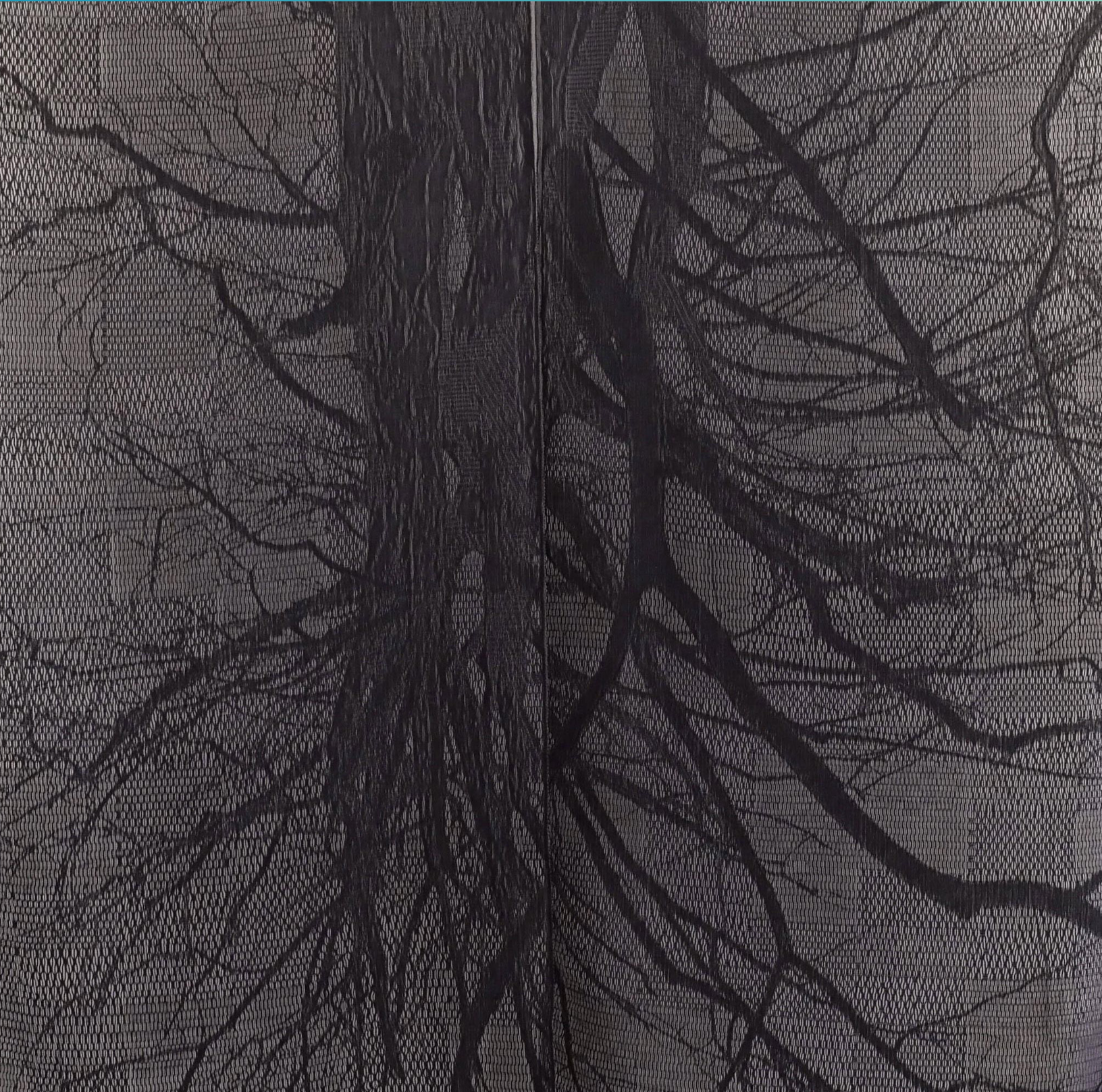
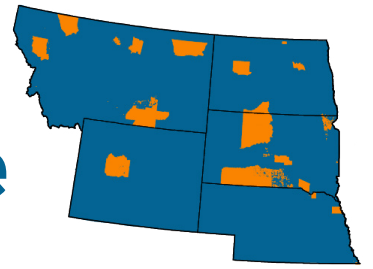


# Grandes Llanuras del Norte





# Capítulo 25. Grandes Llanuras del Norte

## Autores y colaboradores

### Autor principal de coordinación federal

**Douglas R. Kluck**, NOAA National Centers for Environmental Information

### Autor principal del capítulo

**Corrine N. Knapp**, University of Wyoming

### Autor principal del capítulo de la agencia

**Glenn Guntenspergen**, US Geological Survey

### Autores del capítulo

**Marissa A. Ahlering**, The Nature Conservancy

**Nicole M. Aimone**, Federal Emergency Management Agency

**Aparna Bamzai-Dodson**, US Geological Survey, North Central Climate Adaptation Science Center

**Andrea Basche**, University of Nebraska

**Robert G. Byron**, Montana Health Professionals for a Healthy Climate

**Otakuye Conroy-Ben**, Arizona State University

**Mark N. Haggerty**, Center for American Progress

**Tonya R. Haigh**, University of Nebraska

**Carter Johnson**, South Dakota State University

**Barbara Mayes Boustead**, NOAA National Weather Service

**Nathaniel D. Mueller**, Colorado State University

**Jacqueline P. Ott**, USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station

**Ginger B. Paige**, University of Wyoming

**Karen R. Ryberg**, US Geological Survey

**Gregor W. Schuurman**, US National Park Service

**Stefan G. Tangen**, Great Plains Tribal Water Alliance, North Central Climate Adaptation Science Center

### Contribuyentes técnicos

**Cari Cullen**, Center for Disaster Philanthropy

**Avery W. Driscoll**, Colorado State University

**Syed Huq**, Rosebud Sioux Tribe

**Alison Long**, The Nature Conservancy

**Danika L. Mosher**, Colorado State University, North Central Climate Adaptation Science Center

**Kyle Nehring**, University of Wyoming

**Ruth Plenty Sweetgrass-She Kills**, Nueta Hidatsa Sahnish College

**Anthony Prenni**, US National Park Service

**Kelli F. Roemer**, Montana State University

**Kristin Smith**, Headwaters Economics

**Philimon D. Two Eagle**, Rosebud Sioux Tribe

### Editor revisor

**Alex Basaraba**, Adaptation International

### Arte de apertura de capítulo

**Tali Weinberg**

### Cita recomendada

Knapp, C.N., D.R. Kluck, G. Guntenspergen, M.A. Ahlering, N.M. Aimone, A. Bamzai-Dodson, A. Basche, R.G. Byron, O. Conroy-Ben, M.N. Haggerty, T.R. Haigh, C. Johnson, B. Mayes Boustead, N.D. Mueller, J.P. Ott, G.B. Paige, K.R. Ryberg, G.W. Schuurman, and S.G. Tangen, 2023: Cap. 25. Grandes Llanuras del Norte. 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.CH25.ES>

# Índice de Contenidos

**Introducción .....6**

Mensaje clave 25.1

**El cambio climático agrava los impactos de los eventos extremos .....8**

Temperaturas y precipitación ..... 9

Granizo ..... 10

Inundaciones ..... 10

Sequía..... 12

Incendios forestales..... 13

Mensaje clave 25.2

**La salud humana y ecológica enfrentan crecientes amenazas derivadas de peligros relacionados con el clima ..... 14**

Salud mental ..... 14

Salud física ..... 14

Impactos combinados de los eventos climáticos sobre la salud ..... 15

Salud ecológica ..... 15

Mensaje clave 25.3

**Los medios de subsistencia basados en los recursos y la tierra están en riesgo ..... 18**

Alimentación y agricultura ..... 18

Turismo y recreación..... 21

Energía ..... 21

Infraestructuras comunitarias y calidad de vida ..... 22

Mensaje clave 25.4

**La lucha contra el cambio climático involucra concesiones mutuas complejas y tensiones.....23**

Tensiones: Navegando barreras para la mitigación y la adaptación ..... 24

Recuadro 25.1. Capacidad rural y financiamiento ..... 25

Concesiones mutuas: Reconversión del uso de la tierra..... 25

Mensaje clave 25.5

**Las comunidades crean capacidad para la adaptación y transformación.....27**

Recuadro 25.2. Los humedales de la pradera de Pothole y los retos de la adaptación al cambio climático ..... 28

Recuadro 25.3. Éxitos de la adaptación al cambio climático ..... 29

Adaptaciones en la agricultura..... 31

Adaptación a las inundaciones ..... 32

Adaptaciones en las comunidades indígenas..... 33

Adaptación de tierras públicas..... 34

Adaptación de las comunidades rurales ..... 36

<b>Cuentas trazables.....</b>	<b>37</b>
Descripción del proceso .....	37
Mensaje clave 25.1.....	37
Mensaje clave 25.2.....	39
Mensaje clave 25.3.....	41
Mensaje clave 25.4.....	43
Mensaje clave 25.5.....	45
<b>Referencias .....</b>	<b>46</b>

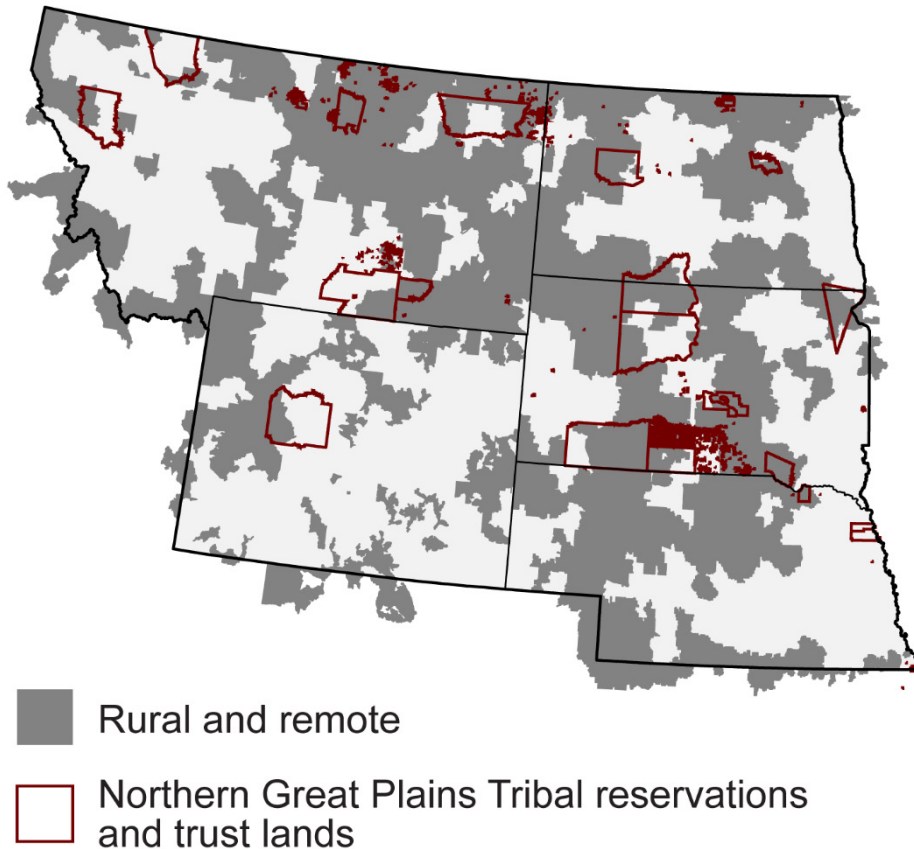
## Introducción

La región de las Grandes Llanuras del Norte, que incluye Montana, Nebraska, Dakota del Norte, Dakota del Sur y Wyoming (Figura 25.1), posee una gran riqueza de recursos naturales que sostienen las economías, el sentido del lugar y las actividades de ocio. Los impactos del cambio climático en las personas y las comunidades serán diferentes y es fundamental tener en cuenta las dimensiones de equidad (Capítulo 20). La dependencia económica de los cultivos, los pastizales y la recreación hace que los residentes con medios de subsistencia basados en la tierra sean vulnerables a los cambios meteorológicos relacionados con el clima, así como a los flujos de agua, nutrientes y vida silvestre a través del paisaje<sup>1, 2, 3</sup>. Esta región es mayoritariamente rural, y sus áreas naturales intactas, granjas y zonas silvestres sirven de hábitat a especies residentes y migratorias, que se ven amenazadas por la cambiante escasez de agua. La región exporta energía y alimentos y es vulnerable a decisiones políticas y mercados fuera de la región. Los procesos históricos pueden conducir a una distribución desigual de los daños, siendo las comunidades indígenas, los trabajadores de servicios y energía y los residentes rurales más sensibles a los impactos. Los valores relacionados con el lugar, la comunidad y la administración son sólidos. Los habitantes de las ciudades pequeñas expresan un fuerte apego al lugar en comparación con sus homólogos urbanos<sup>4</sup>. La población de la región creció 10 % entre 2008 y 2020. Diez condados metropolitanos concentraron dos tercios del crecimiento, mientras que 75 % de los condados rurales de la región perdieron población<sup>5</sup>. Entre los condados rurales, los que son dependientes de la energía y enfocados en el turismo crecieron el 14 %<sup>6</sup>, y las comunidades dependientes de la agricultura experimentaron un descenso de población del 3 % durante el mismo período<sup>7</sup>.

<sup>8</sup>. Un indicio de que más personas están dispuestas a trasladarse a la región debido a las condiciones climáticas fue la afluencia de trabajadores a distancia procedentes de grandes ciudades durante la pandemia del COVID-19<sup>9</sup>.

Esta región también cuenta con muchas comunidades indígenas dinámicas con un rico patrimonio cultural (Figura 25.1). Hay una mayor acción medioambiental por parte de las comunidades indígenas para proteger aguas y tierras, afrontar el cambio climático y mantener la continuidad cultural<sup>10</sup>. Las estrategias de adaptación culturalmente apropiadas, como la restauración del búfalo, que cumple una valiosa función ecológica y restablece las relaciones históricas con los paisajes, están arraigadas en esta región<sup>11</sup>. “Búfalo” es el término preferido por las comunidades indígenas con base en su cultura e historia y se utiliza en referencia a las acciones indígenas al tiempo que se reconoce que el nombre científico de la especie es bisonte americano (*Bison bison*). Aunque la proporción de población no blanca sigue siendo pequeña en cifras absolutas, la región es cada vez más diversa culturalmente. Las poblaciones indígena e hispana crecieron el 20 % y el 42 %, respectivamente, entre 2010 y 2019, y en 2019 las poblaciones indígena e hispana representaron el 4 % y el 7 % de la población total<sup>8</sup>.

## Tierras tribales y medidas de ruralidad

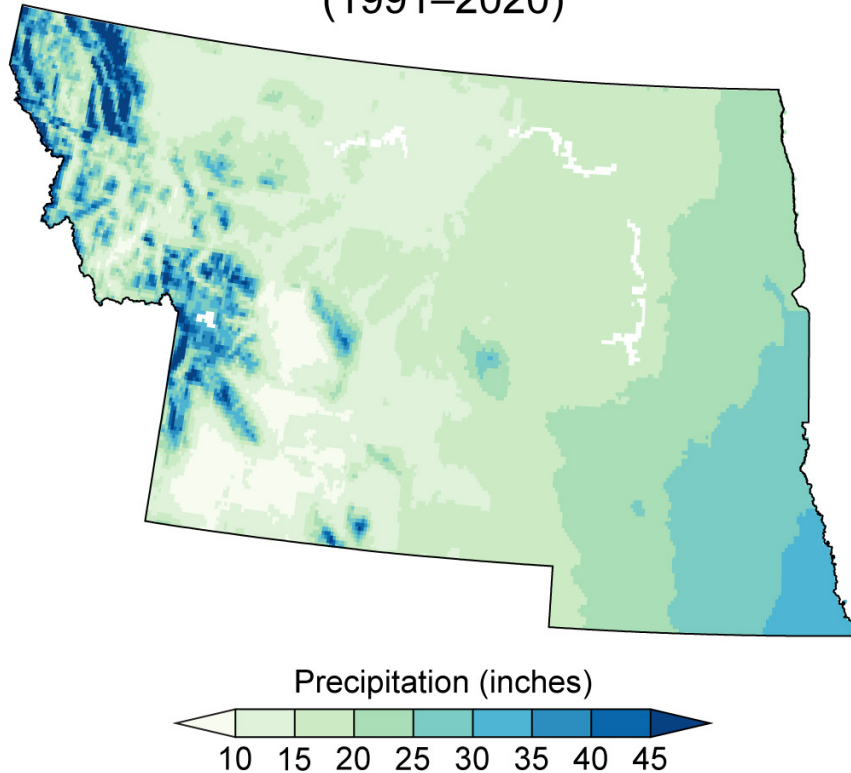


**Las zonas rurales, incluidas las controladas por los pueblos indígenas, suelen carecer de recursos suficientes y, por tanto, son menos resilientes al cambio climático.**

**Figura 25.1.** Las reservas tribales y las tierras en fideicomiso de los indios americanos (contornos rojos) se traslapan con las zonas rurales (gris oscuro; según la definición del Departamento de Agricultura de Estados Unidos [United States Department Of Agriculture, USDA]) en las Grandes Llanuras del Norte. Las comunidades rurales e históricamente marginadas suelen carecer de recursos y de capacidad para prepararse y recuperarse de los desastres naturales provocados por el clima, lo que hace que grandes zonas de las Grandes Llanuras del Norte sean menos resilientes al cambio climático<sup>12</sup>. Las secciones en blanco representan zonas que no cumplen con los criterios de “alejadas de las zonas urbanas”, según la definición del USDA<sup>13</sup>. Créditos de la figura: University of Wyoming, Center for American Progress, NOAA NCEI y CISSSS NC.

La región de las Grandes Llanuras del Norte es conocida por su variabilidad y extremos climáticos, pero el cambio climático está intensificando estas características<sup>14, 15, 16, 17, 18</sup>. La región presenta fuertes precipitaciones de este a oeste (Figura 25.2) y gradientes de temperatura de norte a sur (Figura 25.3). De este a oeste, el paisaje se vuelve más seco y la altitud aumenta, formando tres zonas distintas: las llanuras húmedas del este, las altiplanicies semiáridas y el oeste montañoso. Esta complejidad hace difícil resumir los impactos del clima en toda la región, pero hay algunos cambios comunes. Se prevé que continúen los eventos climáticos extremos en esta región, agravados por el cambio climático (KM 25.1). La salud humana y ecológica se verá impactada por estos peligros agravados (KM 25.2). Las comunidades humanas reflejan la dependencia de los recursos naturales, los legados políticos históricos y las fuerzas del mercado que dejaron un conjunto fragmentario de propiedad y uso de la tierra (como cultivos vs. a pastos, desarrollo energético y recreación; Figura 25.8), y estos medios de subsistencia están en riesgo (KM 25.3). La respuesta al cambio climático involucrará sortear tensiones y concesiones mutuas complejas (KM 25.4), pero las comunidades ya están desarrollando su capacidad de adaptación y transformación (KM 25.5).

## Precipitación promedio en las Grandes Llanuras del Norte (1991–2020)



La región presenta claros gradientes de precipitación de este a oeste.

**Figura 25.2.** El mapa muestra la precipitación anual promedio del período 1991-2020. Los gradientes de precipitación son evidentes de este a oeste y con la elevación. Estos gradientes destacan la complejidad del clima en las Grandes Llanuras del Norte. Las zonas blancas son grandes masas de agua. Créditos de la figura: USGS, University of Wyoming, NOAA NCEI y CISS NC.

### Mensaje clave 25.1

#### El cambio climático agrava los impactos de los eventos extremos

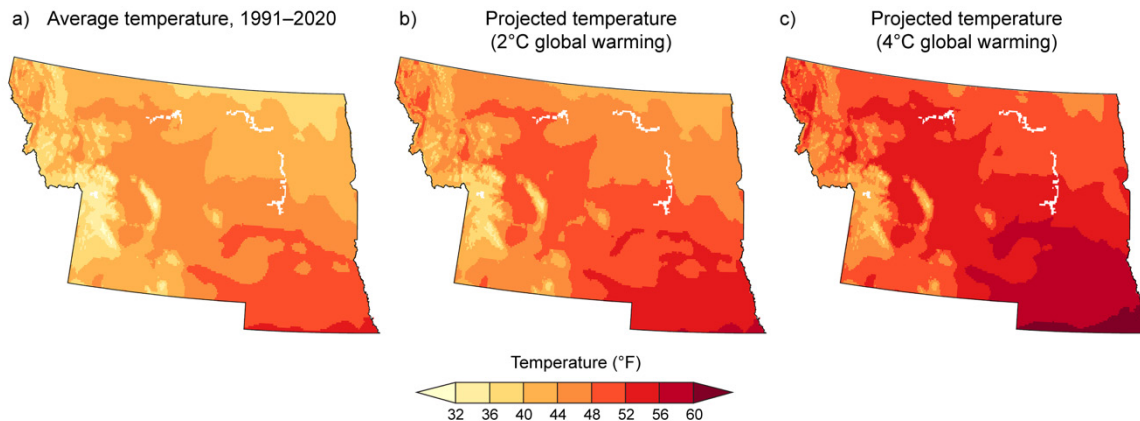
La región de las Grandes Llanuras del Norte está experimentando extremos sin precedentes relacionados con los cambios climáticos, como sequías severas (*probable, confianza alta*), aumento de la frecuencia y el tamaño del granizo (*confianza media*), inundaciones (*muy probable, confianza alta*) e incendios forestales (*probable, confianza alta*). Se prevé que el aumento de las temperaturas en toda la región provoque un incremento de la evapotranspiración (*muy probable, confianza muy alta*), así como una mayor variabilidad de la precipitación (*muy probable, confianza alta*).



## Temperaturas y precipitación

Dada la frecuencia de los eventos extremos y la variabilidad meteorológica en la región, resulta difícil cuantificar las tendencias del cambio climático a largo plazo. Aun así, las tendencias y las proyecciones significativas de la temperatura son claras (Figura 25.3). Desde 1900, la temperatura promedio anual ha aumentado en la región entre 1.6 °F y 2.6 °F, con el mayor incremento en Dakota del Norte y el menor en el sur de Nebraska. El calentamiento se ha producido en todas las estaciones, pero es más pronunciado en invierno. Los veranos han calentado poco en Dakota del Norte, Dakota del Sur y Nebraska. Sin embargo, las noches cálidas (temperatura mínima de 70 °F o más), que antes eran poco frecuentes, se han vuelto más comunes en Montana y Wyoming. La región ha experimentado menos días muy fríos (temperatura máxima de 0 °F o menos) que el promedio a largo plazo (1900–2020) durante varias décadas. Por ejemplo, el número de días muy fríos ha estado por debajo del promedio a largo plazo en Montana desde 1985, en Nebraska desde 1990 y en Wyoming, Dakota del Norte y Dakota del Sur desde 2000<sup>14, 15, 16, 17, 18</sup>. La disminución de la capa de nieve alterará la disponibilidad de agua superficial para el riego y puede aumentar la presión sobre los recursos hídricos subterráneos<sup>3, 19</sup>. La aridez global ha aumentado, y se proyecta que siga haciéndolo, debido al incremento de la evapotranspiración potencial, lo que sugiere que la línea de demarcación entre el este húmedo y el oeste árido, tradicionalmente definida por el meridiano 100, se está desplazando hacia el este<sup>20, 21</sup>.

### Temperatura en las Grandes Llanuras del Norte



**Los gradientes de temperatura se mantendrán con el calentamiento proyectado.**

**Figura 25.3.** Los mapas muestran los promedios de temperatura de 1991-2020 (a) y la temperatura proyectada para un calentamiento global de 2 °C (3.6 °F; b) y 4 °C (7.2 °F; c) por encima de los niveles preindustriales para la región de las Grandes Llanuras del Norte. Los valores actuales y proyectados muestran gradientes de temperatura característicos del Sureste al Noroeste, con implicaciones para los impactos climáticos y la adaptación efectiva. Las zonas blancas son grandes masas de agua. Créditos de la figura: USGS, NOAA NCEI, CISS NC y University of Wyoming. Consulte los metadatos de las figuras para conocer otros colaboradores.

Todos los estados de la región de las Grandes Llanuras del Norte registraron su quinquenio más húmedo entre 1995 y 2019<sup>14, 15, 16, 17, 18</sup>. La precipitación total anual será relativamente estable en toda la región (Figura 4.3), pero se esperan cambios en la forma y la sincronización de la precipitación. Se proyecta que en todas las estaciones, especialmente en primavera, se produzcan precipitaciones más intensas que destaquen la mayor variabilidad proyectada de las precipitaciones (Figura 2.12)<sup>22</sup>. La variabilidad temporal y espacial sigue siendo un factor dominante en la precipitación y la temperatura.

Gran parte de la escorrentía de la región de las Grandes Llanuras del Norte contribuye al río Missouri y, en última instancia, al Golfo de México, pero otras porciones contribuyen a las cuencas del río Columbia, el río Colorado y el río Rojo del Norte. Gran parte del aumento del caudal en Dakota del Norte que se muestra en la Figura 25.4 se produce en la cuenca del río Rojo del Norte y ha impulsado un proyecto de infraestructuras de aproximadamente \$3,200 millones (en dólares de 2022) para desviar el agua de las crecidas alrededor de Fargo (Dakota del Norte) y Moorhead (Minnesota)<sup>23</sup>. La cuenca alta del río Colorado (Colorado, Wyoming, Utah y Nuevo México), cuyas cabeceras se encuentran en la región occidental de las Grandes Llanuras del Norte, lleva 20 años experimentando una intensa sequía. Los caudales en la cuenca alta del río Colorado, que representan aproximadamente el 90 % del caudal de toda la cuenca<sup>24</sup>, han disminuido en los últimos 20 pasados<sup>25, 26</sup>. El aumento de la demanda evaporativa (la pérdida de agua de la superficie terrestre a la atmósfera; Figura 25.5) ha disminuido la eficiencia de la escorrentía, lo que significa que menos lluvia y nieve fundida acaban llegando a los arroyos que alimentan el río Colorado<sup>27</sup>. Los análisis basados en modelos muestran que se espera que el calentamiento continuo reduzca aún más los caudales en la cuenca alta del río Colorado<sup>26</sup>.

### Granizo

La región es propensa a sufrir tormentas de granizo dañinas; el sureste de Wyoming y la parte suroeste del corredor geográfico de Nebraska se encuentran en el “callejón del granizo”, el área más propensa al granizo de Estados Unidos<sup>17, 18</sup>. Los cambios en la humedad en niveles bajos, la inestabilidad convectiva, la altura del nivel de fusión y la cizalladura del viento crearán cambios en la aparición del granizo<sup>28</sup>. De 1979 a 2017, el número de días favorables a granizo significativo (2 pulgadas o más de diámetro) en el centro y el este de Estados Unidos aumentó de 2 a 4 días cada año<sup>29</sup>.

La investigación sobre la respuesta de la convección severa al cambio climático se ha centrado en un escenario muy alto (RCP8.5)<sup>30, 31, 32, 33</sup>. Se proyecta que el tamaño del granizo, la frecuencia de granizo grande y la duración de la temporada de granizo aumenten durante el resto de este siglo en las Grandes Llanuras del Norte<sup>33</sup>. Para 2071-2100, en un escenario muy alto (RCP8.5), las proyecciones para las Grandes Llanuras del Norte muestran un aumento del 27 % en días de granizo de tamaño moderado (0.79-1.4 pulgadas), un aumento del 49 % en días de granizo grande (1.4-2.0 pulgadas) y un aumento del 302 % en días de granizo muy grande (2 pulgadas y más), con aumentos en la cobertura de granizo del 73 %, 157 % y 882 % para granizo moderado, grande y muy grande, respectivamente<sup>33</sup>. Las proyecciones también indican una prolongación de la temporada de granizo<sup>33</sup>. Los mayores aumentos del riesgo de granizo en cualquier lugar de Estados Unidos se dan en esta región y en julio<sup>33</sup>. Las proyecciones para finales de este siglo utilizando el escenario A2 del Informe Especial sobre Escenarios de Emisiones (Special Report on Emissions Scenarios, SRES) (un escenario con un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, similares a las del RCP8.5) indican más días de granizo y un aumento del tamaño potencial, con el correspondiente aumento de la energía cinética acumulada y del potencial de daños<sup>34</sup>. La comparación de las proyecciones de los escenarios intermedio (RCP4.5) y muy alto (RCP8.5) para la convección severa indica que las tendencias proyectadas para RCP4.5 van en la misma dirección con una amplitud menor en comparación con RCP8.5<sup>35</sup>.

### Inundaciones

Los cambios de la precipitación no guardan una relación unívoca con las inundaciones. Son muchos los factores que influyen en las inundaciones, como las condiciones de humedad previas a corto y largo plazos, la presencia de suelos helados, la acumulación de nieve, los eventos de lluvia sobre nieve, las trayectorias de las tormentas y los índices de precipitación<sup>36, 37, 38, 39</sup>.

