snake River Sockeye Salmon Within and Upstream from the Federal Columbia River Power System: 2008–2017 National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service, Northwest Fisheries Science Center, Fish Ecology Division, Seattle, WA. https://www.webapps.nwfsc.noaa.gov/assets/26/9567_03132020_144513_Crozier.et.al.2018-Adult-Sockeye-2008-2017-USACE.pdf
179. NMFS, 2016: 2015 Adult Sockeye Salmon Passage Report. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service. <https://www.columbiariverkeeper.org/sites/default/files/2017/08/8.pdf>
180. WCR, 2021: Endangered Species Act Section 7 Formal Consultation and Magnuson-Stevens Fishery Conservation and Management Act Essential Fish Habitat Consultation for Authorizing Operation and Maintenance of Water Diversions Located on the Salmon–Challis National Forest in the Lemhi River Watershed, HUC 17060204, Lemhi County, Idaho. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service, West Coast Region. <https://doi.org/10.25923/r94p-xe17>
181. Walters, A.W., K.K. Bartz, and M.M. McClure, 2013: Interactive effects of water diversion and climate change for juvenile Chinook salmon in the Lemhi River Basin (U.S.A.). *Conservation Biology*, **27** (6), 1179–1189. <https://doi.org/10.1111/cobi.12170>
182. Evans, M.L., A.E. Kohler, R.G. Griswold, K.A. Tardy, K.R. Eaton, and J.D. Ebel, 2020: Salmon-mediated nutrient flux in Snake River sockeye salmon nursery lakes: The influence of depressed population size and hatchery supplementation. *Lake and Reservoir Management*, **36** (1), 75–86. <https://doi.org/10.1080/10402381.2019.1654571>
183. Krueger, C.C., W.W. Taylor, and S.-J. Youn, 2019: Ch. 1. Fishery management success: Action, collaboration, communication, and commitment. In: *From Catastrophe to Recovery: Stories of Fishery Management Success*. Krueger, C.C., W.W. Taylor, and S.-J. Youn, Eds. American Fisheries Society. <https://doi.org/10.47886/9781934874554.ch1>
184. Crozier, L.G., M.D. Scheuerell, and R.W. Zabel, 2011: Using time series analysis to characterize evolutionary and plastic responses to environmental change: A case study of a shift toward earlier migration date in sockeye salmon. *The American Naturalist*, **178** (6), 755–773. <https://doi.org/10.1086/662669>
185. Quinn, T.P. and D.J. Adams, 1996: Environmental changes affecting the migratory timing of American shad and sockeye salmon. *Ecology*, **77** (4), 1151–1162. <https://doi.org/10.2307/2265584>
186. Bennett, J.M., R.H. Clarke, G.F.B. Horrocks, J.R. Thomson, and R. Mac Nally, 2015: Climate drying amplifies the effects of land-use change and interspecific interactions on birds. *Landscape Ecology*, **30** (10), 2031–2043. <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0229-x>
187. Habel, J.C. and F.E. Zachos, 2012: Habitat fragmentation versus fragmented habitats. *Biodiversity and Conservation*, **21** (11), 2987–2990. <https://doi.org/10.1007/s10531-012-0349-4>
188. Carja, O. and J.B. Plotkin, 2019: Evolutionary rescue through partly heritable phenotypic variability. *Genetics*, **211** (3), 977–988. <https://doi.org/10.1534/genetics.118.301758>
189. Nimmo, D.G., A. Haslem, J.Q. Radford, M. Hall, and A.F. Bennett, 2016: Riparian tree cover enhances the resistance and stability of woodland bird communities during an extreme climatic event. *Journal of Applied Ecology*, **53** (2), 449–458. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12535>
190. Thompson, L.M., L.L. Thurman, C.N. Cook, E.A. Beever, C.M. Sgrò, A. Battles, C.A. Botero, J.E. Gross, K.R. Hall, A.P. Hendry, A.A. Hoffmann, C. Hoving, O.E. LeDee, C. Mengelt, A.B. Nicotra, R.A. Niver, F. Pérez-Jvostov, R.M. Quiñones, G.W. Schuurman, M.K. Schwartz, J. Szymanski, and A. Whiteley, 2023: Connecting research and practice to enhance the evolutionary potential of species under climate change. *Conservation Science and Practice*, **5** (2), e12855. <https://doi.org/10.1111/csp2.12855>
191. UNEP, 2019: Sand and Sustainability: Finding New Solutions for Environmental Governance of Global Sand Resources. United Nations Environment Programme. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/28163;jsessionid=333820b5a8c38cdd7f7f44fc1984d9ae>
192. Grossman, E.E., A.W. Stevens, D. P. D. George, and D. Finlayson, 2020: Sediment export and impacts associated with river delta channelization compound estuary vulnerability to sea-level rise. *Marine Geology*, **430**, 106336. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2020.106336>

193. Knox, R.L., E.E. Wohl, and R.R. Morrison, 2022: Levees don't protect, they disconnect: A critical review of how artificial levees impact floodplain functions. *Science of The Total Environment*, **837**, 155773. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155773>
194. Bond, M.H., T.G. Nodine, T.J. Beechie, and R.W. Zabel, 2019: Estimating the benefits of widespread floodplain reconnection for Columbia River Chinook salmon. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **76** (7), 1212–1226. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2018-0108>
195. Grossman, E.E., S.C. Crosby, A.W. Stevens, D.J. Nowacki, N.R. vanAredonk, and C.A. Curran, 2022: Assessment of Vulnerabilities and Opportunities to Restore Marsh Sediment Supply at Nisqually River Delta, West-Central Washington. USGS Open-File Report 2022–1088. U.S. Geological Survey, 50 pp. <https://doi.org/10.3133/ofr20221088>
196. Moritsch, M.M., K.B. Byrd, M. Davis, A. Good, J.Z. Drexler, J.T. Morris, I. Woo, L. Windham-Myers, E. Grossman, G. Nakai, K.L. Poppe, and J.M. Rybczyk, 2022: Can coastal habitats rise to the challenge? Resilience of estuarine habitats, carbon accumulation, and economic value to sea-level rise in a Puget Sound estuary. *Estuaries and Coasts*, **45** (8), 2293–2309. <https://doi.org/10.1007/s12237-022-01087-5>
197. Copeland, T., B.J. Bowersox, M.W. Ackerman, and C. Camacho, 2019: Patterns of iteroparity in wild Snake River steelhead. *Transactions of the American Fisheries Society*, **148** (5), 926–937. <https://doi.org/10.1002/tafs.10187>
198. Morley, S.A., M.M. Foley, J.J. Duda, M.M. Beirne, R.L. Paradis, R.C. Johnson, M.L. McHenry, M. Elofson, E.M. Sampson, R.E. McCoy, J. Stapleton, and G.R. Pess, 2020: Shifting food web structure during dam removal—Disturbance and recovery during a major restoration action. *PLoS ONE*, **15** (9), e0239198. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239198>
199. Penaluna, B.E., G.H. Reeves, Z.C. Barnett, P.A. Bisson, J.M. Buffington, C.A. Dolloff, R.L. Flitcroft, C.H. Luce, K.H. Nislow, J.D. Rothlisberger, and M.L. Warren Jr, 2018: Using natural disturbance and portfolio concepts to guide aquatic–riparian ecosystem management. *Fisheries*, **43** (9), 406–422. <https://doi.org/10.1002/fsh.10097>
200. Quinn, T.P., M.H. Bond, S.J. Brenkman, R. Paradis, and R.J. Peters, 2017: Re-awakening dormant life history variation: Stable isotopes indicate anadromy in bull trout following dam removal on the Elwha River, Washington. *Environmental Biology of Fishes*, **100** (12), 1659–1671. <https://doi.org/10.1007/s10641-017-0676-0>
201. Hessburg, P.F., S.J. Prichard, R.K. Hagmann, N.A. Povak, and F.K. Lake, 2021: Wildfire and climate change adaptation of western North American forests: A case for intentional management. *Ecological Applications*, **31** (8), e02432. <https://doi.org/10.1002/eap.2432>
202. Prichard, S.J., P.F. Hessburg, R.K. Hagmann, 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>
203. Vose, J.M., D.L. Peterson, C.H. Luce, and T. Patel-Weyand, 2019: Effects of Drought on Forests and Rangelands in the United States: Translating Science into Management Responses. Gen. Tech. Rep. WO-98. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington Office, Washington, DC, 227 pp. <https://doi.org/10.2737/wo-gtr-98>
204. Halofsky, J.E., D.L. Peterson, and H.R. Prendeville, 2018: Assessing vulnerabilities and adapting to climate change in northwestern U.S. forests. *Climatic Change*, **146** (1-2), 89–102. <https://doi.org/10.1007/s10584-017-1972-6>
205. Reilly, M.J., A. Zuspan, J.S. Halofsky, C. Raymond, A. McEvoy, A.W. Dye, D.C. Donato, J.B. Kim, B.E. Potter, N. Walker, R.J. Davis, C.J. Dunn, D.M. Bell, M.J. Gregory, J.D. Johnston, B.J. Harvey, J.E. Halofsky, and B.K. Kerns, 2022: Cascadia burning: The historic, but not historically unprecedented, 2020 wildfires in the Pacific Northwest, USA. *Ecosphere*, **13** (6), e4070. <https://doi.org/10.1002/ecs2.4070>
