

Tomar medidas contra el cambio climático beneficiará a la salud y promoverá la equidad sanitaria en las Américas



ISBN: 978-987-48732-0-0

Este informe puede encontrarse
en <https://ianas.org>

La Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS), fundada en 2004, es una red regional de Academias de Ciencias, y es miembro regional de la InterAcademy Partnership (IAP).

Los objetivos generales de IANAS son vincular a la comunidad científica y contribuir a la promoción de la capacidad y la excelencia científica para el desarrollo sostenible en las Américas. Las redes son poderosos instrumentos para compartir y difundir rápidamente la información, mejores prácticas e ideas novedosas a través de una comunidad más amplia. En virtud de su credibilidad e independencia de los gobiernos, las Academias tienen ciertas ventajas inherentes para abordar cuestiones relacionadas con la ciencia, la tecnología y la salud (CTS), y para promover una educación científica de alta calidad a nivel nacional.

Nuestros principales objetivos son:

1. Ayudar a la creación de capacidades científicas nacionales mediante el fortalecimiento de las relaciones científicas y tecnológicas entre los países de las Américas, como herramienta para el desarrollo de la sociedad;
2. Cooperar en el desarrollo de las capacidades de las Academias de la región, mediante el intercambio de información y experiencias;
3. Ayudar a la creación de nuevas Academias en aquellos países de las Américas que deseen asistencia para el establecimiento de una Academia de Ciencias; y
4. Influir en los procesos de toma de decisiones científicas en las Américas, con el objetivo de promover la prosperidad y la equidad en el hemisferio.

NUESTRA MISIÓN

Es fortalecer las comunidades científicas del hemisferio y proporcionar una fuente independiente de asesoramiento político a los gobiernos sobre los principales retos científicos, tecnológicos y sanitarios.

NUESTRA VISIÓN

IANAS considera que unas Academias de Ciencias fuertes y unas comunidades científicas y tecnológicas vibrantes son esenciales para el desarrollo sostenible en las Américas.



**Tomar medidas contra el cambio climático
beneficiará a la salud y promoverá la
equidad sanitaria en las Américas**

Tomar medidas contra el cambio climático beneficiará a la salud y promoverá la equidad sanitaria en las Américas

Editores

Sherilee L. Harper and Jeremy N. McNeil

Comité directivo

Sherilee L. Harper (Canadá), Eugenia Corrales-Aguilar (Costa Rica), Philip J. Landrigan (Estados Unidos), Matilde Rusticucci (Argentina), Paulo Saldiva (Brasil), Carmen Samayoa (Guatemala), Noel W. Solomons (Guatemala) y Jeremy N. McNeil (Canadá)

Autores Principales

Sherilee L. Harper (Canadá), Breanne Aylward (Canadá), Lea Berrang Ford (Reino Unido y Canadá), Jonathan Buonocore (Reino Unido), Oscar Calderón (México), Telma Castro (México), Susan Clayton (Estados Unidos), Shaugn Coggins (Canadá), Madison Cooper (Canadá), Eugenia Corrales-Aguilar (Costa Rica), Ashlee Cunsolo (Canadá), Kristie Ebi (Reino Unido), Francisco Estrada (México), James Ford (Reino Unido y Canadá), Martin Forde (Granada), Gustavo F. Gonzales (Perú), Hugo G. Hidalgo (Costa Rica), Nia King (Canadá), Philip J. Landrigan (Estados Unidos), Alexandra Lesnikowski (Canadá), Oscar Peralta (México), Matilde Rusticucci (Argentina), Paulo Saldiva (Brasil), Noel W. Solomons (Guatemala), Kyle Steenland (Perú), Julián A. Velasco (México), Rachael Vriezen (Canadá), Carlee Wright (Canadá), Shelby Yamamoto (Canadá) y Jeremy N. McNeil (Canadá)

Reconocimientos

Carina De Micheli (Canadá y Brasil), Alvaro Osornio Vargas (Canadá y México), y Kelsey Robertson (Canadá)

Revisión de pares

Ingrid Arotoma-Rojas (Perú), Rachel Bezner Kerr (Estados Unidos), Claudia Canales (Italia), Dylan Clark (Canadá), Katie M. Clow (Canadá), Robin Fears (Reino Unido), Micah Hahn (Estados Unidos), Andy Haines (Reino Unido), Stella M. Hartinger (Perú), Amalia Laborde García (Uruguay), Melissa Lem (Canadá), Andres G. (Willy) Lescano (Perú), Deborah McGregor (Canadá), Corinne Schuster-Wallace (Canadá), Hannah Tait Neufeld (Canadá), Paola Alejandra Torres-Slimming (Perú), Jennifer Vanos (Estados Unidos), Kyle White (Estados Unidos), y Carol Zavaleta-Cortijo (Perú)

Citas sugeridas

IANAS (2022). *Tomar medidas contra el cambio climático beneficiará la salud y promoverá la equidad en salud en las Américas*. (S.L. Harper y J.N. McNeil, Eds.) Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS) y la InterAcademy Partnership (IAP) DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6901197>

Actuar contra el cambio climático beneficiará a la salud y promoverá la equidad sanitaria en las Américas /

Sherilee L. Harper ... [et al.]. - 1a ed. - Córdoba : Inter-American

Red Interamericana de Academias de Ciencias-IANAS ; Trieste : The Interacademy Partnership, 2022.

115 p. ; 28 x 19 cm.

ISBN 978-987-48732-0-0

1. Salud. 2. Medio ambiente. 3. Clima. 4. América. I. Harper, Sherilee L.
CDD 577.097

ISBN 978-987-48732-0-0

© Red Interamericana de Academias de Ciencias 2022

Aparte de cualquier trato justo con fines de investigación o estudio privado, o de crítica o revisión, ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio, sin el permiso previo por escrito del editor, o de acuerdo con los términos de las licencias emitidas por la organización de derechos de reproducción correspondiente. Las consultas relativas a la reproducción fuera de los términos aquí indicados deben enviarse a:

Secretaría de IANAS - Academia Nacional de Ciencias de Argentina
Avda. Vélez Sarsfield 249
Córdoba – República Argentina
+54 351 4332089 / 4216350
info@anc-argentina.org.ar

Teléfono: 54+4332089
E-mail: maitepg.ianas@gmail.com
Web: <https://ianas.org>

Compuesto en Frutiger por The Clyvedon Press Ltd, Cardiff, Reino Unido

Impreso por “Soluciones Gráficas”, Obispo Trejo 295 - x5000IYE, Córdoba – República Argentina.
Teléfono: +54 351 5894004
info@solucionesgraficas.com.ar

Índice

	<i>página</i>
Resumen	1
1 Introducción	5
1.1 Políticas de cambio climático global y su relevancia en la salud humana en las Américas	5
1.2 Cambio climático e inequidad	8
1.3 La Intersección de las crisis de salud en un contexto mundial	9
Estudio de Caso 1 COVID-19 y cambio climático en las Américas	10
1.4 El rol de este informe de IANAS en respuesta a los riesgos para la salud relacionados con el cambio climático	11
2 Enfoque de evaluación de IANAS	12
2.1 Construir a partir de publicaciones previas de academias nacionales sobre cambio climático y salud	12
2.2 Alcance de este informe	12
2.2.1 Evidencia evaluada en este informe	12
2.2.2 Alcance geográfico de este informe	13
2.3 Marco de la investigación de IANAS	14
2.3.1 Definición de riesgo en la salud relacionado a los impactos del cambio climático	14
2.3.2 Temas transversales en este informe	15
3 ¿Cómo afecta la salud el cambio climático?	16
3.1 Alcance y escala de los riesgos para la salud relacionados al cambio climático	16
3.2 Morbilidad y mortalidad relacionadas al calor	16
3.2.1 ¿Cómo aumenta el cambio climático el riesgo de morbilidad y mortalidad relacionado al calor?	16
3.2.2 ¿Qué opciones de adaptación y mitigación existen para reducir la morbilidad y la mortalidad relacionadas al calor?	18
Estudio de caso 2 Cambio climático y los efectos de la isla de calor urbana en Ciudad de México	18
Estudio de caso 3 Impactos y soluciones a la mortalidad por olas de calor en Argentina	19
Estudio de caso 4 Olas de calor en Brasil	19
3.3 Enfermedades relacionadas a la contaminación del aire	19
3.3.1 ¿Cómo aumenta el cambio climático el riesgo de enfermedades relacionadas a la contaminación del aire?	19
Estudio de caso 5 COVID-19 y la mortalidad relacionada a la contaminación del aire	23
3.3.2 ¿Qué opciones de adaptación y mitigación existen para reducir el riesgo de enfermedades relacionadas con la contaminación del aire?	23
3.4 Enfermedades transmitidas por el agua	24
3.4.1 ¿Cómo aumenta el cambio climático el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua?	24
3.4.2 ¿Qué opciones de adaptación y mitigación existen para reducir el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua?	28
Estudio de caso 6 Cambio climático, agua y salud en el Caribe	26
Estudio de caso 7 Modelado del cambio climático en América Central: implicancias para los responsables de la toma de decisiones en el contexto de la adaptación sanitaria	27
3.5 Enfermedades transmitidas por los alimentos	29
3.5.1 ¿Cómo aumenta el cambio climático el riesgo de enfermedades transmitidas por los alimentos?	28
3.5.2 ¿Qué opciones de adaptación y mitigación existen para reducir las enfermedades transmitidas por los alimentos?	30
Estudio de caso 8 El cambio climático y las enfermedades de los alimentos vinculadas a los productos de mar en las Américas	29
3.6 Enfermedades transmitidas por vectores	31
3.6.1 ¿Cómo aumenta el cambio climático el riesgo de enfermedades transmitidas por vectores?	30
3.6.2 ¿Qué opciones de adaptación y mitigación existen para reducir enfermedades transmitidas por vectores?	32

	Estudio de caso 9 El cambio climático, la salud y el Programa de Salud Ambiental y Ocupación Global (GEOHealth Hub) en Perú	32
3.7	Nutrición y seguridad alimentaria	34
	3.7.1 ¿Cómo aumenta el cambio climático el riesgo de desnutrición y seguridad alimentaria?	34
	3.7.2 ¿Qué opciones de adaptación y mitigación existen para reducir la desnutrición y la inseguridad alimentaria?	37
3.8	Salud mental y bienestar	38
	3.8.1 ¿Cómo afecta el cambio climático a la salud mental?	38
	3.8.2 ¿Qué opciones de adaptación y mitigación existen para reducir los riesgos en la salud mental?	38
	Estudio de caso 10 Migraciones climáticas y salud en las Américas	38
3.9	Salud respiratoria	38
	3.9.1 ¿Cómo aumenta el cambio climático el riesgo de enfermedades respiratorias?	38
	3.9.2 ¿Qué opciones de adaptación y mitigación existen para reducir los riesgos para la salud respiratoria?	40
	Estudio de caso 11 Cambio climático, incendios forestales y salud en Canadá y Estados Unidos	40
	Estudio de caso 12 Cambio climático y la salud de los pueblos originarios en las Américas	41
4	¿Cuáles son las opciones generales de respuesta de adaptación y mitigación?	47
4.1	Estrategias de adaptación, políticas y programas	47
	4.1.1 Políticas para el manejo de los riesgos del cambio climático en la salud	48
	4.1.2 Indicadores para evaluar la adaptación de la salud	49
	4.1.3 Coordinación de la adaptación sanitaria entre escalas y sectores	50
	4.1.4 Límites de la adaptación	50
	4.1.5 Pasos críticos a seguir para la adaptación	50
4.2	4.2.1 Beneficios colaterales de la salud	52
	Estudio de caso 13 Educación sobre salud y cambio climático para profesionales de la salud	
	Opciones de mitigación	53
	4.2.2 Beneficios de la salud y compensaciones	58
	4.2.3 ¿Cómo configuran el desarrollo socioeconómico los escenarios futuros?	59
	Estudio de caso 14. Análisis del cuadro de mando: Contenido referido a la salud en las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés)	60
4.3	¿En quién deberían enfocarse las personas a cargo de tomar decisiones?	60
	4.3.1 Personas mayores	61
	4.3.2 Niños y niñas	61
	4.3.3 Género	61
	4.3.4 IPueblos originarios	61
	4.3.5 Personas viviendo en entornos socioeconómicos desafiantes	61
	4.3.6 Poblaciones geográficamente vulnerables	62
4.4	Equidad en las acciones clima–salud	62
5	¿Cuáles son las conclusiones y recomendaciones de este informe?	64
5.1	¿Qué sabemos y por qué nos preocupa?	64
5.2	Construir y utilizar la evidencia base	65
	5.2.1 Interactuar con la evidencia base clima-salud para formular políticas	65
	Estudio de caso 15 La participación de la juventud en la acción climática en las Américas	65
	5.2.2 Síntesis de la evidencia e identificación de brechas en el conocimiento	66
	5.2.3 El papel continuo de IANAS y otras redes de Academias	67
6	Referencias	68

Prólogo

Recientemente, las Américas, como el resto del mundo, han experimentado un aumento en los fenómenos meteorológicos como resultado del cambio climático. El número de heridos y muertos como consecuencia de estos desastres ha sido bien documentado, pero esos números por sí solos no capturan completamente las innumerables formas en que el cambio climático ha afectado y seguirá afectando la salud humana.

Hasta la fecha, el sector de la salud ha sido objeto de cambios normativos a nivel nacional, regional y mundial para reducir los posibles efectos directos e indirectos del cambio climático. El énfasis en la protección de la salud humana debe continuar y aumentar a medida que avanzamos.

En 2019, el Consejo Asesor de Ciencia Académicas Europea (EASAC, por sus siglas en inglés) elaboró su informe "El imperativo de la acción climática para proteger la salud humana en Europa". Posteriormente, la InterAcademy Partnership (IAP) patrocinó a las otras redes regionales (África, las Américas y Asia) para preparar documentos similares.

En este informe, elaborado por la Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS), consideramos cómo, a través de la adaptación y la mitigación, podemos combatir los efectos negativos del cambio climático en la salud, y también cómo podemos reducir las formas en que el propio sistema de salud contribuye al problema del cambio climático.

Como hemos visto con la pandemia de COVID-19, los efectos del cambio climático tienen un impacto desproporcionado en la salud de los pueblos originarios, personas mayores, niños, mujeres y niñas, quienes viven en entornos socioeconómicos desafiantes y poblaciones geográficamente vulnerables. Sus voces deben ser escuchadas y, a medida que avanzamos con preparación y una sólida planificación de la respuesta, es fundamental que se incorporen los temas de equidad y justicia social.

Esta publicación es una de varias preparadas para un proyecto de la Academia Nacional Alemana de Ciencias Leopoldina y la InterAcademy Partnership. La financiación fue proporcionada por el Ministerio Federal Alemán de Educación e Investigación. Nos gustaría agradecer a todos los académicos que contribuyeron a este volumen, ya sea como autores o revisores, así como a las secretarías de IAP, IANAS y RSC por su apoyo inquebrantable durante la preparación y difusión de este informe.

Helena Nader IANAS Copresidenta	Jeremy N. McNeil IANAS Copresidente	Sherilee Harper Líder de Proyectos
---------------------------------------	---	--

La InterAcademy Partnership (IAP) tiene más de 140 academias miembros nacionales, regionales y globales que trabajan juntas para apoyar el papel vital de la ciencia en la búsqueda de soluciones basadas en evidencia para los problemas más desafiantes del mundo..

La Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS) es una red regional con 24 academias nacionales o regionales que fue creada para apoyar la cooperación hacia el fortalecimiento de la ciencia y la tecnología como herramienta para el avance de la investigación y el desarrollo, la prosperidad y la equidad en el Américas.

Resumen

El cambio climático está afectando la salud

El cambio climático está afectando a las Américas. Ya hemos experimentado aumentos sin precedentes en las temperaturas medias y extremas, temporadas de incendios forestales más largas, mayor intensidad y frecuencia de precipitaciones e inundaciones extremas, calentamiento de los océanos, deshielo del permafrost, mayor sequía, mayor aridez, aumento del nivel del mar e inundaciones y erosión costeras. Los impactos de estos eventos tienen amplias y arrolladoras implicaciones para todo el planeta, presentando un desafío urgente de salud pública mundial.

Este informe se centra en las formas en que el cambio climático está afectando la salud humana en las Américas. El informe documenta cómo el cambio climático está aumentando la morbilidad y la mortalidad relacionadas con el calor, aumentando las enfermedades y muertes relacionadas con la contaminación del aire, amenazando la nutrición y la seguridad alimentaria, desafiando la salud mental y el bienestar, dañando la salud respiratoria y aumentando la incidencia y prevalencia de enfermedades transmitidas por el agua y los alimentos, y enfermedades transmitidas por vectores en las Américas (Figura 1).

El informe evalúa las opciones para reducir los impactos del cambio climático en la salud humana. Ofrece recomendaciones de caminos resilientes al cambio climático que son transdisciplinarios en estructura y sustentados en principios de equidad, derechos humanos y justicia social.

El cambio climático converge con otras crisis sanitarias y las agrava

Este informe llega en un momento en que los efectos de la crisis climática en la salud humana han convergido con los efectos de la pandemia de COVID-19. En los últimos dos años, los sistemas de salud han tenido que responder al COVID-19, así como a los impactos de olas de calor sin precedentes, tormentas intensas y desastres e incendios forestales. Por ejemplo, en julio de 2020, el huracán Hanna tocó tierra en el sur de Texas en un momento en que el estado estaba experimentando la mayor incidencia de hospitalización por COVID-19 en los Estados Unidos. Esfuerzos para evacuar y brindar refugio a las personas y, al mismo tiempo limitar la transmisión viral, presentó desafíos logísticos difíciles y los residentes que optaron por no evacuar por temor a la COVID-19 aumentaron su riesgo de lesiones y ahogamiento.

Ambas crisis son recordatorios pertinentes de cómo la interconexión de los factores sociales, ambientales y

climáticos han exacerbado las desigualdades sociales y de salud ya existentes. Muchos factores que aumentan la vulnerabilidad a los impactos del cambio climático, como la edad, el sexo y el género, el estatus socioeconómico y la degradación ambiental, también aumentan la vulnerabilidad al COVID-19. Por lo tanto, es esencial que avancemos con preparación y una planificación de respuesta sólida que considere e incorpore temas de equidad y justicia social.

La acción contra el cambio climático mejorará la salud de los humanos en las Américas

Los sistemas de salud deben coordinarse con otros sectores para adaptarse al cambio climático

El cambio climático ya ha impactado negativamente la salud en las Américas. En este informe, abordamos cómo nuestros sistemas de salud pueden adaptarse para hacer frente al cambio climático actual y esperado y, al mismo tiempo, reducir los impactos nocivos para la salud a través de esfuerzos de adaptación y mitigación. Ejemplos de adaptaciones al cambio climático incluyen lo siguiente: (i) aumentar la conciencia pública sobre los riesgos climáticos para la salud, incluida una mejor educación sobre clima y salud en las escuelas; (ii) desarrollar planes de acción al calor; (iii) modificar el entorno construido para hacer frente a temperaturas más altas; (iv) incorporar explícitamente disposiciones de salud en los planes de gestión del riesgo de desastres; (v) establecer y probar con frecuencia sistemas de respuesta y alerta temprana; (vi) incorporar los impactos en la salud mental en la gestión del riesgo de desastres; (vii) desarrollar sistemas integrados de vigilancia y respuesta ambiental y de salud; y (viii) mejorar el acceso a servicios esenciales, incluyendo sistemas mejorados de agua, saneamiento e higiene. Es importante destacar que al desarrollar estrategias de adaptación para reducir los impactos del cambio climático en la salud, es esencial que el sector de la salud coordine sus esfuerzos con otros sectores, incluidos los sectores del agua y saneamiento, energía, producción de alimentos, transporte, vivienda, educación y planificación del uso de la tierra.

Las Américas necesitan estrategias de adaptación, políticas, programas y las finanzas para construir sistemas de salud y atención médica resistentes al clima y ambientalmente sostenibles. Este informe describe cómo las evaluaciones de la vulnerabilidad de las regiones, las poblaciones y las personas, así como las evaluaciones de la capacidad de los gobiernos, las organizaciones y las personas para prepararse y gestionar los cambios en la magnitud y el patrón de los riesgos, se han utilizado para establecer un conocimiento base de los riesgos sanitarios

VISIÓN GENERAL DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA SALUD POR REGIÓN GEOGRÁFICA



Figura 1 Resumen de los peligros del cambio climático y los principales impactos en la salud por ubicación en las Américas.

de los impactos del cambio climático actuales y proyectados en las Américas. Estas evaluaciones son importantes para informar los componentes de salud de los planes nacionales de adaptación (HNAP), las contribuciones determinadas a nivel nacional y otras políticas clave de planificación, programación y respuesta al cambio climático.

Pero existen límites a nuestra capacidad para adaptarnos al cambio climático futuro, ya que las adaptaciones actualmente efectivas pueden volverse inadecuadas a mediano y largo plazo. Además, es fundamental comprender que las adaptaciones diseñadas sin prestar suficiente atención a la equidad

y las necesidades de los más vulnerables pueden aumentar los riesgos o cambiar los riesgos entre los grupos. Por lo tanto, este informe identifica situaciones en las que los sistemas de salud podrían enfrentar riesgos intolerables debido a la magnitud del cambio climático solo o en combinación con factores fisiológicos, institucionales, tecnológicos, sociales, conductuales o económicos. Por ejemplo, las condiciones climáticas podrían cambiar significativamente el rango geográfico de los vectores portadores de enfermedades infecciosas sensibles al clima, lo que ejerce presión sobre los sistemas de salud que ya enfrentan limitaciones de capacidad o sobre aquellos que aún no están equipados para manejar esas

enfermedades. De manera similar, si el aumento de la temperatura global promedio supera los 2 °C, las personas que trabajen al aire libre en varios países de América Latina podrían experimentar condiciones de calor extremo que superan el umbral establecido para el trabajo físico moderado seguro durante los meses más calurosos del año. Es probable que estos impactos aumenten la pobreza y las desigualdades, con el potencial de socavar o revertir logros alcanzados anteriormente hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

La mitigación ambiciosa del cambio climático puede producir beneficios para la salud tanto inmediatos como a largo plazo

Hay claros beneficios de reducir drásticamente las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para cumplir con los objetivos del Acuerdo de París, incluyendo la reducción de los riesgos para la salud en las próximas décadas; sin embargo, también hay beneficios inmediatos y a más corto plazo de la mitigación contra el cambio climático. Este informe brinda ejemplos de cómo la mitigación del cambio climático puede mejorar la salud humana y reducir los costos de atención médica aquí y ahora, brindando a los responsables de la toma de decisiones una justificación importante para tomar medidas más agresivas ahora.

- La eliminación gradual del uso del carbón producirá importantes beneficios para el medio ambiente y la salud humana en las Américas. Además de reducir las emisiones globales de GEI, la eliminación gradual del carbón reducirá inmediatamente la carga de enfermedades, discapacidades y muertes prematuras por enfermedades cardiovasculares, enfermedades respiratorias, cáncer de pulmón, nacimientos prematuros y trastornos del desarrollo neurológico relacionados con la contaminación del aire en bebés y niños.
- El tráfico en la ruta representa actualmente casi las tres cuartas partes de las emisiones relacionadas con el transporte, las cuales, según las tendencias actuales, seguirán en aumento. La modificación de los sistemas de transporte para reducir las emisiones puede proporcionar beneficios tanto para el medio ambiente como para la salud. Por ejemplo, la construcción de sistemas de transporte público seguros, asequibles y confiables y el uso de métodos de transporte activos (andar en bicicleta, caminar y correr) reducirían las emisiones al mismo tiempo que brindarían importantes beneficios para la salud, incluyendo significativas reducciones en la enfermedad cardíaca isquémica, la enfermedad cerebrovascular, depresión y diabetes.
- El sistema de producción de alimentos contribuye con un 20-30% estimado de las emisiones globales de GEI. Debido a que la producción ganadera contribuye sustancialmente más a las emisiones de GEI que los productos de origen vegetal, esto

representa un área crítica de enfoque para la mitigación. Reducir el consumo de productos alimenticios de origen animal también tendría beneficios colaterales para la salud. Las dietas bajas en carnes rojas y procesadas y altas en frutas, verduras y legumbres se asocian con una mortalidad reducida y un menor riesgo de enfermedad cardiovascular, enfermedad coronaria y cáncer colorrectal. Sin embargo, la equidad y la justicia deben considerarse cuidadosamente en estos esfuerzos de mitigación. De hecho, las transiciones dietéticas pueden no tener el mismo impacto o no ser apropiadas en todos los entornos.

Abordar la equidad y la justicia sustenta acciones efectivas contra el cambio climático que mejoran la salud

El cambio climático afecta la salud de todas las personas, pero la carga no se distribuye de manera uniforme o justa. En cambio, recae más en las minorías, aquellos en condiciones socioeconómicas bajas y los marginados, y está influenciado por factores que se entrecruzan, como el estado de salud, las condiciones sociales, económicas y ambientales y las estructuras de gobierno. Los impactos del cambio climático exacerban las inseguridades y las injusticias que actualmente experimentan las poblaciones vulnerables, muchas de las cuales se basan en injusticias como el colonialismo, el racismo, la discriminación, la opresión y los desafíos del desarrollo. Este informe examina los riesgos para la salud del cambio climático para varios grupos vulnerables y enfatiza que los esfuerzos de adaptación y mitigación relacionados con la salud deben priorizar a los pueblos originarios, las personas de la tercera edad, los niños, las mujeres y las niñas, las personas que viven en entornos socioeconómicos desafiantes y las poblaciones geográficamente vulnerables.

Este informe también destaca cómo la integridad y la legitimidad de las decisiones tomadas por los órganos de gobierno en respuesta al cambio climático dependen de la medida en que se incorporen la equidad y la justicia en los procesos de toma de decisiones y sus respectivos resultados. Presenta consideraciones de equidad y justicia para los tomadores de decisiones, incluidas consideraciones de distribución, procedimiento, capacidad y reconocimiento en todas las acciones climáticas y de salud.

Las recomendaciones basadas en evidencia respaldan una respuesta de emergencia al cambio climático

Sobre la base de la evaluación y la síntesis de conocimientos proporcionada en este informe, hemos llegado a las siguientes conclusiones a destacar:

- El cambio climático ya está afectando a todos, en todas partes, pero la magnitud y distribución de esos impactos varían.

- Cada grado (Celsius) de calentamiento climático es importante en las Américas, lo que enfatiza la importancia de tomar todas las medidas posibles para limitar el calentamiento muy por debajo de los 2°C.
- El cambio climático exagera y se entrecruza con otros desafíos globales como el COVID-19. La pandemia actual ha resaltado las intersecciones entre el clima, el medio ambiente y la sociedad, y ha demostrado cómo estos factores pueden exagerar las desigualdades sociales y de salud existentes en las Américas. El COVID-19 también nos brinda lecciones importantes sobre cómo responder a los grandes desafíos globales a través de la cooperación y la movilización rápida a gran escala.
- La equidad es el núcleo de las respuestas eficaces. A nivel mundial, los grupos que están social, política y geográficamente excluidos corren el mayor riesgo de impactos en la salud por el cambio climático, pero no están adecuadamente representados en la base de evidencia. Por lo tanto, la equidad a escala local, regional e internacional debe estar a la vanguardia de las respuestas de investigación y políticas en el futuro.
- Las acciones que se tomen ahora para crear resiliencia climática y sanitaria reducirán los riesgos futuros. Invertir en infraestructura, programación y sistemas de salud resistentes al clima apoyará la adaptación y disminuirá los futuros riesgos para la salud derivados del cambio climático.
- Una respuesta de “salud en todas las políticas” apoyará las acciones de adaptación y mitigación del cambio climático para ayudar a alcanzar los objetivos del Acuerdo de París, tendrá beneficios colaterales para la salud y apoyará el logro de iniciativas internacionales clave como los Objetivos de Desarrollo Sostenible y las metas y prioridades del Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres.
- Es necesario un enfoque que impulse la investigación sobre clima y salud en las Américas. El cuerpo de literatura está creciendo y, sin embargo, las interacciones clima-salud aún no se han estudiado en comparación con otras áreas de investigación climática. Se necesitan esfuerzos continuos para construir la base de evidencia, particularmente para las regiones de las Américas que actualmente están subrepresentadas en la literatura, como el Caribe, América Central y América del Sur.
- La colaboración intersectorial y global es crucial. Abordar las faltas de conocimiento en la investigación y actuar sobre la base de evidencia actual requerirá enfoques interseccionales, intersectoriales e interdisciplinarios que reúnan a los responsables de tomar decisiones con microbiólogos, epidemiólogos, científicos sociales, científicos ambientales, ingenieros, economistas, demógrafos y climatólogos.

1 Introducción

El cambio climático amenaza los ecosistemas, las sociedades y la salud humana a escala mundial y a un ritmo cada vez más alarmante (IPCC 2018, 2019a, 2019b). El cambio climático ya ha tenido profundos impactos en las Américas, incluyendo el aumento de las temperaturas medias y extremas, mayor frecuencia de inundaciones y sequías, mayor frecuencia de intensas tormentas, encogimiento de la criósfera y aumento del nivel del mar y erosión costera (IPCC 2021) (Tabla 1.1). Estos peligros climáticos han tenido impactos directos y sustanciales en la salud humana, incluyendo el aumento de la morbilidad y la mortalidad relacionadas con el calor, así como un mayor riesgo de lesiones y muerte por desastres relacionados al clima. Estos efectos pueden volverse más severos en los próximos años a medida que continúa el cambio climático. Los cambios ambientales relacionados con el cambio climático también tendrán efectos indirectos negativos para la salud, incluyendo el aumento de la desnutrición; cambios en los rangos y vulnerabilidades de las enfermedades transmitidas por vectores, por los alimentos y por el agua; el aumento de incendios forestales, los aeroalérgenos y la contaminación del aire que aumentan la carga de enfermedades crónicas; y desafíos de salud mental cada vez más generalizados (Smith *et al.*, 2014; Watts *et al.*, 2021).

Es importante destacar que las vías a través de las cuales el cambio climático afecta la salud están respaldadas por los determinantes sociales de la salud, que pueden amplificar, mediar o modificar la forma en que se experimentan y abordan los impactos del cambio climático (Smith *et al.*, 2014). El cambio climático puede actuar como un multiplicador de estrés que exacerba las presiones, las desigualdades y las injusticias existentes entre y dentro de los sistemas, poblaciones y regiones, de modo que la carga de las enfermedades y muertes relacionadas con el clima recae de manera desproporcionada sobre los pobres, las minorías y los marginados (Ebi 2020; Watts *et al.*, 2018). Como tal, el cambio climático es un gran y urgente desafío para los responsables de la formulación de políticas, los profesionales y los investigadores de la salud en las Américas.

1.1 Políticas globales de cambio climático y su relevancia para la salud humana en las Américas

El reconocimiento de la necesidad de un esfuerzo ambicioso y coordinado a nivel mundial para responder a los impactos abrumadoramente negativos del cambio climático dio como resultado el histórico Acuerdo de París en diciembre de 2015. Con signatarios de 195 países, incluidos 33 países de las Américas, el objetivo central del Acuerdo es limitar el calentamiento promedio "muy por debajo de 2 °C", y preferiblemente

a 1,5 °C por encima de los niveles preindustriales, mientras se fortalece la resiliencia y la adaptación al cambio climático (UNFCCC 2015).

La evidencia científica deja en claro que cada grado (Celsius) de calentamiento global es importante (IPCC 2018), y esto respalda el objetivo del Acuerdo de París de mantener el calentamiento global "muy por debajo de los 2 °C" (UNFCCC 2015). Los impactos diferenciados de 1,5 °C frente a 2 °C del calentamiento global varían sustancialmente para las Américas (Figura 1.1), lo que refleja la diversidad de climas, ecosistemas y sistemas de población y salud humana en esta vasta región. Además, la evidencia deja en claro que cada grado (Celsius) de calentamiento importa, cada año de acción o inacción importa, y cada elección importa (IPCC 2018). Por ejemplo, 420 millones de personas menos estarían expuestas a olas de calor extremas si el calentamiento global se limitara a 1,5 °C en lugar de 2 °C, suponiendo que los factores de vulnerabilidad se mantuvieran constantes (IPCC 2018). En el Caribe, se proyecta que alrededor del 50 % del año estará bajo condiciones de ola cálida (es decir, la temperatura máxima supera el percentil 90 durante 6 días consecutivos) con 1,5 °C de calentamiento global en comparación con hasta el 69 % del año con 2 °C de calentamiento, en relación con la referencia de 1971–2000 (IPCC 2018). Se prevé que el este de América del Norte, así como las regiones de latitudes altas como Alaska y el oeste de Canadá, tengan algunos de los mayores aumentos de precipitación intensa en el mundo cuando las proyecciones cambien de 1,5 a 2 °C de calentamiento global (IPCC 2018). Estas temperaturas más cálidas y los patrones de precipitación cambiantes tienen implicaciones importantes para el medio ambiente en las Américas. En el Ártico, se espera un verano sin hielo marino una vez cada 100 años con 1,5 °C de calentamiento global en comparación con una vez cada 10 años si hay un aumento a 2 °C (IPCC 2018), cuyas consecuencias van desde impactos locales sobre cultura y subsistencia a impactos internacionales que afectan los viajes, el comercio y la seguridad global (IPCC 2019a). En América Central y del Sur, las condiciones más cálidas y secas aumentarán los incendios forestales y las condiciones de sequía, mientras que se prevé que las condiciones de sequía en el Caribe duren en promedio un 9 % más con 2 °C en comparación con 1,5 °C de calentamiento, lo que tiene implicaciones importantes para la seguridad del agua. También se prevé que los desafíos de la seguridad alimentaria prevalezcan en todo las Américas, especialmente en la Amazonía, donde los riesgos de inseguridad alimentaria pasarían de un riesgo medio por debajo de 1,5 °C a un riesgo alto por debajo de 2 °C de calentamiento global (IPCC 2018). De manera similar, los impactos en la salud variarán según los diferentes niveles de calentamiento climático: por ejemplo, un aumento de 2 °C dará como resultado una mayor mortalidad y morbilidad relacionadas con el calor (Ebi *et al.*, 2018a), y un adicional de entre 10 y 40 millones de personas estarán desnutridas. (Hasegawa *et al.*, 2016) en comparación con 1,5 °C de calentamiento.

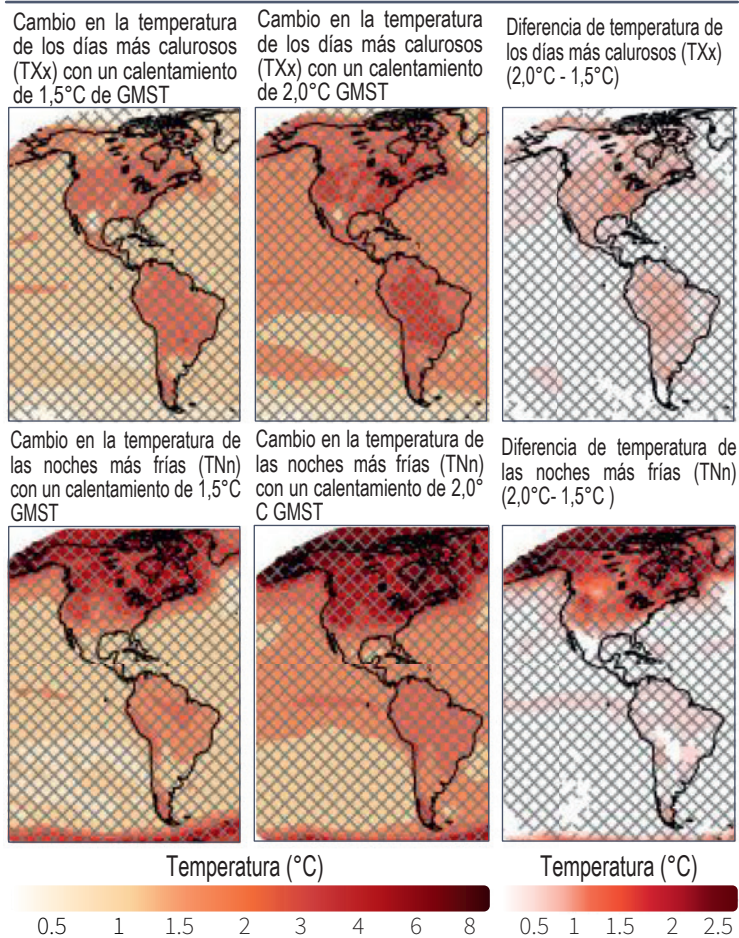
Tabla 1.1 Un resumen de los peligros del cambio climático observados y/o proyectados en las Américas informados por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) Sexto Informe de Evaluación (IPCC 2021)

	América Central y América del Sur	América del Norte
Calor	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentos de temperaturas medias y extremas 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentos de temperaturas medias y extremas • Calentamiento a un ritmo mayor que el promedio global en el Ártico
Precipitación y sequía	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentos en la precipitación extrema y media en el sureste de Sudamérica • Disminución de la precipitación y aumento de la sequía en el noreste de Sudamérica • Aumentos en la intensidad y frecuencia de precipitaciones extremas e inundaciones pluviales en el sureste de Sudamérica, el sur de Sudamérica, el norte de Sudamérica, el monzón sudamericano y el noreste de Sudamérica • Aumentos de la sequía agrícola y ecológica en el Monzón de Sudamérica y el sur de Sudamérica • Aumento de las condiciones favorables para incendios forestales en varias regiones 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentos de precipitaciones en el este y centro de América del Norte • Disminución de precipitaciones en áreas del suroeste de Estados Unidos y noroeste de México • Prolongación de la temporada de incendios forestales y expansión a las regiones de tundra en el Ártico • Disminución de la aridez y los días secos en el Ártico • Intensificación del ciclo del agua y posterior aumento de la precipitación total y episodios de precipitaciones intensas en el Ártico • Aumentos en las inundaciones de ríos en toda América del Norte excepto el norte de América Central • Aumentos de la sequía agrícola y ecológica en el oeste de América del Norte • Aumentos en la aridez en el suroeste de los Estados Unidos y el norte de América Central
Viento	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentos en la velocidad media del viento y en el potencial de energía eólica sobre el Amazonas, incluyendo el norte de Sudamérica, el monzón de Sudamérica y el noreste de Sudamérica 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentos en la frecuencia de los ciclones tropicales más intensos y mayores precipitaciones en la costa del Pacífico de México, la costa del Golfo y la costa este de los Estados Unidos • Disminuciones en la velocidad media del viento en el oeste de América del Norte • Disminución de la velocidad del viento en el noreste del Ártico
Hielo y nieve	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuciones en el volumen glacial y aumentos en el deshielo del permafrost en la Cordillera de los Andes, lo que resulta en una reducción del caudal de los ríos a medida que disminuyen las reservas de hielo y posibles inundaciones por desbordamiento de lagos glaciares de gran magnitud 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentos en el equivalente de aguanieve en invierno en regiones de latitudes altas • Pérdida de casi toda la masa glacial en el oeste de Canadá y el oeste de América del Norte • Aumentos en la pérdida de glaciares y el deshielo del permafrost en el Ártico • Disminución de la capa de nieve en el Ártico • Disminución de la cobertura de hielo marino costero, lo que lleva a un aumento de los peligros costeros (por ejemplo, marejadas ciclónicas, erosión, inundaciones) en el Ártico
Costas	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentos en el retroceso de la costa en el sur de América Central, el sureste de Sudamérica y el sur de Sudamérica • El nivel del mar aumenta a un ritmo más alto que el promedio global en el Atlántico Sur y el Atlántico Norte tropical, y a un ritmo más lento que el promedio global en el Pacífico Oriental • Aumentos en la propagación de la costa en el noroeste de Sudamérica y el norte de Sudamérica 	<ul style="list-style-type: none"> • El nivel del mar aumenta a un ritmo más alto que el promedio global en el Atlántico Norte subtropical, y a un ritmo más lento que el promedio global en el Atlántico Norte subpolar y el Pacífico Oriental • Aumentos en inundaciones costeras episódicas • Aumentos en el retroceso de la costa en el noroeste de América del Norte, el norte de América Central y la Costa del Golfo • Aumentos en la propagación de la costa en el noreste de América del Norte • Aumento de las inundaciones y la erosión costeras del Ártico

Por lo tanto, se requieren esfuerzos de mitigación concertados y urgentes para minimizar los riesgos climasalud y lograr el objetivo del Acuerdo de París. Las actividades clave de mitigación del cambio climático incluyen la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la conservación y mejora de los sumideros de GEI, como los bosques (UNFCCC 2015). Estas acciones son fundamentales para que las Américas alcancen los objetivos del Acuerdo de París, ya que aproximadamente el 25 % de las emisiones globales de GEI se producen en las Américas, lideradas por Estados Unidos (11,9 % de las emisiones globales) y Brasil (5,6 % de las emisiones globales) (Banco Mundial 2016a).

Aunque se anticipan niveles de riesgo más bajos a 1,5 °C (IPCC 2018), incluso si este objetivo se logra mediante reducciones inmediatas y agresivas de las emisiones, el cambio climático seguirá afectando la salud en las Américas durante décadas. Como tal, el Artículo 7 del Acuerdo de París se basa en el Marco de Adaptación de Cancún de 2010, que exige que la adaptación al cambio climático se aborde con la misma urgencia que la mitigación, y reconoce la adaptación como un problema que afecta a todas las naciones (UNFCCC 2011). Para el sector salud, los esfuerzos de adaptación al cambio climático incluyen acciones que reducen la exposición a los riesgos, reducen la morbilidad y previenen la mortalidad.

Cambios de TEMPERATURA



Cambios en la PRECIPITACIÓN

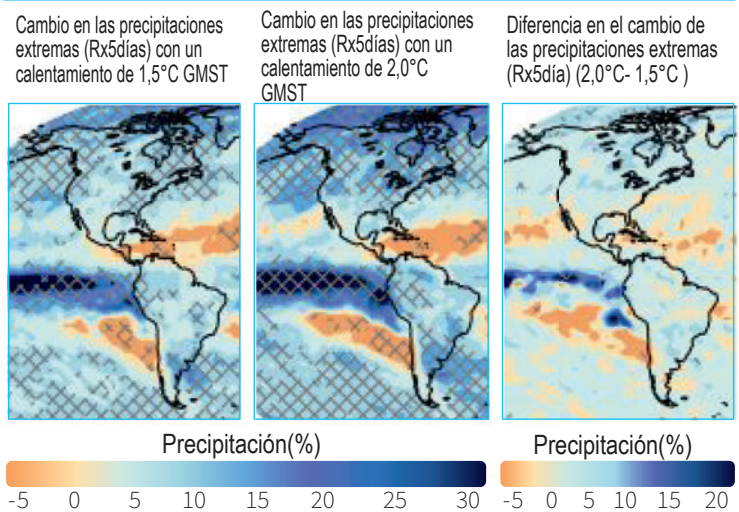


Figura 1.1 Resumen del cambio en la temperatura de los días más calurosos y de las noches más frías, y de las precipitaciones extremas para 1,5°C frente a 2°C de calentamiento global (adaptado del IPCC 2018). GMST, temperatura media global en superficie.

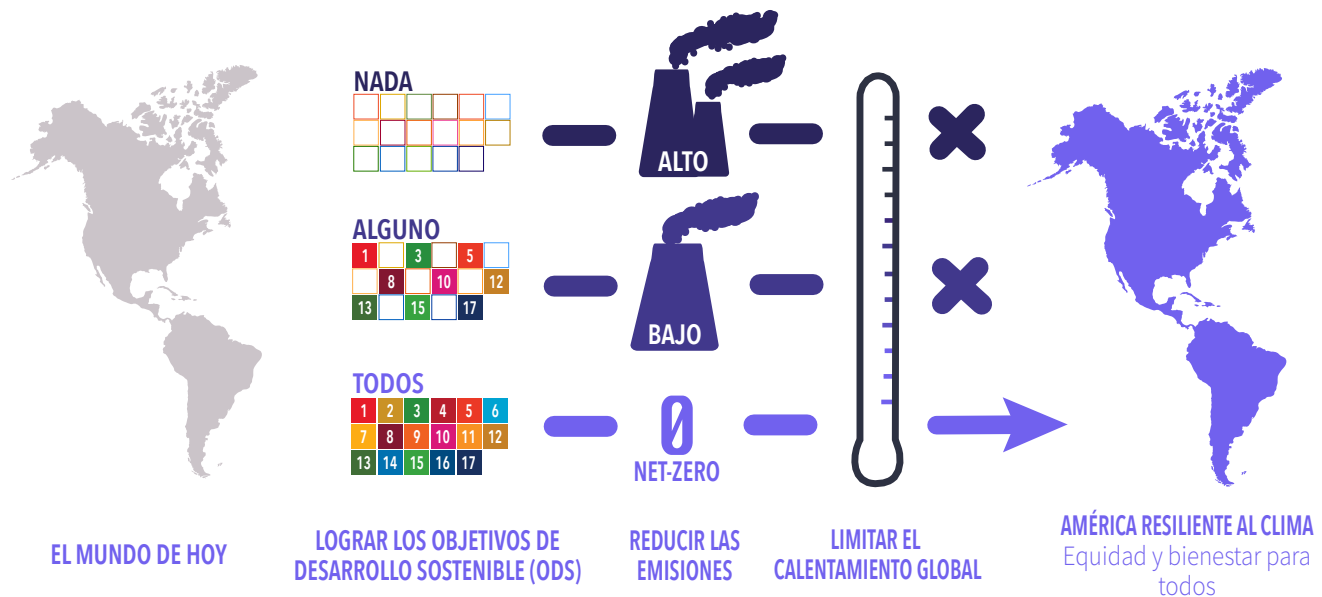


Figura 1.2 La adaptación y mitigación del cambio climático están inextricablemente vinculadas a todos los ODS. Alcanzar los ODS y mantener sus beneficios en el futuro requiere una toma de decisiones que considere el cambio climático y la salud en todas las políticas (adaptado de IPCC 2018).

Según el Acuerdo de París, cada parte miembro es responsable de desarrollar y presentar Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC por sus siglas en inglés), que proporcionan una hoja de ruta específica de la nación para la reducción de GEI y las respuestas de adaptación. Muchos países han esbozado varios objetivos autodeterminados, pero dado que el progreso global hasta la fecha se considera insuficiente para limitar el calentamiento incluso a 2 °C, se requerirán aumentos sustanciales en el compromiso del gobierno para cumplir con los objetivos de reducción de emisiones descritos en el Acuerdo (PNUMA 2019). El liderazgo de las Américas será fundamental, dados los altos niveles de emisiones totales y per cápita de varios países de la región; por ejemplo, Estados Unidos es el segundo mayor contribuyente a las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) a nivel mundial, y países como Canadá, Estados Unidos, Trinidad y Tobago y Curazao tienen algunas de las emisiones globales per cápita más altas (Banco Mundial 2016b). Se están logrando algunos avances en la transición hacia fuentes de energía más limpias en la región, con aumentos en la proporción de consumo de energía limpia en el sector residencial, aunque la dependencia general de fuentes de energía más limpias sigue siendo baja (Watts *et al.*, 2021). Además, si bien las emisiones se redujeron sustancialmente en 2020 debido a las restricciones de viaje y las consecuencias económicas de la pandemia de COVID-19, no está claro si estas reducciones se mantendrán en el tiempo (Watts *et al.*, 2021).

La interconexión del cambio climático y la salud humana se reconoce e incorpora cada vez más en los planes y políticas de acción climática globales, como lo demuestra el Acuerdo de París y muchas NDC posteriores. De hecho, en relación con algunas otras regiones, las Américas tienen un alto nivel de consideración de la salud en las NDC, con más

del 90 % de las NDC haciendo referencia a la salud (Watts *et al.*, 2021). Además, el gasto en salud y los esfuerzos de adaptación relacionados con la salud en las Américas superan ampliamente los de otras regiones y han aumentado con el tiempo, alcanzando más de USD \$ 30 per cápita en 2018-2019 (Watts *et al.*, 2021). La integración de los aspectos de salud en la planificación y las políticas climáticas refleja un enfoque de “salud en todas las políticas” para la acción contra el cambio climático, y tal consideración de la salud en todos los sectores puede conducir a mejoras en la salud, la equidad en salud y el desarrollo sostenible (Rudolph *et al.*, 2013; Sellers *et al.*, 2019; Watts *et al.*, 2021; OMS 2014a). Este tipo de enfoque es crucial dado que los impactos del cambio climático ya están desafiando el progreso actual y amenazan con socavar, o incluso revertir, el progreso logrado a través de iniciativas como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que se establecieron para promover la salud, la prosperidad y un planeta sostenible para todas las personas. El cambio climático se cruza con todos los ODS (Figura 1.2), en particular al amenazar con empujar a más personas a la pobreza (ODS-1) y a la mala salud (ODS-3), reducir la seguridad alimentaria (ODS-2), reducir el acceso al agua potable (ODS -6) y desafiar el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible (ODS-8) (Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas 2020).

1.2 Cambio climático e inequidad

Los impactos del cambio climático en la salud no se experimentarán igual o equitativamente. Ciertas poblaciones corren un riesgo desproporcionadamente alto de tener resultados negativos en la salud debido a interacciones complejas entre factores geográficos, políticos y económicos, así como determinantes sociales de la salud, incluyendo el género. En particular, aquellos que viven en países de bajos ingresos que contribuyen

menos a las emisiones globales de GEI suelen soportar una mayor carga de impactos en la salud relacionados al el clima (IPCC 2018). En 2016, los 31 países clasificados como de bajos ingresos por el Banco Mundial representaron menos del 0,5 % de las emisiones globales de CO2 combinadas, mientras que las tres principales naciones emisoras (China, Estados Unidos e India) combinadas representaron el 48,1 % (Banco Mundial 2016a). Al mismo tiempo, en los países de bajos ingresos, las personas expuestas a desastres relacionados al clima tienen seis veces más probabilidades de verse afectadas (por ejemplo, heridos, desplazados, requerir atención médica) y siete veces más probabilidades de morir en comparación con las de los países de altos ingresos (CRED y Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2017, UNISDR, por sus cifras en inglés). Estas disparidades reflejan el mayor impacto económico de los desastres climáticos en los países de bajos ingresos, los recursos limitados del sector de la salud disponibles y la capacidad relativamente limitada para invertir en infraestructura resistente al clima y adaptación, así como los desafíos existentes relacionados con los determinantes sociales subyacentes de la salud para poblaciones desfavorecidas y de bajos ingresos (CRED y UNISDR 2017; OMS y Comisión sobre Determinantes Sociales de la Salud 2008). Es precisamente para abordar estas marcadas disparidades en los impactos del cambio climático en la salud que el concepto de equidad se menciona específicamente en el Acuerdo de París, integrado en el contexto de los ODS, y es una base de larga data del derecho internacional sobre el cambio climático (Bodansky *et al.*, 2017).

1.3 La Intersección de las crisis de salud en un contexto mundial

Este informe llega en un momento en que los desafíos sin precedentes de la salud global del cambio climático, la contaminación y la pérdida de biodiversidad se ven agravados por la pandemia de COVID-19 (estudio de caso 1). La pandemia de COVID-19 ha tenido un impacto transformador en todos los aspectos de la sociedad. Es un recordatorio pertinente de la interconexión de los factores sociales, ambientales y climáticos, y cómo las intersecciones de estos factores pueden exacerbar no solo los efectos de la pandemia de COVID-19 sino también las desigualdades sociales y de salud existentes (Ebi y Hess 2020; Krieger 2020).

Un claro ejemplo de un peligro climático que se cruza con los de la pandemia de COVID-19 ocurrió en julio de 2020, cuando el huracán Hanna tocó tierra en el sur de Texas, que en ese momento estaba experimentando las tasas de hospitalización por COVID-19 más altas en los Estados Unidos (Shultz *et al.*, 2020a). Los esfuerzos para evacuar y brindar refugio a las personas y, al mismo tiempo, limitar la transmisión viral presentaron desafíos logísticos arduos, y los residentes que optaron por no

evacuar por temor al COVID-19 aumentaron su riesgo de lesiones y ahogamiento (Shultz *et al.*, 2020a). Es importante destacar que los factores que aumentan la vulnerabilidad a los impactos del cambio climático, como la edad, el género, el origen étnico y el nivel socioeconómico, se superponen con los que aumentan la vulnerabilidad al COVID-19, y los riesgos se distribuyen de manera desigual en la sociedad (Schipper *et al.*, 2020). En el pasado han ocurrido crisis escalonadas de salud similares vinculadas a desastres relacionados con el clima (Ivers y Ryan 2006; Watson *et al.*, 2007) y seguirán ocurriendo en el futuro, lo que destaca la necesidad de preparación y planificación de una respuesta sólida que incorpore cuestiones de equidad y justicia social.

Se han invertido, y se seguirán invirtiendo, enormes recursos en respuesta al COVID-19 para reducir la transmisión de enfermedades. Esto incluye el acceso a equipos de protección personal y vacunas, así como el aumento de la financiación para mejorar la capacidad de los servicios de salud y apoyar la recuperación económica (Hale *et al.* 2021; IMF 2021). La pandemia ha obligado a los gobiernos y a la sociedad en general a adaptarse a cambios masivos en la vida diaria en el transcurso de unos pocos meses. Estos cambios no solo han enfatizado las vulnerabilidades inherentes en las estructuras sociales, sino que también han brindado la oportunidad de invertir en la gestión de pandemias y respuestas de recuperación que tienen beneficios colaterales para el cambio climático. Por ejemplo, cualquier acción de recuperación de COVID-19 que continúe la desinversión de los combustibles fósiles y fomente la inversión en energía sostenible no solo ayudará a evitar un repunte de las emisiones, sino que también ayudará a cumplir los objetivos establecidos en el Acuerdo de París (Le Quére *et al.* 2021).