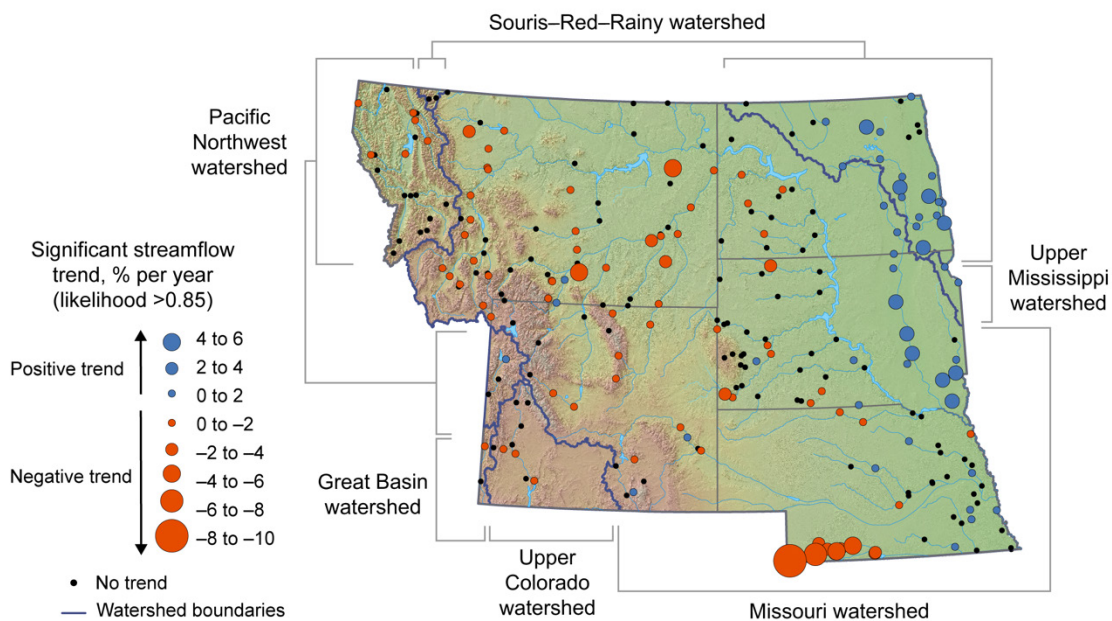
El río Missouri atraviesa 10 estados de los EE. UU. y 28 territorios tribales, y es emblemático de las complejas relaciones intergubernamentales que serán cada vez más importantes con el cambio climático<sup>40</sup>. Las inundaciones récord a lo largo del río Missouri y sus afluentes en 2011 y 2019 provocaron evacuaciones y costaron

miles de millones en daños<sup>41</sup> y provocaron cierres interestatales. Las investigaciones sugieren que las grandes inundaciones recientes se debieron a la variabilidad natural del sistema<sup>42</sup>; sin embargo, las simulaciones de modelos sugieren que el cambio climático reducirá la escorrentía en la cuenca alta del Missouri.

Las tendencias de los caudales máximos anuales, un indicador indirecto de las inundaciones, difieren a lo largo de la divisoria del meridiano 100 (Figura 25.4). Las observaciones muestran que el caudal máximo anual disminuye en el oeste y aumenta en el este<sup>43</sup>. Con pocas excepciones, el este de Dakota es una zona de aumento de los caudales máximos (e inundaciones), mientras que el oeste de Dakota, Montana y Wyoming tienen caudales máximos decrecientes. Con un calentamiento global de entre 2 °C y 4 °C (entre 3.6 °F y 7.2 °F), las Grandes Llanuras del Norte experimentarían uno de los mayores aumentos de los costos anuales de los daños por inundaciones en los EE. UU. contiguos debido al cambio climático<sup>44</sup>.

### Ríos y regiones con recursos hídricos

Trends in annual peak streamflow, 1961–2020



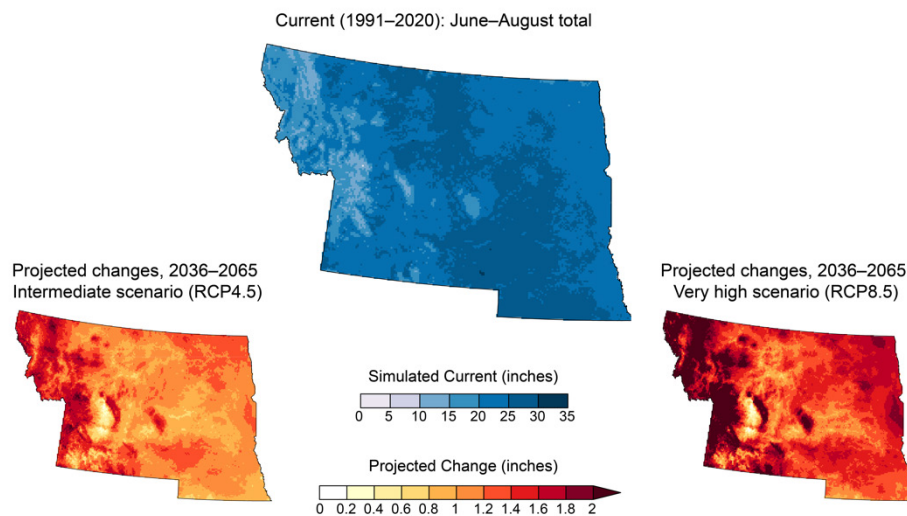
**El caudal máximo anual —un indicador de las inundaciones— ha aumentado en el este de la región y disminuido en el oeste.**

**Figura 25.4.** Este mapa de las regiones de recursos hídricos y de los ríos de la región muestra claras diferencias de este a oeste en las tendencias de los caudales máximos anuales para 1961-2020, expresadas en porcentaje anual, donde el tamaño del punto es relativo al tamaño de la tendencia. Los puntos rojos son tendencias a la baja, y los azules, tendencias al alza. Para reportar los resultados de estas tendencias se utiliza un enfoque basado en la verosimilitud. Cuando se identifica una tendencia, el valor de probabilidad de la tendencia (probabilidad = 1 – p-valor/2) asociado a la tendencia se sitúa entre 0.85 y 1.0. En otras palabras, la probabilidad de que la tendencia se produzca en la dirección especificada es de al menos 85 sobre 100. Los puntos negros más pequeños son lugares para los que había datos suficientes para el análisis de tendencias, pero la probabilidad era inferior a 0.85; es decir, estos lugares no muestran una tendencia sustancial en ninguna dirección. Créditos de la figura: USGS, NOAA NCEI y CISS NC.

## Sequía

Se proyecta un aumento de la sequía en la región, con un incremento de sequías localizadas para 2040 y sequías regionales más generalizadas para 2070, en escenarios intermedio (RCP4.5), alto (RCP6.0) y muy alto (RCP8.5) en modelos climáticos globales húmedos o secos<sup>22, 45</sup>. Después de la precipitación, el componente más importante del balance hídrico es la evapotranspiración, es decir, la transferencia de humedad desde la superficie terrestre y las plantas a la atmósfera<sup>46</sup>. Se espera que el calentamiento proyectado aumente la evapotranspiración (Figura 25.5), lo que puede ocasionar tierras más secas al final de la temporada de crecimiento (Figura 25.6)<sup>47, 48, 49</sup>. La sequía de verano será más probable que la primavera<sup>22, 50</sup>. Múltiples escenarios climáticos futuros indican futuros aumentos de las sequías moderadas, severas y extremas, que se producirán aproximadamente con el 10 % y el 20 % más de frecuencia en 2050 y 2100, respectivamente<sup>45</sup>. Las sequías recientes en la cuenca alta del río Missouri entre 2000 y 2010 fueron las más severas del registro instrumental<sup>51</sup>, y las sequías repentinas son una preocupación creciente<sup>52, 53</sup>.

## Evapotranspiración actual y potencial proyectada

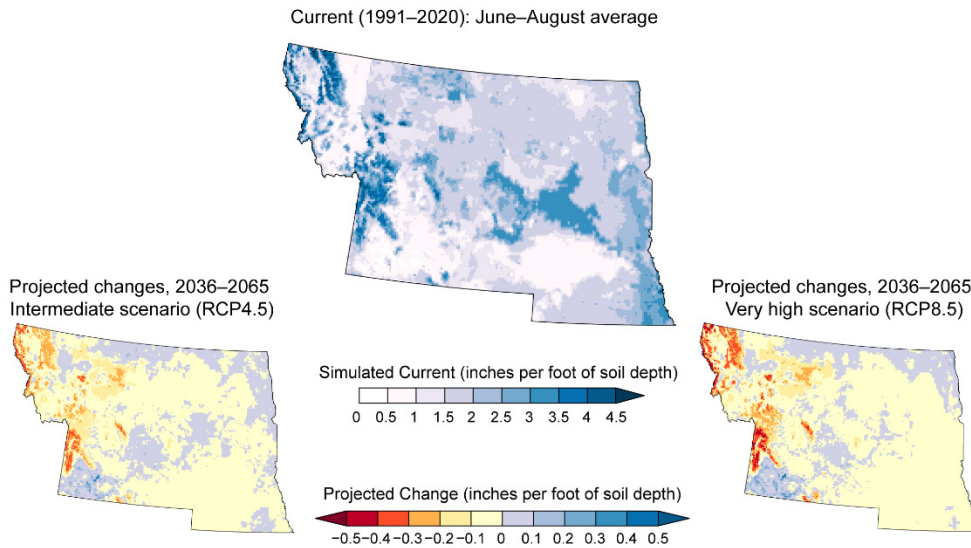


### Se prevé que el calentamiento aumente la evapotranspiración.

**Figura 25.5.** La figura muestra (**centro**) la evapotranspiración actual simulada y su cambio proyectado para los meses de verano en escenarios (**izquierda**) intermedio y (**derecha**) muy alto. Los datos presentados se obtuvieron a partir de modelos de Capacidad de Infiltración Variable impulsados por la fase 5 del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados y métodos de reducción de escala de Análogos Construidos Localizados. Las demandas potenciales de evaporación en los meses de verano (junio, julio y agosto) aumentan regionalmente, especialmente en las zonas occidentales con un cambio climático moderado, y tanto en las zonas occidentales como orientales con un cambio climático severo. El aumento de la evapotranspiración potencial suele provocar una disminución de la humedad superficial del suelo (4 pulgadas de profundidad; Figura 25.6). Créditos de la figura: USDA Forest Service, NOAA NCEI y CISS NC. Consulte los metadatos de las figuras para conocer otros colaboradores.



## Humedad del suelo actual y proyectada



**Es posible que el calentamiento no siempre provoque una disminución de la humedad del suelo que cause estrés hídrico en los cultivos y las plantas naturales.**

**Figura 25.6.** La figura muestra (**centro**) la humedad actual simulada del suelo y su cambio proyectado para los meses de verano en escenarios (**izquierda**) intermedio y (**derecha**) muy alto. Los datos presentados se obtuvieron a partir de modelos de Capacidad de Infiltración Variable impulsados por la fase 5 del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados y métodos de reducción de escala de Análogos Construidos Localizados. Se espera que la humedad del suelo disminuya ligeramente en toda la región en los meses de verano, con los mayores descensos en las cordilleras occidentales de Montana. Se proyecta un aumento en el suroeste de Wyoming en los escenarios intermedio y muy alto. El equivalente en agua de nieve está disminuyendo en las zonas más elevadas de las Grandes Llanuras del Norte (Figura 4.5) y puede contribuir a reducir la humedad del suelo en estas zonas. La disminución de la humedad del suelo puede provocar estrés hídrico en cultivos, bosques y pastizales, reducir el crecimiento de las plantas y aumentar la susceptibilidad de los ecosistemas a los incendios. Créditos de la figura: USDA Forest Service, NOAA NCEI y CISS NC. Consulte los metadatos de las figuras para conocer otros colaboradores.

## Incendios forestales

Impulsado por el aumento de la temperatura y la disminución de la humedad relativa, se proyecta que el potencial de incendios en esta región aumente con el cambio climático futuro (modelo HadCM3-HRM3), especialmente en verano y otoño, con temporadas de incendios cada vez más largas<sup>54</sup>. El aumento de la evapotranspiración y el riesgo de sequía aumentan la probabilidad de que se produzcan grandes incendios<sup>55, 56</sup>. El número de grandes incendios forestales de pastizales en las cuatro ecorregiones de pastizales semiáridos de las Grandes Llanuras del Norte aumentó un 213 %, subiendo de 128 entre 1985 y 1995 a 273 entre 2005 y 2014, y la superficie total quemada aumentó en las ecorregiones occidentales de la región en un 350 %, pero disminuyó en las ecorregiones orientales en un 75 % o más<sup>57</sup>. El número de incendios forestales y la duración de la temporada de incendios aumentaron desde la década de los años 70 del siglo XX hasta inicios del año 2000 en un 889 % y 85 días, respectivamente, en los bosques del oeste de Montana y Wyoming, siendo la mayoría provocados por rayos y no por la actividad humana<sup>58</sup>. Históricamente, la capa de nieve evitaba los incendios forestales invernales y aumentaba las condiciones de humedad del combustible durante el deshielo seguido de las precipitaciones primaverales<sup>59, 60</sup>. Sin embargo, el deshielo a principios de la primavera se ha relacionado con una mayor actividad incendiaria<sup>58</sup>. Entre 1950 y 2010, el número de días con capa de nieve disminuyó en la región<sup>60</sup>, lo que aumentó la actividad de los incendios forestales debido a

combustibles secos, lo que puede provocar cambios en las inundaciones repentinas y el flujo de escombros (Enfoque en los Incendios forestales del Occidente).

## Mensaje clave 25.2

### La salud humana y ecológica enfrentan crecientes amenazas derivadas de peligros relacionados con el clima

Los peligros relacionados con el clima, como la sequía, los incendios forestales y las inundaciones, ya están dañando la salud física, mental y espiritual de los residentes de la región de las Grandes Llanuras del Norte (*prácticamente seguro, confianza alta*), así como la ecología de la región (*muy probable, confianza media*). A medida que el clima siga cambiando, se espera que tenga efectos negativos crecientes y en cascada sobre la salud humana y sobre las tierras, las aguas y las especies de las que dependen las personas (*muy probable, confianza media*).

#### Salud mental

El cambio climático afecta negativamente la salud mental y espiritual de varias maneras (Capítulo 15)<sup>61, 62</sup>. Aunque este problema afecta todo el país, es especialmente relevante en las Grandes Llanuras del Norte, donde tres estados se encuentran entre los 10 con mayores tasas de suicidio per cápita de la nación<sup>63</sup>. Las tasas de suicidio son especialmente elevadas en las poblaciones rurales e indígenas<sup>64</sup>, en parte debido a la lejanía de la asistencia y al número limitado de profesionales de salud mental<sup>65, 66</sup>. Según estudios geográficos, se proyecta que el cambio climático amplifique estos riesgos<sup>67, 68</sup>. La ansiedad climática, también llamada ecoansiedad (sentimiento de fatalidad ante el futuro cambio climático), ya es prominente entre los agricultores y ganaderos de la región<sup>69</sup>. La solastalgia, que es la angustia causada específicamente por el cambio medioambiental cuando aún se está en el entorno familiar<sup>70, 71</sup>, es indicativa de impactos en la salud mental más sutiles, pero potencialmente de mayor alcance. La solastalgia se asocia con mayor frecuencia a las comunidades indígenas, que comparten vínculos ancestrales colectivos con las tierras y los recursos naturales donde viven o vivieron antes y que están inextricablemente ligados a sus identidades, culturas y medios de subsistencia, así como a su bienestar físico y espiritual<sup>72</sup>. Sin embargo, la solastalgia también puede afectar a otras personas vinculadas a la tierra, como ganaderos y agricultores<sup>73</sup>.

Impactos directos como pérdida de cosechas, aumento de enfermedades y pérdida de biodiversidad pueden conducir a una mayor pérdida de los conocimientos tradicionales y del idioma, lo que influye aún más en la salud mental de los pueblos indígenas<sup>61, 74</sup>. La desesperación relacionada con la pérdida de salud medioambiental, cultural y humana está muy extendida entre los ancianos de la Tribu Crow, lo que afecta negativamente la salud mental y espiritual, y se ve exacerbada por la sensación de incapacidad para abordar las causas profundas del cambio climático<sup>75, 76</sup>.

#### Salud física

El cambio climático impacta de diversas maneras la salud física de los habitantes de la región. Se proyecta un aumento de los incendios forestales en la región (KM 25.1), con las consiguientes consecuencias para la salud y la propiedad (Capítulos 14, 15; Enfoque en los Incendios forestales del Occidente)<sup>61</sup>. Un estudio sugiere que, aunque el número total de muertes prematuras atribuibles al humo de los incendios forestales es mayor en los estados con mayor densidad de población, Montana tiene la mayor tasa per cápita de este tipo de muertes del país<sup>77</sup>. Además, el calor es responsable de más muertes relacionadas con el clima que

cualquier otro factor en Estados Unidos<sup>78</sup>. Aunque la región de las Grandes Llanuras del Norte carece de los aumentos extremos de temperatura experimentados en algunas otras regiones, los habitantes de esta región siguen estando en riesgo dado el gran número de trabajadores y recreacionistas que trabajan al aire libre<sup>79</sup>. Se espera que el aumento de las temperaturas, así como otros impactos climáticos, incrementen el riesgo de algunas enfermedades transmitidas por vectores, como el virus del Nilo Occidental<sup>80, 81, 82</sup>. Los patrones de riesgo de inundaciones en Estados Unidos son desiguales por condados y algunos de los condados de esta región están en mayor riesgo, incluidos algunos que abarcan reservas tribales o son adyacentes a ellas<sup>83</sup>. Se espera que los cambios en la precipitación y el aumento de las inundaciones (KM 25.1) aumenten el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua, tales como la infección por *Campylobacter*<sup>84</sup>.

### **Impactos combinados de los eventos climáticos sobre la salud**

Con frecuencia, las múltiples presiones climáticas actúan de forma simultánea, lo que agrava las consecuencias para la salud (Capítulo 15)<sup>61, 85, 86</sup>. Los impactos de las inundaciones resultantes de un deshielo más temprano combinado con eventos de precipitación más intensos pueden empeorar por la pérdida de cobertura del suelo debido a incendios forestales pasados<sup>87</sup>, lo que pone a las personas en riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua, traumas y mayores problemas de salud mental, así como pérdidas económicas. Los incendios forestales son más frecuentes durante los meses más calurosos, cuando la sequía es más común<sup>55, 56</sup>, exponiendo a la población a riesgos y estrés agravados por el humo, el calor y la mala calidad del agua<sup>88, 89</sup>.

### **Salud ecológica**

#### **Calidad del agua**

Los aportes excesivos de nutrientes, como el nitrógeno y el fósforo procedentes de la escorrentía agrícola o de fuentes puntuales como las plantas de tratamiento de aguas residuales, pueden causar problemas de calidad del agua, que se espera que se agraven con el cambio climático<sup>90, 91</sup>. Las cargas de nutrientes (la cantidad total de un nutriente transportado más allá de un solo lugar durante un período determinado) pueden aumentar después de las sequías, cuando los sedimentos son arrastrados en eventos de escorrentía posteriores<sup>92</sup>. La escorrentía de nutrientes de las tierras agrícolas aumenta después de fuertes lluvias y contribuye a la proliferación de algas nocivas y al transporte de nutrientes al Golfo de México (KM 25.5)<sup>93, 94, 95</sup>. El cambio climático se considera desde hace mucho tiempo un factor impulsor de la proliferación de algas nocivas<sup>96</sup>; el apoyo de estas hipótesis con observaciones ha sido un reto debido a brechas en el monitoreo, falta de datos a largo plazo sobre las algas y cambios en los métodos de laboratorio y de detección remota<sup>97, 98</sup>.

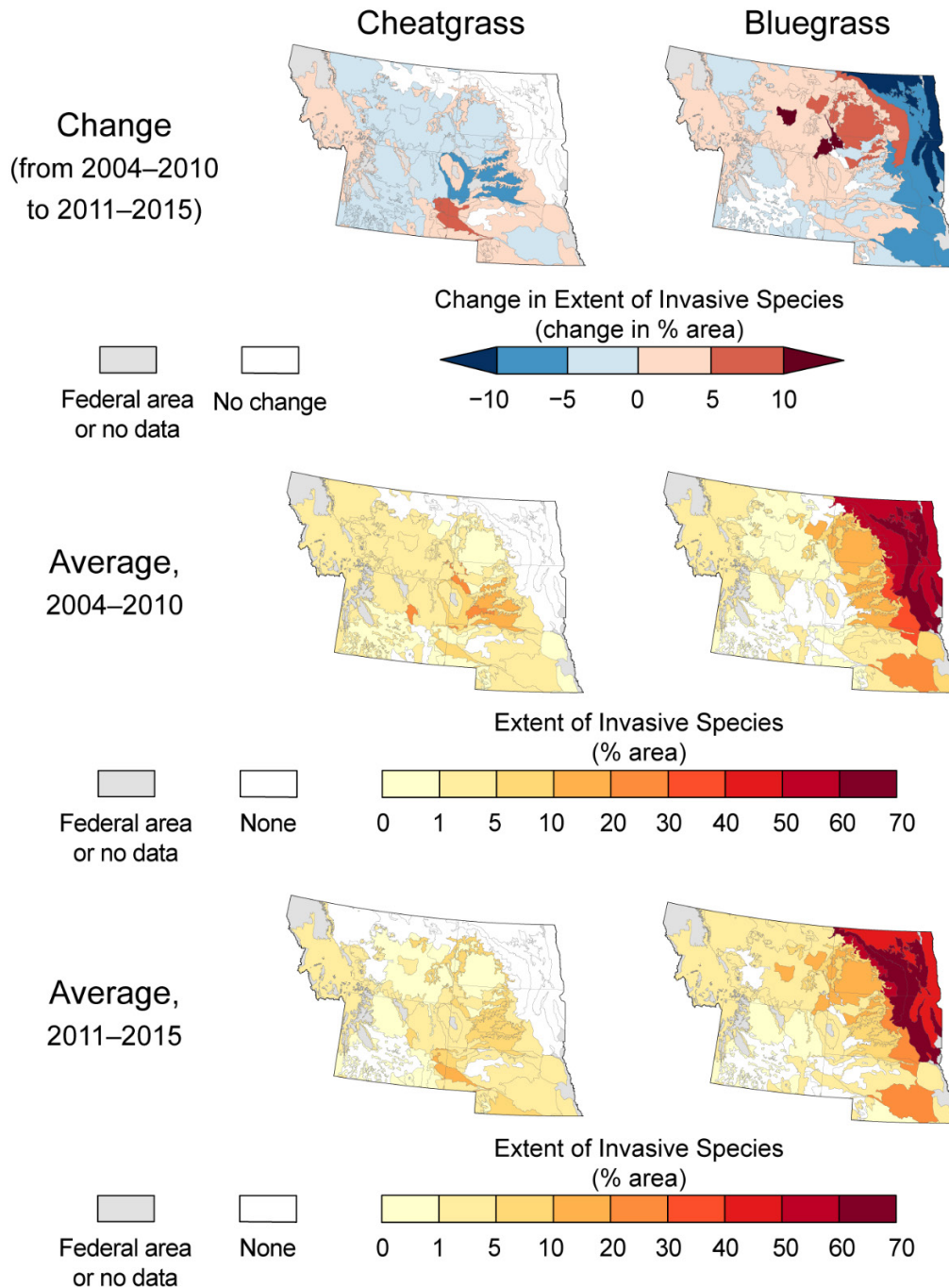
#### **Impactos en cascada de la pérdida de biodiversidad**

El cambio climático agrava las amenazas existentes para la biodiversidad (Capítulo 8). En las Grandes Llanuras del Norte, la conversión de pastizales perennes en monocultivos de cultivos anuales provoca una pérdida de biodiversidad<sup>99</sup>. Las especies invasoras también contribuyen a la pérdida de biodiversidad en la región<sup>100, 101</sup>, y las especies invasoras más preocupantes varían de este a oeste (Figura 25.7). La región es un punto de atención para la diversidad de aves de pastizales y abarca toda la zona de reproducción de muchas de las especies más vulnerables<sup>102, 103</sup>; según las proyecciones, en un escenario con un calentamiento de 5.4 °F (3.0 °C) por encima de los niveles preindustriales, más del 80 % de las especies de aves de pastizales serán vulnerables a las amenazas relacionadas con el clima durante la época de cría<sup>104</sup>. Tanto los polinizadores nativos como las abejas melíferas son componentes importantes de los ecosistemas de la región. La región sustenta aproximadamente el 40 % de las colonias de abejas melíferas de los EE. UU. en verano<sup>105</sup>. En los últimos 15 años, los polinizadores han experimentado un declive<sup>106</sup>. Aunque no están directamente relacionados con el cambio climático, los cambios en los patrones de uso de la tierra relacionados con las políticas

de biocombustibles y la pérdida de tierras del Programa de Reservas de Conservación (Conservation Reserve Program, CRP) están contribuyendo potencialmente a estos descensos<sup>105, 107</sup>. El CRP paga a los agricultores por retirar tierras marginales de la producción agrícola durante 10 años y plantar cubiertas perennes para reducir la erosión del suelo y proporcionar otros beneficios al ecosistema. Sin embargo, modelos recientes indican que la selección del lugar de plantación de las tierras del CRP en el paisaje podría mejorar los beneficios para los polinizadores<sup>108</sup>. Por último, los gerentes de recursos naturales han identificado una serie de estrategias de gestión para ayudar a reducir la pérdida de biodiversidad ante el cambio climático, pero para muchos taxones y comunidades ecológicas aún existen brechas de conocimiento<sup>109, 110</sup>.



### Las especies invasoras como bioindicadores del estado ecológico



### Las gramíneas invasoras de las estaciones frías están reduciendo la biodiversidad en las Grandes Llanuras del Norte.

**Figura 25.7.** La superficie de la región de las Grandes Llanuras del Norte en la que al menos el 50 % del suelo está cubierto por dos especies vegetales invasoras representativas: la espiguilla (*Bromus tectorum*; izquierda) en la parte occidental de la región y la poa anual de Kentucky o Canadá (*Poa pratensis* o *Poa compressa*; derecha) en la parte oriental de la región. El gráfico muestra la superficie de 2004-2010 (centro) y 2011-2015 (parte inferior), así como el cambio en la extensión de la invasión entre esos dos períodos (arriba). Estas gramíneas invasoras ya suponen una amenaza para la biodiversidad de la región y se predice que el cambio climático aumente los retos que plantean las especies invasoras para esta región. Créditos de las figuras: (centro izquierda, abajo izquierda, centro derecha, abajo derecha) adaptado de NRCS 2018<sup>111</sup>; (arriba a la izquierda, arriba a la derecha), The Nature Conservancy, NOAA NCEI y CISESS NC.

## Mensaje clave 25.3

### Los medios de subsistencia basados en los recursos y la tierra están en riesgo

La región de las Grandes Llanuras del Norte depende en gran medida de la agricultura y de las economías basadas en los recursos, lo que pone en riesgo a los medios de subsistencia por los impactos del cambio climático y las políticas conexas. La agricultura y la recreación experimentarán algunos efectos positivos, pero sobre todo efectos negativos relacionados con el cambio de los regímenes de temperatura y precipitación (*probable, confianza media*). Los medios de subsistencia del sector energético se verán afectados a medida que las políticas de reducción de emisiones impulsen el abandono de las fuentes de combustibles fósiles (*probable, confianza alta*). Se prevé que el cambio climático ponga a prueba la capacidad de adaptación de los residentes de la región, en particular de las poblaciones rurales, indígenas e inmigrantes con bajos ingresos (*probable, confianza media*).

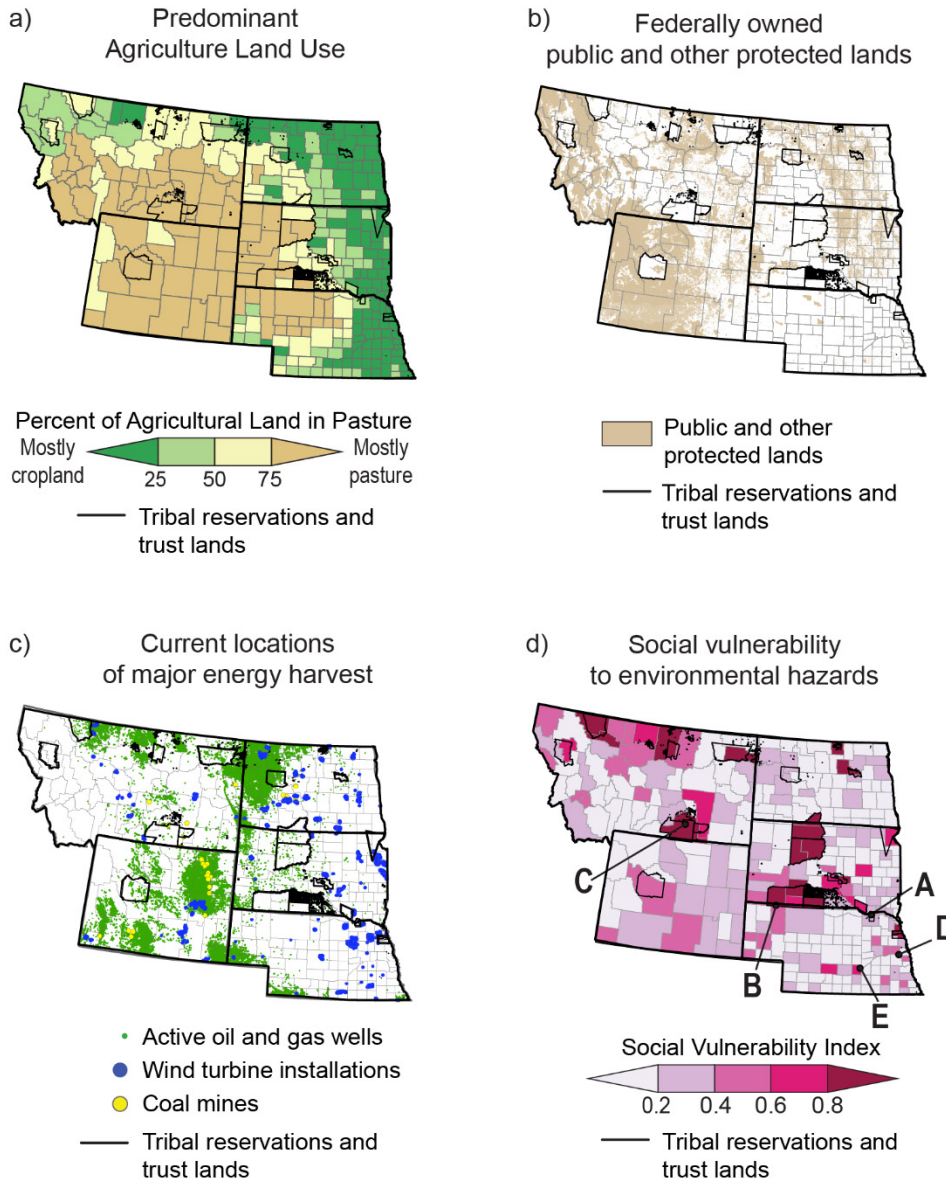
#### Alimentación y agricultura

La agricultura (referida a todas las formas de producción agrícola, incluidas las explotaciones ganaderas) representa el 6 % de los ingresos totales de la región, frente al 0.4 % de los ingresos totales a escala nacional<sup>112</sup>. Aunque las temporadas de cultivo y los períodos sin heladas se están alargando<sup>113, 114</sup>, otros factores pueden dificultar la producción de cultivos<sup>49</sup>. Se anticipan impactos negativos en el rendimiento de los cultivos por el aumento de las temperaturas, que incrementan el potencial de estrés por calor y humedad durante los períodos reproductivos, así como el potencial de aumento de la competencia de la maleza y la expansión de las plagas<sup>3</sup>. A pesar de que la agricultura de cultivos en hilera se da generalmente donde se produce una mayor precipitación promedio anual (Figuras 25.2, 25.8a), los agricultores están expandiendo e intensificando las tierras de cultivo en tierras menos productivas de la región<sup>99, 115, 116</sup> a medida que el cambio climático altera las condiciones de cultivo. Aunque la disminución del rendimiento de los cultivos debido al aumento de la evapotranspiración puede verse compensada en cierta medida por las tendencias de la humedad del suelo, se proyecta que esta disminuya levemente con carácter anual en gran parte de la región (KM 25.1)<sup>117, 118</sup>. Se espera que los cultivos de invernada, como el trigo de invierno, se beneficien de una menor exposición a los días de helada bajo el cambio climático, pero el menor aislamiento del suelo debido a la disminución de la capa de nieve puede contrarrestar parte de esta ganancia<sup>119</sup>. Además, se espera que las mayores concentraciones de dióxido de carbono beneficien la productividad de muchos cultivos<sup>120</sup>.