206. Endter-Wada, J., K.M. Kettenring, and A.E. Sutton-Grier, 2018: Sustaining wetlands to mitigate disasters and protect people. *Frontiers in Ecology and the Environment*, **16** (8), 431–431. <https://doi.org/10.1002/fee.1959>
207. WA State Department of Ecology, 2022: Mitigation Bank Projects. State of Washington, Department of Ecology. <https://ecology.wa.gov/water-shorelines/wetlands/mitigation/wetland-mitigation-banking/mitigation-bank-projects>
208. Van den Bosch, K. and J.W. Matthews, 2017: An assessment of long-term compliance with performance standards in compensatory mitigation wetlands. *Environmental Management*, **59** (4), 546–556. <https://doi.org/10.1007/s00267-016-0804-1>

209. Oja, E.B., L.K. Swartz, E. Muths, and B.R. Hossack, 2021: Amphibian population responses to mitigation: Relative importance of wetland age and design. *Ecological Indicators*, **131**, 108123. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108123>
210. Khanal, R., M.P. Brady, C.O. Stöckle, K. Rajagopalan, J. Yoder, and M.E. Barber, 2021: The economic and environmental benefits of partial leasing of agricultural water rights. *Water Resources Research*, **57** (11), e2021WR029712. <https://doi.org/10.1029/2021wr029712>
211. Leonard, B., C. Costello, and G.D. Libecap, 2019: Expanding water markets in the western United States: barriers and lessons from other natural resource markets. *Review of Environmental Economics and Policy*, **13** (1), 43–61. <https://doi.org/10.1093/reep/rey014>
212. Gienapp, P., C. Teplitsky, J.S. Alho, J.A. Mills, and J. Merilä, 2008: Climate change and evolution: Disentangling environmental and genetic responses. *Molecular Ecology*, **17** (1), 167–178. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294x.2007.03413.x>
213. Merilä, J. and A.P. Hendry, 2014: Climate change, adaptation, and phenotypic plasticity: The problem and the evidence. *Evolutionary Applications*, **7** (1), 1–14. <https://doi.org/10.1111/eva.12137>
214. Bigelow, D.P. and A. Borchers, 2017: Major Uses of Land in the United States, 2012. EIB-178. U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service. <https://www.ers.usda.gov/publications/pub-details/?pubid=84879>
215. ERS, 2023: Data Files: U.S. and State-Level Farm Income and Wealth Statistics. U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, accessed March 20, 2023. <https://www.ers.usda.gov/data-products/farm-income-and-wealth-statistics/data-files-u-s-and-state-level-farm-income-and-wealth-statistics/>
216. Rajagopalan, K., K.J. Chinnayakanahalli, C.O. Stockle, R.L. Nelson, C.E. Kruger, M.P. Brady, K. Malek, S.T. Dinesh, M.E. Barber, A.F. Hamlet, G.G. Yorgey, and J.C. Adam, 2018: Impacts of near-term climate change on irrigation demands and crop yields in the Columbia River Basin. *Water Resources Research*, **54** (3), 2152–2182. <https://doi.org/10.1002/2017wr020954>
217. Noorazar, H., L. Kalcsits, V.P. Jones, M.S. Jones, and K. Rajagopalan, 2022: Climate change and chill accumulation: Implications for tree fruit production in cold-winter regions. *Climatic Change*, **171** (3), 34. <https://doi.org/10.1007/s10584-022-03339-6>
218. Willsea, N., V. Blanco, K. Rajagopalan, T. Campbell, O. Howe, and L. Kalcsits, 2023: Reviewing the tradeoffs between sunburn mitigation and red color development in apple under a changing climate. *Horticulturae*, **9** (4), 492. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9040492>
219. Gallinat, A.S., R.B. Primack, and D.L. Wagner, 2015: Autumn, the neglected season in climate change research. *Trends in Ecology & Evolution*, **30** (3), 169–176. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.01.004>
220. Rajagopalan, K., G. DeGrandi-Hoffman, M. Pruetz, V.P. Jones, V. Corby-Harris, J. Pireaud, R. Curry, B. Hopkins, and T. Northfield, 2022: Changing Honey Bee Overwintering Dynamics Under Warmer Autumns and Winters Create New Risks for Pollination Services. Research Square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1394621/v1>
221. Jones, G. and H. Schultz, 2016: Climate change and emerging cool climate wine regions. *Wine and Viticulture Journal*, **31** (6), 51–53. <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.523901697092406>
222. Mirabelli-Montan, Y.A., M. Marangon, A. Graça, C.M. Mayr Marangon, and K.L. Wilkinson, 2021: Techniques for mitigating the effects of smoke taint while maintaining quality in wine production: A review. *Molecules*, **26** (6), 1672. <https://doi.org/10.3390/molecules26061672>
223. Ansah, E.O. and O.S. Walsh, 2021: Impact of 2021 drought in the Pacific Northwest. *Crops & Soils*, **54** (6), 46–49. <https://doi.org/10.1002/crso.20145>
224. NASS, 2021: Small Grains 2021 Summary. U.S. Department of Agriculture, National Agricultural Statistics Service. https://www.nass.usda.gov/publications/todays_reports/reports/smgr0921.pdf
225. Winford, E. and K. Lee, 2021: Rangelands report. In: *Idaho Climate-Economy Impacts Assessment*. James A. and Louise McClure Center for Public Policy Research, University of Idaho, Boise, ID. <https://www.uidaho.edu/president/direct-reports/mcclure-center/iceia/land>
226. Chengot, R., J.W. Knox, and I.P. Holman, 2021: Evaluating the feasibility of water sharing as a drought risk management tool for irrigated agriculture. *Sustainability*, **13** (3). <https://doi.org/10.3390/su13031456>

227. Coppock, D.L., 2020: Improving drought preparedness among Utah cattle ranchers. *Rangeland Ecology & Management*, **73** (6), 879–890. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2020.08.003>
228. Peck, D., J. Derner, W. Parton, M. Hartman, and B. Fuchs, 2019: Flexible stocking with Grass–Cast: A new grassland productivity forecast to translate climate outlooks for ranchers. *Western Economics Forum*, **17** (1), 24–39. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.287342>
229. Diffenbaugh, N.S., F.V. Davenport, and M. Burke, 2021: Historical warming has increased U.S. crop insurance losses. *Environmental Research Letters*, **16** (8), 084025. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac1223>
230. 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>
231. Malek, K., P. Reed, J. Adam, T. Karimi, and M. Brady, 2020: Water rights shape crop yield and revenue volatility tradeoffs for adaptation in snow dependent systems. *Nature Communications*, **11** (1), 3473. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17219-z>
232. Gaines, W.L., P.F. Hessburg, G.H. Aplet, P. Henson, S.J. Prichard, D.J. Churchill, G.M. Jones, D.J. Isaak, and C. Vynne, 2022: Climate change and forest management on federal lands in the Pacific Northwest, USA: Managing for dynamic landscapes. *Forest Ecology and Management*, **504**, 119794. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119794>
233. Davis, K.T., P.E. Higuera, S.Z. Dobrowski, S.A. Parks, J.T. Abatzoglou, M.T. Rother, and T.T. Veblen, 2020: Fire-catalyzed vegetation shifts in ponderosa pine and Douglas-fir forests of the western United States. *Environmental Research Letters*, **15** (10), 1040b8. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abb9df>
234. Halofsky, J.E., D.L. Peterson, and R.A. Gravenmier, 2022: Climate Change Vulnerability and Adaptation in Southwest Oregon. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-995. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, OR, 445 pp. <https://doi.org/10.2737/pnw-gtr-995>
235. Hashida, Y. and D.J. Lewis, 2022: Estimating welfare impacts of climate change using a discrete-choice model of land management: An application to western U.S. forestry. *Resource and Energy Economics*, **68**, 101295. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2022.101295>
236. Restaino, C.M., D.L. Peterson, and J. Littell, 2016: Increased water deficit decreases Douglas fir growth throughout western US forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **113** (34), 9557–9562. <https://doi.org/10.1073/pnas.1602384113>
237. Hudec, J.L., J.E. Halofsky, D.L. Peterson, and J.J. Ho, 2019: Climate Change Vulnerability and Adaptation in Southwest Washington. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-977. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Pacific Northwest Research Station, Portland, OR, 249 pp. <https://doi.org/10.2737/pnw-gtr-977>
238. Kerns, B.K., D.C. Powell, S. Mellmann-Brown, G. Carnwath, and J.B. Kim, 2018: Effects of projected climate change on vegetation in the Blue Mountains ecoregion, USA. *Climate Services*, **10**, 33–43. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2017.07.002>