La participación global inmediata es esencial para garantizar que las políticas y la programación implementadas para responder y recuperarse del COVID-19 también se alineen con los objetivos de reducción de emisiones del Acuerdo de París (CMNUCC 2015), los compromisos internacionales para establecer la cobertura universal de salud para 2030 (UHC2030 por sus siglas en inglés) (OMS y Grupo del Banco Mundial 2019), y los ODS (Naciones Unidas 2020). Es importante destacar que las lecciones aprendidas de la rápida ampliación como respuesta a la pandemia se pueden aplicar a las respuestas al cambio climático, incluyendo la necesidad de colaboración intersectorial y solidaridad global, así como la constante consideración de las compensaciones, la equidad y la justicia social y ambiental (Klenert *et al.*, 2020; The Lancet COVID-19 Commissions *et al.*, 2020; OMS 2020a). Además, las respuestas económicas durante y después del COVID-19 pueden beneficiar la salud y, al mismo tiempo, reducir las emisiones de GEI. Tales respuestas incluyen la eliminación de los subsidios que son perjudiciales para la salud y/o el medio ambiente, el apoyo al desarrollo de energías renovables y la consideración de criterios ambientales y de salud al recapitalizar empresas (Guerrero *et al.*, 2020)

Estudio de Caso 1 COVID-19 y cambio climático en las Américas

A medida que las comunidades de todo el mundo lidian con los impactos del cambio climático, su capacidad para responder a los problemas de salud pública se ve comprometida. La actual pandemia de COVID-19 proporciona varios ejemplos de cómo puede desarrollarse esta situación. Reportado por primera vez en Wuhan, China, en 2019, el COVID-19 se extendió rápidamente por todo el mundo a través de redes de viajes globales altamente conectadas para convertirse en la primera gran pandemia del siglo. La enfermedad llegó hasta los rincones más remotos del planeta, como las comunidades indígenas amazónicas, en menos de 6 meses (Zavaleta-Cortijo *et al.* 2020). El COVID-19 presenta un desafío sin precedentes para la humanidad, con implicaciones generalizadas para la salud, los medios de vida y el bienestar que pueden socavar el progreso hacia el logro de los ODS (The Lancet COVID-19 Commissioners *et al.* 2020). La pandemia de COVID-19 está exacerbando las desigualdades sociales, económicas y políticas existentes, con grupos marginados y vulnerables experimentando una mayor carga de casos y muertes, ampliando aún más la pobreza y las brechas educativas (Douglas *et al.* 2020; Krieger 2020; Nicola *et al.* 2020; The Lancet COVID-19 Commissioners *et al.* 2020).

El cambio climático y el COVID-19 están interactuando de manera compleja, creando riesgos compuestos a través de múltiples vías y amenazando aún más la vida y el bienestar. Los factores relacionados con el clima afectan la transmisión de COVID-19, aunque de maneras que aún no se comprenden completamente. La supervivencia y la transmisión de coronavirus en el aire dependen de muchos factores, incluyendo la temperatura y la humedad (Kubota *et al.* 2020; Sasikumar *et al.* 2020), aunque los factores no meteorológicos suelen ser más importantes para explicar la transmisión de enfermedades (Auler *et al.* 2020; Bashir *et al.* 2020; Briz-Redón and Serrano-Aroca 2020; Carlson *et al.* 2020; Kubota *et al.* 2020; Méndez-Arriaga 2020; Pequeno *et al.* 2020; Prata *et al.* 2020; Ribeiro Ribeiro and Alves Sousa 2020; To *et al.* 2021; Zaitchik *et al.* 2020). Con respecto a la exposición y la transmisión, sigue sin estar clara la importancia relativa del clima que afecta directamente al virus frente a cómo cambia el comportamiento de las personas. Hay evidencia insignificante de que el cambio climático afectará directa o sustancialmente la transmisión viral de COVID-19 con el tiempo. Sin embargo, existen fuertes correlaciones entre la exposición a materia particulada (PM, por sus siglas en inglés) de la combustión de combustibles fósiles (por ejemplo, PM_{2.5} (partículas de tamaño inferior a 2,5 µm), NO₂) y una alta carga de casos y mortalidad de COVID-19 (Ali and Islam 2020; Petroni *et al.* 2020; Salas *et al.* 2020b; Srivastava 2021; Wu *et al.* 2020b). Un estudio sugirió que la contaminación del aire por partículas podría haber contribuido aproximadamente en un 15 % (intervalo de confianza del 95 %, 7–33 %) a la mortalidad por COVID-19 en todo el mundo, y en un 17 % (6–39 %) en América del Norte (Poizzer *et al.* 2020). En Europa, Asia occidental y América del Norte, hasta el 70–80 % de la fracción antropogénica atribuible a materia particulada está relacionada con el uso de combustibles fósiles, lo que indica un posible vínculo entre el consumo de combustibles fósiles y los resultados negativos del COVID-19 en esas regiones (Poizzer *et al.* 2020).

Los eventos extremos relacionados al clima en las Américas, incluyendo incendios forestales, huracanes, inundaciones y sequías, pueden exacerbar la vulnerabilidad y socavar los esfuerzos para controlar la pandemia (Pei *et al.*, 2020; Salas *et al.*, 2020b; Walton and van Aalst 2020). La evidencia sobre la interacción entre los extremos climáticos y el COVID-19 apenas está emergiendo, con varias vías potenciales discernibles que incluyen las siguientes:

- **Vías de exposición a enfermedades modificadas.** Los fenómenos meteorológicos extremos provocan desplazamientos masivos (evacuación, migración, refugio masivo, entre otros), lo que introduce enfermedades en nuevas regiones, agrupa a los sobrevivientes en alojamientos temporales donde el distanciamiento social es más desafiante, aumenta los niveles de contacto social y, en el caso de temperaturas extremas, lo que dificulta el uso de cubiertas faciales (Li *et al.* 2005; Phillips *et al.* 2020; Salas *et al.* 2020b). Lavarse las manos con regularidad puede ser un desafío en circunstancias en las que es posible que no haya agua limpia disponible (Armitage and Nellums 2020). En los Estados Unidos, la temporada de huracanes del Atlántico de 2020 fue extremadamente activa y los modelos de simulaciones del sureste de Florida indicaron posibles aumentos en el número total de casos de COVID-19 tanto en los lugares de origen como de destino de los evacuados por huracanes (Pei *et al.* 2020).
- **Mayor susceptibilidad al COVID-19.** Los efectos indirectos de los desastres relacionados con el clima pueden tener implicaciones en la susceptibilidad de las personas y la gravedad de las infecciones por COVID-19. Por ejemplo, la exposición al humo de los incendios forestales en los meses anteriores se ha relacionado con una mayor morbilidad por influenza (Landguth *et al.* 2020), lo que genera preocupaciones sobre el aumento de los riesgos de infecciones por COVID-19 asociadas con los incendios forestales (Kizer 2020; Xu *et al.* 2020a). Además, las personas con problemas pulmonares o cardíacos relacionados con el COVID-19 corren un mayor riesgo de sufrir los efectos negativos del humo y las olas de calor relacionados con los incendios forestales (Salas *et al.* 2020b). Hay evidencia de una creciente actividad de incendios forestales, incluso en el oeste de América del Norte, impulsada en parte por el cambio climático en combinación con otros factores antropogénicos (prácticas de gestión de la tierra, entre otros) (Schoennagel *et al.* 2017; Williams *et al.* 2019; Xu *et al.* 2020a). Varios grandes incendios forestales también coincidieron con el COVID-19 en California, el oeste y centro de Canadá y la Amazonía brasileña. El humo de la temporada de incendios forestales de California de 2020 limitó las actividades al aire libre y exacerbó el aislamiento social, lo que puede haber tenido implicaciones para la salud mental (Kizer 2020).
- **Acceso reducido a los servicios de salud.** Los eventos extremos complican la capacidad de los pacientes con COVID-19 para buscar un diagnóstico y acceder a la atención, y estos desastres también pueden provocar la falla de servicios públicos críticos (por ejemplo, interrupción del suministro de energía y servicios de emergencia (Frausto-Martínez *et al.* 2020; Salas *et al.* 2020b).
- **Respuesta de emergencia comprometida.** Los desastres naturales pueden desafiar las respuestas gubernamentales y de salud pública ante el COVID-19 al interrumpir las cadenas de suministro, limitar el acceso a la ayuda humanitaria y reducir la cantidad de personal y recursos de primera línea movilizables (Frausto-Martínez *et al.* 2020; Walton and van Aalst 2020). Estas interrupciones pueden generar más estrés en los sistemas de salud que ya están luchando para hacer frente a los casos de COVID-19 (Salas *et al.* 2020b). A su vez, el COVID-19 ha creado desafíos para gestionar y responder a eventos climáticos extremos. Las órdenes de quedarse en casa y las preocupaciones sobre el COVID-19 pueden hacer que las personas no presten atención a las órdenes de evacuación (en zonas de huracanes, regiones de incendios forestales), lo que provoca lesiones y muertes prevenibles (Phillips *et al.* 2020; Shultz *et al.* 2020b). Los esfuerzos para controlar los incendios forestales en California, por ejemplo, se vieron limitados por las altas temperaturas, la baja humedad y los fuertes vientos, además de la falta de reclusos (una parte integral del control de incendios del estado) para combatir incendios por cuarentenas y liberaciones anticipadas relacionadas a la pandemia (Kizer 2020). En 2020, la presencia de COVID-19 desafió las respuestas de emergencia durante grandes inundaciones en Canadá, Colombia, Bolivia, Ecuador, Estados Unidos, Guatemala, Haití, Honduras, México, Panamá, Perú, Salvador, Trinidad y Tobago y Uruguay (Simonovic *et al.* 2021).

El cambio climático a más largo plazo ha socavado la resiliencia ante amenazas emergentes como el COVID-19 para algunas poblaciones. Las poblaciones de pueblos originarios de América del Sur se encuentran entre las más afectadas por el COVID-19, y esta disparidad refleja múltiples factores interconectados, como las desigualdades estructurales, la marginación, el despojo de tierras y las políticas gubernamentales (Menton et al., 2021; Polidoro et al., 2020; The Lancet 2020), así como el cambio climático, que ha exacerbado estos otros factores subyacentes. Por ejemplo, en la Amazonía peruana, los cambios en los regímenes de precipitación, la estacionalidad, la hidrología y las temperaturas han socavado los sistemas alimentarios indígenas al interrumpir las pesquerías comunitarias, reducir el acceso y la disponibilidad de animales del bosque de gran valor y socavar los sistemas de conocimiento tradicional (Zavaleta et al., 2018). Esto ha comprometido la resiliencia de los pueblos originarios remotos para resistir las implicaciones negativas de la seguridad alimentaria del COVID-19, ya que ya no pueden depender de los recursos forestales cuando las restricciones de viaje hacen que los mercados locales de alimentos sean inaccesibles (Zavaleta-Cortijo et al., 2020). Como otro ejemplo, en Kashechewan, Canadá, los Pueblos Indígenas de las Primeras Naciones han enfrentado impactos agravados por el COVID-19 y las inundaciones, que han exacerbado la escasez de viviendas existente y han complicado los esfuerzos de evacuación.

Los impactos sin precedentes de la pandemia de COVID-19 presentan una oportunidad para que las naciones de todo el mundo se establezcan en una trayectoria hacia un futuro bajo en carbono con una recuperación económica simultánea. Sin embargo, pocos países han utilizado efectivamente los billones de dólares de fondos de estímulo disponibles durante la pandemia para hacerlo. Según el Greenness of Stimulus Index (Índice de Estímulo Ecológico), Canadá es el único país de las Américas en redireccionar su recuperación hacia un crecimiento más sostenible y una resiliencia climática, mientras que Estados Unidos, México, Argentina, Brasil y Colombia siguen en una trayectoria negativa neta (Vivid Economics y Finance para la Iniciativa de Biodiversidad 2020).

- **1.4 El rol de este informe de IANAS en respuesta a los riesgos para la salud relacionados con el cambio climático**

Este informe es una respuesta a la necesidad de una síntesis enfocada a la evidencia clima-salud en las Américas. Refleja la necesidad urgente de recomendaciones claras y prácticas para apoyar las respuestas y preparativos para los impactos en la salud de la crisis climática. Dada la complejidad, la urgencia y la magnitud inherentes de los impactos del cambio climático en el sector de la salud, es fundamental que se disponga de pruebas sólidas y oportunas para fundamentar respuestas y estrategias eficaces, factibles y equitativas. El desafío, sin embargo, es el volumen exponencialmente creciente y la calidad variable de la investigación a través de la cual los responsables de tomar decisiones deben examinar y clasificar. Por ejemplo, desde 2007, la cantidad de publicaciones de investigación relacionadas con el cambio climático y la salud se ha multiplicado por ocho a nivel mundial (Watts et al. 2021), con tendencias similares en investigaciones documentadas específicamente en las Américas (Berrang-Ford et al. 2021b; Harper et al. 2021a, 2021b). Sin embargo, una revisión de la literatura internacional encontró aproximadamente tres veces más publicaciones de América del Norte que de América del Sur (Berrang-Ford et al. 2021b).

La Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS) está bien posicionada para evaluar la base de evidencia sobre clima y salud porque: (i) es

independiente de intereses comerciales y políticos creados; y (ii) reúne una red expansiva de expertos líderes que pueden evaluar el estado de la base de evidencia sobre clima y salud y hacer recomendaciones basadas en ciencia verificable y compromiso transdisciplinario. Por lo tanto, este informe tiene los siguientes objetivos:

1. Utilizar un enfoque colaborativo y transdisciplinario para evaluar y sintetizar la evidencia disponible revisada por pares sobre los actuales riesgos para la salud y el cambio climático que se proyecta en las Américas.
2. Describir opciones de mitigación y adaptación factibles, efectivas y oportunas para proteger y promover la salud de las personas en las Américas a corto, mediano y largo plazo, y proporcionar recomendaciones de política claras, utilizables y relevantes que apoyen la implementación de esas opciones.
3. Resaltar estudios de casos para ilustrar los riesgos para la salud del cambio climático y los beneficios potenciales de las estrategias de adaptación y mitigación.
4. Identificar brechas importantes en la investigación sobre clima y salud y sugerir investigaciones futuras que se necesitan con urgencia para informar la toma de decisiones.
5. Proporcionar un recurso probatorio y un marco de salud pública para los responsables de la formulación de políticas, los profesionales y los investigadores que ayudarán a aumentar la participación pública en los debates sobre el cambio climático y motivarán la acción contra este mismo.

2 Enfoque de evaluación de IANAS

2.1 Construir a partir de publicaciones previas de academias nacionales sobre cambio climático y salud y actualizarlas

Varias academias o redes nacionales han publicado informes de síntesis sobre el cambio climático y la salud (Table 2.1). Este informe de IANAS se basa y avanza en síntesis anteriores, proporcionando un examen en profundidad del cambio climático y la salud en las Américas y presenta estudios de casos para resaltar el nexo clima-salud (Box 2.1)

Las fuentes de evidencia evaluadas en este informe se describen en la Sección 2.2.

2.2 Alcance de este informe

2.2.1 Evidencia evaluada en este informe

De manera similar al informe del Consejo Asesor de Ciencias de las Academias Europeas (EASAC 2019, por su siglas en inglés), nos enfocamos en sintetizar evidencia para informar la toma de decisiones,

Cuadro 2.1 Panorama general de los informes publicados y próximos a publicar de academias internacionales de síntesis sobre cambio climático y salud. Adaptado de la Tabla 2.1 del informe del Consejo Asesor de Ciencias de las Academias Europeas "El imperativo de la acción climática para proteger la salud humana en Europa" (EASAC 2019).

Academia	Informe	Año de publicación
Consejo Asesor de Ciencias de las Academias Europeas (EASAC, por sus siglas en inglés)	"Cambio climático y enfermedades infecciosas en Europa"	2010
Panel Médico Interacadémico (IAMP, por sus siglas en inglés)	"Declaración sobre los beneficios colaterales para la salud de las políticas de abordaje para el cambio climático"	2010
Academia Nacional Alemana de Ciencias Leopoldina	"Los beneficios colaterales de las acciones sobre el cambio climático y la salud pública"	2015
Academias Suizas de las Artes y las Ciencias	"Salud y cambio global en un mundo interconectado"	2015
Academia Australiana de Ciencias	"Desafío del cambio climático para la salud: riesgos y oportunidades"	2016
Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS, por sus siglas en inglés)	"Desafíos y oportunidades para la seguridad alimentaria y nutricional en las Américas: La mirada de las Academias de Ciencias"	2017
Consejo Asesor de Ciencias de las Academias Europeas	"Oportunidades y desafíos para la investigación en seguridad alimentaria y nutricional y agricultura en Europa"	2017
Academia Pontificia de las Ciencias	"Declaración de la salud de las personas, la salud del planeta y nuestra responsabilidad"	2017
Sociedad Real de Nueva Zelanda	"Impactos en la salud humana del cambio climático en Nueva Zelanda"	2017
Academias Nacionales de Ciencias de EE. UU.	"Proteger la salud y el bienestar de las comunidades en un clima cambiante"	2017
Consejo Asesor de Ciencias de las Academias Europeas; Instituto Meteorológico de Noruega	"Eventos meteorológicos extremos en Europa. Preparación para la adaptación al cambio climático: una actualización del estudio de EASAC de 2013"	2018
Consejo Asesor de Ciencias de las Academias Europeas	"Lo imperativo de la acción climática para proteger la salud humana en Europa"	2019
Asociación de Academias y Sociedades de Asia (AASSA, por sus siglas en inglés)	"Lo imperativo de la acción climática para promover y proteger la salud en Asia"	2021
Red de Academias de Ciencias Africanas (NASAC, por sus siglas en inglés)	Informe sobre el cambio climático y la salud en África. Título pendiente	Próximamente 2022
Academia Nacional de Medicina; Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Medicina	Informe sobre el cambio climático y la salud en los Estados Unidos. Título pendiente	Próximamente

Recuadro 2.1 Preguntas clave abordadas en este informe, basadas en preguntas abordadas en el informe de EASAC (2019) sobre cambio climático y salud

Cambio climático y riesgos para salud en las Américas.

1. ¿Cuáles son los principales riesgos para la salud del cambio climático en las Américas?
2. ¿Quiénes son los que corren mayor riesgo? ¿Dónde viven?
3. ¿Cómo los determinantes sociales de la salud median, modifican, amplifican o reducen los riesgos y las respuestas al cambio climático?

Cambio climático y respuestas de salud en las Américas

1. ¿Qué políticas, planes y vías de desarrollo aumentan la resiliencia a los impactos del cambio climático?
 2. ¿Cuáles son las mejores (combinaciones de) estrategias de adaptación en diferentes contextos? ¿Cuáles son los límites de la adaptación?
 3. ¿Cuáles son los beneficios de la mitigación del cambio climático para la salud?
 4. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas y las sinergias asociadas con las diferentes estrategias de adaptación y mitigación? ¿Hay consecuencias adversas no deseadas vinculadas a ciertas estrategias?
 5. ¿Cuáles son los facilitadores y las barreras para la implementación de las respuestas?
- ¿Cómo se puede mejorar la consideración de la salud en las políticas, programas y acciones climáticas?

así como en identificar brechas de investigación que tienen importantes implicaciones y relevancia política. Como tal, nuestra audiencia principal prevista son los responsables de tomar decisiones en las Américas, así como aquellos cuyo trabajo depende o está influenciado por las Américas. La terminología y la comprensión conceptual de los riesgos para la salud del cambio climático descritos en este informe se alinean con los establecidos por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC 2019c, por sus siglas en inglés).

Priorizamos citar revisiones sistemáticas que utilizan métodos replicables y transparentes para resumir la literatura sobre el cambio climático y la salud, como las fuentes metodológicamente más rigurosas de evidencia recopilada sobre temas relacionados con el clima y la salud. Esto refleja el penúltimo paso en la producción de conocimiento dirigido a la interfaz ciencia-política para el cambio climático, que implica evaluar las síntesis de investigación para producir nuestra evaluación científica (Minx et al. 2017) (Figure 2.1). Sin embargo, también citamos otra literatura para ilustrar temas particulares y estudios de casos, guiados por las discusiones de expertos de nuestro Grupo de Trabajo y colegas revisores. Todos los artículos citados en este informe se publicaron antes del 1 de septiembre de 2021, lo que refleja la fecha límite de publicación del Grupo de Trabajo II del IPCC. Nuestro enfoque no proporciona una lista bibliográfica exhaustiva, sino que permite una evaluación de preguntas científicas y políticas más amplias al tiempo que agrega profundidad y matices a través de ejemplos de estudios de casos.

2.2.2 Alcance geográfico de este informe



Figura 2.1 Producción de conocimiento para las interacciones ciencia-política relacionadas con el cambio climático (adaptado de Minx et al. 2017).

Las Américas representan una región de gran diversidad geográfica, política y socioeconómica. América del Norte, Central y del Sur abarcan 45 países y/o territorios con una población combinada de aproximadamente mil millones de personas (Banco Mundial 2019). La mayoría de los países (88,8 %) se clasifican como de ingresos medios altos (44,4 %) o ingresos altos (44,4 %), con un 11,1 % considerados de ingresos medios bajos (8,9 %) o ingresos bajos (2,2 %) (Banco Mundial 2020). Las Américas cubre todos los tipos de zonas climáticas, desde climas árticos hasta climas tropicales, e incluye una amplia diversidad de culturas, idiomas y pueblos originarios. Cubrir climas, ecosistemas, culturas y pueblos tan diversos es un desafío; sin embargo, también es una fortaleza y una contribución clave de este informe.

Como tal, un objetivo importante de este informe es examinar las vías generales a través de las cuales el cambio climático afecta la salud en la gama de diferentes sistemas naturales y humanos en las Américas, al mismo tiempo que brinda profundidad y matices a través de ejemplos de estudios de casos en toda la región.

2.3 Marco de la investigación de IANAS

2.3.1 Definición de riesgo en la salud relacionado a los impactos del cambio climático

Este informe hace uso de un marco de riesgo que considera los impactos del clima- salud en función de: (i) peligros inducidos por el cambio climático; (ii) exposición a estos peligros; y (iii) vulnerabilidad de humanos y sistemas se hazards; and (iii) vulnerability of humans and systems (Abram *et al.* 2019; Ebi *et al.* 2006). Los peligros incluyen los eventos meteorológicos o ambientales directos e indirectos que resultan del cambio climático (por ejemplo, calor extremo, incendios forestales, etc.), mientras que la *exposición* se refiere a la proximidad, el tipo y la escala de los peligros climáticos (por ejemplo, duración de las olas de calor, área quemada en incendios forestales, etc.), que pueden ir desde la variabilidad climática a largo plazo hasta fenómenos meteorológicos extremos y desastres climáticos. La *vulnerabilidad* se refiere a la medida en que los seres humanos y los sistemas humanos son susceptibles a los impactos de las amenazas climáticas (Ebi *et al.* 2006), y se ve afectada por numerosos factores biológicos (por ejemplo, sexo, edad) y condiciones sociales (por ejemplo, geopolítica, estado socioeconómico, roles de género).

La adaptación para reducir la exposición y la vulnerabilidad, y por lo tanto el riesgo general, es fundamental dado que los impactos del cambio climático continuarán en el futuro incluso con la implementación de estrategias de mitigación. La *resiliencia* es una propiedad de los sistemas naturales y humanos interconectados que les permite volver a un estado igual o mejor que el estado anterior en respuesta a una amenaza, evento, tendencia o perturbación climática (IPCC 2019c). En este informe, la *capacidad de afrontamiento* se refiere a la disponibilidad de opciones de adaptación actualmente viables, mientras que la *capacidad de adaptación* se refiere a la capacidad de los sistemas para aumentar la capacidad de afrontamiento en el futuro (Ebi *et al.* 2006). Las adaptaciones para reducir el riesgo de cargas negativas para la salud pueden implementarse a través de intervenciones a nivel individual y/o poblacional, como políticas, programación y el desarrollo de infraestructura resiliente al clima (Ebi *et al.* 2006).

Las proyecciones clima-salud pasadas, actuales y futuras deben tener en cuenta los impulsores del riesgo, incluidas las formas en que los peligros, la exposición y la vulnerabilidad pueden cambiar con el tiempo. Los peligros aumentarán a medida que el cambio climático

contribuya a cambiar los patrones estacionales, así como a los cambios en la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos en todo el mundo. En particular, se espera que el cambio climático exacerbe los impactos en la salud sensibles al clima en las poblaciones que ya están experimentando estos resultados de salud como resultado de una mayor exposición a los peligros. Por ejemplo, se prevé que aquellos que viven en regiones donde las temperaturas máximas diurnas ya representan riesgos sustanciales para la salud, experimenten morbilidad y mortalidad adicionales relacionadas con el calor a medida que avanza el cambio climático (Vicedo-Cabrera *et al.*, 2018). La vulnerabilidad también puede aumentar en algunos contextos, por ejemplo debido al envejecimiento de la población, y disminuir en otros contextos debido a las mejoras en los determinantes sociales de la salud logradas a través de políticas y programas como los ODS (Smith *et al.*, 2014). En general, se espera que los riesgos para la salud relacionados con el clima sean menores a 1,5 °C de calentamiento que a 2 °C (IPCC 2018); por lo tanto, en este informe describimos los impactos directos e indirectos del cambio climático en la salud bajo múltiples escenarios climáticos, incluidos los impactos potenciales de los factores de riesgo no climáticos y los impactos potenciales de las estrategias de mitigación y adaptación. Los "impactos" del cambio climático, tal como los define el IPCC, "generalmente se refieren a los efectos sobre las vidas; medios de subsistencia; salud y bienestar; ecosistemas y especies; bienes económicos, sociales y culturales; servicios (incluidos los servicios de los ecosistemas); e infraestructura. Los impactos pueden denominarse consecuencias o resultados, y pueden ser adversos o beneficiosos" (IPCC 2019c). Algunas consecuencias del cambio climático podrían proporcionar resultados aparentemente beneficiosos en circunstancias específicas, como el aumento de las precipitaciones en regiones previamente áridas, la emigración de vectores específicos de infección o la inmigración de especies marinas comestibles; sin embargo, es probable que estos cambios sean transitorios, que solo afecten a ciertos sectores de la población y, en general, es poco probable que compensen los aspectos negativos del cambio climático.

La magnitud, distribución y frecuencia de los resultados de salud cambian regularmente debido a múltiples factores sociales y ambientales que se entrecruzan, por lo que cuantificar los impactos reales atribuidos específicamente al cambio climático puede ser un desafío. La medida en que se han producido cambios en los resultados de salud debido al cambio climático a menudo se basa en la ciencia de "detección y atribución", definida por el IPCC como "demostrar que el clima o un sistema afectado por el clima ha cambiado en algún sentido estadístico definido... La atribución se define como el proceso de evaluar las contribuciones relativas de múltiples factores causales a un cambio o

evento con una evaluación formal de confianza” (énfasis agregado) (IPCC 2018). En otras palabras, la detección nos dice si la salud ha cambiado desde cierto período de referencia y la atribución nos dice en qué medida esto se debe al cambio climático. La ciencia de detección y atribución se ha vuelto cada vez más importante debido a que las negociaciones internacionales sobre cambio climático bajo la CMNUCC se enfocan en prevenir el cambio climático antropogénico “peligroso”. Por lo tanto, para alinearse con estas discusiones, decisiones y negociaciones internacionales, este informe utiliza un marco de detección y atribución para comprender los impactos del cambio climático en los resultados de salud en las Américas. Para cada resultado de salud, consideramos cómo y en qué medida el cambio climático afectó la salud en las Américas.

En las últimas décadas, la ciencia del cambio climático ha avanzado significativamente debido a una comprensión mucho más clara del carácter, el momento y la distribución espacial del cambio climático (IPCC 2021). Al mismo tiempo, los avances en las ciencias de la salud han mejorado nuestra comprensión de cómo la magnitud, distribución y frecuencia de los resultados de salud han cambiado con el tiempo. En la interfaz clima-salud, es cada vez más posible atribuir una parte de los cambios en la salud al cambio climático (Ebi *et al.*, 2020, 2017). Sin embargo, este no es siempre el caso, particularmente en la investigación que examina los impactos sociales del cambio climático (Ebi *et al.*, 2020). Para las ciencias de la salud, realizar investigaciones formales de detección y atribución requiere conjuntos de datos a largo plazo, una comprensión detallada de la vía causal entre el cambio climático y un resultado de salud, y datos sobre otros determinantes de la salud. Los desafíos de realizar este tipo de investigación son similares a los de la investigación en salud que examina las causas del cáncer: estos incluyen la identificación de condiciones hipotéticas, la disponibilidad de datos de observación y las dificultades para tener en cuenta otros factores que pueden cambiar el riesgo (Ebi *et al.*, 2020). En general, la investigación de atribución y detección del cambio climático se utiliza a menudo para investigar la probabilidad de que ocurra un evento o la intensidad del evento con y sin cambio climático. A menudo, comprender la intensidad del evento es más útil para las personas a cargo de tomar decisiones (Ebi *et al.*, 2020, 2017; IPCC 2018); por lo tanto, esto a menudo se prioriza en las evaluaciones de impacto en la salud (Ebi *et al.*, 2020, 2017). En este informe, evaluamos, cuando es posible, la detección y atribución de los impactos del cambio climático en la salud, señalando que la evidencia de detección a menudo está más disponible y la evidencia de atribución no siempre es posible.

2.3.2 Temas transversales en este informe

Dadas las vías complejas a través de las cuales el clima afecta la salud y los muchos factores que modifican esta relación, este informe tiene como objetivo resaltar varios temas transversales clave que son cruciales para comprender y responder a los impactos del cambio climático en la salud en diversos contextos geográficos y sociales. Así, a lo largo de este informe nos centramos en los siguientes temas:

- Acción urgente para limitar los impactos clima-salud.
- Equidad en la síntesis de evidencia clima-salud y respuestas.
- La intersección de varias condiciones sociales, factores y características.
- Sostenibilidad, transdisciplinariedad y pensamiento sistémico.
- Conocimiento indígena.
- Sistemas socioecológicos acoplados.
- Comunicación del conocimiento, incluyendo la brecha de conocimiento y la incertidumbre
- Riesgos clima-salud en cascada y acumulativos.
- Problemas de escala (geopolítica, temporal y espacial).

3 ¿Cómo afecta la salud el cambio climático?

3.1 Alcance y escala de los riesgos para la salud relacionados al cambio climático

Las vías a través de las cuales el cambio climático afecta la salud son complejas, interconectadas y modificadas por muchos factores ambientales, biológicos y sociales. A pesar de estas complejidades, los riesgos clima-salud generalmente se clasifican como impactos directos o indirectos. Los efectos directos incluyen riesgos tales como morbilidad y mortalidad relacionadas con el calor, así como lesiones y muertes durante fenómenos meteorológicos extremos. Los impactos indirectos suelen estar mediados por los efectos del cambio climático en los ecosistemas o sistemas sociales. Estos incluyen la disminución de la calidad del aire o el aumento de los riesgos de enfermedades transmitidas por los alimentos y el agua como resultado de los cambios ambientales, así como los impactos en la salud mental relacionados con el cambio ambiental y las perturbaciones sociales. Es importante tener en cuenta que estas categorizaciones son amplias y que los impactos en la salud pueden ser acumulativos, en cascada o combinados. Por ejemplo, la morbilidad relacionada con el calor puede incluir impactos directos en la salud, así como impactos indirectos en la salud mental, la salud materna/fetal y otros resultados. En la [Figure 3.1](#), se presenta un diagrama conceptual que describe las diversas vías y modificadores de los impactos del clima y la salud. Cada vez se reconoce más la importancia de los enfoques transdisciplinarios y de pensamiento sistémico como necesarios para comprender estos temas complejos, especialmente en el contexto de múltiples desafíos convergentes en el siglo

siglo XXI ([Bowen y Ebi 2015](#); [Zinsstag et al., 2018](#)). La transdisciplinariedad y el pensamiento sistémico representan un importante tema transversal de este informe. En este capítulo, presentamos las vías clima-salud organizadas en las principales categorías de impacto en la salud ([Figure 3.2](#)). Para cada categoría de resultados de salud hay: (i) un resumen de los riesgos actuales; (ii) una descripción de las proyecciones futuras; (iii) un esquema de posibles opciones de mitigación y adaptación; y (iv) una identificación de vacíos de investigación y recomendaciones relevantes para las políticas. En los capítulos 4 y 5 se presenta una síntesis de las opciones generales de mitigación y adaptación y las brechas de investigación. Los estudios de caso se incorporan a lo largo del informe para proporcionar un contexto local y regional y para resaltar ejemplos detallados de los impactos del clima y la salud y las estrategias de respuesta en las Américas.

- **3.2 Morbilidad y mortalidad relacionadas al calor**

3.2.1 ¿Cómo aumenta el cambio climático el riesgo de morbilidad y mortalidad relacionado al calor?

Incluso bajo escenarios de bajas emisiones, se prevé que las Américas experimenten aumentos en la mortalidad y morbilidad relacionadas al calor, como agotamiento por calor y golpe de calor, así como enfermedades cardiovasculares, renales y respiratorias relacionadas con la exposición al calor ([Anderson et al. 2018b](#); [Ebi et al. 2018b](#); [Green et al. 2019](#); [Limaye et al. 2018](#); [Marsha et al. 2018](#); [Morefield et al. 2018](#)). Incluso con fuertes



Figura 3.1 Una ilustración del marco conceptual que guía este informe evaluativo de IANAS.



Figura 3.2 Resumen de las categorías de resultados de salud sensibles al clima en las Américas que se evalúan en este informe

esfuerzos de adaptación, se proyecta un exceso de mortalidad debido al aumento de las olas de calor en todos los escenarios de cambio climático en muchos países a lo largo del siglo, incluyendo Canadá, Estados Unidos, Chile, Brasil y Colombia (Guo *et al.*, 2018). En el caso de los Estados Unidos, las muertes anuales relacionadas al calor podrían superar las 36.000 en la vía de emisión moderada RCP (Por sus siglas en inglés, Trayectorias de Concentración Representativas) 4,5, pero aumentarían a aproximadamente 97 000 anuales bajo la vía de alta emisión de GEI RCP8,5. Estos valores superan con creces las 12.000 muertes relacionadas al calor que se estima han ocurrido anualmente en los Estados Unidos durante la década actual (Shindell *et al.*, 2020).

En Nicaragua, aproximadamente el 66% de los lugares de trabajo no cuentan con sistemas de refrigeración. Las temperaturas del aire interior a menudo superan los estándares locales para un trabajo seguro con un esfuerzo moderado y se prevé que aumenten hasta un 80 % a mediados de siglo (Sheffield *et al.* 2013). En América Central, la enfermedad renal es cada vez más frecuente, lo que puede estar relacionado con las altas temperaturas y la deshidratación, aunque las causas específicas aún están bajo investigación (Glaser *et al.* 2016; González-Quiroz *et al.* 2018). A medida que aumentan los riesgos de estrés por calor y deshidratación debido al cambio climático, se proyecta que las áreas de alto riesgo para el desarrollo de cálculos renales se expandan hacia el norte de los Estados Unidos (Brikowski *et al.* 2008).

Otras consecuencias de una mayor exposición al calor también están ganando cada vez más atención, incluidos los impactos en la salud materna y fetal (Chersich *et al.* 2020; Zhang *et al.* 2017). Por ejemplo, en California, el aumento del riesgo de parto prematuro se asoció con temperaturas ambientales más altas (Basu *et al.* 2010), y una investigación realizada en Colombia, Bolivia y Perú encontró que la exposición a temperaturas más altas disminuyó el peso al nacer y aumentó la probabilidad de bajo peso al nacer (Molina and Saldarriaga 2017).

Un volumen cada vez mayor de evidencia también

respalda un vínculo entre la exposición al calor y los resultados negativos para la salud mental (Burke *et al.*, 2018; Kim *et al.*, 2019). Los estudios han documentado una asociación entre la exposición al calor extremo y el suicidio en Canadá, Estados Unidos, México y Brasil (Burke *et al.*, 2018; Kim *et al.*, 2019). Para 2050, se estima que el aumento proyectado de suicidios relacionados con el calor en los Estados Unidos y México será comparable a otros factores de riesgo de suicidio conocidos, como las recesiones económicas (Burke *et al.*, 2018). Esta asociación puede explicarse por el impacto del calor en la función de la serotonina y los cambios resultantes en el comportamiento (Kim *et al.*, 2019), aunque los mecanismos detrás de esta relación siguen sin estar claros.

Los impactos de la exposición al calor extremo no se distribuyen equitativamente dentro y entre los países de las Américas, y varían mucho según la geografía, el panorama político, la economía y varios factores biológicos y sociales (Anderson *et al.*, 2018b; Feron *et al.*, 2019; Limaye *et al.*, 2018; Marsha *et al.*, 2018; Morefield *et al.*, 2018). Los impactos de algunos factores sociales y biológicos en los resultados de salud relacionados con el calor extremo han sido bien investigados, estableciendo evidencia clara de que la edad, el sexo y las condiciones socioeconómicas afectan la mortalidad y la morbilidad relacionadas con el calor (Green *et al.*, 2019; Son *et al.*, 2019). Por ejemplo, en Columbia Británica, Canadá, una ola de calor del 25 de junio al 1 de julio de 2021 provocó más de 500 muertes, lo que representó un aumento del 300 % en la mortalidad relacionada con el calor en comparación con años anteriores; de estas muertes relacionadas con el calor, el 79% tenían 65 años o más. En la Ciudad de México, las proyecciones indican que el efecto isla de calor urbano, junto con los efectos del cambio climático, pueden aumentar la exposición al calor extremo en lugares más urbanizados y poblados dentro de una ciudad (Martilli *et al.*, 2020), con impactos más severos en barrios con menores condiciones socioeconómicas (Estudio de caso 2). En este contexto, los espacios verdes pueden jugar un papel importante; por ejemplo, la cantidad de espacios verdes en las ciudades se ha relacionado con la disminución de los efectos sobre la salud relacionados con el calor (Sera *et al.*, 2019). Hay menos evidencia disponible relacionada con el papel de otros factores que pueden afectar la relación entre la exposición al calor y los resultados de salud, incluido el acceso a la atención médica, la vivienda, la educación, el racismo, la ocupación y los indicadores de calidad ambiental (Green *et al.*, 2019; Son *et al.*, 2019). Estos factores sociales, además de los factores fisiológicos humanos (Vanos *et al.*, 2020), deben integrarse mejor en las proyecciones climáticas de calor y salud para brindar información más precisa, matizada y útil a los formuladores de políticas.

Estudio de caso 2 Cambio climático y los efectos de la isla de calor urbana en Ciudad de México

Los efectos de isla de calor pueden aumentar la temperatura media anual entre 2 y 6 °C en algunas ciudades, lo que amplifica gravemente los riesgos del cambio climático (Estrada *et al.* 2017). Esto se observó en 2017, cuando el efecto isla de calor urbano en la Ciudad de México resultó en que la temperatura media anual fuera 3.5°C más alta que en las áreas no urbanas circundantes. Las proyecciones sugieren que la temperatura media anual en la Ciudad de México puede aumentar más de 4 °C para 2100; sin embargo, debido al efecto isla de calor, se proyecta que las áreas más urbanizadas y pobladas de la ciudad experimenten incrementos de hasta 8°C. Para el año 2100, existe una probabilidad cercana al 100% de que toda la Ciudad de México experimente un calentamiento de 5°C. Esta situación es común a muchas ciudades a nivel mundial; de hecho, bajo un escenario de emisiones altas (es decir, RCP8.5) y sin políticas locales de reducción de islas de calor urbanas, existe un 60% de probabilidad de que las temperaturas medias anuales de todas las ciudades aumenten más de 3°C para 2050, y que la probabilidad aumenta a casi el 100% para las áreas más pobladas dentro de las ciudades.

Estas condiciones climáticas más cálidas presentan importantes riesgos económicos y sociales para los mexicanos (Estrada *et al.* 2020; Estrada Porrúa and Martínez López 2011; Sánchez Vargas *et al.* 2011), ya que los efectos de isla de calor amplificarán los riesgos para la salud de manera desproporcionada en diferentes áreas y poblaciones dentro de la ciudad (Dell *et al.* 2014; Kjellstrom *et al.* 2018; Sanz-Barbero *et al.* 2018; Watts *et al.* 2019b; Weber *et al.* 2015; WHO 2014b). Poblaciones de alta densidad y bajos ingresos que viven en áreas con mayores concentraciones de concreto y menos acceso a espacios verdes, que también pueden tener acceso limitado a servicios de salud, una alta prevalencia de condiciones de salud preexistentes, altos niveles de aislamiento social y acceso reducido al aire acondicionado, corren un mayor riesgo de morbilidad y mortalidad relacionadas al calor (Johnson *et al.* 2009; Wilhelmi *et al.* 2013). Estas consideraciones se han vuelto cada vez más importantes a medida que la pandemia de COVID-19 ha impactado negativamente la economía y la calidad del aire en la Ciudad de México, exacerbando aún más los desafíos socioeconómicos y las inequidades (Peralta *et al.* 2020). Los ancianos también corren un mayor riesgo de morbilidad y mortalidad relacionadas con el calor debido a la fisiología y otros factores socioeconómicos. Por lo tanto, es importante considerar los cambios demográficos al proyectar los riesgos del cambio climático. Se proyecta que la población de la Ciudad de México cambie sustancialmente para 2050, con cambios críticos en la demografía por edad, incluida una población de jóvenes sustancialmente más pequeña y una población de ancianos sustancialmente más grande (Angel *et al.* 2017).

Las modificaciones propuestas al entorno construido de la Ciudad de México para reducir los efectos de isla de calor incluyen la expansión de áreas cubiertas por árboles y plantas, la creación de techos de color verde y blanco y la creación de pavimentos con materiales que reflejan la energía solar y liberan calor rápidamente. Este tipo de acciones tiene claras ventajas a corto y largo plazo y costos de implementación relativamente bajos, así como importantes beneficios potenciales para la salud, en particular para las poblaciones más vulnerables. Los importantes beneficios adicionales de estos cambios en el entorno construido incluyen la reducción del consumo de energía, el aumento del valor estético y la reducción del riesgo de inundaciones. Sin embargo, las soluciones más efectivas para reducir los riesgos relacionados al calor están respaldadas por consideraciones de equidad; por ejemplo, las iniciativas para reducir la pobreza juegan un papel fundamental en la adaptación al cambio climático para la Ciudad de México y otras ciudades a nivel mundial).

Está claro que el cambio climático aumentará la mortalidad y la morbilidad relacionadas con el calor, pero se necesita mucha más investigación en América Central y del Sur (Berrang-Ford *et al.*, 2021b; Harper *et al.*, 2021a), lo cual es vital para garantizar que la información pasada, presente y proyectada sobre la salud y el calor dentro de diferentes países/ciudades pueda respaldar adecuadamente la toma de decisiones a nivel de país/ciudad para prevenir muertes relacionadas con el calor (Vanos *et al.*, 2020). En particular, se ha pedido un enfoque de conjunto, que no solo considere las condiciones climáticas futuras, sino también la demografía futura de la población, la fisiología humana y la aclimatación, las condiciones de salud subyacentes, las normas y comportamientos socioculturales cambiantes y los esfuerzos de adaptación para mejorar la solidez y la utilidad de proyecciones futuras (Vanos *et al.*, 2020). limits of adaptations for heat exposure) through interventions at the individual and population level, emphasizing the importance of adaptation efforts (Vanos *et al.* 2020).

3.2.2 ¿Qué opciones de adaptación y mitigación existen para reducir la morbilidad y la mortalidad relacionadas al calor?

La mayoría de los impactos en la salud de la exposición al calor extremo se pueden prevenir (pero consulte la sección 4.1.4, que describe los límites de las adaptaciones para la exposición al calor) mediante intervenciones a nivel individual y poblacional, lo que

enfatisa la importancia de los esfuerzos de adaptación (Vanos *et al.*, 2020). Las posibles intervenciones, que no son mutuamente excluyentes, pueden ser de infraestructura, tecnológicas, de comportamiento y fisiológicas (Ebi *et al.*, 2021b; Jay *et al.*, 2021), e incluyen opciones como aislamiento, infraestructura verde, persianas externas, techos frescos, ecologización urbana, aclimatación, programación de salud pública, subsidios para iniciativas ecológicas, búsqueda de ambientes más frescos y cambios de ropa. Por ejemplo, los sistemas de advertencia de calor pueden desencadenar respuestas en todos los sectores para proteger la salud pública, lo que incluye brindar acceso equitativo a las estaciones de enfriamiento, proteger la salud ocupacional a través de regulaciones y alentar cambios de comportamiento (por ejemplo, hidratación, controlar a los vecinos) (Estudio de Caso 3). La implementación de intervenciones integradas e intersectoriales requerirá que los responsables de tomar decisiones consideren diferentes horizontes de tiempo, ya que una adaptación exitosa requerirá intervenciones tanto a corto plazo (por ejemplo, educación y concientización) como a más largo plazo (por ejemplo, planificación urbana a largo plazo para mejorar los espacios verdes, la infraestructura verde). Las revisiones sistemáticas han indicado que estas consideraciones intersectoriales a menudo se pasan por alto, lo que da como resultado una preparación y/o políticas insuficientes para proteger la salud de la exposición al calor extremo (Brimicombe *et al.*, 2021).

Hay evidencia de que algunas regiones se están

Estudio de caso 3 Impactos y soluciones a la mortalidad por olas de calor en Argentina

Las investigaciones indican que la frecuencia e intensidad del calor extremo está aumentando en Argentina. [Rusticucci et al. \(2016\)](#) encontraron que el número de días de calor extremo (es decir, aquellos días por encima del percentil 90 de temperatura máxima, utilizando 1960 como año de referencia) se cuadruplicó entre 1960 y 2000 en la región noroeste del país. La frecuencia de las olas de calor también ha aumentado como resultado del cambio climático, con múltiples olas de calor prolongadas que anteriormente se clasificaban como eventos de uno en 100 años que ocurrieron entre 2013 y 2018. [Barros et al. \(2015\)](#) informaron que los veranos de 2013 y 2014 representaron las olas de calor más largas jamás registradas en Argentina, lo que tuvo un impacto sustancial en el suministro de energía en la región de Buenos Aires.

En Argentina, la asociación entre altas temperaturas y mortalidad se estudió por primera vez en las ciudades de Buenos Aires y Rosario ([Almeira et al. 2016](#)). Aunque las muertes relacionadas con el calor no difirieron sustancialmente según el sexo, la edad se identificó como un factor de riesgo clave, con personas mayores de 65 años que representan el 70-80% de las muertes relacionadas con el calor. Con base en estos datos, el Servicio Meteorológico Nacional de Argentina implementó un sistema de alerta en ambas ciudades con el objetivo de anticipar situaciones meteorológicas extremas para proteger la salud pública. El sistema de alerta se ha ampliado para cubrir todo el país de octubre a marzo, que son los meses más calurosos del año, y podría servir como una excelente herramienta de adaptación para mejorar la resiliencia de los sistemas de salud. Una investigación sobre los impactos del sistema de alerta ampliado podría brindar la oportunidad de evaluar la eficacia de este tipo de sistema de alerta para proteger la salud ([Toloo et al. 2013](#); [Weinberger et al. 2021](#)). El Servicio Meteorológico Nacional de Argentina está intentando realizar dicha evaluación utilizando datos de pronóstico probabilístico de 3 meses para temperaturas mínimas y máximas extremas, en un esfuerzo por prepararse mejor para eventos de temperatura extrema y los impactos resultantes en la salud ([Collazo et al. 2019](#)).

Otras soluciones para reducir las muertes relacionadas con el calor incluyen aquellas destinadas a comprender los impactos del clima en la salud a través de una lente interdisciplinaria. Estos incluyen los esfuerzos de investigación y desarrollo de programas del Observatorio Latinoamericano de Clima y Salud, patrocinado por el Centro Latinoamericano de Formación Interdisciplinaria (CELFI-Datos); la Secretaría de Gobierno de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva; y el Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología de Argentina. Por ejemplo, el Observatorio se desarrolló a través de consultas con un equipo de estudiantes y expertos en Buenos Aires en septiembre de 2019 para examinar varias soluciones interdisciplinarias a problemas ambientales y de salud locales. Las propuestas que se están desarrollando representan enfoques prometedores para abordar los desafíos complejos y multifacéticos que plantea el cambio climático en América Latina, incluida la reducción de la mortalidad relacionada con el calor.

Estudio de caso 4 Olas de calor en Brasil

En Brasil, una serie de estudios epidemiológicos a nivel nacional investigaron el papel de la temperatura y la variabilidad de la temperatura en la morbilidad utilizando datos de ingresos hospitalarios del sistema de salud pública ([Wu et al. 2021](#); [Xu et al. 2019a, 2019b, 2020b, 2020c](#); [Zhao et al. 2018, 2019a, 2019b, 2019c, 2019d](#)). Los datos de estos estudios cubrieron 15 años (2000–2015) de admisiones diarias obtenidas en 1.869 hospitales con un área de cobertura que representa aproximadamente el 70 % de la población brasileña. En general, las desviaciones de temperatura de la zona de confort térmico se asociaron significativamente con mayores ingresos hospitalarios por diferentes enfermedades, como afecciones cardiovasculares, enfermedades respiratorias y diabetes ([Wu et al. 2021](#); [Xu et al. 2019a, 2019b, 2020b, 2020c](#); [Zhao et al. 2018, 2019a, 2019b, 2019c, 2019d](#)). Los niños, los ancianos, las personas desnutridas y las personas económicamente desfavorecidas fueron los más afectados por las temperaturas extremas ([Xu et al. 2020b](#); [Zhao et al. 2018](#)). Estos resultados refuerzan el concepto de que los cambios climáticos pueden tener consecuencias en la sostenibilidad y la salud, pero estos cambios también afectan los derechos humanos y la dignidad.

adaptando a una mayor exposición al calor ([Arbuthnott et al., 2016](#); [Ebi et al., 2018a](#); [Sheridan y Dixon 2017](#)) ([Estudio de caso 3](#)); sin embargo, la mayor parte de esta evidencia en las Américas proviene de Canadá y los Estados Unidos ([Hondula et al., 2015](#)) y esta adaptación es mucho más desafiante en países, comunidades y hogares que enfrentan temperaturas medias y extremas más altas, menor capacidad de adaptación, cambios demográficos y acceso reducido a los recursos, destacando la importancia de las consideraciones de equidad en las opciones de respuesta. Por ejemplo, la programación futura y la planificación de la infraestructura deben tener en cuenta las necesidades específicas de las poblaciones de mayor edad en muchos centros urbanos, ya que la distribución por edades sigue cambiando en muchas ciudades del mundo ([Estudios de caso 2 y 4](#)). Además, el papel que ha jugado el aire acondicionado en las estrategias de adaptación ([Sera et al., 2020](#); [Vanos et al., 2020](#)) demuestra la necesidad de combinar estrategias de adaptación y mitigación para reducir los riesgos para la salud. Por ejemplo, se prevé que el uso de aire acondicionado para reducir la exposición al calor aumente la mortalidad por contaminación del aire en los Estados Unidos, si la generación de electricidad no pasa a fuentes

renovables ([Abel et al., 2018](#)). Bajo un escenario de cambio climático de altas emisiones, se proyecta que los esfuerzos de adaptación reduzcan sustancialmente el cambio porcentual medio en el exceso de muertes relacionadas con olas de calor en Brasil, Canadá, Chile, Colombia y los Estados Unidos; no obstante, incluso con esfuerzos de adaptación sustanciales, el aumento porcentual medio en el exceso de muertes relacionadas con las olas de calor seguirá siendo sustancialmente mayor en un escenario de emisiones altas en comparación con un escenario de emisiones más bajas que podría lograrse con esfuerzos sostenidos de mitigación ([Figura 3.3](#)) ([Guo et al., 2018](#)).

3.3 Enfermedades relacionadas con la contaminación atmosférica

3.3.1 ¿Cómo aumenta el cambio climático el riesgo de enfermedades relacionadas a la contaminación del aire?

La contaminación del aire ambiental es la mayor causa ambiental de enfermedad y muerte prematura en el mundo ([Academy of South Africa et al., 2019](#); [Landrigan et al., 2018](#)).

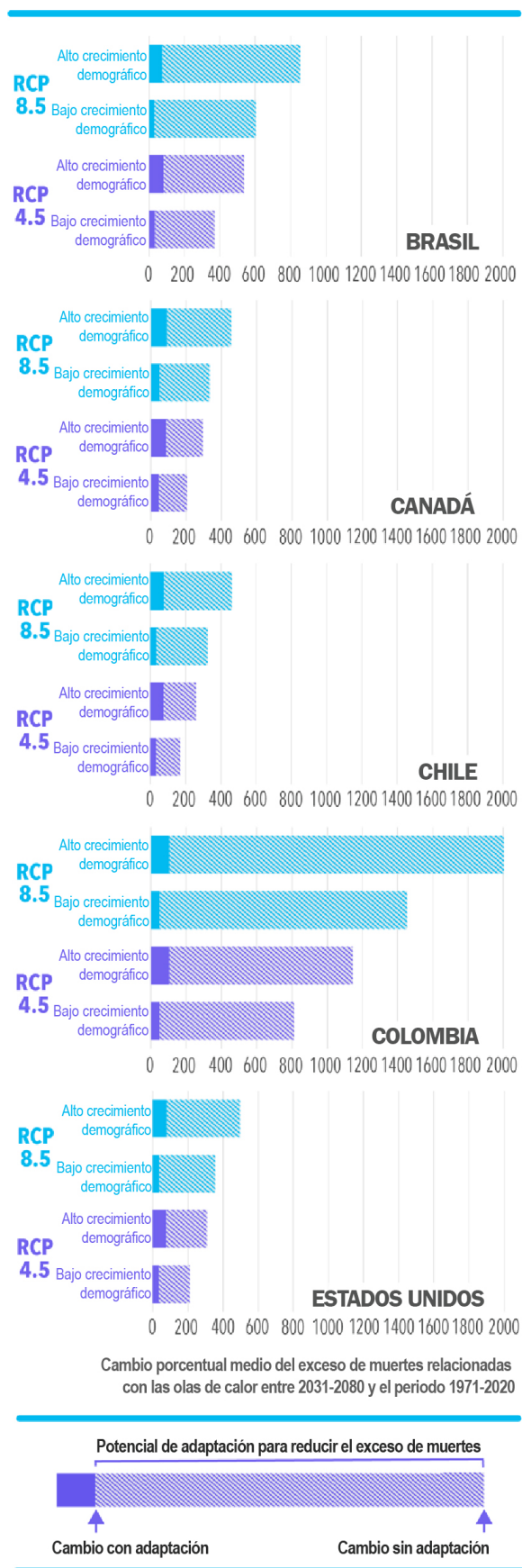


Figura 3.3 Cambio porcentual medio del exceso de muertes relacionadas con olas de calor entre el período 2031–2080 y el período 1971–2020 con y sin medidas de adaptación en Brasil, Canadá, Chile, Colombia y los Estados Unidos (datos utilizados para crear la figura de Guo et al. 2018).