El efecto neto del cambio climático sobre el rendimiento de determinados cultivos es incierto y dependerá de la interacción de los efectos de la temperatura, la humedad, el dióxido de carbono y el ozono, así como de la adaptación mediante cambios en los cultivos, la combinación de cultivos y las prácticas de gestión<sup>120, 121, 122</sup>. Por ejemplo, en el Plan de Gestión de Recursos Agrícolas (Agricultural Resource Management Plan, ARMP) de los Blackfeet de 2022, el cambio climático estaba como uno de los principales desafíos para la agricultura en tierras secas y de regadío, debido al deshielo más temprano, al aumento de la evapotranspiración y a la menor disponibilidad de agua para el riego. Los recientes eventos extremos indican posibles impactos futuros en los medios de subsistencia de las personas a lo largo de toda la cadena de valor agrícola<sup>123</sup>. El cambio climático impacta negativamente la capacidad de las comunidades indígenas de la región para cultivar y utilizar alimentos, medicinas y plantas tradicionales debido a los movimientos de las especies y a los cambios en las estaciones de cultivo y recolección. Dos ejemplos significativos son los nabos silvestres y las cerezas de Lakota<sup>124, 125</sup>. En 2017, las temperaturas superiores a las normales de finales de verano y otoño retrasaron la cosecha de bayas y plantas medicinales<sup>126</sup>.

La productividad de los pastizales de las Grandes Llanuras del Norte puede verse menos perjudicada por el cambio climático que en otras regiones productoras de ganado<sup>127, 128</sup>. Se proyecta que el aumento de las temperaturas y de los niveles de dióxido de carbono incremente la duración de la estación de crecimiento y la asimilación de carbono por las plantas, lo que aumenta la productividad primaria neta sobre el suelo (carbono atmosférico convertido en materia vegetal sobre el suelo)<sup>129, 130, 131</sup>, pero disminuye la calidad nutricional<sup>132, 133</sup>. Sin embargo, la limitación de agua inducida por la sequía produciría la respuesta opuesta, al reducir la producción de biomasa, concentrar los nutrientes y mejorar la calidad del forraje<sup>134</sup>. Mientras que la parte norte de la región podría experimentar excedentes de forraje más frecuentes en escenarios intermedio (RCP4.5) y muy alto (RCP8.5), la parte sur de la región (p. ej., Nebraska) podría experimentar déficits de forraje más frecuentes<sup>1</sup>. Los años de sequía han tenido un menor impacto en el número de cabezas de ganado en las Grandes Llanuras del Norte que en otras regiones<sup>135</sup> y las sequías de un solo año solo han impactado mínimamente la gestión o los medios de subsistencia<sup>136</sup>. Sin embargo, los ganaderos se enfrentan a retos cada vez mayores en la gestión de la salud del ganado debido a estrés térmico, parásitos y patógenos, así como en la gestión de los cambios en las especies forrajeras, incluida la maleza invasora<sup>137, 138</sup>. Los productores tribales pueden ser más vulnerables a estos factores de estrés, ya que tienden a explotar granjas agrícolas y ganaderas más pequeñas en tierras de propiedad muy fraccionada, en comparación con los productores no indígenas<sup>139</sup>. Aunque en general la producción ganadera se ha desplazado hacia el norte<sup>1</sup>, existen en la región otros factores de estrés para los medios de subsistencia basados en los pastizales, como la conversión a tierras de cultivo<sup>140</sup> y las tendencias de concentración de la propiedad de la tierra<sup>141, 142, 143</sup>.

## Geografía del uso de la tierra y vulnerabilidad social



**La región de las Grandes Llanuras del Norte muestra amplias variaciones geográficas en el uso de la tierra y la vulnerabilidad social.**

**Figura 25.8.** La figura muestra la geografía de los medios de subsistencia y las vulnerabilidades basadas en los recursos y la tierra. Las reservas tribales y las tierras en fideicomiso aparecen en todos los mapas. El panel (a) muestra el uso predominante de las tierras agrícolas de cada condado como pastos o tierras de cultivo. Los pastos son comunes en gran parte de la región, mientras que las tierras de cultivo predominan en la parte oriental. El panel (b) muestra las tierras públicas de propiedad federal, incluidas las gestionadas por el Servicio de Parques Nacionales, la Oficina de Gestión de Tierras, la Oficina de Reclamación, el Servicio Forestal de Estados Unidos, el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos, el Departamento de Defensa, el Departamento de Energía y otras agencias federales. Además de las tierras públicas, también se incluyen las zonas protegidas privadas facilitadas voluntariamente a la base de datos, pero constituyen una minoría muy pequeña de la superficie total de tierras públicas y otras tierras protegidas. La cantidad de tierras públicas de propiedad federal aumenta en la parte occidental de la región, más árida. El panel (c) muestra la ubicación de las principales fuentes de energía de la región. En toda la región hay minas de carbón de superficie, pozos de petróleo y gas e instalaciones de turbinas eólicas. El panel (d) muestra las puntuaciones del Índice de Vulnerabilidad Social (Social Vulnerability Index, SoVI)



de condados, donde las puntuaciones más altas, cercanas a 1, indican niveles más altos de vulnerabilidad social a los peligros medioambientales<sup>144</sup>. Las letras mayúsculas en el panel (d) muestran ubicaciones de eventos climáticos extremos recientes destacados en la sección “Infraestructura comunitaria y calidad de vida” más abajo (A, D y E destacan ejemplos de impactos de inundaciones, B destaca daños por tormentas y C proporciona un ejemplo de impactos de sequías). Créditos de la figura: University of Nebraska, USDA Forest Service, NOAA NCEly CISESS NC.

### Turismo y recreación

Las tierras públicas y privadas de la región proporcionan ingresos por turismo, así como beneficios para la calidad de vida de los residentes (Figura 25.8b)<sup>145, 146</sup>. Se espera que las tendencias y los eventos extremos relacionados con el clima afecten los servicios ecosistémicos, la vida silvestre y el turismo, con los consiguientes impactos económicos<sup>147, 148</sup>. La muerte de peces en el río Yellowstone se atribuye al aumento de las temperaturas en agosto de 2016, lo que provocó el cierre del río a la pesca y otros usos y disminuyó los ingresos de empresas locales y regionales<sup>149</sup>. Las actividades basadas en el agua son especialmente vulnerables a la sequía y se enfrentan a mayores conflictos con otros usos del agua<sup>150</sup>. En 2017, Montana perdió aproximadamente 800,000 visitantes y \$289 millones (en dólares de 2022) de ingresos relacionados con el turismo y la recreación debido a la sequía<sup>151</sup>. Los visitantes también redujeron sus estancias debido al humo y a los incendios<sup>150</sup>. Las temperaturas invernales más cálidas de las décadas recientes se correlacionan con los brotes del escarabajo del pino de montaña en el oeste de Montana, pero no se correlacionaron significativamente con los brotes del escarabajo del pino de montaña en otros bosques de la región, como las Colinas Negras<sup>152</sup>. Una sequía en 2017 disminuyó las poblaciones de faisanes, lo que afectó los ingresos del turismo; su impacto en las poblaciones de vida silvestre también redujo las oportunidades de caza con guía tribal y puede haber afectado la competitividad de las plantas de importancia cultural<sup>126</sup>. Se espera que disminuya la duración de las temporadas de deportes de invierno<sup>153</sup> y, por tanto, afecte negativamente las economías recreativas de Montana, Wyoming y Dakota del Sur<sup>154</sup>. Sin embargo, puede que mejoren las oportunidades de recreación en primavera y otoño y que se produzcan impactos tanto positivos como negativos en las actividades basadas en la vida silvestre<sup>150</sup>.

### Energía

Los ingresos energéticos de la región financian servicios locales, infraestructuras y beneficios que incluyen pagos per cápita para algunos miembros de las tribus<sup>155</sup>. Los ingresos energéticos también pueden crear riesgos en la región derivados de la volatilidad de los ingresos a corto plazo y la dependencia a largo plazo<sup>156</sup>. La región cuenta con un gran número de pozos de petróleo y gas, numerosas minas de carbón a cielo abierto y cada vez más instalaciones de turbinas eólicas (Figura 25.8c). La proporción de empleados de la región que trabajan en la extracción de combustibles fósiles es cuatro veces mayor (1.8 % de todos los empleos) que en el conjunto de la nación (0.4 % de todos los empleos)<sup>5</sup>. Los medios de subsistencia relacionados con la energía se ven afectados por el cambio climático debido a los cambios en la generación, transmisión y consumo de energía, así como a los cambios en la demanda de determinados tipos de fuentes de energía.

Se espera que los impactos del cambio climático y los esfuerzos de mitigación cambien estacionalmente la demanda de energía en las Grandes Llanuras del Norte. Se prevé que el aumento de las temperaturas estivales y las olas de calor incrementen la demanda de energía en las Grandes Llanuras del Norte y en todo el país, mientras que en la región se espera que el aumento de las temperaturas invernales y la disminución de las olas de frío reduzcan la demanda de energía para calefacción (Capítulo 5)<sup>157, 158</sup>. El aumento de la demanda de energía externa de la región supondrá un aumento de la demanda de recursos energéticos regionales y del suministro de electricidad<sup>159</sup>. Una menor demanda de electricidad en invierno podría reducir los costos energéticos anuales de los hogares de la región<sup>157</sup>, pero el aumento de la electrificación de la red puede aumentar los costos para los contribuyentes de servicios públicos a medida que disminuye el uso del

gas natural<sup>160</sup>. Por último, el cambio climático, y en especial los eventos climáticos extremos, también puede ejercer presión sobre las infraestructuras energéticas (p. ej., ferrocarriles, oleoductos, líneas de distribución, líneas de transmisión, etc.; Capítulo 5)<sup>161, 162</sup>.

Los medios de subsistencia relacionados con la energía también se ven afectados por los cambios en el tipo de energía cosechada. La extracción y la generación de energía en la región responden a factores externos de mercado y políticos<sup>163, 164, 165</sup>. Por ejemplo, la extracción de carbón ha disminuido desde 2011 debido a la normativa sobre calidad del aire, a la competencia con el gas natural y las energías renovables de menor costo y a la política climática de estados y compañías de servicios públicos externos a la región<sup>155</sup>. Las comunidades tribales y otras comunidades rurales que dependen de la extracción de carbón para obtener ingresos y puestos de trabajo han experimentado pérdidas en ambos sentidos a medida que los mercados se alejan de estos recursos<sup>166</sup>. La política de transición energética es heterogénea a nivel estatal, y los estados de la región han realizado esfuerzos para proteger los activos de carbón en vez de ayudar a las comunidades en la transición del carbón<sup>155, 167, 168</sup>. En respuesta a la demanda de petróleo y gas, las comunidades dedicadas a la extracción de petróleo y gas natural en la región de las Grandes Llanuras del Norte crecieron más rápidamente que el promedio regional (14 % frente a 6 %)⁸, y se espera que la extracción de petróleo y gas natural se mantenga en los niveles actuales o cerca de ellos hasta 2030<sup>169</sup>. La producción de energía renovable está aumentando en las Grandes Llanuras del Norte, y la región suministra el 12 % de la generación total de electricidad de los EE. UU. a partir de fuentes eólicas, de biomasa y solares<sup>163, 170</sup>. La generación de electricidad eólica se triplicó en la región entre 2011 y 2021 y, a menudo, se ubicó junto a la agricultura de cultivos en hilera (Figura 25.8)<sup>159, 170</sup>. Un número creciente de entidades tribales están liderando la transición energética del país mediante la instalación de proyectos de energías renovables, como la Reserva India de Pine Ridge en Dakota del Sur (solar), la autoridad energética Oceti Sakowin (eólica) y las Tribus Confederadas Salish y Kootenai en Montana (hidroeléctrica)<sup>171, 172, 173</sup>. Se espera que la Ley de Reducción de la Inflación (Inflation Reduction Act, IRA) de 2022 acelere el despliegue de las fuentes de energía renovables<sup>169</sup>, y la región podría beneficiarse de las inversiones en centros de hidrógeno, captura, utilización y almacenamiento de carbono y reactores nucleares avanzados (Capítulo 5)<sup>174</sup>. Sin la IRA y otras políticas de mitigación del cambio climático, se espera que la energía adicional producida por las nuevas fuentes de energía renovables solo cubra el aumento de la demanda energética en 2050, en vez de sustituir los niveles de uso actuales de petróleo y gas natural<sup>163</sup>.

### **Infraestructuras comunitarias y calidad de vida**

Las tierras, los gobiernos y los pueblos tribales forman parte integral de los sectores de la energía, la agricultura y la recreación. La población inmigrante está vinculada a la agricultura de la región por su papel en las industrias cárnica, láctea y otras industrias clave. Estas comunidades se enfrentan a la vulnerabilidad social de los daños derivados de los peligros medioambientales (Figura 25.8d). Las comunidades de toda la región han experimentado daños en infraestructuras, empresas, viviendas y medios de subsistencia debido a eventos extremos, como sequías (2017, 2021), granizadas (2018), inundaciones (2019, 2022) e incendios forestales (2021)<sup>41</sup>. Por ejemplo, después de las inundaciones de Nebraska de 2019, los impactos a nivel comunitario incluyeron daños a los hogares, falta de servicios de agua y saneamiento y mayores niveles de ansiedad y estrés<sup>175</sup>. El efecto de las inundaciones en la Tribu Santee Sioux incluyó interrupciones del suministro eléctrico y de agua potable, atascos de aguas residuales y destrucción de muchos puentes y edificios (Figura 25.8d, punto A)<sup>176</sup>.

Los futuros eventos extremos afectarán de forma desproporcionada las comunidades de la región de las Grandes Llanuras del Norte que son más expuestas y sensibles a los peligros y con menos recursos para prepararse, responder y adaptarse que las grandes ciudades<sup>12</sup>. Por ejemplo, dos tormentas dañaron casi 600 viviendas en la Reserva India de Pine Ridge en julio de 2018, la mitad de las cuales no habían sido reparadas un año después (Figura 25.8d, punto B). En 2019, la región experimentó inundaciones generalizadas que

dejaron carreteras dañadas<sup>177</sup> y a muchos residentes varados, sin acceso a las necesidades básicas. Muchas comunidades quedaron desconectadas de las principales autopistas y las reparaciones de las infraestructuras siguen en curso. En los años de sequía, las comunidades que dependen de las aguas superficiales, como las de la Reserva Crow, ven cómo los recursos hídricos y las opciones de adaptación son cada vez más escasos (Figura 25.8d, punto C)<sup>166</sup>.

La falta de infraestructuras resilientes combinada con los impactos climáticos regionales ha creado una inseguridad hídrica extrema para las comunidades indígenas<sup>178</sup>. En la región, se necesitarían \$159 millones (en dólares de 2022) para que 175 comunidades tribales tengan acceso al alcantarillado o al agua. Además, en la región hay más de 18,000 viviendas que necesitan reparaciones de saneamiento (agua y alcantarillado)<sup>179</sup>.

Por último, los residentes de la región que viven en viviendas o lugares vulnerables se enfrentan a posibles daños debido al cambio climático. Los estados de la región tienen un mayor porcentaje de casas móviles y prefabricadas (p. ej., el 12.3 % en Wyoming y el 10.4 % en Montana) en comparación con el promedio del país (5.5 %)<sup>8</sup>. Las casas móviles y prefabricadas son físicamente más vulnerables al calor extremo, las inundaciones y los incendios forestales, lo que agrava el impacto de los desastres<sup>180</sup>. Las viviendas situadas en terrenos inundables están ocupadas de forma desproporcionada por inquilinos y poblaciones no blancas. En Nebraska, los residentes hispanos están excesivamente representados en terrenos inundables (18 % frente al 9 % de los residentes en terrenos no inundables)<sup>181</sup>, lo que resultó en impactos desproporcionados a su seguridad de vivienda durante las inundaciones de 2019 en áreas como Fremont y Grand Island, Nebraska (Figura 25.8d, puntos D y E).

### Mensaje clave 25.4

#### La lucha contra el cambio climático involucra concesiones mutuas complejas y tensiones

El cambio climático está creando nuevas tensiones y concesiones mutuas entre el uso de la tierra, la disponibilidad de agua, los servicios ecosistémicos y otras consideraciones en la región, y exacerbando las ya existentes, lo que conduce a decisiones que se espera beneficien a unos y perjudiquen a otros (*confianza muy alta*). Los tomadores de decisiones se enfrentan a un panorama complicado de cambios demográficos, tensiones políticas y normativas y obstáculos a la acción (*confianza alta*). Los responsables de la toma de decisiones se enfrentan a un panorama complicado de cambios demográficos, tensiones políticas y normativas y obstáculos a la acción (*confianza alta*). Los cambios en los promedios, los extremos y la estacionalidad de las temperaturas y las precipitaciones alterarán la productividad de las tierras de labor, lo que provocará cambios en el uso de la tierra hacia cultivos alternativos o su conversión en pastizales (*probable, confianza media*). Los cambios en la demanda, la producción y la política energética modificarán las necesidades de uso de la tierra para infraestructuras energéticas (*probable, confianza media*).

Las comunidades de la región de las Grandes Llanuras del Norte experimentan tensiones y concesiones mutuas complejas entre el uso de la tierra, la disponibilidad de agua, los servicios ecosistémicos y otros factores, todo ello exacerbado por los impactos del cambio climático. Por ejemplo, el aumento de las temperaturas y la prolongación de la temporada de cultivo hacen que la región sea atractiva para las migraciones humanas provocadas por el clima<sup>9</sup> y el aumento de la producción forrajera<sup>1</sup>, que, a su vez, aumentan la

demanda de recursos hídricos. Sin embargo, los cambios en las precipitaciones y la reducción de la capa de nieve alterarán la cantidad y la sincronización del agua disponible<sup>60</sup>. Estas tensiones culminan en decisiones difíciles sobre la mejor manera de gestionar la cantidad y la calidad del agua y de equilibrar las concesiones mutuas entre usos consuntivos y ecológicos. El Capítulo 18 destaca los marcos para comprender los sistemas complejos, los efectos en cascada y la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre.

### ***Tensiones: Navegando barreras para la mitigación y la adaptación***

Los tomadores de decisiones son cada vez más conscientes de los impactos actuales y proyectados del cambio climático y las comunidades intentan adaptarse y mitigarlos. Sin embargo, existen barreras culturales, estructurales e institucionales que impiden una actuación efectiva en la región de las Grandes Llanuras del Norte. Los estados de la región dependen actualmente de las economías basadas en los combustibles fósiles, lo que crea resistencia a la transición energética y a la diversificación económica<sup>155, 156, 182</sup>. Por ejemplo, Wyoming ha aprobado leyes destinadas a obstaculizar el retiro de las centrales de carbón y a garantizar un mercado continuo para la generación de este mineral<sup>167</sup>. Otros ejemplos de barreras incluyen un menor financiamiento de la investigación que otras regiones<sup>183</sup>, menor capacidad de adaptación (Recuadro 25.1), distintas percepciones del cambio climático<sup>184</sup> y un conjunto confuso, y en ocasiones contradictorio, de normativas y derechos sobre el agua en torno al almacenamiento de aguas superficiales (p. ej., la implementación de presas artificiales de castores para retener el agua en el paisaje)<sup>185, 186</sup>. Estos factores limitan la planificación de la transición y socavan la resiliencia de las comunidades<sup>168</sup>.

La integración del cambio climático en los estándares de educación científica desde kínder hasta 12.º grado (K-12) en la región de las Grandes Llanuras del Norte varía en gran medida, y varios estados de la región no logran vincular actividades humanas con el cambio climático<sup>187</sup>. La aceptación del vínculo humano con el cambio climático es inferior al promedio nacional entre los adultos de la región de las Grandes Llanuras del Norte, siendo especialmente baja entre los productores agrícolas y los grupos de interés agrícolas<sup>188, 189</sup>. Esta falta de aceptación destaca los obstáculos para la comprensión colectiva y la respuesta al cambio climático en la región y se corresponde con una base de evidencia más sólida para las acciones que enfatizan la adaptación y la resiliencia en vez de la mitigación (KM 25.5).

Los impactos de la transición hacia el abandono de los combustibles fósiles en el empleo, los ingresos y los beneficios públicos variarán según la geografía<sup>190, 191</sup>. La disminución de la demanda de carbón ha tenido, y seguirá teniendo, impactos negativos en los estados y comunidades rurales dependientes del carbón, como los condados de Rosebud y Big Horn en Montana<sup>155, 156, 192</sup>. Las ganancias de ingresos públicos derivadas de las energías renovables podrían ser sustanciales pero desiguales, reflejando tanto el impacto de la ubicación de las instalaciones en las oportunidades económicas regionales como los impactos de la política fiscal en la capacidad de los gobiernos estatales y locales para captar y retener ingresos fiscales<sup>155, 193, 194</sup>. Específicamente, la fiscalidad estatal y los límites de gasto impiden a los gobiernos generar ingresos a partir de un crecimiento económico diversificado<sup>195</sup>, los incentivos fiscales diseñados para reducir los costos de los proyectos de energías renovables pueden socavar los beneficios de una transición energética<sup>196</sup>. Las comunidades tribales de esta región también se enfrentan a obstáculos para desarrollar y beneficiarse de las energías renovables en tierras tribales, como la dependencia de las agencias federales para la concesión de permisos, el acceso limitado al financiamiento privado y la imposibilidad de acceder a incentivos federales, lo que hace menos atractiva la inversión privada en tierras tribales<sup>197, 198</sup>. Los tomadores de decisiones y las comunidades de la región han incrementado sus esfuerzos para incorporar múltiples valores y formas de conocimiento (p. ej., conocimiento indígena, experiencia local y ciencia empírica) en la planificación y la acción (KM 25.5).



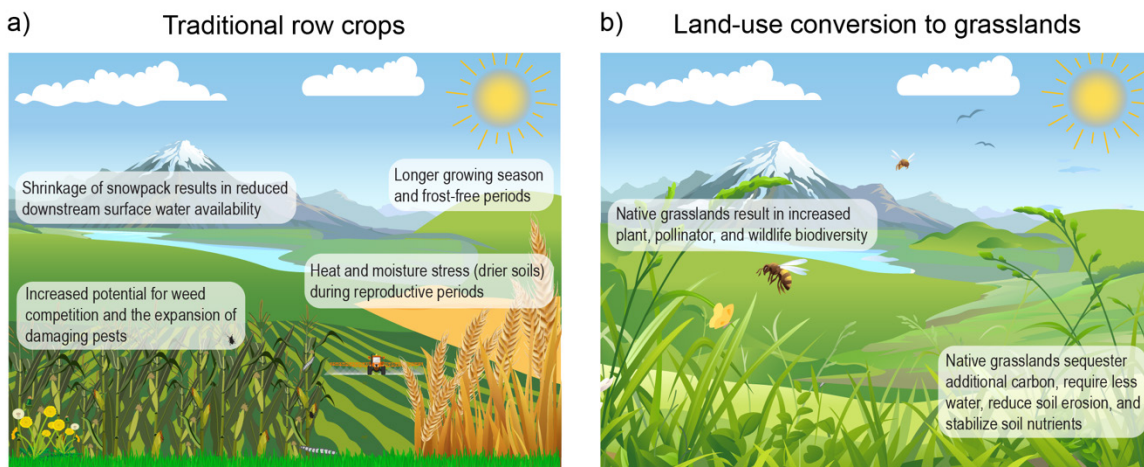
## Recuadro 25.1. Capacidad rural y financiamiento

Con un financiamiento de \$1.28 billones (en dólares de 2022), la Ley de Inversión en Infraestructuras y Empleo es una de las mayores inversiones en infraestructuras, resiliencia comunitaria y respuesta climática de la historia de los EE. UU.<sup>199</sup>. Para planificar y financiar con éxito proyectos de mitigación y adaptación climática, las comunidades necesitan capacidad, personal, recursos y experiencia para solicitar financiamiento, cumplir los requisitos de presentación de informes y diseñar, construir y mantener proyectos de infraestructuras a largo plazo<sup>200</sup>. Los estados en los que la capacidad para apoyar estos esfuerzos es limitada reciben menos subvenciones federales para la resiliencia, y los programas federales que crean una necesidad de capacidad para solicitar y gestionar subvenciones pueden erosionar la capacidad local que podría utilizarse para otros fines, lo que desalienta la participación<sup>201</sup>. Las agencias federales de financiamiento pueden utilizar mapas de capacidad con el gobierno local para identificar y apoyar comunidades que carecen de personas y experiencia para competir por la mitigación y adaptación climática, la resiliencia comunitaria y los recursos de desarrollo económico. Montana, Nebraska, Dakota del Norte y Dakota del Sur se encuentran entre los 10 estados donde la mayor parte de las comunidades tienen un Índice de Capacidad Rural inferior a la media nacional<sup>202</sup>. El mensaje clave 20.3 describe con más detalle el papel de la gobernanza y la política en el riesgo, la adaptación y la equidad.

### Concesiones mutuas: Reconversión del uso de la tierra

Para contrarrestar los efectos potencialmente negativos de un clima más cálido en el futuro y de unos suelos más secos, puede ser necesario un cambio hacia una cubierta vegetal que conserve mejor el agua y retenga mejor los nutrientes, por ejemplo pasando de cultivos en hilera a pastizales (Figura 25.9). Esto mejoraría los servicios ecosistémicos, como la vida silvestre, la retención de inundaciones, la estabilización de nutrientes y el secuestro de carbono<sup>203, 204</sup>. Aunque esto aumentaría la resiliencia, también requeriría muchos ajustes e inversiones sociales y en infraestructuras, incluida la identificación de fuentes de semillas para las especies nativas. Los cultivos y servicios producidos pasarían de cereal a forraje, productos animales, semillas de plantas nativas, biocombustible a partir del césped, aumento de la caza en tierras privadas y créditos de carbono. Esto perjudicaría a las empresas que actualmente atienden las necesidades de los agricultores convencionales, pero generaría préstamos más pequeños para los productores de pastizales, debido al menor costo de los equipos, a la menor compra de semillas y a la menor cantidad de grano enviado al extranjero.

### La reconversión del uso de la tierra como estrategia de adaptación al cambio climático



La conversión del uso de la tierra ofrece una estrategia para adaptarse al cambio climático.

**Figura 25.9.** Los factores de estrés climático interactúan de forma compleja con las decisiones regionales sobre el uso de la tierra. Decisiones recientes e históricas sobre el uso de la tierra (**izquierda**) están alterando la productividad de las tierras de labor. Posibles decisiones alternativas sobre el uso de la tierra (**derecha**) pueden aumen-



tar la resiliencia al cambio climático. Al convertir la agricultura en pastizales en zonas que pasarán a ser marginales para la producción, los propietarios de tierras y los gerentes de recursos pueden conservar el agua y mejorar los servicios ecosistémicos. Créditos de la figura: USGS.

El abandono de los sistemas energéticos basados en combustibles fósiles conllevará al abandono o la reducción de las infraestructuras energéticas de combustibles fósiles (p. ej., gatos de bombeo, perforación de pozos), al emplazamiento de nuevas instalaciones de generación de energía eólica (p. ej., turbinas eólicas), a la construcción de líneas de transmisión de CO<sub>2</sub> y a la continua conversión de tierras a biocombustibles<sup>165, 205</sup>. Debido a que se prevé que las fuentes de energía renovables requieran mayores extensiones de tierras (de 3 a 25 veces más) para producir cantidades de energía similares a las no renovables<sup>206, 207</sup>, existe una concesión mutua entre el suministro de energía y la conservación de los pocos pastizales intactos que quedan en el mundo<sup>208, 209</sup>. La fragmentación de estas extensiones por las infraestructuras energéticas involucradas en la recolección y transmisión de energía puede reducir las poblaciones de vida silvestre y servir de conducto para las especies invasoras<sup>159</sup>. La ubicación de las infraestructuras energéticas en zonas ya alteradas por la agricultura en hileras u otras actividades puede ayudar a evitar una mayor fragmentación en algunas zonas, pero puede no ser una posibilidad en los pastizales más intactos de las Grandes Llanuras del Norte que están relativamente poco alterados<sup>159, 209, 210</sup>. Las concesiones mutuas por el uso del agua son otro de los problemas que plantea el desarrollo energético. La ley sobre el agua puede influir en la capacidad de la industria para acceder a los derechos de agua en años de estiaje<sup>211</sup>. Por ejemplo, la política medioambiental estatal y federal puede limitar las opciones de generar energía a partir de centrales de combustibles fósiles que requieren agua para su enfriamiento durante los años de estiaje, que se proyecta que sean cada vez más frecuentes (KM 25.1). Además, los retos legales relacionados con la cantidad y la calidad del agua para los peces en peligro de extinción establecen concesiones mutuas entre la energía, la vida silvestre y la recreación<sup>212, 213</sup>.