239. Hicke, J.A., A.J.H. Meddens, and C.A. Kolden, 2016: Recent tree mortality in the western United States from bark beetles and forest fires. *Forest Science*, **62** (2), 141–153. <https://doi.org/10.5849/forsci.15-086>
240. Morgan, P., E.K. Heyerdahl, E.K. Strand, S.C. Bunting, J.P. Riser II, J.T. Abatzoglou, M. Nielsen-Pincus, and M. Johnson, 2020: Fire and land cover change in the Palouse Prairie–forest ecotone, Washington and Idaho, USA. *Fire Ecology*, **16** (1), 2. <https://doi.org/10.1186/s42408-019-0061-9>
241. Paveglio, T.B., C. Moseley, M.S. Carroll, D.R. Williams, E.J. Davis, and A.P. Fischer, 2015: Categorizing the social context of the wildland urban interface: Adaptive capacity for wildfire and community “archetypes”. *Forest Science*, **61** (2), 298–310. <https://doi.org/10.5849/forsci.14-036>
242. Hashida, Y. and D.J. Lewis, 2019: The intersection between climate adaptation, mitigation, and natural resources: An empirical analysis of forest management. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, **6** (5), 893–926. <https://doi.org/10.1086/704517>
243. Scouse, A., S.S. Kelley, S. Liang, and R. Bergman, 2020: Regional and net economic impacts of high-rise mass timber construction in Oregon. *Sustainable Cities and Society*, **61**, 102154. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102154>
244. Law, B.E., T.W. Hudiburg, L.T. Berner, J.J. Kent, P.C. Buotte, and M.E. Harmon, 2018: Land use strategies to mitigate climate change in carbon dense temperate forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **115** (14), 3663–3668. <https://doi.org/10.1073/pnas.1720064115>

245. Mucioki, M., J. Sowerwine, D. Sarna-Wojcicki, F.K. Lake, and S. Bourque, 2021: Conceptualizing Indigenous Cultural Ecosystem Services (ICES) and benefits under changing climate conditions in the Klamath River Basin and their implications for land management and governance. *Journal of Ethnobiology*, **41** (3), 313–330. <https://doi.org/10.2993/0278-0771-41.3.313>
246. WA DNR, 2020: Summary of Natural and Working Lands Carbon Inventories and Incentive Programs in Washington. Washington Department of Natural Resources. https://app.leg.wa.gov/reportstothelegislature/home/getpdf?filename=dnr%20carbon%20sequestration%20report_8f19b00b-5acf-4c97-83b4-16cecb559803.pdf
247. Bellquist, L., V. Saccomanno, B.X. Semmens, M. Gleason, and J. Wilson, 2021: The rise in climate change-induced federal fishery disasters in the United States. *PeerJ*, **9**, e11186. <https://doi.org/10.7717/peerj.11186>
248. Cramer, L.A., C. Flathers, D. Caracciolo, S.M. Russell, and F. Conway, 2018: Graying of the fleet: Perceived impacts on coastal resilience and local policy. *Marine Policy*, **96**, 27–35. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.07.012>
249. Haugen, B.I., L.A. Cramer, G.G. Waldbusser, and F.D.L. Conway, 2021: Resilience and adaptive capacity of Oregon's fishing community: Cumulative impacts of climate change and the graying of the fleet. *Marine Policy*, **126**, 104424. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104424>
250. Ritzman, J., A. Brodbeck, S. Brostrom, S. McGrew, S. Dreyer, T. Klinger, and S.K. Moore, 2018: Economic and sociocultural impacts of fisheries closures in two fishing-dependent communities following the massive 2015 U.S. West Coast harmful algal bloom. *Harmful Algae*, **80**, 35–45. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2018.09.002>
251. Chang, M., H. Kennard, L. Nelson, K. Wrubel, S. Gagnon, R. Monette, and J. Ledford, 2020: Makah traditional knowledge and cultural resource assessment: A preliminary framework to utilize traditional knowledge in climate change planning. *Parks Stewardship Forum*, **36** (1). <https://doi.org/10.5070/p536146381>
252. Schlinger, C., O. Conroy-Ben, C. Cooley, N. Cooley, M. Cruz, D. Dotson, J. Doyle, M.J. Eggers, P. Hardison, M. Hatch, C. Hogue, K. Jacobson Hedin, C. Jones, K. Lanphier, D. Marks-Marino, D. Mosley, F. Olsen Jr., and M. Peacock, 2021: Ch. 4.2. Water. In: *Status of Tribes and Climate Change Report*. Marks-Marino, D., Ed. Institute for Tribal Environmental Professionals, Flagstaff, AZ, 98–141. <http://nau.edu/stacc2021>
253. NWIFC, 2016: Climate Change and Our Natural Resources: A Report from the Treaty Tribes in Western Washington. Northwest Indian Fisheries Commission. https://nwifc.org/w/wp-content/uploads/downloads/2017/01/CC_and_Our_NR_Report_2016-1.pdf
254. Mojica, J., K. Cousins, and T. Madsen, 2021: Economic Analysis of Outdoor Recreation in Oregon. Earth Economics, Tacoma, WA. https://static1.squarespace.com/static/561dc6c6e4b039470e9afc00/t/5ffe3084ce56a6552b7a3c71/1610494115376/EconomicAnalysisofOutdoorRecreationinOregon_OTC-EarthEconomics_SmallRes.pdf
255. Snover, A.K., N.J. Mantua, J.S. Littell, M.A. Alexander, M.M. McClure, and J. Nye, 2013: Choosing and using climate change scenarios for ecological-impact assessments and conservation decisions. *Conservation Biology*, **27** (6), 1147–1157. <https://doi.org/10.1111/cobi.12163>
256. Maas, A. and K.E. Himes, 2021: Recreation and tourism report. In: *Idaho Climate-Economy Impacts Assessment*. James A. & Louise McClure Center for Public Policy Research, University of Idaho, Boise, ID. <https://www.uidaho.edu/president/direct-reports/mcclure-center/iceia/recreation-and-tourism>
257. Wlostowski, A.N., K.S. Jennings, R.E. Bash, J. Burkhardt, C.W. Wobus, and G. Aggett, 2021: Dry landscapes and parched economies: A review of how drought impacts nonagricultural socioeconomic sectors in the US Intermountain West. *WIREs Water*, **9** (1). <https://doi.org/10.1002/wat2.1571>
258. Tohver, I.M., A.F. Hamlet, and S.-Y. Lee, 2014: Impacts of 21st-century climate change on hydrologic extremes in the Pacific Northwest region of North America. *Journal of the American Water Resources Association*, **50** (6), 1461–1476. <https://doi.org/10.1111/jawr.12199>
259. Musselman, K.N., F. Lehner, K. Ikeda, M.P. Clark, A.F. Prein, C. Liu, M. Barlage, and R. Rasmussen, 2018: Projected increases and shifts in rain-on-snow flood risk over western North America. *Nature Climate Change*, **8** (9), 808–812. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0236-4>
260. 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>

261. Peterson, D.L., M.S. Hand, J.J. Ho, and S.K. Dante-Wood, 2022: Ch. 7. Climate change effects on outdoor recreation in Southwest Oregon. In: *Climate Change Vulnerability and Adaptation in Southwest Oregon*. Halofsky, J.E., Peterson D.L., and R.A. Gravenmier, Eds. U.S. Department of Agriculture Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, OR, 361–398. <https://www.fs.usda.gov/pnw/pubs/pnw-gtr995.pdf>
262. Chan, N.W. and C.J. Wichman, 2020: Climate change and recreation: Evidence from North American cycling. *Environmental and Resource Economics*, **76** (1), 119–151. <https://doi.org/10.1007/s10640-020-00420-5>
263. Hjerpe, E., A. Hussain, and T. Holmes, 2020: Amenity migration and public lands: Rise of the protected areas. *Environmental Management*, **66** (1), 56–71. <https://doi.org/10.1007/s00267-020-01293-6>
264. NRDC, 2019: Climate Change and Health in Washington. IB: 19–09–B. National Research Defense Council, 11 pp. <https://www.nrdc.org/sites/default/files/climate-change-health-impacts-washington-ib.pdf>
265. Whyte, K., C. Avery, E. Azzuz, J. Breckinridge, C. Cooley, K. Cozzetto, R. Croll, M. Cruz, P. Ezcurra, P. Hardison, C. Jones, F. Lake, C. Magee, D.M. Marks-Marino, D., H. Mullen, C. Nelson, A. Pairis, H. Panci, B. Rodriguez, H. Sorensen, C. Spriggs, and A. Warneke, 2021: Ch. 4. Ecosystems & biodiversity. In: *Status of Tribes and Climate Change Report*. Marks-Marino, D., Ed. Institute for Tribal Environmental Professionals, 56–80. <http://nau.edu/stacc2021>
266. NIFA, 2021: Improving the Ecological Services of Nez Perce Lands Through Agriculture Management and Decision Support Tools. U.S. Department of Agriculture, National Institute of Food and Agriculture. <https://portal.nifa.usda.gov/web/crisprojectpages/1024991-improving-the-ecological-services-of-nez-perce-lands-through-agriculture-management-and-decision-support-tools.html>
267. King, A., 2021: Yakama Nation seeks food sovereignty in new farming venture with weighty history. *Oregon Public Broadcasting*, December 13, 2021. <https://www.opb.org/article/2021/12/12/yakama-nation-food-sovereignty-farming-venture/>
268. Yakama Nation, 2019: Climate Action Plan for the Territories of the Yakama Nation. Yakama Nation. <https://mrsc.org/getmedia/7e788879-99dd-4711-9cc8-c6cacefe6cd4/m58totyncap.pdf.aspx>