La contaminación del aire ambiental es la mayor causa ambiental de enfermedad y muerte prematura en el mundo (Academy of South Africa et al., 2019; Landrigan et al., 2018). El estudio Global Burden of Disease (GBD, en español: Carga Mundial de Morbilidad) estimó que, en 2019, la contaminación del aire ambiental fue responsable de aproximadamente 6,67 millones (intervalo de confianza del 95 % 5,9–7,5 millones) de muertes prematuras en todo el mundo y de aproximadamente 206.000 muertes en las Américas (GBD 2019 Colaboradores de Factores de Riesgo 2020) (Figura 3.4 y Tabla 3.1). Otras estimaciones basadas en escenarios de exposición alternativos y funciones de exposición-respuesta más nuevas sugieren que el número global anual de muertes prematuras atribuibles a la contaminación del aire puede llegar a 9–12 millones (Burnett et al., 2018; Lelieveld et al., 2019b; Vohra et al., al. 2021) (Estudio de Caso 5).

La contaminación del aire ambiental está empeorando a medida que avanza el cambio climático. La cantidad de muertes globales anuales atribuibles a la contaminación del aire ambiental ha aumentado en un 51 % desde 1990, y la cifra sigue aumentando (Landrigan et al., 2018). En ausencia de intervenciones agresivas, se prevé que la cantidad de muertes a nivel mundial atribuibles a la contaminación del aire ambiente se duplique para 2050 (Lelieveld et al., 2015).

El cambio climático y la contaminación del aire están íntimamente relacionados (Academia de Sudáfrica et al., 2019). La quema de combustibles (la quema de combustibles fósiles en países de ingresos altos y medios y la quema de biomasa en países de bajos ingresos) es responsable del 80 % de los GEI y los contaminantes climáticos de vida corta que impulsan el cambio climático (Scovronick et al., 2015). Además, la quema de combustible genera el 85 % de la contaminación por partículas suspendidas en el aire y casi toda la contaminación del aire asociada con los óxidos de azufre y nitrógeno (SO_x y NO_x) (IEA 2016). Es importante destacar que "los cambios en la calidad del aire (ozono localizado cerca de la superficie y materia particulada, o PM, por sus siglas en inglés) a escala global y local están impulsados predominantemente por cambios en las emisiones de ozono y precursores de aerosoles más que por el clima" (IPCC 2021).

El carbón es el combustible fósil más contaminante del mundo, y la combustión del carbón es un factor clave del cambio climático. El gas natural, que se ha vuelto cada vez más abundante debido a la fracturación hidráulica a gran escala ("fracking", en inglés), se ha presentado como una alternativa más limpia con menos impacto climático que el carbón o el petróleo (Landrigan et al., 2020). Esta afirmación es parcialmente cierta porque la combustión de gas genera menos CO₂ por unidad de producción de energía que la combustión de carbón o petróleo, y produce solo cantidades insignificantes de dióxido de azufre y partículas contaminantes en el aire. Sin embargo la

MUERTES POR CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LAS AMÉRICAS, 2019

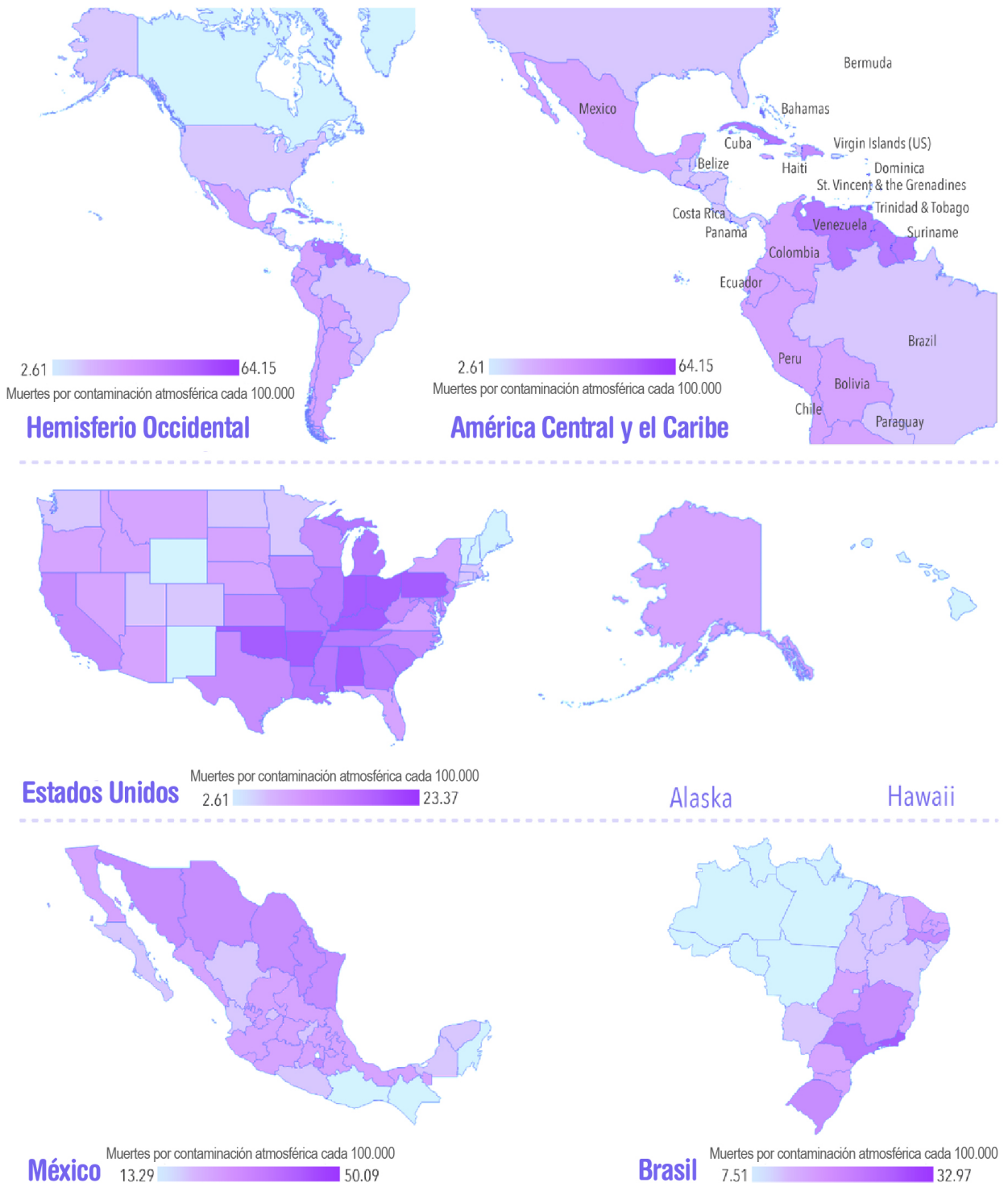


Figura 3.4 Muertes por cada 100 000 personas atribuibles a la contaminación del aire ambiental por país, hemisferio occidental, América Central y el Caribe, 2019, así como por estado para los Estados Unidos, México y Brasil (datos para crear la cifra de GBD 2019 Factores de Riesgo Colaboradores 2020).

Cuadro 3.1 Mortalidad atribuible a la contaminación del aire ambiental por país en las Américas, 2019 (datos de **GBD 2019 Colaboradores de Factores de Riesgo 2020**)

País	Número de muertes (95% intervalo de confianza)	Muertes por cada 100.000 personas (intervalo de confianza del 95%)
Antigua y Barbuda	30 (12–50)	34 (14–57)
Argentina	12,590 (7,871–17,879)	28 (17–40)
Bahamas	99 (29–183)	26 (8–49)
Barbados	175 (83–276)	59 (28–93)
Belice	93 (35–159)	23 (9–39)
Islas Bermudas	8 (1–16)	12 (2–24)
Bolivia	3,885 (2,406–5,610)	32 (20–47)
Brasil	43,575 (31,146–57,276)	20 (14–26)
Canadá	3,765 (1,767–6,033)	10 (5–17)
Chile	5,808 (4,598–6,939)	32 (25–38)
Colombia	13,033 (8,864–18,222)	27 (19–38)
Costa Rica	938 (643–1,271)	20 (14–27)
Cuba	5,845 (2,901–9,669)	51 (26–85)
república Dominicana	33 (14–55)	48 (21–80)
Dominican Republic	3,798 (1,791–6,777)	35 (16–62)
Ecuador	4,236 (2,782–5,921)	24 (16–34)
El Salvador	1,901 (1,176–2,913)	30 (19–47)
Groenlandia	6 (1–17)	11 (1–30)
Granada	51 (21–85)	50 (20–82)
Guatemala	3,734 (2,228–5,564)	21 (13–31)
Guyana	411 (180–731)	53 (23–95)
Haití	1,822 (709–3,681)	15 (6–30)
Honduras	1,783 (1,052–2,686)	18 (11–27)
Jamaica	938 (586–1,336)	33 (21–48)
México	36,582 (27,288–46,596)	29 (22–37)
Nicaragua	1,002 (575–1,581)	15 (9–24)
Panamá	650 (383–963)	16 (9–23)
Paraguay	1,045 (636–1,604)	15 (9–23)
Perú	8,905 (5,923–12,790)	26 (17–38)
Puerto Rico	427 (93–800)	12 (3–23)
San Cristóbal y Nieves	11 (5–18)	18 (8–30)
Santa Lucía	80 (36–131)	46 (21–75)
San Vicente y las Granadina	62 (26–104)	55 (23–91)
Surinam	261 (127–426)	45 (22–74)
Trinidad y Tobago	890 (326–1,535)	64 (23–111)
Estados Unidos de América	47,787 (26,056–71,528)	15 (8–22)
Islas Vírgenes de los Estados Unidos	31 (15–48)	30 (15–46)
Uruguay	733 (367–1,164)	21 (11–34)
Venezuela	12,384 (8,086–17,903)	44 (29–64)
Total	219,407	

Estudio de caso 5 COVID-19 y la mortalidad relacionada a la contaminación del aire

Se observaron reducciones marcadas en la contaminación del aire ambiental en 2020 durante las primeras etapas de la pandemia de COVID-19, ya que la actividad económica y la quema de combustibles fósiles cayeron precipitadamente en todo el mundo. En el norte de la India, las concentraciones de materia particulada en el aire (PM_{2.5}) se redujeron en más del 50 % (Gautam 2020). En Europa, las concentraciones de dióxido de nitrógeno cayeron un 40 % y las concentraciones de PM_{2.5} cayeron un 10 % (Mylyvirta and Thieriot 2020). En las ciudades de Nueva York y Los Ángeles, las concentraciones de PM_{2.5} cayeron entre un 25% y un 30%.

Estas mejoras en la calidad del aire relacionadas con COVID-19 se tradujeron en menos muertes por enfermedades relacionadas con la contaminación. Se estima que se salvaron 77.000 vidas en China en enero y febrero de 2020, y se salvaron 11.000 vidas (intervalo de confianza del 95 % 7000–21.000) en Europa en abril de 2020 (Auffhammer et al. 2020). En los meses siguientes, a medida que se reanudó la actividad económica y el uso de energía, los niveles de contaminación del aire se recuperaron, por lo que es probable que estas reducciones en las tasas de mortalidad relacionadas con la contaminación del aire sean temporales.

Aunque estas mejoras en la calidad del aire relacionadas con el COVID fueron de corta duración, nos han permitido imaginar un mundo en el que las mejoras en la calidad del aire son permanentes, el cielo es azul y la cantidad de muertes prematuras causadas por la contaminación del aire se reduce considerablemente.

extracción y el uso del gas natural contribuyen mucho más al cambio climático de lo que generalmente se reconoce. Por ejemplo, hasta el 4 % de todo el gas producido por la fracturación hidráulica se pierde por fugas, y cantidades masivas de fugas de gas de la fracturación hidráulica parecen haber contribuido a los recientes aumentos bruscos de las concentraciones de metano en la atmósfera (Howarth 2019). El metano es un potente impulsor del calentamiento global, con un potencial de atrapamiento de calor 30 veces mayor que el del CO₂ en un lapso de 100 años y 85 veces mayor en un lapso de 20 años. Además, la combustión del gas natural genera CO₂ y contribuye a la contaminación del aire a través de la producción de óxidos de nitrógeno, que son potentes irritantes respiratorios.

Más del 70% de las muertes causadas por la contaminación del aire se deben a enfermedades no transmisibles: cardiopatías, accidentes cerebrovasculares, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, cáncer de pulmón, diabetes y neumonía en adultos; y nacimiento prematuro y bajo peso al nacer en bebés (Landrigan et al., 2018). Cada vez hay más pruebas de que la contaminación del aire puede aumentar el riesgo de enfermedad y muerte por causas adicionales más allá de las consideradas actualmente en el estudio Carga de Enfermedad Mundial, lo que sugiere que las estimaciones actuales pueden ser subestimaciones conservadoras del costo total de la contaminación del aire en la salud humana. Lo más preocupante son los informes que muestran que la contaminación por partículas en el aire puede aumentar el riesgo de enfermedades neurocognitivas y neuroconductuales, como un coeficiente intelectual reducido y un mayor riesgo de trastorno por déficit de atención/hiperactividad y trastorno del espectro autista en niños (Perera et al., 2019; Volk et al., 2021) ; y mayor riesgo de demencia en adultos (Heusinkveld et al., 2016).

El cambio climático empeorará la contaminación del aire ambiental y aumentará la carga de enfermedades y muertes relacionadas con la contaminación del aire a través de múltiples mecanismos. Por ejemplo,

temperaturas medias más altas y una mayor frecuencia de olas de calor aumentarán la necesidad de producir electricidad para alimentar los sistemas de refrigeración del aire, que a su vez aumentará la quema de combustibles fósiles y generará más GEI. El cambio climático también puede aumentar la sensibilidad a los contaminantes transportados por el aire. Por ejemplo, las altas temperaturas del verano probablemente aumentarán la sensibilidad cardiovascular a la contaminación por partículas transportadas por el aire y aumentarán la mortalidad por enfermedades cardiovasculares y accidentes cerebrovasculares (Balbus et al., 2013).

La contaminación del aire ambiental y sus efectos en la salud se distribuyen de manera muy desigual y están estrechamente relacionados con la pobreza (Landrigan et al., 2018). El 92 % de toda la mortalidad relacionada a la contaminación ocurre en países de ingresos bajos y medianos y el mayor número de muertes por enfermedades relacionadas con la contaminación en países de ingresos medianos bajos en rápido desarrollo y que se están industrializando, lo que refleja la injusticia ambiental a escala mundial. En todos los países, independientemente del nivel de ingresos, los efectos de la contaminación del aire en la salud son más frecuentes y graves entre los pobres y los marginados. En América del Norte, las comunidades minoritarias, los pueblos originarios y las comunidades de color experimentan niveles desproporcionadamente altos de exposición a la contaminación del aire y sufren tasas desproporcionadamente altas de enfermedades relacionadas con la contaminación (Academia de Sudáfrica et al., 2019; Finkelstein et al., 2003; Hajat et al., 2015),

3.3.2 ¿Qué opciones de adaptación y mitigación existen para reducir el riesgo de enfermedades relacionadas con la contaminación del aire?

Debido a que el cambio climático y la contaminación del aire están tan estrechamente relacionados, las medidas tomadas contra cualquiera de estas amenazas tienen un alto potencial de ser sinérgicas y producir múltiples beneficios. La experiencia adquirida durante

durante el último medio siglo en países de ingresos altos y algunos países de ingresos medios muestra que la contaminación del aire puede controlarse y las enfermedades relacionadas a la contaminación del aire y las muertes pueden prevenirse (Landrigan *et al.*, 2018). Esta es una prueba positiva de que la contaminación es no el precio inevitable del progreso económico. La clave para controlar la contaminación del aire ha sido que las ciudades, los estados/provincias y los países adopten estrategias de control de la contaminación basadas en la ley, la política, la regulación y la tecnología, que están impulsadas por la ciencia y que se centran en la protección de la salud pública. Los objetivos y los calendarios son esenciales, al igual que la aplicación y los incentivos. En los Estados Unidos, la concentración de seis contaminantes comunes de aire, se ha reducido en aproximadamente un 70% desde la aprobación de la Ley de Aire Limpio en 1970. Se han documentado disminuciones similares en todo el continente americano a medida que el uso de gasolina cambia de gasolina con plomo a gasolina sin plomo (Thomas *et al.*, 1999).

La prevención de la contaminación del aire ha demostrado ser muy rentable. En los Estados Unidos, el producto interno bruto aumentó casi un 250 % en el mismo lapso de 45 años durante los cuales la contaminación del aire se redujo en un 70 % (Samet *et al.*, 2017). Durante este tiempo, cada dólar invertido en el control de la contaminación del aire ambiental arrojó un estimado de US\$30 (intervalo de confianza del 95 % entre US\$4–88) en beneficios, debido al aumento de la productividad económica de poblaciones más sanas y longevas y a los costos de atención médica evitados (EPA 2011). Estos hallazgos refutan la afirmación común, pero falaz de que el control de la contaminación sofoca el crecimiento económico. Los autores de la Comisión Lancet sobre Contaminación y Salud de 2018 argumentaron que estas estrategias de control de la contaminación del aire altamente exitosas y rentables están listas para usarse a escala global. Proporcionaron un modelo para el desarrollo de estrategias de mitigación climática relacionadas a la reducción de la contaminación del aire (Landrigan *et al.*, 2018).

Las reducciones duraderas en la contaminación del aire requerirán tanto de regulaciones que se centren en controlar las concentraciones de contaminantes en el aire como de aquellas que se centren en el control de la contaminación en sus fuentes. La estrategia más efectiva para lograr este objetivo es una transición rápida, incentivada por el gobierno, de todos los combustibles fósiles (carbón, gas y petróleo) a fuentes de energía limpias y renovables (Lelieveld *et al.*, 2019a). Los gobiernos tienen acceso a múltiples herramientas para acelerar dicha transición, incluida la creación de incentivos y estructuras impositivas que favorezcan las fuentes de energías renovables, el fin de los actuales subsidios financiados por los contribuyentes y exenciones fiscales para la industria de los combustibles

fósiles (estimados en US\$35 mil millones anuales en los Estados Unidos), y el cobro de impuestos sobre las emisiones contaminantes mediante la aplicación del principio de “quien contamina paga”.

Dos desarrollos recientes respaldan la viabilidad de una transición rápida de la escala social a la energía renovable. El primero es un aumento, inesperadamente rápido de casi cinco veces (4% a casi 20%) en la fracción de la electricidad mundial generada a partir de energía eólica y solar durante la última década (PNUMA y Bloomberg NEF 2019). El segundo es la fuerte caída en el costo de la producción de electricidad a partir de paneles solares y turbinas eólicas (reducciones del 81 % y 45 %, respectivamente) durante el mismo período (Phadke *et al.*, 2020). A medida que se produzca más electricidad a partir de fuentes renovables, se espera que estos costos disminuyan aún más durante los próximos 5 años a medida que se realicen economías de escala adicionales. Al mismo tiempo, la inversión en energía renovable está aumentando considerablemente, y en 2021 se esperaba que superara el gasto en exploración de petróleo y gas por primera vez (Murtaugh 2020). Como resultado de estos desarrollos, ahora es más barato en muchos lugares producir electricidad a partir de energía eólica y solar que a partir de cualquier combustible fósil. Las consecuencias de este cambio incluyen la mitigación del cambio climático, la prevención de la contaminación, la mejora de la salud y los avances en la justicia social.

3.4 Enfermedades transmitidas por el agua

3.4.1 ¿Cómo aumenta el cambio climático el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua

Las asociaciones entre el aumento de las temperaturas y el aumento de la inseguridad del agua (estudio de caso 6) y las enfermedades transmitidas por el agua se han documentado a nivel mundial (Carlton *et al.*, 2016; Guzman Herrador *et al.*, 2015; Levy *et al.*, 2016); sin embargo, el tamaño del efecto o la fuerza de la asociación varía y, a menudo, está mediado por otros factores. Un estudio global encontró que la diarrea por cualquier causa aumenta en un 7 % por cada grado de calentamiento (Carlton *et al.*, 2016), independientemente de los ingresos o la ubicación geográfica, lo que ilustra el riesgo generalizado. Estas asociaciones entre el aumento de las temperaturas y el aumento de la inseguridad del agua (estudio de caso 6) y las enfermedades transmitidas por el agua se han documentado a nivel mundial (Carlton *et al.*, 2016; Guzman Herrador *et al.*, 2015; Levy *et al.*, 2016); sin embargo, el tamaño del efecto o la fuerza de la asociación varía y, a menudo, está mediado por otros factores. Un estudio global encontró que la diarrea por cualquier causa aumenta en un 7 % por cada grado de calentamiento (Carlton *et al.*, 2016), independientemente de los ingresos o la ubicación geográfica, lo que ilustra el riesgo generalizado. Estas asociaciones, sin embargo, son

complejas y no siempre lineales. Por ejemplo, en Perú, los casos de diarrea aumentaron más durante el invierno más cálido en comparación con un aumento relativamente menor en el número de casos durante los veranos más cálidos (Checkley *et al.*, 2000). La base de evidencia que relaciona el aumento de las temperaturas con una mayor incidencia de diarrea bacteriana es particularmente fuerte (Carlton *et al.*, 2016; Levy *et al.*, 2016); sin embargo, hay menos evidencia disponible para la diarrea viral y parasitaria (Carlton *et al.*, 2016; Young *et al.*, 2015b), aunque la evidencia sugiere que la diarrea parasitaria (por ejemplo, criptosporidiosis y giardiasis) aumenta con el aumento de las temperaturas (Jagai *et al.*, 2009; Lal *et al.*, otros 2013). Por el contrario, los datos disponibles sugieren que un mayor riesgo de diarrea relacionada con norovirus y rotavirus está asociado con temperaturas más frías (Carlton *et al.*, 2016; Levy *et al.*, 2016).

Los aumentos relacionados con el cambio climático en la duración, intensidad y ocurrencia de fuertes lluvias también aumentan el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua en las Américas (Guzman Herrador *et al.*, 2015; Levy *et al.*, 2016; Young *et al.*, 2015b). Hay muchas vías diferentes a través de las cuales la lluvia altera el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua: por ejemplo, la lluvia puede transportar patógenos del ganado, del estiércol aplicado a los cultivos, de las aguas residuales humanas y de las aguas residuales industriales a las fuentes de agua potable. Los eventos de lluvia intensa también pueden desafiar y exceder la capacidad de tratamiento de aguas residuales, lo que resulta en la descarga de aguas residuales no tratadas y potencialmente contaminadas en las fuentes de agua potable, lo que se ha asociado con mayores tasas de diarrea (Guzman Herrador *et al.*, 2015; Levy *et al.*, 2016). Además, las fuertes lluvias también pueden contaminar el agua potable a través de patógenos que se infiltran en los sistemas de distribución de agua potable obsoletos, mal mantenidos y/o construidos de manera inadecuada, así como en los sistemas que se ubican en lugares de alto riesgo que no brindan el nivel de tratamiento necesario para hacer frente a fuertes lluvias (Exum *et al.*, 2018; Jagai *et al.*, 2015; Uejio *et al.*, 2017). Las fuertes lluvias que provocan inundaciones también pueden dañar la infraestructura de tratamiento o interrumpir la electricidad (Cashman 2014; Kohlitz *et al.*, 2017). Por el contrario, la falta de lluvia y la sequía pueden hacer que los patógenos se acumulen o se concentren en el medio ambiente, lo que también se ha asociado con un aumento de los casos de diarrea (Kraay *et al.*, 2020). Por ejemplo, la escasez de precipitaciones puede disminuir los niveles de agua de los ríos y las tasas de flujo, dando como resultado en concentraciones más altas de efluentes de aguas residuales y aumentando el riesgo de exposición a patógenos para los usuarios río abajo (Guzman Herrador *et al.*, 2015; Levy *et al.*, 2016). Además, las condiciones de sequía también pueden disminuir la eficacia de los procesos del sistema de

tratamiento de agua y aguas residuales (White *et al.*, 2017). Las condiciones ambientales concurrentes, acumulativas y en cascada son complejas, pero importantes en el contexto de las enfermedades transmitidas por el agua (Levy *et al.*, 2016, 2018). Por ejemplo, dado que los períodos secos pueden conducir a niveles de patógenos concentrados en el medio ambiente, las fuertes lluvias después de los períodos secos pueden aumentar sustancialmente el transporte de patógenos al agua potable, lo que se ha informado en Ecuador (Carlton *et al.*, 2014) y en Canadá (Chhetri *et al.*, 2017). Otros componentes del sistema hidrológico también crean importantes riesgos de enfermedades diarreicas en el contexto del cambio climático. Por ejemplo, las inundaciones son un factor importante de enfermedades diarreicas en muchos lugares de América del Sur, como Brasil (Cesa *et al.*, 2016) y Perú (Colston *et al.*, 2020). Además, en el Ártico de América del Norte, los períodos de rápido deshielo se han asociado con un aumento de los casos de diarrea (Harper *et al.*, 2011).

Otros factores, como las condiciones socioeconómicas, los cambios en los comportamientos recreativos y de consumo en climas más cálidos, el acceso adecuado y apropiado al agua y al saneamiento, la demografía de la población, los patrones de distribución de patógenos locales y los patrones de uso de la tierra, no solo modifican el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua, sino también respaldan la capacidad de adaptación de los gobiernos, las comunidades y los hogares para reducir estos riesgos en un clima cambiante (Levy *et al.*, 2016, 2018; Semenza 2020). A pesar del importante papel que juegan estos factores en la alteración del riesgo de enfermedades transmitidas por el agua relacionadas al clima, menos del 10% de los estudios a nivel mundial incluyen variables relacionadas con las condiciones socioeconómicas, el acceso al agua, el tipo de fuente de agua, el uso del suelo, la densidad de población, la educación o la movilidad humana (Lo lacono *et al.*, 2017).

Existe evidencia clara de que el cambio climático aumenta el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua; sin embargo, los mecanismos subyacentes a este riesgo son complejos y existen baches en la investigación. Primero, la diarrea no es una sola enfermedad: puede ser causada por varios patógenos diferentes (por ejemplo, bacterias, virus, parásitos) a través de varias vías de transmisión diferentes (por ejemplo, agua, alimentos, contacto de persona a persona), lo que hace que la vía causal del cambio climático a las enfermedades transmitidas por el agua sea un desafío para el estudio. Además, es difícil hacer comparaciones entre estudios (Guzman Herrador *et al.*, 2015; Kraay *et al.*, 2020). Por lo tanto, es necesario ir más allá del estudio de las causas de la diarrea y examinar patógenos específicos cuando sea posible (Levy *et al.*, 2016).

Además, aunque en esta sección nos enfocamos en la diarrea, es importante señalar que algunos patógenos transmitidos por el agua causan otros síntomas, como vómitos, y no causan diarrea o causan otros síntomas además de la diarrea; esto destaca aún más la importancia de realizar análisis específicos de patógenos cuando sea posible. Asimismo, el contexto

local es importante al evaluar las causas de la enfermedad diarreica, por lo que las disparidades geográficas en la investigación que existen entre América del Norte y América Central y del Sur (Carlton *et al.*, 2016; Guzman Herrador *et al.*, 2015; Lo Iacono *et al.*, 2017) presentan desafíos importantes para comprender las vías de exposición-respuesta

Estudio de caso 6 Cambio climático, agua y salud en el Caribe

La ubicación, el tamaño y las características geográficas de los países ubicados en el Caribe hacen que esta región del mundo esté especialmente expuesta y vulnerable a muchos de los efectos adversos del cambio climático (Nurse *et al.*, 2014). Los países del Caribe están ubicados en una de las tres regiones geográficas que han sido clasificadas por las Naciones Unidas como Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (PEID) (Figura CS 6.1). Esta clasificación reconoce a los PEID como países con desafíos sociales, económicos y ambientales únicos y, en el contexto del cambio climático, estas áreas enfrentan mayores desafíos para proteger y preservar la salud de sus ciudadanos. En las tres regiones de los PEID desde 1966 hasta 2015, el 60 % de todos los desastres relacionados con el clima, el 90 % de todas las muertes, el 79 % de todas las personas afectadas y casi el 90 % de todos los costos por daños ocurrieron en el Caribe (OPS 2019).

PEQUEÑOS ESTADOS INSULARES EN DESARROLLO DE LAS AMÉRICAS



Figura CS 6.1 Mapa de los países del Caribe clasificados como PEID por las Naciones Unidas.

Los eventos provocados por el cambio climático, como las inundaciones repentinas y los huracanes, junto con las enfermedades transmitidas por vectores sensibles al clima, imponen cargas adicionales a los sistemas de salud de los PEID que ya están sobrecargados y que tienen recursos humanos y de capital limitados para atender adecuadamente a las poblaciones a las que sirven. Esta situación se ve agravada por el hecho de que los sistemas de prestación de atención médica en muchos PEID del Caribe están ubicados en áreas costeras, que son más vulnerables a huracanes, inundaciones y daños a servicios de apoyo vitales, como el suministro de agua y electricidad (Figura CS 6.2). Si se materializa un aumento previsto del nivel del mar de más de 1 metro para 2100, esto causará un daño significativo y profundo a la infraestructura, que en muchas islas del Caribe se encuentra predominantemente en o cerca de las zonas costeras (PNUD 2010).

El calentamiento de los océanos, que es una característica clave del cambio climático, ha llevado a un aumento en la severidad de los huracanes y las precipitaciones en el Caribe. Desde 1966 hasta 2015, se documentaron 449 eventos climáticos severos que causaron daños y perjuicios significativos a la salud, los medios de vida y las economías de quienes viven en el Caribe (EM-DAT 2018). Por ejemplo, en Granada, se estimó que el daño total causado por el huracán Iván en 2004 superó los 2400 millones de dólares del Caribe Oriental, una cantidad que duplicaba el valor del producto interno bruto de la isla en ese año (Gobierno de Granada 2017). De manera similar, el paso de los huracanes Irma y María en 2017 resultó en pérdidas acumuladas de al menos US\$ 5400 millones en Anguila, las Bahamas, las Islas Vírgenes Británicas, San Martín y las Islas Turcas y Caicos (Asariotis 2018).



Figura CS 6.2 Hospital General St. Georges, Granada (fotografía: Martin Forde).

También se proyecta que la inseguridad del agua aumente en el Caribe a medida que los impactos del cambio climático se vuelvan más pronunciados. Las estaciones secas más prolongadas, los cambios en los patrones de precipitación y los eventos climáticos extremos impredecibles han causado una gran presión sobre los sistemas agrícolas, lo que en muchos casos ha provocado pérdidas devastadoras. Además, la ocurrencia de sequías sin precedentes, como la que ocurrió en Granada en 2010 o las sequías en Haití y Jamaica desde 2015, ha aumentado aún más el riesgo de inseguridad hídrica en muchos países del Caribe (OMS *et al.*, 2020).

En general, se prevé que el impacto que tendrá el cambio climático en la salud de las personas que viven en el Caribe empeore progresivamente con el tiempo. Se prevé que las cifras de morbilidad y mortalidad aumenten debido al aumento del número de personas afectadas por fenómenos meteorológicos extremos y al aumento concomitante de la incidencia de enfermedades transmitidas por el agua y por vectores provocadas por el clima. Lamentablemente, esto está sucediendo en el contexto de una infraestructura de atención médica ya debilitada y sobrecargada que se encargará de atender a un número cada vez mayor de personas afectadas negativamente por el cambio climático.

Estudio de caso 7 Modelado del cambio climático en América Central: implicancias para los responsables de la toma de decisiones en el contexto de la adaptación sanitaria

Centroamérica representa una región climática única de topografía compleja entre el Océano Pacífico y el Mar Caribe. Los procesos climáticos naturales a gran escala que se originan en estos dos masas de agua influyen en gran medida en el clima continental, incluidos El Niño-Oscilación del Sur, el Alto Subtropical del Atlántico Norte, la Zona de Convergencia Intertropical y los vientos alisios que impactan en el Chorro de Bajo Nivel del Caribe. La región experimenta altos niveles de variabilidad climática en diferentes escalas espaciales y temporales, y los eventos extremos asociados con fenómenos meteorológicos naturales suelen producir impactos ambientales y socioeconómicos severos (Hidalgo y Alfaro 2012; Hidalgo *et al.*, 2013). La temperatura ha aumentado significativamente en muchas partes de América Central, con tendencias en los índices de temperatura extrema durante los últimos 25 años que sugieren una mayor frecuencia de días/noches cálidos y una menor frecuencia de días/noches fríos (Alfaro-Córdoba *et al.*, 2020; Hidalgo *et al.*, 2019; Stephenson *et al.*, 2014). Los cambios en las tendencias regionales de precipitación son generalmente menos consistentes (Stephenson *et al.*, 2014), pero incluso en ausencia de cambios significativos en las precipitaciones, el aumento de las temperaturas puede conducir a una menor disponibilidad de agua, suelos más secos y una mayor aridez (Alfaro-Córdoba *et al.*, 2020; Hidalgo *et al.*, 2017), que pueden afectar las actividades agrícolas, el medio ambiente y el potencial de incendios forestales, todos los cuales tienen implicaciones importantes para la salud humana.

Los modelos climáticos e hidrológicos de la región proyectan que las temperaturas en América Central aumentarán entre 1 y 2 °C para mediados de siglo y hasta 4 °C a fines de siglo en comparación con el período de referencia (1950–1999), mientras que es probable que las precipitaciones no cambien considerablemente durante la primera mitad del siglo y pueden disminuir alrededor de un 10 % hacia el final del siglo, especialmente en la parte norte de América Central (Hidalgo y Alfaro 2012; Hidalgo *et al.*, 2013). La aridez ha ido en aumento en lugares aislados de América Central (Alfaro-Córdoba *et al.*, 2020), y las condiciones proyectadas por estos modelos sugieren que la aridez puede aumentar significativamente, particularmente en los países del norte. Esto puede tener impactos socioeconómicos importantes, especialmente considerando que la agricultura es el principal sector productivo en la mayoría de las economías centroamericanas, lo que podría traducirse en impactos importantes en la seguridad alimentaria, la nutrición y la salud mental. Ya existe un gradiente socioeconómico norte-sur en la región, y el cambio climático puede exacerbar este contraste (Hidalgo y Alfaro 2012), lo que resulta en una mayor inequidad, mayores niveles de migración y una mayor vulnerabilidad a los desastres y la pobreza (Hidalgo 2021), con agravantes e impactos en cascada en la salud.

Algunas estrategias de adaptación actuales se guían por los resultados de las simulaciones de modelos climáticos. Sin embargo, antes de invertir recursos en un esfuerzo de modelo sofisticado, las partes interesadas y los responsables de tomar decisiones primero deben decidir si el enfoque de modelo es consistente con las metas, los recursos y la capacidad de adaptación locales (Hidalgo 2021; Nissan *et al.*, 2019). También es importante examinar críticamente los resultados del modelo y considerar la incertidumbre en estas estimaciones antes de utilizarlas para informar las decisiones de gestión. Esto es especialmente cierto en una región de escasos recursos como América Central, donde la optimización de los recursos de adaptación es crítica (Hidalgo 2021; Nissan *et al.*, 2019). Si se justifica un enfoque de modelo, las personas a cargo de tomar decisiones deben ser conscientes de que los horizontes de planificación pueden diferir de los horizontes de modelado (Nissan *et al.*, 2019); por ejemplo, pueden ser necesarias decisiones relativamente a corto plazo, pero es posible que no surjan tendencias climáticas claras hasta que se analicen períodos más largos porque la variabilidad climática natural puede oscurecer las tendencias a largo plazo (Hidalgo 2021).

Además, también es importante que los responsables de la toma de decisiones tengan en cuenta factores sociales como el estado de salud, la inmigración, la pobreza, el crecimiento de la población y el desarrollo económico, que pueden aumentar la vulnerabilidad a los fenómenos meteorológicos extremos (Hidalgo 2021; Hidalgo y Alfaro 2012). Es necesaria la colaboración transdisciplinar entre las instituciones que generan previsiones climáticas y los usuarios finales de las mismas para garantizar que los ejercicios de modelización se ajustan a las necesidades de los responsables de la toma de decisiones, que los resultados pertinentes se ponen a disposición tanto dentro como fuera del sector sanitario y que se tienen en cuenta las vulnerabilidades (Hidalgo 2021; Nissan *et al.* 2019). La modelización del clima es un esfuerzo dinámico y en constante cambio, y a medida que las tendencias futuras evolucionen y se disponga de nuevos datos y técnicas, será necesario realizar nuevos y continuos análisis para mejorar la precisión y la oportunidad de los resultados para informar la gestión de los recursos y la planificación de la adaptación (Hidalgo 2021) para apoyar y proteger la salud humana.

local es importante al evaluar las causas de la enfermedad diarreica, por lo que las disparidades geográficas en la investigación que existen entre América del Norte y América Central y del Sur (Carlton *et al.*, 2016; Guzman Herrador *et al.*, 2015; Lo lacono *et al.*, 2017) presentan desafíos importantes para comprender las vías de exposición-respuesta específicas del contexto para las enfermedades transmitidas por el agua relacionadas al cambio climático en las Américas. El efecto de las condiciones locales también complica las comparaciones. Por ejemplo, las precipitaciones y temperaturas extremas deben definirse de acuerdo con las condiciones locales y, por lo tanto, en los análisis se debe considerar una amplia variedad de variables de exposición que probablemente variarán según el estudio (Guzman Herrador *et al.*, 2015). La naturaleza local de los eventos de contaminación también puede enmascarar asociaciones entre eventos climáticos extremos en los análisis regionales y nacionales (Guzman Herrador *et al.*, 2015). Finalmente, existen desafíos de datos, incluyendo las preocupaciones sobre la calidad de los datos (por ejemplo, resolución espacial y/o temporal de los datos, precisión de los datos), diferencias en las capacidades de integración de datos ambientales, sociales y de salud, sesgos de informes y colinealidad en las exposiciones (Lo lacono *et al.*, 2017; Mellor *et al.*, 2016). Por ejemplo, se sabe que las enfermedades transmitidas por el agua no se notifican sustancialmente en los sistemas de vigilancia, lo que puede ser una fuente de sesgo cuando la causa de la falta de información se correlaciona con variables climáticas (por ejemplo, durante eventos extremos, la prestación de atención médica puede verse afectada) (Guzman Herrador *et al.*, 2015; Lo lacono *et al.*, 2017). La investigación futura debe examinar cómo factores como el tipo de microorganismo, la región geográfica, la estación, el tipo de suministro de agua, la fuente de agua y/o las medidas de tratamiento del agua modifican el efecto del aumento de las temperaturas y el cambio de las precipitaciones sobre las enfermedades transmitidas por el agua (Guzman Herrador *et al.*, 2015). Finalmente, los patrones de precipitación cambiantes debido al cambio climático pueden ser más

difíciles de proyectar que la temperatura, lo que tiene implicaciones importantes para la salud (por ejemplo, consulte el [Estudio de Caso 7](#)).

3.4.2 ¿Qué opciones de adaptación y mitigación existen para reducir el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua? 30

Hay pruebas sólidas de que el acceso a infraestructuras de agua, saneamiento e higiene reduce el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua y ha contribuido a reducir la carga mundial de enfermedades; por lo tanto, es importante en el contexto de la adaptación al cambio climático ([Estudio de caso 9](#)). Por ejemplo, en Guatemala, la lluvia se asoció con la contaminación fecal en los pozos, especialmente donde se criaban cerdos cerca (Eisenhauer *et al.*, 2016). En Ecuador, el acceso inadecuado a agua potable segura se asoció con mayores tasas de diarrea después de fuertes lluvias, mientras que el acceso inadecuado al saneamiento se asoció con mayores tasas de diarrea después de períodos secos (Bhavnani *et al.*, 2014). En Canadá y los Estados Unidos, el agua potable sin tratar se asocia con un aumento de las enfermedades transmitidas por el agua durante las precipitaciones intensas, que se prevé que aumenten con el cambio climático futuro (Galanis *et al.*, 2014; Harper *et al.*, 2020; Uejio *et al.*, 2017). Las estrategias para mejorar el acceso al agua potable y el saneamiento incluyen opciones de adaptación institucional, como realizar más evaluaciones de los recursos hídricos, implementar planes de seguridad del agua resilientes al clima, invertir en la reducción del riesgo de desastres, mejorar la prestación de servicios a los desatendidos y utilizar mecanismos de microfinanzas y microseguros para construir infraestructura a pequeña escala (Howard *et al.*, 2016; Levy *et al.*, 2018). Otras opciones de adaptación incluyen intervenciones técnicas para reducir el crecimiento de patógenos en el agua potable. Por ejemplo, obtener agua de profundidades más frías, diseñar sistemas para reducir el tiempo que el agua permanece en las tuberías y pintar las tuberías expuestas y los techos de los tanques de blanco para reducir la absorción de calor pueden reducir el riesgo de

enfermedades transmitidas por el agua (Levy *et al.*, 2018). Es importante destacar que la alineación de la solución de ingeniería con el contexto social, cultural y ambiental local determinará en última instancia el éxito o el fracaso de las opciones de adaptación (Mellor *et al.*, 2016). Se necesita más investigación para investigar hasta qué punto las adaptaciones, como la mejora del acceso al agua y al saneamiento, pueden reducir los riesgos de enfermedades transmitidas por el agua en futuros escenarios de cambio climático (Levy *et al.*, 2016).

La mitigación del cambio climático debe considerarse junto con los esfuerzos de adaptación que mejoran el acceso al agua potable y el saneamiento, ya que los servicios de agua y saneamiento contribuyen a las emisiones de GEI (Dickin *et al.*, 2020; Howard *et al.*, 2016). Existen oportunidades para reducir las emisiones al implementar nuevos sistemas, mantener los sistemas existentes y desarrollar nuevas tecnologías, por ejemplo, mejorando la eficiencia de bombeo, optimizando la aireación en el tratamiento de aguas residuales, reduciendo las emisiones durante la eliminación de nutrientes de las aguas residuales, utilizando fuentes de energía renovables y desarrollando la generación de energía dentro del sistema (Howard *et al.*, 2016). También existe la posibilidad de capturar metano de las plantas de tratamiento de aguas residuales, lo que potencialmente podría otorgar múltiples beneficios, incluida la mitigación de GEI, agua más limpia y la reducción del ozono troposférico, ya que el metano es un precursor del ozono (GMI 2013).

3.5 Enfermedades transmitidas por los alimentos

3.5.1 ¿Cómo aumenta el cambio climático el riesgo de enfermedades transmitidas por los alimentos?

Las condiciones climáticas a menudo están vinculadas a las enfermedades transmitidas por los alimentos, incluyendo asociaciones claras entre la prevalencia de patógenos transmitidos por los alimentos y la temperatura, la precipitación, los fenómenos meteorológicos extremos y el calentamiento y la acidificación de los océanos (Fleury *et al.*, 2006; Hellberg y Chu 2016; Lake y Barker 2018; Liu *et al.*, 2013; Semenza *et al.*, 2012b, 2012a). Incluso un aumento de 1 °C en la temperatura ambiente promedio puede generar preocupaciones importantes sobre la seguridad alimentaria (Smith *et al.*, 2015), y el aumento de las temperaturas y los fenómenos meteorológicos extremos se consideran entre los principales factores que influyen en la seguridad alimentaria (Charlebois y Summan 2015).

Las actividades agrícolas, incluidas la recolección/captura, el cultivo, la cría y la cosecha de alimentos y ganado, se ven afectadas por el cambio climático. Por ejemplo, el aumento de las temperaturas y los cambios en las precipitaciones pueden aumentar la liberación de patógenos del ganado al medio ambiente (Dickin *et al.*, 2016; Smith y Fazil 2019). De hecho, muchos animales de ganado transportan y eliminan una mayor cantidad

Estudio de caso 8 El cambio climático y las enfermedades de los alimentos vinculadas a los productos de mar en las Américas

Se espera que el impacto del cambio climático en el aumento de la temperatura del agua aumente el riesgo de enfermedades transmitidas por los alimentos debido a los mariscos contaminados. Específicamente, se prevé que el consumo de mariscos crudos o poco cocidos contaminados con la bacteria *Vibrio* patógena aumente en todo el continente americano a medida que los ambientes marinos se vuelvan más cálidos y aptos para estos patógenos. La temperatura del agua es el factor predominante que afecta el crecimiento de *Vibrio*, y la mayoría de las especies pueden proliferar a temperaturas de 15 °C o más (Baker-Austin *et al.*, 2018; Young *et al.*, 2015a).

La exposición a *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus* y *V. cholerae* puede provocar enfermedades gastrointestinales, como diarrea, náuseas, calambres abdominales, fiebre, deshidratación grave y, en raras ocasiones, sepsis. La gravedad de los síntomas puede variar y ser desde autolimitados hasta potencialmente mortales, según la especie y la virulencia de la cepa en particular. Por ejemplo, aunque menos común que *V. parahaemolyticus*, las infecciones por *V. vulnificus* son mucho más graves y representan el 95 % de las muertes asociadas con el consumo de mariscos en los Estados Unidos (Froelich y Noble 2016).

Se han documentado brotes de infección *Vibrio* spp. relacionados a los mariscos en las zonas costeras de América del Norte y se prevé que aumenten con el tiempo. Por ejemplo, en Columbia Británica, Canadá, los modelos indican que el riesgo de *V. parahaemolyticus* en las ostras puede aumentar hasta en un 45 % para 2060 (Smith *et al.*, 2015), mientras que en los últimos años se ha detectado *V. cholerae* con mayor frecuencia en las zonas costeras del oeste de Canadá (Banerjee *et al.*, 2018). También se han documentado brotes de *V. parahaemolyticus* vinculados a las ostras en Alaska, Estados Unidos, donde se espera que la temperatura media del agua continúe aumentando con el tiempo, lo que respalda el crecimiento de los patógenos *Vibrio* que históricamente no prosperaron en esta región (McLaughlin *et al.*, 2005).

En América del Sur, se han documentado brotes de *V. parahaemolyticus* y *V. vulnificus* relacionados con pescados y mariscos desde la década de 1970 en países como Brasil, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Chile y Uruguay (Fuenzalida *et al.*, 2006; Raszl *et al.*, 2016). Sin embargo, dada la falta de programas formales de monitoreo y el hecho de que las infecciones de *Vibrio* spp no son enfermedades de notificación obligatoria en la mayor parte de América del Sur, es probable que los casos no se hayan notificado en el continente (Raszl *et al.*, 2016). Es importante destacar que los eventos de El Niño y el calentamiento de las aguas oceánicas se han relacionado con aumentos en los niveles de *V. cholerae* y brotes de *V. parahaemolyticus* en la costa del Pacífico de América del Sur, lo que destaca el potencial del cambio climático para aumentar el riesgo de enfermedades transmitidas por los alimentos a través de los impactos en las temperaturas del océano (Gil *et al.*, 2004; Raszl *et al.*, 2016). En México, se proyectó que el riesgo de *V. parahaemolyticus* en las ostras sería once veces mayor en un escenario de altas emisiones (RCP8.5) que en un escenario de bajas emisiones (RCP2.6) para fines de siglo; sin embargo, este riesgo podría reducirse sustancialmente con medidas de adaptación, incluyendo la mejora del control de la temperatura después de la cosecha (Ortiz-Jiménez 2018).

cantidad de patógenos entéricos en temperaturas más cálidas (Keen *et al.*, 2003; Pangloli *et al.*, 2008; Venegas-Vargas *et al.*, 2016), y los cambios en los patrones de precipitación pueden aumentar la escorrentía de estiércol, tanto de los cuales pueden aumentar la abundancia de patógenos en el entorno, los cultivos y, en consecuencia, los alimentos. El aumento del estrés por temperatura o las alteraciones en las condiciones de alojamiento del ganado en respuesta al cambio climático también podrían impulsar a los productores a aumentar el uso de antimicrobianos en los animales destinados a la producción de alimentos, lo que podría conducir a un aumento de las enfermedades transmitidas por los alimentos resistentes a los antimicrobianos (MacFadden *et al.*, 2018; OMS 2017). El cambio climático también puede afectar a las poblaciones de vida silvestre (por ejemplo, roedores, ciervos, insectos) de maneras que pueden aumentar la transmisión de patógenos transmitidos por los alimentos (Agunos *et al.*, 2014). Por ejemplo, las variables climáticas afectan la densidad de la población de moscas (Goulson *et al.*, 2005; Ngoen-klan *et al.*, 2011), y las moscas pueden ser portadoras de patógenos transmitidos por los alimentos, como *Campylobacter spp.* (Hald *et al.*, 2008). En Ontario, Canadá, se proyecta un aumento del 28% al 30% en la incidencia de campilobacteriosis en humanos para 2050 debido a los cambios relacionados con el clima en el tamaño y la actividad de la población de moscas (Cousins *et al.*, 2019).

El cambio climático también puede aumentar la prevalencia de patógenos durante las actividades de procesamiento y distribución de alimentos. Por ejemplo, las temperaturas del aire más cálidas están asociadas con la contaminación de las aves de corral con *Campylobacter spp.* en entornos minoristas y de procesamiento canadienses (Smith y Fazil 2019). Además, la contaminación preexistente puede proliferar si los alimentos se almacenan a temperaturas inadecuadas. Por ejemplo, los fenómenos meteorológicos extremos pueden provocar cortes de energía que interrumpen la refrigeración y aumentan los riesgos de enfermedades transmitidas por los alimentos (Kosa *et al.*, 2011, 2012; Marx *et al.*, 2006), y el aumento de la temperatura del aire puede hacer que los métodos tradicionales de almacenamiento de alimentos sean inseguros en algunas comunidades de pueblos originarios. (Dudley *et al.*, 2015; IPCC 2019a; Parkinson y Butler 2005). La humedad y las precipitaciones también juegan un papel importante en la seguridad alimentaria. Por ejemplo, durante el procesamiento de productos de maíz y granos de cereales, la humedad se asocia con una mayor prevalencia de microorganismos, como hongos que producen micotoxinas (Duarte *et al.*, 2010; Patriarca y Fernández Pinto 2017). Las proyecciones indican que la prevalencia de micotoxinas aumentará con el cambio climático (Smith *et al.*, 2015). Además, los alimentos,

especialmente los productos agrícolas, pueden contaminarse cuando se usa agua contaminada durante el procesamiento, la producción, el riego y el cultivo (Dickin *et al.*, 2016). El uso de agua contaminada puede volverse más común a medida que las condiciones climáticas aumentan la prevalencia de patógenos transmitidos por el agua y si la infraestructura de saneamiento está sobrecargada o dañada debido a eventos climáticos extremos (consulte la Sección 3.4).

Finalmente, el cambio climático también afecta la preparación y el consumo de alimentos seguros. Por ejemplo, los cambios de comportamiento relacionados con el clima pueden aumentar la exposición a patógenos transmitidos por los alimentos a través de métodos de preparación de cocina de mayor riesgo (por ejemplo, barbacoas) y patrones de consumo (por ejemplo, picnics, preferencias alimentarias) (Liu *et al.*, 2013; Milazzo *et al.*, 2017; Ravel *et al.*, otros 2010). Además, los riesgos de enfermedades transmitidas por los alimentos relacionadas con el clima variarán en las Américas debido en parte a las preferencias de consumo regionales y locales. Por ejemplo, el riesgo de enfermedades transmitidas por los alimentos asociadas con los mariscos probablemente será mayor en las regiones costeras donde el consumo de mariscos es común (IPCC 2019a) (Estudio de Caso 8).

Aunque la creciente evidencia confirma las vías a través de las cuales el cambio climático puede afectar la seguridad alimentaria, se sabe menos sobre la magnitud proyectada de esos impactos. Pocos estudios han examinado las relaciones entre el cambio climático y las enfermedades entéricas que se atribuyen directamente al consumo de alimentos en lugar de otras vías de exposición, como el agua potable contaminada, el contacto con animales y la transmisión de persona a persona. Además, las vías de exposición que vinculan el cambio climático con las enfermedades transmitidas por los alimentos son complejas. Por ejemplo, las inundaciones y el riego pueden estar asociados con una mayor escorrentía y contaminación de los cultivos; sin embargo, el aumento de las precipitaciones podría aumentar los riesgos de contaminación debido a más inundaciones y/o reducir los riesgos debido a una menor irrigación. Por lo tanto, se requieren análisis que capturen la complejidad de los sistemas de producción de alimentos en un contexto o lugar particular para comprender cómo el cambio climático afectará en última instancia los riesgos para la salud pública transmitidos por los alimentos bajo diferentes opciones de adaptación (Gobierno de Canadá 2017; Romero-Lankao *et al.*, 2014).