Otra acción de adaptación, probada localmente en tierras de cultivo menos productivas con un potencial de mitigación regional prometedor, es la plantación de gramíneas altas productivas y de bajos insumos, como el césped varilla, como cultivos energéticos dedicados a biocombustibles (Figura 25.10)<sup>214</sup>. Este enfoque captura carbono de la atmósfera<sup>215, 216</sup>, y la comercialización de este cultivo alternativo para forraje, semillas o biocombustibles podría generar ingresos iguales o superiores a los actuales<sup>217</sup>. El césped varilla es una planta nativa que requiere poca fertilización y es especialmente resiliente a la sequía. Las materias primas para biocombustibles podrían quemarse para generar electricidad o convertirse en etanol o bioaceite, gas de síntesis y biocarbón. La plantación de gramíneas almacenaría más carbono en el suelo, requeriría menos insumos de combustibles fósiles en comparación con la plantación anual de cultivos convencionales y mejoraría otros componentes de la salud del suelo<sup>218</sup>. Sin embargo, la conversión a gran escala del uso de la tierra a cultivos energéticos para biocombustibles podría alterar los procesos de producción de alimentos, reducir la biodiversidad y fomentar la competencia por el agua<sup>219</sup>.

## Tierras agrícolas marginales plantadas con césped varilla



**La reconversión de tierras de cultivo para la producción de biocombustibles, como el césped varilla, se está poniendo a prueba en la región como acción de adaptación al cambio climático.**

**Figura 25.10.** El césped varilla es una planta perenne nativa de las praderas, muy productiva, que es la especie más prometedora para el futuro crecimiento comercial como biocombustible (para su uso como combustibles líquidos para el transporte y en la producción de electricidad). Fotografía tomada en 2021 en una granja experimental cerca de South Shore, Dakota del Sur, después de dos veranos de sequía, cuando la producción de heno de césped varilla era de 5 toneladas por acre y resultaba más rentable que la producción de maíz. Fotografía: ©Arvid Boe, South Dakota State University.

### Mensaje clave 25.5

#### Las comunidades crean capacidad para la adaptación y transformación

En las Grandes Llanuras del Norte se están llevando a cabo medidas de adaptación para abordar los efectos del cambio climático. Las comunidades agrícolas están adoptando medidas de adaptación al clima, como prácticas innovadoras con el suelo, nuevas herramientas de gestión de la sequía y asociaciones para el uso del agua (*confianza media*). Varias naciones tribales están liderando esfuerzos para incorporar los conocimientos tradicionales y la gobernanza en sus planes de adaptación (*confianza alta*). Los gerentes de recursos recurren cada vez más a herramientas como la planificación de escenarios para mejorar la capacidad de adaptación de los ecosistemas naturales (*confianza media*).

Una adaptación efectiva tiene en cuenta la incertidumbre sobre el cambio climático, así como las complejas interacciones y concesiones mutuas dentro de los sistemas ecológicos y sociales y entre ellos (Capítulo 31)<sup>220, 221</sup>. Si no se analizan detenidamente todas las opciones de adaptación y sus consecuencias, puede

producirse una mala adaptación, es decir, un aumento de la vulnerabilidad al cambio climático debido a una acción deficiente o equivocada (Recuadro 25.2)<sup>222</sup> o una distribución desigual de los resultados. A pesar de estos retos y riesgos, la planificación de la adaptación al clima también presenta oportunidades para crear asociaciones de colaboración y gestionar los ecosistemas<sup>223</sup>. Las comunidades, los sectores económicos y los profesionales de los recursos naturales de esta región están avanzando en soluciones de adaptación (Recuadro 25.3).

### Recuadro 25.2. Los humedales de la pradera de Pothole y los retos de la adaptación al cambio climático

En la región oriental de la pradera de Pothole de Minnesota, Dakota del Norte, Dakota del Sur y Iowa el aumento de las precipitaciones en primavera ha agravado los problemas de exceso de aguas subterráneas poco profundas en los campos de cultivo. Los agricultores han respondido drenando esta agua con tuberías de plástico perforadas (conocidas como tuberías de panel; Figura 25.11)<sup>224, 225</sup> enterradas a la profundidad de enraizamiento de las plantas de maíz maduras, una práctica que mejora el rendimiento de los cultivos<sup>226</sup>. El uso de tuberías de panel ha aumentado rápidamente en el este de Dakota del Norte y del Sur, sobre todo en el valle del río Rojo<sup>227, 228, 229, 230</sup>. Hasta la fecha, aproximadamente la mitad de los humedales de las Grandes Llanuras del Norte han sido desecados, lo que ha alterado sus servicios ecosistémicos, como protección contra inundaciones, secuestro de carbono y forraje y agua para el ganado<sup>231, 232</sup>. El drenaje transforma la hidrología de los ecosistemas ladera abajo, lo que contribuye al ensanchamiento y sedimentación de los ríos<sup>224, 233, 234, 235</sup> y favorece el florecimiento de algas tóxicas en los sistemas acuáticos mediante el transporte de nutrientes (especialmente fósforo y nitrato)<sup>236, 237</sup>. Además, la colocación inadecuada de las tuberías de panel puede drenar el agua de los humedales cercanos<sup>226</sup>. Las acciones de adaptación para recuperar los beneficios de los humedales y responder al cambio climático incluyen restaurar los pastizales y los humedales drenados, redoblar la protección de los humedales con servidumbres, revisar la gestión de la vegetación de las cuencas hidrográficas de los humedales y desincentivar el drenaje con tuberías de panel en los campos de cultivo donde hay humedales<sup>238, 239, 240, 241</sup>.

#### Patrón de campo de tuberías de panel



**El drenaje de los campos agrícolas mediante tuberías de panel mejora el rendimiento de los cultivos, pero puede dañar los ecosistemas.**



**Figura 25.11.** El patrón de campo de tuberías de panel de la región de la pradera de Pothole está diseñado para drenar el suelo bajo y húmedo y proporcionar espacio a las raíces de los cultivos, lo que puede aumentar el rendimiento. Las tuberías de panel pueden desecar humedales inadvertidamente si se colocan demasiado cerca o por debajo de la elevación del fondo del humedal. La tubería de plástico está enterrada en cada línea negra visible en la fotografía. Créditos de la fotografía: USFWS.

## Recuadro 25.3. Éxitos de la adaptación al cambio climático

La adaptación climática en la región de las Grandes Llanuras del Norte incluye a agricultores de Nebraska que prueban nuevos métodos para mejorar la estructura del suelo y la función hidrológica, comunidades indígenas que devuelven los búfalos a sus tierras, ganaderos que devuelven las tierras agrícolas menos productivas a pastizales para la producción de forraje y comunidades locales que responden a las inundaciones y trabajan para mejorar la preparación ante las inundaciones.

### Adaptación mediante la salud del suelo



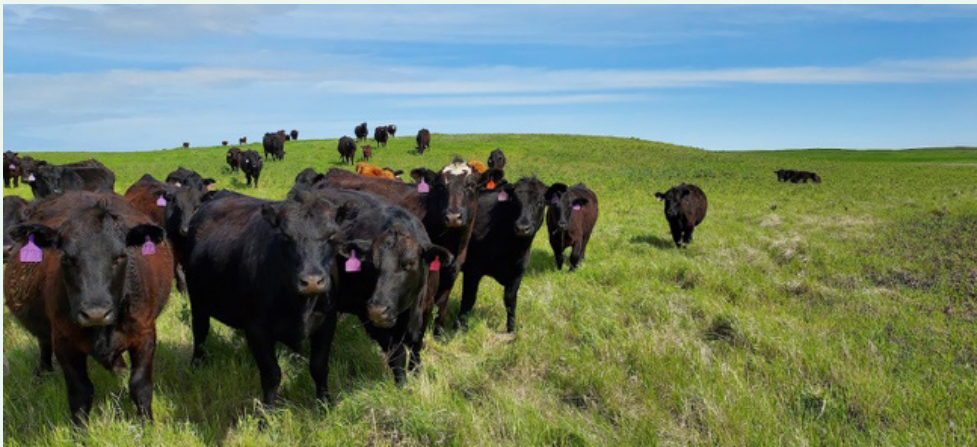
Restaurar la estructura del suelo y la función hidrológica es una estrategia de adaptación fundamental en la región de las Grandes Llanuras del Norte. En Nebraska, el Servicio de Conservación de Recursos Naturales ha utilizado fondos del programa federal de conservación para ayudar a los agricultores a probar prácticas de gestión de la salud del suelo, como la incorporación de cultivos de cobertura a las rotaciones anuales de cultivos. Las asociaciones que combinan los ensayos en las explotaciones con la divulgación y la investigación contribuyen a ampliar tanto la base de conocimientos como la ejecución de prácticas de gestión agrícola y ganadera que contribuyen a mejorar la función del suelo. Los beneficios incluyen resultados relacionados con el agua, como el aumento de la infiltración y la reducción de la escorrentía. Créditos de la fotografía: USDA

## El regreso del búfalo



Recuperar el búfalo ha sido una estrategia regional de resiliencia para ganaderos, naciones tribales y otros que comprenden el papel que desempeña en el ecosistema. El búfalo tiene un profundo significado cultural y espiritual para las naciones tribales de la región y de fuera de ella. El Fondo Tanka ha sido fundamental en este esfuerzo regional al poner en contacto a ganaderos con apoyo técnico y recursos para aumentar el tamaño de los rebaños. Del mismo modo, el InterTribal Buffalo Council ayuda a las naciones tribales a desarrollar y mantener sus propios rebaños. Estas dos entidades conectan recursos con personas y naciones tribales que buscan restaurar el búfalo como especie clave de los ecosistemas de pastizales. Créditos de la fotografía: NPS.

## Restauración de la cubierta vegetal perenne nativa



A medida que cambia el clima, puede ser beneficioso devolver las tierras de cultivo menos productivas a una cubierta vegetal perenne nativa que pueda proporcionar múltiples servicios ecosistémicos, como la mitigación del cambio climático mediante el almacenamiento de carbono, beneficios para los polinizadores y producción de forraje para el ganado. Audubon Great Plains, en colaboración con organizaciones gubernamentales y otras organizaciones sin fines de lucro, está liderando un nuevo programa de conservación de forraje en Dakota del Norte para ayudar a los productores a lograr este cambio en el uso de la tierra en beneficio tanto de las operaciones de los productores como de los recursos naturales. Programas como estos, que proporcionan asistencia técnica y financiera a los productores al tiempo que ayudan a establecer la infraestructura necesaria para el pastoreo (p. ej., vallado, acceso al agua, etc.) y permiten el uso del ganado después del establecimiento de la vegetación, permitirán a agricultores y ganaderos flexibilidad en sus operaciones. Créditos de la fotografía: ©Reese Lausen.



## Respuesta al aumento de las crecidas fluviales



Las inundaciones a lo largo de los principales ríos son un problema cada vez mayor para las comunidades rurales e indígenas de esta región. En marzo de 2019, una comunidad de viviendas tribales de 64 unidades con más de 300 miembros Yankton Sioux en el borde del Refugio Nacional de Vida Silvestre del Lago Andes fue inundada por las aguas y quedó aislada de la ciudad de Lake Andes. Las fuertes lluvias posteriores inundaron los sótanos e hicieron la carretera inaccesible hasta que el agua sobre la autopista se congeló en diciembre. El 12 de agosto de 2019, la tribu emitió un comunicado: “Nuestra comunidad literalmente se está ahogando”<sup>242</sup>. El grupo de recuperación Cisne Blanco se creó para proporcionar recursos a los miembros de la comunidad impactados y abogar por soluciones a largo plazo. El grupo recibió capacitación para proporcionar servicios locales de reparación de viviendas y de eliminación de plomo y moho. Siguen estudiando soluciones a largo plazo, ya que la zona sufre frecuentes inundaciones; estos esfuerzos incluyen abogar por elevar la autopista para proteger las viviendas y conversaciones sobre reubicar la comunidad. Créditos de la fotografía: Marcie Hebert, USFWS.

## Adaptaciones en la agricultura

La comunidad agrícola de la región de las Grandes Llanuras del Norte está desarrollando soluciones innovadoras de adaptación al clima para apoyar los medios de subsistencia de la región (p. ej., Johnson y Knight 2022<sup>243</sup>), muchas de las cuales también apoyan la mitigación mediante el secuestro de carbono (Capítulo 11). Las partes interesadas reconocen que las mejoras del suelo aumentan la resiliencia ante inundaciones y sequías<sup>244</sup>. La creciente evidencia de granjas y ranchos en funcionamiento en la región demuestra cómo las estrategias de diversificación —como reducción de la alteración del suelo, aumento de residuos de cultivos, cubierta vegetal y diversidad de ganado y cultivos (a veces denominadas prácticas de salud del suelo o regenerativas)— mejoran las propiedades y los procesos del suelo, incluida la capacidad de retención de agua y la infiltración, y proporcionan muchos beneficios colaterales potenciales públicos y privados, incluido el secuestro de carbono<sup>245, 246, 247</sup>. Estas propiedades y procesos mejoran el ciclo de carbono y nitrógeno y la estructura del suelo<sup>240</sup>, aumentan las comunidades microbianas del suelo y reducen las comunidades de plagas, al tiempo que reducen los aportes de nutrientes y aumentan el rendimiento y la

rentabilidad<sup>248, 249, 250, 251, 252</sup>. Existe una fuerte demanda y una eficacia demostrada en torno a las redes de conocimiento de los productores para apoyar la transición a las prácticas de salud del suelo<sup>253, 254</sup>. Además, la reintegración de los sistemas de producción agrícola y ganadera podría diversificar los ingresos y aumentar la resiliencia de las operaciones<sup>246</sup> y restaurar los servicios ecosistémicos, lo que incluye secuestro de más carbono en el suelo, retención de nutrientes, especialmente nitratos, y apoyo a la biodiversidad<sup>108, 217, 255</sup>.

En las zonas áridas de la región las soluciones adaptativas para la agricultura de regadío serán fundamentales. La mayoría de los estados de la región asignan derechos de agua basados en la apropiación previa, según la cual la primera persona que destina el agua a un uso beneficioso tiene derecho a seguir utilizándola mientras el agua se destine al mismo uso beneficioso. Esto puede retrasar la capacidad de adquirir nuevos derechos de agua que pueden ser necesarios para abordar los impactos climáticos<sup>256</sup>. La Comisión del Alto Río Colorado (Upper Colorado River Commission, UCRC), como parte del plan de contingencia para la sequía de 2019<sup>25</sup>, está investigando la viabilidad de implementar un programa de gestión de la demanda en los estados de la división superior de la cuenca, incluido Wyoming. En virtud de este programa, se compensaría a los usuarios del agua por reducir voluntariamente los usos consuntivos. El agua conservada o importada se almacenaría en embalses federales y se liberaría cuando fuera necesario para garantizar el cumplimiento del pacto en virtud de una decisión de la UCRC. A menor escala, muchas cuencas hidrográficas y grupos de riego están investigando estrategias de colaboración y gestión compartida del agua para gestionar unos recursos hídricos escasos con el fin de satisfacer las necesidades hídricas agrícolas y ecológicas, entre ellos el Brush Creek Irrigation District<sup>257</sup>, y la iniciativa ríos saludables de la cuenca Popo Agie<sup>258</sup> en Wyoming, así como algunas tribus de Montana<sup>259</sup>. En vez de seguir directamente las doctrinas de apropiación previa, se están implementando distintos enfoques para gestionar en colaboración los recursos hídricos con el fin de satisfacer las necesidades de la agricultura y de los cursos de agua. Todos estos esfuerzos incluyen mejora de monitoreo hidrológico y recogida de datos, así como comunicación sólida y participación de las partes interesadas, y se basan en esto.

Los ganaderos también están explorando estrategias de adaptación que aumenten la producción ganadera ajustando la gestión de los pastos a un clima más cálido<sup>260</sup>. Una estrategia para mejorar la resiliencia de los ranchos consiste en planes para las sequías<sup>261, 262</sup>. Los planes de sequía se centran en la identificación de períodos críticos para el monitoreo de las condiciones y la toma de decisiones<sup>263</sup>. Una respuesta planificada a la sequía puede involucrar ajustar el número de cabezas de ganado, la temporada de pastoreo, la duración del tiempo de pastoreo en los pastos con base en las precipitaciones y el crecimiento de la vegetación<sup>264</sup> o estrategias holísticas de pastoreo planificado que gestionen la salud del ecosistema adaptándose a las condiciones cambiantes<sup>265</sup>. Un estudio de 2017 encontró que casi el 60 % de los ganaderos de la región tenían algún tipo de plan de contingencia para la sequía<sup>261</sup>; sin embargo, la adopción de datos meteorológicos y climáticos en las decisiones de gestión ha sido lenta<sup>136, 266</sup>. El desarrollo de nuevos pronósticos de productividad de los pastizales puede aumentar la adopción al traducir las perspectivas climáticas en información utilizable para los ganaderos<sup>267</sup>. Grupos únicos de múltiples partes interesadas también están explorando la gestión adaptativa colaborativa para comprender y conciliar las experiencias de las partes interesadas y las formas de conocer los complejos sistemas de pastizales en tierras públicas<sup>264</sup>.

### **Adaptación a las inundaciones**

En respuesta a las importantes inundaciones de 2011 y 2019 en la cuenca alta del río Missouri (Upper Missouri River Basin, UMRB), se implementó un monitoreo mejorado para fundamentar las decisiones de gestión del agua. El suelo helado y saturado y la importante capa de nieve en la UMRB contribuyeron en gran medida a las inundaciones de esos dos años. Además, la sequía al oeste del río Missouri en 2016-2017 destacó el problema de la escasez de datos sobre la humedad del suelo, que impide un monitoreo a supervisión preciso de la sequía. Por ello, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos, en colaboración con las oficinas estatales del clima, está estableciendo una red de supervisión monitoreo de la humedad del

suelo y de la capa de nieve<sup>268, 269</sup>. Está previsto instalar un total de 529 estaciones entre 2021 y 2027 en una cuadrícula de 25 millas cuadradas a elevaciones inferiores a 5,500 pies. Los datos de estas estaciones, que incluyen múltiples profundidades de humedad y temperatura del suelo, así como profundidades de nieve, estarán directamente a disposición de la NOAA para seguir y pronosticar inundaciones, sequías y otros eventos climáticos y meteorológicos.

Con el aumento de las precipitaciones primaverales en gran parte de la región, las comunidades rurales e indígenas se están adaptando a unas inundaciones más frecuentes. Las respuestas de adaptación van desde enfoques a escala individual, como la elevación de las viviendas, hasta cambios políticos, como la modificación de los códigos de construcción y las regulaciones de zonificación. La estructura única del Distrito de Recursos Naturales de la cuenca fluvial de Nebraska ha permitido enfoques a escala de cuenca que reúnen a múltiples jurisdicciones y partes interesadas para disminuir el riesgo de inundaciones<sup>270</sup>. Entre las respuestas más drásticas consideradas por algunas comunidades se incluye la reubicación total. Una estrategia de adaptación cada vez más exitosa para responder a inundaciones y desastres naturales es la formación de grupos y coaliciones locales para ayudar a las comunidades a recuperarse de los desastres y adaptarse a largo plazo (p. ej., Sioux Empire Community Organizations Active in Disaster en Dakota del Sur, Midwest Housing Resource Network en Nebraska). Estos grupos son un mecanismo para que las comunidades locales se unan en ayuda mutua para planificar y apoyarse unos a otros en respuesta a las inundaciones.

### **Adaptaciones en las comunidades indígenas**

Los pueblos indígenas han llamado hogar a la región de las Grandes Llanuras del Norte durante siglos y en la actualidad varias naciones tribales de la región están liderando la adaptación al clima y su implementación<sup>271, 272, 273</sup>. Otras naciones tribales están liderando los esfuerzos de resiliencia hídrica y abordando la sequía de forma proactiva<sup>274, 275, 276, 277</sup>. Los enfoques indígenas de adaptación combinan prácticas de gestión tradicionales y contemporáneas, a menudo, basadas en la espiritualidad y las tradiciones culturales<sup>278</sup>. Los asuntos clave para la adaptación tribal al clima en la región son la capacidad, la sostenibilidad y la soberanía<sup>197</sup>.

La Tribu Sioux de Rosebud tiene en marcha varias iniciativas para aumentar su resiliencia al cambio climático<sup>279, 280</sup>. El Grupo de Trabajo Sicangu Sobre la Crisis Climática elaboró un plan tribal de adaptación al clima que abarca 20 comunidades tribales en más de un millón de acres de tierras tribales. El plan incorpora la filosofía Lakota y el conocimiento tradicional, lo que incluye migraciones históricas, astronomía, historias de los orígenes y la relación especial de las tribus con el búfalo. El plan prioriza la soberanía de los datos, la colaboración interdepartamental y el apoyo directo a los hogares tribales para que se preparen ante los impactos del cambio climático<sup>273</sup>. Además, el Departamento de Aguas de la Tribu Sioux de Rosebud ha desarrollado un plan de adaptación a la sequía y un amplio monitoreo en tiempo real que permite gestionar el caudal de los arroyos y las fuentes de agua subterránea, incluido el acuífero de Ogallala<sup>276</sup>. Uno de los principales retos ha sido la aplicación del código de aguas de Rosebud para abordar los agricultores vecinos que bombean aguas subterráneas gestionadas por la tribu. Sin embargo, con la supresión de la moratoria sobre los códigos tribales del agua, la Tribu Sioux de Rosebud puede tener ahora la capacidad de gestionar su agua como nación soberana<sup>281</sup>.

En 2018, la Nación Blackfeet preparó un plan de adaptación al clima, que incluye a todos los departamentos de recursos naturales de todo el gobierno tribal<sup>271</sup>. Este enfoque inclusivo requiere más tiempo y coordinación, pero también crea oportunidades de colaboración al romper el aislamiento, minimizar la redundancia y maximizar los recursos escasos. Para muchas naciones tribales, la sostenibilidad es un asunto clave. Esto fue especialmente cierto durante la pandemia del COVID-19, y sigue siendo la realidad en las regiones agrícolas rurales con bases impositivas más reducidas y mayores tasas de rotación de personal. La implementación incluye el proyecto Ksik Stakii, cuyo objetivo es proteger al castor, restaurar los ríos y aumentar el almacenamiento natural de agua para reducir la vulnerabilidad a la sequía y las inundaciones<sup>271, 282</sup>. Una

estrategia notable de desarrollo de capacidades de los Blackfeet consiste en que los departamentos tribales de recursos se asocien directamente con los estudiantes de Blackfeet Community College en proyectos de investigación. Este tipo de asociación es especialmente importante en la región de las Grandes Llanuras del Norte, que cuenta con la mayor concentración de institutos tribales del país.

### **Adaptación de tierras públicas**

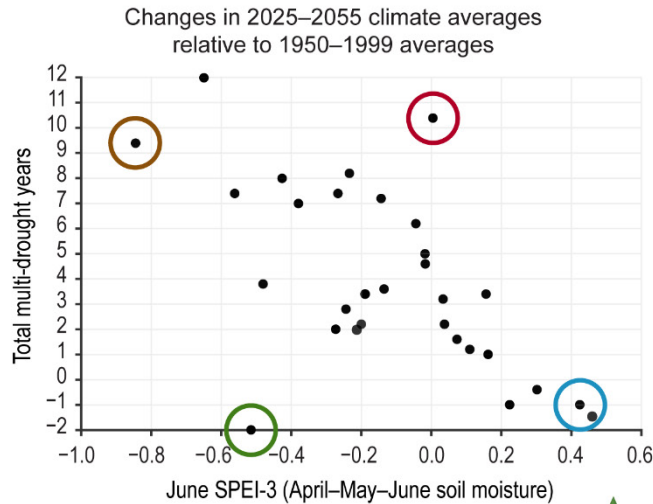
El Servicio de Parques Nacionales (National Parks Service, NPS) y sus socios han adaptado la planificación basada en escenarios para ayudar a los gerentes de recursos naturales y culturales y a otras personas a trabajar con la incertidumbre y abordar las formas en que el cambio podría producirse de forma recomendable (Capítulo 8)<sup>283, 284</sup>. Las medidas de adaptación en las tierras públicas de esta región se ven obstaculizadas no solo por la variabilidad climática inherente a la región, sino también por la incertidumbre sobre cómo los recursos, costumbres o medios de subsistencia podrían verse afectados por el cambio climático y qué respuestas de adaptación podrían ser efectivas (Figura 25.12).

La adaptación de la planificación basada en escenarios para la administración de recursos públicos se ha centrado en las unidades del NPS de la región, como el Sitio Histórico Nacional de los Pueblos Indios de Knife River, el parque nacional de Badlands, el parque nacional de Wind Cave y el monumento nacional de la Torre del Diablo<sup>283, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291</sup>. Este trabajo ha aumentado la verosimilitud y pertinencia de los escenarios y ha mejorado la facilitación y la eficiencia de la toma de decisiones sobre la adaptación al clima<sup>283</sup>. También ha aclarado la importancia de distinguir los futuros climáticos (es decir, escenarios climáticos) de los escenarios de recursos climáticos (es decir, escenarios tanto de cambios en el clima como de cambios asociados en el estado de los recursos)<sup>289, 292</sup>. Es importante destacar que este trabajo ha creado un modelo de apoyo a la adaptación climática para la toma de decisiones sobre recursos naturales ante la incertidumbre climática.



## Planificación de la adaptación

### a) Climate projections for Wind Cave National Park



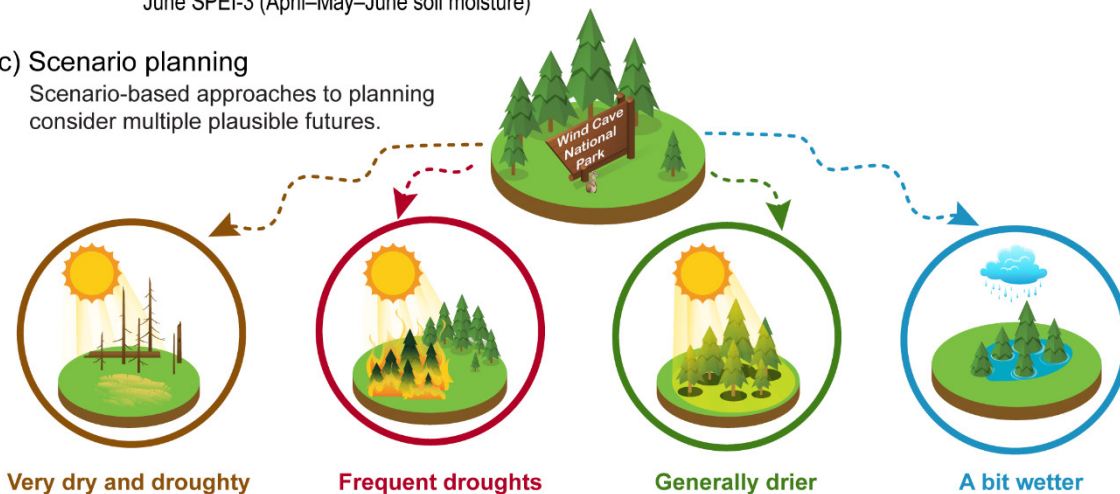
### b) Forecast planning

Forecast-based approaches to planning use predictions of a single future.



### c) Scenario planning

Scenario-based approaches to planning consider multiple plausible futures.



**La planificación basada en escenarios tiene en cuenta la incertidumbre al considerar una serie de formas en las que podría producirse el cambio.**

**Figura 25.12.** La planificación basada en pronósticos utiliza predicciones de un futuro único (b), mientras que la planificación basada en escenarios trabaja con un conjunto de futuros recomendables que capturan una amplia gama de posibles condiciones futuras, lo que proporciona un marco de apoyo a las decisiones en condiciones inciertas e incontrolables. La planificación basada en escenarios en el parque nacional de Wind Cave identificó cuatro resultados potenciales (a, c) para la vegetación de pastizales y pinos, la disponibilidad de agua superficial y el bisonte americano (*Bison bison*) y las colonias de perritos de las praderas bajo diferentes futuros climáticos —muy seco y seco (marrón), sequías frecuentes (rojo), generalmente más seco (verde) y un poco más húmedo (azul)— todos los cuales tienen diferentes implicaciones de gestión para los recursos naturales y culturales del parque. Cada punto del gráfico representa una proyección climática, y el conjunto de las cuatro proyecciones marcadas con un círculo engloba la mayoría de las formas en que la sequía y los niveles de humedad primaveral podrían cambiar a mediados de siglo. El Índice Estandarizado de Precipitación-Evaporación (Standardized Precipitation–Evaporation Index, SPEI) es un índice de sequía multiescalar, basado en la precipitación y la evapotranspiración potencial, que se utiliza para identificar los períodos húmedos y secos en un lugar determinado<sup>293</sup>. El valor cero indica un balance de humedad promedio, valores positivos significan una humedad superior al promedio y valores negativos representan condiciones más secas que el promedio. El SPEI-3 es un cálculo trimestral del SPEI, y esta cifra muestra los valores de abril-junio. Adaptado de Schuurman *et al.* 2022<sup>294</sup> y Runyon *et al.* 2021<sup>289</sup>.



## ***Adaptación de las comunidades rurales***

Las comunidades rurales tienen dos necesidades clave para fomentar la adaptación al clima (KM 11.3). La primera es la diversificación económica para crear economías más resilientes (p. ej., conectividad de banda ancha, actividades de restauración que creen puestos de trabajo y recuperen la función ecológica y conservación que mejore el acceso y las oportunidades en las economías basadas en la recreación). La segunda es la necesidad de un nuevo contrato social en torno a la extracción de recursos, especialmente para las comunidades que seguirán siendo rurales, aisladas y dependientes de los recursos<sup>295</sup>. Las grandes inversiones en servicios comunitarios, infraestructuras y desarrollo económico dirigidas por las comunidades rurales requieren un financiamiento sostenible y a largo plazo para crear capacidad y resiliencia (Recuadro 25.1)<sup>194, 200</sup>. Entre los obstáculos a la creación de capacidad de adaptación se incluye la falta de programas federales coordinados de asistencia<sup>296</sup>. La región también tiene potencial para el crecimiento de la población en comunidades que actualmente se enfrentan a la emigración impulsada por cambios favorables en el clima junto con una sólida economía recreativa, especialmente en el oeste intermontañoso<sup>297, 298</sup>.