269. Matsumoto, S., 2022: Environmental justice for food system workers: Heat-illness prevention standards as one step toward just transition. *Pace Environmental Law Review*, **40** (1). <https://ssrn.com/abstract=4338860>
270. Henry, M.S., M.D. Bazilian, and C. Markuson, 2020: Just transitions: Histories and futures in a post-COVID world. *Energy Research & Social Science*, **68**, 101668. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101668>
271. Roemer, K.F. and J.H. Haggerty, 2021: Coal communities and the U.S. energy transition: A policy corridors assessment. *Energy Policy*, **151**, 112112. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.112112>
272. Proctor, K.W., G.S. Murthy, and C.W. Higgins, 2021: Agrivoltaics align with Green New Deal goals while supporting investment in the US' rural economy. *Sustainability*, **13** (1), 137. <https://doi.org/10.3390/su13010137>
273. Shortridge, J. and J.S. Camp, 2019: Addressing climate change as an emerging risk to infrastructure systems. *Risk Analysis*, **39** (5), 959–967. <https://doi.org/10.1111/risa.13234>
274. Araújo, K., 2022: Ch. 1. The evolving field of energy transitions. In: *Routledge Handbook of Energy Transitions*. Araújo, K., Ed. Taylor & Francis, London, UK, 17. <https://doi.org/10.4324/9781003183020>
275. Araújo, K. and D. Shropshire, 2021: A meta-level framework for evaluating resilience in net-zero carbon power systems with extreme weather events in the United States. *Energies*, **14** (14), 4243. <https://doi.org/10.3390/en14144243>
276. Guidotti, R., H. Chmielewski, V.U. Unnikrishnan, P. Gardoni, T. McAllister, and J.W. Lindt, 2016: Modeling the resilience of critical infrastructure: The role of network dependencies. *Sustainable and Resilient Infrastructure*, **1** (3–4), 153–168. <https://doi.org/10.1080/23789689.2016.1254999>
277. Bumbaco, K.A., M.H. Rogers, L.W. O'Neill, D.J. Hoekema, and C.L. Raymond, 2022: 2021 Pacific Northwest Water Year Impacts Assessment. Office of the Washington State Climatologist, Climate Impacts Group, Oregon State Climatologist, Idaho Department of Water Resources, and the National Oceanic and Atmospheric Administration's National Integrated Drought Information System. <https://www.drought.gov/documents/2021-pacific-northwest-water-year-impacts-assessment>

278. Bumbaco, K.A., C.L. Raymond, L.W. O'Neill, A. Mehta, and D.J. Hoekema, 2023: 2022 Pacific Northwest Water Year Impacts Assessment. Office of the Washington State Climatologist, Climate Impacts Group, Oregon State Climatologist, Idaho Department of Water Resources, and the National Oceanic and Atmospheric Administration's National Integrated Drought Information System. <https://www.drought.gov/documents/2022-pacific-northwest-water-year-impacts-assessment>
279. Bumbaco, K.A., C.L. Raymond, L.W. O'Neill, and D.J. Hoekema, 2021: 2020 Pacific Northwest Water Year Impacts Assessment. Office of the Washington State Climatologist, Climate Impacts Group, Oregon State Climatologist, Idaho Department of Water Resources, and the National Oceanic and Atmospheric Administration's National Integrated Drought Information System. <https://cig.uw.edu/publications/2020-pacific-northwest-water-year-impacts-assessment/>
280. U.S. Census Bureau, 1990: Historical Census of Housing Tables: Sewage Disposal. U.S. Department of Commerce, U.S. Census Bureau. <https://www.census.gov/data/tables/time-series/dec/coh-sewage.html>
281. Cox, A.H., D. Surabian, G.W. Loomis, J.D. Turenne, and J.A. Amador, 2020: Temporal variability in the vertical separation distance of septic system drainfields along the southern Rhode Island coast. *Water, Air, & Soil Pollution*, **231** (3), 107. <https://doi.org/10.1007/s11270-020-04488-z>
282. Kohler, L.E., J. Silverstein, and B. Rajagopalan, 2016: Modeling on-site wastewater treatment system performance fragility to hydroclimate stressors. *Water Science and Technology*, **74** (12), 2917–2926. <https://doi.org/10.2166/wst.2016.467>
283. Hoghooghi, N., J.S. Pippin, B.K. Meyer, J.B. Hodges, and B.P. Bledsoe, 2021: Frontiers in assessing septic systems vulnerability in coastal Georgia, USA: Modeling approach and management implications. *PLoS ONE*, **16** (8), e0256606. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256606>
284. Devereux, R., Y. Wan, J.L. Rackley, V. Fasselt, and D.N. Vivian, 2021: Comparative analysis of nitrogen concentrations and sources within a coastal urban bayou watershed: A multi-tracer approach. *Science of The Total Environment*, **776**, 145862. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145862>
285. Mauger, G.S. and J.S. Won, 2019: Expanding the Ensemble of Precipitation Projections for King County. University of Washington, Climate Impacts Group, Seattle, WA. <https://cig.uw.edu/publications/expanding-the-ensemble-of-precipitation-projections-for-king-county/>
286. Morgan, H., G. Mauger, J. Won, and D. Gould, 2021: Projected Changes in Extreme Precipitation Web Tool. University of Washington Climate Impacts Group. <https://doi.org/10.6069/79cv-4233>
287. Salathé Jr., E.P., A.F. Hamlet, C.F. Mass, S.-Y. Lee, M. Stumbaugh, and R. Steed, 2014: Estimates of twenty-first-century flood risk in the Pacific Northwest based on regional climate model simulations. *Journal of Hydrometeorology*, **15** (5), 1881–1899. <https://doi.org/10.1175/jhm-d-13-0137.1>
288. Van Abs, D.J., 2016: Climate Change Adaptation in the Water Supply Sector. Rutgers, The State University of New Jersey. <https://njadapt.rutgers.edu/docman-lister/conference-materials/166-climate-change-adaptation-in-water-supply-sector-final-1/file>
289. EIA, n.d.: U.S. State Profiles and Energy Estimates. U.S. Energy Information Administration. <https://www.eia.gov/state/>
290. Turner, S.W., N. Voisin, K.D. Nelson, and V.C. Tidwell, 2022: Drought Impacts on Hydroelectric Power Generation in the Western United States: A Multiregional Analysis of 21st Century Hydropower Generation. PNNL-33212. U.S. Department of Energy, Pacific Northwest National Laboratory, Richland, WA. <https://doi.org/10.2172/1887470>
291. Voisin, N., A. Dyreson, T. Fu, M. O'Connell, S.W.D. Turner, T. Zhou, and J. Macknick, 2020: Impact of climate change on water availability and its propagation through the western U.S. power grid. *Applied Energy*, **276**, 115467. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115467>
292. Pitcock, B., T. Lazarte, and C. Christen, 2020: Lower Snake River Hydropower Dams: A Resilience Assessment of Regional Impacts with Proposed Dam Removal. Boise State University, 19 pp. <https://wpwww-prod.s3.us-west-2.amazonaws.com/uploads/sites/151/2020/05/Resilience-with-Dams.pdf>
293. Hall, S.M., 2021: Energy report. In: *Idaho Climate-Economy Impacts Assessment*. James A. & Louise McClure Center for Public Policy Research, University of Idaho, Boise, ID. <https://www.uidaho.edu/president/direct-reports/mcclure-center/iceia>

294. Turner, S.W.D., N. Voisin, J. Fazio, D. Hua, and M. Jourabchi, 2019: Compound climate events transform electrical power shortfall risk in the Pacific Northwest. *Nature Communications*, **10** (1), 8. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07894-4>
295. Cederholm, C.J., D.H. Johnson, R.E. Bilby, L.G. Dominguez, A.M. Garrett, W.H. Graeber, E.L. Greda, M.D. Kunze, B.G. Marcot, J.F. Palmisano, R.W. Plotnikoff, W.G. Percy, C.A. Simenstad, and P.C. Trotter, 2000: Pacific Salmon and Wildlife—Ecological Contexts, Relationships, and Implications for Management. Special Edition Technical Report. Washington Department of Fish and Wildlife, Olympia, WA. <https://wdfw.wa.gov/publications/00063>
296. Yoder, J., C. Raymond, R. Basu, S. Deol, A. Fremier, K. Garcia, G. Mauger, J. Padowski, M. Rogers, and A. Stahl, 2022: Climate Change and Stream Flow: Barriers and Opportunities. Preliminary project report to the Washington State Department of Ecology. Washington State, Department of Ecology, Water Resources Program, Olympia, WA. <https://apps.ecology.wa.gov/publications/documents/2211029.pdf>
297. Nez Perce Tribe, 2022: *Nimiipuu Energy May 2022*. Nez Perce Tribe. <https://vimeo.com/710582042>
298. EPI, 2023: Wildfire-Grid Risk, Power Talk. Boise State University, Energy Policy Institute. <https://www.boisestate.edu/epi/upcomingevents/>
299. Utility Wildland Fire Prevention Advisory Committee—Duties—Report—Membership—Immunity. RCW 76.04.780, Washington State Legislature, 2022. <https://app.leg.wa.gov/rcw/default.aspx?cite=76.04.780>