3.5.2 ¿Qué opciones de adaptación y mitigación existen para reducir las enfermedades transmitidas por los alimentos?

Se sabe que varias medidas de salud pública reducen la contaminación microbiana de los alimentos, lo que presenta oportunidades para expandir las iniciativas de monitoreo y respuesta relacionadas al clima y mejorar los programas existentes para apoyar la adaptación al cambio climático. Las estrategias de adaptación prometedoras incluyen enfoques de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control, utilizando nuevas herramientas científicas de detección para varias combinaciones de patógenos y alimentos, vigilancia epidemiológica mejorada y mejor integrada, nuevas herramientas para monitorear patógenos y enfermedades (por ejemplo, monitoreo integrado del medio ambiente y la salud, como FoodNet en Canadá), vigilancia de la salud animal, integración de las consideraciones de inocuidad de los alimentos en los planes de preparación para emergencias existentes y mejoramiento de la coordinación entre sectores. Las técnicas de modelado mejoradas y una mejor integración del clima, los alimentos, el medio ambiente y otras fuentes de datos en los programas de vigilancia pueden respaldar análisis más sofisticados, mejorando la capacidad de predecir o proyectar riesgos emergentes para la inocuidad de los alimentos. Por ejemplo, cuando se pronostican temperaturas del agua más cálidas o un patrón climático fuerte de El Niño, esto podría desencadenar respuestas de salud pública que incluyen ajustes a las prácticas industriales, políticas regulatorias modificadas y divulgación pública para reducir el riesgo de enfermedades relacionadas con los mariscos (Martínez-Urtaza et al., 2010; Smith y otros 2015). Otras respuestas de salud pública pueden incluir la recolección de pescados y mariscos de aguas más profundas y más frías para reducir los niveles de patógenos en la recolección (Martínez-Urtaza et al., 2010), la implementación de controles más estrictos de tiempo y temperatura posteriores a la recolección para limitar el crecimiento de patógenos y la aplicación de procesos posteriores a la recolección, tales como calor moderado, alta presión hidrostática y congelación, que pueden reducir los niveles de patógenos mientras generalmente retienen las características sensoriales originales de los productos (Martínez-Urtaza et al., 2010; Smith et al., 2015).

3.6 Enfermedades transmitidas por vectores

3.6.1 ¿Cómo aumenta el cambio climático el riesgo de enfermedades transmitidas por vectores?

Las enfermedades transmitidas por vectores que transmiten los vectores artrópodos (por ejemplo, garrapatas, mosquitos) han aumentado en incidencia y distribución en las Américas. La mayoría de los vectores, junto con los patógenos que transportan, son muy sensibles a las condiciones ambientales y, por lo tanto, se verán afectados por el cambio climático.

Las enfermedades transmitidas por vectores que transmiten los vectores artrópodos (por ejemplo, garrapatas, mosquitos) han aumentado en incidencia y distribución en las Américas. La mayoría de los vectores, junto con los patógenos que transportan, son muy sensibles a las condiciones ambientales y, por lo tanto, se verán afectados por el cambio climático. La ubicación, el momento estacional y la abundancia de los vectores dependen directamente de los factores meteorológicos y climáticos, incluyendo las temperaturas altas y bajas, que afectan las tasas de crecimiento y mortalidad de los vectores, así como los niveles de temperatura y humedad, que afectan la capacidad de los vectores para encontrar huéspedes (Oden 2017). Además, muchos patógenos transmitidos por vectores son zoonóticos y los cambios climáticos pueden afectar las interacciones huésped-patógeno-vector, lo que genera efectos complejos, interconectados y multidireccionales. Sin embargo, la detección de cambios en las enfermedades transmitidas por vectores y la atribución de esos cambios a los efectos del cambio climático siguen siendo un desafío (Campbell-Lendrum et al., 2015) debido a la complejidad de los sistemas ecológicos y sociales que incorporan muchos factores diversos e interconectados, algunos de los cuales dependen del clima (Ebi et al., 2017; Ogden 2017; Ogden y Lindsay 2016).

El cambio climático también puede afectar indirectamente las densidades de los vectores y la frecuencia del contacto humano-vector a través del comportamiento humano y las respuestas a los cambios ambientales, particularmente en los países de América Latina. Por ejemplo, una disminución en la disponibilidad de agua debido al cambio climático puede requerir un aumento en el almacenamiento de agua durante los períodos secos, lo que lleva a un aumento de los criaderos de algunos vectores como los mosquitos *Aedes* y, por lo tanto, a una mayor transmisión de enfermedades a través de mosquitos (Smith et al., otros 2014). En general, se prevé que el cambio climático aumente la exposición humana a los vectores de enfermedades; sin embargo, estas proyecciones están sujetas tanto a sobreestimaciones como a subestimaciones (Ogden 2017). Por ejemplo, cuando los modelos matemáticos no controlan los factores independientes del clima, las proyecciones pueden sobrestimar los aumentos de exposición. Por el contrario, las proyecciones pueden producir subestimaciones cuando los modelos usan distribuciones actuales de enfermedades transmitidas por vectores y medidas actuales de control de vectores que no son resistentes al clima, o si los modelos no incorporan impactos indirectos del cambio climático en los factores que afectan el control de vectores (Ogden 2017). Además, los modelos que no tienen en cuenta la distribución de huéspedes y los cambios posteriores, así como la disponibilidad de un hábitat adecuado, pueden dar lugar a proyecciones imprecisas.

Enfermedades transmitidas por mosquitos

Hasta la fecha, gran parte de la investigación se ha centrado en los impactos actuales y proyectados del cambio climático en las poblaciones de mosquitos, dado su papel en la transmisión de parásitos de la malaria y los virus que causan el dengue, la enfermedad del Nilo Occidental y el chikungunya. Se prevé que el área de distribución geográfica del chikungunya se expanda hacia México y los Estados Unidos para 2050 (Tjaden *et al.*, 2017) y hacia la costa sur de la Columbia Británica para fines de siglo (Ng *et al.*, 2017).

El cambio climático también tendrá impactos sustanciales en la transmisión del dengue (Ebi y Nealon 2016), y se prevé que América del Norte experimente uno de los mayores aumentos porcentuales en la exposición al vector a nivel mundial (Messina *et al.*, 2019; Monaghan *et al.*, 2018; Proestos *et al.*, 2015). El rango geográfico norte del vector del dengue en las Américas está limitado en parte por las bajas temperaturas (Díaz-Castro *et al.*, 2017), por lo que se proyecta que el calentamiento climático cree una expansión general del rango hacia el norte (Colón-González *et al.*, 2013; Eisen y Moore 2013). Específicamente, la expansión geográfica hacia el norte

hacia el sur de los Estados Unidos y la actividad estacional extendida del vector del dengue se proyectan para mediados de siglo; sin embargo, las bajas temperaturas invernales pueden impedir el establecimiento permanente del vector en los Estados Unidos continentales (Butterworth *et al.*, 2017). En México, se proyecta un aumento de los casos de dengue en la mayoría de los estados bajo varios escenarios de cambio climático, particularmente en las áreas actualmente endémicas (Colón-González *et al.*, 2013). También se proyecta la expansión hacia el sur del vector en América del Sur para mediados de siglo (Campbell *et al.*, 2015; Messina *et al.*, 2019; Proestos *et al.*, 2015). Colón-González *et al.*, (2018) estimaron que limitar el calentamiento global a 2 °C podría reducir el dengue en América Latina en alrededor de 2,8 millones de casos por año para fines de siglo en comparación con un escenario sin políticas con un calentamiento de 3,7 °C; limitar el calentamiento a 1,5 °C podría reducir la incidencia del dengue en 3,3 millones de casos por año.

El virus del Nilo Occidental continúa propagándose por América del Norte y su distribución geográfica continuará ampliándose a lo largo del siglo como resultado del cambio climático (Harrigan *et al.*, 2014). Bajo varios escenarios de cambio climático, se prevé que

Estudio de caso 9 El cambio climático, la salud y el Programa de Salud Ambiental y Ocupación Global (GEOHealth Hub) en Perú

Perú es altamente vulnerable a los impactos en la salud del cambio climático. El Instituto Nacional de Estadística e Informática de Perú proyecta que habrá un aumento de 1 °C en la temperatura y un aumento del 10 % en la variabilidad de las precipitaciones en el país para 2030. Esto es particularmente preocupante dado que el 71 % de todos los glaciares tropicales se encuentran en Perú, y los aumentos de temperatura amenazan con disminuir la disponibilidad de agua en el futuro. Además, Perú experimenta los efectos de El Niño-Oscilación del Sur, un fenómeno climático que se ha vuelto frecuente e intenso en las últimas décadas, contribuyendo a fuertes lluvias e inundaciones en la costa norte y sequías en las zonas del sur del país.

Dadas estas proyecciones, Perú está a punto de experimentar varios impactos en la salud relacionados con el clima. Por ejemplo, se espera que el hábitat adecuado para *Aedes aegypti*, el mosquito vector del virus del dengue, se amplíe como resultado del cambio climático. La fiebre del dengue, una enfermedad febril sensible al clima causada por la infección con el virus del dengue, es endémica en partes de Perú, y la transmisión del virus está bien documentada desde su resurgimiento a principios de la década de 1990. Se han observado epidemias del virus vinculadas a El Niño-Oscilación del Sur e inundaciones. Por ejemplo, en Piura en 2017 hubo 7.239 casos confirmados de dengue y 34 defunciones registradas; sin embargo, se estima que podría haber habido hasta 30 000 casos, pero muchos probablemente no se documentaron debido a la limitada infraestructura de atención médica y los desafíos en la respuesta de salud pública. En 2020, la pandemia de COVID-19 impuso una presión adicional sobre los recursos de atención médica en regiones como Iquitos en la Amazonía peruana, que ya estaban experimentando una mayor incidencia de dengue.

El cambio climático también puede afectar las enfermedades diarreicas en Perú. Una evaluación de impacto a nivel nacional de la vacunación rutinaria del rotavirus contra la diarrea infantil encontró que la cantidad de visitas clínicas por diarrea infantil disminuyó cuando las vacunas contra el rotavirus fueron acompañadas por iniciativas mejoradas de agua y saneamiento (Delahoy *et al.*, 2020). Estos hallazgos demuestran el éxito de los métodos de adaptación multifacéticos para abordar los complejos desafíos de salud relacionados con el clima; dichos enfoques pueden convertirse en características cada vez más importantes de las evaluaciones de vulnerabilidad, la planificación de la mitigación y la programación de salud pública a medida que aumentan las temperaturas y los eventos de El Niño-Oscilación del Sur se vuelven más intensos debido al cambio climático (Delahoy *et al.*, 2020).

Otras investigaciones han indagado en las asociaciones entre los cambios de temperatura y los eventos de El Niño-Oscilación del Sur y otros resultados de salud no infecciosos, incluyendo los relacionados con la salud reproductiva. En la región andina (Molina y Saldarriaga 2017) y en Lima, Perú (Tapia *et al.*, 2021), el aumento de las temperaturas se ha asociado con un menor peso al nacer.

Perú tiene varias instituciones públicas y privadas con iniciativas de investigación dedicadas al cambio climático, incluida la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH), ubicada en la ciudad capital de Lima. Con el apoyo del Centro Internacional Fogarty de los Institutos Nacionales de Salud, la UPCH desarrolló un programa regional en 2015, el "GEOHealth Hub Centrado en Perú" (www.geohealthperu.org), para apoyar la investigación colaborativa en salud ambiental. El equipo del programa trabaja con socios de la Universidad de Emory, la Universidad Johns Hopkins y la Universidad de Georgia para investigar problemas de salud relacionados con la contaminación del aire interior y exterior, la contaminación del agua con arsénico y el cambio climático. La UPCH también alberga CLIMA, un centro dedicado a promover y desarrollar investigaciones a escala local, regional y global sobre el impacto del cambio climático en la salud humana, ambiental y de los ecosistemas en América Latina. Los éxitos del GEOHealth Hub Centrado en Perú y CLIMA demuestran cómo las instituciones académicas y científicas pueden desarrollar la capacidad de investigación, tanto para comprender los impactos del cambio climático en la salud humana como para informar estrategias de mitigación y adaptación específicas a nivel local.

las ubicaciones del norte de los Estados Unidos (por ejemplo, Colorado, Connecticut, Illinois) experimenten una mayor abundancia del vector del Nilo Occidental, mientras que las áreas actualmente cálidas (por ejemplo, El Paso, Texas y Chandler Heights, Arizona) pueden calentarse demasiado para el desarrollo y la supervivencia de los mosquitos a mediados de siglo (Brown *et al.*, 2015). En el sur de los Estados Unidos, se prevé que la temporada de mosquitos comience varias semanas antes y termine varias semanas más tarde en la mayoría de las áreas, aunque se prevé una disminución de la densidad de población durante el verano en las áreas más al sur para mediados de siglo (Morin y Comrie 2013). En varios escenarios de cambio climático, se pronostica un aumento en la incidencia de infecciones por el virus del Nilo Occidental en las praderas canadienses debido a una temporada de mosquitos más prolongada y a una expansión de los mosquitos vectores hacia el norte (Chen *et al.*, 2013). Aunque el virus del Nilo Occidental se ha encontrado en América Central y del Sur, la propagación del virus aún no ha ido acompañada de casos generalizados en humanos y caballos ni de una mortalidad aviar significativa, por lo que el impacto actual del cambio climático en la enfermedad del Nilo Occidental en la región es poco claro (Paz 2015).

Se prevé que los vectores de la malaria cubran más del 46 % del continente sudamericano para 2070 (Laporta *et al.*, 2015), pero el impacto específico de la expansión del vector variará geográficamente. Por ejemplo, aunque se proyecta que la duración de la temporada de transmisión de la malaria aumente en México, América Central y el sur de Brasil, se pronostican disminuciones en partes de Brasil y Bolivia (Caminade *et al.*, 2014). Durante los próximos 50 años, se proyecta que el hábitat adecuado para los vectores que transmiten la malaria permanecerá en el interior del Amazonas, en las costas del Escudo Guayanés, en el norte de Colombia y a lo largo de la frontera sur entre Colombia y Venezuela (Alimi *et al.*, 2015); También se espera que el hábitat del vector aumente a mayores altitudes (Siraj *et al.*, 2014), pero puede disminuir en partes de Brasil, Guyana y Colombia (Alimi *et al.*, 2015). Sin embargo, proyectar la carga de la enfermedad de la malaria es un desafío, dadas las complejas interacciones entre el huésped, el vector y los factores ambientales. Por ejemplo, en América del Sur, se proyecta que el aumento de las iniciativas de salud, las temperaturas más altas, la menor disponibilidad de agua y las modificaciones del bioma reducirán el hábitat adecuado para el crecimiento del vector y, por lo tanto, disminuirán la distribución y abundancia del vector primario actual de la malaria, *Anopheles darlingi* (Laporta *et al.*, otros 2015). Sin embargo, se proyecta que el rango geográfico de los mosquitos generalistas del clima (complejo *An. albiparvus*) se expanda significativamente, por lo que estos mosquitos podrían convertirse potencialmente en

un vector de transmisión de la malaria más importante (Laporta *et al.*, 2015). Para América del Norte, se espera que el cambio climático aumente el rango geográfico de los vectores de la malaria en los Estados Unidos (Caminade *et al.*, 2014), aunque las proyecciones futuras de transmisión de la malaria en el país dependerán de factores sociales, económicos y ambientales, incluida la eficacia de las intervenciones sanitarias. Las mejoras en los programas de desarrollo social y salud pública pueden reducir la carga de enfermedades transmitidas por vectores a través de factores como la prevención de la transmisión y el acceso a la atención médica, pero es difícil incorporar estos avances en los modelos de transmisión de enfermedades. En algunos modelos, el producto interno bruto per cápita se ha utilizado como indicador de las condiciones socioeconómicas, que en combinación con las variables climáticas se han utilizado para proyectar la distribución futura de la malaria. Estos modelos muestran que los efectos del cambio climático pueden anular los beneficios futuros de un mejor estatus socioeconómico en el riesgo de malaria (Campbell-Lendrum *et al.*, 2015; Franklins *et al.*, 2019; Parham *et al.*, 2015).

Enfermedades transmitidas por garrapatas

La distribución geográfica y la incidencia de enfermedades transmitidas por garrapatas también están aumentando en las Américas (Bouchard *et al.*, 2019). Se prevé que el cambio climático cree una actividad estacional más prolongada y, en general, amplíe la cantidad de hábitats septentrionales climáticamente adecuados para las garrapatas en América del Norte (Ogden *et al.*, 2014), aumentando el riesgo de exposición humana a enfermedades transmitidas por garrapatas. La incidencia y distribución geográfica de la enfermedad de Lyme ha aumentado en Canadá y Estados Unidos debido a que el cambio climático afecta tanto la distribución como la abundancia de garrapatas (Eisen *et al.*, 2016; Ogden *et al.*, 2014). En Ontario, la expansión hacia el norte del rango geográfico de las poblaciones de garrapatas durante la última década se ha asociado con aumentos observados en las temperaturas (Cheng *et al.*, 2017) y un aumento en los casos de la enfermedad de Lyme y los encuentros con garrapatas se han asociado con cambios de temperatura en el estado de Nueva York, Estados Unidos (Lin *et al.*, 2019). En los Estados Unidos, se proyecta que la temporada de transmisión de la enfermedad de Lyme se prolongue debido al cambio climático, con impactos más grandes en escenarios de altas emisiones e impactos más sustanciales en los estados del sur del Atlántico medio que en los estados del noreste y el medio oeste superior (Monaghan *et al.*, 2015). En América del Norte, existen diferentes predicciones regionales sobre los riesgos de enfermedades transmitidas por garrapatas bajo el cambio climático. Por ejemplo, en Minnesota, se

se proyecta que el riesgo de la enfermedad de Lyme aumente con un clima más cálido y un paisaje cada vez más caducifolio para el año 2100, con el mayor aumento en el riesgo proyectado en los condados del noreste (Robinson *et al.*, 2015). En Canadá, se proyecta que los vectores de garrapatas aumenten significativamente bajo varios escenarios de cambio climático en Nueva Escocia, áreas de Nuevo Brunswick y Quebec, el sur de Ontario y el sur de Manitoba; sin embargo, se prevé que los escenarios de emisiones más bajas reduzcan la invasión de garrapatas después de la década de 2030 (McPherson *et al.*, 2017). Además, el modelo futuro no solo debe considerar el impacto del cambio climático en los vectores de garrapatas, sino que también debe incluir los efectos en los diferentes huéspedes que sirven como reservorios de virus. Por ejemplo, en Quebec, se proyecta que el área de distribución norte del ratón de patas blancas (un huésped reservorio importante) aumente para 2050 en tres escenarios climáticos (Roy-Dufresne *et al.*, 2013).

Enfermedades transmitidas por vinchucas

La enfermedad de Chagas es frecuente en el sur de los Estados Unidos, México, América Central y América del Sur. Se transmite por insectos triatomíneos (comúnmente conocidos como chinches) infectados con el parásito protozoario *Trypanosoma cruzi*. Se prevé que la amplitud del nicho de los triatomíneos se amplíe en muchos escenarios de cambio climático (Carmona-Castro *et al.*, 2018; Garza *et al.*, 2014), con aumentos significativos en la exposición humana esperada tanto en áreas rurales como urbanas en América del Norte (Carmona-Castro *et al.*, 2018). También se anticipa un aumento significativo en el área de distribución hacia el norte (Garza *et al.*, 2014). Sin embargo, puede haber diferencias regionales en las exposiciones y la expansión del rango, ya que las distribuciones geográficas previstas de dos vectores endémicos de la enfermedad de Chagas con diferentes preferencias térmicas, *Mepraia gajardoi* y *M. spinola*, varían según el escenario de cambio climático (Garrido *et al.*, 2019).

3.6.2 ¿Qué opciones de adaptación y mitigación existen para reducir enfermedades transmitidas por vectores?

Las adaptaciones actuales para prevenir aumentos relacionados con el clima en las enfermedades transmitidas por vectores implican reducir el riesgo ambiental de exposición y promover conductas preventivas individuales para reducir el contacto humano-vector, los cuales se basan en una vigilancia integral de vectores y enfermedades (por ejemplo, Hinckley *et al.*, 2016; Keesing y Ostfeld 2018; Sommerfeld y Kroeger 2015). En Quebec, las intervenciones para reducir la incidencia de la enfermedad del Nilo Occidental que se identificaron como las más aceptables entre las partes interesadas incluyen: (i) protección individual (por ejemplo,

inspección frecuente de la integridad de las mallas de las ventanas, uso de ropa de colores claros, eliminación de los sitios de larvas de mosquitos peridomésticos, reducción de las actividades al aire libre en horas pico); y (ii) gestión regional e intervenciones dirigidas a los mosquitos (por ejemplo, larvicidas, vacunación de reservorios animales, modificación de sitios de larvas artificiales) (Hongoh *et al.*, 2016). Se necesitan nuevos esfuerzos de prevención, vigilancia y control para apoyar la adaptación a las expansiones del rango geográfico y los aumentos en la incidencia de enfermedades transmitidas por vectores que se esperan debido al cambio climático (Ebi y Nealon 2016). Por ejemplo, en Ecuador, actualmente se utiliza un sistema integrado de vigilancia del clima y el dengue que produce datos de riesgo de alta resolución para mejorar las alertas tempranas estacionales del dengue (Lowe *et al.*, 2017; Stewart-Ibarra y Lowe 2013). En la frontera entre Ecuador y Perú, una red multinacional lanzó un sistema de vigilancia del clima y la malaria (Krisner *et al.*, 2016) y logró la eliminación local de la malaria, demostrando el potencial y el poder de las colaboraciones entre países (OMM y OMS 2016). Los programas de control y prevención de infecciones, incluidos el control de vectores, la erradicación, los servicios de agua y saneamiento confiables y la vigilancia longitudinal integrada, son estrategias vitales de salud pública que seguirán siendo herramientas importantes para adaptarse a los impactos del cambio climático en las enfermedades transmitidas por vectores (Estudio de Caso 9).

3.7 Nutrición y seguridad alimentaria

3.7.1 ¿Cómo aumenta el cambio climático el riesgo de desnutrición y seguridad alimentaria

Sin esfuerzos de mitigación y adaptación, se proyecta que el cambio climático tendrá un impacto neto negativo en los sistemas alimentarios de las Américas (IPCC 2019b; Mbow *et al.*, 2019; Porter *et al.*, 2014; Smith *et al.*, 2014; Springmann *et al.*, 2016b; Zabel *et al.*, 2019, 2021). Se espera que el aumento de las temperaturas, los cambios en los patrones de precipitación y el clima extremo provoquen reducciones netas en los rendimientos de los cultivos básicos, incluidos los rendimientos de verduras, legumbres, frutas, nueces y semillas, y también pueden obstaculizar la producción ganadera, reducir el contenido de nutrientes en los productos básicos agrícolas, y contribuir al aumento de los precios mundiales de los alimentos (Alae-Carew *et al.*, 2020; Mbow *et al.*, 2019; Scheelbeek *et al.*, 2018). Estos cambios anticipados tienen importantes implicaciones para la seguridad alimentaria y nutricional (IANAS 2017a). La inseguridad alimentaria está asociada con muchos resultados negativos para la salud física y mental, incluidas las enfermedades no transmisibles, como la obesidad, la diabetes tipo 2, las enfermedades cardíacas, los

problemas de salud bucal y la depresión (Jessiman-Perreault y Mcintyre 2017; Mcleod y Veall 2006; Muldoon *et al.*, 2013; Tarasuk *et al.*, 2016). Como tal, los impactos del cambio climático en la seguridad alimentaria y nutricional a menudo se clasifican entre las principales amenazas del cambio climático en las Américas (CCA 2019; Richards *et al.*, 2016).

En las Américas, se prevé que el cambio climático reduzca la disponibilidad calórica general para el año 2050 (Springmann *et al.*, 2016b). En la mayoría de los países, la reducción de la disponibilidad de frutas y verduras ricas en nutrientes conducirá a un aumento de la desnutrición, especialmente entre los niños, así como a un aumento neto de la mortalidad (Fanzo *et al.*, 2018). Estas tendencias proyectadas son particularmente pronunciadas en los países de ingresos medios altos y altos, como los Estados Unidos, Canadá y Brasil, donde se espera que la reducción del consumo de frutas y verduras resulte en muertes adicionales relacionadas con el clima debido a enfermedades coronarias, accidentes cerebrovasculares y ciertos tipos de cáncer (Springmann *et al.*, 2016b).

Es probable que las disminuciones netas en la disponibilidad de alimentos relacionadas con el cambio climático conduzcan a un aumento de los precios de los alimentos como frutas, verduras y cereales: por ejemplo, a nivel mundial, se prevé que los precios de los cereales aumenten hasta un 29 % para 2050 (Mbow *et al.*, 2019). El aumento de los precios de los alimentos puede obligar a los consumidores, especialmente a aquellos que experimentan condiciones socioeconómicas bajas, a comprar alimentos de bajo costo y alto contenido energético, lo que a menudo tiene consecuencias negativas para la nutrición y la salud (Gibson *et al.*, 2004; Lake *et al.*, 2012; Lock *et al.*, 2009; Marushka *et al.*, 2017). La disponibilidad de alimentos también está relacionada con el acceso físico a los alimentos, que puede verse notablemente afectado por fenómenos meteorológicos extremos, por ejemplo, a través de la interrupción de los sistemas de transporte y la consiguiente reducción del acceso a los alimentos al por menor (French *et al.*, 2020; Palko y Lemmen 2017). En el norte de Canadá, las carreteras de invierno brindan acceso estacional a bienes y servicios importantes, incluidos los alimentos. Sin embargo, como resultado del cambio climático, las condiciones meteorológicas previstas ya no serán adecuadas para la construcción estacional de estas carreteras a mediados o finales de siglo en muchos lugares de Ontario, Canadá (Hori *et al.*, 2018).

En términos de producción de alimentos, se prevé que el cambio climático afecte la disponibilidad de nutrientes (por ejemplo, vitaminas B1, B2, B5 y B9). Se espera que el aumento de las concentraciones de

las concentraciones de CO₂ aumente la síntesis de carbohidratos y disminuya el contenido y la densidad de otros macronutrientes y micronutrientes clave en productos agrícolas, pescados y mariscos (Dong *et al.*, 2018; Macdiarmid y Whybrow, 2019). Por ejemplo, las concentraciones de zinc, hierro y proteínas pueden reducirse entre un 3 y un 15 % cuando el trigo, el arroz y las legumbres se cultivan en condiciones con niveles elevados de CO₂ (550 a 690 ppm) (Myers *et al.*, 2014, 2017). Para el arroz, la investigación también ha demostrado que el aumento de las concentraciones de CO₂ puede provocar una disminución de las vitaminas B1, B2, B5 y B9 en un promedio de 12 a 30 % (Zhu *et al.*, 2018). Se han observado tendencias similares para las verduras, con reducciones en hierro, magnesio y zinc que van del 9 al 16 % en condiciones elevadas de CO₂ (Dong *et al.*, 2018). Es importante destacar que se espera que los cambios en la disponibilidad de nutrientes difieran según la región geográfica debido al cambio climático, y se prevé que algunas áreas tengan reducciones más sustanciales como resultado de la disminución de la productividad agrícola y la disminución de los nutrientes relacionados con el CO₂. Por ejemplo, en América del Norte, se proyecta que las reducciones en la disponibilidad de zinc sean mayores que el promedio mundial (Beach *et al.*, 2019). Además de las deficiencias de nutrientes en los cultivos alimentarios, el CO₂ elevado también tiene implicaciones para muchos animales de ganado, que representan una fuente importante de proteínas a nivel mundial. El ganado también es vulnerable a los efectos en la salud de la disminución de nutrientes en los cultivos de pastoreo, lo que a su vez tiene impactos en el sistema alimentario humano, ya que se reduce la calidad y cantidad de proteínas de origen animal (Ebi y Loladze 2019).

Estas disminuciones proyectadas en la disponibilidad de nutrientes tienen repercusiones significativas en la salud: por ejemplo, cuando se aplican a las dietas actuales, cientos de millones de personas en todo el mundo estarán en riesgo de sufrir deficiencias de zinc, hierro y/o proteínas, y las deficiencias existentes de aproximadamente dos mil millones de personas se exacerbarán (Myers *et al.*, 2017). En particular, las mujeres en edad fértil suelen ser las más afectadas por la deficiencia de hierro y la anemia. Las deficiencias de zinc y hierro aumentan el riesgo de varios resultados de salud, y los modelos sugieren que algunos países de las Américas (por ejemplo, Bolivia, El Salvador, Ecuador, Guatemala, Haití, Honduras) experimentarán una carga particularmente alta de enfermedades relacionadas con la deficiencia de zinc y hierro en comparación con otros países (Weyant *et al.*, 2018). Varios impactos negativos para la salud también están relacionados con las deficiencias de vitamina B, incluidos los trastornos neurológicos y los defectos de nacimiento; y, en ausencia de productos alimenticios fortificados con vitaminas como tiamina (B1), riboflavina (B2) y ácido

fólico (B9), puede haber un mayor riesgo de impactos en la salud relacionados con la deficiencia de vitamina B. En Venezuela, donde una gran proporción de la población enfrenta desafíos socioeconómicos y desnutrición, se documentó deficiencia de ácido fólico en más del 30% de los participantes en un estudio a nivel nacional (García-Casal *et al.*, 2005). Además, el impacto del cambio climático en las fuentes de alimentos de origen animal puede experimentarse de manera más aguda en las regiones donde la producción y el consumo de carne son mayores, incluido el potencial de una mayor deficiencia de vitamina B12. Varios países de las Américas, como Argentina, Estados Unidos y Brasil, se encuentran entre los mayores productores y consumidores de carne a nivel mundial (OCDE 2021) y, por lo tanto, pueden ser particularmente vulnerables a los impactos económicos, sociales y de salud del cambio climático sobre el sector ganadero. Al mismo tiempo, las emisiones globales asociadas con la producción ganadera aumentaron un 16 % entre 2000 y 2017, y aproximadamente 990.000 muertes en todo el mundo en 2017 se atribuyeron al consumo excesivo de carne roja (Watts *et al.*, 2021). Las conexiones entre el cambio climático y la producción ganadera son, por lo tanto, complejas, y las implicaciones de esas interacciones en la seguridad de las proteínas dietéticas requieren una cuidadosa atención en la seguridad alimentaria y la planificación de la respuesta al cambio climático. En última instancia, los impactos en la salud de la reducción de nutrientes en los alimentos dependerán en gran medida de la diversidad dietética general, así como de las respuestas específicas de cada país, incluidas las políticas de enriquecimiento y fortificación (CFIA 2014).

El impacto del cambio climático en los organismos tanto pestíferos (por ejemplo, insectos, enfermedades) como beneficiosos (por ejemplo, polinizadores, agentes de control biológico) también tendrá consecuencias importantes para la producción de cultivos y, por lo tanto, para la seguridad nutricional. El cambio climático podría resultar en un aumento en el número de generaciones por año y podría modificar el rango geográfico de las especies, con poblaciones expandiéndose a nuevas áreas a medida que se vuelven adecuadas y potencialmente disminuyendo en áreas donde existen actualmente (Bebber *et al.*, 2013; Crozier 2004; Ramirez-Cabral *et al.*, 2017; Rosenzweig *et al.*, 2001; Thomson *et al.*, 2010). En el caso de que las especies de plagas se trasladen a nuevas áreas, esto podría afectar el rendimiento de los cultivos y conducir a un aumento potencial en el uso de pesticidas. Además, el cambio climático también puede afectar indirectamente a una determinada especie a través de otras especies dentro de la misma cadena alimentaria. Por ejemplo, el cambio climático puede afectar la fenología, la morfología y la fisiología

morfología y la fisiología de las plantas (Cornelissen 2011; Nicotra *et al.*, 2010), lo que a su vez podría tener efectos positivos o negativos en las poblaciones de especies pestíferas y beneficiosas en los niveles tróficos superiores. Por ejemplo, en respuesta a la herbivoría, algunas plantas liberan compuestos volátiles orgánicos biogénicos, que desempeñan un papel en la regulación positiva de las defensas vegetales inducidas (Aljibory y Chen 2018; Kant *et al.*, 2015; War *et al.*, 2012) y también se utilizan como señales de alimentación por enemigos naturales de los herbívoros (McCormick *et al.*, 2012; Vet y Dicke 1992). Se ha demostrado que la liberación de estos compuestos varía en diferentes escenarios de cambio climático (Arneeth y Niinemets 2010; Peñuelas y Straudt 2010) y, por lo tanto, influirá en los herbívoros, así como en sus parasitoides y depredadores. De manera similar, la cantidad y calidad del néctar producido por las plantas puede variar en respuesta al cambio climático (Erhardt *et al.*, 2005; Takkis *et al.*, 2015), lo que afectará el éxito de los polinizadores. Además, el aumento de los niveles de GEI puede reducir la persistencia de los volátiles de las plantas (McFrederick *et al.*, 2009), con el potencial de alterar las interacciones interespecíficas en todos los niveles tróficos. Sin embargo, se necesitan muchos más datos para predecir razonablemente los efectos, ya que las respuestas en todos los niveles variarán según la especie, especialmente para las especies de cultivo altamente domesticadas con menor variabilidad genética.

Los impactos del cambio climático en la pérdida de biodiversidad también aumentarán los riesgos de la seguridad alimentaria y nutricional (Romero-Lankao *et al.*, 2014; Rose *et al.*, 2001). Por ejemplo, las estimaciones globales sugieren que la disminución de las capturas de pescado relacionada con el clima (IPCC 2019a) dejará a 845 millones de personas vulnerables a las deficiencias de hierro, zinc y vitamina A, así como 1.400 millones de personas vulnerables a las deficiencias de vitamina B12 y ácidos grasos poliinsaturados omega-3 de cadena larga para 2050 (Golden *et al.*, 2016). Sin embargo, tales impactos no se distribuirán equitativamente, ya que los Pueblos Indígenas que dependen de la tierra y las aguas para su sustento se ven particularmente afectados por la pérdida de biodiversidad relacionada con el clima (Anderson *et al.*, 2018a; Boulanger-Lapointe *et al.*, 2019; Kenny *et al.*, 2018; Richmond y Ross 2009; Rose *et al.*, 2001). La investigación ha demostrado que reemplazar las especies de alimentos en declive que se cosechan localmente con alimentos de mercado en el norte de Canadá tendría un impacto negativo en la ingesta de nutrientes. Además, reemplazar los alimentos locales indígenas puede tener impactos negativos a través de las "transiciones nutricionales" mediante las cuales las dietas pasan de sistemas alimentarios indígenas saludables a alternativas minoristas a menudo poco saludables (Sharma 2010; Zavaleta *et al.*, 2018).

Esto puede afectar negativamente la continuidad cultural, los resultados de salud mental, el idioma, la autodeterminación y la cohesión social, que son determinantes críticos de la salud de los Pueblos Indígenas, lo que plantea preguntas importantes sobre la idoneidad y eficacia de los alimentos comercializados como respuesta de adaptación (Marushka *et al.*, 2019).

Los impactos del cambio climático relacionados con la salud en los sistemas alimentarios y el medio ambiente variarán entre los países de las Américas, lo que refleja factores e inequidades sociales, culturales, ambientales, políticas y económicas subyacentes. Del mismo modo, los niveles de seguridad alimentaria difieren dentro y entre países, entre zonas rurales y urbanas, y según las características geográficas (por ejemplo, la altitud). Las desigualdades también son generalmente mayores para los hogares monoparentales, los hogares de bajos ingresos y los hogares con niveles de educación formal más bajos (PHAC 2018). En ambas escalas, el cambio climático exacerbará los desafíos para aquellas regiones y hogares con bajos niveles de seguridad alimentaria. Es importante destacar que, aunque las características individuales y del hogar están asociadas con las tendencias de la inseguridad alimentaria, cada individuo y cada hogar experimenta una variedad de factores sociales, políticos, económicos y ambientales que se entrecruzan y que contribuyen a un estado de seguridad alimentaria diferencial a lo largo del tiempo (Kapilashrami y Hankivsky 2018). Por lo tanto, las personas y los hogares experimentan una vulnerabilidad diferente y cambiante a los impactos del cambio climático en los sistemas alimentarios en múltiples niveles a lo largo del tiempo.

3.7.2 ¿Qué opciones de adaptación y mitigación existen para reducir la desnutrición y la inseguridad alimentaria?

Tanto los enfoques de adaptación como los de mitigación son críticos en el contexto de la seguridad alimentaria y nutricional en un clima cambiante (Mbow *et al.*, 2019) (ver también el Capítulo 4). El IPCC identificó opciones de respuesta de seguridad alimentaria que tienen un importante potencial de adaptación y mitigación, incluidas las siguientes (Mbow *et al.*, 2019):

- Mejorar la gestión de cultivos (por ejemplo, aumentar el contenido de materia orgánica del suelo, cambiar las variedades de cultivos, mejorar la gestión del agua, aplicar bio-carbón, agrosilvicultura, pasar de monocultivos a diversificar cultivos, cambiar áreas de cultivo, rehabilitación de tierras (cercados, forestación), agricultura perenne, establecimientos de labranza y cultivos, mejora de la gestión de residuos, sistemas agropecuarios).

- Mejorar el manejo del ganado (por ejemplo, implementar sistemas silvopastoriles, introducir nuevas razas de ganado, engorde de ganado, cambiar la producción a pequeños rumiantes o ganado resistente a la sequía o piscicultura, establecer bancos de alimentos y forraje, suplementos de alimentos estacionales, mejorar la salud animal a través del control de parásitos y control del estrés térmico).
- Mejorar las cadenas de suministro de alimentos (por ejemplo, desarrollar la infraestructura de almacenamiento de alimentos, acortar las cadenas de suministro, mejorar el transporte y la distribución de alimentos, mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de las industrias agroalimentaria, de procesamiento y venta al por menor de alimentos, mejorar la eficiencia energética de la agricultura, reducir la pérdida de alimentos, promover la y agricultura periurbana).
- Gestión de la demanda de alimentos (por ejemplo, promover cambios en la dieta (consulte el Capítulo 4 para obtener más información), reducir el desperdicio de alimentos, reducir los envases, cambiar los métodos de venta y venta minorista (por ejemplo, a ventas directas), mejorar la transparencia de las cadenas alimentarias (incluso a través del etiquetado), costos externos).

Para ser efectivas, estas opciones de respuesta deben considerar los posibles beneficios para la salud y/o las consecuencias adversas para la salud no deseadas de la estrategia. Las respuestas efectivas funcionarán en todos los sectores e incluirán estrategias de adaptación y mitigación sensibles a la nutrición, así como consideraciones de desarrollo agrícola sostenible, sensible a la nutrición y resistente al clima. Además, las estrategias de respuesta deben considerar el papel del apoyo social, la inclusión y el desarrollo de capacidades, así como el cuidado y la salud materna e infantil, y una mayor coherencia de políticas que apoye la colaboración institucional e intersectorial (Mbow *et al.*, 2019; Tirado *et al.*, . 2013). Por fin, abordar las desigualdades sociales debe ser parte de una respuesta eficaz de adaptación y mitigación. Es importante destacar que las respuestas que consideran la equidad variarán según el contexto sociocultural y político (Halvey *et al.*, 2021; Horst *et al.*, 2017). Por ejemplo, los pueblos originarios, los trabajadores agrícolas y las mujeres con bajos ingresos a menudo enfrentan discriminación e inequidad en el acceso a los recursos, los cuales contribuyen a tasas más altas de inseguridad alimentaria y desnutrición en las Américas (Carr y Thompson 2014; Greene 2018). Por lo tanto, abordar la discriminación y la inequidad, que afectan su seguridad alimentaria y nutrición, debe ser parte de una respuesta de mitigación y adaptación inclusiva y efectiva

Estudio de caso 10 Migraciones climáticas y salud en las Américas

La migración en el contexto del cambio climático es muy específica del contexto y, a menudo, ejemplifica la injusticia climática. Las razones y los impactos de la migración dependen de varios factores relacionados con los impactos climáticos específicos y la capacidad de adaptación de la población afectada. Las personas, los hogares o las comunidades más grandes pueden migrar como resultado directo de una amenaza climática (por ejemplo, destrucción de viviendas y/o bienes por una inundación o un fenómeno meteorológico extremo) o debido a impactos indirectos del cambio climático (por ejemplo, pérdida de cosechas y pérdida subsiguiente de ingresos/medios de vida debido a condiciones de sequía) (McLeman *et al.*, 2021). Las poblaciones móviles pueden migrar cuando las respuestas locales son insuficientes para reducir el riesgo relacionado con el clima, aunque los resultados de la migración son inciertos y pueden ser adaptativos o desadaptativos. Además, el nivel de agencia juega un papel importante en los resultados de la movilidad, dependiendo de si la migración es voluntaria o forzada (por ejemplo, debido a un desastre climático); la migración forzada también se conoce como desplazamiento (McLeman *et al.*, 2021). Además, algunas poblaciones pueden considerarse inmóviles debido a la falta de recursos necesarios para moverse o fuertes conexiones con el lugar. Las poblaciones inmóviles y las poblaciones móviles con baja agencia a menudo tienen una menor capacidad de adaptación y peores resultados de movilidad que las poblaciones móviles con alta agencia (McLeman *et al.*, 2021).

Los migrantes climáticos son vulnerables a los impactos en la salud en todas las etapas del proceso migratorio, incluida la etapa previa a la partida, durante el tránsito (es decir, durante viajes cortos y/o largos), en el destino y, en algunos casos, durante el viaje de regreso (Abubakar *et al.*, 2018). Las circunstancias que rodean la migración suelen ser muy desafiantes y requieren que las personas y/o las familias tomen decisiones difíciles, que pueden tener implicaciones importantes para la salud mental, el bienestar y la cohesión social. Dependiendo de la distancia y el modo de transporte, algunos migrantes también enfrentan riesgos de salud únicos durante el tránsito, incluido el acceso reducido a alimentos y agua, interrupciones en el acceso a la atención médica y exposición a entornos peligrosos. Las mujeres y los niños en particular enfrentan un mayor riesgo de violencia y explotación durante el tránsito (Abubakar *et al.*, 2018). Además, las políticas discriminatorias, el racismo y/o la exclusión social en el lugar de destino pueden limitar el acceso a la atención médica, la vivienda, la educación y las oportunidades económicas, lo que puede afectar tanto directa como indirectamente la salud a largo plazo de los migrantes.

La migración inducida por amenazas climáticas ya está ocurriendo en las Américas, tanto a nivel interno como internacional, y se prevé que empeore con el cambio climático. Los siguientes son algunos ejemplos:

- Evacuaciones por incendios forestales en Columbia Británica, Canadá, y la reubicación a largo plazo de residentes de comunidades completamente destruidas durante la temporada de incendios forestales de 2021.
- Migración voluntaria lejos de los hogares costeros en Florida, Estados Unidos para evitar los impactos futuros del aumento del nivel del mar en la vivienda.
- Desplazamiento de todos los residentes de Barbuda durante la temporada de huracanes del Atlántico de 2017, incluidas las evacuaciones a Antigua después del huracán Irma.
- Reubicación de residentes en Newtok, Alaska, debido a la erosión y el creciente riesgo de inundaciones en la comunidad.
- Migración internacional debido a malas cosechas y pérdida de medios de vida agrícolas y oportunidades económicas en América Central.

Los marcos y las políticas que se centran en la mitigación y la adaptación, como el Acuerdo de París, serán importantes para prevenir cierto nivel de migración climática al reducir las amenazas climáticas y el desplazamiento relacionado. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos de mitigación, se prevé que la migración aumente sustancialmente en los próximos años. Por lo tanto, es fundamental que los gobiernos locales, regionales y federales mejoren y/o adopten nuevas políticas para acomodar y proteger la salud de las personas desplazadas por el cambio climático. Actualmente, ninguna nación tiene un sistema para que los migrantes busquen asilo sobre la base del desplazamiento climático, lo que demuestra la necesidad de que los gobiernos reconozcan formalmente y brinden protecciones legales a los migrantes climáticos (McLeman 2019). La ratificación de los Pactos no vinculantes existentes, como el Pacto Mundial de las Naciones Unidas para la Migración Segura, Ordenada y Regular (Asamblea General de las Naciones Unidas 2018), mejorará la cooperación internacional y garantizará protecciones legales consistentes y vías de migración para las personas desplazadas por el cambio climático. Apoyar, hacer cumplir e invertir adecuadamente en políticas y marcos como los ODS (por ejemplo, Objetivo 3: Buena salud y bienestar) (Naciones Unidas 2020), enfoques de "salud en todas las políticas" (OMS 2014a) y cobertura sanitaria universal (OMS y Grupo del Banco Mundial 2019) también será importante en la construcción de sistemas de salud más resilientes que respeten los derechos humanos y reduzcan las barreras de acceso a la atención médica para los migrantes climáticos.

(Bacon *et al.*, 2021). Por ejemplo, los enfoques basados en derechos son una estrategia para incorporar explícitamente consideraciones de inequidad social en la planificación de la adaptación y mitigación del cambio climático.

3.8 Salud mental y bienestar

3.8.1 ¿Cómo afecta el cambio climático a la salud mental?

Existe evidencia sólida que vincula el cambio climático y los cambios ambientales resultantes con una amplia gama de resultados negativos de salud mental complejos y que a menudo se superponen en las Américas. El cambio climático no solo exacerbará las condiciones y desafíos de salud mental preexistentes, sino que también creará nuevas amenazas, factores

estresantes y resultados de salud mental (Benevolenza y DeRigne 2019; Clayton *et al.*, 2017; Cunsolo y Ellis 2018; Dodgen *et al.*, 2016; Hayes *et al.*, 2018; Kim *et al.*, 2019; Middleton *et al.*, 2020b; Obradovich *et al.*, 2018; Rataj *et al.*, 2016; Rifkin *et al.*, 2018; Vins *et al.*, 2015). La literatura publicada sobre los impactos del cambio climático en la salud mental en las Américas se centra predominantemente en Canadá y los Estados Unidos; hay evidencia creciente, aunque todavía limitada, de México, y una investigación muy limitada en el Caribe o América Central y del Sur.

Hay cuatro vías causales principales a través de las cuales el cambio climático afecta a la salud mental: aguda, crónica, anticipada o vicaria, y a través de las alteraciones de otros determinantes de la salud.

- **Los eventos climáticos agudos y de corto plazo**, como tormentas severas, olas de calor y eventos correspondientes como inundaciones e incendios forestales (*Estudio de Caso 10*), están vinculados a una amplia gama de resultados de salud mental en las Américas, incluida la depresión y la ansiedad (p. Clayton 2020; Cunsolo y Ellis 2018; Cunsolo *et al.*, 2020b; Obradovich *et al.*, 2018), uso de sustancias nocivas (Clayton *et al.*, 2017; Cunsolo Willox *et al.*, 2013a, 2013b; Morrison 2011), estrés familiar y violencia (Clayton *et al.*, 2017; Cunsolo Willox *et al.*, 2013a, 2013b; Younan *et al.*, 2018), pensamientos suicidas y suicidio (Burke *et al.*, 2018; Kim *et al.*, 2019), trastorno de estrés postraumático (Rataj *et al.*, 2016; Schwartz *et al.*, 2017), trastornos del comportamiento y del estado de ánimo y mayores tasas de hospitalización psiquiátrica (Xu *et al.*, 2020c) y fuertes reacciones emocionales (por ejemplo, miedo, estrés, angustia, duelo, ansiedad) (Cunsolo *et al.*, 2020b; Middleton *et al.*, 2020b). Hay un creciente cuerpo de investigación en los Estados Unidos que relaciona las olas de calor con una variedad de resultados negativos para la salud mental, que incluyen mayores tasas de violencia y agresión, suicidio, visitas a la sala de emergencias y hospitalizaciones, y días de mala salud mental auto-reportados (Burke *et al.*, 2018; Fernández-Arteaga *et al.*, 2016; Fuhrmann *et al.*, 2016; Guirguis *et al.*, 2014; Kim *et al.*, 2019; Obradovich *et al.*, 2018; Sherbakov *et al.*, 2018; Younan *et al.*, 2018).
- **Exposiciones crónicas a eventos subagudos de cambio climático y las alteraciones ambientales** (por ejemplo, sequía, olas de calor, fluctuaciones de temperatura, aumento del nivel del mar, pérdida de hielo marino, cambios en el ecosistema) están vinculadas a fuertes respuestas emocionales, así como a un aumento del estrés y la violencia familiar, trastornos del sueño y conductas de afrontamiento desadaptativas, incluido el consumo de sustancias (Clayton *et al.*, 2017; Coêlho *et al.*, 2004; Middleton *et al.*, 2020b; Rifkin *et al.*, 2018; Vins *et al.*, 2015). Por ejemplo, una investigación de varios años de Nunatsiavut, Labrador, Canadá, indicó que la exposición crónica a largo plazo a la pérdida lenta y progresiva del hielo marino, los cambios en las precipitaciones y los cambios en las poblaciones de vida silvestre estaban alterando la vida, los medios de subsistencia y el bienestar de los inuit. Estos cambios dieron lugar a diversos resultados de salud mental, incluidos sentimientos de tristeza, miedo, angustia, depresión y duelo, así como aumentos en la depresión y la ansiedad auto-reportadas, el uso de drogas y alcohol, el estrés familiar, la magnificación del trauma ya presente y condiciones de salud mental subyacentes, y pérdidas de apego al lugar, sentido de identidad e intercambio de conocimientos

intergeneracionales (Cunsolo Willox *et al.*, 2012, 2013a, 2013b; Harper *et al.*, 2015; Middleton *et al.*, 2020a, 2020b; Petrusek MacDonald *et al.*, 2015).

- Las **experiencias anticipatorias** (es decir, anticipar cambios futuros y lo que puede resultar) y las **experiencias vicarias** (es decir, presenciar el dolor y el sufrimiento de los demás) conducen a estrés emocional, tristeza, estrés, angustia, miedo, ansiedad y depresión, incluso en ausencia de una reacción aguda directa o exposición crónica a peligros climáticos (Clayton 2020; Clayton *et al.*, 2017; Middleton *et al.*, 2020b). Un estudio en Florida encontró que la exposición y el consumo de la cobertura mediática de huracanes inminentes condujo a un aumento de los resultados negativos para la salud mental, incluido el estrés postraumático, la depresión y la ansiedad, y que los intentos de mitigar la ansiedad causada por los huracanes a través de un mayor consumo de medios a menudo condujo a niveles más altos de ansiedad (Thompson *et al.*, 2019).
- **La interrupción, degradación o alteración de otros determinantes de la salud**, incluida la salud física, la infraestructura, la ocupación, las conexiones sociales, los vínculos basados en el lugar, los sistemas de conocimiento y las prácticas culturales, pueden generar resultados negativos para la salud mental (Middleton *et al.*, 2020b). Por ejemplo, una revisión sistemática de los trastornos de salud mental relacionados con fenómenos meteorológicos extremos en México, Nicaragua, Honduras y Granada encontró que el desplazamiento, la destrucción de viviendas e infraestructura y las lesiones físicas provocaron un aumento de las tasas de trastornos depresivos y de ansiedad y post- trastorno de estrés traumático (Rataj *et al.*, 2016).

La evidencia actualmente disponible muestra que los resultados de salud mental sensibles al clima en las Américas están distribuidos de manera desigual e inequitativa. Aquellos que viven en áreas ecológicamente sensibles, aquellos que dependen estrechamente del medio ambiente para su sustento, alimentación y cultura, aquellos con problemas crónicos de salud física y mental, y aquellos que están sistemáticamente marginados y en desventaja son los más afectados (Clayton *et al.*, 2017; Cunsolo *et al.*, 2020b; Hayes *et al.*, 2018; Middleton *et al.*, 2020b). Los grupos con alto riesgo para su salud mental relacionados al cambio climático incluyen pueblos originarios, en particular aquellos que viven en lugares remotos y dependen de la tierra para su sustento y bienestar (Middleton *et al.*, 2020b), comunidades agrícolas (Greene 2018; Yusa *et al.*, al. 2015), aquellos que viven en áreas propensas a sequías, inundaciones y/o incendios forestales (Dodd *et al.*, 2018; Stanke *et al.*,

2013; Vins *et al.*, 2015), niños y jóvenes (Clayton *et al.*, 2017; Majeed y Lee 2017; Sanson *et al.*, 2019; Sugg *et al.*, 2019; Wu *et al.*, 2020a), mujeres, personas mayores y personas económicamente desfavorecidas (Clayton *et al.*, 2017; Xu *et al.*, 2020c), y aquellos que viven con problemas crónicos de salud física y mental (Clayton *et al.*, 2017).

Aunque ha habido poca investigación que desarrolle proyecciones de riesgo futuro para los resultados de salud mental, un estudio indicó que se prevé que el suicidio aumente en los Estados Unidos y México para 2050 bajo RCP8.5 (Burke *et al.*, 2018). Otro estudio, que analizó datos de Canadá, Estados Unidos, México y Brasil, encontró que las temperaturas ambientales más altas están asociadas con un mayor riesgo de suicidio (Kim *et al.*, 2019). Con las proyecciones climáticas actuales que predicen un aumento de la temperatura ambiental en las Américas, es probable que los resultados negativos para la salud mental, como pensamientos suicidas, intentos de suicidio y muertes por suicidio relacionados con el cambio climático y las alteraciones ambientales relacionadas, sigan aumentando en incidencia, prevalencia y gravedad en las próximas décadas.

3.8.2 ¿Qué opciones de adaptación y mitigación existen para reducir los riesgos en la salud mental?