## Cuentas trazables

### Descripción del proceso

Los autores principales del capítulo se identificaron en el verano de 2021. Este equipo compiló una lista de autores nominados y de la Cuarta Evaluación Nacional del Clima (Fourth National Climate Assessment, NCA4) como el conjunto de posibles colaboradores. Las adiciones a esta lista proceden de redes profesionales, investigaciones en departamentos prioritarios de instituciones regionales clave y búsquedas en varias bases de datos de expertos de poblaciones históricamente marginadas. Los autores principales definieron los posibles temas para la región con base en la experiencia del equipo y en una revisión de la literatura publicada desde el lanzamiento de la NCA4 y, a continuación, redujeron la lista de posibles autores con base en su capacidad para abordar estos temas y en el deseo de diversidad.

La selección de los candidatos se basó en una combinación de experiencia, distribución regional, etapa profesional, edad, género, sector, disciplina y raza y etnia. Después de una investigación preliminar sobre los posibles colaboradores, se mantuvieron conversaciones introductorias para calibrar el interés y responder preguntas. La mayor parte del equipo del capítulo se seleccionó en septiembre y octubre de 2021, aunque a medida que se identificaron brechas se fueron añadiendo otros autores. En septiembre de 2021 comenzaron las reuniones semanales de todos los autores para elaborar el Borrador de Orden Cero, con reuniones de subgrupos cuando era necesario para concretar detalles. Una vez identificados los temas clave en diciembre de 2021, los autores se dividieron en equipos de mensajes clave, según el interés y los conocimientos pertinentes. Las reuniones virtuales de todos los autores continuaron semanalmente y los equipos de mensajes clave se reunieron aproximadamente cada dos semanas y con mayor frecuencia antes de presentar el Borrador de Orden Cero.

Los temas clave se identificaron mediante el debate, la literatura pertinente y el conocimiento de la región. Los autores llevaron a cabo dos reuniones virtuales de participación, una durante el día y otra por la noche, para ofrecer opciones a los participantes. El programa de investigación sobre el cambio global de los EE. UU. promovió los actos de participación a través de las redes de autores, en las redes sociales y con invitaciones personales a aquellos cuyas voces el equipo de autores quería que estuvieran representadas. Los comentarios de los participantes se ajustaron bien al borrador de estructura, pero algunos de los énfasis se ajustaron con base en los comentarios de las partes interesadas. El equipo de autores incorporó los aportes recibidos en una convocatoria pública para el material técnico y las publicaciones científicas pertinentes y añadió a varios contribuyentes técnicos clave para que aportaran otros tipos de conocimientos (p. ej., indígenas y experienciales) que proporcionarían una evaluación más completa. Los equipos de mensajes clave debatieron y llegaron a un consenso sobre los mensajes clave propuestos en el Borrador de Primer Orden y revisaron y llegaron a un consenso sobre los mensajes clave para los borradores de segundo y tercer orden. Los mensajes clave se reiteraron en los Borradores de Cuarto y Quinto Orden para responder a los comentarios del público, las Academias Nacionales y la revisión técnica de las agencias.

### Mensaje clave 25.1

#### El cambio climático agrava los impactos de los eventos extremos

##### Descripción de la base de evidencia

El papel de la variabilidad climática en la región está bien establecido<sup>39, 42, 299</sup>. El efecto añadido del cambio climático aún está emergiendo. Los resúmenes climáticos estatales de la NOAA documentan aumentos a largo plazo de la temperatura en la región y cambios variables en la precipitación en toda la región<sup>14, 15, 16, 17, 18</sup>. Los recientes esfuerzos del USGS en materia de tendencias y atribuciones reflejan las tendencias de las

inundaciones presentadas aquí y la mayoría de las atribuciones de esos cambios están relacionadas con cambios en las precipitaciones y algunas también con cambios en la temperatura<sup>43</sup>.

La cuenca alta del río Missouri combina los efectos variables de los gradientes este-oeste y norte-sur de precipitación y temperatura, respectivamente, de las Grandes Llanuras del Norte. Sin embargo, el equipo del mensaje clave quiere reconocer que la región de las Grandes Llanuras del Norte también incluye partes de las cuencas de los ríos Columbia, Colorado, Souris, Red y Minnesota.

Múltiples evaluaciones y análisis científicos independientes sobre los efectos del cambio climático en la aparición de sequías en la región están llegando a conclusiones similares en múltiples escenarios de cambio climático<sup>22, 26, 45, 48, 51</sup>. El estudio que muestra un aumento de la actividad de incendios forestales en las Grandes Llanuras del Norte se basa en datos de satélite, lo que añade credibilidad, ya que el uso de la misma metodología para evaluar los incendios forestales en toda la región elimina las discrepancias causadas por las diferencias en la forma en que los gobiernos locales registran la ocurrencia de incendios forestales<sup>57</sup>.

### Principales incertidumbres y brechas en la investigación

Dado el alto grado de variabilidad climática natural de la región, predecir las futuras condiciones hidroclimáticas y ecológicas en lugares específicos constituye un gran reto. Las predicciones del cambio climático sobre el aumento de las sequías varían espacial y temporalmente. Las complejas interacciones entre temperatura, precipitación, evapotranspiración y almacenamiento de humedad también crean incertidumbre sobre las condiciones futuras y la producción agrícola en esta región (KM 3.4). Dado que muchas de las proyecciones de la humedad del suelo predicen un cambio neto casi nulo y que la región ya tiene una precipitación efectiva baja que presenta una alta variabilidad interanual, los cambios proyectados en la humedad del suelo oscilan entre cambios netos globales positivos y negativos<sup>47, 48, 49</sup>. Una mejor comprensión de cómo afecta el cambio climático la humedad del suelo requerirá una mayor evaluación de la variabilidad de la humedad del suelo entre los modelos climáticos globales y la incorporación de otros factores como el tipo de suelo y las respuestas específicas de las especies vegetales a escala local<sup>117, 118</sup>.

La falta de observaciones a largo plazo de eventos de granizo a pequeña escala y poco frecuentes y las deficiencias de los modelos de alta resolución crean incertidumbre al predecir futuros eventos en zonas específicas<sup>28, 29</sup>, por lo que los modelos se basan en las tendencias de los entornos favorables al granizo<sup>30, 31, 32, 33, 34, 35, 300</sup>. Las proyecciones de convección severa en la investigación actual se han centrado en gran medida en un escenario muy alto (RCP8.5).

Aunque se prevé un aumento de la frecuencia y la severidad de las sequías, se desconocen relativamente los cambios en la ocurrencia de sequías plurianuales debido al cambio climático<sup>45, 52, 53</sup>. Las investigaciones sobre incendios forestales en la región no han abordado cómo ha influido la presencia humana en la actividad de los incendios forestales en los pastizales, pero sí en los bosques<sup>58</sup>.

### Descripción de confianza y probabilidad

Los coautores de esta sección debatieron sobre los niveles iniciales de confianza y probabilidad, y sopesaron la literatura, los datos de observación y la experiencia colectiva en la materia. Los autores asignaron una estimación *probable* con *confianza alta* en un aumento de las sequías severas debido a la evidencia generalizada de que el aumento de las temperaturas estivales incrementará la demanda de evaporación, mientras que los cambios en los patrones de precipitación se inclinan hacia veranos cada vez más secos. Los autores asignaron *confianza media* y ninguna estimación de probabilidad en que aumente la frecuencia y el tamaño del granizo, ya que la literatura es aún incipiente e impide hacer una estimación de la probabilidad, pero sí presenta evidencia que sugieren un aumento de la frecuencia y el tamaño del granizo en la zona de las Altas Llanuras en al menos algunos escenarios de cambio climático. Los autores asignaron estimación *muy probable* con *confianza alta* en los cambios en el potencial de inundación porque la investigación y las

observaciones apoyan firmemente tanto un aumento de la escorrentía de deshielo como del potencial de inundación en la mitad oriental de esta región y las respectivas disminuciones en el oeste. Los resúmenes climáticos estatales de la NOAA citados predicen aumentos de las precipitaciones extremas, que se espera que aumenten el riesgo de inundaciones, incluso en zonas con descensos de las precipitaciones globales. Los autores asignaron estimación *probable con confianza alta* al aumento del riesgo de incendios forestales porque el aumento de la demanda de evaporación y la variabilidad de las precipitaciones que favorecen la sequía también favorecen el aumento del número de incendios forestales. Las investigaciones que indican una menor duración de la cobertura de nieve también favorecen temporadas más largas de incendios forestales. Los autores asignaron estimación *muy probable con confianza muy alta* al aumento de la evapotranspiración porque múltiples fuentes y expertos en la materia coinciden en que el aumento de las temperaturas en las estaciones cálidas incrementará la demanda de evaporación. Los autores asignaron estimación *muy probable con confianza alta* a una mayor variabilidad de las precipitaciones debido a la profundidad de los estudios observacionales y basados en modelos y al consenso entre los expertos en la materia sobre las tendencias actuales y futuras hacia una mayor variabilidad.

### Mensaje clave 25.2

## La salud humana y ecológica enfrentan crecientes amenazas derivadas de peligros relacionados con el clima

### Descripción de la base de evidencia

Las tendencias climáticas de los resúmenes climáticos estatales de la NOAA<sup>14, 15, 16, 17, 18</sup>, las evaluaciones climáticas individuales a nivel estatal, los estudios del USGS<sup>43</sup> y los datos demográficos de la Oficina del Censo de Estados Unidos de 2020 proporcionaron información para ayudar a caracterizar la región en términos de condiciones ecológicas<sup>99, 100, 101</sup> y poblaciones humanas<sup>61</sup>. Las bases de datos de los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (Centers for Disease Control, CDC) también se utilizaron ampliamente para las estadísticas relacionadas con la salud. Se repasaron e incluyeron en la evaluación múltiples estudios recientes revisados por expertos sobre los impactos de aspectos específicos del cambio climático en la salud humana. Dado que son relativamente pocos los estudios sobre los impactos del cambio climático en la salud específicos de una región, los análisis basados en zonas con poblaciones más concentradas aportaron valiosas ideas aplicables a las Grandes Llanuras del Norte. Varios estudios relacionados con la salud mental han abordado los impactos en ganaderos y agricultores, residentes rurales y poblaciones indígenas y se incluyen en esta evaluación<sup>73, 75, 76</sup>. Muchos estudios predicen cambios en la calidad del agua en respuesta al cambio climático; menos estudios han identificado tales cambios<sup>90</sup>. Se predijo que el cambio en el uso de la tierra sería un factor más determinante de los cambios en la calidad del agua que el cambio climático y, junto con las prácticas de gestión, el cambio en el uso de la tierra parece ser el principal factor determinante en muchos casos<sup>90, 91</sup>; sin embargo, la interacción del uso de la tierra, las prácticas de gestión y los extremos climáticos es un área importante para la investigación futura y la reducción potencial de daños<sup>93, 94, 95</sup>.

### Principales incertidumbres y brechas en la investigación

Las interacciones complejas entre los propios indicadores relacionados con el clima, con una variabilidad aún mayor aportada por la considerable extensión geográfica este-oeste de la región, ocasionan notables incertidumbres sobre las condiciones climáticas futuras y las interacciones entre esas condiciones climáticas y las poblaciones locales. La escasa población y la baja densidad de población en toda la región dificultan la recopilación de datos relativos a los impactos sobre la salud, lo que añade aún más incertidumbre a las proyecciones sobre los impactos sobre las personas o las localidades. Las brechas en la investigación incluyen estudios limitados relativos a los impactos en salud específicos de la región. Además de

las barreras demográficas antes señaladas, muchas zonas de la región disponen de sensores limitados para medir las condiciones locales relacionadas con la calidad del aire, la temperatura, la calidad del agua y la humedad del aire y del suelo. La escasez de sensores, más notable en las zonas no urbanas de la región, de estas condiciones introduce incertidumbre al centrarse en lugares específicos. La necesidad de datos específicos de cada lugar es especialmente importante al abordar medidas de adaptación, ya que algunas condiciones, como la calidad del aire y la temperatura, pueden variar drásticamente dentro de zonas geográficas pequeñas.

Resulta difícil generalizar los impactos climáticos sobre la ecología de las Grandes Llanuras del Norte, ya que se prevé que cada especie responda de forma muy diferente a los cambios climáticos. Aunque se han observado y se proyectan descensos para algunos taxones<sup>104, 106</sup>, existen brechas de conocimiento sobre cuáles podrían ser esos impactos en muchos taxones, especies y plantas y animales culturalmente significativos. Los impactos del clima interactuarán con muchos otros factores de estrés antropogénicos, como especies invasoras y conversión de ecosistemas naturales en cultivos en hilera, y se desconoce qué taxones son más vulnerables al cambio climático y cuál podría ser la magnitud de esos impactos.

Aunque los autores entienden la calidad del agua y los procesos físicos relacionados con el clima, en el paisaje se están llevando a cabo muchas actividades de gestión destinadas a reducir los nutrientes, junto con los cambios en las necesidades de nutrientes de la agricultura. Por lo tanto, puede ser difícil encontrar la señal climática en las tendencias relacionadas con la calidad de las aguas superficiales, aparte de la señal relacionada con otros factores importantes, como el uso de la tierra, las prácticas agrícolas y el tratamiento de las aguas residuales<sup>90, 94</sup>. El problema de la atribución se complica aún más por los complejos efectos de los desfases de reacción-transporte entre cualquier factor climático o a escala del paisaje y los cambios detectables en los nutrientes de las aguas superficiales o subterráneas<sup>90, 91</sup>. Los hallazgos recientes basados en datos observacionales<sup>90, 91</sup> apoyan las predicciones anteriores acerca de que los cambios en el uso de la tierra tendrían efectos comparables o mayores sobre la calidad del agua que los cambios climáticos.

El cambio climático se considera desde hace tiempo un factor impulsor de la proliferación de algas nocivas. El calentamiento de la temperatura del agua, el aumento de los niveles de dióxido de carbono y el incremento de las precipitaciones intensas pueden crear condiciones preferentes para las algas. Las algas verdeazuladas pueden prosperar en aguas cálidas y lentas, los altos niveles de dióxido de carbono pueden provocar un rápido crecimiento de las algas y la fuerte precipitación puede provocar una mayor escorrentía de nutrientes<sup>96</sup>. Desafortunadamente, respaldar estas hipótesis con observaciones ha sido difícil debido a las brechas en el monitoreo, la falta de datos a largo plazo sobre las algas y los cambios en los métodos de laboratorio y teledetección<sup>97, 98</sup>.

### Descripción de confianza y probabilidad

Las declaraciones de probabilidad y confianza de los impactos del cambio climático en la salud de los residentes de la región (*prácticamente seguro, confianza alta*) y sobre la ecología de la región (*muy probable, confianza media*) se basan en la literatura, parte de la cual se cita en el mensaje clave 25.2, en datos de observación y en la experiencia colectiva en la materia. La calificación *muy probable* para la ecología de la región en ambas declaraciones de probabilidad se basó en la información de que ya se están observando impactos, y la *confianza media* se asignó porque existen datos o proyecciones de impactos para algunos taxones, pero no para todos. Los impactos sobre algunos aspectos de la ecología de la región no están claros o se desconocen. Las brechas en la investigación y las incertidumbres enumeradas en la sección anterior limitan la capacidad de proyectar impactos en lugares específicos, pero no disminuyen la confianza en relación con los impactos actuales sobre los diversos aspectos de la salud humana en la región en su conjunto, afirmaciones firmemente respaldadas por un número cada vez mayor de estudios (Capítulo 15)<sup>301</sup>. Los niveles de confianza y probabilidad se han debatido de forma continua entre los coautores de la sección, que sopesaron la literatura general y la experiencia personal para llegar a un consenso sobre los niveles indicados.



## Mensaje clave 25.3

### Los medios de subsistencia basados en los recursos y la tierra están en riesgo

#### Descripción de la base de evidencia

Los múltiples informes económicos de los gobiernos nacionales proporcionan los antecedentes del crecimiento demográfico y la importancia de los sectores agrícola y energético para los medios de subsistencia en las Grandes Llanuras del Norte. Las síntesis exhaustivas más recientes sobre los impactos de los cultivos y el clima<sup>3, 114, 119</sup>, las publicaciones más recientes centradas en las comunidades indígenas<sup>126</sup> y las publicaciones fundacionales más recientes sobre los impactos del cambio climático en la fisiología de los cultivos a una escala más amplia que la región<sup>120</sup> respaldan los impactos negativos proyectados que el aumento de las temperaturas tendría sobre el rendimiento y la sincronización de los cultivos y las plantas de importancia cultural. El efecto neto del cambio climático sobre los medios de subsistencia agrícolas es incierto debido a los efectos interactivos no resueltos de la temperatura, la humedad del suelo y los niveles de dióxido de carbono, así como al grado de adaptaciones climáticas que puedan producirse<sup>120, 122</sup>. Los aumentos proyectados de la productividad primaria neta por encima del suelo y los efectos de la sequía están bien documentados en múltiples artículos científicos<sup>129, 130, 131</sup>, con artículos recientes que respaldan otros más antiguos de la literatura y refuerzan los resultados esperados. La resiliencia actual de los medios de subsistencia basados en pastizales<sup>135, 136</sup> y sus retos futuros<sup>137, 138</sup> están bien documentados y concuerdan. Aunque no existe una amplia literatura revisada por expertos sobre los impactos del clima en el turismo y la recreación, algunos ejemplos de literatura revisada por expertos documentan los impactos del cambio climático en las actividades recreativas acuáticas, cinegéticas, invernales y turísticas<sup>150, 151, 153</sup>. La literatura científica sobre los cambios proyectados en el uso de la electricidad en la región en respuesta al cambio climático está fácilmente disponible y concuerda (Capítulo 5)<sup>157, 158</sup>, pero la literatura sobre recursos energéticos y demandas de electricidad en la región desde fuera de la región es limitada y carece de especificidad<sup>155, 159</sup>. Los ejemplos de demandas energéticas crecientes y cambiantes en la región están bien documentados tanto en la literatura científica revisada por expertos como en los informes gubernamentales<sup>163, 165, 169, 170</sup>, pero faltan revisiones exhaustivas de la literatura que ofrezcan una visión general de cómo se están produciendo todos los cambios energéticos entre sí y en respuesta al cambio climático y a la política sobre el cambio climático. La literatura sobre los impactos de la demanda energética actual y proyectada y los cambios entre los tipos de fuentes de energía en los medios de subsistencia de la región está menos disponible y la información se extrae de los informes gubernamentales<sup>8</sup>. El impacto de los extremos climáticos en la infraestructura energética es de carácter general (Capítulo 5)<sup>161</sup> y no cubre la variabilidad climática y los extremos únicos de la región de todos los tipos de infraestructuras energéticas que se encuentran en la región<sup>162</sup>. La literatura revisada por expertos sobre los impactos del cambio climático en los medios de subsistencia de la región no aborda plenamente los eventos extremos recientes, por lo que los informes de las agencias (p. ej., la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias [Federal Emergency Management Agency, FEMA] 2019<sup>177</sup>) y documentos tribales (p. ej., Blackfeet Nation 2022<sup>139</sup>) se utilizan para documentar ejemplos de impactos. Lo mismo ocurre con las infraestructuras tribales, sobre las que se ha extraído información esencial de los informes del Servicio de Salud Indígena y de la Oficina de Asuntos Indígenas. Los impactos también son identificados por un contribuyente técnico (Cullen) que trabaja directamente con las comunidades afectadas por desastres en la región.

#### Principales incertidumbres y brechas en la investigación

Como se indica en el texto del mensaje clave, el efecto neto del cambio climático sobre el rendimiento de determinados cultivos es incierto y sería conveniente estudiar más a fondo los múltiples impactos que interactúan para comprender plenamente cómo el cambio climático impactará globalmente la industria agrícola, especialmente a medida que esta desarrolle cultivares y prácticas de gestión que se adapten al entorno cambiante.

El impacto neto sobre la cantidad y la calidad del forraje en la región está aún por explorar. Las respuestas de productividad de los pastizales de las Grandes Llanuras del Norte al cambio climático tienen un grado de incertidumbre, ya que la respuesta de la vegetación al cambio climático puede variar entre los dos grupos funcionales de plantas dominantes ( $C_3$  y  $C_4$ ). Ampliar las respuestas al cambio climático de especies individuales y grupos funcionales y cómo contribuyen a procesos y propiedades ecosistémicas más amplias, como la evapotranspiración o la productividad, es importante para mejorar el pronóstico de los impactos del cambio climático en los pastizales y matorrales de la región; esta es una brecha de investigación. También existe incertidumbre sobre cómo el impacto negativo de la sequía, que se espera que aumente con el cambio climático, impactará las ganancias positivas previstas en la cantidad y calidad del forraje debido al aumento de las temperaturas y del dióxido de carbono.

En la literatura faltan estudios exhaustivos sobre cómo afectará el cambio climático el turismo y la recreación en la región. Los impactos del cambio climático en los medios de subsistencia del turismo suelen limitarse a estudios de casos y se beneficiarían de un estudio científico más dirigido. Aunque algunos modelos de cambio climático predicen cambios en los brotes de insectos, que pueden provocar grandes impactos en las áreas recreativas, las correlaciones entre los brotes y el cambio climático (p. ej., el escarabajo del pino de montaña) no fueron generalizadas, lo que indica una brecha en la investigación para comprender todas las interacciones que contribuyen a la relación de los brotes observados y el cambio climático (p. ej., Weed *et al.* 2015<sup>152</sup>).

Otros estudios que detallen cómo el aumento de la demanda nacional de energía impacta la cosecha energética regional permitirían comprender mejor las conexiones económicas que, a su vez, afectan en gran medida las comunidades regionales. La planificación estratégica para el desarrollo de nuevos recursos de petróleo y gas, al tiempo que la transición a otros recursos energéticos en la región, podría beneficiar los recursos de pastizales en su conjunto. La captura, utilización y almacenamiento de carbono (Carbon capture, utilization, and storage, CCUS) en la región puede desempeñar un papel en la mitigación de las emisiones de los EE. UU. Sin embargo, en la actualidad se secuestra poco carbono, y la documentación de los costos y beneficios para la región, así como sus numerosos obstáculos e incertidumbres, constituyen una importante brecha de investigación. Sería útil reunir más información sobre estos temas antes de que la tecnología de CCUS se despliegue a escala en la región. Otra de las brechas de investigación es el examen específico de cómo respondería la infraestructura energética de nuestra región a los extremos climáticos.

Los efectos de los eventos extremos en los medios de subsistencia agrícolas, energéticos y recreativos suelen ser más investigados por los medios de comunicación generalistas que por los estudios científicos, por lo que no están suficientemente recogidos en la literatura de investigación. Esto también es evidente cuando se trata de evaluar el impacto del cambio climático y de los eventos climáticos extremos en las comunidades socialmente vulnerables. La literatura revisada por expertos centrada en los efectos del cambio climático en las comunidades rurales e indígenas de la región es una brecha de investigación.

### Descripción de confianza y probabilidad

Los coautores de esta sección debatieron sobre los niveles iniciales de confianza y probabilidad, y sopesaron la literatura, los datos de observación y la experiencia colectiva en la materia. Los autores asignaron una estimación *probable* con *confianza media* a la agricultura y la recreación, viendo algunos efectos positivos, pero principalmente negativos, del cambio de temperatura y de los regímenes de precipitaciones sobre los medios de subsistencia. El nivel de *confianza media* se asignó porque la literatura agrícola específica de la región es limitada y requiere reunir múltiples fuentes para evaluar la probabilidad y la confianza de los cambios en la agricultura y porque la literatura sobre recreación y turismo se limitaba a estudios de casos centrados, a menudo, en eventos climáticos extremos que podrían aumentar con el cambio climático. Los autores asignaron una estimación *probable* con *confianza alta* a la declaración de que los medios de subsistencia del sector energético se verían afectados por el abandono de las fuentes de combustibles

fósiles impulsado por las políticas de reducción de emisiones; esto se debe a que la industria del carbón ha disminuido de forma innegable debido a la competencia del mercado, las normativas sobre la calidad del aire, las decisiones no normativas tomadas por las compañías de servicios públicos de electricidad privadas y públicas y las normas climáticas estatales y federales y las inversiones en energías renovables. La demanda de petróleo y gas se mantiene estable. Los autores asignaron una estimación *probable* y *confianza media* a la declaración de que el cambio climático pondrá a prueba la capacidad de adaptación de los residentes socialmente vulnerables de la región. A esta declaración se le asigna esa especial probabilidad y confianza debido a los casos en los que recientes eventos extremos han perjudicado a comunidades rurales, indígenas y de bajos ingresos, aunque se carece de una amplia documentación o literatura que aborde este riesgo.

### Mensaje clave 25.4

## La lucha contra el cambio climático involucra concesiones mutuas y tensiones complejas

### Descripción de la base de evidencia

La evidencia de que el cambio climático está creando nuevas tensiones y concesiones mutuas y exacerbando las ya existentes se basa en gran medida en la literatura revisada por expertos que se cita a lo largo del capítulo. Cada vez hay más evidencia y ejemplos de cómo el cambio climático está impactando, y seguirá impactando, las comunidades humanas y los recursos naturales de las Grandes Llanuras del Norte de formas complejas e interactivas<sup>167, 219</sup>. Se prevé que en la región aumenten las temperaturas, se alargue la temporada de crecimiento y se produzcan cambios en la disponibilidad de agua (KM 25.1) que impactarán los medios de subsistencia, el uso de la tierra y la cantidad y la calidad del agua (KM 25.3). El cambio climático también puede impactar la demografía regional con el tiempo, impulsando el crecimiento de la población de las comunidades urbanas y de ocio<sup>9</sup> y la continua despoblación de las comunidades rurales<sup>5</sup>.

La evidencia en la literatura revisada por expertos indica que cuando se combinan estos impactos, las decisiones de adaptación y mitigación resultarán beneficiosas para algunas personas y comunidades y tendrán impactos negativos para otras. Por ejemplo, a medida que el cambio climático altera la productividad de las tierras de cultivo existentes, algunos productores optan por adaptarse plantando cultivos energéticos para biocombustibles, como el césped varilla (Figura 25.10)<sup>214</sup>. La evidencia revisada por expertos identifica muchos beneficios para tal acción, lo que incluye el secuestro de carbono de la atmósfera<sup>215, 216</sup>, ventas superiores a los ingresos actuales<sup>217</sup> y la mejora de la salud del suelo y la resiliencia a la sequía<sup>218</sup>. Sin embargo, la evidencia revisada por expertos también indica que algunas comunidades pueden experimentar impactos negativos, como alteración de los procesos de producción de alimentos, reducción de la biodiversidad y competición por el agua<sup>219</sup>. La evidencia de cómo los tomadores de decisiones están manejando estas concesiones mutuas es emergente y depende en gran medida del contexto local.

La evidencia está bien establecida en la literatura revisada por expertos acerca de que el conocimiento y la cultura individual y comunitaria determinan cómo se experimenta y gestiona el cambio climático (KM 20.2). En esta región, la aceptación del cambio climático de origen humano es inferior al promedio nacional<sup>188, 189</sup>. En una evaluación nacional reciente<sup>187</sup>, varios estados de la región (Wyoming, Colorado y Dakota del Norte) tenían planes de estudio que apoyaban la noción de que el cambio climático es real y provocado por la actividad humana y puede mitigarse, a pesar de la dependencia de los combustibles fósiles. Los estados con puntuaciones más bajas (Montana y Nebraska) no relacionaron las actividades humanas con el cambio climático o afirmaron que el cambio climático es controvertido y que educar a los estudiantes sobre este tema debería ser responsabilidad de los padres (Dakota del Sur). Como consecuencia de la escasa aceptación y de los diversos esfuerzos educativos, el discurso en la región se centra en los efectos de adaptación y

resiliencia de la acción climática más que en los efectos de mitigación (KM 25.5). Estos factores proporcionan evidencia del complicado y cambiante panorama para la toma de decisiones.

La literatura demográfica y económica revisada por expertos describe cómo la economía regional depende de la agricultura y de los sectores basados en los recursos (KM 25.3), por lo que las conversaciones sobre adaptación se han centrado en los cambios de uso de la tierra hacia cultivos alternativos (Figura 25.10)<sup>214</sup>, conversión a pastizales (Figura 25.9)<sup>203, 204</sup> y cambios en las infraestructuras energéticas<sup>165, 205</sup>. Son muchos los factores que complican la capacidad de las comunidades de la región para adaptarse al cambio climático, pero los datos y la literatura recientes revisados por expertos destacan el alto grado de ruralidad (Figura 25.1) y la escasa capacidad para competir por fondos federales y utilizarlos (Recuadro 25.1) como factores especialmente inhibidores.

### Principales incertidumbres y brechas en la investigación

Existen grandes incertidumbres en torno a las decisiones que tomarán los responsables políticos y las comunidades sobre la gestión y asignación de recursos de la región, así como sobre los impactos de dichas decisiones. Hay otras brechas en la comprensión. Por ejemplo, el aumento de las energías renovables en la región impactará las oportunidades laborales en la región, pero se sabe poco sobre los efectos laborales del aumento de las energías renovables. Las estimaciones sobre la superficie que necesitan los distintos recursos energéticos (p. ej., el viento frente al petróleo) para producir cantidades similares de energía son variables. La planificación para minimizar la fragmentación de los pastizales mientras se desarrollan recursos renovables de mayor huella podría beneficiarse de estimaciones más precisas.