300. Araújo, K.M., T.J. Foxon, J. Markard, R. Raven, and R. Schaeffer, 2022: Ch. 29. Reconceptualizing the next frontier in energy transitions. In: *Routledge Handbook of Energy Transitions*. Araújo, K.M., Ed. Taylor & Francis, London, UK, 6. <https://doi.org/10.4324/9781003183020-34>
301. Black, G., D. Shropshire, and K. Araújo, 2021: Ch. 22. Small modular reactor (SMR) adoption: Opportunities and challenges for emerging markets. In: *Handbook of Small Modular Nuclear Reactors*, 2nd ed. Ingersoll, D.T. and M.D. Carelli, Eds. Woodhead Publishing, 557–593. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-823916-2.00022-9>
302. Araújo, K.M., 2018: *Low Carbon Energy Transitions: Turning Points in National Policy and Innovation*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780199362554.001.0001>
303. Idaho Power, 2021: Integrated Resource Plan. Idaho Power. https://docs.idahopower.com/pdfs/aboutus/planningforfuture/irp/2021/2021%20irp_web.pdf
304. Araújo, K., D. Mahajan, R. Kerr, and M. da Silva, 2017: Global biofuels at the crossroads: An overview of technical, policy, and investment complexities in the sustainability of biofuel development. *Agriculture*, **7** (4). <https://doi.org/10.3390/agriculture7040032>
305. Aumeier, S.E., D.E. Shropshire, T. Allen, K. Araújo, C. Bell, M. Craig, J. Parsons, and T. Righetti, 2021: Emerging Energy Market Analysis Initiative, Methodological Framework. INL/EXT-21-65347. U.S. Department of Energy, Idaho National Laboratory, Idaho Falls, ID. <https://doi.org/10.2172/1838119>
306. Shropshire, D.E., K. Araujo, C. Koerner, C. Bell, R. Johnson, J. Parsons, S. Gerace, E. Holubynak, T. Righetti, and S.E. Aumeier, 2023: Microreactor Applications in U.S. Markets, Evaluation of State-Level Legal, Regulatory, Economic and Technology Implications. INL/RPT-23-71733. U.S. Department of Energy, Idaho National Laboratory, Idaho Falls, ID. <https://doi.org/10.2172/1964093>
307. Ellingwood, B.R., H. Cutler, P. Gardoni, W.G. Peacock, J.W. van de Lindt, and N. Wang, 2016: The Centerville virtual community: A fully integrated decision model of interacting physical and social infrastructure systems. *Sustainable and Resilient Infrastructure*, **1** (3-4), 95–107. <https://doi.org/10.1080/23789689.2016.1255000>
308. Markolf, S.A., C. Hoehne, A. Fraser, M.V. Chester, and B.S. Underwood, 2019: Transportation resilience to climate change and extreme weather events—Beyond risk and robustness. *Transport Policy*, **74**, 174–186. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.11.003>
309. Dye, A.W., J.B. Kim, A. McEvoy, F. Fang, and K.L. Riley, 2021: Evaluating rural Pacific Northwest towns for wildfire evacuation vulnerability. *Natural Hazards*, **107** (1), 911–935. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04615-x>
310. Rodrigue, J.-P., 2020: *The Geography of Transport Systems*, 5th ed. Routledge, London, UK, 480 pp. <https://doi.org/10.4324/9780429346323>
311. Rempel, A. and M. Babbar-Sebens, 2021: Built environment. In: *Fifth Oregon Climate Assessment*. Oregon Climate Change Research Institute, Oregon State University, Corvallis, OR, 113–136. https://ir.library.oregonstate.edu/concern/technical_reports/pz50h457p

312. Oregon DOT, 2014: Climate Change Vulnerability Assessment and Adaptation Options Study. Oregon Department of Transportation. https://www.fhwa.dot.gov/environment/sustainability/resilience/pilots/2013-2015_pilots/oregon/final_report/odotreport.pdf
313. WSDOT, 2011: Climate Impacts Vulnerability Assessment. Washington State, Department of Transportation. <https://wsdot.wa.gov/sites/default/files/2021-10/Climate-Impact-AssessmentforFHWA-12-2011.pdf>
314. Faria, R., P. Marques, P. Moura, F. Freire, J. Delgado, and A.T. de Almeida, 2013: Impact of the electricity mix and use profile in the life-cycle assessment of electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **24**, 271–287. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.03.063>
315. Hawkins, T.R., B. Singh, G. Majeau-Bettez, and A.H. Strømman, 2013: Comparative environmental life cycle assessment of conventional and electric vehicles. *Journal of Industrial Ecology*, **17** (1), 53–64. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00532.x>
316. Peng, T., X. Ou, and X. Yan, 2018: Development and application of an electric vehicles life-cycle energy consumption and greenhouse gas emissions analysis model. *Chemical Engineering Research and Design*, **131**, 699–708. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2017.12.018>
317. Gober, P., A. Middel, A. Brazel, S. Myint, H. Chang, J.D. Duh, and L. House-Peters, 2012: Tradeoffs between water conservation and temperature amelioration in Phoenix and Portland: Implications for urban sustainability. *Urban Geography*, **33** (7), 1030–1054. <https://doi.org/10.2747/0272-3638.33.7.1030>
318. Kramer, H.A., M.H. Mockrin, P.M. Alexandre, and V.C. Radeloff, 2019: High wildfire damage in interface communities in California. *International Journal of Wildland Fire*, **28** (9), 641–650. <https://doi.org/10.1071/wf18108>
319. May, N.W., C. Dixon, and D.A. Jaffe, 2021: Impact of wildfire smoke events on indoor air quality and evaluation of a low-cost filtration method. *Aerosol and Air Quality Research*, **21** (7), 210046. <https://doi.org/10.4209/aaqr.210046>
320. Stauffer, D.A., D.A. Autenrieth, J.F. Hart, and S. Capoccia, 2020: Control of wildfire-sourced PM_{2.5} in an office setting using a commercially available portable air cleaner. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, **17** (4), 109–120. <https://doi.org/10.1080/15459624.2020.1722314>
321. Liu, J.C., L.J. Mickley, M.P. Sulprizio, F. Dominici, X. Yue, K. Ebisu, G.B. Anderson, R.F.A. Khan, M.A. Bravo, and M.L. Bell, 2016: Particulate air pollution from wildfires in the Western US under climate change. *Climatic Change*, **138** (3), 655–666. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1762-6>
322. Liu, Y., E. Austin, J. Xiang, T. Gould, T. Larson, and E. Seto, 2021: Health impact assessment of the 2020 Washington state wildfire smoke episode: Excess health burden attributable to increased PM_{2.5} exposures and potential exposure reductions. *GeoHealth*, **5** (5), e2020GH000359. <https://doi.org/10.1029/2020gh000359>
323. Durairajan, R., C. Barford, and P. Barford, 2018: Lights out: Climate change risk to Internet infrastructure. *Proceedings of the Applied Networking Research Workshop*, Montreal, QC, Canada. Association for Computing Machinery, 9–15. <https://doi.org/10.1145/3232755.3232775>
324. Adams-Schoen, S.J. and M. Smith, 2023: Land-use law and climate change. In: *Sixth Oregon Climate Assessment*. Fleishman, E., Ed. Oregon State University, Oregon Climate Change Research Institute, Corvallis, OR. <https://doi.org/10.5399/osu/1161>
325. Adams-Schoen, S.J., 2018: Beyond localism: Harnessing state adaptation lawmaking to facilitate local climate resilience. *Michigan Journal of Environmental & Administrative Law*, **8** (1). <https://repository.law.umich.edu/mjeal/vol8/iss1/5>
326. Grannis, J., J. Wyman, M. Singer, and J. Shoaf, 2012: Coastal management in the face of rising seas: Legal strategies for Connecticut. *Sea Grant Law and Policy Journal*, **5** (1), 59–88. <https://www.georgetownclimate.org/reports/coastal-management-in-the-face-of-rising-seas-legal-strategies-for-connecticut.html>
327. Siders, A., 2013: Managed Coastal Retreat: A Legal Handbook on Shifting Development away from Vulnerable Areas. Columbia Public Law Research Paper No. 14-365. Columbia University. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2349461>
328. Bumbaco, K.A., K.D. Dello, and N.A. Bond, 2013: History of Pacific Northwest heat waves: Synoptic pattern and trends. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, **52** (7), 1618–1631. <https://doi.org/10.1175/jamc-d-12-094.1>
329. NWS, 2021: Weather Related Fatality and Injury Statistics. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service. <https://www.weather.gov/hazstat/>

330. Silberner, J., 2021: Heat wave causes hundreds of deaths and hospitalisations in Pacific Northwest. *British Medical Journal*, **374**. <https://doi.org/10.1136/bmj.n1696>
331. Philip, S.Y., S.F. Kew, G.J. van Oldenborgh, F.S. Anslow, S.I. Seneviratne, R. Vautard, D. Coumou, K.L. Ebi, J. Arrighi, R. Singh, M. van Aalst, C. Pereira Marghidan, M. Wehner, W. Yang, S. Li, D.L. Schumacher, M. Hauser, R. Bonnet, L.N. Luu, F. Lehner, N. Gillett, J. Tradowsky, G.A. Vecchi, C. Rodell, R.B. Stull, R. Howard, and F.E.L. Otto, 2021: Rapid attribution analysis of the extraordinary heat wave on the Pacific coast of the US and Canada in June 2021. *Earth System Dynamics*, **13** (4), 1689–1713. <https://doi.org/10.5194/esd-13-1689-2022>