El cambio climático es una amenaza urgente para la salud mental de las personas y comunidades de las Américas. Como tal, se requieren políticas de adaptación de salud mental activas, receptivas, coordinadas y específicas del lugar para proteger, apoyar y mejorar de manera proactiva la salud mental individual y salud mental comunitaria. Las adaptaciones de salud mental pertinentes y apropiadas pueden incluir lo siguiente:

- Aplicar una lente de salud mental a las políticas relacionadas con la mitigación y adaptación de los efectos directos e indirectos del cambio climático. Esto ayudará a garantizar que se consideren todos los costos de salud en la planificación de la adaptación y la mitigación, y que el potencial de los impactos en la salud mental se refleje en la toma de decisiones.
- Desarrollar e implementar métricas e indicadores de salud mental, pérdidas intangibles y daños sensibles al clima, así como crear sistemas de vigilancia de salud pública nacionales e

Estudio de caso 11 Cambio climático, incendios forestales y salud en Canadá y Estados Unidos

El cambio climático está contribuyendo a ambientes más cálidos y secos en muchas regiones de América del Norte, creando condiciones más favorables para incendios más grandes y severos y temporadas de incendios forestales más largas. En Canadá y el oeste de los Estados Unidos, la cantidad de grandes incendios forestales y el área de tierra quemada ha aumentado en las últimas décadas (Gauthier *et al.*, 2014; Hanes *et al.*, 2019; USGCRP 2017, 2018), y las investigaciones atribuyen aumentos en el área quemada al cambio climático (Gillett *et al.*, 2004).

La quema de materiales orgánicos produce grandes cantidades de materia particulada y precursores de ozono (Fann *et al.*, 2016), por lo que el humo de los incendios forestales puede afectar la salud respiratoria de las personas expuestas. El humo de los incendios forestales puede transportarse largas distancias: por ejemplo, en 2016, el humo de los incendios forestales en Fort McMurray, Alberta, aumentó el material particulado y el ozono del aire por encima de los estándares de calidad aceptables en la ciudad de Nueva York, a más de 3000 kilómetros de distancia (Wu *et al.*, 2018).

Se prevé que el cambio climático aumente la intensidad y la duración de los incendios forestales, lo que resultará en una mayor exposición a partículas relacionadas con el fuego (Matz *et al.*, 2020; Sun *et al.*, 2019; Wotton *et al.*, 2017). Por ejemplo, se estima que la exposición al humo se duplicará con creces a mediados de siglo en el oeste de los Estados Unidos (Liu *et al.*, 2016a). Además, se espera que aumenten la morbilidad y la mortalidad relacionadas con los incendios forestales, así como las hospitalizaciones relacionadas con las vías respiratorias (Liu *et al.*, 2016b). La inhalación de humo y contaminantes del aire de los incendios forestales se ha relacionado con infecciones respiratorias, consultas médicas y hospitalizaciones por problemas respiratorios, exacerbación del asma y enfermedad pulmonar obstructiva crónica, y mortalidad por todas las causas (Reid *et al.*, 2016). En Canadá, se han atribuido anualmente varios miles de muertes prematuras a la exposición al humo a corto y largo plazo (Matz *et al.*, 2020), y se prevé que la cantidad de muertes prematuras anuales debidas al humo de los incendios forestales se duplique a finales de siglo en los Estados Unidos en comparación con principios del siglo XXI (Ford *et al.*, 2018). Las proyecciones actuales y futuras destacan la necesidad de estrategias de respuesta de mitigación y adaptación que consideren y se preparen para un mayor impacto en la salud respiratoria relacionado con los incendios forestales y el cambio climático.

Los incendios forestales no solo afectan la salud física; también pueden tener un impacto negativo en la salud mental y el bienestar individual y comunitario (consulte la Sección 3.8). La exposición directa a los incendios forestales aumenta el riesgo de numerosos problemas de salud mental, como depresión, ansiedad, trastorno de estrés posttraumático, insomnio, ideación suicida y abuso de sustancias (Belleville *et al.*, 2019; Brown *et al.*, 2019; Silveira *et al.*, 2021; Xu *et al.*, 2020a). El trauma psicológico y la angustia emocional inducidos por los incendios forestales pueden persistir mucho después de que la amenaza inicial desaparezca. Por ejemplo, un estudio en Fort McMurray, Alberta, encontró evidencia de probable trastorno de estrés posttraumático, depresión, ansiedad y trastorno por consumo de alcohol o sustancias entre los estudiantes de los grados 7 a 12, 18 meses después de que un devastador incendio forestal provocara la evacuación forzada de la de 88.000 habitantes de la ciudad (Brown *et al.*, 2019). Estos trastornos relacionados con el estrés pueden verse exacerbados por problemas de salud mental y bienestar preexistentes, que se observaron después de la exposición al Camp Fire de 2018, el incendio forestal más mortífero en la historia de California (Silveira *et al.*, 2021). Los incendios forestales también pueden afectar indirectamente la salud mental al socavar los determinantes sociales y ambientales de la salud. Por ejemplo, la temporada de incendios forestales de 2014 en los Territorios del Noroeste, Canadá, provocó períodos prolongados de humo y una reducción de la calidad del aire, lo que interrumpió la capacidad de los residentes para participar de manera segura en actividades al aire libre y culturalmente significativas en tierra, lo que posteriormente afectó sus medios de subsistencia y bienestar mental (Dodd *et al.*, 2018). Las entrevistas cualitativas con trabajadores que participaron en los esfuerzos de recuperación de los incendios forestales de California de 2017-2018 destacaron aún más la naturaleza interconectada de los problemas sociales inducidos por los incendios forestales, tales como problemas de vivienda y empleo relacionados con el desplazamiento, con problemas de salud mental y emocional (Rosenthal *et al.*, 2021). Por último, al igual que otros fenómenos meteorológicos extremos, los riesgos actuales y previstos de pérdidas de propiedad, lugares amados, medios de subsistencia y seres queridos relacionados con incendios forestales pueden provocar fuertes reacciones emocionales, como ansiedad ecológica y dolor.

internacionales para rastrear esos indicadores (Middleton et al., 2020b).

- Desarrollar, mejorar y/o ampliar la capacitación y los recursos de salud mental sensibles al clima para que los proveedores de salud respalden la atención y defensa del paciente, lo cual es esencial para apoyar la resiliencia de la salud mental en individuos y grupos. Esto podría incluir el desarrollo de planes de estudios en programas educativos, kits de herramientas, enfoques de formación de formadores, comunidades y recursos basados en la web, y oportunidades de desarrollo profesional continuo (Clayton et al., 2017; Cunsolo et al., 2020b).
- Mejorar las evaluaciones clínicas y el apoyo para los pacientes con salud mental sensible al clima,

tanto en el punto de entrada al sistema de atención médica como durante las conexiones de atención médica en curso (Cunsolo et al., 2020b).

- Aprender de enfoques de terapia individual y grupal ya probados, y agregar una lente de salud mental sensible al clima a estos apoyos y estrategias de afrontamiento. Esto podría incluir actividades que mejoren la salud social, física y mental mediante la promoción de una conexión con el mundo natural, como más tiempo en la naturaleza y opciones de transporte activas y sostenibles (Clayton et al., 2017; Cunsolo et al., 2020b; Heinz et al., 2021; Reed et al., 2021; Verstraeten et al., 2020)
- Garantizar que se reconozcan los matices de los contextos específicos de la ubicación mediante la

Estudio de caso 12. El cambio climático y la salud de los pueblos originarios en las Américas

Aunque todos en las Américas se ven afectados por los impactos del cambio climático en la salud, los pueblos originarios suelen ser los más afectados (IPCC 2019b, 2019a; Grupo de Trabajo sobre el Estado de las Tribus y el Cambio Climático 2021). Muchos pueblos originarios tienen fuertes lazos culturales, espirituales y emocionales con la tierra y las aguas de sus territorios; por lo tanto, los impactos del cambio climático en el medio ambiente pueden tener importantes implicaciones para la salud. Los pueblos indígenas a menudo enfrentan desigualdades socioeconómicas, infraestructurales, políticas y de salud, que tienen sus raíces en legados coloniales históricos y en curso, y que pueden aumentar aún más los riesgos del cambio climático (Anderson et al., 2016; Greenwood y Lindsay 2019; Whyte 2016, 2019). A pesar de estos desafíos, los pueblos originarios se están adaptando y respondiendo activamente al cambio climático de muchas maneras, incluso a través de acciones, promoción y compromiso político que van desde la escala local hasta la internacional (Etchart 2017; Ford et al. 2020; IPCC 2018, 2019a, 2019b). Como escribieron la académica indígena Margot Greenwood y sus colegas:

“El colonialismo interrumpió violentamente las formas relacionales, criminalizando las prácticas culturales, restringiendo la libertad de movimiento, forzando la reubicación, sacando a los niños de las familias, desmantelando las cosmovisiones relacionales y marginando las vidas indígenas. Sin embargo, los pueblos originarios nunca han sido pasivos frente al colonialismo. Ahora más que nunca, el conocimiento indígena en tres áreas críticas (seguridad alimentaria y del agua, cambio climático y salud) es necesario para la autodeterminación y la supervivencia colectiva en un mundo que cambia rápidamente”. (Greenwood and Lindsay 2019).

Es importante señalar que, aunque los pueblos originarios de las Américas comparten muchas exposiciones, vulnerabilidades y riesgos al cambio climático, también son extremadamente diversos en términos de pueblos, culturas, idiomas, experiencias coloniales y conocimientos. En este documento, brindamos ejemplos de los impactos del cambio climático en la salud indígena en las Américas, y describimos ejemplos de adaptación al cambio climático en curso liderado por los pueblos originarios (Table CS 12.1).

Cambiar el acceso a la disponibilidad de agua y alimentos nutritivos, accesibles y preferidos

Muchos pueblos originarios de las Américas dependen de la agricultura, la recolección, la caza, la pesca y las fuentes de agua locales. Estas actividades y fuentes brindan no solo seguridad alimentaria, nutricional y de agua, sino que también son esenciales para la continuidad cultural y para la salud emocional, mental y espiritual; esto refleja la profunda conexión que muchos pueblos originarios tienen con la tierra y las aguas (por ejemplo, Hofmeijer et al., 2013; Middleton et al., 2020b; Parraguez-Vergara et al., 2018; Torres-Slimming et al., 2020; Wilson et al., 2019). En consecuencia, el aumento de las temperaturas, la alteración de los patrones de precipitaciones y el aumento de los incidentes de fenómenos meteorológicos extremos debido al cambio climático tienen un impacto negativo en el acceso y la calidad de los recursos nutritivos y preferidos de los pueblos originarios (Cozzetto et al., 2021; Donatuto et al., 2014; FAO et al., 2021; Jacob et al., 2010; Reid et al., 2014; Schlinger et al., 2021; Torres-Slimming et al., 2020; Whyte et al., 2021a; Zavaleta et al., 2018). Estos cambios relacionados con el clima no solo exacerban la inseguridad alimentaria y de agua existente que experimentan muchos pueblos originarios (Anderson et al., 2016; FAO et al., 2021), sino que también se han relacionado con una mayor incidencia de resultados negativos para la salud, como desnutrición, problemas cardiovasculares, enfermedades gastrointestinales agudas, enfermedades transmitidas por vectores, problemas de salud mental y falta de recursos de salud cultural (Middleton et al., 2020b; Mitchell 2018; Reid et al., 2014).

El cambio climático está afectando las prácticas de siembra, cosecha, pesca y caza de los pueblos originarios de muchas maneras. Por ejemplo, la disminución de las precipitaciones ha resultado en la salinización del suelo, la desertificación y la disminución de la productividad agrícola, lo que compromete la seguridad alimentaria y los resultados nutricionales del pueblo mapuche en los Andes chilenos (Parraguez-Vergara et al., 2016).

El cambio climático también está afectando la abundancia, distribución y salud de las especies de vida silvestre cazadas por los pueblos originarios (Cunsolo et al., 2020a; Kronik y Verner 2010; Zavaleta et al., 2018). Por ejemplo, en el Ártico, el cambio climático contribuye de manera importante a la disminución de la población de caribúes, lo que ha llevado a prohibir la caza de caribúes en Labrador, Canadá. Sin embargo, dado que el caribú es una importante fuente de alimento y una especie clave cultural para los inuit de la región, esta prohibición tiene importantes implicaciones negativas para la seguridad alimentaria y el bienestar de las comunidades afectadas (Borish et al., 2021; Cunsolo et al., 2020a; Kenny et al., 2018). Además, se espera que el aumento de los vientos, el derretimiento y descongelamiento de la criósfera y las corrientes oceánicas cambiantes intensifiquen el transporte y la absorción de contaminantes orgánicos y metales pesados tóxicos en los ecosistemas del Ártico. Esto no solo comprometerá la calidad y la seguridad de los sistemas alimentarios inuit, sino que también aumentará el riesgo de trastornos del neurodesarrollo y enfermedades cardiovasculares (Alava et al., 2017, 2018; Donaldson et al., 2010). Además, se espera que el aumento de las temperaturas aumente la incidencia de enfermedades transmitidas por los alimentos. Por ejemplo, el aumento de las temperaturas en Alaska, Estados Unidos, está afectando negativamente la preparación de alimentos fermentados tradicionales, aumentando el riesgo de botulismo entre los pueblos originarios (Fagan et al., 2011; Parkinson y Butler 2005).

La cantidad, calidad y accesibilidad de los recursos de agua dulce de los que dependen los pueblos originarios también se ven amenazados por el cambio climático (Berner *et al.*, 2016; Cozzetto *et al.*, 2013, 2021; Doyle *et al.*, 2013; Goldhar *et al.*, 2014; Harper *et al.*, 2011, 2015, 2020; Patrick 2018; Schlinger *et al.*, 2021; Torres-Slimming *et al.*, 2020). Los cambios en los recursos hídricos no solo afectan la seguridad del agua, sino también el bienestar mental, emocional y espiritual de los pueblos originarios, ya que muchas comunidades mantienen conexiones espirituales y culturales íntimas con los cuerpos de agua (Cozzetto *et al.*, 2013; Cunsolo Willox *et al.*, 2012; Harper *et al.*, 2015; Mitchell 2018; Torres-Slimming *et al.*, 2020; Wilson *et al.*, 2019). Por ejemplo, en los Estados Unidos, las sequías son cada vez más comunes y obligan a los miembros de la Nación Navajo a viajar más de veintidós kilómetros para obtener agua para uso doméstico (Cozzetto *et al.*, 2013). De manera similar, a medida que los glaciares continúan retrocediendo en los Andes altos, la escasez de agua aumenta para las comunidades originarias que dependen del deshielo para obtener agua (Kronik y Verner 2010). Por último, además de la disminución de la cantidad de agua, los cambios en la temperatura y los regímenes de precipitaciones en las Américas, están aumentando el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua, lo que lleva a un aumento de los casos de enfermedades gastrointestinales agudas, cólera y leptospirosis (Doyle *et al.*, 2013; Harper *et al.*, 2011, 2020; Hofmeijer *et al.*, 2013; Kronik y Verner 2010; Parkinson y Butler 2005; Wang *et al.*, 2018). Estos desafíos pueden exacerbar los problemas existentes de acceso, escasez y seguridad del agua, así como el acceso desigual a una infraestructura de tratamiento de agua adecuada (Cozzetto *et al.*, 2021; Harper *et al.*, 2020; Wilson *et al.*, 2019).

Riesgos en aumento de enfermedades crónicas e infecciosas debido al cambio climático

También se prevé que el cambio climático exacerbe la ya alta carga de enfermedades crónicas y enfermedades infecciosas que afectan a muchos pueblos originarios (Anderson *et al.*, 2016; Gracey y King 2009). Por ejemplo, en el Ártico, las temperaturas más altas contribuyen a aumentar la contaminación del aire y la producción de pólenes, lo que empeora los síntomas de alergia y asma (Albert *et al.*, 2018; Driscoll *et al.*, 2016; Harper *et al.*, 2015). Del mismo modo, a medida que aumenta la frecuencia de las olas de calor, también aumenta el estrés relacionado con el calor: los ancianos de las comunidades originarias ya han informado sobre problemas respiratorios en días calurosos de verano (Bolton *et al.*, 2011; Driscoll *et al.*, 2016). Además, es probable que dichos impactos en la salud se agraven aún más para aquellos pueblos originarios que tienen acceso limitado a servicios de atención médica de calidad (Brierley *et al.*, 2014; Bussalleu *et al.*, 2021).

También se espera que los riesgos de enfermedades zoonóticas y transmitidas por vectores aumenten como resultado del cambio climático (Ellwanger *et al.*, 2020; Ford *et al.*, 2010; Parkinson y Butler 2005; Parkinson *et al.*, 2008). Por ejemplo, se espera que las temperaturas más altas en las regiones del Ártico y los Andes aumenten la variedad de insectos vectores y alteren los tipos y la incidencia de enfermedades zoonóticas y transmitidas por vectores, como la encefalitis transmitida por garrapatas, la malaria y el dengue (Albert *et al.*, 2018); Kronik y Verner 2010; Parkinson *et al.*, 2008). En la Amazonía, la disminución de los niveles de precipitación ha provocado más reservorios de agua estancada, lo que ha aumentado la prevalencia de enfermedades transmitidas por vectores, como la leishmaniasis (Hofmeijer *et al.*, 2013). En el Ártico, también existe preocupación por los patógenos emergentes del deshielo del permafrost (EASAC 2019).

Aumento de las lesiones y la mortalidad como resultado de las condiciones climáticas cambiantes

Las condiciones climáticas extremas y que cambian rápidamente, incluidas las olas de calor, las tormentas, las sequías, las inundaciones y las condiciones cambiantes del agua, el hielo y el hielo marino, continúan planteando desafíos para muchos pueblos originarios, en particular para aquellos que participan en actividades en la tierra (IPCC 2019a, 2019b; Wilson *et al.*, 2021). En el Ártico, la disminución del espesor del hielo marino y el clima cada vez más impredecible han contribuido a más lesiones no intencionales, como hipotermia y congelación, mientras se encuentran en tierra tanto en los Estados Unidos como en Canadá (Clark y Ford 2017; Driscoll *et al.*, 2016; Fleischer *et al.*, 2014). En Montana, los ancianos de la tribu Crow han expresado su preocupación de que las prácticas ceremoniales al aire libre, como los bailes al sol, se ven amenazadas por las altas temperaturas, que aumentan el riesgo de insolación, en particular entre los participantes que ayunan (Doyle *et al.*, 2013). En la Amazonía, los pueblos originarios reportan la necesidad de ser más cautelosos en los ríos luego de fuertes lluvias debido a fuertes corrientes que traen escombros invisibles que podrían causarles daño (Torres-Slimming *et al.*, 2020). Además, en Perú, las grandes inundaciones suelen ir acompañadas de la llegada de animales peligrosos como boas, víboras y anguilas a las comunidades (Langill 2018).

Las condiciones ambientales cambiantes e inciertas afectan la salud mental y el bienestar

El cambio climático tiene efectos directos en la salud mental y el bienestar de los pueblos originarios (Cunsolo y Ellis 2018; Middleton *et al.*, 2020b). Por ejemplo, las comunidades Awajún en el norte de Perú han informado que la creciente inseguridad del agua está contribuyendo a aumentar el estrés y los síntomas depresivos (Tallman 2019). En el Ártico, las temperaturas más altas se asociaron con visitas a clínicas relacionadas con la salud mental para Nunatsiavut Inuit (Middleton *et al.*, 2021). Además, para muchos pueblos originarios, la capacidad de participar de manera segura en actividades en tierra es esencial para su bienestar mental (Cunsolo Willox *et al.*, 2013b; Middleton *et al.*, 2020a) y su salud física (Akbar *et al.*, 2020); como tal, la interrupción de las actividades relacionadas con el agua, el hielo y la tierra debido al cambio climático, combinada con otros factores como la pérdida de sitios culturales causada por la erosión o las inundaciones, están contribuyendo al estrés psicosocial (Cunsolo Willox *et al.*, 2013a; Donatuto *et al.*, 2014; Middleton *et al.*, 2020a). Por ejemplo, en las comunidades de pueblos originarios del Ártico, la capacidad reducida para participar de manera segura en actividades terrestres y acceder a sitios culturales importantes ha provocado un aumento de la ansiedad, el miedo, la angustia, la ira y el dolor (Cunsolo Willox *et al.*, 2013a, 2015; Petrusek MacDonald *et al.*, 2015). Por último, en algunos casos, el cambio climático puede alterar los paisajes hasta tal punto que los pueblos originarios se ven obligados a reubicarse, lo que se asocia con estrés, duelo y depresión debido a la pérdida de lugares significativos, redes sociales y vínculos culturales (Albert *et al.*, 2018; Kronik y Verner 2010; Maldonado *et al.*, 2021; Middleton *et al.*, 2020b; Parry *et al.*, 2019).

Disminución del acceso a atención médica de calidad debido al cambio climático

En las Américas, el acceso de los pueblos originarios a la atención médica alopática a menudo es limitado y puede requerir viajes extensos, especialmente si su comunidad de origen es remota (Anderson *et al.*, 2016; Brierley *et al.*, 2014; Parry *et al.*, 2019). En consecuencia, el acceso de los pueblos originarios a la atención médica puede ser vulnerable al cambio climático y, a menudo, se ve interrumpido por condiciones climáticas extremas. Por ejemplo, en algunas aldeas peruanas, los miembros de la comunidad informaron que, por lo general, no tienen acceso al puesto de salud cercano durante varias semanas si las aguas de la inundación alcanzan cierto nivel (Langill 2018). En el Ártico de Canadá, muchos pueblos originarios dependen principalmente del transporte aéreo y las telecomunicaciones en situaciones de emergencia médica, los cuales son vulnerables a los fenómenos meteorológicos extremos (Ford *et al.*, 2010; Harper *et al.*, 2015). Además, la estacionalidad cambiante, las inundaciones y las sequías, combinadas con la deforestación y otros cambios antropogénicos, también han reducido la accesibilidad de las plantas y otros medicamentos cosechados en el entorno local para muchos pueblos originarios (Hofmeijer *et al.*, 2013; Lynn *et al.*, 2013). Por ejemplo, muchos pueblos originarios dependen de las plantas medicinales (por ejemplo, Vandebroek *et al.*, 2004) y los alimentos (FAO *et al.*, 2021), que se consideran clave para fomentar la adaptación al cambio climático.

Adaptación y respuestas a los impactos del cambio climático en la salud

A pesar de estos desafíos, los pueblos originarios de las Américas han estado liderando estrategias de adaptación relacionadas con la salud, que a menudo se basan en redes sociales sólidas, amplios sistemas de conocimiento indígena y conexiones profundas con el lugar (Tabla CS 12.1). Para reducir los efectos del cambio climático en la salud de los pueblos originarios, las personas responsables de tomar decisiones deben aplicar un enfoque basado en los derechos y apoyar la autodeterminación de los pueblos originarios para identificar, desarrollar e implementar estrategias de adaptación y mitigación que reflejen sus contextos socioculturales, económicos, ambientales y geográficos específicos. Esto requiere reconocer, defender y reafirmar los Derechos de los Pueblos Originarios (por ejemplo, la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Originarios) y proporcionar recursos para abordar los factores climáticos y no climáticos que aumentan los riesgos climáticos para la salud, así como reconocer el papel fundamental que los conocimientos originarios juegan en las soluciones clima-salud (Cameron *et al.*, 2021; Gahman y Tangas 2020; ITK 2019; Jones 2019; McGregor 2021; Rátima *et al.*, 2019). En última instancia, abordar los riesgos climáticos y de salud para los pueblos originarios requiere no solo examinar y dismantelar el contexto más amplio del colonialismo, el racismo y el despojo, sino también apoyar la autodeterminación de los pueblos originarios (Cameron *et al.*, 2021; Gahman y Thongs 2020; ITK 2019; Jones 2019; McGregor 2021; Rátima *et al.*, 2019).

Tabla CS 12.1 Ejemplos de riesgos para la salud experimentados por los pueblos originarios en las Américas debido al cambio climático y medidas de adaptación lideradas por los pueblos originarios asociados

Impactos de los peligros climáticos en la salud	Medidas de adaptación
Agua y alimentos inseguros	
<ul style="list-style-type: none"> La Nación Gitga'at en Columbia Británica, Canadá, espera que el salmón y las almejas de los que dependen se vean afectados negativamente por aguas más cálidas y ácidas (Reid <i>et al.</i> 2014). 	<ul style="list-style-type: none"> La Nación Gitga'at mapea y examina sitios de cosecha nuevos e históricos para adaptarse a los cambios en el acceso a los alimentos. También organizan esfuerzos comunales de cosecha (Reid <i>et al.</i> 2014).
Enfermedades crónicas e infecciosas	
<ul style="list-style-type: none"> Las comunidades Shawi y Shipibo en Perú reportan preocupación por el aumento de enfermedades transmitidas por vectores e infecciones parasitarias (Hofmeijer <i>et al.</i> 2013). 	<ul style="list-style-type: none"> Los pueblos Shawi y Shipibo utilizan redes, hierven su agua y construyen casas elevadas que ofrecen protección contra los animales portadores de enfermedades (Hofmeijer <i>et al.</i> 2013).
<ul style="list-style-type: none"> Se prevé que el cambio climático provoque cambios en la incidencia y distribución geográfica de las enfermedades infecciosas en el Ártico (Parkinson <i>et al.</i> 2008). 	<ul style="list-style-type: none"> El sistema de Vigilancia Circumpolar Internacional se estableció para monitorear enfermedades infecciosas en el Ártico para ayudar a formular estrategias de prevención y control (Parkinson <i>et al.</i> 2008).
Lesiones y mortalidad	
<ul style="list-style-type: none"> Los inuit de los Territorios del Noroeste, Canadá, informan que el deshielo temprano y rápido de la primavera, el clima menos predecible y la dinámica cambiante del hielo marino están provocando que más cazadores queden varados o lesionados (Fawcett <i>et al.</i> 2018). 	<ul style="list-style-type: none"> Los inuit toman suministros adicionales y gasolina en tierra, viajan en grupos, permanecen más cerca de la ciudad y usan tecnología de comunicación y/o navegación (Fawcett <i>et al.</i> 2018).
<ul style="list-style-type: none"> Las comunidades Shawi en Perú informan que las fuertes lluvias crean corrientes de agua peligrosamente fuertes que arrastran desechos que podrían lesionar a los bañistas (Torres-Slimming <i>et al.</i> 2020). 	<ul style="list-style-type: none"> Los shawi ejercen mayor precaución al bañarse, están reforestando activamente la ribera del río para minimizar la erosión (Torres-Slimming <i>et al.</i> 2020).
Salud mental y bienestar	
<ul style="list-style-type: none"> En Nunatsiavut, Canadá, el clima menos predecible y la disminución del hielo marino hacen que sea más difícil participar de manera segura en actividades tradicionales, que son fundamentales para el bienestar mental de los inuit (Hirsch <i>et al.</i> 2016). 	<ul style="list-style-type: none"> 'Going Off, Growing Strong' es un programa de extensión para jóvenes dirigido por la comunidad que tiene como objetivo mejorar la salud mental, física y espiritual de los jóvenes mediante la participación en actividades en la tierra con recolectores y ancianos (Hirsch <i>et al.</i> 2016).
Acceso a atención médica de calidad	
<ul style="list-style-type: none"> Las Primeras Naciones en el Yukón, Canadá, informan que las temperaturas cambiantes, las precipitaciones y la estacionalidad afectan la cosecha y la práctica de la medicina tradicional (Climate Telling 2021). 	<ul style="list-style-type: none"> La comunidad de las Primeras Naciones desarrolló un plan de acción para mantener las prácticas de medicina tradicional a través de los cambios climáticos, que incluye documentar el conocimiento de la medicina tradicional e identificar áreas de reunión sensibles a los cambios climáticos (Climate Telling 2021).

- Garantizar que se reconozcan los matices de los contextos específicos de la ubicación mediante la creación e implementación de políticas, programas y recursos de salud mental localmente apropiados y culturalmente relevantes. Esto puede brindar oportunidades para brindar más apoyo y mejorar los resultados positivos de salud mental entre quienes experimentan los efectos directos e indirectos del cambio climático (Cunsolo *et al.*, 2020b; Cunsolo y Ellis 2018).

- Comprender que los resultados de salud mental del cambio climático se distribuyen de manera desigual y, por lo tanto, requieren un examen a través de una lente de equidad en salud, que debe considerar indicadores basados en la equidad, incluidos el origen étnico, la clase, la identidad de género, el acceso a los servicios de salud mental y la ubicación geográfica (Cunsolo *et al.*, 2020b). Aunque la investigación sobre los resultados de salud mental sensibles al clima continúa creciendo, existen prioridades y brechas importantes. Primero, existe una investigación publicada extremadamente limitada que

examina los resultados de salud mental sensibles al clima en las Américas, particularmente en el Caribe y en América Central y del Sur.

Se necesita más investigación con urgencia, particularmente entre los pueblos originarios y aquellos grupos que están social, económica y políticamente más marginados. En segundo lugar, existen estudios limitados a nivel de población, longitudinales y/o de proyección de riesgos que evalúan y proyectan las exposiciones a los peligros climáticos y los resultados de salud mental resultantes. En tercer lugar, se necesita más investigación que analice los matices de las tasas de incidencia y la gravedad de las exposiciones indirectas y directas a corto, mediano y largo plazo a los peligros del cambio climático y los resultados de salud mental relacionados para apoyar la programación de salud mental, el desarrollo de recursos y la toma de decisiones. En cuarto lugar, existe una investigación limitada sobre los efectos a corto, mediano y largo plazo del cambio climático en la salud mental de los niños y jóvenes, y en su crecimiento y desarrollo general, logros académicos y capacidad para manejar estrés a largo plazo; sin embargo, la evidencia emergente indica que los niños y los jóvenes corren el riesgo de sufrir impactos a largo plazo en la salud mental y la función cognitiva debido al cambio climático (Clayton *et al.*, 2017; Majeed y Lee 2017; Sanson *et al.*, 2019). En quinto lugar, la investigación aún no ha evaluado las estrategias de adaptación de la salud mental para hacer frente y reducir los riesgos del cambio climático, incluidas las estrategias y terapias ya comprobadas para tratar otras formas de enfermedades mentales. Finalmente, se necesitan estudios comparativos multinacionales y multi-poblacionales, complementados con estudios de casos localizados, para comprender las amenazas a la salud mental a nivel local, nacional e internacional, así como para identificar oportunidades de adaptación relacionadas y determinar cómo los esfuerzos de mitigación (por ejemplo, ciudades sostenibles, cambios en los sistemas alimentarios y de transporte) podrían afectar la salud mental.

3.9 Salud respiratoria

3.9.1 ¿Cómo aumenta el cambio climático el riesgo de enfermedades respiratorias?

Materia particulada y ozono

La combustión de combustibles fósiles da como resultado contaminantes del aire y emisiones de GEI, ambos contribuyen a la carga de salud pública de la contaminación del aire (Kinney 2018; Orru *et al.*, 2017) (ver Sección 3.3). La materia particulada fina incluye contaminantes inhalables que no son CO₂, que se forman por la combustión de combustibles

fósiles y otras reacciones químicas. El ozono, otro contaminante que puede resultar de la combustión de combustibles fósiles, se produce por reacciones entre la luz solar y otros contaminantes del aire, y a nivel del suelo contribuye al smog y la irritación respiratoria (Fann *et al.*, 2016). El cambio climático puede aumentar estos tipos de contaminación del aire al acelerar las reacciones químicas que conducen a la formación de contaminantes, incluida la formación de ozono, que tiene importantes impactos en la salud (Kinney 2018). El cambio climático también puede aumentar la demanda de energía (por ejemplo, mediante el uso de aire acondicionado durante las olas de calor), aumentando aún más las emisiones de GEI y contaminantes del aire (Abel *et al.*, 2017, 2018). Se espera que los impactos de los contaminantes del aire se vean exacerbados por el cambio climático dada la naturaleza sensible al clima de sus vías de formación y exposición. Por ejemplo, las temperaturas más altas pueden aumentar la formación y los efectos de contaminantes como el ozono, y los patrones climáticos cambiantes pueden alterar la distribución de partículas finas por el viento y pueden conducir a un mayor estancamiento del ozono troposférico (Fann *et al.*, 2016).

No hay duda de que la contaminación del aire asociada con la quema de combustibles fósiles provoca un gran número de muertes prematuras cada año, aunque existe una incertidumbre considerable sobre el número exacto de muertes a nivel mundial (Lelieveld *et al.*, 2019a; McDuffie *et al.*, 2021; Vohra *et al.*, 2021). La combustión del carbón es una de las principales causas de la contaminación del aire, representa una gran cantidad de muertes prematuras en todo el mundo atribuibles a la exposición de materia particulada en 2018 (Watts *et al.*, 2021). Un estudio de varias ciudades en América Latina encontró un mayor riesgo de mortalidad a medida que aumentaban las concentraciones ambientales de materia particulada y ozono (Romieu *et al.*, 2012). A pesar de las mejoras anticipadas en los estándares de calidad del aire y la reducción del uso de combustibles fósiles, se prevé que la mortalidad general relacionada con el ozono aumente en América del Norte debido a condiciones climáticas más favorables para la formación de ozono aumente en América del Norte debido a condiciones climáticas más favorables para la formación de ozono (Fann *et al.*, 2016; Smith *et al.*, 2014; U.S. Energy Information Administration 2021). Solo en los Estados Unidos, algunas proyecciones estiman miles de muertes, enfermedades respiratorias e ingresos hospitalarios relacionados con el ozono atribuibles al cambio climático anualmente para 2030 (Cheng *et al.*, 2008; Fann *et al.*, 2016; Kinney 2018; Orru *et al.*, 2017). Sin embargo, los impactos en la salud resultantes de la materia particulada atribuible al cambio climático son menos seguros que los efectos en la salud del aumento de la exposición al ozono

(Cheng *et al.*, 2008; Fann *et al.*, 2016; Kinney 2018; Orru *et al.*, 2017). Es importante destacar que el cambio climático, la contaminación del aire y los resultados de la salud respiratoria pueden interactuar a través de varias vías que podrían exacerbar las disparidades para las poblaciones vulnerables, incluidos los niños, los ancianos y las personas que experimentan condiciones socioeconómicas bajas. Con el cambio climático, más personas buscarán refrescarse en el interior. Las poblaciones de altos ingresos pueden tener acceso a aire acondicionado y filtración, mientras que aquellas en condiciones socioeconómicas más bajas pueden tener que depender de abrir las ventanas, aumentando así su exposición a la contaminación del aire exterior. Aquellos con aire acondicionado, pero sin filtración de aire pueden tener una mayor exposición a los contaminantes del aire en el interior, ya que cerrar las ventanas puede estar expuesto a concentraciones más altas de contaminantes, ya que cerrar las ventanas permitirá que se acumulen. Además, la dependencia del aire acondicionado para la refrigeración aumentará la demanda de electricidad, lo que aumentará las emisiones y la contaminación del aire (Fann *et al.*, 2016; Watts *et al.*, 2021).

El cambio climático también está aumentando la frecuencia, la intensidad y la distribución de los incendios forestales, y el humo de los incendios forestales contiene materia particulada que afecta la salud respiratoria en las Américas (Estudio de Caso 11). Los incendios forestales que ocurren en el arco de deforestación en el sur y oeste de la Amazonía brasileña exponen episódicamente a aproximadamente 10 millones de personas al humo, con importantes impactos en la salud y costos para los sistemas de salud pública (de Oliveira Alves *et al.*, 2017; Ignotti *et al.*, 2010; Machin *et al.*, 2019).

Quedan brechas importantes en la investigación con implicaciones para los responsables de la toma de decisiones. Muchos estudios en los Estados Unidos han examinado una amplia gama de impactos en la salud relacionados con la exposición a la contaminación del aire (Beelen *et al.*, 2014; Landrigan *et al.*, 2018) o cambios de temperatura (Abrahamson *et al.*, 2009; Åström *et al.*, 2013; Reid *et al.*, al. 2012; Xu *et al.*, 2014), pero pocos han investigado los efectos combinados y/o sinérgicos (Cheng *et al.*, 2008; Kinney 2018; Orru *et al.*, 2017). Hay aún menos estudios que se centren en las proyecciones para los países de América Central y del Sur (Smith *et al.*, 2014). Los efectos regionales deben ser una consideración crítica en la investigación de la contaminación del aire, ya que las causas y los efectos pueden ser específicos de la ubicación (por ejemplo, incendios forestales relacionados con la sequía en Brasil y partes de Canadá) (estudio de caso 11) (Dang y Unger 2015; Menezes *et al.*, 2018; Sotto *et al.*, 2019). Por ejemplo, en América del Sur, la contaminación del aire a favor

del viento de los incendios forestales a veces es más alta que la contaminación del aire observada en los grandes centros urbanos, y ha resultado en un aumento de los ingresos hospitalarios por problemas respiratorios, principalmente entre niños y ancianos (Aragão *et al.*, 2016; de Oliveira; Alves *et al.*, 2017; Paralovo *et al.*, 2019). Además, aunque un creciente cuerpo de literatura examina los impactos en la salud relacionados con el ozono y las proyecciones bajo el cambio climático, existe menos certeza y comprensión acerca de los impactos climáticos en la contaminación por materia particulada. Por ejemplo, la combustión de combustibles sólidos domésticos y el sector del transporte son fuentes importantes de carbono negro, que es un componente de PM2.5 y un potente contaminante climático de vida corta, lo que destaca la necesidad de investigación adicional para evaluar acciones integradas para abordar múltiples formas de la contaminación, incluyendo el carbono negro. Estos problemas se ven agravados por la falta de un monitoreo confiable y extenso de la calidad del aire y la supervisión limitada de las acciones climáticas locales en muchos países de América Central y del Sur (Riojas-Rodríguez *et al.*, 2016; Sotto *et al.*, 2019). La evaluación de los esfuerzos de descarbonización existentes en la región también será fundamental (AMS 2020; Coronel Carbo y Marzo Páez 2017; Crawford-Brown *et al.*, 2012).

Aeroalérgenos

El cambio climático afectará la distribución, la gravedad y los efectos de los aeroalérgenos, incluidas las esporas de hongos y el polen de las plantas, que contribuyen a una gran carga global de alergias. La producción y liberación de aeroalérgenos son sensibles a las condiciones ambientales, incluidas la temperatura, la precipitación, la humedad, el viento y las concentraciones atmosféricas de CO₂ (Beggs 2004; Fann *et al.*, 2016; Sierra-Heredia *et al.*, 2018; Smith *et al.*, 2014). Por lo tanto, el calentamiento climático puede contribuir a una mayor producción de polen y una temporada de polen más larga en algunas regiones, como se ha visto durante varias décadas con el polen de ambrosía en toda América del Norte, particularmente en latitudes más altas (Ziska *et al.* 2011). También se espera que los aumentos proyectados en las concentraciones atmosféricas de CO₂ favorezcan una mayor producción de polen, aunque los impactos del CO₂ en las esporas de hongos son menos conocidos (Albertine *et al.*, 2014; Beggs 2004; Cecchi *et al.*, 2010).

Los impactos en la salud de los aeroalérgenos incluyen asma, rinitis, dermatitis y conjuntivitis. Las esporas y el polen también pueden exacerbar afecciones respiratorias preexistentes, como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, y los niveles de carga alérgica pueden aumentar con la exposición a contaminantes del aire (Fann *et al.*, 2016; Sierra-

Heredia *et al.*, 2018; Smith *et al.*, 2014). Los estudios han demostrado asociaciones entre el aumento de las concentraciones de polen y llamadas de ambulancia y visitas al hospital más frecuentes relacionadas con alergias (Breton *et al.*, 2006; Héguy *et al.*, 2008; Sapkota *et al.*, 2020). Sin embargo, hay una escasez de investigaciones que proyecten futuros impactos en la salud relacionados con los cambios de aeroalérgenos, particularmente para América Central y del Sur, lo que enfatiza la necesidad de investigaciones adicionales para comprender estos resultados de salud sensibles al clima.

3.9.2 ¿Qué opciones de adaptación y mitigación existen para reducir los riesgos para la salud respiratoria?

Las tendencias futuras en energía y emisiones de carbono actualmente dependen en gran medida de las trayectorias económicas después de la recuperación de la pandemia de COVID-19, y es posible que se necesite una acción política deliberada para guiar la recuperación económica para garantizar que continúen las reducciones de emisiones (IEA 2020, por sus siglas en inglés, Agencia Internacional de Energía). El control de la contaminación del aire, tanto a través de esfuerzos de mitigación como a través de políticas de cambio climático, jugará un papel importante en la reducción proyectada de la mortalidad y morbilidad relacionadas con la contaminación del aire (Bell *et al.*, 2006; Cifuentes *et al.*, 2001; Crawford-Brown *et al.*, 2012; Landrigan *et al.*, 2018; Lelieveld *et al.*, 2019a). Varias recomendaciones de políticas se centran en la mitigación a través de inversiones en energía renovable, la promoción de viajes activos y aire limpio que beneficiará la salud a través de múltiples vías (AMS 2020; Crawford-Brown *et al.*, 2012; Haines *et al.*, 2007; Watts *et al.*, 2019a). Los co-beneficios directos e indirectos (es decir, beneficios dobles e incluso beneficios triples) también deben tenerse en cuenta al evaluar los costos y beneficios de dichas políticas (Crawford-Brown *et al.*, 2012; EEA 2020; Nemet *et al.*, 2010; Portugal-Pereira *et al.*, al. 2018). Se deben implementar programas de monitoreo y epidemiología de la contaminación del aire específicos de la región para evaluar los impactos en la salud y el medio ambiente de las políticas de mitigación. El desarrollo y la expansión de estrategias de adaptación, como los índices locales de calidad del aire y la mejora de la gestión de la calidad del aire interior, también serán importantes dados los aumentos previstos en los contaminantes del aire.

Las políticas de cambio climático y las estrategias de gestión de la contaminación del aire pueden no estar siempre alineadas (Crawford-Brown *et al.*, 2012). Por ejemplo, las medidas de control de la contaminación del aire pueden aumentar las temperaturas al eliminar los aerosoles de sulfato refrigerante de la atmósfera (Lelieveld *et al.*, 2019a).

Esto destaca tanto la importancia de reducir la contaminación del aire a través de acciones de mitigación del cambio climático como la necesidad de considerar los impactos climáticos en la planificación del control de la contaminación del aire. Con objetivos y prioridades cuidadosamente diseñados, tanto el control de la contaminación del aire como las políticas de cambio climático pueden desempeñar un papel importante en la reducción de la mortalidad y morbilidad relacionadas con la contaminación del aire proyectadas debido al cambio climático (Bell *et al.*, 2006; Cifuentes *et al.*, 2001; Crawford-Brown *et al.*, 2012; Dang y Unger, 2015; Landrigan *et al.*, 2018).

4 ¿Cuáles son las opciones generales de respuesta de adaptación y mitigación?

Dado el rango, la magnitud y el ritmo de los impactos actuales del cambio climático, junto con los mayores riesgos futuros, tanto la adaptación al cambio climático como las estrategias de mitigación son fundamentales para proteger la salud pública. Mientras que en el Capítulo 3 examinamos algunas opciones de adaptación específicas para cada categoría de resultados de salud, aquí sintetizamos las opciones generales de mitigación y adaptación, con un enfoque en aquellas estrategias que abarcan sectores, resultados de salud y geografías. Los estudios de casos se incorporan a lo largo del capítulo para proporcionar un contexto local y/o regional y para resaltar ejemplos detallados de los impactos del clima y la salud y las estrategias de respuesta en las Américas.

4.1 Estrategias de adaptación, políticas y programas

El cambio climático ya está afectando la salud de la población y la infraestructura de atención médica, lo que requiere políticas y medidas de adaptación para aumentar la resiliencia de las personas, las comunidades y los sistemas de salud. La adaptación es "el proceso de ajuste al clima actual o esperado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación busca moderar el daño o explotar las oportunidades beneficiosas" (IPCC 2014a).

Los riesgos de un clima cambiante surgen de la intersección de los peligros creados directa e indirectamente por el cambio climático, las poblaciones y regiones expuestas a estos peligros, su vulnerabilidad a la exposición y las capacidades de las comunidades, los sistemas de salud y la infraestructura de atención médica para comprender y prepararse para los cambios en la magnitud y el patrón de los resultados de salud sensibles al clima. Las vulnerabilidades al cambio climático están determinadas por complejos factores espaciales, sociales, políticos y económicos. Por lo tanto, se necesita una gestión de riesgos iterativa para gestionar los riesgos para la salud del cambio climático, a través de la cual las políticas de adaptación efectivas aborden las desigualdades e injusticias subyacentes que crean vulnerabilidades diferenciales (Eriksen *et al.*, 2011).

Las estrategias, políticas y programas de adaptación tienen como objetivo construir sistemas de salud y atención médica resistentes al clima y ambientalmente sostenibles (OMS 2020b). La Figura 4.1 ilustra cómo las conmociones y las tensiones asociadas con el cambio climático pueden afectar la capacidad y la resiliencia de los sistemas y los establecimientos de salud, y cómo la adaptación y la gestión del riesgo de desastres pueden afectar la preparación, la respuesta y la recuperación (OMS 2020b).

HEALTHCARE SYSTEM CAPACITY AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE IN THE AMERICAS

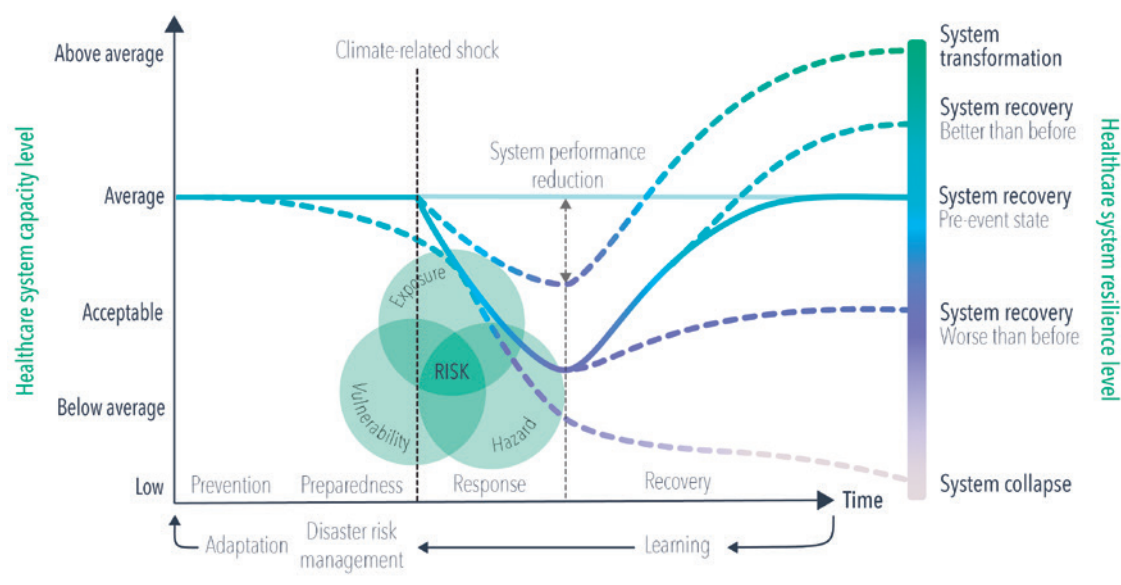


Figura 4.1 Escenarios de recuperación de los sistemas de salud después de shocks climáticos, que están influenciados por acciones de prevención, preparación, respuesta y recuperación, así como por ciclos de aprendizaje y medidas de adaptación (adaptado de OMS 2020b).

Mejorar la educación salud-clima también será fundamental para desarrollar e implementar estrategias de adaptación efectivas (Estudio de Caso 13).

Para generar resiliencia, los enfoques de adaptación deben abordar los componentes básicos de los sistemas de salud y atención médica: (i) liderazgo y gobernanza; (ii) el personal sanitario; (iii) sistemas de información en salud, incluyendo evaluaciones de vulnerabilidad, capacidad y adaptación, monitoreo integrado de riesgos y sistemas de alerta y respuesta temprana; (iv) la prestación de servicios, incluyendo políticas y programas de salud basados en el clima y la gestión de los determinantes ambientales de la salud; (v) la disponibilidad y accesibilidad de los servicios sociales complementarios; (v) tecnologías e infraestructura sostenibles y resistentes al clima; y (vii) financiación e inversión (OMS 2020b).

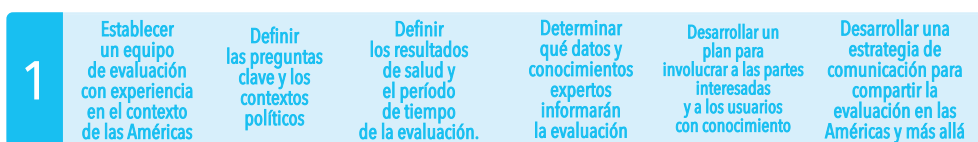
4.1.1 Políticas para el manejo de los riesgos del cambio climático en la salud

Las evaluaciones de vulnerabilidad, capacidad y adaptación (V&A) son críticas para establecer una base de conocimiento de los riesgos para la salud actuales y proyectados, identificar poblaciones y regiones particularmente vulnerables y detallar la capacidad de los sistemas y las comunidades para prepararse y gestionar los cambios en la magnitud y el patrón de los riesgos. Estas evaluaciones a menudo construyen alianzas dentro del sector de la salud para

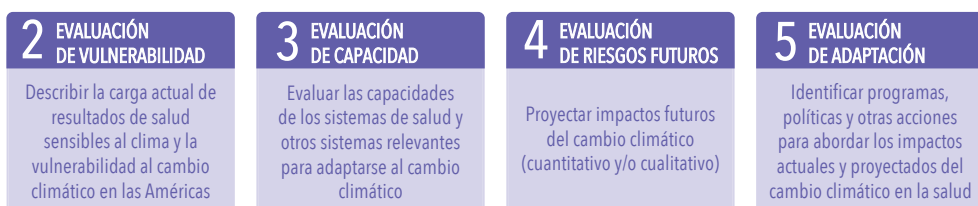
garantizar que el cambio climático se integre en las políticas y programas actuales, así como alianzas en todo el mundo en sectores no relacionados con la salud que facilitan la colaboración en herramientas de adaptación, como los sistemas de alerta temprana. Estas evaluaciones suelen identificar y priorizar una variedad de estrategias, políticas y programas de adaptación a corto y largo plazo (Berry *et al.*, 2018). Muchos países siguen las pautas de la Organización Mundial de la Salud para realizar dichas evaluaciones (OMS 2013, 2021) (Figura 4.2). Los países de las Américas con evaluaciones V&A nacionales incluyen a Antigua y Barbuda, Barbados, Bolivia, Brasil, Canadá, Costa Rica, Dominica, Granada, México, Panamá, Santa Lucía y Estados Unidos (Berry *et al.*, 2018). Se han desarrollado pautas específicas para regiones en Canadá (por ejemplo, Ontario) (Berry *et al.*, 2018) y los Estados Unidos (por ejemplo, CDC Building Resilience for Climate Effects (BRACE; <https://www.cdc.gov/climateandhealth/BRACE.htm>)), y también se están preparando directrices para los PEID en el Caribe (Scheske *et al.*, 2018).

Las evaluaciones subnacionales son útiles en países grandes donde los impactos del cambio climático en la salud son diversos y pueden variar significativamente entre regiones (Berry *et al.*, 2018). Una evaluación de V&A es un elemento central que apoya el desarrollo del componente de salud de un plan nacional de adaptación (HNAP, por sus siglas en inglés) (OMS 2014c). Un HNAP se basa en los esfuerzos nacionales existentes para la adaptación de la salud al cambio

PLANIFICACIÓN de la evaluación



REALIZACIÓN de la evaluación



SÍNTESIS de la evaluación

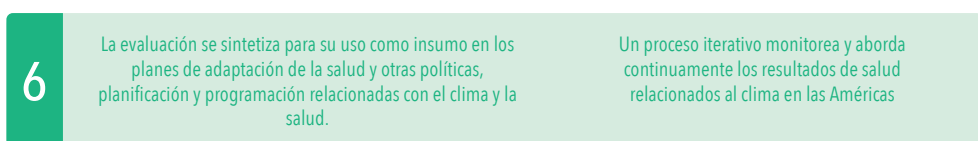


Figura 4.2 Pasos para realizar una evaluación de vulnerabilidad y adaptación (V&A) al cambio climático y la salud (adaptado de OMS 2021).

Cuadro 4.1 Ejemplos que demuestran la gama de opciones de adaptación que están disponibles para gestionar los resultados de salud sensibles al clima (Smith *et al.*, 2014)

Riesgo para la salud sensible al clima	Ejemplos de opciones de adaptación
Morbilidad y mortalidad relacionadas con el calor	Educación para aumentar la conciencia sobre los peligros de la temperatura ambiente alta; planes de acción contra el calor, incluyendo planes de respuesta y alerta temprana de olas de calor y la planificación a más largo plazo; modificaciones del entorno construido para hacer frente a temperaturas más altas y olas de calor más frecuentes con el cambio climático progresivo
Lesiones, enfermedades y muertes por fenómenos meteorológicos y climáticos extremos	Incorporar explícitamente la salud en los planes de gestión del riesgo de desastres; pruebas de estrés de los planes de respuesta a desastres para garantizar la eficacia en un futuro más cálido; sistemas de alerta temprana y respuesta; incorporar los impactos en la salud mental en la gestión del riesgo de desastres
Enfermedades y muertes asociadas con la mala calidad del aire	Sistemas de alerta temprana y respuesta; educación para aumentar la conciencia sobre los peligros del ozono, los aeroalérgenos y el humo de los incendios forestales
Enfermedades infecciosas	Manejo integrado de vectores; vigilancia integrada de enfermedades; sistemas de alerta temprana y respuesta; mejores sistemas de agua, saneamiento e higiene
Desnutrición	Sistemas integrados de vigilancia y seguimiento; sistemas de alerta temprana y respuesta; mejores sistemas de agua, saneamiento e higiene

Ejemplos de opciones de adaptación de la salud

Priorizar las opciones de adaptación en cualquier lugar requiere una comprensión de la magnitud y el patrón de los riesgos actuales y proyectados, las vulnerabilidades de las poblaciones y la infraestructura a estos riesgos, la efectividad de las políticas y programas para gestionar estos riesgos, y las fortalezas y desafíos que son exclusivos de las comunidades y los sistemas de salud. La *Tabla 4.1* ilustra la gama de opciones de adaptación que pueden ser efectivas en la gestión de resultados de salud sensibles al clima (Smith *et al.*, 2014).