### Descripción de confianza y probabilidad

Las declaraciones de probabilidad y confianza se basan en la literatura citada en el texto narrativo, los datos observacionales y la experiencia colectiva en la materia. La confianza de la declaración acerca de que el cambio climático está llevando a decisiones que previsiblemente beneficiarán a unos y perjudicarán a otros (*confianza muy alta*) se asignó con base en la evidencia fehaciente de efectos positivos y negativos del cambio de uso de la tierra entre agricultura, pastizales y energía en respuesta a los cambios en el clima (p. ej., posibles efectos negativos de la conversión a gran escala a biocombustibles)<sup>219</sup>. La confianza de la declaración acerca de que los tomadores de decisiones están navegando por un panorama complicado de cambios demográficos, tensiones políticas y normativas y barreras a la acción (*confianza alta*) se basó en la evidencia de la política y la toma de decisiones en torno a las concesiones mutuas en la inversión energética y el desarrollo de infraestructuras (p. ej., la legislación estatal que obliga, facilita o se resiste a la transición energética)<sup>167</sup>, aunque no está claro hasta qué punto está extendida esta acción. No se asignó probabilidad a estas dos declaraciones, ya que la incertidumbre asociada a la toma de decisiones y la elaboración de políticas por parte del ser humano es difícil de cuantificar y depende del contexto. En cuanto a la declaración acerca de que los cambios en los promedios, los extremos y la estacionalidad de las temperaturas y las precipitaciones alterarán la productividad de las tierras de labor, lo que provocará cambios en el uso de la tierra hacia cultivos alternativos o su conversión en pastizales (*probable, confianza media*), la confianza y la probabilidad se asignaron con base en la evidencia de los beneficios de las acciones piloto en la región (Figura 25.10), aunque la escalabilidad de estas acciones a grandes geografías sigue siendo un área de estudio. En cuanto a la declaración acerca de que los cambios en la demanda, la producción y la política energéticas modificarán las necesidades de uso de la tierra para infraestructuras energéticas (*probable, confianza media*), la confianza y la probabilidad se asignaron con base en la evidencia de la literatura relativa a la transición hacia sistemas energéticos basados en combustibles fósiles y su impacto en el abandono de las infraestructuras<sup>165, 205</sup> y la posible fragmentación de los pastizales existentes debido a las nuevas infraestructuras<sup>159</sup>.



## Mensaje clave 25.5

### Las comunidades crean capacidad de adaptación y transformación

#### Descripción de la base de evidencia

La literatura reciente revisada por expertos proporcionó la base de evidencia para las acciones de adaptación que se están llevando a cabo en torno a las prácticas de salud del suelo en las Grandes Llanuras del Norte<sup>245, 247</sup>. Esta literatura se ha ampliado significativamente en los años recientes; la literatura citada describe no solo la comprensión científica de los cambios del suelo y sus beneficios adaptativos relacionados, sino también la investigación sobre las redes de conocimiento de los agricultores específicas de esta región. La base de evidencia para la planificación de la sequía también se nutre de literatura reciente revisada por expertos y va en aumento<sup>261, 262</sup>. La base de evidencia para la diversificación de los medios de subsistencia basados en el césped se apoya en una base de literatura revisada por expertos más limitada y es más específica para cada caso<sup>217, 246</sup>. Los informes recientes y los esfuerzos de planificación proporcionan la base de evidencia para el sistema de monitoreo de inundaciones recientemente implementado en la cuenca alta del río Missouri<sup>268, 269</sup>. Los informes, los documentos de planificación, la escasa literatura revisada por expertos y las conversaciones con los miembros de las tribus proporcionaron la evidencia de las acciones de adaptación y los retos en las comunidades rurales e indígenas<sup>271, 272, 273</sup>. Un conjunto de literatura revisada por expertos en rápido crecimiento proporcionó la evidencia de los recientes avances en la adaptación basada en los ecosistemas y la planificación de escenarios en la región (Capítulo 8)<sup>283, 284</sup>.

#### Principales incertidumbres y brechas en la investigación

Dado el alto grado de variabilidad climática de la región y la incertidumbre al predecir las condiciones futuras, la planificación de la adaptación al clima es todo un reto. A pesar de estos retos, la base de evidencia muestra que se están probando muchas acciones de adaptación al clima en toda la región. En el proceso de implementación de estas medidas de adaptación, una de las principales incertidumbres es si las medidas previstas o implementadas lograrán en última instancia ayudar a las comunidades o los ecosistemas a adaptarse al cambio climático. Faltan estudios que evalúen el éxito de las medidas de adaptación al cambio climático, posiblemente debido a la falta de tiempo para juzgar el éxito o a la falta de un seguimiento y una evaluación sólidos de los resultados. Además, muchas medidas de adaptación al clima se implementan en situaciones muy dependientes del contexto, por lo que no se sabe con certeza hasta qué punto pueden generalizarse algunas medidas o estrategias de adaptación.

#### Descripción de confianza y probabilidad

Es difícil cuantificar las respuestas de adaptación y estimar su variabilidad numérica. Por lo tanto, los autores no han asignado ninguna estimación de probabilidad a este mensaje clave. Los autores asignaron una calificación de *confianza media* a la declaración sobre las acciones de adaptación en las comunidades agrícolas porque hay evidencia de que se está iniciando un cambio hacia la salud del suelo y otras prácticas de adaptación (p. ej., Brown 2018<sup>245</sup>, Zilverberg *et al.* 2018<sup>247</sup>), pero la adopción generalizada de estas prácticas aún no es una realidad. Los autores asignaron una calificación de *confianza alta* a la tercera declaración porque hay evidencia fehaciente de que varias naciones tribales están liderando esfuerzos para incorporar los conocimientos tradicionales y la gobernanza en sus planes de adaptación (p. ej., Blackfeet Nation 2018<sup>271</sup>, CSKT 2016<sup>272</sup>, Sicangu Climate Crisis Working Group 2022<sup>273</sup>). La declaración sobre la planificación de la adaptación para gerentes de recursos naturales tiene asignada una calificación de *confianza media* porque la planificación de escenarios es una herramienta bien desarrollada y está ganando terreno en el Servicio de Parques Nacionales (p. ej., Capítulo 8)<sup>283, 284</sup>, pero aún no se utiliza ampliamente fuera del Servicio de Parques Nacionales.

## Referencias

1. Briske, D.D., J.P. Ritten, A.R. Campbell, T. Klemm, and A.E.H. King, 2021: Future climate variability will challenge rangeland beef cattle production in the Great Plains. *Rangelands*, **43** (1), 29–36. <https://doi.org/10.1016/j.rala.2020.11.001>
2. 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>
3. Wienhold, B.J., M.F. Vigil, J.R. Hendrickson, and J.D. Derner, 2018: Vulnerability of crops and croplands in the US Northern Plains to predicted climate change. *Climatic Change*, **146** (1), 219–230. <https://doi.org/10.1007/s10584-017-1989-x>
4. Husa, A. and C.E. Morse, 2020: Rurality as a key factor for place attachment in the Great Plains. *Geographical Review*, **112** (1), 27–45. <https://doi.org/10.1080/00167428.2020.1786384>
5. BEA, 2021: Regional Economic Accounts. U.S. Department of Commerce, Bureau of Economic Analysis. <https://www.bea.gov/data/economic-accounts/regional>
6. Wilson, R., 2020: Moving to economic opportunity: The migration response to the fracking boom. *Journal of Human Resources*, **57** (3), 918–955. <https://doi.org/10.3368/jhr.57.3.0817-8989r2>
7. ERS. 2015: County Typology Codes. U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service. <https://www.ers.usda.gov/data-products/county-typology-codes/>
8. U.S. Census Bureau, 2020: American Community Survey (ACS). U.S. Department of Commerce, U.S. Census Bureau. <https://www.census.gov/programs-surveys/acs>
9. Dimke, C., M.C. Lee, and J. Bayham, 2021: COVID-19 and the renewed migration to the rural West. *Western Economics Forum*, **19** (1), 89–102. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.311309>
10. Gilio-Whitaker, D., 2019: *As Long as Grass Grows: The Indigenous Fight for Environmental Justice, from Colonization to Standing Rock*. Beacon Press. <http://www.beacon.org/as-long-as-grass-grows-p1445.aspx>
11. Shamon, H., O.G. Cosby, C.L. Andersen, H. Augare, J. BearCub Stiffarm, C.E. Bresnan, B.L. Brock, E. Carlson, J.L. Deichmann, A. Epps, N. Guernsey, C. Hartway, D. Jørgensen, W. Kipp, D. Kinsey, K.J. Komatsu, K. Kunkel, R. Magnan, J.M. Martin, and T.S. Akre, 2022: The potential of bison restoration as an ecological approach to future tribal food sovereignty on the northern Great Plains. *Frontiers in Ecology and Evolution*, **10**, 1–15. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.826282>
12. Cain, C., 2021: Ch. 33. Developing climatic capacity in rural places. In: *Investing In Rural Prosperity*. Dumont, A. and D.P. Davis, Eds. Federal Reserve Bank of St. Louis, 475–486. <https://www.stlouisfed.org/-/media/project/frbstl/stlouisfed/files/pdfs/community-development/investing-rural/chapters/chapter33.pdf>
13. ERS, 2019: Frontier and Remote Area Codes. U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, accessed May 24, 2023. <https://www.ers.usda.gov/data-products/frontier-and-remote-area-codes/>
14. Frankson, R., K.E. Kunkel, S.M. Champion, D.R. Easterling, and K. Jencso, 2022: Montana State Climate Summary 2022. NOAA Technical Report NESDIS 150-MT. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Satellite, Data, and Information Service, Silver Spring, MD. 5 pp. <https://statesummaries.ncics.org/chapter/mt/>
15. Frankson, R., K.E. Kunkel, S.M. Champion, D.R. Easterling, N.A. Umphlett, and C.J. Stiles, 2022: South Dakota State Climate Summary 2022. NOAA Technical Report NESDIS 150-SD. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Satellite, Data, and Information Service, Silver Spring, MD. 5 pp. <https://statesummaries.ncics.org/chapter/sd/>
16. Frankson, R., K.E. Kunkel, L.E. Stevenes, D.R. Easterling, M. Shulski, A. Akyüz, N.A. Umphlett, and C.J. Stiles, 2022: North Dakota State Climate Summary 2022. NOAA Technical Report NESDIS 150-ND. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Satellite, Data, and Information Service, Silver Spring, MD. 5 pp. <https://statesummaries.ncics.org/chapter/nd/>

17. Frankson, R., K.E. Kunkel, L.E. Stevens, D.R. Easterling, B.C. Stewart, N.A. Umphlett, and C.J. Stiles, 2022: Wyoming State Climate Summary 2022. NOAA Technical Report NESDIS 150-WY. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Satellite, Data, and Information Service, Silver Spring, MD. 5 pp. <https://statesummaries.ncics.org/chapter/ny/>
18. Frankson, R., K.E. Kunkel, L.E. Stevens, M. Shulski, N.A. Umphlett, and C.J. Stiles, 2022: Nebraska State Climate Summary 2022. NOAA Technical Report NESDIS 150-NE. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Satellite, Data, and Information Service, Silver Spring, MD. 5 pp. <https://statesummaries.ncics.org/chapter/ne/>
19. Siirila-Woodburn, E.R., A.M. Rhoades, B.J. Hatchett, L.S. Huning, J. Szinai, C. Tague, P.S. Nico, D.R. Feldman, A.D. Jones, W.D. Collins, and L. Kaatz, 2021: A low-to-no snow future and its impacts on water resources in the western United States. *Nature Reviews Earth & Environment*, **2** (11), 800–819. <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00219-y>
20. Krajick, K., 2018: The 100th meridian, where the Great Plains begin, may be shifting: Warming climate may be moving western aridity eastward. Columbia University, Columbia Climate School: Climate, Earth, and Society, New York, NY, April 11, 2018. <https://news.climate.columbia.edu/2018/04/11/the-100th-meridian-where-the-great-plains-used-to-begin-now-moving-east/>
21. Seager, R., J. Feldman, N. Lis, M. Ting, A.P. Williams, J. Nakamura, H. Liu, and N. Henderson, 2018: Whither the 100th meridian? The once and future physical and human geography of America’s arid–humid divide. Part II: The meridian moves east. *Earth Interactions*, **22** (5), 1–24. <https://doi.org/10.1175/ei-d-17-0012.1>
22. Swain, S. and K. Hayhoe, 2015: CMIP5 projected changes in spring and summer drought and wet conditions over North America. *Climate Dynamics*, **44** (9), 2737–2750. <https://doi.org/10.1007/s00382-014-2255-9>
23. Landers, J., 2021: P3 improves US Army Corps’ Midwest flood–diversion project. *Civil Engineering Magazine*. <https://www.asce.org/publications-and-news/civil-engineering-source/civil-engineering-magazine/article/2021/08/p3-improves-us-army-corps-midwest-flood-diversion-project>
24. Jacobs, J., 2011: The sustainability of water resources in the Colorado River Basin. *Bridge*, **41** (4), 6–12. <https://www.nae.edu/19582/bridge/55183/55194.aspx>
25. UCRC, 2021: The Seventy-Second Annual Report of the Upper Colorado River Commission. Upper Colorado River Commission, Salt Lake City, UT, 161 pp. <http://www.ucrccommission.com/wp-content/uploads/2021/06/UCRC-WY2020-Annual-Report-Final-June-10-2021.pdf>
26. Udall, B. and J. Overpeck, 2017: The twenty-first century Colorado River hot drought and implications for the future. *Water Resources Research*, **53** (3), 2404–2418. <https://doi.org/10.1002/2016wr019638>
27. McCabe, G.J., D.M. Wolock, G.T. Pederson, C.A. Woodhouse, and S. McAfee, 2017: Evidence that recent warming is reducing upper Colorado River flows. *Earth Interactions*, **21** (10), 1–14. <https://doi.org/10.1175/ei-d-17-0007.1>
28. Raupach, T.H., O. Martius, J.T. Allen, M. Kunz, S. Lasher-Trapp, S. Mohr, K.L. Rasmussen, R.J. Trapp, and Q. Zhang, 2021: The effects of climate change on hailstorms. *Nature Reviews Earth & Environment*, **2** (3), 213–226. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-00133-9>
29. Tang, B.H., V.A. Gensini, and C.R. Homeyer, 2019: Trends in United States large hail environments and observations. *Climate and Atmospheric Science*, **2** (1), 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41612-019-0103-7>
30. Childs, S.J., R.S. Schumacher, and S.M. Strader, 2020: Projecting end-of-century human exposure from tornadoes and severe hailstorms in eastern Colorado: Meteorological and population perspectives. *Weather, Climate, and Society*, **12** (3), 575–595. <https://doi.org/10.1175/wcas-d-19-0153.1>
31. Lepore, C., R. Abernathey, N. Henderson, J.T. Allen, and M.K. Tippett, 2021: Future global convective environments in CMIP6 models. *Earth’s Future*, **9** (12), e2021EF002277. <https://doi.org/10.1029/2021ef002277>
32. Rasmussen, K.L., A.F. Prein, R.M. Rasmussen, K. Ikeda, and C. Liu, 2020: Changes in the convective population and thermodynamic environments in convection-permitting regional climate simulations over the United States. *Climate Dynamics*, **55** (1), 383–408. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-4000-7>
33. Trapp, R.J., K.A. Hoogewind, and S. Lasher-Trapp, 2019: Future changes in hail occurrence in the United States determined through convection-permitting dynamical downscaling. *Journal of Climate*, **32** (17), 5493–5509. <https://doi.org/10.1175/jcli-d-18-0740.1>

34. Brimelow, J.C., W.R. Burrows, and J.M. Hanesiak, 2017: The changing hail threat over North America in response to anthropogenic climate change. *Nature Climate Change*, **7**, 516–522. <https://doi.org/10.1038/nclimate3321>
35. Haberlie, A.M., W.S. Ashley, C.M. Battisto, and V.A. Gensini, 2022: Thunderstorm activity under intermediate and extreme climate change scenarios. *Geophysical Research Letters*, **49** (14), e2022GL098779. <https://doi.org/10.1029/2022gl098779>
36. Barth, N.A., K.R. Ryberg, A. Gregory, and A.G. Blum, 2022: Ch. A. Introduction to attribution of monotonic trends and change points in peak streamflow across the conterminous United States using a multiple working hypotheses framework, 1941–2015 and 1966–2015. In: *Attribution of Monotonic Trends and Change Points in Peak Streamflow Across the Conterminous United States Using a Multiple Working Hypotheses Framework, 1941–2015 and 1966–2015*. Ryberg, K.R., Ed. U.S. Geological Survey, Reston, VA, A1–A29. <https://doi.org/10.3133/pp1869>
37. Berghuijs, W.R., R.A. Woods, C.J. Hutton, and M. Sivapalan, 2016: Dominant flood generating mechanisms across the United States. *Geophysical Research Letters*, **43** (9), 4382–4390. <https://doi.org/10.1002/2016gl068070>
38. Livneh, B., M. Hoerling, A. Badger, and J. Eischeid, 2016: Climate Assessment Report: Causes for Hydrologic Extremes in the Upper Missouri River Basin. National Oceanic and Atmospheric Administration, Office of Oceanic and Atmospheric Research, Earth System Research Laboratory, Boulder, CO. [https://www.esrl.noaa.gov/psd/csi/factsheets/pdf/mrb-climate-assessment-report-hydroextremes\\_2016.pdf](https://www.esrl.noaa.gov/psd/csi/factsheets/pdf/mrb-climate-assessment-report-hydroextremes_2016.pdf)
39. Ryberg, K.R., A.V. Vecchia, F.A. Akyüz, and W. Lin, 2016: Tree-ring-based estimates of long-term seasonal precipitation in the Souris River Region of Saskatchewan, North Dakota and Manitoba. *Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydriques*, **41** (3), 412–428. <https://doi.org/10.1080/07011784.2016.1164627>
40. Spotted Eagle, F. and J. Veilleux, 2021: Land and water policy in the Missouri River Basin from Indigenous perspectives. *Water Resources Impact*, **23** (2), 7–12. <https://online.flippingbook.com/view/446296713/8>
41. NCEI, 2022: U.S. Billion-Dollar Weather and Climate Disasters: Disaster and Risk Mapping. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Satellite, Data, and Information Service, National Centers for Environmental Information. <https://www.ncdc.noaa.gov/billions/mapping>
42. Hoell, A., M. Hoerling, X.-W. Quan, and R. Robinson, 2023: Recent high Missouri River Basin runoff was unlikely due to climate change. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, **62** (6), 657–675. <https://doi.org/10.1175/jamc-d-22-0158.1>
43. Sando, T.R., S.K. Sando, K.R. Ryberg, and K.J. Chase, 2022: Ch. C. Attribution of monotonic trends and change points in peak streamflow in the Upper Plains Region of the United States, 1941–2015 and 1966–2015. In: *Attribution of Monotonic Trends and Change Points in Peak Streamflow Across the Conterminous United States Using a Multiple Working Hypotheses Framework, 1941–2015 and 1966–2015*. Ryberg, K.R., Ed. U.S. Geological Survey, Reston, VA. <https://doi.org/10.3133/pp1869>
44. EPA, 2021: Climate Change and Social Vulnerability in the United States: A Focus on Six Impacts. EPA 430-R-21-003. U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/cira/social-vulnerability-report>
45. Peters, M.P. and L.R. Iverson, 2019: Ch. 2. Projected drought for the conterminous United States in the 21st century. In: *Effects of Drought on Forests and Rangelands in the United States: Translating Science Into Management Responses*. Vose, J.M., D.L. Peterson, C.H. Luce, and T. Patel-Weynand, Eds. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington Office, Washington, DC, 19–39. <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/59161>
46. Robertson, D.M., H.A. Perlman, and T.N. Narisimhan, 2022: Ch. 4. Hydrological cycle and water budgets. In: *Encyclopedia of Inland Waters*, 2nd ed. Mehner, T. and K. Tockner, Eds. Elsevier, Oxford, UK, 19–27. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819166-8.00008-6>
47. Cook, B.I., T.R. Ault, and J.E. Smerdon, 2015: Unprecedented 21st century drought risk in the American Southwest and Central Plains. *Science Advances*, **1** (1), e1400082. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1400082>
48. Hanberry, B., M.C. Reeves, A. Brischke, M. Hannemann, T. Hudson, R. Mayberry, D. Ojima, H.R. Prendeville, and I. Rangwala, 2019: Ch. 7. Managing effects of drought in the Great Plains. In: *Effects of Drought on Forests and Rangelands in the United States: Translating Science Into Management Responses*. Vose, J.M., D.L. Peterson, C.H. Luce, T. Patel-Weynand, E.J.M. Vose, D.L. Peterson, C.H. Luce, and T. Patel-Weynand, Eds. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington Office, Washington, DC, 141–164. <https://www.fs.usda.gov/research/treearch/59166>



49. Wehner, M.F., J.R. Arnold, T. Knutson, K.E. Kunkel, and A.N. LeGrande, 2017: Ch. 8. Droughts, floods, and wildfires. 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, 231–256. <https://doi.org/10.7930/j0cj8bnn>
50. Hoell, A., J. Perlwitz, C. Dewes, K. Wolter, I. Rangwala, X.W. Quan, and J. Eischeid, 2019: Anthropogenic contributions to the intensity of the 2017 United States Northern Great Plains drought. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **100** (1), 19–24. <https://doi.org/10.1175/bams-d-18-0127.1>
51. Martin, J.T., G.T. Pederson, C.A. Woodhouse, E.R. Cook, G.J. McCabe, K.J. Anchukaitis, E.K. Wise, P.J. Erger, L. Dolan, M. McGuire, S. Gangopadhyay, K.J. Chase, J.S. Littell, S.T. Gray, S. St. George, J.M. Friedman, D.J. Sauchyn, J.-M. St-Jacques, and J. King, 2020: Increased drought severity tracks warming in the United States' largest river basin. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **117** (21), 11328–11336. <https://doi.org/10.1073/pnas.1916208117>
52. Christian, J.I., J.B. Basara, J.A. Otkin, and E.D. Hunt, 2019: Regional characteristics of flash droughts across the United States. *Environmental Research Communications*, **1** (12), 125004. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ab50ca>
53. Otkin, J.A., M. Svoboda, E.D. Hunt, T.W. Ford, M.C. Anderson, C. Hain, and J.B. Basara, 2018: Flash droughts: A review and assessment of the challenges imposed by rapid-onset droughts in the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **99** (5), 911–919. <https://doi.org/10.1175/bams-d-17-0149.1>
54. Liu, Y., S.L. Goodrick, and J.A. Stanturf, 2013: Future U.S. wildfire potential trends projected using a dynamically downscaled climate change scenario. *Forest Ecology and Management*, **294**, 120–135. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.06.049>
55. Clarke, H., T. Penman, M. Boer, G.J. Cary, J.B. Fontaine, O. Price, and R. Bradstock, 2020: The proximal drivers of large fires: A pyrogeographic study. *Frontiers in Earth Science*, **8**, 90. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.00090>
56. Littell, J.S., D.L. Peterson, K.L. Riley, Y. Liu, and C.H. Luce, 2016: A review of the relationships between drought and forest fire in the United States. *Global Change Biology*, **22** (7), 2353–2369. <https://doi.org/10.1111/gcb.13275>
57. Donovan, V.M., C.L. Wonkka, and D. Twidwell, 2017: Surging wildfire activity in a grassland biome. *Geophysical Research Letters*, **44** (12), 5986–5993. <https://doi.org/10.1002/2017gl072901>
58. Westerling, A.L., 2016: Increasing western US forest wildfire activity: Sensitivity to changes in the timing of spring. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, **371** (1696), 20150178. <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0178>
59. Knapp, E.E., B.L. Estes, and C.N. Skinner, 2009: Ecological Effects of Prescribed Fire Season: A Literature Review and Synthesis for Managers. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-224. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA, 80 pp. <https://doi.org/10.2737/psw-gtr-224>
60. Knowles, N., 2015: Trends in snow cover and related quantities at weather stations in the conterminous United States. *Journal of Climate*, **28** (19), 7518–7528. <https://doi.org/10.1175/jcli-d-15-0051.1>
61. Adams, A., R. Byron, B. Maxwell, S. Higgins, M. Eggers, L. Byron, and C. Whitlock, 2021: Climate Change and Human Health in Montana: A Special Report of the Montana Climate Assessment. Montana State University, Institute on Ecosystems, Center for American Indian and Rural Health Equity, Bozeman, MT, 216 pp. <https://doi.org/10.15788/c2h22021>
62. Palinkas, L.A. and M. Wong, 2020: Global climate change and mental health. *Current Opinion in Psychology*, **32**, 12–16. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2019.06.023>
63. Hedegaard, H., S.C. Curtin, and M. Warner, 2021: Suicide Mortality in the United States, 1999–2019. NCHS Data Brief, No 398. Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Health Statistics, Hyattsville, MD. <https://doi.org/10.15620/cdc:101761>
64. Ivey-Stephenson, A.Z., A.E. Crosby, S.P. Jack, T. Haileyesus, and M. Kresnow-Sedacca, 2017: Suicide trends among and within urbanization levels by sex, race/ethnicity, age group, and mechanism of death – United States, 2001–2015. *MMWR Surveillance Summaries*, **66** (18), 1–16. <https://doi.org/10.15585/mmwr.ss6618a1>
65. Bjornestad, A., C. Cuthbertson, and J. Hendricks, 2021: An analysis of suicide risk factors among farmers in the Midwestern United States. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **18** (7), 3563. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073563>

66. Nestadt, P.S., P. Triplett, D.R. Fowler, and R. Mojtabai, 2017: Urban–rural differences in suicide in the state of Maryland: The role of firearms. *American Journal of Public Health*, **107** (10), 1548–1553. <https://doi.org/10.2105/ajph.2017.303865>
67. Burke, M., F. González, P. Baylis, S. Heft-Neal, C. Baysan, S. Basu, and S. Hsiang, 2018: Higher temperatures increase suicide rates in the United States and Mexico. *Nature Climate Change*, **8** (8), 723–729. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0222-x>
68. Yazd, S.D., S.A. Wheeler, and A. Zuo, 2019: Key risk factors affecting farmers’ mental health: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **16** (23), 4849. <https://doi.org/10.3390/ijerph16234849>
69. Howard, M., S. Ahmed, P. Lachapelle, and M.B. Schure, 2020: Farmer and rancher perceptions of climate change and their relationships with mental health. *Journal of Rural Mental Health*, **44** (2), 87–95. <https://doi.org/10.1037/rmh0000131>
70. Albrecht, G., G.-M. Sartore, L. Connor, N. Higginbotham, S. Freeman, B. Kelly, H. Stain, A. Tonna, and G. Pollard, 2007: Solastalgia: The distress caused by environmental change. *Australasian Psychiatry*, **15** (Sup1), S95–S98. <https://doi.org/10.1080/10398560701701288>
71. Galway, L.P., T. Beery, K. Jones–Casey, and K. Tasala, 2019: Mapping the solastalgia literature: A scoping review study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **16** (15), 2662. <https://doi.org/10.3390/ijerph16152662>
72. The World Bank, 2023: Understanding Poverty: Indigenous Peoples. World Bank Group, accessed April 4, 2023. <https://www.worldbank.org/en/topic/indigenouspeoples>
73. Ellis, N.R. and G.A. Albrecht, 2017: Climate change threats to family farmers’ sense of place and mental wellbeing: A case study from the Western Australian Wheatbelt. *Social Science & Medicine*, **175**, 161–168. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2017.01.009>
74. Cajete, G.A., 2020: Indigenous science, climate change, and Indigenous community building: A framework of foundational perspectives for Indigenous community resilience and revitalization. *Sustainability*, **12** (22), 9569. <https://doi.org/10.3390/su12229569>
75. Doyle, J.T., M.H. Redsteer, and M.J. Eggers, 2013: Exploring effects of climate change on Northern Plains American Indian health. *Climatic Change*, **120** (3), 643–655. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0799-z>
76. Martin, C., J. Doyle, J. LaFrance, M.J. Lefthand, S.L. Young, E. Three Irons, and M.J. Eggers, 2020: Change rippling through our waters and culture. *Journal of Contemporary Water Research & Education*, **169** (1), 61–78. <https://doi.org/10.1111/j.1936-704x.2020.03332.x>
77. O’Dell, K., B. Ford, E.V. Fischer, and J.R. Pierce, 2019: Contribution of wildland–fire smoke to us PM<sub>2.5</sub> and its influence on recent trends. *Environmental Science Technology*, **53** (4), 1797–1804. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b05430>
78. NWS, 2021: Weather Related Fatality and Injury Statistics. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service. <https://www.weather.gov/hazstat/>
79. Dahl, K. and R. Licker, 2021: Too Hot to Work: Assessing the Threats Climate Change Poses to Outdoor Workers. Union of Concerned Scientists, Cambridge, MA. <https://doi.org/10.47923/2021.14236>
80. Harrigan, R.J., H.A. Thomassen, W. Buermann, and T.B. Smith, 2014: A continental risk assessment of West Nile virus under climate change. *Global Change Biology*, **20** (8), 2417–2425. <https://doi.org/10.1111/gcb.12534>
81. Paull, S.H., D.E. Horton, M. Ashfaq, D. Rastogi, L.D. Kramer, N.S. Diffenbaugh, and A.M. Kilpatrick, 2017: Drought and immunity determine the intensity of West Nile virus epidemics and climate change impacts. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, **284** (1848). <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.2078>
82. Smith, K.H., A.J. Tyre, J. Hamik, M.J. Hayes, Y. Zhou, and L. Dai, 2020: Using climate to explain and predict West Nile virus risk in Nebraska. *GeoHealth*, **4** (9), e2020GH000244. <https://doi.org/10.1029/2020gh000244>
83. Wing, O.E.J., W. Lehman, P.D. Bates, C.C. Sampson, N. Quinn, A.M. Smith, J.C. Neal, J.R. Porter, and C. Kousky, 2022: Inequitable patterns of US flood risk in the Anthropocene. *Nature Climate Change*, **12** (2), 156–162. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01265-6>