332. Zhang, X., T. Zhou, W. Zhang, L. Ren, J. Jiang, S. Hu, M. Zuo, L. Zhang, and W. Man, 2023: Increased impact of heat domes on 2021-like heat extremes in North America under global warming. *Nature Communications*, **14** (1), 1690. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37309-y>
333. Thompson, V., A.T. Kennedy-Asser, E. Vosper, Y.T.E. Lo, C. Huntingford, O. Andrews, M. Collins, G.C. Hegerl, and D. Mitchell, 2022: The 2021 western North America heat wave among the most extreme events ever recorded globally. *Science Advances*, **8** (18), 6860. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abm6860>
334. Isaksen, T.B., M. Yost, E. Hom, and R. Fenske, 2014: Projected health impacts of heat events in Washington State associated with climate change. *Reviews on Environmental Health*, **29** (1-2), 119–123. <https://doi.org/10.1515/reveh-2014-0029>
335. Schramm, P.J., A. Vaidyanathan, L. Radhakrishnan, A. Gates, K. Hartnett, and P. Breysse, 2021: Heat-related emergency department visits during the Northwestern heat wave—United States. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, **70**, 1020–1021. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm7029e1>
336. 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>
337. Zhou, X., K. Josey, L. Kamareddine, M.C. Caine, T. Liu, L.J. Mickley, M. Cooper, and F. Dominici, 2021: Excess of COVID-19 cases and deaths due to fine particulate matter exposure during the 2020 wildfires in the United States. *Science Advances*, **7** (33), 8789. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abi8789>
338. Kochi, I., G.H. Donovan, P.A. Champ, and J.B. Loomis, 2010: The economic cost of adverse health effects from wildfire–smoke exposure: A review. *International Journal of Wildland Fire*, **19** (7), 803–817. <https://doi.org/10.1071/wf09077>
339. McDermot, D. and M. Kadlec, 2022: Increased Medical and Emergency Department Claims for Asthma Following Wildfire Smoke Exposure in Washington State, 2014–2018. Washington State Health Services Research Project Research Brief No. 104. Washington State Office of Financial Management. <https://ofm.wa.gov/sites/default/files/public/dataresearch/researchbriefs/brief104.pdf>
340. Gasparri, A., Y. Guo, M. Hashizume, E. Lavigne, A. Zanobetti, J. Schwartz, and A. Tobias, 2015: Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: A multicountry observational study. *The Lancet*, **386** (9991), 369–375. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(14\)62114-0](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(14)62114-0)
341. Clayton, S., C. Manning, K. Krygman, and M. Speiser, 2017: Mental Health and Our Changing Climate: Impacts, Implications, and Guidance. American Psychological Association and ecoAmerica, Washington, DC. <https://www.apa.org/news/press/releases/2017/03/mental-health-climate.pdf>
342. Pacheco, S.E., 2020: Catastrophic effects of climate change on children's health start before birth. *The Journal of Clinical Investigation*, **130** (2), 562–564. <https://doi.org/10.1172/jci135005>
343. Korsiak, J., L. Pinault, T. Christidis, R.T. Burnett, M. Abrahamowicz, and S. Weichenthal, 2022: Long-term exposure to wildfires and cancer incidence in Canada: A population-based observational cohort study. *The Lancet Planetary Health*, **6** (5), e400–e409. [https://doi.org/10.1016/s2542-5196\(22\)00067-5](https://doi.org/10.1016/s2542-5196(22)00067-5)
344. Belova, A., C.A. Gould, K. Munson, M. Howell, C. Trevisan, N. Obradovich, and J. Martinich, 2022: Projecting the suicide burden of climate change in the United States. *GeoHealth*, **6** (5), e2021GH000580. <https://doi.org/10.1029/2021gh000580>
345. Cianconi, P., S. Betò, and L. Janiri, 2020: The impact of climate change on mental health: A systematic descriptive review. *Frontiers in Psychiatry*, **11**, 74. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2020.00074>
346. Jones, R.T., D.P. Ribbe, P. Cunningham, and J.D. Weddle, 2003: Psychosocial correlates of wildfire disaster: Post disaster adult reactions. *Fire Technology*, **39** (2), 103–117. <https://doi.org/10.1023/a:1024229812303>

347. Ursano, R.J., J.C. Morganstein, and R. Cooper, 2017: APA Resource Document: Resource Document on Mental Health and Climate Change. American Psychological Association. https://www.psychiatry.org/file%20library/psychiatrists/directories/library-and-archive/resource_documents/2017-resource-document-mental-health-climate-change.pdf
348. WHO, 2013: *Mental Health Action Plan 2013–2020*. World Health Organization, Geneva, Switzerland. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241506021>
349. Mental Health America, 2020: Ranking the States. Mental Health America. https://mhanational.org/sites/default/files/State%20of%20Mental%20Health%20in%20America%20-%202020_0.pdf
350. Cerveny, L.K. and J.W. Baur, 2020: Homelessness and nonrecreational camping on national forests and grasslands in the United States: Law enforcement perspectives and regional trends. *Journal of Forestry*, **118** (2), 139–153. <https://doi.org/10.1093/jofore/fvz065>
351. Goldman, L., 2022: *Climate Change and Youth: Turning Grief and Anxiety into Activism*, 1st ed. Taylor & Francis, New York, 352 pp. <https://doi.org/10.4324/9781003051770>
352. Vickery, J. and L.M. Hunter, 2016: Native Americans: Where in environmental justice research? *Society & Natural Resources*, **29** (1), 36–52. <https://doi.org/10.1080/08941920.2015.1045644>
353. Anderson, C.A., 2001: Heat and violence. *Current Directions in Psychological Science*, **10** (1), 33–38. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00109>
354. Enenkel, M., L. See, R. Bonifacio, V. Boken, N. Chaney, P. Vinck, L. You, E. Dutra, and M. Anderson, 2015: Drought and food security—Improving decision-support via new technologies and innovative collaboration. *Global Food Security*, **4**, 51–55. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2014.08.005>
355. Friel, S., H. Berry, H. Dinh, L. O'Brien, and H.L. Walls, 2014: The impact of drought on the association between food security and mental health in a nationally representative Australian sample. *BMC Public Health*, **14** (1), 1102. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-1102>
356. Hetherington, E., S. McDonald, M. Wu, and S. Tough, 2018: Risk and protective factors for mental health and community cohesion after the 2013 Calgary flood. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, **12** (4), 470–477. <https://doi.org/10.1017/dmp.2017.91>
357. Stanke, C., V. Murray, R. Amlôt, J. Nurse, and R. Williams, 2012: The effects of flooding on mental health: Outcomes and recommendations from a review of the literature. *PLoS Currents*, **4**. <https://doi.org/10.1371/4f9f1fa9c3cae>
358. Hearst, M.O., J. Yang, S. Friedrichsen, K. Lenk, C. Caspi, and M.N. Laska, 2021: The availability of culturally preferred fruits, vegetables and whole grains in corner stores and non-traditional food stores. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **18** (9), 5030. <https://doi.org/10.3390/ijerph18095030>
359. Patchell, B. and K. Edwards, 2014: The role of traditional foods in diabetes prevention and management among Native Americans. *Current Nutrition Reports*, **3** (4), 340–344. <https://doi.org/10.1007/s13668-014-0102-6>
360. Sarkar, D., J. Walker-Swaney, and K. Shetty, 2020: Food diversity and indigenous food systems to combat diet-linked chronic diseases. *Current Developments in Nutrition*, **4** (Supplement_1), 3–11. <https://doi.org/10.1093/cdn/nzz099>
361. Bildfell, R.J., J.W. Mertins, J.A. Mortenson, and D.F. Cottam, 2004: Hair-loss syndrome in black-tailed deer of the Pacific Northwest. *Journal of Wildlife Diseases*, **40** (4), 670–681. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-40.4.670>
362. Byers, J.E., 2021: Marine parasites and disease in the era of global climate change. *Annual Review of Marine Science*, **13** (1), 397–420. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-031920-100429>
363. Donatuto, J., L. Campbell, C. Cooley, M. Cruz, J. Doyle, M. Eggers, T. Farrow Ferman, S. Gaughen, P. Hardison, C. Jones, D. Marks-Marino, A. Pairis, W. Red Elk, D. Sambo Dorough, and C. Sanders, 2021: Ch. 5. Health & wellbeing. In: *Status of Tribes and Climate Change Report*. Marks-Marino, D., Ed. Institute for Tribal Environmental Professionals, 159–173. <http://nau.edu/stacc2021>