4.1.2 Indicadores para evaluar la adaptación de la salud

El seguimiento y la evaluación del progreso de la adaptación al cambio climático serán cada vez más críticos. Lo que constituye una adaptación exitosa variará con el tiempo con los cambios en la vulnerabilidad y las exposiciones relacionadas con el clima, y es posible que las estrategias de adaptación implementadas hoy no muestren efectividad durante varios años. En consecuencia, Lancet Countdown estableció una colaboración internacional para proporcionar un sistema de monitoreo global independiente dedicado al seguimiento de cuatro grupos de indicadores de adaptación, planificación y resiliencia para un perfil de salud de un clima cambiante (Watts *et al.*, 2017):

1. Planificación y evaluación de la adaptación
 - a. Planes nacionales de adaptación para la salud
 - b. Evaluaciones nacionales de los impactos, vulnerabilidades y adaptaciones del cambio climático para la salud
 - c. Evaluaciones de riesgo de cambio climático a nivel ciudad

2. Servicios de información climática para la salud
3. Entrega e implementación de la adaptación
 - a. Detección, preparación y respuesta a emergencias sanitarias
 - b. Aire acondicionado
 - c. Espacio verde urbano
4. Gastos en adaptación de la salud y actividades relacionadas con la salud

Dos de los indicadores sobre adaptación y planificación se extraen de la Encuesta de Salud y Cambio Climático de la Organización Mundial de la Salud. Esta es una encuesta nacional voluntaria completada por los puntos focales del Ministerio de Salud. En 2021, 47 (52 %) de los 91 países que participaron en la encuesta informaron que tenían estrategias o planes nacionales de salud y cambio climático (Romanello *et al.*, 2021). Los principales hallazgos de la encuesta son relevantes para todas las regiones: (i) la planificación nacional sobre salud y cambio climático avanza, pero es necesario fortalecer la integralidad de las estrategias y los planes; (ii) la implementación de acciones sobre prioridades clave de salud y cambio climático sigue siendo un desafío; (iii) los resultados de las evaluaciones de vulnerabilidad y adaptación están influyendo en la priorización de políticas; y (iv) la colaboración multisectorial en políticas de salud y cambio climático es evidente, con avances desiguales (Watts *et al.*, 2021).

El tercer indicador sobre adaptación y planificación se deriva de la plataforma de informes Carbon Disclosure Project (<https://www.cdp.net/en/climate>), que se estableció para ayudar a inversores, empresas, ciudades, estados y regiones con la gestión de sus impactos ambientales. A julio de 2021, 36 de 859 medidas de adaptación subnacionales reportadas al Carbon Disclosure Project (CDP) en los Estados Unidos

(4%), 13 de 250 medidas en Canadá (5%) y 3 de 131 en México (7%) se enfocaron en la salud y seguridad pública (<https://data.cdp.net/d/feaz9v5k/visualization>). Estos hallazgos son consistentes con los datos que muestran un financiamiento climático muy limitado para la adaptación al cambio climático relacionado con la salud, y un financiamiento de investigación igualmente limitado en ciencias biomédicas para el cambio climático y la salud (PNUMA 2018). La base de evidencia para estrategias de adaptación efectivas para proteger la salud pública en países de bajos y medianos ingresos es particularmente inadecuada. Una revisión sistemática reciente identificó 99 estudios (1117 resultados informados) de 66 países de ingresos bajos y medianos, y solo dos estudios fueron evaluaciones formales ex ante de las respuestas de adaptación al cambio climático (Scheelbeek *et al.* 2021). Esta brecha en la base de evidencia refleja una brecha de conocimiento más amplia sobre adaptación en la literatura. Una revisión global de la investigación sobre adaptaciones climáticas y de salud implementadas encontró que pocos estudios han evaluado la efectividad de las acciones de adaptación (Berrang-Ford *et al.*, 2019, 2021a). Si bien las evaluaciones de la adaptación a menudo se basan en indicadores de los procesos de políticas de adaptación, la evaluación de la eficacia de estos procesos también requiere marcos de atribución de políticas para evaluar los resultados de la reducción del riesgo y la vulnerabilidad. Nuestra comprensión de si las adaptaciones están reduciendo los riesgos y vulnerabilidades clave del cambio climático, o cómo lo están haciendo, se beneficiaría de un mayor desarrollo, y destaca la necesidad de un monitoreo y una evaluación más sólidos de las políticas, programas y proyectos de adaptación.

Las opciones de adaptación deben ser diseñadas e implementadas conjuntamente por los sistemas de salud, las poblaciones vulnerables y otros sectores para incorporar de manera efectiva las vulnerabilidades, prioridades y fortalezas locales. Esto significa que los detalles de una opción de adaptación, como los sistemas de respuesta y alerta temprana o las mejoras a la infraestructura de agua, saneamiento e higiene, variarán de un lugar a otro. Por ejemplo, se seleccionaron indicadores de los riesgos para la salud y la capacidad de respuesta al cambio climático en Nunavut, Canadá, teniendo en cuenta la atmósfera, los hábitats y las personas del territorio (Healey Akearok *et al.* 2019). Individuos de múltiples sectores participaron en un proceso de construcción de consenso, identificando 20 indicadores de salud ambiental, morbilidad y mortalidad, vulnerabilidad de la población y mitigación, adaptación y políticas. Se determinó que el indicador de mayor prioridad era la seguridad alimentaria, incluido el acceso a los alimentos y la escasez de alimentos relacionada con el clima. Otros indicadores prioritarios incluyeron la salud mental,

específicamente en términos de la incidencia de depresión y ansiedad relacionada con el cambio climático, así como la cantidad de sistemas de vigilancia de la salud relacionados con el cambio climático, la cantidad de lesiones y muertes relacionadas con eventos climáticos extremos y el hielo marino, la inestabilidad, el número de sistemas de alerta temprana de olas de calor, los casos humanos de enfermedades infecciosas ambientales como la enfermedad de Lyme, la vulnerabilidad de las personas mayores que viven solas y otros grupos de población susceptibles a los impactos del cambio climático, el tamaño de la fuerza laboral de salud pública disponible y capacitada en los efectos del cambio climático, indicadores de seguridad hídrica y calidad del aire, y la presencia de floraciones de algas nocivas e intoxicaciones por mariscos. Todavía existen desafíos cuando se trata de identificar indicadores que reflejen efectivamente la métrica prevista, pero el desarrollo y la medición de indicadores apropiados pueden mejorarse a medida que se recopilan datos adicionales con el tiempo. Además, es importante que los gobiernos proporcionen los recursos y el apoyo necesarios para identificar, implementar y mantener el monitoreo continuo de estas métricas y respuestas.

4.1.3 Coordinar la adaptación de la sanidad en todas las escalas y sectores

La adaptación a los impactos del cambio climático en la salud requerirá esfuerzos coordinados entre el sector de la salud y otros sectores como el del agua y el saneamiento, la producción de alimentos, el transporte, la vivienda, la educación y la planificación del uso del suelo. El diseño de políticas de adaptación coherentes basadas en la colaboración intersectorial para maximizar las sinergias entre los diferentes objetivos políticos y minimizar las compensaciones o los conflictos se considera generalmente una condición esencial para lograr una reducción exitosa del riesgo y la vulnerabilidad (Austin *et al.* 2016). Los planes de adaptación nacionales y regionales pueden contar con el apoyo de grupos de trabajo intersectoriales y multiescalares que aporten una perspectiva sanitaria a la planificación de la adaptación en sectores relacionados y en diferentes niveles de gobierno.

4.1.4 Límites de la adaptación

La naturaleza cambiante de los riesgos climáticos significa que las adaptaciones actualmente efectivas pueden volverse inadecuadas a mediano y largo plazo. Una preocupación importante es que las adaptaciones diseñadas sin prestar suficiente atención a la equidad y las necesidades de los más vulnerables en realidad pueden aumentar los riesgos o trasladarlos a ciertos grupos (Juhola *et al.* 2016). Una pregunta clave de la

investigación es determinar si hay situaciones en las que los sistemas de salud ya no podrán evitar riesgos intolerables incluso con estrategias de adaptación implementadas. Estos límites a la adaptación pueden resultar del cambio climático y/o factores fisiológicos, institucionales, tecnológicos, conductuales o económicos. Por ejemplo, los hospitales y otras instalaciones de salud construidas sobre permafrost o en llanuras aluviales enfrentan límites de adaptación a medida que los peligros asociados a estos lugares aumentan con el cambio climático. Más del 5% de los establecimientos de salud canadienses están ubicados en llanuras aluviales (Clark *et al.* 2021); en consecuencia, estas instalaciones tienen una capacidad reducida para responder y brindar servicios de salud a las personas lesionadas o afectadas de otra manera durante una inundación.

Los límites de la adaptación dependerán tanto de la velocidad como de la magnitud de los aumentos de temperatura. Si las temperaturas globales solo alcanzan 2 °C por encima de las temperaturas preindustriales para 2100, entonces los sistemas de salud y las infraestructuras críticas tienen tiempo para prepararse para las consecuencias; sin embargo, los aumentos globales superiores a 2 °C plantearán desafíos de adaptación mucho más importantes. Se necesita investigación para comprender mejor el rango de posibles escenarios climáticos y de adaptación futuros para informar políticas y programas y aumentar la resiliencia en un futuro incierto.

A medida que los patrones de temperatura y precipitación continúan cambiando, se podrían cruzar numerosos umbrales importantes; por ejemplo, el aumento de las precipitaciones podría dar lugar a aumentos significativos en el rango geográfico de los vectores portadores de enfermedades infecciosas sensibles al clima. De manera similar, los trabajadores al aire libre son particularmente vulnerables a los aumentos de la temperatura global, especialmente donde ya trabajan en los límites de la tolerancia térmica durante parte del año (Smith *et al.* 2014). Varios países de América Latina podrían experimentar condiciones de calor extremo que excedan el umbral de un trabajo físico moderado seguro durante el mes más caluroso del año si el aumento de la temperatura global promedio supera los 2 °C. Es probable que esto aumente la pobreza y las desigualdades en salud y riqueza, ya que aquellos en circunstancias socioeconómicas limitadas pueden verse obligados a aceptar condiciones de trabajo inseguras y mal pagas, lo que daña aún más su salud y recursos materiales (Andrews *et al.* 2018). Además, tales aumentos podrían tener un impacto negativo en las prácticas agrícolas al reducir los rendimientos de los cultivos y la mano de obra agrícola disponible, lo que podría tener efectos perjudiciales tanto en la disponibilidad como en la calidad de los alimentos (Smith *et al.* 2014).

Ebi *et al.*, (2021a) aplicaron un enfoque de síntesis utilizado en los informes de evaluación del IPCC para los resultados de salud para ilustrar cómo se prevé que cambien los riesgos para la salud con nuevos aumentos de temperatura en tres escenarios de adaptación (Figura 4.3). Los riesgos para la salud ilustrados en la figura son la morbilidad y la mortalidad relacionadas al calor; mortalidad relacionada al ozono; tasas de incidencia de la malaria; tasas de incidencia del dengue y otras enfermedades transmitidas por mosquitos *Aedes spp.*; Enfermedad de Lyme; y fiebre del Nilo Occidental. La adaptación puede reducir la magnitud de los riesgos a medida que continúan aumentando con el cambio climático. Las transiciones de riesgos detectables y atribuibles a riesgos graves y generalizados relacionados con el calor podrían manifestarse incluso con un calentamiento de menos de 1,5 °C por encima de las temperaturas preindustriales y continuarán desarrollándose a niveles de calentamiento de hasta aproximadamente 2,5 °C, según el grado de calentamiento cuya adaptación es proactiva, oportuna y eficaz. El escenario de adaptación de la Vía Socioeconómica Compartida SSP1 (por sus siglas en inglés), que enfatiza la cooperación internacional para lograr el desarrollo sostenible, tiene el mayor potencial para evitar aumentos significativos en los riesgos en todos los escenarios, excepto en los de mayor calentamiento. El escenario de adaptación SSP2 asume que las tendencias actuales de adaptación continúan, con desafíos medios para la adaptación y la mitigación. Finalmente, el escenario SSP3 describe un mundo con un alto nivel de desafíos para la adaptación y la mitigación (Ebi *et al.*, 2021a).

La figura 4.3 proporciona información sobre los posibles límites de la adaptación. Por ejemplo, el calentamiento adicional puede conducir a la expansión o cambios en el área de distribución norte de las especies de garrapatas que transportan enfermedades transmitidas por vectores, como la enfermedad de Lyme y la encefalitis, que, combinadas con sistemas de salud sobrecargados o poco preparados, podrían hacer que las comunidades de ciertas regiones se vean abrumadas por brotes de enfermedades (Smith *et al.*, 2014).

Un reto clave para los responsables de la toma de decisiones es que la investigación sobre la adaptación de la salud de adaptación de la salud tiende a organizarse por de la salud, pero los sistemas de salud y las comunidades de salud tendrán que gestionar múltiples riesgos sanitarios simultáneamente. El reto de gestionar múltiples riesgos es cada vez más cuando los riesgos se agravan y se producen en cascada, como las olas de calor y la sequía simultáneas o inundaciones repetidas. Este reto pone de manifiesto la importancia de reforzar tanto la capacidad de respuesta y la capacidad de reacción de los sistemas de salud. Por ello, Por lo tanto, es necesario seguir investigando para medidas de adaptación sanitaria eficaces y viables que

que se dirijan a múltiples riesgos simultáneos, así como estrategias apropiadas en los casos en los que es probable que se produzcan riesgos en cascada.

Un reto clave para los responsables de la toma de decisiones es que la investigación sobre la adaptación de la salud de adaptación de la salud tiende a organizarse por de la salud, pero los sistemas de salud y las comunidades de salud tendrán que gestionar múltiples riesgos sanitarios simultáneamente. El reto de gestionar múltiples riesgos es cada vez más cuando los riesgos se agravan y se producen en cascada, como las olas de calor y la sequía simultáneas o inundaciones repetidas. Este reto pone de manifiesto la importancia de reforzar tanto la capacidad de respuesta y la capacidad de reacción de los sistemas de salud. Por lo tanto, es necesario seguir investigando para medidas de adaptación sanitaria eficaces y viables que

4.1.5 Pasos críticos a seguir para la adaptación

Como se destaca en este capítulo, existen necesidades muy significativas de investigación e implementación de adaptaciones de salud en las Américas. Existe una brecha de adaptación significativa, dado que los montos de financiamiento recientes y actuales están muy por debajo de los niveles estimados necesarios para minimizar los resultados negativos para la salud (por ejemplo, PNUMA 2018). A menos que se fortalezcan considerablemente las inversiones en adaptación, la carga de los resultados de salud sensibles al clima seguirá aumentando con el cambio climático. La adaptación se está convirtiendo en una prioridad política cada vez mayor para muchos países de las Américas y, en consecuencia, los gobiernos pueden utilizar más plenamente las políticas y estrategias disponibles para reducir las vulnerabilidades y los riesgos.

4.2 Opciones de mitigación

4.2.1 Beneficios colaterales de la salud

Incluso si se toman medidas drásticas e inmediatas para cumplir con los objetivos de emisiones actuales, es probable que el calentamiento global supere o "sobrepase" los 1,5 °C. Esto dará como resultado años, si no décadas, de temperaturas globales más altas antes de que los esfuerzos de respuesta puedan estabilizar las temperaturas en el nivel de 1,5 °C (IPCC 2021). Existen beneficios claros para cumplir con los objetivos de emisiones establecidos en el Acuerdo de París, especialmente en términos de reducción de riesgos para la salud en las próximas décadas (consulte el Capítulo 3 y el Estudio de caso 14); sin embargo, las personas a cargo de tomar decisiones a menudo trabajan dentro de horizontes de tiempo más cortos y, por lo tanto, puede

ser útil reconocer los beneficios a más corto plazo de la acción contra el cambio climático (Figura 4.4). De hecho, los beneficios para la salud a corto plazo (beneficios colaterales) de la reducción de emisiones en todos los sectores pueden proporcionar fundamentos importantes para las respuestas climáticas y pueden compensar sustancialmente los costos para que las personas a cargo de tomar decisiones tomen medidas climáticas más agresivas e inmediatas (Chang *et al.* 2017; Haines 2017; Haines *et al.* 2009). Por ejemplo, en los Estados Unidos, donde los niveles de contaminación del aire son relativamente más bajos que en muchos otros países, las políticas de emisiones para limitar el calentamiento a 2 °C podrían evitar 175.000 muertes prematuras para 2030 y 22.000 muertes adicionales al año a partir de entonces (Shindell *et al.* 2016). En México, las políticas de mitigación del cambio climático que reducen el ozono y el material particulado podrían reducir la mortalidad en 3000 muertes por año (Crawford-Brown *et al.* 2012). Usando ejemplos de estudios de casos, describimos aún más los beneficios colaterales de la reducción de la contaminación del aire, el aumento de la actividad física y los cambios en la dieta, que son los beneficios colaterales más estudiados hasta la fecha. Además, se prevé que estas acciones climáticas generen algunas de las mayores reducciones en los resultados de salud sensibles al clima en comparación con otras posibles respuestas climáticas, aunque se necesitarán múltiples estrategias y las estrategias más apropiadas variarán según el momento y el lugar (Milner *et al.* 2020).

La eliminación del carbón tiene beneficios colaterales para el medio ambiente y la salud humana

La generación de energía a base de carbón sigue siendo una de las mayores fuentes de emisiones de GEI y otros contaminantes del aire a nivel mundial (Oberschelp *et al.* 2019). Por lo tanto, será esencial abordar el tema de la energía a base de carbón para cumplir con los objetivos globales de reducción de emisiones. Para alinearse con los objetivos del Acuerdo de París, se debe lograr la eliminación casi total de las centrales eléctricas de carbón, en combinación con los esfuerzos de secuestro de carbono, para 2050 (IPCC 2018; Sampedro *et al.* 2021).

Aunque es necesario para reducir las emisiones globales de GEI, la eliminación gradual del carbón también tendrá inmensos beneficios adicionales debido a las implicaciones ambientales negativas de cada etapa del continuo del carbón. La minería del carbón requiere el uso de maquinaria pesada que funciona con diésel; y en el caso de la minería de carbón a cielo abierto, la tala de bosques y el uso de grandes cantidades de explosivos son comunes, lo que degrada el medio ambiente y contribuye a la contaminación del aire

Estudio de caso 13 Educación sobre salud y cambio climático para profesionales de la salud

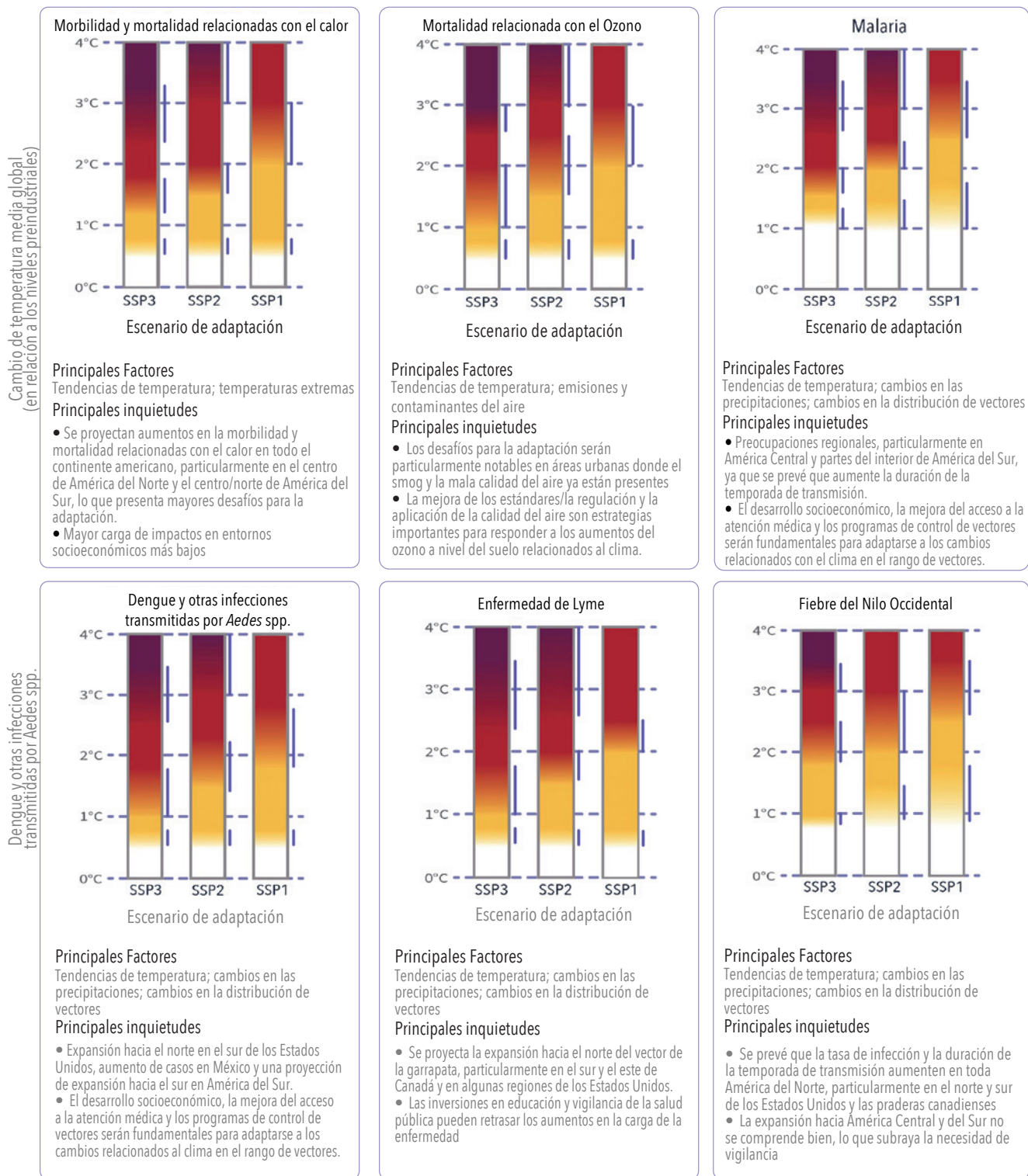
Los programas de educación para la salud tienen la responsabilidad de integrar la enseñanza de la salud climática en los planes de estudio para equipar a los médicos, enfermeras y profesionales de la salud pública actuales y futuros con el conocimiento y las habilidades necesarias para brindar atención médica efectiva a nivel del paciente dentro de un clima cambiante (Leffers *et al.* 2017; Mantilla and Li 2019). Además, la educación sobre la salud y cambio climático ampliará la capacidad de los profesionales de la salud para abogar por la investigación y las políticas sobre el cambio climático que beneficiarán los resultados de salud de la población y mejorarán la resiliencia climática de los sistemas de atención médicas (Adlong and Dietsch 2015; Leffers *et al.* 2017; Mantilla and Li 2019; Maxwell and Blashki 2016; Shaman and Knowlton 2018; Vogel 2019; Wasco 2019; Yang *et al.* 2018).

Dada la necesidad urgente de preparar a los profesionales de la salud para abordar los impactos del clima en la salud en las Américas, muchas asociaciones de salud nacionales e internacionales, incluida la Asociación Médica Estadounidense, la Asociación Canadiense de Salud Pública y el Consejo Internacional de Enfermeras, han pedido la integración de educación sobre el clima y la salud en los planes de estudio de los profesionales de la salud (AACN (por sus siglas en inglés) 2011; AMA (por sus siglas en inglés) 2019; Buka and Shea 2019; Castleden *et al.* 2020; CPHA (por sus siglas en inglés) 2019; Health Workforce Advocacy Initiative (Iniciativa de Promoción del Personal Sanitario) 2009; ICN (por sus siglas en inglés) 2008; Shea *et al.* 2020; Wellbery *et al.* 2018; WMA 2009). Además, un editorial publicado recientemente en más de 200 revistas médicas y de salud pública declaró que el cambio climático es la "mayor amenaza para la salud pública mundial" e hizo un claro llamado a las respuestas de "emergencia" (por ejemplo, Atwoli *et al.* 2021). En 2015, 118 escuelas de salud pública, medicina y enfermería de todo el mundo, 103 de las cuales se encuentran en las Américas, firmaron el Compromiso climático de los educadores de la salud y acordaron capacitar a la próxima generación de profesionales de la salud para abordar los problemas relacionados con el clima y la salud (Casa Blanca; Secretaría de Prensa 2015). A pesar de este compromiso, sigue existiendo una brecha sustancial en la preparación clima-salud para los profesionales de la salud en las Américas (Bell 2010; Leffers *et al.* 2017; Polivka *et al.* 2012; Shea *et al.* 2020; Silverman 2019; Trajber and Mochizuki 2015; Wellbery *et al.* 2018). Por ejemplo, en 2019, menos del 3 % de los programas de salud pública en los Estados Unidos requerían un curso específico sobre cambio climático y menos del 25 % ofrecían una oportunidad optativa de salud climática (Silverman 2019). De manera similar, en 2017, aunque la mitad de las facultades de medicina en Colombia introdujeron una sesión de clima y salud en el plan de estudios, el tema no se priorizó y no fue impartido por profesionales calificados (Mantilla y Li 2019). Por lo tanto, los profesionales de la salud de las Américas carecen de la preparación y la confianza para evaluar, mitigar y adaptarse de manera efectiva a las amenazas climáticas para la salud, lo que se reconoce como una de las principales barreras para optimizar la respuesta de salud pública al cambio climático (Bell 2010; Cabrera and Tomey 2010; Castleden *et al.* 2020; Leffers *et al.* 2017; Maxwell and Blashki 2016; Polivka *et al.* 2012; Silverman 2019; Vogel 2019).

Dada esta brecha reconocida, una extensa literatura ha explorado cómo incorporar de manera efectiva la educación sobre el clima y la salud en los planes de estudios de salud (Bell 2010; Castleden *et al.* 2020; Gehle *et al.* 2011; Jagals and Ebi 2021; Leffers *et al.* 2017; Maxwell and Blashki 2016; Shea *et al.* 2020). Los desafíos clave para poner en práctica la educación en salud climática incluyen la falta de profesores con experiencia en salud climática, financiamiento limitado para el desarrollo de los planes de estudio, programas de estudios en condiciones de hacinamiento, inercia institucional y política, y la ausencia de educación en salud climática como un enfoque estratégico de las instituciones (Castleden *et al.* 2020; Gehle *et al.* 2011; Leffers *et al.* 2017; Maxwell and Blashki 2016; Shea *et al.* 2020; Trajber and Mochizuki 2015; Walpole *et al.* 2017; Wasco 2019; Yang *et al.* 2018). Sin embargo, se han desarrollado varias estrategias, marcos y recursos educativos para ayudar a superar estas barreras y facilitar la implementación de la educación sobre el clima y la salud (Cantell *et al.* 2019; Gehle *et al.* 2011; IFMSA 2016; Jagals and Ebi 2021; Leffers *et al.* 2017; Maxwell and Blashki 2016; Mckeown and Hopkins 2010; Teherani *et al.* 2017; Walpole *et al.* 2017; Wasco 2019). Los principios comunes incluyen lo siguiente:

- **Integración en el plan de estudio existente:** las competencias climáticas y de salud podrían integrarse de manera factible como temas transversales en los elementos existentes de los planes de estudio de salud (por ejemplo, salud ambiental, determinantes sociales de la salud) para mejorar el aprendizaje sin requerir cambios importantes en los planes de estudio ya sobrecargados (Bell 2010; CFMS HEART 2020; Gehle *et al.* 2011; Leffers *et al.* 2017; Walpole *et al.* 2018).
- **Aplicación de conocimientos sobre clima y salud:** los cursos sobre clima y salud deben ir más allá de las ciencias climáticas y de la salud e incluir la resolución de problemas, el pensamiento crítico y competencias prácticas, a fin de formar profesionales de la salud informados que estén empoderados como actores competentes y líderes en la acción contra el cambio climático. (Bell 2010; Cantell *et al.* 2019; CFMS HEART 2020; Mckeown and Hopkins 2010; Shapiro Ledley *et al.* 2017; Silverman 2019; Vaughter 2016; Walpole *et al.* 2016; Yang *et al.* 2018).
- **Énfasis en la autoeficacia:** la enseñanza de la salud climática debe enfatizar la capacidad de las personas para lograr resultados positivos, ya que los sentimientos de esperanza y eficacia están correlacionados con la probabilidad de que las personas se involucren en los problemas del cambio climático (Cantell *et al.* 2019; Castleden *et al.* 2020; Myers *et al.* 2012; Shapiro Ledley *et al.* 2017; Yang *et al.* 2018).
- **Consideraciones regionales:** los planes de estudio sobre clima y salud deben reflejar la variabilidad regional de los impactos del cambio climático (Bell 2010; Cantell *et al.* 2019; Castleden *et al.* 2020; Maxwell and Blashki 2016; Mckeown and Hopkins 2010; Silverman 2019).
- **Educación continua:** los recursos de clima-salud deben evolucionar con nueva evidencia y necesidades emergentes, y estar disponibles para profesionales de la salud establecidos como educación profesional continua (Bell 2010; Maxwell and Blashki 2016; Teherani *et al.* 2017; Wellbery *et al.* 2018).
- **Colaboración y uso de los recursos existentes:** la implementación de la educación sobre clima y salud en medio de las limitaciones de recursos justifica la colaboración interinstitucional (CFMS HEART 2020; Madden *et al.* 2018; Mantilla and Li 2019; Shaman and Knowlton 2018; Shea *et al.* 2020). El Consorcio Global sobre Educación para el Clima y la Salud se estableció para promulgar el Compromiso Climático de los Educadores de la Salud y para unir a las escuelas de profesionales de la salud en todo el mundo compartiendo las mejores prácticas, las competencias básicas y los recursos gratuitos para crear planes de estudio y capacitación basados en la evidencia sobre el clima y la salud (Universidad Mailman de Columbia, Escuela de Salud Pública 2019). Las organizaciones de salud de las Américas han desarrollado recursos curriculares adicionales (ANHE (Alianza de Enfermeras por Ambientes Sanos) 2016; CFMS HEART 2019; NHI). Las instituciones deben capitalizar estos recursos disponibles para facilitar y acelerar la implementación de la educación sobre el clima y la salud (Shea *et al.* 2020).

Aunque el cambio climático es la mayor amenaza para la salud del siglo XXI, la acción para abordar la amenaza también es una de las mayores oportunidades para la salud pública (Watts *et al.* 2017). Sin embargo, aprovechar esta oportunidad requerirá que los profesionales de la salud comprendan los impactos y las respuestas del clima y la salud (Castleden *et al.* 2020; Leffers *et al.* 2017; Madden *et al.* 2018; Maxwell and Blashki 2016; Walpole *et al.* 2017; Yang *et al.* 2018). Por lo tanto, es imperativo que los programas para profesionales de la salud en las Américas continúen colaborando para establecer planes de estudio sólidos sobre el clima y la salud que equiparán a los profesionales de la salud con la experiencia para brindar una atención eficaz a los pacientes y liderar la acción en la mitigación y adaptación al cambio climático (Castleden *et al.* 2020; Yang *et al.* 2018).



Niveles de riesgo/impacto



Violeta: muy alta probabilidad de impactos/riesgos severos y presencia de irreversibilidad significativa de la persistencia de los peligros relacionados al clima, combinado con una capacidad limitada de adaptación debido a la naturaleza de los peligros o impactos/riesgos

Rojo: Impactos/riesgos significativos y generalizados atribuibles al cambio climático.

Amarillo: los impactos/riesgos son detectables y atribuibles al cambio climático con al menos una confianza media

Blanco: Impactos/riesgos atribuibles al cambio climático no detectables

SSP(por sus siglas en inglés)= Vía Socioeconómica Compartida

Figura 4.3 Cambio en los riesgos en seis resultados de salud sensibles al clima en las Américas por aumentos en la temperatura por encima de los niveles preindustriales bajo tres escenarios de adaptación diferentes (adaptado de Ebi et al. 2021a).

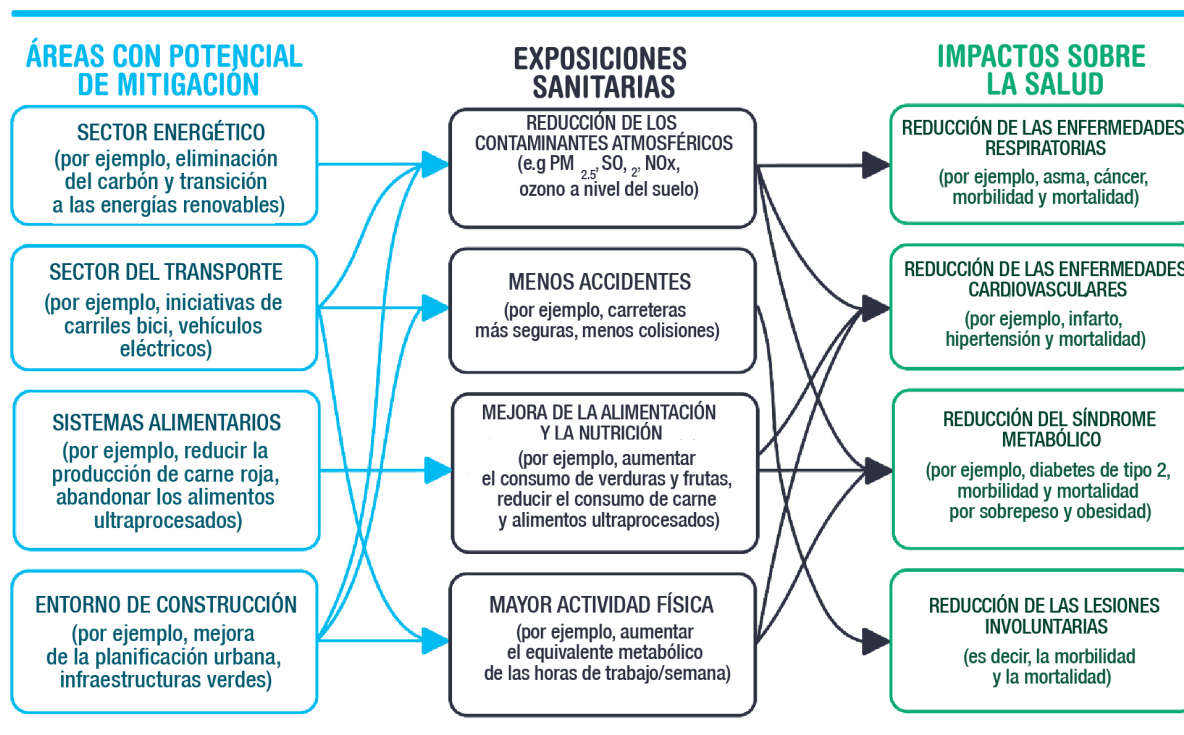


Figura 4.4 Ejemplos de cómo los esfuerzos de mitigación pueden tener co-beneficios inmediatos para la salud en las Américas (adaptado de Hess et al. 2020).

(Hendryx et al. 2020; Palmer et al. 2010). El procesamiento del carbón crea grandes volúmenes de aguas residuales contaminadas químicamente que, si se gestionan de forma incorrecta, pueden penetrar los suministros de agua locales (Hendryx et al. 2020). La quema de carbón para la producción de electricidad libera contaminantes del aire, como CO₂, dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y otras partículas (Hendryx et al. 2020; Oberschelp et al. 2019). Finalmente, la ceniza de carbón, el producto de desecho de la quema de carbón, contiene elementos radiactivos y metales pesados que pueden tener impactos duraderos en el medio ambiente (Hendryx et al. 2020). Por ejemplo, la combustión del carbón es la segunda fuente más alta de exposición al mercurio en todo el mundo (después de la minería artesanal y de pequeña escala) (EPA (Agencia de Protección ambiental de Estados Unidos) 2021).

Cada etapa del continuo desde la extracción hasta la eliminación de cenizas de carbón plantea importantes riesgos para la salud a través de la contaminación del aire, el suelo y el agua. Los estudios han asociado los procesos de extracción de carbón con una mayor mortalidad por todas las causas y una incidencia elevada de enfermedades cardiovasculares, enfermedades respiratorias, cáncer de pulmón y resultados negativos para la salud de bebés y niños (Kravchenko and Lyerly 2018), destacando los beneficios colaterales de la eliminación del carbón para salud humana además de los beneficios ambientales. La investigación ha demostrado que la eliminación gradual de las plantas de carbón más contaminantes (el 10 % de los principales

contaminadores a nivel mundial) podría reducir los impactos en la salud relacionados hasta en un 64 % (Oberschelp et al. 2019), mientras que la cancelación de todos los proyectos de carbón recientemente propuestos podría generar 210.000 muertes prematuras menos por año relacionadas con la calidad del aire para 2030 (Sampedro et al. 2021).

Los beneficios colaterales de la eliminación del carbón son muy relevantes para las Américas. Estados Unidos es uno de los mayores productores de electricidad a carbón, clasificándose como el tercer mayor productor mundial en 2018 (Watts et al. 2021). Otros países, incluidos Chile y Guatemala, también obtienen más del 25 % de su generación total de electricidad a partir del carbón (Watts et al. 2021). Sin embargo, es importante señalar que las inversiones en nueva capacidad de carbón están disminuyendo en algunas regiones; por ejemplo, en comparación con los niveles de 2006, las nuevas inversiones han disminuido un 50 % y un 95 % en Brasil y Estados Unidos, respectivamente (Watts et al. 2021). La desinversión continua y la eliminación gradual del carbón tendrán implicaciones importantes para la salud humana en las Américas. Por ejemplo, en la región de los Apalaches en el este de los Estados Unidos a minería de remoción de cimas de montañas (una forma de minería de carbón superficial) se ha vuelto cada vez más común desde la década de 1990 (Hendryx et al., 2020). Los estudios de investigación y las revisiones sistemáticas han documentado un aumento de las violaciones de la calidad del agua (Hendryx et al., 2012) y los impactos negativos en la salud física y mental de los residentes que viven cerca de

las minas a cielo abierto en los Apalaches (Boyles et al., 2017). Las reducciones en las actividades mineras pueden, por lo tanto, mejorar la salud y la seguridad del agua de las comunidades de los Apalaches.

En el noreste de Brasil, un análisis de costo-beneficio encontró que las pautas más estrictas de PM10 (partículas de materia particulada de tamaño inferior a 10 µm) para las plantas de carbón daría como resultado ahorros de costos relacionados con la salud mucho mayores a los costos de los controles de emisiones, lo que demuestra los beneficios potenciales de la eliminación del carbón no solo para los ecosistemas y la salud humana, sino también para las economías (Howard et al. 2019).

Cambiar los sistemas de transporte tiene beneficios colaterales para la salud humana

El tránsito de vehículos representa aproximadamente las tres cuartas partes de las emisiones relacionadas con el transporte, y se prevé que estas emisiones, que son las de mayor crecimiento dentro de los sectores que utilizan energía, aumenten en un 80 % para 2030 (IPCC 2014b). Por lo tanto, la reducción de las emisiones del tránsito de vehículos será fundamental para cumplir los objetivos del Acuerdo de París. Las posibles medidas de mitigación incluyen la promoción de los viajes en bicicleta y a pie, el fomento del uso compartido del automóvil, la construcción de una infraestructura de transporte público eficaz y la expansión del uso de vehículos eléctricos. Estas acciones de mitigación pueden tener importantes beneficios colaterales para la salud, incluido el aumento de la actividad física, una menor morbilidad y mortalidad debido a la reducción de la contaminación del aire y la reducción del riesgo de lesiones por accidentes de tránsito. En particular, los beneficios para la salud de caminar y andar en bicicleta son sustanciales y se han asociado con reducciones significativas en la prevalencia de cardiopatía isquémica, enfermedad cerebrovascular, depresión, demencia y diabetes (Woodcock et al. 2009, 2018). El reconocimiento de estos beneficios colaterales para la salud ha dado lugar a esfuerzos para expandir, mejorar y crear entornos urbanos seguros para viajes activos (Milner et al. 2020; Watts et al. 2021).

Un estudio en el medio oeste de los Estados Unidos encontró que andar en bicicleta en lugar de usar un automóvil para viajes de corta distancia podría resultar en una disminución de la contaminación del aire, mayores niveles de actividad física y menores costos de atención médica (Grabow et al. 2012). Ha habido varias iniciativas en las Américas para promover el viaje activo, como ciclovías que transforman las calles de la ciudad en espacios seguros y libres de vehículos para que los residentes los utilicen con fines recreativos y fines de transporte. Un estudio que evaluó los

beneficios económicos y para la salud de los carriles para bicicletas en 15 ciudades de América Latina (INSPIRES 2020) informó reducciones significativas en la mortalidad y morbilidad anual de ciertas enfermedades (es decir, enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2, cáncer y demencia), además de beneficios económicos. Un estudio en São Paulo (SP 2040) que examinó diferentes escenarios de transporte para la ciudad encontró que mayores niveles de caminata y pedaleo en bicicleta y menores niveles de uso de automóviles y motocicletas conferirían beneficios sustanciales para la salud, particularmente en la reducción de enfermedades cardíacas como resultado de una mayor actividad física y reducción de la contaminación del aire (Hérick de Sá et al., 2017). Por el contrario, un escenario que favorecía los automóviles privados resultó en peores resultados de salud, incluido un aumento de las lesiones en las carreteras (Hérick de Sá et al., 2017). Mejorar los sistemas de transporte público mejora la cohesión social y apoya los esfuerzos para reducir las desigualdades al mejorar la movilidad y el acceso a los servicios para aquellos que de otro modo tendrían menos opciones de transporte (Watts et al., 2021). Como tal, expandir las iniciativas de transporte equitativo y ecológico no solo tiene importantes beneficios colaterales para el cambio climático y la salud, sino que también brinda oportunidades para avanzar en los ODS.

Las dietas bajas en emisiones pueden tener beneficios colaterales para la salud humana

El sistema de producción de alimentos contribuye con un 20-30% estimado de las emisiones globales de GEI y, por lo tanto, representa un área crítica de enfoque para los esfuerzos de mitigación (Guillaumie et al. 2020; Vermeulen et al. 2012). Además de las emisiones de la producción, el procesamiento y la distribución de alimentos, las prácticas agrícolas contribuyen al estrés y la degradación ambiental a gran escala; por ejemplo, hasta el 80 % del uso mundial del agua se atribuye al sector agrícola (Jägerskog and Jønych Clausen 2012). Se ha vuelto cada vez más claro que se necesitan transiciones en el sistema alimentario para reducir los impactos ambientales y cumplir con los objetivos de emisiones establecidos por el Acuerdo de París. La producción ganadera, en particular la producción de carne roja, contribuye sustancialmente a las emisiones de GEI, superando con creces los impactos de las emisiones asociadas con productos alimenticios de origen vegetal (Gerber et al. 2013; Poore and Nemecek 2018; Springmann et al. 2016a). Argentina, Brasil y los Estados Unidos son algunos de los mayores productores y consumidores de carne roja a nivel mundial (OECD 2021), lo que enfatiza la importancia de las transiciones del sistema alimentario en las Américas.

¹ Una dieta de referencia saludable "universal" basada en patrones dietéticos, tipos de alimentos y resultados de salud en la literatura científica, desarrollada por la Comisión EAT-Lancet. La dieta de referencia incorpora muchas verduras, frutas, cereales integrales, legumbres, frutos secos y aceites insaturados; cantidades modestas de aves y mariscos; y poca o ninguna carne roja y procesada, granos refinados, azúcar agregada o verduras con alto contenido de almidón (Willett et al. 2019).

Es importante destacar que la evidencia también apunta a los beneficios colaterales para la salud de las "dietas bajas en emisiones", que contienen menos productos animales y más alimentos de origen vegetal ricos en nutrientes (Mbow *et al.*, 2019). Las dietas de muchas personas que viven en países de altos ingresos son ricas en alimentos ultra procesados con un consumo inadecuado de frutas y verduras (Guillaumie *et al.*, 2020). Sin embargo, los estudios han encontrado que las dietas más saludables bajas en carnes rojas y procesadas y ricas en frutas, verduras y legumbres se asocian con menos muertes prematuras y menores riesgos de desarrollar afecciones como enfermedades cardiovasculares, enfermedad coronaria, diabetes tipo 2 y cáncer colorrectal (Aleksandrowicz *et al.*, 2016; Hallström *et al.*, 2017; Jarmul *et al.*, 2020; Mbow *et al.*, 2019; Springman *et al.*, 2018). Otra investigación ha encontrado que la adopción de una dieta saludable baja en carnes rojas y procesadas reduce el riesgo relativo de enfermedad coronaria y cáncer colorrectal en los Estados Unidos entre un 20% y un 45% (Hallström *et al.*, 2017). Estas reducciones de riesgo también pueden resultar en beneficios económicos sustanciales al reducir los costos de atención médica hasta en US\$ 93 mil millones por año (Hallström *et al.*, 2017). En Canadá, la Guía Alimentaria actualizada promueve una dieta con menos emisiones, sirviendo como herramienta para ayudar a los consumidores a elegir alimentos saludables y ambientalmente sustentables (Gobierno de Canadá 2019). Sin embargo, para impulsar un cambio a gran escala, además de las pautas a nivel individual, se necesitarán cambios a nivel de sistema y apoyo gubernamental.

Cuando se analizan los beneficios de dietas más sostenibles y con menos emisiones a escala mundial, es importante considerar estas dietas en el contexto de la equidad y las diversas condiciones geográficas y socioeconómicas. Las transiciones dietéticas pueden no parecer iguales o no ser apropiadas en todos los entornos. En el centro de las dietas más sostenibles y saludables se encuentra la producción intensificada de alimentos de origen vegetal ricos en nutrientes, que son más caros de producir que muchos otros alimentos con menor densidad de nutrientes, como los azúcares refinados y los aceites (Hirvonen *et al.*, 2020). Aunque generalmente son asequibles en los países de ingresos altos, se estima que las dietas como la dieta de referencia de EAT-Lancet1 superan los ingresos per cápita de los hogares de más de 1500 millones de personas en países de ingresos bajos y medios (Hirvonen *et al.*, 2020). Por lo tanto, se debe prestar una atención considerable a mejorar el nivel de ingresos y los apoyos nutricionales y reducir los costos de los alimentos de origen vegetal densos en nutrientes en entornos de ingresos bajos y medios, de modo que las dietas como la dieta de referencia EAT-Lancet puedan ser factibles a nivel mundial.

También existen problemas específicos de asequibilidad y equidad en las Américas, ya que el 11,6 % de las personas en América Latina y el Caribe viven con un ingreso diario inferior al costo de la dieta de referencia de EAT-Lancet, en comparación con el 1,2 % de las personas en América del Norte. (Hirvonen *et al.*, 2020). Además, las transiciones dietéticas pueden no ser apropiadas para algunas poblaciones, como los pueblos originarios y los que viven en comunidades remotas. Por ejemplo, los alimentos producidos comercialmente deben enviarse por aire a comunidades remotas en el Ártico canadiense, lo que contribuye a las emisiones y genera costos adicionales para los consumidores (ITK 2019). Los inuit del norte de Canadá dependen en gran medida de la caza para subsistir y del consumo de alimentos locales del país, que son ricos en nutrientes, preferidos y vitales para el bienestar cultural y comunitario, además de tener un menor impacto en las emisiones que los alimentos comerciales (ITK 2019; QIA 2019). Por lo tanto, es fundamental considerar la naturaleza específica del contexto de las dietas sustentables y saludables para evitar consecuencias no deseadas (por ejemplo, los impactos en la salud y el medio ambiente de los alimentos ultraprocesados (Seferidi *et al.*, 2020))

Para apoyar las transiciones dietéticas relevantes y apropiadas, se necesitará compromiso y una gobernanza efectiva a escala nacional e internacional para reenfocar los sistemas alimentarios en la producción de alimentos ricos en nutrientes con menores impactos ambientales (Willett *et al.*, 2019). Esta transición implicará innovación e inversión a lo largo de la cadena de alimentación, de producción, transformación y distribución. Además, se deben identificar oportunidades para diversificar las fuentes de proteínas y reducir el consumo de carne roja siempre que sea factible. En Canadá, la promoción de proteínas animales a base de aves de corral en lugar de las de carne de res y cerdo podría satisfacer los requisitos de proteínas nutricionales y reducir las emisiones de la producción ganadera hasta en un 31 % (Dyer *et al.*, 2020). La reducción del desperdicio de alimentos también será fundamental para mejorar la eficiencia de la producción de alimentos, reducir los impactos del desperdicio de alimentos en el consumo de energía y los vertederos, y alinearse con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 12: Producción y consumo responsables (Vermeulen *et al.*, 2012; Willett *et al.*, 2019). La investigación en los Estados Unidos sugiere que el cambio hacia dietas más sostenibles y al mismo tiempo abordar el desperdicio de alimentos no solo podría reducir las emisiones relacionadas con la producción de alimentos en un 11 %, sino que también tendría impactos positivos adicionales para las emisiones relacionadas con el uso de la tierra y el relleno sanitario (Birney *et al.*, 2017). Es importante destacar que el contexto, la asequibilidad y otras

cuestiones de equidad deben mantenerse en el centro de todas las opciones de respuesta y evaluaciones de impacto.

Descarbonizar el sector de la salud puede mejorar y proteger la salud humana

El sector de la salud aporta aproximadamente el 4,4 % de las emisiones totales de GEI (Karliner *et al.*, 2019), con Estados Unidos y Canadá entre las 10 principales naciones emisoras a nivel mundial (Pichler *et al.*, 2019). Estas emisiones se derivan principalmente del uso de energía en los centros de salud y de las actividades de la cadena de suministro, incluyendo la fabricación, el transporte y la eliminación de productos médicos, farmacéuticos y equipos (Karliner *et al.*, 2019; Salas *et al.*, 2020a).

Dado el objetivo del sector de la salud de mejorar y proteger la salud, así como los beneficios colaterales para la salud de mitigar el cambio climático, el sector se enfrenta a crecientes llamados para lograr cero emisiones netas y las siguientes son las medidas: (i) reducir el consumo dentro de los establecimientos de salud y la promoción de culturas de sensibilización y sostenibilidad; (ii) promover e invertir en energía renovable a escala local y nacional; (iii) descarbonizar la cadena de suministro; y (iv) priorizar la prevención de enfermedades para reducir la dependencia general del sector de la salud (Karliner *et al.* 2019; Salas *et al.* 2020a). Es importante destacar que las persona a cargo de tomar decisiones y los gobiernos jugarán un papel vital en el apoyo al sector de la salud en el desarrollo e implementación de planes de cero emisiones netas (EASAC y ET AL., 2021).

Las soluciones de adaptación y mitigación basadas en la naturaleza pueden tener beneficios colaterales para la salud humana

Las soluciones basadas en la naturaleza se refieren a una variedad de respuestas de adaptación y/o mitigación al cambio climático que se inspiran en los entornos naturales (ECDG 2015). Los ejemplos en entornos urbanos incluyen techos verdes, parques, desarrollo de humedales para el control de inundaciones y otras formas de restauración y protección ambiental. También ha habido ejemplos de “prescripción” social y de la naturaleza en las Américas, que involucra a profesionales de la salud que proponen actividades basadas en la naturaleza en respuesta a desafíos de salud física y mental. Estas “recetas para la naturaleza” pueden incluir actividades como jardinería comunitaria y grupos de caminatas por la naturaleza, que están respaldadas por investigaciones que demuestran los beneficios para la salud de los tiempos y espacios verdes (Sherman *et al.*, 2021).

Estos proyectos pueden ayudar directamente a mitigar los peligros climáticos, como inundaciones o calor extremo, y también pueden proporcionar beneficios económicos, sociales y de salud adicionales.

En su revisión, van den Bosch y Ode Sang (2017) encontraron que las soluciones basadas en la naturaleza pueden contribuir a mejorar la salud pública de muchas maneras, incluidas las siguientes: (i) reducción del estrés y mejora de la salud mental y el bienestar; (ii) aumento de la actividad física que resulta en una reducción de la carga de sobrepeso/obesidad y enfermedades cardiovasculares; (iii) disminución de la morbilidad y mortalidad relacionadas con el calor debido a la mitigación de los efectos de isla de calor; (iv) mejores resultados en materia de salud reproductiva y parto; y (v) reducciones en la mortalidad por todas las causas. Además, al prevenir enfermedades y reducir la necesidad de servicios de atención médica, las soluciones basadas en la naturaleza no solo confieren beneficios económicos a través de la reducción de los gastos de atención médica, sino que también dan como resultado reducciones de emisiones dentro del sector de la atención médica (ET AL., 2015; MacKinnon *et al.* 2019; van den Bosch y Oda Sang 2017). Sin embargo, es importante señalar que algunas soluciones basadas en la naturaleza tienen límites en su capacidad para proteger la salud humana. Por ejemplo, aunque los bosques urbanos pueden reducir significativamente la temperatura ambiente local en varios grados, durante las olas de calor extremo esta reducción de la temperatura puede ser insuficiente para proteger la salud humana.