84. Kuhn, K.G., K.M. Nygård, B. Guzman-Herrador, L.S. Sunde, R. Rimhanen-Finne, L. Trönnberg, M.R. Jepsen, R. Ruuhela, W.K. Wong, and S. Ethelberg, 2020: Campylobacter infections expected to increase due to climate change in Northern Europe. *Scientific Reports*, **10** (1), 13874. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70593-y>
85. Koks, E., 2018: Moving flood risk modelling forwards. *Nature Climate Change*, **8**, 561–562. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0185-y>
86. Räsänen, A., S. Juhola, A. Nygren, M. Käkönen, M. Kallio, A.M. Monge, and M. Kanninen, 2016: Climate change, multiple stressors and human vulnerability: A systematic review. *Regional Environmental Change*, **16**, 2291–2302. <https://doi.org/10.1007/s10113-016-0974-7>
87. Williams, A.P., B. Livneh, K.A. McKinnon, W.D. Hansen, J.S. Mankin, B.I. Cook, J.E. Smerdon, A.M. Varuolo-Clarke, N.R. Bjarke, C.S. Juang, and D.P. Lettenmaier, 2022: Growing impact of wildfire on western US water supply. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **119** (10), 2114069119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2114069119>
88. Coughlan, M.R., A. Ellison, and A.H. Cavanaugh, 2019: Social Vulnerability and Wildfire in the Wildland Urban Interface: Literature Synthesis. University of Oregon, Northwest Fire Science Consortium, 24 pp. <https://scholarsbank.uoregon.edu/xmlui/handle/1794/25359>
89. Pohl, K., 2021: The Unequal Impacts of Wildfire. Headwaters Economics, Bozeman, MT. <https://headwaterseconomics.org/natural-hazards/unequal-impacts-of-wildfire/>
90. Ryberg, K.R. and J.G. Chanut, 2022: Climate extremes as drivers of surface-water-quality trends in the United States. *Science of The Total Environment*, **809**, 152165. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152165>
91. Stets, E.G., L.A. Sprague, G.P. Oelsner, H.M. Johnson, J.C. Murphy, K. Ryberg, A.V. Vecchia, R.E. Zuellig, J.A. Falcone, and M.L. Riskin, 2020: Landscape drivers of dynamic change in water quality of U.S. rivers. *Environmental Science & Technology*, **54** (7), 4336–4343. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b05344>
92. Murphy, J.C., R.M. Hirsch, and L.A. Sprague, 2014: Antecedent flow conditions and nitrate concentrations in the Mississippi River Basin. *Hydrology and Earth System Sciences*, **10** (3), 967–979. <https://doi.org/10.5194/hessd-10-11451-2013>
93. Lu, C., J. Zhang, H. Tian, W.G. Crumpton, M.J. Helmers, W.-J. Cai, C.S. Hopkinson, and S.E. Lohrenz, 2020: Increased extreme precipitation challenges nitrogen load management to the Gulf of Mexico. *Communications Earth & Environment*, **1** (1), 21. <https://doi.org/10.1038/s43247-020-00020-7>
94. Michalak, A.M., 2016: Study role of climate change in extreme threats to water quality. *Nature*, **535** (7612), 349–350. <https://doi.org/10.1038/535349a>
95. Otten, T.G. and H.W. Paerl, 2015: Health effects of toxic cyanobacteria in U.S. drinking and recreational waters: Our current understanding and proposed direction. *Current Environmental Health Reports*, **2** (1), 75–84. <https://doi.org/10.1007/s40572-014-0041-9>
96. EPA, 2022: Nutrient Pollution: Climate Change and Harmful Algal Blooms. U.S. Environmental Protection Agency, accessed February 14, 2022. <https://www.epa.gov/nutrientpollution/climate-change-and-harmful-algal-blooms>
97. Laughrey, Z.R., V.G. Christensen, R.J. Dusek, S. Senegal, J.S. Lankton, T.A. Ziegler, L.C. Jones, D.K. Jones, B.M. Williams, S. Gordon, G.A. Clyde, E.B. Emery, and K.A. Loftin, 2022: A review of algal toxin exposures on reserved federal lands and among trust species in the United States. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, **52** (23), 4284–4307. <https://doi.org/10.1080/10643389.2021.2010511>
98. Wheeling, K., 2019: Toxic algal blooms are worsening with climate change. *Eos*, **100**. <https://doi.org/10.1029/2019eo136398>
99. Lark, T.J., S.A. Spawn, M. Bougie, and H.K. Gibbs, 2020: Cropland expansion in the United States produces marginal yields at high costs to wildlife. *Nature Communications*, **11** (1), 4295. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18045-z>
100. Hendrickson, J.R., K.K. Sedivec, D. Toledo, and J. Printz, 2019: Challenges facing grasslands in the northern Great Plains and north central region. *Rangelands*, **41** (1), 23–29. <https://doi.org/10.1016/j.rala.2018.11.002>
101. Palit, R., G. Gramig, and E.S. DeKeyser, 2021: Kentucky bluegrass invasion in the northern Great Plains and prospective management approaches to mitigate its spread. *Plants*, **10** (4), 817. <https://doi.org/10.3390/plants10040817>

102. Niemuth, N.D., M.E. Estey, S.P. Fields, B. Wangler, A.A. Bishop, P.J. Moore, R.C. Grosse, and A.J. Ryba, 2017: Developing spatial models to guide conservation of grassland birds in the U.S. Northern Great Plains. *The Condor*, **119** (3), 506–525. <https://doi.org/10.1650/condor-17-14.1>
103. Pulliam, J.P., S. Somershoe, M. Sather, and L.B. McNew, 2020: Habitat targets for imperiled grassland birds in northern mixed-grass prairie. *Rangeland Ecology & Management*, **73** (4), 511–519. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2020.02.006>
104. Bateman, B.L., C. Wilsey, L. Taylor, J. Wu, G.S. LeBaron, and G. Langham, 2020: North American birds require mitigation and adaptation to reduce vulnerability to climate change. *Conservation Science and Practice*, **2** (8), 242. <https://doi.org/10.1111/csp2.242>
105. Otto, C.R.V., H. Zheng, A.L. Gallant, R. Iovanna, B.L. Carlson, M.D. Smart, and S. Hyberg, 2018: Past role and future outlook of the Conservation Reserve Program for supporting honey bees in the Great Plains. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **115** (29), 7629–7634. <https://doi.org/10.1073/pnas.1800057115>
106. Durant, J.L. and C.R.V. Otto, 2019: Feeling the sting? Addressing land-use changes can mitigate bee declines. *Land Use Policy*, **87**, 104005. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.05.024>
107. Otto, C.R.V., C.L. Roth, B.L. Carlson, and M.D. Smart, 2016: Land-use change reduces habitat suitability for supporting managed honey bee colonies in the Northern Great Plains. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **113** (37), 10430–10435. <https://doi.org/10.1073/pnas.1603481113>
108. Niemuth, N.D., B. Wangler, J.J. LeBrun, D. Dewald, S. Larson, T. Schwagler, C. Bradbury, R.D. Pritchert, and R. Iovanna, 2021: Conservation planning for pollinators in the U.S. Great Plains: Considerations of context, treatments, and scale. *Ecosphere*, **12** (7), 03556. <https://doi.org/10.1002/ecs2.3556>
109. Miller Hesed, C. and H. Yocum, 2023: Grassland Management Priorities for the North Central Region. USGS Open-File Report 2023–1037. U.S. Geological Survey, 53 pp. <https://doi.org/10.3133/ofr20231037>
110. Miller Hesed, C.D., H.M. Yocum, I. Rangwala, A.J. Symstad, J.M. Martin, K. Ellison, D.J.A. Wood, M. Ahlering, K.J. Chase, S. Crausbay, A.D. Davidson, J. Elliott, J. Giocomo, D.L. Hoover, T. Klemm, D. Lightfoot, O.P. McKenna, B.W. Miller, D. Mosher, R.C. Nagy, J.B. Nippert, J. Pittman, L. Porensky, J. Stephens, and A.V. Zale, 2023: Synthesis of Climate and Ecological Science to Support Grassland Management Priorities in the North Central Region. USGS Open-File Report 2023–1036. U.S. Geological Survey, 21 pp. <https://doi.org/10.3133/ofr20231036>
111. NRCS, 2018: National Resources Inventory Rangeland Resource Assessment. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 624 pp. [https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/RangelandReport2018\\_0.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/RangelandReport2018_0.pdf)
112. U.S. Census Bureau. 2021: County Business Patterns 2019. U.S. Department of Commerce, U.S. Census Bureau. <https://www.census.gov/data/datasets/2019/econ/cbp/2019-cbp.html>
113. Arora, G., H. Feng, C.J. Anderson, and D.A. Hennessy, 2020: Evidence of climate change impacts on crop comparative advantage and land use. *Agricultural Economics*, **51** (2), 221–236. <https://doi.org/10.1111/agec.12551>
114. Kukal, M.S. and S. Irmak, 2018: U.S. agro-climate in 20th century: Growing degree days, first and last frost, growing season length, and impacts on crop yields. *Scientific Reports*, **8** (1), 6977. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-25212-2>
115. Rosenzweig, S.T. and M.E. Schipanski, 2019: Landscape-scale cropping changes in the High Plains: Economic and environmental implications. *Environmental Research Letters*, **14** (12), 124088. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab5e8b>
116. Vick, E.S.K., P.C. Stoy, A.C.I. Tang, and T. Gerken, 2016: The surface-atmosphere exchange of carbon dioxide, water, and sensible heat across a dryland wheat-fallow rotation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **232**, 129–140. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.07.018>
117. Berg, A., J. Sheffield, and P.C.D. Milly, 2017: Divergent surface and total soil moisture projections under global warming. *Geophysical Research Letters*, **44** (1), 236–244. <https://doi.org/10.1002/2016gl071921>
118. Rigden, A.J., N.D. Mueller, N.M. Holbrook, N. Pillai, and P. Huybers, 2020: Combined influence of soil moisture and atmospheric evaporative demand is important for accurately predicting US maize yields. *Nature Food*, **1**, 127–133. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0028-7>



119. Zhu, P., T. Kim, Z. Jin, C. Lin, X. Wang, P. Ciais, N.D. Mueller, A. Aghakouchak, J. Huang, D. Mulla, and D. Makowski, 2022: The critical benefits of snowpack insulation and snowmelt for winter wheat productivity. *Nature Climate Change*, **12** (5), 485–490. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01327-3>
120. Ainsworth, E.A. and S.P. Long, 2021: 30 years of free-air carbon dioxide enrichment (FACE): What have we learned about future crop productivity and its potential for adaptation? *Global Change Biology*, **27** (1), 27–49. <https://doi.org/10.1111/gcb.15375>
121. Lombardozzi, D.L., G.B. Bonan, S. Levis, and D.M. Lawrence, 2018: Changes in wood biomass and crop yields in response to projected CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, nitrogen deposition, and climate. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, **123** (10), 3262–3282. <https://doi.org/10.1029/2018jg004680>
122. Sloat, L.L., S.J. Davis, J.S. Gerber, F.C. Moore, D.K. Ray, P.C. West, and N.D. Mueller, 2020: Climate adaptation by crop migration. *Nature Communications*, **11** (1), 1243. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15076-4>
123. Mertens, A., J. Van Meensel, L. Willem, L. Lauwers, and J. Buysse, 2018: Ensuring continuous feedstock supply in agricultural residue value chains: A complex interplay of five influencing factors. *Biomass and Bioenergy*, **109**, 209–220. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.12.024>
124. Kant, J.M., G.E. Larson, S.R. Burckhard, B.W. Berdanier, and R.T. Meyers, 2015: Contemporary use of wild fruits by the Lakota in South Dakota and implications for cultural identity. *Great Plains Research*, **25** (1), 13–24. <https://doi.org/10.1353/gpr.2015.0011>
125. Yuzicapi, L., F. Gendron, and R. Bouch-van Dusen, 2013: Dakota and Lakota traditional food and tea: Teachings from elder Lorraine Yuzicapi. *Pimatisiwin: A Journal of Aboriginal and Indigenous Community Health*, **11** (1), 65–97. <https://portal.usask.ca/record/35678>
126. Hoell, A., B.A. Parker, M. Downey, N. Umphlett, K. Jencso, F.A. Akyuz, D. Peck, T. Hadwen, B. Fuchs, D. Kluck, L. Edwards, J. Perlwitz, J. Eischeid, V. Deheza, R. Pulwarty, and K. Bevington, 2020: Lessons learned from the 2017 flash drought across the U.S. Northern Great Plains and Canadian Prairies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **101** (12), 2171–2185. <https://doi.org/10.1175/bams-d-19-0272.1>
127. McKenna, O.P., D.M. Mushet, D.O. Rosenberry, and J.W. LaBaugh, 2017: Evidence for a climate-induced ecohydrological state shift in wetland ecosystems of the southern Prairie Pothole Region. *Climatic Change*, **145**, 273–287. <https://doi.org/10.1007/s10584-017-2097-7>
128. Sohl, T., J. Dornbierer, and S. Wika, 2019: Linking landscapes and people—Projecting the future of the Great Plains. *Rangelands*, **41** (2), 79–87. <https://doi.org/10.1016/j.rala.2018.12.001>
129. Hufkens, K., T.F. Keenan, L.B. Flanagan, R.L. Scott, C.J. Bernacchi, E. Joo, N.A. Brunsell, J. Verfaillie, and A.D. Richardson, 2016: Productivity of North American grasslands is increased under future climate scenarios despite rising aridity. *Nature Climate Change*, **6**, 710–714. <https://doi.org/10.1038/nclimate2942>
130. Klemm, T., D.D. Briske, and M.C. Reeves, 2020: Potential natural vegetation and NPP responses to future climates in the U.S. Great Plains. *Ecosphere*, **11** (10), 03264. <https://doi.org/10.1002/ecs2.3264>
131. Reeves, M.C., A.L. Moreno, K.E. Bagne, and S.W. Running, 2014: Estimating climate change effects on net primary production of rangelands in the United States. *Climatic Change*, **126** (3), 429–442. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1235-8>
132. Augustine, D.J., D.M. Blumenthal, T.L. Springer, D.R. LeCain, S.A. Gunter, and J.D. Derner, 2018: Elevated CO<sub>2</sub> induces substantial and persistent declines in forage quality irrespective of warming in mixedgrass prairie. *Ecological Applications*, **28** (3), 721–735. <https://doi.org/10.1002/eap.1680>
133. Milchunas, D.G., A.R. Mosier, J.A. Morgan, D.R. LeCain, J.Y. King, and J.A. Nelson, 2005: Elevated CO<sub>2</sub> and defoliation effects on a shortgrass steppe: Forage quality versus quantity for ruminants. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **111** (1), 166–184. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.06.014>
134. Moore, K.J., A.W. Lenssen, and S.L. Fales, 2020: Ch. 39. Factors affecting forage quality. In: *Forages: The Science of Grassland Agriculture*, 7th ed. Moore, K.J., M. Collins, C.J. Nelson, and D.D. Redfearn, Eds. Wiley, 701–717. <https://doi.org/10.1002/9781119436669.ch39>
135. Klemm, T. and D.D. Briske, 2021: Retrospective assessment of beef cow numbers to climate variability throughout the U.S. Great Plains. *Rangeland Ecology & Management*, **78**, 273–280. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2019.07.004>

136. Haigh, T.R., J.A. Otkin, A. Mucia, M. Hayes, and M.E. Burbach, 2019: Drought early warning and the timing of range managers' drought response. *Advances in Meteorology*, **2019**, 1-14. <https://doi.org/10.1155/2019/9461513>
137. Derner, J., D. Briske, M. Reeves, T. Brown-Brandl, M. Meehan, D. Blumenthal, W. Travis, D. Augustine, H. Wilmer, D. Scasta, J. Hendrickson, J. Volesky, L. Edwards, and D. Peck, 2018: Vulnerability of grazing and confined livestock in the Northern Great Plains to projected mid- and late-twenty-first century climate. *Climatic Change*, **146** (1-2), 19-42. <https://doi.org/10.1007/s10584-017-2029-6>
138. Reeves, M.C., M.E. Manning, J.P. DiBenedetto, K.A. Palmquist, W.K. Lauenroth, J.B. Bradford, and D.R. Schlaepfer, 2018: Ch. 6. Effects of climate change on rangeland vegetation in the Northern Rockies. In: *Climate Change and Rocky Mountain Ecosystems*. Halofsky, J.E. and D.L. Peterson, Eds. Springer, Cham, Switzerland, 97-114. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-56928-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-56928-4_6)
139. Blackfeet Nation, 2022: Blackfeet Nation Agricultural Resource Management Plan. Blackfeet Nation, Browning, MT. <https://bnsnga.com/governing-documents>
140. Olimb, S.K. and B. Robinson, 2019: Grass to grain: Probabilistic modeling of agricultural conversion in the North American Great Plains. *Ecological Indicators*, **102**, 237-245. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.02.042>
141. Epstein, K., J.H. Haggerty, and H. Gosnell, 2021: With, not for, money: Ranch management trajectories of the super-rich in Greater Yellowstone. *Annals of the American Association of Geographers*, **112** (2), 432-448. <https://doi.org/10.1080/24694452.2021.1930512>
142. Fairbairn, M., 2020: *Fields of Gold: Financing the Global Land Rush*. Cornell University Press. <http://www.jstor.org/stable/10.7591/j.ctvnrnfpvf>
143. Haggerty, J.H., M. Auger, and K. Epstein, 2018: Ranching sustainability in the Northern Great Plains: An appraisal of local perspectives. *Rangelands*, **40** (3), 83-91. <https://doi.org/10.1016/j.rala.2018.03.005>
144. Cutter, S.L., B.J. Boruff, and W.L. Shirley, 2003: Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, **84** (2), 242-261. <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>
145. 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>
146. Powell, L.A., R. Edwards, K.D.J. Powell, and K. Nieland, 2018: Geography of ecotourism potential in the Great Plains: Incentives for conservation. *Great Plains Research*, **28** (1), 15-24. <https://doi.org/10.1353/gpr.2018.0001>
147. Jedd, T.M., M.J. Hayes, C.M. Carrillo, T. Haigh, C.J. Chizinski, and J. Swigart, 2018: Measuring park visitation vulnerability to climate extremes in U.S. Rockies National Parks tourism. *Tourism Geographies*, **20** (2), 224-249. <https://doi.org/10.1080/14616688.2017.1377283>
148. Warziniack, T., M. Lawson, and S.K. Dante-Wood, 2018: Ch. 11. Effects of climate change on ecosystem services in the Northern Rockies Region. In: *Climate Change Vulnerability and Adaptation in the Northern Rocky Mountains Part 2*. Halofsky, J.E., D.L. Peterson, S.K.H. Dante-Wood, L. , J.J. Ho, and L.A. Joyce, Eds. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, CO, 434-461. <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/55996>
149. Sage, J.L., 2016: Economic Contributions of the Yellowstone River to Park County, Montana. Institute for Tourism and Recreation Research Publications, 346. University of Montana. [https://scholarworks.umt.edu/itrr\\_pubs/346/](https://scholarworks.umt.edu/itrr_pubs/346/)
150. Hand, M.S. and M. Lawson, 2018: Ch. 9. Effects of climate change on recreation in the Northern Rockies. In: *Climate Change and Rocky Mountain Ecosystems*. Halofsky, J.E. and D.L. Peterson, Eds. Springer, Cham, Switzerland, 169-188. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-56928-4\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-56928-4_9)
151. Sage, J.L. and N.P. Nickerson, 2017: The Montana Expression 2017: 2017's Costly Fire Season. Institute for Tourism and Recreation Research, 363. University of Montana. [https://scholarworks.umt.edu/itrr\\_pubs/363](https://scholarworks.umt.edu/itrr_pubs/363)
152. Weed, A.S., B.J. Bentz, M.P. Ayres, and T.P. Holmes, 2015: Geographically variable response of *Dendroctonus ponderosae* to winter warming in the western United States. *Landscape Ecology*, **30** (6), 1075-1093. <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0170-z>
153. 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>

154. Parthum, B. and P. Christensen, 2022: A market for snow: Modeling winter recreation patterns under current and future climate. *Journal of Environmental Economics and Management*, **113**, 102637. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2022.102637>
155. Roemer, K.F. and J.H. Haggerty, 2022: The energy transition as fiscal rupture: Public services and resilience pathways in a coal company town. *Energy Research & Social Science*, **91**, 102752. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102752>
156. Haggerty, J.H., M.N. Haggerty, K. Roemer, and J. Rose, 2018: Planning for the local impacts of coal facility closure: Emerging strategies in the U.S. West. *Resources Policy*, **57**, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.01.010>
157. Huang, J. and K.R. Gurney, 2017: Impact of climate change on U.S. building energy demand: Financial implications for consumers and energy suppliers. *Energy and Buildings*, **139**, 747–754. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.01.077>
158. van Ruijven, B.J., E. De Cian, and I. Sue Wing, 2019: Amplification of future energy demand growth due to climate change. *Nature Communications*, **10** (1), 2762. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10399-3>
159. Ott, J.P., B.B. Hanberry, M. Khalil, M.W. Paschke, M. Post van der Burg, and A.J. Prenni, 2021: Energy development and production in the Great Plains: Implications and mitigation opportunities. *Rangeland Ecology & Management*, **78**, 257–272. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2020.05.003>
160. Davis, L.W. and C. Hausman, 2022: Who Will Pay for Legacy Utility Costs? NBER Working Paper 28955. National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w28955>
161. Bie, Z., Y. Lin, G. Li, and F. Li, 2017: Battling the extreme: A study on the power system resilience. *Proceedings of the IEEE*, **105** (7), 1253–1266. <https://doi.org/10.1109/jproc.2017.2679040>
162. Chinowsky, P., J. Helman, S. Gulati, J. Neumann, and J. Martinich, 2019: Impacts of climate change on operation of the US rail network. *Transport Policy*, **75**, 183–191. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.05.007>
163. EIA, 2022: Annual Energy Outlook 2022. U.S. Energy Information Administration, Washington, DC. <https://www.eia.gov/outlooks/archive/aeo22/>
164. Grubert, E., 2020: Fossil electricity retirement deadlines for a just transition. *Science*, **370** (6521), 1171–1173. <https://doi.org/10.1126/science.abe0375>
165. Johnson, S. and K. Chau, 2019: Today in Energy: More U.S. coal-fired power plants are decommissioning as retirements continue. U.S. Energy Information Administration. <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=40212>
166. 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>
167. Righetti, T.K., T. Stoellinger, and R. Godby, 2021: Adapting to coal plant closures: A framework to understand state energy transition resistance. *Environmental Law*, **51** (4), 957–990. <https://doi.org/10.13140/rg.2.2.32801.74083>
168. 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>
169. Jenkins, J.D., E.N. Mayfield, J. Farbes, R. Jones, N. Patankar, Q. Xu, and G. Schivley, 2022: Preliminary Report: The Climate and Energy Impacts of the Inflation Reduction Act of 2022. REPEAT Project. Princeton University, Princeton, NJ. [https://repeatproject.org/docs/repeat\\_ira\\_preliminary\\_report\\_2022-08-04.pdf](https://repeatproject.org/docs/repeat_ira_preliminary_report_2022-08-04.pdf)
170. EIA, 2022: Electricity Data. U.S. Energy Information Administration. <https://www.eia.gov/electricity/data.php>
171. Carwile, C., 2021: Race, power, and place: Lakota lessons from Pine Ridge Reservation. *Michigan Journal of Community Service Learning*, **27** (1), 129–153. <https://eric.ed.gov/?id=ej1315005>
172. Oceti Sakowin Power Authority, 2019: Testimony of Lyle Jack Chairman of the Board of Directors Oceti Sakowin Power Authority. Oceti Sakowin Power Authority, 21 pp. <https://democrats-naturalresources.house.gov/download/2-testimony-attachment-ospa-lyle-jack-043019>

173. Singletary, L., S. Clow, M. Connolly, D. Marks-Marino, A. Samoy, and S. Stout, 2021: Ch. 6. Economic development. In: *Status of Tribes and Climate Change Report*. Marks-Marino, D., Ed. Institute for Tribal Environmental Professionals, Flagstaff, AZ, 174–189. <http://nau.edu/stacc2021>
174. Wyoming Energy Authority, 2023: WIH2 submits application for DOE funding grant: Western Interstate Hydrogen Hub submits application for U.S. Department of Energy funding grant. Wyoming Energy Authority, Cheyenne, WY, April 10, 2023. <https://wyoenergy.org/wih2-application-submit>
175. Vogt, R., C. Burkhart-Kriesel, B. Lubben, L.J. McElravy, T. Meyer, S. Schulz, and J. Weigle, 2020: Severe Weather in Nebraska: Impacts on Nonmetropolitan Nebraskans. Nebraska Rural Poll Research Report 20-1. University of Nebraska, Rural Futures Institute. <https://digitalcommons.unl.edu/rfipubs/29/>
176. Zambrano, L., C. Cooley, D. Crow Ghost, M. Cruz, P. Hardison, P. Hingst, C. Jones, J. Maldonado, D. Marks-Marino, and S. Tangen, 2021: Ch. 9. Emergency management. In: *Status of Tribes and Climate Change Report*. Marks-Marino, D., Ed. Institute for Tribal Environmental Professionals, Flagstaff, AZ, 222–240. <http://nau.edu/stacc2021>
177. FEMA, 2019: South Dakota Severe Storms, Tornadoes, and Flooding. DR-4469-SD. U.S. Department of Homeland Security, Federal Emergency Management Agency. <https://www.fema.gov/disaster/4469>
178. Martin, C., V.W. Simonds, S.L. Young, J. Doyle, M. Lefthand, and M.J. Eggers, 2021: Our relationship to water and experience of water insecurity among Apsáalooke (Crow Indian) people, Montana. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **18** (2), 582. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020582>
179. IHS, 2020: Annual Report to the Congress of the United States on Sanitation Deficiency Levels for Indian Homes and Communities: Fiscal Year 2019. Indian Health Service, Office of Environmental Health and Engineering, Division of Sanitation Facilities Construction, Rockville, MD. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/nbk571290/>
180. Rumbach, A., E. Sullivan, and C. Makarewicz, 2020: Mobile home parks and disasters: Understanding risk to the third housing type in the United States. *Natural Hazards Review*, **21** (2), 05020001. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)nh.1527-6996.0000357](https://doi.org/10.1061/(asce)nh.1527-6996.0000357)
181. Paine, M., 2016: Floodplain Management Today: Who Lives in Nebraska Floodplains? Nebraska Department of Natural Resources, 8 pp. [https://dnr.nebraska.gov/sites/dnr.nebraska.gov/files/doc/floodplain/newsletters/Floodplain\\_Management\\_Today\\_December\\_2016.pdf](https://dnr.nebraska.gov/sites/dnr.nebraska.gov/files/doc/floodplain/newsletters/Floodplain_Management_Today_December_2016.pdf)
182. Morris, A.C., 2016: The Challenge of State Reliance on Revenue from Fossil Fuel Production. Climate and Energy Economics Discussion Paper. The Brookings Institution, Washington, DC. <https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/08/state-fiscal-implications-of-fossil-fuel-production-0809216-morris.pdf>
183. NSF, 2022: EPSCoR Criteria for Eligibility. National Science Foundation. <https://new.nsf.gov/funding/initiatives/epscor/epscor-criteria-eligibility>
184. Van Boven, L. and D.K. Sherman, 2021: Elite influence on public attitudes about climate policy. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, **42**, 83–88. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2021.03.023>
185. Charnley, S., H. Gosnell, R. Davee, and J. Abrams, 2020: Ranchers and beavers: Understanding the human dimensions of beaver-related stream restoration on western rangelands. *Rangeland Ecology & Management*, **73** (5), 712–723. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2020.04.008>
186. Pfaeffle, T., M.A. Moore, A.E. Cravens, J. McEvoy, and A. Bamzai-Dodson, 2022: Murky waters: Divergent ways scientists, practitioners, and landowners evaluate beaver mimicry. *Ecology and Society*, **27** (1). <https://doi.org/10.5751/es-13006-270141>
187. NCSE and TFN, 2020: Making the Grade? How State Public School Science Standards Address Climate Change. National Center for Science Education and Texas Freedom Network Education Fund. [https://ncse.ngo/files/MakingTheGrade\\_Final\\_10.8.2020.pdf](https://ncse.ngo/files/MakingTheGrade_Final_10.8.2020.pdf)
188. Howe, P.D., M. Mildenerger, J.R. Marlon, and A. Leiserowitz, 2015: Geographic variation in opinions on climate change at state and local scales in the USA. *Nature Climate Change*, **5** (6), 596–603. <https://doi.org/10.1038/nclimate2583>
189. Prokopy, L.S., L.W. Morton, J.G. Arbuckle, A.S. Mase, and A.K. Wilke, 2015: Agricultural stakeholder views on climate change: Implications for conducting research and outreach. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **96** (2), 181–190. <https://doi.org/10.1175/bams-d-13-00172.1>