364. Norton-Smith, K., K. Lynn, K. Chief, K. Cozzetto, J. Donatuto, M.H. Redsteer, L.E. Kruger, J. Maldonado, C. Viles, and K.P. Whyte, 2016: Climate Change and Indigenous Peoples: A Synthesis of Current Impacts and Experiences. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-944. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, OR, 136 pp. <https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/53156>

365. Doubleday, A., N.A. Errett, K.L. Ebi, and J.J. Hess, 2020: Indicators to guide and monitor climate change adaptation in the US Pacific Northwest. *American Journal of Public Health*, **110** (2), 180–188. <https://doi.org/10.2105/ajph.2019.305403>
366. State of Oregon, 2021: State of Oregon Climate Equity Blueprint. State of Oregon. https://www.oregon.gov/lcd/cpu/documents/2021_jan_climate-equity-blueprint.pdf
367. Powell, J., S. Menendian, and W. Ake, 2019: Targeted Universalism Policy & Practice. University of California, Berkeley, Haas Institute for a Fair and Inclusive Society. https://belonging.berkeley.edu/sites/default/files/targeted_universalism_primer.pdf?file=1&force=1
368. Filigrana, P., J.I. Levy, J. Gauthier, S. Batterman, and S.D. Adar, 2022: Health benefits from cleaner vehicles and increased active transportation in Seattle, Washington. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, **32** (4), 538–544. <https://doi.org/10.1038/s41370-022-00423-y>
369. Rempel, A.R., J. Danis, A.W. Rempel, M. Fowler, and S. Mishra, 2022: Improving the passive survivability of residential buildings during extreme heat events in the Pacific Northwest. *Applied Energy*, **321**, 119323. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119323>
370. 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>
371. Guy, K., 2020: A Security Threat Assessment of Global Climate Change: How Likely Warming Scenarios Indicate a Catastrophic Security Future. Product of the National Security, Military, and Intelligence Panel on Climate Change, Femia, F. and C. Werrell, Eds. The Center for Climate and Security, an Institute of the Council on Strategic Risks, Washington, DC. <https://climateandsecurity.org/a-security-threat-assessment-of-global-climate-change/>
372. McKelvey, K.S., W.M. Block, T.B. Jain, C.H. Luce, D.S. Page-Dumroese, B.A. Richardson, V.A. Saab, A.W. Schoettle, C.H. Sieg, and D.R. Williams, 2021: Adapting research, management, and governance to confront socioecological uncertainties in novel ecosystems. *Frontiers in Forests and Global Change*, **4**, 644696. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.644696>
373. Insley, M. and M. Lei, 2007: Hedges and trees: Incorporating fire risk into optimal decisions in forestry using a no-arbitrage approach. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, **32** (3), 492–514. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.7084>
374. Palaiologou, P., A.A. Ager, M. Nielsen-Pincus, C.R. Evers, and M.A. Day, 2019: Social vulnerability to large wildfires in the western USA. *Landscape and Urban Planning*, **189**, 99–116. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.04.006>
375. Jasechko, S. and D. Perrone, 2021: Global groundwater wells at risk of running dry. *Science*, **372** (6540), 418–421. <https://doi.org/10.1126/science.abc2755>
376. Holmes, T.P., E.A. Murphy, and K.P. Bell, 2006: Exotic forest insects and residential property values. *Agricultural and Resource Economics Review*, **35** (1), 155–166. <https://doi.org/10.1017/s1068280500010121>
377. Warziniack, T., R.G. Haight, D. Yemshanov, J.L. Apriesnig, T.P. Holmes, A.M. Countryman, J.D. Rothlisberger, and C. Haberland, 2021: Ch. 14. Economics of invasive species. In: *Invasive Species in Forests and Rangelands of the United States: A Comprehensive Science Synthesis for the United States Forest Sector*. Poland, T.M., T. Patel-Weynand, D.M. Finch, C.F. Miniati, D.C. Hayes, and V.M. Lopez, Eds. Springer, Cham, Switzerland, 305–320. https://doi.org/10.1007/978-3-030-45367-1_14
378. Wolf, D. and H.A. Klaiber, 2017: Bloom and bust: Toxic algae's impact on nearby property values. *Ecological Economics*, **135**, 209–221. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.12.007>
379. Baldauf, M., L. Garlappi, and C. Yannelis, 2020: Does climate change affect real estate prices? Only if you believe in it. *The Review of Financial Studies*, **33** (3), 1256–1295. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhz073>
380. Hino, M. and M. Burke, 2021: The effect of information about climate risk on property values. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **118** (17), e2003374118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2003374118>
381. Headwaters Economics, 2016: Do Insurance Policies and Rates Influence Development on Fire-Prone Lands? Headwaters Economics, 14 pp. <https://headwaterseconomics.org/wildfire/solutions/insurance-wildfire-home-development/>

382. Garber-Yonts, B.E., 2004: The Economics of Amenities and Migration in the Pacific Northwest: Review of Selected Literature with Implications for National Forest Management. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-617. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Pacific Northwest Research Station, Portland, OR, 48 pp. <https://doi.org/10.2737/pnw-gtr-617>
383. Lambers, J.H.R., A.F. Cannistra, A. John, E. Lia, R.D. Manzanedo, M. Sethi, J. Sevigny, E.J. Theobald, and J.K. Waugh, 2021: Climate change impacts on natural icons: Do phenological shifts threaten the relationship between peak wildflowers and visitor satisfaction? *Climate Change Ecology*, **2**, 100008. <https://doi.org/10.1016/j.ecochg.2021.100008>
384. Wobus, C., E.E. Small, H. Hosterman, D. Mills, J. Stein, M. Rissing, R. Jones, M. Duckworth, R. Hall, M. Kolian, J. Creason, and J. Martinich, 2017: Projected climate change impacts on skiing and snowmobiling: A case study of the United States. *Global Environmental Change*, **45**, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.04.006>
385. Sánchez, J.J., R. Marcos-Martinez, L. Srivastava, and N. Soonsawad, 2021: Valuing the impacts of forest disturbances on ecosystem services: An examination of recreation and climate regulation services in U.S. national forests. *Trees, Forests and People*, **5**, 100123. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2021.100123>
386. Vose, J.M., J.S. Clark, C.H. Luce, and T. Patel-Weynand, 2016: Effects of Drought on Forests and Rangelands in the United States: A Comprehensive Science Synthesis. Gen. Tech. Rep. WO-93b. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington Office, Washington, DC, 289 pp. <https://doi.org/10.2737/wo-gtr-93b>
387. Paine, L.A., 1971: Accident Hazard Evaluation and Control Decisions on Forested Recreation Sites. Res. Paper PSW-68. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Berkeley, CA, 10 pp. <https://www.fs.usda.gov/research/treesearch/28669>
388. Burns, S.F., R. Pirot, K. Williams, and S. Sobieschek, 2015: Massive debris flow event on Pacific Northwest volcanoes, USA, November 2006: Causes, effects and relationship to climate change. In: *Engineering Geology for Society and Territory - Volume 2*, Lollino, G., D. Giordan, G.B. Crosta, J. Corominas, R. Azzam, J. Wasowski, and N. Sciarra, Eds. Cham, Switzerland. Springer, 545–550. https://doi.org/10.1007/978-3-319-09057-3_90
389. 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>
390. Idaho DHW, n.d.: Activity Guidelines for Wildfire Smoke Events. Idaho Department of Health and Welfare. <https://idhsaa.org/asset/sports%20medicine/wildfire-table-for-schools%20mkredits.pdf>
391. Inkley, D., 2013: New report addresses climate change and freshwater fish. *Fisheries*, **38** (11), 518–518. <https://doi.org/10.1080/03632415.2013.848402>
392. Weiskopf, S.R., O.E. Ledee, and L.M. Thompson, 2019: Climate change effects on deer and moose in the Midwest. *The Journal of Wildlife Management*, **83** (4), 769–781. <https://doi.org/10.1002/jwmg.21649>
393. Kourantidou, M., D. Jin, and E.J. Schumacker, 2022: Socioeconomic disruptions of harmful algal blooms in indigenous communities: The case of Quinault Indian Nation. *Harmful Algae*, **118**, 102316. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2022.102316>
394. Moss, L.A.G. and R.S. Glorioso, Eds., 2014: *Global Amenity Migration: Transforming Rural Culture, Economy and Landscape*. New Ecology Press, Kaslo, BC, 435 pp.