La transformación de las ciudades para lograr cero emisiones netas puede proteger la salud humana

Se necesita una transformación generalizada en todos los sectores y en todas las escalas para alcanzar una economía neta cero. A medida que aumenta la urbanización global, existen oportunidades para acelerar esta transformación a través de una planificación urbana que considere simultáneamente las necesidades económicas, sociales, de salud y ambientales y se alinee con los ODS para construir ciudades sustentables (Naciones Unidas 2020). Dada la escala y el ritmo de la transformación necesaria, los esfuerzos de coordinación que alinean la gobernanza de la ciudad, el desarrollo de infraestructura, las innovaciones tecnológicas y sociales y el cambio de comportamiento son esenciales. Es importante destacar que estos cambios deben basarse en evidencia científica y deben implementarse considerando enfoques tanto ascendentes como descendentes en diferentes contextos (Crane *et al.*, 2021).

4.2.2 Beneficios de la salud y compensaciones

Beneficios para la salud y compensaciones de los edificios energéticamente eficientes

Los hogares y edificios energéticamente eficientes tienen varios impactos directos e indirectos en la salud. Por ejemplo, los edificios debidamente aislados con sistemas adecuados de calefacción y/o refrigeración

reducen la morbilidad y la mortalidad potenciales relacionadas con el frío y el calor extremos, mientras que los sistemas de calefacción de gas mantenidos de manera eficaz pueden reducir el riesgo de fugas de monóxido de carbono y enfermedades o muertes relacionadas (Kuholski *et al.*, 2010; Levy *et al.*, 2003). Los hogares energéticamente eficientes brindan beneficios indirectos a través de facturas de servicios públicos más bajas, lo que reduce la tensión financiera en los hogares de bajos ingresos y, por lo tanto, disminuye el riesgo de resultados de salud relacionados con la inseguridad alimentaria y la incapacidad de pagar los servicios médicos esenciales (Brown *et al.*, 2020; Kuholski *et al.*, otros 2010). Además, la investigación en los Estados Unidos ha demostrado que la modernización de los hogares para mejorar la eficiencia energética puede reducir significativamente los contaminantes atmosféricos anuales, lo que reduce sustancialmente la morbilidad y la mortalidad respiratoria y genera miles de millones de dólares en ahorros económicos y de atención médica (Levy *et al.*, 2003). Sin embargo, también es importante considerar las compensaciones potenciales al diseñar edificios energéticamente eficientes; por ejemplo, la ventilación inadecuada en edificios bien sellados puede empeorar el ambiente interior y contribuir al crecimiento de moho y a la mala calidad del aire (Ahmad *et al.*, 2017; Ortiz *et al.*, 2020). Además, debe haber políticas gubernamentales que apoyen la modernización de edificios para hogares de bajos ingresos, que a menudo corren un mayor riesgo de mortalidad y morbilidad relacionadas con el calor.

Compensaciones en los sectores de producción de alimentos y energías renovables

La asignación de tierras para alimentos, biocombustibles y minería puede crear competencia entre sectores, por lo que los responsables de la toma de decisiones deben considerar posibles compensaciones y otras consecuencias no deseadas de todas las opciones de respuesta de mitigación y adaptación. Alimentar a una población estimada de 10 mil millones de personas para 2050 requerirá una transformación del sistema alimentario, así como la consideración de compensaciones clave en sostenibilidad, protección alimentaria y seguridad alimentaria (Vågsholm *et al.* 2020). Reducir la pérdida y el desperdicio de alimentos después de la cosecha, que puede representar aproximadamente un tercio de todos los alimentos producidos a nivel mundial cada año, es una de las formas más impactantes de mejorar la sostenibilidad de los sistemas alimentarios y disminuir la demanda en el uso de la tierra agrícola/ganadera (FAO 2011, 2019). Reducir los usos alternativos de las tierras agrícolas también es fundamental, dada la creciente demanda de tierras para biocombustibles en el sector de las energías renovables (Goswami and Choudhury 2019). Compensaciones en

sector de las energías renovables se están volviendo más evidentes a medida que aumenta la demanda de litio, cobre, cobalto, plata y otros elementos raros de tierra para satisfacer las necesidades de producción de baterías y energía renovable (Sovacool *et al.*, 2020). Los planes para satisfacer estas demandas deben considerar los impactos ecológicos de la minería, así como los desafíos sociales y los posibles conflictos relacionados con la gestión de recursos y minas, y deben incluir elementos destinados a mejorar la eficiencia de la cadena de suministro y el reciclaje (Giurco *et al.*, 2019; Sovacool *et al.*, 2020).

4.2.3 ¿Cómo configurará el desarrollo socioeconómico los escenarios futuros?

La comunidad de investigación sobre el cambio climático ha desarrollado herramientas conocidas como Vías Socioeconómicas Compartidas (SSP, por sus siglas en inglés) para examinar cómo los desarrollos socioeconómicos futuros pueden influir en los impactos del cambio climático, en la mitigación y en las adaptaciones, incluso en el nexo entre clima y salud. El desarrollo social modifica los niveles de exposición y vulnerabilidad a las amenazas climáticas a través de procesos como una gobernanza y políticas climáticas fortalecidas, avances de tecnologías, mejores infraestructuras y entornos construidos, y avances en educación, equidad de género y otros ODS (Ebi *et al.*, 2014). Diferentes SSP representan futuros alternativos, en los que estos escenarios de desarrollo aumentan o disminuyen los riesgos y desafíos relacionados con el clima y la salud para la mitigación y la adaptación. Se han desarrollado cinco narrativas SSP, que describen cualitativamente un conjunto de caminos de desarrollo desde los más optimistas hasta los menos optimistas (O'Neill *et al.*, 2017; Sellers 2020).

Es importante destacar que los SSP son una herramienta que ayuda a las personas responsables de tomar decisiones a evaluar los impactos del desarrollo en diferentes respuestas de mitigación y adaptación, lo cual es imperativo dada la amplia gama de posibles enfoques para la adaptación y la mitigación en las Américas y en el mundo (O'Neill *et al.*, 2020). Regiones que atraviesan diferentes caminos de desarrollo tendrán diferentes capacidades para implementar estrategias de reducción de emisiones y/o adaptación (O'Neill *et al.*, 2014). Por ejemplo, bajo SSP5, las inversiones en salud, educación y otro capital social pueden resultar en menos desafíos para la adaptación, aunque la continua dependencia de los combustibles fósiles para hacer crecer las economías generará desafíos para la mitigación a través de la reducción de emisiones (O'Neill *et al.*, 2017).

Las personas a cargo de tomar decisiones en el gobierno, y cada vez más en otros sectores, requieren evaluaciones de opciones de respuesta claras y relevantes para hacer recomendaciones sobre políticas específicas de mitigación y adaptación y sobre

Estudio de caso 14. Análisis del cuadro de mando: Contenido referido a la salud en las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés)

En respuesta al ambicioso objetivo del Acuerdo de París de restringir el aumento de la temperatura global por debajo de 1,5 o 2 °C, los países han asumido compromisos climáticos en forma de Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) (GCHA (por sus siglas en inglés, Alianza Global por el Clima y la Salud) 2021). Los compromisos gubernamentales, tal como se describen en sus respectivas NDC, han sido evaluados y clasificados a través del análisis de la Tarjeta de Puntuación de las NDC Saludables de la Alianza Global por el Clima y la Salud (GCHA 2021). Los criterios de evaluación incluyeron la medida en que las NDC consideraron e incorporaron los impactos en la salud humana, la salud en las iniciativas de adaptación al cambio climático, los cobeneficios para la salud, la salud con respecto a las finanzas y la economía, y la consideración e inclusión general de la salud (GCHA 2021). Las tarjetas de puntuación NDC también incluyeron una calificación del Rastreador de Acciones Climáticas (Climate Action Tracker) para algunos países, que evaluó la ambición de cambio climático de cada país sobre la base de ciertos factores, como la política nacional de cambio climático, los compromisos para reducir las emisiones y el financiamiento del cambio climático (Rastrear de Acciones Climáticas 2021; GCHA 2021). Es importante destacar que “los países de ingresos bajos y medianos obtuvieron los puntajes más altos” a pesar de “haber contribuido menos a las emisiones responsables del cambio climático” (GCHA 2021).

En América del Norte, Estados Unidos recibió el puntaje general más bajo de 6/15, mientras que Canadá y México recibieron puntajes generales de 7/15 y 10/15, respectivamente. Se encontró que Estados Unidos está en camino a 3°C de calentamiento y recibió una calificación de Insuficiente del Rastreador de Acción Climática, con Canadá y México, en camino a 4°C de calentamiento, siendo calificado como Altamente Insuficiente (Rastreador de Acción Climática 2021; GCHA 2021). Aunque los tres países recibieron los puntajes más altos posibles en la categoría de cobeneficios para la salud (3/3), los niveles generales de calentamiento proyectados para cada país superan los umbrales tolerables establecidos en el Acuerdo de París y es probable que sean catastróficos para la salud de los seres humanos a largo plazo (GCHA 2021).

En América Central, Costa Rica, Panamá, Honduras, Belice y Nicaragua recibieron clasificaciones de la Tarjeta de Puntuación NDC. La NDC de Costa Rica recibió un puntaje de 13/15, que es el más alto de todos los países evaluados en las Américas, con puntajes completos en todas las categorías de salud excepto en economía y finanzas, que recibió un puntaje de 1/3 (GCHA 2021). En general, Costa Rica fue el único país de las Américas en recibir la segunda calificación más alta del Rastreador de Acción Climática de Casi Suficiente, ya que está en camino de limitar el calentamiento a 2°C (Rastreador de Acción Climática 2021; GCHA 2021). Panamá recibió un puntaje general de 12/15, seguido de Belice y Honduras, que recibieron puntajes de 9/15. El puntaje más bajo lo otorgó Nicaragua (5/15) (GCHA 2021).

Para los países del Caribe, las clasificaciones de la Tarjeta de Puntuación NDC oscilaron entre 4/15 y 10/15. Se otorgaron puntajes a República Dominicana (10/15), Santa Lucía (6/15), Granada (5/15), Jamaica (5/15), Antigua y Barbuda (4/15), Barbados (4/15) , y Cuba (4/15) (GCHA 2021). Estos países no han recibido calificaciones del Rastreador de Acción Climática (GCHA 2021).

En América del Sur, Colombia (15/12), Argentina (15/11), Chile (15/10) y Paraguay (15/9) recibieron clasificaciones de Tarjeta de Puntuación NDC de 9 o más (GCHA 2021), mientras que Surinam (4/15), Perú (2/15) y Brasil (0/15) recibieron puntuaciones por debajo de 5 (GCHA 2021). Ninguno de los países sudamericanos incluidos en el análisis de Rastreador de Acción Climática cumplía con el Acuerdo de París (es decir, no tenían la ambición climática adecuada para limitar el calentamiento a 1,5 °C). En términos de las calificaciones del Rastreador de Acción Climática, Brasil, Argentina y Colombia fueron calificados como Altamente Insuficientes, ya que están en camino de alcanzar 4°C de calentamiento, mientras que Perú y Chile, en camino de 3°C de calentamiento, fueron calificados como Insuficiente en la acción contra el cambio climático (Rastreador de Acción Climática 2021; GCHA 2021).

y sobre programación para proteger la salud. Para agregar capas adicionales de información, los SSP también se pueden integrar con otros modelos de supuestos de políticas futuras y proyecciones climáticas, como los marcos SSP-RCP (O'Neill *et al.*, 2020). Por ejemplo, la relación entre la incidencia de enfermedades transmitidas por mosquitos, que son de particular relevancia para América Latina, y los aumentos de temperatura relacionados con el cambio climático no serán necesariamente lineales debido al importante papel de otros factores, como los programas de control de infecciones y plagas, reducción de la pobreza y futuros cambios en el uso de la tierra (Ebi *et al.*, 2018a; Wilbanks y Ebi 2014). Por lo tanto, los SSP en combinación con las proyecciones de RCP pueden proporcionar información valiosa sobre las formas en que la carga de enfermedades transmitidas por vectores podría modificarse según diferentes vías socioeconómicas y para escenarios climáticos específicos (Wilbanks y Ebi 2014). De hecho, muchos resultados de mortalidad dependen, al menos en parte, de las trayectorias de la capacidad de mitigación y adaptación, y comprender cómo es probable que cambien las futuras cargas de mortalidad con el desarrollo socioeconómico será fundamental para tomar para tomar decisiones sobre la asignación de recursos (Sellers 2020).

4.3 ¿En quién deberían enfocarse las personas a cargo de tomar decisiones?

El cambio climático afecta la salud de todos. Aunque la naturaleza y la escala de los peligros climáticos varían según la ubicación, el cambio climático afecta a las personas de países de ingresos altos, medios y bajos en todas las condiciones socioeconómicas, medios de vida y culturas. En general, se considera que varios factores aumentan los riesgos para la salud relacionados con el clima, incluidos los factores biológicos y fisiológicos, el estado de salud actual, las condiciones sociales y económicas y la gobernanza, aunque las formas en que estos factores interactúan son complejas y dependen en gran medida de la ubicación y las características de la población (Smith *et al.*, 2014). Por ejemplo, las prioridades, decisiones y asignación de recursos por parte de los gobiernos locales tienen un impacto directo en las poblaciones bajo su administración (Bowen *et al.*, 2012; Ebi 2020), pero esas decisiones y sus impactos pueden ser muy diferentes dependiendo de la geografía y de los recursos físicos y financieros disponibles. Los niveles de referencia de los resultados de salud y el riesgo de enfermedades también se consideran entre los impulsores más importantes de la vulnerabilidad actual y futura en todas las poblaciones:

en áreas que ya experimentan una alta carga de enfermedades sensibles al clima, un aumento en el riesgo de enfermedades tendrá un impacto más profundo que un aumento de riesgo similar en un área con bajos niveles de referencia de la enfermedad (Smith *et al.* 2014).

Aunque el cambio climático tiene consecuencias para todas las personas a nivel mundial, es importante destacar el hecho de que algunas poblaciones, por varias razones, son más vulnerables que otras a los impactos del cambio climático en la salud. Estas disparidades deben reconocerse y priorizarse en las respuestas de adaptación y mitigación del cambio climático para evitar que se profundicen inequidades ya existentes en la salud.

4.3.1 Personas mayores

Las personas mayores suelen tener una capacidad reducida para evitar y/o responder a factores estresantes fisiológicos, incluidas temperaturas extremas, lesiones físicas y enfermedades infecciosas (Gamble *et al.*, 2013). Además, los factores socioculturales desempeñan un papel importante en el aumento de la vulnerabilidad de las personas mayores: por ejemplo, en algunas culturas es común que las personas mayores vivan solas, a menudo con fuentes de ingresos reducidas, lo que genera un mayor aislamiento y una capacidad limitada para recibir asistencia de contactos sociales u otros proveedores de servicios (Gamble *et al.*, 2013; Smith *et al.*, 2014). En América Latina y el Caribe, se espera que la proporción de la población mayor de 65 años crezca del 9% actual a más del 30% para 2100 (CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) - ONU 2019), lo que destaca la necesidad de mejorar la disponibilidad y el acceso a la infraestructura de salud para la tercera edad de población.

4.3.2 Niños y niñas

Los niños son muy susceptibles a ciertos resultados de la salud sensibles al clima, como enfermedades infecciosas y calor extremo. La neumonía y las enfermedades diarreicas siguen siendo las principales causas de mortalidad en las Américas, particularmente en los países de ingresos medios y bajos, y representan el 14 % de las muertes infantiles en 2015 (OPS 2017). La inseguridad alimentaria también tiende a afectar desproporcionadamente a los hogares con niños, lo que genera importantes impactos en la salud a corto y largo plazo debido a una nutrición inadecuada en la infancia (Smith *et al.*, 2014).

4.3.3 Género

El género puede afectar las oportunidades y los recursos que las personas tienen para hacer frente y adaptarse al cambio climático, y las mujeres y las niñas (Vincent *et al.* 2014).

Por ejemplo, los roles de género tradicionales pueden hacer que las mujeres y las niñas corran un mayor riesgo de exposición y mortalidad por ciertos peligros climáticos (OMS 2011), al mismo tiempo que reducen su capacidad de adaptarse al cambio climático debido a los recursos económicos limitados y la exclusión social (Vicente *et al.*, 2014). Además, se necesita más trabajo para comprender la intersección del cambio climático con las personas LGBTQ2S+, así como con las personas no binarias/de género fluido.

4.3.4 Pueblos originarios

Los pueblos originarios se ven afectados de manera desproporcionada por el cambio climático debido a varios factores que tienen sus raíces en los impactos pasados y actuales del colonialismo, la exclusión, el racismo y la marginación (Anderson *et al.*, 2016; IPCC 2018, 2019a, 2019b; Grupo de Trabajo sobre el Estado de las Tribus y el Cambio Climático 2021; Whyte 2016; Whyte *et al.*, 2021b). Los impactos del clima y la salud, la vulnerabilidad y la resiliencia en el contexto de los pueblos originarios se analizan en profundidad en el Estudio de Caso 12. Existe evidencia clara de que algunas de las respuestas de adaptación más efectivas en las naciones originarias están respaldadas por el conocimiento originario, son de naturaleza sistémica, y abordan las desigualdades políticas y económicas. De manera crítica, el reconocimiento de los Derechos Indígenas, incluyendo la autodeterminación Indígena en la investigación, respuesta y gobernanza del cambio climático, así como la financiación y los recursos adecuados, serán esenciales para reducir de manera efectiva los riesgos climáticos y de salud para los pueblos originarios (Estudio de caso 12).

4.3.5 Personas viviendo en entornos socioeconómicos desafiantes

A escala individual, familiar y nacional, quienes viven en entornos socioeconómicos más difíciles son más vulnerables a las consecuencias negativas para la salud del cambio climático (Smith *et al.*, 2014). Aquellos con acceso a menos recursos socioeconómicos pueden ser menos capaces de prevenir o responder a los peligros climáticos (por ejemplo, menos capaces de acceder a aire acondicionado para prevenir la morbilidad y mortalidad relacionadas con el calor) (Ostro *et al.*, 2010), mientras que a nivel nacional, las regiones con menos servicios públicos pueden resultar en una mayor susceptibilidad en el público en general. El origen étnico también tiene implicaciones importantes para las vulnerabilidades relacionadas con la socioeconomía, ya que muchas comunidades marginadas y racializadas continúan enfrentando cargas desproporcionadas de enfermedades que a menudo tienen sus raíces en la injusticia y las desigualdades, así como un acceso reducido a la atención médica y otros servicios

esenciales. (Ostro et al., 2010; Zimmerman y Anderson 2019). En los Estados Unidos, la "línea roja" es la "práctica histórica de rechazar préstamos o seguros de vivienda a vecindarios completos en función de una percepción racialmente motivada de seguridad para la inversión" (Hoffman et al., 2020). Hoffmann et al., (2020) encontraron que el 94 % de las áreas anteriormente marcadas en rojo tenían temperaturas hasta 7 °C más altas que sus vecinos no marcados en rojo, lo que enfatiza el papel que las políticas, el racismo y otros factores sociales pueden desempeñar en la creación de exposiciones desproporcionadas al cambio climático.

4.3.6 Poblaciones geográficamente vulnerables

La geografía afecta la vulnerabilidad a través de diferentes exposiciones a los peligros climáticos y el acceso a infraestructura y servicios de salud resistentes al clima. Ciertos lugares enfrentan riesgos particularmente altos debido a peligros climáticos específicos; por ejemplo, el Ártico de América del Norte está experimentando un calentamiento más rápido que otras regiones del sur, exponiendo a las poblaciones que viven en el Ártico a mayores riesgos por la reducción del hielo marino y el deshielo del permafrost (Larsen et al., 2014). Mientras tanto, las poblaciones costeras e insulares de zonas bajas enfrentan riesgos particularmente altos debido al empeoramiento de tormentas, huracanes e inundaciones. Los huracanes severos tienen un enorme impacto económico, particularmente para las pequeñas naciones insulares del Caribe, donde las pérdidas económicas de los desastres naturales pueden superar con creces el producto interno bruto anual nacional (Ötoker y Srinivasan 2018). Las poblaciones remotas también suelen ser más vulnerables a los peligros climáticos debido a la reducción del acceso a la infraestructura de salud y los servicios públicos resistentes al clima. Por ejemplo, los residentes de algunas comunidades en el norte de Canadá deben volar al centro urbano más cercano para recibir servicios de salud especializados, lo que presenta barreras para acceder a la atención médica y otros servicios esenciales (ITK 2014).

4.4 Equidad en las acciones clima

La importancia de incorporar la justicia y la equidad en las respuestas a los impactos del cambio climático se ha enfatizado en los informes del IPCC y los tratados internacionales, incluido el Acuerdo de París (de Coninck et al., 2018; Roy et al., 2018; UNFCCC 2015). Los impactos del cambio climático se distribuyen injustamente y exacerban aún más las inseguridades y las injusticias que ya están afectando a las poblaciones vulnerables, muchas de las cuales se basan en injusticias históricas como el colonialismo, el racismo, la opresión y los desafíos del desarrollo (Adger et al., 2006; Coggins et al., 2021b).

Para los pueblos originarios de las Américas, reconocer, reafirmar y defender los Derechos (por ejemplo, la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Originarios) es fundamental para responder con éxito al cambio climático. Se ha argumentado que la integridad y la legitimidad de las decisiones tomadas por los órganos de gobierno en respuesta al cambio climático dependen de la medida en que se incorporen la equidad y la justicia en los procesos de toma de decisiones y sus respectivos resultados (Adger et al., 2006). Aquí, presentamos una descripción general de las consideraciones clave de la justicia climática siguiendo las amplias clasificaciones de los aspectos distributivos, de capacidades, procedimentales y de reconocimiento de la teoría de la justicia (Schlosberg 2007). Los enfoques singulares de la justicia (por ejemplo, centrarse exclusivamente en la justicia distributiva) a menudo son insuficientes, ya que pueden estar en juego muchas formas diferentes de injusticia en cualquier situación dada (Coggins et al., 2021a). Incluir un equilibrio de estos cuatro aspectos interconectados permite un enfoque de justicia más integral (Coggins et al., 2021a; Schlosberg 2007). Estas categorías de justicia se han utilizado ampliamente; sin embargo, dada la complejidad y diversidad de las conceptualizaciones de justicia en la literatura, se reconoce que puede haber definiciones de justicia que no encajen precisamente en estas clasificaciones, así como oportunidades para más distinciones dentro de cada categoría (Coggins et al., 2021a). Aplicamos este marco de justicia climática centrándonos en el contexto clima-salud y presentamos estas consideraciones como preguntas. r servicios de salud especializados, lo que presenta barreras para acceder a la atención médica y otros servicios esenciales (ITK 2014).

1. Abordar cuestiones de justicia climática con respecto a distribuciones y capacidades justas.

Las personas a cargo de tomar decisiones deben considerar cuestiones de justicia climática con respecto a las distribuciones (Adger et al. 2006) y capacidades (Nussbaum 2000, 2007; Nussbaum y Sen 1993; Pressman y Summerfield 2002; Schlosberg 2007; Sen 1985, 1999a, 1999b) justas respondiendo las siguientes preguntas para todas las acciones de cambio climático:

- ¿Cómo se distribuyen actualmente los impactos adversos y los beneficios del cambio climático (Adger et al. 2006)? ¿Cómo es probable que se distribuyan en el futuro? ¿Cómo es probable que afecte la distribución de los impactos a la salud humana?
- ¿Cómo se cruzan estos impactos con las inseguridades y vulnerabilidades existentes que enfrentan las poblaciones o grupos vulnerables (Adger et al., 2006)? ¿Cómo es probable que estos impactos se crucen con las vulnerabilidades en el futuro?

- ¿Cómo se ven afectadas por el cambio climático las capacidades de las personas para mantener la buena salud, el bienestar y la capacidad y la libertad de vivir como elijan (Nussbaum 2000; Pressman y Summerfield 2002; Schlosberg 2007; Wolff 2019)? ¿Cómo podrían verse afectadas estas capacidades en el futuro? ¿Qué individuos, grupos o poblaciones probablemente soporten la mayor carga de estos impactos?
- ¿La asistencia para la adaptación climática se distribuye de manera justa? ¿Se les da prioridad a los más vulnerables a los impactos del cambio climático en las iniciativas, planes e intervenciones de adaptación (Adger *et al.*, 2006)?
- ¿Las posibles consecuencias negativas de las acciones de mitigación superan los beneficios? ¿Las consecuencias negativas de la mitigación son desproporcionadamente asumidas por algunos individuos, comunidades o naciones?

2. Abordar cuestiones de justicia climática con respecto a procedimientos justos y reconocimiento.

Sería prudente que los responsables de tomar decisiones consideren cuestiones de justicia climática con respecto a procedimientos justos y reconocimiento (Anderson 1999; Schlosberg 2007) respondiendo las siguientes preguntas para todas las acciones de cambio climático:

- ¿Hay individuos y/o grupos que no son reconocidos como iguales entre sí (Anderson 1999)? ¿Se reconocen y respetan las diferencias culturales?
- ¿La falta de reconocimiento de ciertos grupos o individuos impide su participación en los procesos institucionales y de toma de decisiones (Schlosberg 2007)? ¿Algún grupo o individuo enfrenta barreras para participar en los procesos de toma de decisiones? Si es así, ¿cómo podrían eliminarse estas barreras?
- ¿Hasta qué punto los individuos y los grupos pueden moldear las decisiones que los afectan (Coggins *et al.*, 2021b)?
- ¿Son justos y equitativos los procesos institucionales y de toma de decisiones (Schlosberg 2007)?

5 ¿Cuáles son las conclusiones y recomendaciones de este informe?

5.1 ¿Qué sabemos y por qué nos preocupa?

El clima global está cambiando, y es atribuible a las actividades humanas. A lo largo de este informe, hemos evaluado y sintetizado la evidencia disponible para comprender el nexo entre clima y salud en las Américas, a partir de la cual hemos llegado a las siguientes conclusiones principales:

- **El cambio climático ya está afectando la salud humana en las Américas.** La investigación sobre salud climática en las Américas demuestra que en América del Sur, Central y del Norte, las personas ya están experimentando los impactos del cambio climático en la salud.
- **El cambio climático ya está afectando a todos, en todas partes, pero la magnitud y distribución de los impactos varían.** Ciertas poblaciones enfrentan una mayor vulnerabilidad al cambio climático y experimentan una carga desproporcionada de impactos en la salud debido a varios factores biológicos, sociales y geográficos. Las personas mayores, los niños, las mujeres y las niñas, los pueblos originarios, las personas que viven en entornos socioeconómicos desafiantes y las poblaciones geográficamente vulnerables enfrentan riesgos y desafíos adicionales para la salud relacionados con el cambio climático.
- **Cada grado de calentamiento es importante en las Américas.** Esto reitera la importancia de tomar todas las medidas posibles para limitar el calentamiento muy por debajo de los 2 °C de conformidad con el Acuerdo de París. Está claro a partir de los datos basados en evidencia que los riesgos para la salud serán sustancialmente menores en las Américas a 1,5 °C grados en comparación con 2 °C de calentamiento, y la capacidad de adaptación de las personas, las comunidades, los sistemas de salud y los gobiernos se reduce con cada incremento de calentamiento adicional (IPCC 2018).
- **La equidad es el núcleo de las respuestas eficaces.** Los grupos excluidos social, política y geográficamente tienen el mayor riesgo de impactos en la salud por el cambio climático, pero no están adecuadamente representados en la base de evidencia, lo que tiene implicaciones para la formulación de políticas efectivas. Estos riesgos de salud inequitativos y exclusiones de las respuestas al cambio climático persisten en las Américas. La equidad debe estar a la vanguardia de las futuras investigaciones y respuestas políticas desde la escala local hasta la internacional.
- **Las acciones que se lleven a cabo ahora para construir una resiliencia climática y de salud en las Américas limitarán los riesgos futuros.** Invertir en infraestructura, programación y sistemas de salud resilientes al clima apoyará la adaptación y reducirá los futuros riesgos para la salud derivados del cambio climático. La realización de evaluaciones de vulnerabilidad y adaptación, la integración de la salud en las contribuciones determinadas a nivel nacional y la inversión en educación sobre la salud y el clima son ejemplos de acciones inmediatas que los formuladores de políticas pueden tomar.
- **Las consideraciones sobre el cambio climático y la salud deben integrarse en las oportunidades educativas.** Es imperativo que los programas en las Américas continúen colaborando para establecer planes de estudio robustos sobre clima y salud para equipar a los profesionales de la salud con la experiencia necesaria para brindar una atención eficaz al paciente y liderar la acción en la mitigación y adaptación al cambio climático.
- **Un enfoque de “salud en todas las políticas” apoyará la adaptación, la mitigación y los beneficios colaterales para la salud.** El cambio climático afecta muchos aspectos de la salud y el bienestar humanos; en consecuencia, la salud debe ser considerada en todos los aspectos de la respuesta al cambio climático. Una respuesta de “salud en todas las políticas” no solo apoyará las acciones de adaptación y mitigación del cambio climático para alcanzar los objetivos del Acuerdo de París, sino que también tendrá beneficios colaterales para la salud y apoyará el logro de iniciativas internacionales clave como los ODS.
- **El impulso de la investigación en las Américas debe continuar construyéndose.** La literatura sobre clima y salud en las Américas está creciendo, pero todavía está poco estudiada en comparación con otras áreas de investigación climática (Harper et al., 2021a; Hosking y Campbell-Lendrum 2012; Verner et al., 2016). Se necesitan esfuerzos continuos para construir la base de evidencia, particularmente para las regiones de las Américas que actualmente están subrepresentadas en la literatura.
- **Se necesita colaboración intersectorial.** Llenar los vacíos de investigación y actuar sobre la base de evidencia actual requerirá enfoques interseccionales, intersectoriales e interdisciplinarios (Levy et al., 2018) que reúnan a microbiólogos,

epidemiólogos, científicos sociales, ecologistas, científicos ambientales, ingenieros, economistas, demógrafos, planificadores urbanos y rurales y climatólogos con los responsables de tomar decisiones de las Américas y más allá (Lo lacono et al., 2017; Mellor et al., 2016).

- **El cambio climático intersecta y exacerba otros desafíos globales.** La pandemia de COVID-19 destaca las intersecciones entre el clima, el medio ambiente y la sociedad, y demuestra cómo estos factores pueden contribuir a la exacerbación de las desigualdades sociales y de salud existentes. El COVID-19 también nos brinda lecciones importantes sobre cómo responder a los grandes desafíos globales a través de la cooperación y la movilización rápida a gran escala (Belesova et al., 2020; Klenert et al., 2020; Krieger 2020).

5.2 Construir y utilizar la evidencia base

5.2.1 Interactuar con la evidencia base clima-salud para formular políticas

Utilizar la base de evidencia para promover un enfoque de “salud en todas las políticas” dará como resultado acciones de respuesta climática más relevantes, sostenibles y efectivas. Tal enfoque incluirá los siguientes beneficios:

- La integración de las evaluaciones del impacto en la salud en todas las posibles opciones de respuesta permite a los responsables de la toma de decisiones sopesar los beneficios para la salud, los riesgos, las consecuencias no deseadas y las ventajas y desventajas de los diferentes enfoques.
- Se puede utilizar un enfoque de “salud en todas las políticas” para informar la evaluación y revisión de las normas ambientales. Por ejemplo, la investigación ha demostrado que los estándares de calidad del aire más estrictos (es decir, más allá de las pautas actuales de la OMS) tienen beneficios económicos y de salud, lo que resulta en menos hospitalizaciones y menores gastos de atención médica (Howard et al., 2019).

Estudio de caso 15 La participación de la juventud en la acción climática en las Américas

Los jóvenes están demostrando ser actores clave en el nexo clima-salud al responder a los riesgos climáticos de maneras diversas y únicas. Desde la organización de eventos, como cumbres, marchas y huelgas escolares, hasta el diseño de recursos innovadores para desarrollar conocimientos y habilidades, se están movilizando y convirtiendo sus preocupaciones sobre el cambio climático en acciones colaborativas. De hecho, es fundamental reconocer a los jóvenes como líderes climáticos, no simplemente como un grupo al que se debe consultar y con el que interactuar.

En todo el continente americano, las organizaciones juveniles están instando a sus gobiernos a implementar políticas relacionadas con el clima. Por ejemplo, el [Consejo Internacional de la Juventud Indígena](#), creado gracias a los esfuerzos de las mujeres y los pueblos de dos espíritus durante el Levantamiento Indígena de Standing Rock en 2016, utiliza la educación, las prácticas espirituales y el compromiso cívico para luchar por un futuro sostenible. El poder de las voces de los jóvenes también es evidente en otras historias de cabildeo gubernamental exitoso. Por ejemplo, en 2018, la [Corte Suprema se puso del lado de los jóvenes demandantes en Colombia](#), apoyando su argumento de que la deforestación y el aumento de las temperaturas amenazaban sus derechos constitucionales a un medio ambiente sano, vida, salud, alimentación y agua. En 2019, [Jóvenes por el Clima](#) presionó al Gobierno argentino para que declarara una Emergencia Climática y Ecológica y promulgara la primera Ley de Cambio Climático.

Los grupos de apoyo entre pares brindan recursos para los jóvenes que se sienten emocionalmente agobiados por la crisis climática. Por ejemplo, el [Consejo Climático Comunitario](#) con sede en la Municipalidad Regional de Peel, Ontario, está organizando Cafés sobre el Cambio Climático, que son espacios virtuales donde los jóvenes pueden reunirse y hablar sobre la ansiedad y el duelo relacionados con el cambio climático. Otra iniciativa es el proyecto “[My Climate Story](#)” (“Mi historia con el Clima”) del [Fraser Basin Council](#), que, además de proporcionar herramientas y recursos educativos, permite a los jóvenes compartir historias de ansiedad climática, incluidas aquellas relacionadas con la salud. En 2021, la [Sociedad Real de Canadá](#) y [Let's Talk Science](#) (Hablemos de Ciencia) anunciaron una asociación para involucrar a más de 600.000 jóvenes de todo Canadá en la educación y la acción en materia de ciencias climáticas a través de eventos, proyectos de acción y recursos digitales.

Los jóvenes también están usando sus voces para abordar la interseccionalidad de la crisis climática. Por ejemplo, [Climate in Colour](#) (Clima en Color) destaca el racismo sistémico en los movimientos climáticos, ofreciendo talleres sobre racismo ambiental, justicia ambiental y la historia colonial del clima. En América Latina y el Caribe, el movimiento [Sail for Climate Action](#) (Navegar por la Acción Climática) involucró a un grupo de jóvenes que navegaron hacia Europa, esforzándose por tener sus voces representadas en los espacios de toma de decisiones. Su viaje incluyó programas de desarrollo de capacidades e intercambio de conocimientos, y estaba destinado a terminar en la 52.ª sesión de los órganos subsidiarios de la CMNUCC en Alemania antes de ser interrumpido por el COVID-19.

Para apoyar estas y otras importantes iniciativas relacionadas con el clima que los jóvenes defienden, los responsables de la toma de decisiones pueden tomar varias medidas:

- Involucrar a los jóvenes desde el principio en los esfuerzos de toma de decisiones.
- Proporcionar a los jóvenes plataformas para expresar sus preocupaciones e incorporar sus prioridades de salud en las políticas y programas relacionados con el clima.
- Invertir en iniciativas diseñadas y dirigidas por jóvenes. Consultar a los jóvenes y proporcionarles el capital y los recursos que necesitan para movilizarse y responder a los impactos del clima y la salud.
- Al consultar con los jóvenes, dar prioridad a las voces originarias y otras voces frecuentemente excluidas que pueden verse afectadas de manera desproporcionada por los riesgos del clima y la salud.

- La base de evidencia clima-salud agrega valor a las evaluaciones climáticas locales y nacionales. En las Américas, algunos países han llevado a cabo evaluaciones nacionales de vulnerabilidad y adaptación (Berry *et al.*, 2018), y a medida que más países trabajen para realizar tales evaluaciones, el acceso a la mejor evidencia disponible sobre clima y salud será vital.
- Un enfoque de “salud en todas las políticas” asegura que los temas de equidad permanezcan al frente de las discusiones sobre la respuesta climática y promueve la participación de diferentes audiencias en las discusiones sobre el clima y la salud (Estudio de Caso 15). De manera crítica, se debe tener cuidado para evitar diluir la responsabilidad y disminuir la calidad de las respuestas cuando las consideraciones de salud y equidad se integran en la toma de decisiones.

5.2.2 Síntesis de la evidencia e identificación de brechas en el conocimiento

La investigación basada en métodos rigurosos, transparentes y multidisciplinarios es, y debe continuar siendo, el núcleo de la base de evidencia sobre clima y salud. Sin embargo, el creciente número de publicaciones sobre cambio climático y salud (Berrang-Ford *et al.*, 2021b) significa que los responsables de tomar decisiones y los investigadores deben clasificar grandes cantidades de información, lo que presenta barreras para una acción efectiva (Ebi *et al.*, 2018a; Hosking y Campbell-Lendrum 2012; Verner *et al.*, 2016). Por lo tanto, la información que proporcionamos en este informe puede servir como una herramienta de síntesis útil para informar acciones e investigaciones futuras basadas en temas identificados en el informe, incluyendo las siguientes áreas:

Se necesita más investigación para proyectar los impactos futuros del clima y la salud en las Américas

Aunque un creciente cuerpo de literatura examina los impactos actuales en la salud relacionados con factores ambientales y climáticos, existe una notable falta de investigación de proyección en muchos de los resultados de salud evaluados en este informe. Las proyecciones de clima y salud en futuros proyectos de investigación deben considerar los cambios demográficos, los factores socioeconómicos, el desarrollo social y las intervenciones de adaptación que probablemente cambien con el tiempo y dependiendo del lugar. Dadas las complejas interacciones entre los factores no climáticos y los resultados de salud sensibles al clima, tales consideraciones serán esenciales para modelar las tendencias futuras.

Se necesita un mayor enfoque en los resultados de salud poco estudiados

Algunos resultados de salud sensibles al clima siguen siendo relativamente poco estudiados en las Américas. Por ejemplo, existe una base de literatura relativamente pequeña en América del Norte que examina los resultados de salud mental, la nutrición, las lesiones y los aeroalérgenos en comparación con otros resultados de salud, como la morbilidad y mortalidad relacionadas al calor y las enfermedades respiratorias (Harper *et al.*, 2021a).

Se necesita investigación adicional para llenar los vacíos en el Caribe, América Central y América del Sur

La literatura publicada sobre el cambio climático y la salud se centra en gran medida en América del Norte y, en particular, en los Estados Unidos. Es evidente a partir de este informe que existen brechas de investigación en el Caribe, América Central y América del Sur, lo que representa un área importante de enfoque futuro. Llenar estos vacíos de ubicación será fundamental para establecer información de referencia sobre las relaciones específicas de exposición-respuesta del contexto, desarrollar proyecciones regionales específicas e informar las respuestas de mitigación y adaptación relevantes para estas regiones. El apoyo a los esfuerzos interdisciplinarios, la implementación de acuerdos de intercambio de datos y la expansión de las colaboraciones y los recursos de investigación regionales serán clave para abordar estas brechas. Para lograr una cobertura geográfica más equitativa de la investigación es fundamental mejorar los mecanismos de financiación para el Caribe, América Central y América del Sur. Con demasiada frecuencia, la financiación disponible está sesgada hacia la mitigación, a pesar de los claros beneficios de la investigación centrada en la adaptación en muchos países de ingresos bajos y medianos.

Se necesita más investigación para conectar los impactos del cambio climático con las opciones de adaptación y mitigación

Gran parte de la literatura sobre clima y salud hasta la fecha se centra en los actuales impactos en la salud. Esto proporciona importante información de referencia, que debe desarrollarse continuamente para mejorar nuestra comprensión de las opciones de mitigación y adaptación disponibles y las implicaciones de esas opciones en los resultados de salud sensibles al clima en las Américas.

La investigación futura debe ser autodeterminada y dirigida por poblaciones vulnerables para abordar y prevenir las inequidades en salud.

Como se desprende de este informe, ciertas poblaciones corren un mayor riesgo de experimentar los impactos del cambio climático en la salud; sin embargo, la investigación y las respuestas a menudo no consideran adecuadamente a los grupos social, geográfica, económica y políticamente marginados. La investigación adicional será importante para informar las respuestas que abordan la mitigación y adaptación climática-salud a través de una lente de equidad y justicia en salud. Dicha investigación también contribuirá a iniciativas globales como los ODS y el objetivo de la Organización Mundial de la Salud de establecer una atención médica universal para 2030 (Naciones Unidas 2020; OMS y Grupo del Banco Mundial 2019). Será fundamental proporcionar los recursos y el apoyo necesarios para que las comunidades determinen por sí mismas las prioridades, los procesos y las respuestas de investigación, especialmente en relación con los riesgos del cambio climático para la salud de los pueblos originarios.

5.2.3 El papel continuo de IANAS y otras redes de Academias

Las redes de academias, como IANAS, juegan un papel importante en la construcción de la base de evidencia sobre clima y salud; sin embargo, las responsabilidades de las redes académicas se extienden más allá del desarrollo del conocimiento de la investigación e incluyen las siguientes funciones importantes:

- Proporcionar información objetiva e independiente de intereses políticos y comerciales.
- Comprometerse con gobiernos, organizaciones, medios de comunicación y audiencias públicas para transmitir información y contrarrestar activamente la información errónea y la mala interpretación de los datos.
- Proporcionar una plataforma que reúna a expertos mundiales y promueva la colaboración e innovación intersectorial.
- Trabajar con los socios para establecer futuras prioridades de investigación y convocatorias de financiación.

IANAS juega un papel fundamental al comprometerse con las comunidades locales, nacionales e internacionales tanto dentro como fuera de las Américas para comunicar los resultados y las prioridades de la investigación. Además, IANAS y sus academias miembro han desarrollado varios marcos y agendas enfocados en mejorar la comunicación científica y el compromiso educativo con la ciencia, incluidos los siguientes:

- *Comunicar la ciencia de manera efectiva: una agenda de investigación* (Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Medicina 2017);
- *Educación Científica Basada en la Investigación: Promoviendo cambios en la enseñanza de las ciencias en las Américas* (IANAS 2017b);
- *Marco para la Educación Científica K-12: Prácticas, conceptos transversales e ideas centrales.* (Consejo Nacional de Investigación de las Academias Nacionales 2012).

Los próximos pasos importantes después de este informe incluyen el uso de los hallazgos para comprometerse con los responsables de tomar decisiones regionales. También habrá un informe global posterior que sintetice los hallazgos y mensajes clave de cada uno de los informes regionales de InterAcademy Partnership, incluidos IANAS (América), NASAC (África), EASAC (Europa) y AASSA (Asia).

6 Referencias

- AACN. (2011). *Toward an environmentally sustainable academic enterprise; an AACN guide for nursing education*. American Association of Colleges of Nursing.
- Abel D, Holloway T, Kladar RM, Meier P, Ahl D, Harkey M, et al. (2017). Response of power plant emissions to ambient temperature in the eastern United States. *Environmental Science & Technology* **51**, 5838–5846; doi: 10.1021/acs.est.6b06201.
- Abel DW, Holloway T, Harkey M, Meier P, Ahl D, Limaye VS, et al. (2018). Air-quality-related health impacts from climate change and from adaptation of cooling demand for buildings in the eastern United States; an interdisciplinary modeling study. *PLoS Medicine* **15**, e1002599; doi: 10.1371/journal.pmed.1002599.
- Abrahamson V, Wolf J, Lorenzoni I, Fenn B, Kovats S, Wilkinson P, et al. (2009). Perceptions of heatwave risks to health: interview-based study of older people in London and Norwich, UK. *Journal of Public Health* **31**, 119–126; doi: 10.1093/pubmed/fdn102.
- Abram N, Gattuso J-P, Prakash A, Cheng L, Chidichimo MP, Crate S, et al. (2019). Framing and context of the report. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* (H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, et al., eds). 73–129.
- Abubakar I, Aldridge RW, Devakumar D, Orcutt M, Burns R, Barreto ML, et al. (2018). The UCL–The Lancet Commission on migration and health: the health of a world on the move. *The Lancet* **392**, 2606–2654; doi: 10.1016/S0140-6736(18)32114-7.
- Academy of South Africa, Brazilian Academy of Sciences, German National Academy of Sciences Leopoldina, US National Academy of Medicine, US National Academy of Science. (2019). Air pollution and health – a science-policy initiative. *Annals of Global Health* **85**, 140; doi: 10.5334/aogh.2656.
- Adger WN, Paavola J, Huq S, Mace MJ. (2006). *Fairness in adaptation to climate change*. Adger WN, Paavola J, Huq S, and Mace MJ, eds. MIT Press: Cambridge, Massachusetts.
- Aldong W, Dietsch E. (2015). Environmental education and the health professions: framing climate change as a health issue. *Environmental Education Research* **21**, 687–709; doi: 10.1080/13504622.2014.930727.
- Agunos A, Waddell L, Léger D, Taboada E. (2014). A systematic review characterizing on-farm sources of *Campylobacter* spp. for broiler chickens. *PLoS ONE* **9**, e104905; doi: 10.1371/journal.pone.0104905.
- Ahmad S, Pachauri S, Creutzig F. (2017). Synergies and trade-offs between energy-efficient urbanization and health. *Environmental Research Letters* **12**; doi: 10.1088/1748-9326/aa9281.
- Akbar L, Zuk AM, Tsuji LJS. (2020). Health and wellness impacts of traditional physical activity experiences on Indigenous youth; a systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **17**, 8275; doi: 10.3390/ijerph17218275.
- Alae-Carew C, Nicoleau S, Bird FA, Hawkins P, Tuomisto HL, Haines A, et al. (2020). The impact of environmental changes on the yield and nutritional quality of fruits, nuts and seeds; a systematic review. *Environmental Research Letters* **15**, 023002; doi: 10.1088/1748-9326/ab5cc0.
- Alava JJ, Cheung WWL, Ross PS, Sumaila UR. (2017). Climate change-contaminant interactions in marine food webs: toward a conceptual framework. *Global Change Biology* **23**, 3984–4001; doi: 10.1111/gcb.13667.
- Alava JJ, Cisneros-Montemayor AM, Sumaila UR, Cheung WWL. (2018). Projected amplification of food web bioaccumulation of MeHg and PCBs under climate change in the Northeastern Pacific. *Scientific Reports* **8**, 13460; doi: 10.1038/s41598-018-31824-5.
- Albert S, Bronen R, Tooler N, Leon J, Yee D, Ash J, et al. (2018). Heading for the hills: climate-driven community relocations in the Solomon Islands and Alaska provide insight for a 1.5 °C future. *Regional Environmental Change* **18**, 2261–2272; doi: 10.1007/s10113-017-1256-8.
- Albertine JM, Manning WJ, DaCosta M, Stinson KA, Muilenberg ML, Rogers CA. (2014). Projected carbon dioxide to increase grass pollen and allergen exposure despite higher ozone levels. *PLoS ONE* **9**, e111712; doi: 10.1371/journal.pone.0111712.
- Aleksandrowicz L, Green R, Joy EJM, Smith P, Haines A. (2016). The impacts of dietary change on greenhouse gas emissions, land use, water use, and health; a systematic review. *PLoS ONE* **11**, e0165797; doi: 10.1371/journal.pone.0165797.
- Alfaro-Córdoba M, Hidalgo HG, Alfaro EJ. (2020). Aridity trends in Central America; a spatial correlation analysis. *Atmosphere* **11**, 427; doi: 10.3390/ATMOS11040427.
- Ali N, Islam F. (2020). The effects of air pollution on COVID-19 infection and mortality—a review on recent evidence. *Frontiers in Public Health* **8**, 580057; doi: 10.3389/fpubh.2020.580057.
- Alimi TO, Fuller DO, Qualls WA, Herrera S V, Arevalo-Herrera M, Quinones ML, et al. (2015). Predicting potential ranges of primary malaria vectors and malaria in northern South America based on projected changes in climate, land cover and human population. *Parasites and Vectors* **8**, 431; doi: 10.1186/s13071-015-1033-9.
- Aljibory Z, Chen M-S. (2018). Indirect plant defense against insect herbivores; a review. *Insect Science* **25**, 2–23; doi: 10.1111/1744-7917.12436.
- Almeira G, Rusticucci M, Suaya M. (2016). Relación entre mortalidad y temperaturas extremas en Buenos Aires y Rosario. *Meteorologica* **41**, 65–79.
- AMA. (2019). *Climate change education across the medical education continuum*. American Medical Association: <https://policysearch.ama-assn.org/policyfinder/detail/climatechange?uri=%2FAMADoc%2FHOD.xml-H-135.919.xml>.
- AMS. (2020). *Urban health research in Latin America: Workshop report*. The Academy of Medical Sciences: London, UK: <https://acmedsci.ac.uk/file-download/5842034>.
- Anderson D, Ford JD, Way RG. (2018a). The impacts of climate and social changes on cloudberry (bakeapple) picking; a case study from southeastern Labrador. *Human Ecology* **46**, 849–863; doi: 10.1007/s10745-018-0038-3.
- Anderson ES. (1999). What is the point of equality? *Ethics* **109**, 287–337.
- Anderson GB, Oleson KW, Jones B, Peng RD. (2018b). Projected trends in high-mortality heatwaves under different scenarios of climate, population, and adaptation in 82 US communities. *Climate Change* **146**, 455–470; doi: 10.1007/s10584-016-1779-x.
- Anderson I, Robson B, Connolly M, Al-Yaman F, Bjertness E, King A, et al. (2016). Indigenous and tribal peoples' health (*The Lancet–Lowitja Institute Global Collaboration*); a population study. *The Lancet* **388**, 131–157; doi: 10.1016/S0140-6736(16)00345-7.