190. Carley, S., T.P. Evans, M. Graff, and D.M. Konisky, 2018: A framework for evaluating geographic disparities in energy transition vulnerability. *Nature Energy*, **3** (8), 621–627. <https://doi.org/10.1038/s41560-018-0142-z>
191. Snyder, B.F., 2018: Vulnerability to decarbonization in hydrocarbon-intensive counties in the United States: A just transition to avoid post-industrial decay. *Energy Research & Social Science*, **42**, 34–43. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.03.004>
192. Morris, A.C., N. Kaufman, and S. Doshi, 2021: Revenue at risk in coal-reliant counties. *Environmental and Energy Policy and the Economy*, **2**, 83–116. <https://doi.org/10.1086/711307>
193. Haggerty, J.H., M. Haggerty, and R. Rasker, 2014: Uneven local benefits of renewable energy in the U.S. West: Property tax policy effects. *Western Economics Forum*, **13** (1), 8–22. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.189734>
194. Haggerty, M.N. and J.H. Haggerty, 2021: Ch. 31. Rethinking fiscal policy for inclusive rural development. In: *Investing in Rural Prosperity*. Dumont, A. and D.P. Davis, Eds. Federal Reserve Bank of St. Louis, 447–460. <https://www.stlouisfed.org/-/media/project/frbstl/stlouisfed/files/pdfs/community-development/investing-rural/investingruralprosperity-book.pdf>
195. Wen, C., Y. Xu, Y. Kim, and M.E. Warner, 2020: Starving counties, squeezing cities: Tax and expenditure limits in the US. *Journal of Economic Policy Reform*, **23** (2), 101–119. <https://doi.org/10.1080/17487870.2018.1509711>
196. Haggerty, M., 2021: Innovating fiscal policy to power enduring rural prosperity. In: *Principal Ideas: How Can We Secure Enduring Capital for Equitable Rural Prosperity?* Aspen Institute Community Strategies Group, 4–7. <https://www.aspeninstitute.org/publications/principal-ideas/>
197. STACCCWG, 2021: The Status of Tribes and Climate Change Report. Marks-Marino, D., Ed. Northern Arizona University, Institute for Tribal Environmental Professionals, Flagstaff, AZ. <http://nau.edu/stacc2021>
198. Zimmerman, M.G. and T.G. Reames, 2021: Where the wind blows: Exploring barriers and opportunities to renewable energy development on United States tribal lands. *Energy Research & Social Science*, **72**, 101874. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101874>
199. The White House, 2021: Fact sheet: The bipartisan infrastructure deal boosts clean energy jobs, strengthens resilience, and advances environmental justice. The White House, Washington, DC, November 8, 2021. <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/11/08/fact-sheet-the-bipartisan-infrastructure-deal-boosts-clean-energy-jobs-strengthens-resilience-and-advances-environmental-justice/>
200. Look, W., M. Haggerty, and D. Mazzone, 2022: Community Hubs to Support Energy Transition. Issue Brief 22-02. Resources for the Future and Environmental Defense Fund, Washington, DC, 11 pp. <https://www.rff.org/publications/issue-briefs/community-hubs-to-support-energy-transition/>
201. Smith, K. and P. Hernandez, 2022: Capacity-Limited States Still Struggle to Access FEMA BRIC Grants. Headwaters Economics, Bozeman, MT. <https://headwaterseconomics.org/equity/capacity-limited-fema-bric-grants/>
202. Hernandez, P., B. Daigle, T. Preston, K. Pohl, K. Smith, B. Powell, and S. Story, 2022: A Rural Capacity Map. Headwaters Economics, Bozeman, MT. <https://headwaterseconomics.org/equity/rural-capacity-map/>
203. Anderson, S., 2019: *One Size Fits None: A Farm Girl's Search for the Promise of Regenerative Agriculture*. University of Nebraska Press, Lincoln, NE, 312 pp. <https://www.nebraskapress.unl.edu/nebraska/9781496205056/>
204. Montgomery, D.R., 2017: *Growing a Revolution: Bringing Our Soil Back to Life*. WW Norton & Company, 320 pp. <https://wnnorton.com/books/9780393356090>
205. Jenkins, J.D., E.N. Mayfield, E.D. Larson, S.W. Pacala, and C. Greig, 2021: Mission net-zero America: The nation-building path to a prosperous, net-zero emissions economy. *Joule*, **5** (11), 2755–2761. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2021.10.016>
206. Trainor, A.M., R.I. McDonald, and J. Fargione, 2016: Energy sprawl is the largest driver of land use change in United States. *PLoS ONE*, **11** (9), e0162269. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162269>
207. van Zalk, J. and P. Behrens, 2018: The spatial extent of renewable and non-renewable power generation: A review and meta-analysis of power densities and their application in the U.S. *Energy Policy*, **123**, 83–91. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.08.023>
208. Lark, T.J., 2020: Protecting our prairies: Research and policy actions for conserving America's grasslands. *Land Use Policy*, **97**, 104727. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104727>

209. Scholtz, R. and D. Twidwell, 2022: The last continuous grasslands on Earth: Identification and conservation importance. *Conservation Science and Practice*, **4** (3), e626. <https://doi.org/10.1111/csp2.626>
210. Hise, C., B. Obermeyer, M. Ahlering, J. Wilkinson, and J. Fargione, 2022: Site wind right: Identifying low-impact wind development areas in the central United States. *Land*, **11** (4). <https://doi.org/10.3390/land11040462>
211. Ginger Paige (Author), November 10, 2020: Oral communication with Anne MacKinnon, University of Wyoming.
212. Lamborn, C.C. and J.W. Smith, 2019: Human perceptions of, and adaptations to, shifting runoff cycles: A case-study of the Yellowstone River (Montana, USA). *Fisheries Research*, **216**, 96–108. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2019.04.005>.
213. Penmetsa, V. and K.E. Holbert, 2019: Climate change effects on solar, wind and hydro power generation. In: *North American Power Symposium (NAPS)*. Wichita, KS, 13–15 October 2019. IEEE. <https://doi.org/10.1109/naps46351.2019.9000213>
214. Dolan, K.A., P.C. Stoy, and B. Poulter, 2020: Land management and climate change determine second-generation bioenergy potential of the US Northern Great Plains. *GCB Bioenergy*, **12** (7), 491–509. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12686>
215. Hamada, Y., C.R. Zumpf, J.F. Cacho, D. Lee, C.H. Lin, A. Boe, E. Heaton, R. Mitchell, and M.C. Negri, 2021: Remote sensing-based estimation of advanced perennial grass biomass yields for bioenergy. *Land*, **10** (11), 1221. <https://doi.org/10.3390/land1011221>
216. Peni, D., M.J. Stolarski, A. Bordiean, M. Krzyżaniak, and M. Dębowski, 2020: *Silphium perfoliatum*—A herbaceous crop with increased interest in recent years for multi-purpose use. *Agriculture*, **10** (12), 640. <https://doi.org/10.3390/agriculture10120640>
217. Zilverberg, C.J., W.C. Johnson, D. Archer, S. Kronberg, T. Schumacher, A. Boe, and C. Novotny, 2014: Profitable prairie restoration: The EcoSun Prairie Farm experiment. *Journal of Soil and Water Conservation*, **69** (1), 22–25. <https://doi.org/10.2489/jswc.69.1.22a>
218. Stewart, C.E., R.F. Follett, E.G. Pruessner, G.E. Varvel, K.P. Vogel, and R.B. Mitchell, 2015: Nitrogen and harvest effects on soil properties under rainfed switchgrass and no-till corn over 9 years: Implications for soil quality. *GCB Bioenergy*, **7** (2), 288–301. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12142>
219. Stoy, P.C., S. Ahmed, M. Jarchow, B. Rashford, D. Swanson, S. Albeke, G. Bromley, E.N.J. Brookshire, M.D. Dixon, J. Haggerty, P. Miller, B. Peyton, A. Royem, L. Spangler, C. Straub, and B. Poulter, 2018: Opportunities and trade-offs among BECCS and the food, water, energy, biodiversity, and social systems nexus at regional scales. *BioScience*, **68** (2), 100–111. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix145>
220. Oakes, L.E., M.S. Cross, and E.S. Zavaleta, 2021: Rapid assessment to facilitate climate-informed conservation and nature-based solutions. *Conservation Science and Practice*, **3** (8), 472. <https://doi.org/10.1111/csp2.472>
221. Schipper, E.L.F., 2020: Maladaptation: When adaptation to climate change goes very wrong. *One Earth*, **3** (4), 409–414. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.09.014>
222. Findlater, K., S. Hagerman, R. Kozak, and V. Gukova, 2022: Redefining climate change maladaptation using a values-based approach in forests. *People and Nature*, **4** (1), 231–242. <https://doi.org/10.1002/pan3.10278>
223. Ojima, D.S., R.T. Conant, W.J. Parton, J.M. Lockett, and T.L. Even, 2021: Recent climate changes across the Great Plains and implications for natural resource management practices. *Rangeland Ecology and Management*, **78**, 180–190. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2021.03.008>
224. Blann, K.L., J.L. Anderson, G.R. Sands, and B. Vondracek, 2009: Effects of agricultural drainage on aquatic ecosystems: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, **39** (11), 909–1001. <https://doi.org/10.1080/10643380801977966>
225. Yang, Y., M. Anderson, F. Gao, C. Hain, W. Kustas, T. Meyers, W. Crow, R. Finocchiaro, J. Otkin, L. Sun, and Y. Yang, 2017: Impact of tile drainage on evapotranspiration in South Dakota, USA, based on high spatiotemporal resolution evapotranspiration time series from a multisatellite data fusion system. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, **10** (6), 2550–2564. <https://doi.org/10.1109/jstars.2017.2680411>
226. Werner, B., J. Tracy, W.C. Johnson, R.A. Voldseth, G.R. Guntenspergen, and B. Millett, 2016: Modeling the effects of tile drain placement on the hydrologic function of farmed prairie wetlands. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, **52** (6), 1482–1492. <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12471>

227. Finocchiaro, R.G. 2014: Agricultural Subsurface Drainage Tile Locations by Permits in South Dakota. U.S. Geological Survey Data Release. <https://doi.org/10.5066/f7ks6pnw>
228. Finocchiaro, R.G. 2016: Agricultural Subsurface Drainage Tile Locations by Permits in North Dakota. U.S. Geological Survey Data Release. <https://doi.org/10.5066/f7qf8qzw>
229. Sando, T., 2015: Trends in North Dakota field water management. *The Oxbow - North Dakota State Water Commission*, April 2015. [https://www.swc.nd.gov/info\\_edu/reports\\_and\\_publications/oxbow\\_articles/2015\\_april.pdf](https://www.swc.nd.gov/info_edu/reports_and_publications/oxbow_articles/2015_april.pdf)
230. Tangen, B. and M.T. Wiltermuth, 2018: Prairie Pothole Region wetlands and subsurface drainage systems: Key factors for determining drainage setback distances. *Journal of Fish and Wildlife Management*, **9** (1), 274–284. <https://doi.org/10.3996/092017-jfwm-076>
231. Dahl, T.E., 2014: Status and Trends of Prairie Wetlands in the United States 1997 to 2009. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Ecological Services, Washington, DC, 67 pp. <https://www.fws.gov/wetlands/documents/Status-and-Trends-of-Prairie-Wetlands-in-the-United-States-1997-to-2009.pdf>
232. Mushet, D.M., M.B. Goldhaber, C.T. Mills, K.I. McLean, V.M. Aparicio, R.B. McCleskey, J.M. Holloway, and C.A. Stockwell, 2015: Chemical and Biotic Characteristics of Prairie Lakes and Large Wetlands in South-Central North Dakota—Effects of a Changing Climate. Scientific Investigations Report 2015–5126. U.S. Geological Survey, Reston, VA, 55 pp. <https://doi.org/10.3133/sir20155126>
233. McCauley, L.A., M.J. Anteau, M.P. van der Burg, and M.T. Wiltermuth, 2015: Land use and wetland drainage affect water levels and dynamics of remaining wetlands. *Ecosphere*, **6** (6), 92. <https://doi.org/10.1890/es14-00494.1>
234. McKenna, O.P., S.R. Kucia, D.M. Mushet, M.J. Anteau, and M.T. Wiltermuth, 2019: Synergistic interaction of climate and land-use drivers alter the function of North American, prairie-pothole wetlands. *Sustainability*, **11** (23), 6581. <https://doi.org/10.3390/su11236581>
235. Schottler, S.P., J. Ulrich, P. Belmont, R. Moore, J.W. Lauer, D.R. Engstrom, and J.E. Almendinger, 2014: Twentieth century agricultural drainage creates more erosive rivers. *Hydrological Processes*, **28** (4), 1951–1961. <https://doi.org/10.1002/hyp.9738>
236. King, K.W., M.R. Williams, M.L. Macrae, N.R. Fausey, J. Frankenberger, D.R. Smith, P.J.A. Kleinman, and L.C. Brown, 2015: Phosphorus transport in agricultural subsurface drainage: A review. *Journal of Environmental Quality*, **44** (2), 467–485. <https://doi.org/10.2134/jeq2014.04.0163>
237. Speir, S.L., J.L. Tank, M. Bierzoza, U.H. Mahl, and T.V. Royer, 2021: Storm size and hydrologic modification influence nitrate mobilization and transport in agricultural watersheds. *Biogeochemistry*, **156** (3), 319–334. <https://doi.org/10.1007/s10533-021-00847-y>
238. Cheng, F.Y., K.J. Van Meter, D.K. Byrnes, and N.B. Basu, 2020: Maximizing US nitrate removal through wetland protection and restoration. *Nature*, **588** (7839), 625–630. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-03042-5>
239. Doherty, K.E., D.W. Howerter, J.H. Devries, and J. Walker, 2018: Prairie Pothole Region of North America. In: *The Wetland Book: II: Distribution, Description, and Conservation*. Finlayson, C.M., G.R. Milton, R.C. Prentice, and N.C. Davidson, Eds. Springer, Dordrecht, Netherlands, 679–688. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-4001-3\\_15](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4001-3_15)
240. Johnson, W.C. and G.R. Guntenspergen, 2022: Ch. 10. Maintaining wetland ecosystem services in a changing climate. In: *Soil Hydrology in a Changing Climate*. Blanco, H., S. Kumar, and S. Anderson, Eds. CSIRO Publishing, 32. <https://www.publish.csiro.au/book/7978/>
241. Mitchell, M.E., S.D. Shifflett, T. Newcomer-Johnson, A. Hodaj, W. Crumpton, J. Christensen, B. Dyson, T.J. Canfield, S. Richmond, M. Helmers, D. Lemke, M. Lechtenberg, C. Taylor, and K.J. Forshay, 2022: Ecosystem services in Iowa agricultural catchments: Hypotheses for scenarios with water quality wetlands and improved tile drainage. *Journal of Soil and Water Conservation*, **77** (4), 426–440. <https://doi.org/10.2489/jswc.2022.00127>
242. Keeler, J., 2019: Yankton Sioux: ‘Our community is literally drowning’. *Indian Country Today*, October 1, 2019. <https://www.indianz.com/news/2019/10/01/yankton-sioux-our-community-is-literally.asp>
243. Johnson, W.C. and D.H. Knight, 2022: *Ecology of the Dakotas: Past, Present, and Future*. Yale University Press, New Haven, CT, 336 pp. <https://yalebooks.yale.edu/book/9780300253818/ecology-of-dakota-landscapes/>

244. Basche, A., K. Tully, N.L. Álvarez-Berrios, J. Reyes, L. Lengnick, T. Brown, J.M. Moore, R.E. Schattman, L.K. Johnson, and G. Roesch-McNally, 2020: Evaluating the untapped potential of US conservation investments to improve soil and environmental health. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, **4**, 547876. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.547876>
245. Brown, G., 2018: *Dirt to Soil: One Family's Journey into Regenerative Agriculture*. Chelsea Green Publishing, 240 pp. <https://www.chelseagreen.com/product/dirt-to-soil/>
246. Smart, A.J., D. Redfearn, R. Mitchell, T. Wang, C. Zilverberg, P.J. Bauman, J.D. Derner, J. Walker, and C. Wright, 2021: Forum: Integration of crop-livestock systems: An opportunity to protect grasslands from conversion to cropland in the US Great Plains. *Rangeland Ecology and Management*, **78**, 250–256. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2019.12.007>
247. Zilverberg, C.J., K. Heimerl, T.E. Schumacher, D.D. Malo, J.A. Schumacher, and W.C. Johnson, 2018: Landscape dependent changes in soil properties due to long-term cultivation and subsequent conversion to native grass agriculture. *CATENA*, **160**, 282–297. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.09.020>
248. Fenster, T.L.D., C.E. LaCanne, J.R. Pecenka, R.B. Schmid, M.M. Bredeson, K.M. Busenitz, A.M. Michels, K.D. Welch, and J.G. Lundgren, 2021: Defining and validating regenerative farm systems using a composite of ranked agricultural practices. *F1000Research*, **10**, 115. <https://doi.org/10.12688/f1000research.28450.1>
249. Krupek, F.S., D. Redfearn, K.M. Eskridge, and A. Basche, 2022: Ecological intensification with soil health practices demonstrates positive impacts on multiple soil properties: A large-scale farmer-led experiment. *Geoderma*, **409**, 115594. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115594>
250. LaCanne, C.E. and J.G. Lundgren, 2018: Regenerative agriculture: Merging farming and natural resource conservation profitably. *PeerJ*, **6**, 4428. <https://doi.org/10.7717/peerj.4428>
251. Rosenzweig, S.T., S.J. Fonte, and M.E. Schipanski, 2018: Intensifying rotations increases soil carbon, fungi, and aggregation in semi-arid agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **258**, 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.01.016>
252. Rosenzweig, S.T., M.E. Stromberger, and M.E. Schipanski, 2018: Intensified dryland crop rotations support greater grain production with fewer inputs. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **264**, 63–72. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.05.017>
253. Rosenzweig, S.T., M.S. Carolan, and M.E. Schipanski, 2020: A dryland cropping revolution? Linking an emerging soil health paradigm with shifting social fields among wheat growers of the High Plains. *Rural Sociology*, **85** (2), 545–574. <https://doi.org/10.1111/ruso.12304>
254. Wick, A.F., J. Haley, C. Gasch, T. Wehlander, L. Briese, and S. Samson-Liebig, 2019: Network-based approaches for soil health research and extension programming in North Dakota, USA. *Soil Use and Management*, **35** (1), 177–184. <https://doi.org/10.1111/sum.12444>
255. Wang, T., H. Jin, U. Kreuter, and R. Teague, 2021: Expanding grass-based agriculture on marginal land in the U.S. Great Plains: The role of management intensive grazing. *Land Use Policy*, **104**, 105155. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105155>
256. Craig, R.K., 2020: Water law and climate change in the United States: A review of the legal scholarship. *WIREs Water*, **7** (3), e1423. <https://doi.org/10.1002/wat2.1423>
257. Ginger Paige (Author), August 25, 2022: Oral communication with Joseph Cook, Irrigation Science and Management Center, University of Wyoming.
258. Ginger Paige (Author), April 4, 2023: Email communication with Kelsey Peck, Popo Agie Conservation District, Lander, WY.
259. Cosens, B. and B. Chaffin, 2016: Adaptive governance of water resources shared with Indigenous Peoples: The role of law. *Water*, **8** (3), 97. <https://doi.org/10.3390/w8030097>
260. Rinella, M.J., S.E. Bellows, T.W. Geary, R.C. Waterman, L.T. Vermeire, K.O. Reinhart, M.L. Van Emon, and L.A. Cook, 2022: Early calving benefits livestock production under winter and spring warming. *Rangeland Ecology & Management*, **81**, 63–68. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2022.01.003>
261. Haigh, T.R., M. Hayes, J. Smyth, L. Prokopy, C. Francis, and M. Burbach, 2021: Ranchers' use of drought contingency plans in protective action decision making. *Rangeland Ecology and Management*, **74**, 50–62. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2020.09.007>



262. Lassa, M.J., H. Wilmer, M. Boone, Z. Brown, J.D. Derner, D.E. Peck, C. Thissen, and C. Marlow, 2020: How to talk with ranchers about drought and climate resilience: Lessons from knowledge exchange workshops in Montana. *Journal of Extension*, **58** (5), 18. <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/61765>
263. Smart, A.J., K. Harmoney, J.D. Scasta, M.B. Stephenson, J.D. Volesky, L.T. Vermeire, J.C. Mosley, K. Sedivec, M. Meehan, T. Haigh, J.D. Derner, and M.P. McClaran, 2021: Forum: Critical decision dates for drought management in central and northern Great Plains rangelands. *Rangeland Ecology & Management*, **78**, 191–200. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2019.09.005>
264. Wilmer, H., D.J. Augustine, J.D. Derner, M.E. Fernández-Giménez, D.D. Briske, L.M. Roche, K.W. Tate, and K.E. Miller, 2018: Diverse management strategies produce similar ecological outcomes on ranches in western Great Plains: Social–ecological assessment. *Rangeland Ecology & Management*, **71** (5), 626–636. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2017.08.001>
265. Hillenbrand, M.R., F. Thompson, S. Wang, S. Apfelbaum, and R. Teague, 2019: Impacts of holistic planned grazing with bison compared to continuous grazing with cattle in South Dakota shortgrass prairie. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **279**, 156–168. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.02.005>
266. Smith, A.P., L. Yung, A.J. Snitker, R.K. Bocinsky, E.C. Metcalf, and K. Jencso, 2021: Scalar mismatches and underlying factors for underutilization of climate information: Perspectives from farmers and ranchers. *Frontiers in Climate*, **3**, 663071. <https://doi.org/10.3389/fclim.2021.663071>
267. 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>
268. *Water Resources Development Act 2020*, 2020: 116th Congress. H.R. 7575. <https://www.congress.gov/bill/116th-congress/house-bill/7575/text>
269. Spinrad, R., 2021: Statement from NOAA Administrator Rick Spinrad on the signing of the bipartisan Infrastructure Investment and Jobs Act. National Oceanic and Atmospheric Administration, November 15, 2021. <https://www.noaa.gov/news-release/statement-from-noaa-administrator-rick-spinrad-on-signing-of-bipartisan-infrastructure-investment>
270. Smith, K. and A. Savitt, 2020: Implementing watershed-scale flood mitigation projects Grand Island, Nebraska. In: *Building for the Future: Five Midwestern Communities Reduce Flood Risk*. Headwaters Economics, 15–18. [https://headwaterseconomics.org/wp-content/uploads/FloodCaseStudies\\_LowRes.pdf](https://headwaterseconomics.org/wp-content/uploads/FloodCaseStudies_LowRes.pdf)
271. Blackfeet Nation, 2018: Blackfeet Climate Change Adaptation Plan. Blackfeet Nation. [https://bcapwebsite.files.wordpress.com/2018/04/bcap\\_final\\_4-11.pdf](https://bcapwebsite.files.wordpress.com/2018/04/bcap_final_4-11.pdf)
272. CSKT, 2016: Climate Change Strategic Plan. Confederated Salish and Kootenai Tribes of the Flathead Reservation. <http://csktclimate.org/index.php/resources/resources>
273. Sicangu Climate Crisis Working Group, 2022: A Climate Adaptation Plan for the Sicangu Lakota Oyate. Rosebud Sioux Tribe. [https://www.rosebudsiouxtribe-nsn.gov/\\_files/ugd/ed1fef\\_53c3d954c1ef4c9d8d8ce441f58cb55c.pdf](https://www.rosebudsiouxtribe-nsn.gov/_files/ugd/ed1fef_53c3d954c1ef4c9d8d8ce441f58cb55c.pdf)
274. Flandreau Santee Sioux Tribe and Great Plains Tribal Water Alliance, 2020: Flandreau Santee Sioux Tribe Drought Adaptation Plan. Flandreau Santee Sioux Tribe. <https://www.tribalwateralliance.org/drought-adaptation-plans>
275. Oglala Sioux Tribe and Great Plains Tribal Water Alliance, 2020: Oglala Sioux Tribe Drought Adaptation Plan. Oglala Sioux Tribe. <https://www.tribalwateralliance.org/drought-adaptation-plans>
276. Rosebud Sioux Tribe and Great Plains Tribal Water Alliance, 2020: Rosebud Sioux Tribe Drought Adaptation Plan. Rosebud Sioux Tribe. <https://www.tribalwateralliance.org/drought-adaptation-plans>
277. Standing Rock Sioux Tribe and Great Plains Tribal Water Alliance, 2020: Standing Rock Sioux Tribe Drought Adaptation Plan. Standing Rock Sioux Tribe. <https://www.tribalwateralliance.org/drought-adaptation-plans>
278. Pomerville, A., A. Kawennison Fetter, and J.P. Gone, 2022: American Indian behavioral health treatment preferences as perceived by Urban Indian Health Program providers. *Qualitative Health Research*, **32** (3), 465–478. <https://doi.org/10.1177/10497323211057857>
279. Stefan Tangen (Author), May 12, 2022: Oral communication with P. Antoine, Sicangu Lakota Treaty Council.
280. Stefan Tangen (Author), April 27, 2022: Oral communication with P. Two Eagle, Sicangu Lakota Treaty Council.

281. DOI, 2022: Secretary Haaland takes action to restore tribal authority to adopt water laws. U.S. Department of the Interior, Washington, DC, April 7, 2022. <https://www.doi.gov/pressreleases/secretary-haaland-takes-action-restore-tribal-authority-adopt-water-laws>
282. Levitus, J., 2019: The Ksik Stakii Project Beaver Mimicry Guidebook: A Guide to Natural Water Storage in Blackfeet Nation. Blackfeet Nation. <https://bcapwebsite.files.wordpress.com/2019/12/beaver-mimicry-guidebook.pdf>
283. Miller, B.W., G.W. Schuurman, A.J. Symstad, A.N. Runyon, and B.C. Robb, 2022: Conservation under uncertainty: Innovations in participatory climate change scenario planning from U.S. national parks. *Conservation Science and Practice*, **4** (3), 12633. <https://doi.org/10.1111/csp2.12633>
284. Runyon, A.N., A.R. Carlson, J. Gross, D.J. Lawrence, and G.W. Schuurman, 2020: Repeatable approaches to work with scientific uncertainty and advance climate change adaptation in US national parks. *Parks Stewardship Forum*, **36** (1), 98–104. <https://doi.org/10.5070/p536146402>
285. Fisichelli, N.A., G. Schuurman, A.J. Symstad, A. Ray, J.M. Friedman, B. Miller, and E. Rowland, 2016: Resource Management and Operations in Central North Dakota: Climate Change Scenario Planning Workshop Summary November 12–13, 2015, Bismarck, ND. Natural Resource Report NPS/NRSS/NRR--2016/1262. U.S. Department of the Interior, National Park Service, Fort Collins, CO. <https://pubs.er.usgs.gov/publication/70176346>
286. Fisichelli, N.A., G.W. Schuurman, A.J. Symstad, A. Ray, B. Miller, M. Cross, and E. Rowland, 2016: Resource Management and Operations in Southwest South Dakota: Climate Change Scenario Planning Workshop Summary January 20–21, 2016, Rapid City, SD. Natural Resource Report NPS/NRSS/NRR–2016/1289. U.S. Department of the Interior, National Park Service, Fort Collins, CO. <http://pubs.er.usgs.gov/publication/70176347>
287. Miller, B., A. Symstad, and G.W. Schuurman, 2019: Implications of Climate Scenarios for Badlands National Park Resource Management. U.S. Geological Survey and the National Park Service, 5 pp. [https://www.nps.gov/subjects/climatechange/upload/2019-03-26badlclimatescenariosbrief\\_508compliant.pdf](https://www.nps.gov/subjects/climatechange/upload/2019-03-26badlclimatescenariosbrief_508compliant.pdf)
288. Miller, B., A.J. Symstad, L. Frid, N.A. Fisichelli, and G.W. Schuurman, 2017: Co-producing simulation models to inform resource management: A case study from southwest South Dakota. *Ecosphere*, **8** (12), 02020. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2020>
289. Runyon, A.N., G.W. Schuurman, B.W. Miller, A.J. Symstad, and A.R. Hardy, 2021: Climate Change Scenario Planning for Resource Stewardship at Wind Cave National Park: Climate Change Scenario Planning Summary. Natural Resource Report, NPS/NRSS/NRR–2021/2274. U.S. Department of the Interior, National Park Service, Fort Collins, CO. <https://doi.org/10.36967/nrr-2286672>
290. Schuurman, G.W., A. Symstad, B.W. Miller, A. Runyon, and R. Ohms, 2019: Climate Change Scenario Planning for Resource Stewardship: Applying a Novel Approach in Devils Tower National Monument. Natural Resource Report NPS/NRSS/CCRP/NRR–2019/2052. U.S. Department of the Interior, National Park Service, Fort Collins, CO. <https://irma.nps.gov/datastore/downloadfile/632857>
291. Symstad, A.J., N.A. Fisichelli, B.W. Miller, E. Rowland, and G.W. Schuurman, 2017: Multiple methods for multiple futures: Integrating qualitative scenario planning and quantitative simulation modeling for natural resource decision making. *Climate Risk Management*, **17**, 78–91. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.07.002>
292. Lawrence, D.J., A.N. Runyon, J.E. Gross, G.W. Schuurman, and B.W. Miller, 2021: Divergent, plausible, and relevant climate futures for near- and long-term resource planning. *Climatic Change*, **167** (3), 1–20. <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03169-y>
293. Vicente-Serrano, S.M., S. Beguería, and J.I. López-Moreno, 2010: A multiscale drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration Index. *Journal of Climate*, **23** (7), 1696–1718. <https://doi.org/10.1175/2009jcli2909.1>
294. Schuurman, G.W., B.W. Miller, A.J. Symstad, A.N. Runyon, and B.C. Robb, 2022: Overcoming “Analysis Paralysis” through Better Climate Change Scenario Planning. *Park Science*, **36** (1). <https://www.nps.gov/articles/000/overcoming-analysis-paralysis-through-better-climate-change-scenario-planning.htm>
295. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2021: *Accelerating Decarbonization of the U.S. Energy System*. The National Academies Press, Washington, DC, 268 pp. <https://doi.org/10.17226/25932>
296. Pipa, A.F. and N. Geismar, 2020: Reimagining Rural Policy: Organizing Federal Assistance to Maximize Rural Prosperity. The Brookings Institution, 37 pp. <https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2020/11/rural-dev-assistance-brief.pdf>

297. Fan, Q., K. Fisher-Vanden, and H.A. Klaiber, 2018: Climate change, migration, and regional economic impacts in the United States. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, **5** (3), 643–671. <https://doi.org/10.1086/697168>
298. Xu, C., T.A. Kohler, T.M. Lenton, J.C. Svenning, and M. Scheffer, 2020: Future of the human climate niche. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **117** (21), 11350–11355. <https://doi.org/10.1073/pnas.1910114117>
299. Hoerling, M., J. Eischeid, and R. Webb, 2013: Climate Assessment Report: Understanding and Explaining Climate Extremes in the Missouri River Basin Associated with the 2011 Flooding. National Oceanic and Atmospheric Administration, Office of Oceanic and Atmospheric Research, Earth System Research Laboratory, Boulder, CO. <https://www.esrl.noaa.gov/psd/csi/factsheets/pdf/noaa-mrb-climate-assessment-report.pdf>
300. Allen, J.T., 2017: Hail potential heating up. *Nature Climate Change*, **7** (7), 474–475. <https://doi.org/10.1038/nclimate3327>
301. Lancet Countdown, 2021: 2021 Lancet Countdown on Health and Climate Change: Policy Brief for the United States of America. Salas, R.N., P.K. Lester, and J.J. Hess, Eds. Lancet Countdown, London, UK. <https://www.lancetcountdownus.org/2021-lancet-countdown-us-brief/>