395. 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>
396. Abrams, J.B., H. Gosnell, N.J. Gill, and P.J. Klepeis, 2012: Re-creating the rural, reconstructing nature: An international literature review of the environmental implications of amenity migration. *Conservation and Society*, **10** (3), 270–284. <https://doi.org/10.4103/0972-4923.101837>
397. Rickman, D.S. and H. Wang, 2020: Whither the American west economy? Natural amenities, mineral resources and nonmetropolitan county growth. *The Annals of Regional Science*, **65** (3), 673–701. <https://doi.org/10.1007/s00168-020-00999-z>
398. Hjerpe, E., C.A. Armatas, and M. Haefele, 2022: Amenity-based development and protected areas in the American West. *Land Use Policy*, **116**, 106064. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106064>

399. Donatuto, J., L. Campbell, and W. Trousdale, 2020: The “value” of values-driven data in identifying Indigenous health and climate change priorities. *Climatic Change*, **158** (2), 161–180. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02596-2>
400. Wang, C.J., H.A. Schaller, K.C. Coates, M.C. Hayes, and R.K. Rose, 2020: Climate change vulnerability assessment for Pacific lamprey in rivers of the western United States. *Journal of Freshwater Ecology*, **35** (1), 29–55. <https://doi.org/10.1080/02705060.2019.1706652>
401. Gaughen, S., S. Bliss, J. Mauck, and T. Romero, 2021: Ch. 8. Cultural resources. In: *Status of Tribes and Climate Change Report*. Marks-Marino, D., Ed. Institute for Tribal Environmental Professionals, 210–221. <http://nau.edu/stacc2021>
402. Long, J.W. and F.K. Lake, 2018: Escaping social-ecological traps through tribal stewardship on national forest lands in the Pacific Northwest, United States of America. *Ecology and Society*, **23** (2). <https://doi.org/10.5751/es-10041-230210>
403. 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>
404. Lake, F.K., V. Wright, P. Morgan, M. McFadzen, D. McWethy, and C. Stevens-Rumann, 2017: Returning fire to the land: Celebrating traditional knowledge and fire. *Journal of Forestry*, **115** (5), 343–353. <https://doi.org/10.5849/jof.2016-043r2>
405. Voggesser, G., K. Lynn, J. Daigle, F.K. Lake, and D. Ranco, 2014: Ch. 9. Cultural impacts to tribes from climate change influences on forests. In: *Climate Change and Indigenous Peoples in the United States: Impacts, Experiences and Actions*. Maldonado, J.K., B. Colombi, and R. Pandya, Eds. Springer, Cham, Switzerland, 107–118. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05266-3_9
406. Warner, E.A.K., 2015: Everything old is new again: Enforcing tribal treaty provisions to protect climate change-threatened resources. *Nebraska Law Review*, **94** (4). <https://digitalcommons.unl.edu/nlr/vol94/iss4/4>
407. Whyte, K., 2017: Indigenous climate change studies: Indigenizing futures, decolonizing the Anthropocene. *English Language Notes*, **55** (1), 153–162. <https://doi.org/10.1215/00138282-55.1-2.153>
408. Whyte, K.P., 2013: Ch. 2. Justice forward: Tribes, climate adaptation and responsibility. In: *Climate Change and Indigenous Peoples in the United States: Impacts, Experiences and Actions*. Maldonado, J.K., B. Colombi, and R. Pandya, Eds. Springer, Cham, Switzerland, 9–22. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05266-3_2
409. Flores, D. and G. Russell, 2020: Ch. 5.5. Integrating tribes and culture into public land management. In: *Northeastern California Plateaus Bioregion Science Synthesis*. Dumroese, R.K. and W.K. Moser, Eds. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, CO, 177–185. <https://www.fs.usda.gov/research/treearch/60223>
410. Long, J., F.K. Lake, K. Lynn, and C. Viles, 2018: Ch. 11. Tribal ecocultural resources and engagement. In: *Synthesis of Science to Inform Land Management Within the Northwest Forest Plan Area*. Spies, T.A., P.A. Stine, R. Gravenmier, J.W. Long, and M.J. Reilly, Eds. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, OR, 851–917. <https://www.fs.usda.gov/research/treearch/56333>
411. Donatuto, J., E.E. Grossman, J. Konovsky, S. Grossman, and L.W. Campbell, 2014: Indigenous community health and climate change: Integrating biophysical and social science indicators. *Coastal Management*, **42** (4), 355–373. <https://doi.org/10.1080/08920753.2014.923140>
412. Fink, J.H., 2019: Contrasting governance learning processes of climate-leading and -lagging cities: Portland, Oregon, and Phoenix, Arizona, USA. *Journal of Environmental Policy and Planning*, **21** (1), 16–29. <https://doi.org/10.1080/1523908x.2018.1487280>
413. Levenda, A.M., J. Richter, T. Miller, and E. Fisher, 2019: Regional sociotechnical imaginaries and the governance of energy innovations. *Futures*, **109**, 181–191. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2018.03.001>
414. 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>
415. Ward, E.J., J.H. Anderson, T.J. Beechie, G.R. Pess, and M.J. Ford, 2015: Increasing hydrologic variability threatens depleted anadromous fish populations. *Global Change Biology*, **21** (7), 2500–2509. <https://doi.org/10.1111/gcb.12847>

416. Kurtz, K., B. Hins-Turner, A. Abbott, L. Eschenbach, L. Williams, and M. Nepean, 2021: Roadmap to a Green Economy: Aligning Education, Workforce and Economic Development Systems. Pacific Education Institute, 59 pp. <https://wsac.wa.gov/sites/default/files/2021-03-17-Green-Economy-Report.pdf>
417. Van de Graaf, T. and B.K. Sovacool, 2020: *Global Energy Politics*. Wiley, 240 pp. <https://www.wiley.com/en-us/global+energy+politics-p-9781509530489>
418. WA DNR, 2020: Electric Utilities Wildland Fire Prevention Task Force–Final Report. Washington Department of Natural Resources, 17 pp. https://www.dnr.wa.gov/publications/rp_fire_electric_utility_taskforce_report.pdf
419. U.S. Federal Government, 2021: U.S. Climate Resilience Toolkit: Energy [Webpage]. <https://toolkit.climate.gov/topics/energy-supply-and-use>