- Andrews O, Le Quéré C, Kjellstrom T, Lemke B, Haines A. (2018). Implications for workability and survivability in populations exposed to extreme heat under climate change; a modelling study. *The Lancet Planetary Health* **2**, e540–e547; doi: 10.1016/S2542-5196(18)30240-7.
- Angel JL, Vega W, López-Ortega M, Pruchno R. (2017). Aging in Mexico: population trends and emerging issues. *Gerontologist* **57**, 153–162; doi: 10.1093/geront/gnw136.
- ANHE. (2016). *E-textbook - Environmental health in nursing*. J. Leffers, C.M. Smith, K. Huffling, R. McDermott-Levy, and B. Sattler, eds. Alliance of Nurses for Healthy Environments.
- Aragão LEOC, Marengo JA, Cox PM, Betts RA, Costa D, Kaye N, et al. (2016). Assessing the influence of climate extremes on ecosystems and human health in southwestern Amazon supported by the PULSE-Brazil Platform. *American Journal of Climate Change* **5**, 399–416; doi: 10.4236/ajcc.2016.53030.
- Arbuthnott K, Hajat S, Heaviside C, Vardoulakis S. (2016). Changes in population susceptibility to heat and cold over time; assessing adaptation to climate change. *Environmental Health* **15**, 33; doi: 10.1186/s12940-016-0102-7.
- Armitage R, Nellums LB. (2020). Water, climate change, and COVID-19, Prioritising those in water-stressed settings. *The Lancet Planetary Health* **4**, e175; doi: 10.1016/S2542-5196(20)30084-X.
- Arneth A, Niinemets Ü. (2010). Induced BVOCs: how to bug our models? *Trends in Plant Science* **15**, 118–125; doi: 10.1016/j.tplants.2009.12.004.
- Asariotis R. (2018). *2018 demonstrates extreme weather's impact on development*. United Nations Conference on Trade and Development: Geneva, Switzerland.
- Åström C, Orru H, Rocklöv J, Strandberg G, Ebi KL, Forsberg B. (2013). Heat-related respiratory hospital admissions in Europe in a changing climate; a health impact assessment. *British Medical Journal Open* **3**, e001842; doi: 10.1136/bmjopen-2012-001842.
- Atwoli L, Baqui AH, Benfield T, Bosurgi R, Godlee F, Hancocks S, et al. (2021). Call for emergency action to limit global temperature increases, restore biodiversity, and protect health. *The Lancet* **398**, 939–941; doi: 10.1016/s0140-6736(21)01915-2.
- Auffhammer M, Burke M, Burney J, Hsiang S, Lobell D, Roberts M, et al. (2020). *COVID-19 reduces economic activity, which reduces pollution, which saves lives*. Global Food, Environment and Economic Dynamics: <http://www.g-feed.com/2020/03/covid-19-reduces-economic-activity.html>.
- Auler AC, Cássaro FAM, da Silva VO, Pires LF. (2020). Evidence that high temperatures and intermediate relative humidity might favor the spread of COVID-19 in tropical climate; a case study for the most affected Brazilian cities. *Science of the Total Environment* **729**, 139090; doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.139090.
- Austin SE, Biesbroek R, Berrang-Ford L, Ford JD, Parker S, Fleury MD. (2016). Public health adaptation to climate change in OECD countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **13**, 889; doi: 10.3390/ijerph13090889.
- Bacon CM, Sundstrom WA, Stewart IT, Maurer E, Kelley LC. (2021). Towards smallholder food and water security: climate variability in the context of multiple livelihood hazards in Nicaragua. *World Development* **143**, 105468; doi: 10.1016/j.worlddev.2021.105468.
- Baker-Austin C, Oliver JD, Alam M, Ali A, Waldor MK, Qadri F, et al. (2018). *Vibrio* spp. infections. *Nature Reviews Disease Primers* **4**, 8; doi: 10.1038/s41572-018-0005-8.
- Balbus JM, Boxall ABA, Fenske RA, McKone TE, Zeise L. (2013). Implications of global climate change for the assessment and management of human health risks of chemicals in the natural environment. *Environmental Toxicology and Chemistry* **32**, 62–78; doi: 10.1002/etc.2046.
- Banerjee SK, Rutley R, Bussey J. (2018). Diversity and dynamics of the Canadian coastal *Vibrio* community; an emerging trend detected in the temperate regions. *Journal of Bacteriology* **200**, e00787-17; doi: 10.1128/JB.00787-17.
- Barros VR, Boninsegna JA, Camilloni IA, Chidiak M, Magrín GO, Rusticucci M. (2015). Climate change in Argentina: trends, projections, impacts and adaptation. *WIREs Climate Change* **6**, 151–169; doi: 10.1002/wcc.316.
- Bashir MF, Ma B, Bilal, Komal B, Bashir MA, Tan D, et al. (2020). Correlation between climate indicators and COVID-19 pandemic in New York, USA. *Science of the Total Environment* **728**, 138835; doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138835.
- Basu R, Malig B, Ostro B. (2010). High ambient temperature and the risk of preterm delivery. *American Journal of Epidemiology* **172**, 1108–1117; doi: 10.1093/aje/kwq170.
- Beach RH, Sulser TB, Crimmins A, Cenacchi N, Cole J, Fukagawa NK, et al. (2019). Combining the effects of increased atmospheric carbon dioxide on protein, iron, and zinc availability and projected climate change on global diets; a modelling study. *The Lancet Planetary Health* **3**, e307–e317; doi: 10.1016/S2542-5196(19)30094-4.
- Bebber DP, Ramotowski MAT, Gurr SJ. (2013). Crop pests and pathogens move polewards in a warming world. *Nature Climate Change* **3**, 985–988; doi: 10.1038/NCLIMATE1990.
- Beelen R, Stafoggia M, Raaschou-Nielsen O, Andersen ZJ, Xun WW, Katsouyanni K, et al. (2014). Long-term exposure to air pollution and cardiovascular mortality; an analysis of 22 European cohorts. *Epidemiology* **25**, 368–378; doi: 10.1097/EDE.0000000000000076.
- Beggs PJ. (2004). Impacts of climate change on aeroallergens: past and future. *Clinical & Experimental Allergy* **34**, 1507–1513; doi: 10.1111/j.1365-2222.2004.02061.x.
- Belesova K, Heymann DL, Haines A. (2020). Integrating climate action for health into COVID-19 recovery plans. *British Medical Journal* **370**, m3169; doi: 10.1136/bmj.m3169.
- Bell EJ. (2010). Climate change: what competencies and which medical education and training approaches? *BMC Medical Education* **10**, 31; doi: 10.1186/1472-6920-10-31.
- Bell ML, Davis DL, Gouveia N, Borja-Aburto VH, Cifuentes LA. (2006). The avoidable health effects of air pollution in three Latin American cities: Santiago, São Paulo, and Mexico City. *Environmental Research* **100**, 431–440; doi: 10.1016/j.envres.2005.08.002.
- Belleville G, Ouellet M-C, Morin CM. (2019). Post-traumatic stress among evacuees from the 2016 Fort McMurray wildfires: exploration of psychological and sleep symptoms three months after the evacuation. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **16**, 1604; doi: 10.3390/ijerph16091604.
- Benevolenza MA, DeRigne L. (2019). The impact of climate change and natural disasters on vulnerable populations; a systematic review of literature. *Journal of Human Behavior in the Social Environment* **29**, 266–281; doi: 10.1080/10911359.2018.1527739.
- Berner J, Brubaker M, Revitch B, Kreummel E, Tcheripanoff M, Bell J. (2016). Adaptation in Arctic circumpolar communities: food and water security in a changing climate. *International Journal of Circumpolar Health* **75**, 33820; doi: 10.3402/ijch.v75.33820.
- Berrang-Ford L, Biesbroek R, Ford JD, Lesnikowski A, Tanabe A, Wang FM, et al. (2019). Tracking global climate change adaptation among governments. *Nature Climate Change* **9**, 440–449; doi: 10.1038/s41558-019-0490-0.
- Berrang-Ford L, Siders AR, Lesnikowski A, Fischer AP, Callaghan MW, Haddaway NR, et al. (2021a). A systematic global stocktake of

- evidence on human adaptation to climate change. *Nature Climate Change* **11**, 989–1000; doi: 10.1038/s41558-021-01170-y.
- Berrang-Ford L, Sietsma AJ, Callaghan M, Minx JC, Scheelbeek PFD, Haddaway NR, et al. (2021b). Systematic mapping of global research on climate and health; a machine learning review. *The Lancet Planetary Health* **5**, e514–e525; doi: 10.1016/S2542-5196(21)00179-0.
- Berry P, Enright PM, Shumake-Guillemot J, Villalobos Prats E, Campbell-Lendrum D. (2018). Assessing health vulnerabilities and adaptation to climate change; a review of international progress. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **15**, 2626; doi: 10.3390/ijerph15122626.
- Bhavnani D, Goldstick JE, Cevallos W, Trueba G, Eisenberg JNS. (2014). Impact of rainfall on diarrheal disease risk associated with unimproved water and sanitation. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* **90**, 705–711; doi: 10.4269/ajtmh.13-0371.
- Birney CI, Franklin KF, Davidson FT, Webber ME. (2017). An assessment of individual foodprints attributed to diets and food waste in the United States. *Environmental Research Letters* **12**, 105008; doi: 10.1088/1748-9326/aa8494.
- Bodansky D, Brunnée J, Rajamani L. (2017). *International climate change law*. Oxford University Press: Oxford, United Kingdom.
- Bolton K, Loughheed M, Ford JD, Nickels S, Grable C, Shirley J. (2011). What we know, don't know, and need to know about climate change in Inuit Nunangat; a systematic literature review and gap analysis of the Canadian Arctic.
- Borish D, Cunsolo A, Snook J, Shiwak I, Wood M, HERD Caribou Project Steering Committee, et al. (2021). "Caribou was the reason, and everything else happened after": effects of caribou declines on Inuit in Labrador, Canada. *Global Environmental Change* **68**, 102268; doi: 10.1016/j.gloenvcha.2021.102268.
- Bouchard C, Dibernardo A, Koffi J, Wood H, Leighton P, Lindsay L. (2019). Increased risk of tick-borne diseases with climate and environmental changes. *Canada Communicable Disease Report* **45**, 81–89; doi: 10.14745/ccdr.v45i04a02.
- Boulanger-Lapointe N, Gérin-Lajoie J, Collier LS, Desrosiers S, Spiech C, Henry GHR, et al. (2019). Berry plants and berry picking in Inuit Nunangat: traditions in a changing socio-ecological landscape. *Human Ecology* **47**, 81–93; doi: 10.1007/s10745-018-0044-5.
- Bowen KJ, Ebi KL. (2015). Governing the health risks of climate change: towards multi-sector responses. *Current Opinion in Environmental Sustainability* **12**, 80–85; doi: 10.1016/j.cosust.2014.12.001.
- Bowen KJ, Friel S, Ebi K, Butler CD, Miller F, McMichael AJ. (2012). Governing for a healthy population: towards an understanding of how decision-making will determine our global health in a changing climate. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **9**, 55–72; doi: 10.3390/ijerph9010055.
- Boyles AL, Blain RB, Rochester JR, Avanasri R, Goldhaber SB, McComb S, et al. (2017). Systematic review of community health impacts of mountaintop removal mining. *Environment International* **107**, 163–172; doi: 10.1016/j.envint.2017.07.002.
- Breton M-C, Garneau M, Fortier I, Guay F, Louis J. (2006). Relationship between climate, pollen concentrations of *Ambrosia* and medical consultations for allergic rhinitis in Montreal, 1994-2002. *Science of the Total Environment* **370**, 39–50; doi: 10.1016/j.scitotenv.2006.05.022.
- Brierley CK, Suarez N, Arora G, Graham D. (2014). Healthcare access and health beliefs of the Indigenous Peoples in remote Amazonian Peru. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* **90**, 180–183; doi: 10.4269/ajtmh.13-0547.
- Brikowski TH, Lotan Y, Pearle MS. (2008). Climate-related increase in the prevalence of urolithiasis in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **105**, 9841–9846; doi: 10.1073/pnas.0709652105.
- Brimicombe C, Porter JJ, Di Napoli C, Pappenberger F, Cornforth R, Petty C, et al. (2021). Heatwaves; an invisible risk in UK policy and research. *Environmental Science & Policy* **116**, 1–7; doi: 10.1016/j.envsci.2020.10.021.
- Briz-Redón Á, Serrano-Aroca Á. (2020). The effect of climate on the spread of the COVID-19 pandemic; a review of findings, and statistical and modelling techniques. *Progress in Physical Geography* **44**, 591–604; doi: 10.1177/0309133320946302.
- Brown HE, Young A, Lega J, Andreadis TG, Schurich J, Comrie A. (2015). Projection of climate change influences on U.S. West Nile virus vectors. *Earth Interactions* **19**, 18; doi: 10.1175/EI-D-15-0008.1.
- Brown MA, Soni A, Lapsa M V., Southworth K, Cox M. (2020). High energy burden and low-income energy affordability: conclusions from a literature review. *Progress in Energy* **2**; doi: 10.1088/2516-1083/abb954.
- Brown MRG, Agyapong V, Greenshaw AJ, Cribben I, Brett-MacLean P, Drolet J, et al. (2019). Significant PTSD and other mental health effects present 18 months after the Fort McMurray wildfire: findings from 3,070 grades 7–12 students. *Front Psychiatry* **10**, 623; doi: 10.3389/fpsy.2019.00623.
- Buka I, Shea KM. (2019). Global climate change and health in Canadian children. *Paediatrics and Child Health* **24**, 557–557; doi: 10.1093/pch/pxz157.
- Burke M, González F, Baylis P, Heft-Neal S, Baysan C, Basu S, et al. (2018). Higher temperatures increase suicide rates in the United States and Mexico. *Nature Climate Change* **8**, 723–729; doi: 10.1038/s41558-018-0222-x.
- Burnett R, Chen H, Szyszkwicz M, Fann N, Hubbell B, Pope CA, et al. (2018). Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **115**, 9592–9597; doi: 10.1073/pnas.1803222115.
- Bussalleu A, Pizango P, King N, I.H.A.C.C. Research Team, Ford J, Harper SL. (2021). *Kaniuwatewara* (when we get sick): understanding health-seeking behaviours among the Shawi of the Peruvian Amazon. *BMC Public Health* **21**, 1552; doi: 10.1186/s12889-021-11574-2.
- Butterworth MK, Morin CW, Comrie AC. (2017). An analysis of the potential impact of climate change on dengue transmission in the southeastern United States. *Environmental Health Perspectives* **125**, 579–585; doi: 10.1289/EHP218.
- Cabrera IR, Tomey AV. (2010). Nivel de conocimientos de la dimensión ambiental en la carrera de Medicina. *Educación Médica Superior* **24**, 445–453.
- Cameron L, Courchene D, Ijaz S, Mauro I. (2021). 'A change of heart': indigenous perspectives from the Onjisy Aki Summit on climate change. *Climate Change* **164**, 43; doi: 10.1007/s10584-021-03000-8.
- Caminade C, Kovats S, Rocklov J, Tompkins AM, Morse AP, Colón-González FJ, et al. (2014). Impact of climate change on global malaria distribution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **111**, 3286–3291; doi: 10.1073/pnas.1302089111.
- Campbell-Lendrum D, Manga L, Bagayoko M, Sommerfeld J. (2015). Climate change and vector-borne diseases: what are the implications for public health research and policy? *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* **370**, 20130552; doi: 10.1098/rstb.2013.0552.
- Campbell LP, Luther C, Moo-Llanes D, Ramsey JM, Danis-Lozano R, Peterson AT. (2015). Climate change influences on global distributions

- of dengue and chikungunya virus vectors. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* **370**, 20140135; doi: 10.1098/rstb.2014.0135.
- Cantell H, Tolppanen S, Aarnio-Linnanvuori E, Lehtonen A. (2019). Bicycle model on climate change education: presenting and evaluating a model. *Environmental Education Research* **25**, 717–731; doi: 10.1080/13504622.2019.1570487.
- Carlson CJ, Gomez ACR, Bansal S, Ryan SJ. (2020). Misconceptions about weather and seasonality must not misguide COVID-19 response. *Nature Communications* **11**, 4312; doi: 10.1038/s41467-020-18150-z.
- Carlton EJ, Eisenberg JNS, Goldstick J, Cevallos W, Trostle J, Levy K. (2014). Heavy rainfall events and diarrhea incidence: the role of social and environmental factors. *American Journal of Epidemiology* **179**, 344–352; doi: 10.1093/aje/kwt279.
- Carlton EJ, Woster AP, DeWitt P, Goldstein RS, Levy K. (2016). A systematic review and meta-analysis of ambient temperature and diarrhoeal diseases. *International Journal of Epidemiology* **45**, 117–130; doi: 10.1093/ije/dyv296.
- Carmona-Castro O, Moo-Llanes DA, Ramsey JM. (2018). Impact of climate change on vector transmission of *Trypanosoma cruzi* (Chagas, 1909) in North America. *Medical and Veterinary Entomology* **32**, 84–101; doi: 10.1111/mve.12269.
- Carr ER, Thompson MC. (2014). Gender and climate change adaptation in agrarian settings: current thinking, new directions, and research frontiers. *Geography Compass* **8**, 182–197; doi: 10.1111/gec3.12121.
- Cashman A. (2014). Water security and services in the Caribbean. *Water* **6**, 1187–1203; doi: 10.3390/w6051187.
- Castleden H, Lin J, Darrach M. (2020). The public health emergency of climate change: how/are Canadian post-secondary public health sciences programs responding? *Canadian Journal of Public Health* **111**, 836–844; doi: 10.17269/s41997-020-00386-3.
- CCA. (2019). *Canada's top climate change risks: the expert panel on climate change risks and adaptation potential*. Council of Canadian Academies: Ottawa.
- Cecchi L, D'Amato G, Ayres JG, Galan C, Forastiere F, Forsberg B, et al. (2010). Projections of the effects of climate change on allergic asthma: the contribution of aerobiology. *Allergy* **65**, 1073–1081; doi: 10.1111/j.1398-9995.2010.02423.x.
- Cesa M, Fongaro G, Barardi CRM. (2016). Waterborne diseases classification and relationship with social-environmental factors in Florianópolis city - Southern Brazil. *Journal of Water and Health* **14**, 340–348; doi: 10.2166/wh.2015.266.
- CFIA. (2014). Chapter 4, Food safety hazards. In: *Imported and Manufactured Food Program Inspection Manual*. Canadian Food Inspection Agency: Ottawa, ON.
- CFMS HEART. (2019). *CFMS health and environment adaptive response task force (HEART planetary health educational competencies*. Canadian Federation of Medical Students' Health and Environment Adaptive Response Task Force.
- CFMS HEART. (2020). *CFMS HEART: National report on planetary health education (2019)*. Canadian Federation of Medical Students' Health and Environment Adaptive Response Task Force.
- Chang KM, Hess JJ, Balbus JM, Buonocore JJ, Cleveland DA, Grabow ML, et al. (2017). Ancillary health effects of climate mitigation scenarios as drivers of policy uptake: a review of air quality, transportation and diet co-benefits modeling studies. *Environmental Research Letters* **12**, 113001; doi: 10.1088/1748-9326/aa8f7b.
- Charlebois S, Summan A. (2015). Determinants of future microbial food safety in Canada for risk communication. *Journal of Food Safety* **35**, 303–317; doi: 10.1111/jfs.12172.
- Checkley W, Epstein LD, Gilman RH, Figueroa D, Cama RI, Patz JA, et al. (2000). Effects of *El Niño* and ambient temperature on hospital admissions for diarrhoeal diseases in Peruvian children. *The Lancet* **355**, 442–450; doi: 10.1016/S0140-6736(00)82010-3.
- Chen CC, Jenkins E, Epp T, Waldner C, Curry PS, Soos C. (2013). Climate change and West Nile virus in a highly endemic region of North America. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **10**, 3052–3071; doi: 10.3390/ijerph10073052.
- Cheng A, Chen D, Woodstock K, Ogden NH, Wu X, Wu J. (2017). Analyzing the potential risk of climate change on Lyme disease in Eastern Ontario, Canada using time series remotely sensed temperature data and tick population modelling. *Remote Sensing* **9**, 609; doi: 10.3390/rs9060609.
- Cheng CS, Campbell M, Li Q, Li G, Auld H, Day N, et al. (2008). Differential and combined impacts of extreme temperatures and air pollution on human mortality in south-central Canada. Part II: Futures estimates. *Air Quality, Atmosphere & Health* **1**, 223–235; doi: 10.1007/s11869-009-0026-2.
- Chersich MF, Pham MD, Area A, Haghghi MM, Manyuchi A, Swift CP, et al. (2020). Associations between high temperatures in pregnancy and risk of preterm birth, low birth weight, and stillbirths: systematic review and meta-analysis. *British Medical Journal* **371**, m3811; doi: 10.1136/bmj.m3811.
- Chhetri BK, Balshaw R, Otterstatter M, Mak S, Henderson SB, Galanis E, et al. (2017). Associations between extreme precipitation and acute gastro-intestinal illness due to cryptosporidiosis and giardiasis in an urban Canadian drinking water system (1997-2009). *Journal of Water and Health* **15**, 898–907; doi: 10.2166/wh.2017.100.
- Cifuentes L, Borja-Aburto VH, Gouveia N, Thurston G, Davis DL. (2001). Assessing the health benefits of urban air pollution reductions associated with climate change mitigation (2000-2020): Santiago, São Paulo, México City, and New York City. *Environmental Health Perspectives* **109**, 419–425; doi: 10.2307/3434790.
- Clark DG, Ford JD. (2017). Emergency response in a rapidly changing Arctic. *Canadian Medical Association Journal* **189**, E135–E136; doi: 10.1503/cmaj.161085.
- Clark DG, Ness R, Coffman D, Beugin D. (2021). *The health costs of climate change: How Canada can adapt, prepare, and save lives*. Canadian Institute for Climate Choices: Ottawa, Canada.
- Clayton S. (2020). Climate anxiety: psychological responses to climate change. *Journal of Anxiety Disorders* **74**, 102263; doi: 10.1016/j.janxdis.2020.102263.
- Clayton S, Manning C, Krygsma K, Speiser M. (2017). *Mental health and our changing climate: Impacts, implications, and guidance*. American Psychological Association, ecoAmerica: Washington, D.C.
- Climate Action Tracker. (2021). *Global Update - Climate target updates slow as science ramps up need for action*. https://climateactiontracker.org/documents/871/CAT_2021-09_Briefing_GlobalUpdate.pdf.
- Climate Telling. (2021). *Little Salmon Carmacks, Yukon*. <http://www.climatecalling.info/little-salmon-carmacks.html>.
- Coelho AEL, Adair JG, Mocellin JSP. (2004). Psychological responses to drought in northeastern Brazil. *Interamerican Journal of Psychology* **38**, 95–103.
- Coggins S, Berrang-Ford L, Hyams K, Satyal P, Ford J, Paavola J, et al. (2021a). Empirical assessment of equity and justice in climate adaptation literature; a systematic map. *Environmental Research Letters* **16**, 073003; doi: 10.1088/1748-9326/ac0663.
- Coggins S, Ford JD, Berrang-Ford L, Harper SL, Hyams K, Paavola J, et al. (2021b). Indigenous Peoples and climate justice in the Arctic. *Georgetown Journal of International Affairs*:

<https://gjia.georgetown.edu/2021/02/23/indigenous-peoples-and-climate-justice-in-the-arctic/>.

Collazo S, Barrucand M, Rusticucci M. (2019). Summer seasonal predictability of warm days in Argentina: statistical model approach. *Theoretical and Applied Climatology* **138**, 1853–1876; doi: 10.1007/s00704-019-02933-6.

Colón-González FJ, Fezzi C, Lake IR, Hunter PR. (2013). The effects of weather and climate change on dengue. *PLOS Neglected Tropical Diseases* **7**, e2053; doi: 10.1371/journal.pntd.0002503.

Colón-González FJ, Harris I, Osborn TJ, São Bernardo CS, Peres CA, Hunter PR, et al. (2018). Limiting global-mean temperature increase to 1.5–2 °C could reduce the incidence and spatial spread of dengue fever in Latin America. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **115**, 6243–6248; doi: 10.1073/pnas.1718945115.

Colston J, Olortegui MP, Zaitchik B, Yori PP, Kang G, Ahmed T, et al. (2020). Pathogen-specific impacts of the 2011–2012 La Niña-associated floods on enteric infections in the MAL-ED Peru Cohort; a comparative interrupted time series analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **17**; doi: 10.3390/ijerph17020487.

Columbia University Mailman School of Public Health. (2019). *Global Consortium on Climate and Health Education*. <https://www.publichealth.columbia.edu/research/global-consortium-climate-and-health-education>.

Cornelissen T. (2011). Climate change and its effects on terrestrial insects and herbivory patterns. *Neotropical Entomology* **40**, 155–163; doi: 10.1590/S1519-566X2011000200001.

Coronel Carbo J, Marzo Páez N. (2017). La promoción de salud para la creación de entornos saludables en América Latina y el Caribe. *Medisan* **21**, 3415–3423.

Cousins M, Sargeant JM, Fisman D, Greer AL. (2019). Modelling the transmission dynamics of *Campylobacter* in Ontario, Canada, assuming house flies, *Musca domestica*, are a mechanical vector of disease transmission. *Royal Society Open Science* **6**, 181394; doi: 10.1098/rsos.181394.

Cozzetto K, Chief K, Dittmer K, Brubaker M, Gough R, Souza K, et al. (2013). Climate change impacts on the water resources of American Indians and Alaska Natives in the U.S. *Climate Change* **120**, 569–584; doi: 10.1007/s10584-013-0852-y.

Cozzetto K, Cooley C, Taylor A. (2021). Drinking water infrastructure. In: *Status of Tribes and Climate Change Report* (D. Marks-Marino, ed). Institute for Tribal Environmental Professionals. 142–158.

CPHA. (2019). *Climate change and human health*. Canadian Public Health Association.

Crane M, Lloyd S, Haines A, Ding D, Hutchinson E, Belesova K, et al. (2021). Transforming cities for sustainability; a health perspective. *Environment International* **147**, 106366; doi: 10.1016/j.envint.2020.106366.

Crawford-Brown D, Barker T, Anger A, Dessens O. (2012). Ozone and PM related health co-benefits of climate change policies in Mexico. *Environmental Science & Policy* **17**, 33–40; doi: 10.1016/j.envsci.2011.12.006.

CRED, UNISDR. (2017). *Economic losses, poverty & disasters 1998-2017*. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, United Nations Office for Disaster Risk Reduction.

Crozier L. (2004). Warmer winters drive butterfly range expansion by increasing survivorship. *Ecology* **85**, 231–241; doi: 10.1890/02-0607.

Cunsolo A, Borish D, Harper SL, Snook J, Shiwak I, Wood M, et al. (2020a). “You can never replace the caribou”: Inuit experiences of

ecological grief from caribou declines. *American Imago* **77**, 31–59; doi: 10.1353/aim.2020.0002.

Cunsolo A, Ellis NR. (2018). Ecological grief as a mental health response to climate change-related loss. *Nature Climate Change* **8**, 275–281; doi: 10.1038/s41558-018-0092-2.

Cunsolo A, Harper SL, Minor K, Hayes K, Williams KG, Howard C. (2020b). Ecological grief and anxiety: the start of a healthy response to climate change? *The Lancet Planetary Health* **4**, e261–e263; doi: 10.1016/S2542-5196(20)30144-3.

Cunsolo Willox A, Harper SL, Edge VL, Landman K, Houle K, Ford JD, et al. (2013a). The land enriches the soul: on climatic and environmental change, affect, and emotional health and well-being in Rigolet, Nunatsiavut, Canada. *Emotion Space and Society* **6**, 14–24; doi: 10.1016/j.emospa.2011.08.005.

Cunsolo Willox A, Harper SL, Ford JD, Edge VL, Landman K, Houle K, et al. (2013b). Climate change and mental health; an exploratory case study from Rigolet, Nunatsiavut, Canada. *Climate Change* **121**, 255–270; doi: 10.1007/s10584-013-0875-4.

Cunsolo Willox A, Harper SL, Ford JD, Landman K, Houle K, Edge VL, et al. (2012). “From this place and of this place”: Climate change, sense of place, and health in Nunatsiavut, Canada. *Social Science and Medicine* **75**, 538–547; doi: 10.1016/j.socscimed.2012.03.043.

Cunsolo Willox A, Stephenson E, Allen J, Bourque F, Drossos A, Elgarøy S, et al. (2015). Examining relationships between climate change and mental health in the Circumpolar North. *Regional Environmental Change* **15**, 169–182; doi: 10.1007/s10113-014-0630-z.

Dang H, Unger N. (2015). Contrasting regional versus global radiative forcing by megacity pollution emissions. *Atmospheric Environment* **119**, 322–329; doi: 10.1016/j.atmosenv.2015.08.055.

de Coninck H, Revi A, Babiker M, Bertoldi P, Buckeridge M, Cartwright A, et al. (2018). Strengthening and implementing the global response. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change* (V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, et al., eds). IPCC. 313–443.

de Oliveira Alves N, Vessoni AT, Quinet A, Fortunato RS, Kajitani GS, Peixoto MS, et al. (2017). Biomass burning in the Amazon region causes DNA damage and cell death in human lung cells. *Scientific Reports* **7**, 10937; doi: 10.1038/s41598-017-11024-3.

Delahoy MJ, Cárcamo C, Ordoñez L, Vasquez V, Lopman B, Clasen T, et al. (2020). Impact of rotavirus vaccination varies by level of access to piped water and sewerage; an analysis of childhood clinic visits for diarrhea in Peru, 2005–2015. *Pediatric Infectious Disease Journal* **39**, 756–762; doi: 10.1097/INF.0000000000002702.

Dell M, Jones BF, Olken BA. (2014). What do we learn from the weather? The new climate–economy literature. *Journal of Economic Literature* **52**, 740–798.

Díaz-Castro S, Moreno-Legorreta M, Ortega-Rubio A, Serrano-Pinto V. (2017). Relation between dengue and climate trends in the northwest of Mexico. *Tropical Biomedicine* **34**, 157–165.

Dickin S, Bayoumi M, Giné R, Andersson K, Jiménez A. (2020). Sustainable sanitation and gaps in global climate policy and financing. *NJP Clean Water* **3**, 24; doi: 10.1038/s41545-020-0072-8.

Dickin SK, Schuster-Wallace CJ, Qadir M, Pizzacalla K. (2016). A review of health risks and pathways for exposure to wastewater use in agriculture. *Environmental Health Perspectives* **124**, 900–909; doi: 10.1289/ehp.1509995.

Dodd W, Scott P, Howard C, Scott C, Rose C, Cunsolo A, et al. (2018). Lived experience of a record wildfire season in the Northwest

- Territories, Canada. *Canadian Journal of Public Health* **109**, 327–337; doi: 10.17269/s41997-018-0070-5.
- Dodgen D, Donato D, Kelly N, La Greca A, Morganstein J, Reser J, et al. (2016). Ch. 8, Mental health and well-being. In: the *impacts of climate change on human health in the United States; a scientific assessment*. U.S Global Change Research Program: Washington, DC. 217–246.
- Donaldson SG, Van Oostdam J, Tikhonov C, Feeley M, Armstrong B, Ayotte P, et al. (2010). Environmental contaminants and human health in the Canadian Arctic. *Science of the Total Environment* **408**, 5165–5234.
- Donatuto J, Grossman EE, Konovsky J, Grossman S, Campbell LW. (2014). Indigenous community health and climate change: integrating biophysical and social science indicators. *Coastal Management* **42**, 355–373; doi: 10.1080/08920753.2014.923140.
- Dong J, Gruda N, Lam SK, Li X, Duan Z. (2018). Effects of elevated CO₂ on nutritional quality of vegetables; a review. *Frontiers in Plant Science* **9**, 924; doi: 10.3389/fpls.2018.00924.
- Douglas M, Katikireddi SV, Taulbut M, McKee M, McCartney G. (2020). Mitigating the wider health effects of COVID-19 pandemic response. *British Medical Journal* **369**, m1557; doi: 10.1136/bmj.m1557.
- Doyle JT, Redsteer MH, Eggers MJ. (2013). Exploring effects of climate change on Northern Plains American Indian health. In: *Climate Change and Indigenous Peoples in the United States: Impacts, Experiences and Actions* (J.K. Maldonado, B. Colombi, and R. Pandya, eds). Springer International Publishing. 135–147.
- Driscoll DL, Mitchell E, Barker R, Johnston JM, Renes S. (2016). Assessing the health effects of climate change in Alaska with community-based surveillance. *Climate Change* **137**, 455–466; doi: 10.1007/s10584-016-1687-0.
- Duarte SC, Pena A, Lino CM. (2010). A review on ochratoxin A occurrence and effects of processing of cereal and cereal derived food products. *Food Microbiology* **27**, 187–198; doi: 10.1016/j.fm.2009.11.016.
- Dudley JP, Hoberg EP, Jenkins EJ, Parkinson AJ. (2015). Climate change in the North American Arctic; a one health perspective. *Ecohealth* **12**, 713–725; doi: 10.1007/s10393-015-1036-1.
- Dyer JA, Worth DE, Vergé XPC, Desjardins RL. (2020). Impact of recommended red meat consumption in Canada on the carbon footprint of Canadian livestock production. *Journal of Cleaner Production* **266**, 121785; doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121785.
- EASAC. (2019). *The imperative of climate action to protect human health in Europe*. German National Academy of Sciences Leopoldina: Halle, Germany.
- EASAC, FEAM. (2021). *Decarbonisation of the health sector; a commentary by EASAC and FEAM*. European Academies Science Advisory Council, Federation of European Academies of Medicine.
- Ebi KL. (2020). Mechanisms, policies, and tools to promote health equity and effective governance of the health risks of climate change. *Journal of Public Health Policy* **41**, 11–13; doi: 10.1057/s41271-019-00212-2.
- Ebi KL, Åström C, Boyer CJ, Harrington LJ, Hess JJ, Honda Y, et al. (2020). Using detection and attribution to quantify how climate change is affecting health. *Health Affairs* **39**, 2168–2174; doi: 10.1377/hlthaff.2020.01004.
- Ebi KL, Boyer C, Ogden N, Paz S, Berry P, Campbell-Lendrum D, et al. (2021a). Burning embers: synthesis of the health risks of climate change. *Environmental Research Letters* **16**, 044042; doi: 10.1088/1748-9326/abeadd.
- Ebi KL, Capon A, Berry P, Broderick C, de Dear R, Havenith G, et al. (2021b). Hot weather and heat extremes: health risks. *The Lancet* **398**, 698–708; doi: 10.1016/S0140-6736(21)01208-3.
- Ebi KL, Hasegawa T, Hayes K, Monaghan A, Paz S, Berry P. (2018a). Health risks of warming of 1.5°C, 2°C, and higher, above pre-industrial temperatures. *Environmental Research Letters* **13**; doi: 10.1088/1748-9326/aac4bd.
- Ebi KL, Hasegawa T, Hayes K, Monaghan A, Paz S, Berry P. (2018b). Health risks of warming of 1.5°C, 2°C, and higher, above pre-industrial temperatures. *Environmental Research Letters* **13**, 063007; doi: 10.1088/1748-9326/aac4bd.
- Ebi KL, Hess JJ. (2020). Health risks due to climate change: inequity in causes and consequences. *Health Affairs* **39**, 2056–2062; doi: 10.1377/hlthaff.2020.01125.
- Ebi KL, Kovats RS, Menne B. (2006). An approach for assessing human health vulnerability and public health interventions to adapt to climate change. *Environmental Health Perspectives* **114**, 1930–1934; doi: 10.1289/ehp.8430.
- Ebi KL, Kram T, van Vuuren DP, O'Neill BC, Kriegler E. (2014). A new toolkit for developing scenarios for climate change research and policy analysis. *Environment* **56**, 6–16; doi: 10.1080/00139157.2014.881692.
- Ebi KL, Loladze I. (2019). Elevated atmospheric CO₂ concentrations and climate change will affect our food's quality and quantity. *The Lancet Planetary Health* **3**, e283–e284; doi: 10.1016/S2542-5196(19)30108-1.
- Ebi KL, Nealon J. (2016). Dengue in a changing climate. *Environmental Research* **151**, 115–123; doi: 10.1016/j.envres.2016.07.026.
- Ebi KL, Ogden NH, Semenza JC, Woodward A. (2017). Detecting and attributing health burdens to climate change. *Environmental Health Perspectives* **125**, 085004; doi: 10.1289/EHP1509.
- ECDG. (2015). *Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities: Final report of the horizon 2020 expert group on "nature-based solutions and re-naturing cities."* European Commission, Directorate-General for Research and Innovation.
- ECLAC - UN. (2019). *Latin America and the Caribbean: Population estimates and projections*. United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean.
- EEA. (2020). *Air quality in Europe - 2020 report*. European Environmental Agency: Luxembourg.
- Eisen L, Moore CG. (2013). *Aedes (Stegomyia) aegypti* in the continental United States; a vector at the cool margin of its geographic range. *Journal of Medical Entomology* **50**, 467–478; doi: 10.1603/ME12245.
- Eisen RJ, Eisen L, Ogden NH, Beard CB. (2016). Linkages of weather and climate with *Ixodes scapularis* and *Ixodes pacificus* (Acari: Ixodidae), enzootic transmission of *Borrelia burgdorferi*, and Lyme disease in North America. *Journal of Medical Entomology* **53**, 250–261; doi: 10.1093/jme/tjv199.
- Eisenhauer IF, Hoover CM, Remais J V., Monaghan A, Celada M, Carlton EJ. (2016). Estimating the risk of domestic water source contamination following precipitation events. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* **94**, 1403–1406; doi: 10.4269/ajtmh.15-0600.
- Ellwanger JH, Kulmann-Leal B, Kaminski VL, Valverde-Villegas JM, Da Viega ABG, Spilki FR, et al. (2020). Beyond diversity loss and climate change: impacts of Amazon deforestation on infectious diseases and public health. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* **92**, e20191375; doi: 10.1590/0001-3765202020191375.

- EM-DAT. (2018). *UCLouvain: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters*. Emergency Events Database - The International Disaster Database, Centre for research on the Epidemiology of Disasters.
- EPA. (2011). *The benefits and costs of the Clean Air Act from 1990 to (2020)*. United States Environmental Protection Agency: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/%0Adocuments/fullreport_rev_a.pdf.
- EPA. (2021). *Mercury emissions: the global context*. United States Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/international-cooperation/mercury-emissions-global-context#types>.
- Erhardt A, Rusterholz H-P, Stöcklin J. (2005). Elevated carbon dioxide increases nectar production in *Epilobium angustifolium* L. *Oecologia* **146**, 311–317; doi: 10.1007/s00442-005-0182-5.
- Eriksen SH, Aldunce P, Bahinipati CS, Martins RD, Molefe JJ, Nhemachena C, et al. (2011). When not every response to climate change is a good one: identifying principles for sustainable adaptation. *Climate and Development* **3**, 7–20; doi: 10.3763/cdev.2010.0060.
- Estrada F, Botzen WJW, Tol RSJ. (2017). A global economic assessment of city policies to reduce climate change impacts. *Nature Climate Change* **7**, 403–406; doi: 10.1038/nclimate3301.
- Estrada F, Velasco JA, Martínez-Arroyo A, Calderón-Bustamante O. (2020). An analysis of current sustainability of Mexican cities and their exposure to climate change. *Frontiers in Environmental Science* **8**, 25; doi: 10.3389/fenvs.2020.00025.
- Estrada Porrúa F, Martínez López B. (2011). *Economía del cambio climático en la ciudad de México*. Universidad Nacional Autónoma de México: Mexico City.
- Etchart L. (2017). The role of Indigenous Peoples in combating climate change. *Palgrave Communications* **3**, 17085; doi: 10.1057/palcomms.2017.85.
- Exum NG, Betanzo E, Schwab KJ, Chen TYJ, Guikema S, Harvey DE. (2018). Extreme precipitation, public health emergencies, and safe drinking water in the USA. *Current Environmental Health Reports* **5**, 305–315; doi: 10.1007/s40572-018-0200-5.
- Fagan RP, McLaughlin JB, Castrodale LJ, Gessner BD, Jenkerson SA, Funk EA, et al. (2011). Endemic foodborne botulism among Alaska Native Persons-Alaska, 1947-2007. *Clinical Infectious Diseases* **52**, 585–592; doi: 10.1093/cid/ciq240.
- Fann N, Brennan T, Dolwick P, Gamble JL, Illacqua V, Kolb L, et al. (2016). Ch. 3, Air quality impacts. In: *the impacts of Climate Change on Human Health in the United States; a Scientific Assessment*. U.S Global Change Research Program: Washington, DC. 69–98.
- Fanzo J, Davis C, McLaren R, Choufani J. (2018). The effect of climate change across food systems: implications for nutrition outcomes. *Global Food Security* **18**, 12–19; doi: 10.1016/J.GFS.2018.06.001.
- FAO. (2011). *Global food losses and food waste - extent, causes and prevention*. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome.
- FAO. (2019). *The state of food and agriculture (2019). Moving forward on food loss and waste reduction*. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome.
- FAO, Alliance of Biodiversity International, CIAT. (2021). *Indigenous Peoples' food systems: Insights on sustainability and resilience in the front line of climate change*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Alliance of Biodiversity International, International Centre for Tropical Agriculture: Rome.
- Fawcett D, Pearce T, Notaina R, Ford JD, Collings P. (2018). Inuit adaptability to changing environmental conditions over an 11-year period in Ulukhaktok, Northwest Territories. *Polar Record* **54**, 119–132; doi: 10.1017/S003224741800027X.
- Fernández-Arteaga V, Tovilla-Zárate CA, Fresán A, González-Castro TB, Juárez-Rojop IE, López-Narváez L, et al. (2016). Association between completed suicide and environmental temperature in a Mexican population, using the knowledge discovery in database approach. *Computer Methods and Programs in Biomedicine* **135**, 219–224; doi: 10.1016/j.cmpb.2016.08.002.
- Feron S, Cordero RR, Damiani A, Llanillo PJ, Jorquera J, Sepulveda E, et al. (2019). Observations and projections of heat waves in South America. *Scientific Reports* **9**, 8173; doi: 10.1038/s41598-019-44614-4.
- Finkelstein MM, Jerrett M, DeLuca P, Finkelstein N, Verma DK, Chapman K, et al. (2003). Relation between income, air pollution and mortality; a cohort study. *Canadian Medical Association Journal* **169**, 397–402.
- Fleischer NL, Melstrom P, Yard E, Brubaker M, Thomas T. (2014). The epidemiology of falling-through-the-ice in Alaska, 1990-2010. *Journal of Public Health* **36**, 235–242; doi: 10.1093/pubmed/ftd081.
- Fleury M, Charron DF, Holt JD, Allen OB, Maarouf AR. (2006). A time series analysis of the relationship of ambient temperature and common bacterial enteric infections in two Canadian provinces. *International Journal of Biometeorology* **50**, 385–391; doi: 10.1007/s00484-006-0028-9.
- Ford B, Val Martin M, Zelasky SE, Fischer E V., Anenberg SC, Heald CL, et al. (2018). Future fire impacts on smoke concentrations, visibility, and health in the contiguous United States. *GeoHealth* **2**, 229–247; doi: 10.1029/2018gh000144.
- Ford JD, Berrang-Ford L, King M, Furgal C. (2010). Vulnerability of Aboriginal health systems in Canada to climate change. *Global Environmental Change* **20**, 668–680; doi: 10.1016/j.gloenvcha.2010.05.003.
- Ford JD, King N, Galappaththi EK, Pearce T, McDowell G, Harper SL. (2020). The resilience of Indigenous Peoples to environmental change. *One Earth* **2**, 532–543; doi: 10.1016/j.oneear.2020.05.014.
- Franklin LHV, Jones KE, Redding DW, Abubakar I. (2019). The effect of global change on mosquito-borne disease. *The Lancet Infectious Diseases* **19**, e302–e312; doi: 10.1016/S1473-3099(19)30161-6.
- Frausto-Martínez O, Aguilar-Becerra CD, Colín-Olivares O, Sánchez-Rivera G, Hafsi A, Contreras-Tax AF, et al. (2020). COVID-19, storms, and floods: impacts of tropical storm Cristobal in the western sector of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Sustainability* **12**, 9925; doi: 10.3390/su12239925.
- French A, Mechler R, Arestegui M, MacClune K, Cisneros A. (2020). Root causes of recurrent catastrophe: the political ecology of El Niño-related disasters in Peru. *International Journal of Disaster Risk Reduction* **47**, 101539; doi: 10.1016/j.ijdr.2020.101539.
- Froelich BA, Noble RT. (2016). *Vibrio* bacteria in raw oysters: managing risks to human health. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* **371**, 1689; doi: 10.1098/rstb.2015.0209.
- Fuenzalida L, Hernández C, Toro J, Rioseco ML, Romero J, Espejo RT. (2006). *Vibrio parahaemolyticus* in shellfish and clinical samples during two large epidemics of diarrhoea in southern Chile. *Environmental Microbiology* **8**, 675–683; doi: 10.1111/j.1462-2920.2005.00946.x.
- Fuhrmann CM, Sugg MM, Konrad CE, Waller A. (2016). Impact of extreme heat events on emergency department visits in North Carolina (2007–2011). *Journal of Community Health* **41**, 146–156; doi: 10.1007/s10900-015-0080-7.
- Gahman L, Thongs G. (2020). Development justice, a proposal: reckoning with disaster, catastrophe, and climate change in the Caribbean. *Transactions of the Institute of British Geographers* **45**, 763–778; doi: 10.1111/tran.12369.

- Galanis E, Mak S, Otterstatter M, Taylor M, Zubel M, Takaro TK, et al. (2014). The association between campylobacteriosis, agriculture and drinking water; a case-case study in a region of British Columbia, Canada, 2005-2009. *Epidemiology & Infection* **142**, 2075–2084; doi: 10.1017/S095026881400123X.
- Gamble JL, Hurley BJ, Schultz PA, Jaglom WS, Krishnan N, Harris M. (2013). Climate change and older Americans: state of the science. *Environmental Health Perspectives* **121**, 15–22; doi: 10.1289/ehp.1205223.
- García-Casal MN, Osorio C, Landaeta M, Leets I, Matus P, Fazzino F, et al. (2005). High prevalence of folic acid and vitamin B₁₂ deficiencies in infants, children, adolescents and pregnant women in Venezuela. *European Journal of Clinical Nutrition* **59**, 1064–1070; doi: 10.1038/sj.ejcn.1602212.
- Garrido R, Bacigalupo A, Peña-Gómez F, Bustamante RO, Cattán PE, Gorla DE, et al. (2019). Potential impact of climate change on the geographical distribution of two wild vectors of Chagas disease in Chile: *Mepraia spinolai* and *Mepraia gajardoi*. *Parasites and Vectors* **12**, 478; doi: 10.1186/s13071-019-3744-9.
- Garza M, Feria Arroyo TP, Casillas EA, Sanchez-Cordero V, Rivaldi CL, Sarkar S. (2014). Projected future distributions of vectors of *Trypanosoma cruzi* in North America under climate change scenarios. *PLOS Neglected Tropical Diseases* **8**, e2818; doi: 10.1371/journal.pntd.0002818.
- Gautam S. (2020). The influence of COVID-19 on air quality in India; a boon or inutile. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* **104**, 724–726; doi: 10.1007/s00128-020-02877-y.
- Gauthier S, Lorente M, Kremsater L, De Grandpré L, Burton PJ, Aubin I, et al. (2014). *Tracking climate change effects: Potential indicators for Canada's forests and forest sector*. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service: Ottawa, ON.
- GBD 2019 Risk Factors Collaborators. (2020). Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990-2019, A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study (2019). *The Lancet* **396**, 1223–1249; doi: 10.1016/S0140-6736(20)30752-2.
- GCHA. (2021). *Are national climate commitments enough to protect our health?* The Global Climate & Health Alliance: <https://climateandhealthalliance.org/initiatives/healthy-ndcs/ndc-scorecards/>.
- Gehle KS, Crawford JL, Hatcher MT. (2011). Integrating environmental health into medical education. *American Journal of Preventive Medicine* **41**, S296–S301; doi: 10.1016/j.amepre.2011.06.007.
- Gerber PJ, Steinfeld H, Henderson B, Mottet A, Opio C, Dijkman J, et al. (2013). *Tackling climate change through livestock – a global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Gibson K, Kneen C, Houghton J. (2004). *Making the connection: food security and public health*. The Community Nutritionists Council of BC.
- Gil AI, Louis VR, Rivera ING, Lipp E, Huq A, Lanata CF, et al. (2004). Occurrence and distribution of *Vibrio cholerae* in the coastal environment of Peru. *Environmental Microbiology* **6**, 699–706; doi: 10.1111/j.1462-2920.2004.00601.x.
- Gillett NP, Weaver AJ, Zwiers FW, Flannigan MD. (2004). Detecting the effect of climate change on Canadian forest fires. *Geophysical Research Letters* **31**, L18211; doi: 10.1029/2004GL020876.
- Giurco D, Dominish E, Florin N, Watari T, McLellan B. (2019). Requirements for minerals and metals for 100% renewable scenarios. In: *Achieving the Paris Climate Agreement goals* (S. Teske, ed). Springer, Cham. 437–457.
- Glaser J, Lemery J, Rajagopalan B, Diaz HF, García-Trabanino R, Taduri G, et al. (2016). Climate change and the emergent epidemic of CKD from heat stress in rural communities: the case for heat stress nephropathy. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology* **11**, 1472–1483; doi: 10.2215/CJN.13841215.
- GMI. (2013). *Municipal wastewater methane: reducing emissions, advancing recovery and use opportunities*. Global Methane Initiative.
- Golden CD, Allison EH, Cheung WWL, Dey MM, Halpern BS, McCauley DJ, et al. (2016). Nutrition: fall in fish catch threatens human health. *Nature* **534**, 317–320; doi: 10.1038/534317a.
- Goldhar C, Bell T, Wolf J. (2014). Vulnerability to freshwater changes in the Inuit settlement region of Nunatsiavut, Labrador; a case study from Rigolet. *Arctic* **67**, 71–83; doi: 10.14430/arctic4365.
- González-Quiroz M, Pearce N, Caplin B, Nitsch D. (2018). What do epidemiological studies tell us about chronic kidney disease of undetermined cause in Meso-America? A systematic review and meta-analysis. *Clinical Kidney Journal* **11**, 496–506; doi: 10.1093/ckj/sfx136.
- Goswami K, Choudhury HK. (2019). Biofuels versus food: understanding the trade-offs between climate friendly crop and food security. *World Development Perspect* **13**, 10–17; doi: 10.1016/j.wdp.2019.02.004.
- Goulson D, Derwent LC, Hanley ME, Dunn DW, Abolins SR. (2005). Predicting calyptrate fly populations from the weather, and probable consequences of climate change. *Journal of Applied Ecology* **42**, 795–804; doi: 10.1111/j.1365-2664.2005.01078.x.
- Government of Canada. (2017). *Canadian centre for climate modelling and analysis*. <http://climate-modelling.canada.ca/data/data.shtml>.
- Government of Canada. (2019). *Canada's food guide*. <https://food-guide.canada.ca/en/>.
- Government of Grenada. (2017). *National Climate Change Adaptation Plan (NAP) for Grenada, Carriacou and Petite Martinique 2017-2021*. Ministry of Climate Resilience, the Environment, Forestry, Fisheries, Disaster Management and Information: Grenada, West Indies.
- Grabow ML, Spak SN, Holloway T, Stone Jr. B, Mednick AC, Patz JA. (2012). Air quality and exercise-related health benefits from reduced car travel in the midwestern United States. *Environmental Health Perspectives* **120**, 68–76; doi: 10.1289/ehp.1103440.
- Grace M, King M. (2009). Indigenous health part 1, Determinants and disease patterns. *The Lancet* **374**, 65–75; doi: 10.1016/S0140-6736(09)60914-4.
- Green H, Bailey J, Schwarz L, Vanos J, Ebi K, Benmarhnia T. (2019). Impact of heat on mortality and morbidity in low and middle income countries; a review of the epidemiological evidence and considerations for future research. *Environmental Research* **171**, 80–91; doi: 10.1016/j.envres.2019.01.010.
- Greene C. (2018). Broadening understandings of drought – The climate vulnerability of farmworkers and rural communities in California (USA). *Environmental Science & Policy* **89**, 283–291; doi: 10.1016/j.envsci.2018.08.002.
- Greenwood M, Lindsay NM. (2019). A commentary on land, health, and Indigenous knowledge(s). *Global Health Promotion* **26**, 82–86; doi: 10.1177/1757975919831262.
- Guerriero C, Haines A, Pagano M. (2020). Health and sustainability in post-pandemic economic policies. *Nature Sustainability* **3**, 494–496; doi: 10.1038/s41893-020-0563-0.
- Guillaumie L, Boiral O, Baghdadli A, Mercille G. (2020). Integrating sustainable nutrition into health-related institutions; a systematic review of the literature. *Canadian Journal of Public Health* **111**, 845–861; doi: 10.17269/s41997-020-00394-3.
- Guirguis K, Gershunov A, Tardy A, Basu R. (2014). The impact of recent heat waves on human health in California. *Journal of*

Applied Meteorology and Climatology **53**, 3–19; doi: 10.1175/JAMC-D-13-0130.1.

Guo Y, Gasparrini A, Li S, Sera F, Vicedo-Cabrera AM, de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho M, *et al.* (2018). Quantifying excess deaths related to heatwaves under climate change scenarios; a multicountry time series modelling study. *PLoS Medicine* **15**, e1002629; doi: 10.1371/journal.pmed.1002629.

Guzman Herrador BR, de Blasio BF, MacDonald E, Nichols G, Sudre B, Vold L, *et al.* (2015). Analytical studies assessing the association between extreme precipitation or temperature and drinking water-related waterborne infections; a review. *Environmental Health* **14**, 29; doi: 10.1186/s12940-015-0014-y.

Haines A. (2017). Health co-benefits of climate action. *The Lancet Planetary Health* **1**, e4–e5; doi: 10.1016/S2542-5196(17)30003-7.

Haines A, McMichael AJ, Smith KR, Roberts I, Woodcock J, Markandya A, *et al.* (2009). Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: overview and implications for policy makers. *The Lancet* **374**, 2104–2114; doi: 10.1016/S0140-6736(09)61759-1.

Haines A, Smith KR, Anderson D, Epstein PR, McMichael AJ, Roberts I, *et al.* (2007). Policies for accelerating access to clean energy, improving health, advancing development, and mitigating climate change. *The Lancet* **370**, 1264–1281; doi: 10.1016/S0140-6736(07)61257-4.

Hajat A, Hsia C, O'Neill MS. (2015). Socioeconomic Disparities and Air Pollution Exposure; a Global Review. *Current Environmental Health Reports* **2**, 440–450; doi: 10.1007/s40572-015-0069-5.

Hald B, Skovgård H, Pedersen K, Bunkenborg H, Skovgård H, Pedersen K, *et al.* (2008). Influxed insects as vectors for *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* in Danish broiler houses. *Poultry Science* **87**, 1428–1434; doi: 10.3382/ps.2007-00301.

Hale T, Angrist N, Goldszmidt R, Kira B, Petherick A, Phillips T, *et al.* (2021). A global panel database of pandemic policies (Oxford COVID-19 Government Response Tracker). *Nature Human Behaviour* **5**, 529–538; doi: 10.1038/s41562-021-01079-8.

Hallström E, Gee Q, Scarborough P, Cleveland DA. (2017). A healthier US diet could reduce greenhouse gas emissions from both the food and health care systems. *Climate Change* **142**, 199–212; doi: 10.1007/s10584-017-1912-5.

Halvey MR, Santo RE, Lupolt SN, Dilka TJ, Kim BF, Bachman GH, *et al.* (2021). Beyond backyard chickens; a framework for understanding municipal urban agriculture policies in the United States. *Food Policy* **103**, 102013; doi: 10.1016/j.foodpol.2020.102013.

Hanes CC, Wang X, Jain P, Parisien MA, Little JM, Flannigan MD. (2019). Fire-regime changes in Canada over the last half century. *Canadian Journal of Forest Research* **49**, 256–269; doi: 10.1139/cjfr-2018-0293.

Harper SL, Cunsolo A, Babujee A, Coggins S, de Jongh E, Rusnak T, *et al.* (2021a). Trends and gaps in climate change and health research in North America. *Environmental Research* **199**, 111205; doi: 10.1016/j.envres.2021.111205.

Harper SL, Cunsolo A, Babujee A, Coggins S, Domínguez Aguilar M, Wright CJ. (2021b). Climate change and health in North America: literature review protocol. *Systematic Reviews* **10**, 3; doi: 10.1186/s13643-020-01543-y.

Harper SL, Edge VL, Ford J, Cunsolo Willox A, Wood M, McEwen SA, *et al.* (2015). Climate-sensitive health priorities in Nunatsiavut, Canada. *BMC Public Health* **15**, 605; doi: 10.1186/s12889-015-1874-3.

Harper SL, Edge VL, Schuster-Wallace CJ, Berke O, McEwen SA. (2011). Weather, water quality and infectious gastrointestinal illness in two Inuit communities in Nunatsiavut, Canada: potential

implications for climate change. *Ecohealth* **8**, 93–108; doi: 10.1007/s10393-011-0690-1.

Harper SL, Wright C, Masina S, Coggins S. (2020). Climate change, water, and human health research in the Arctic. *Water Security* **10**, 100062; doi: 10.1016/j.wasec.2020.100062.

Harrigan RJ, Thomassen HA, Buermann W, Smith TB. (2014). A continental risk assessment of West Nile virus under climate change. *Global Change Biology* **20**, 2417–2425; doi: 10.1111/gcb.12534.

Hasegawa T, Fujimori S, Takahashi K, Yokohata T, Masui T. (2016). Economic implications of climate change impacts on human health through undernourishment. *Climatic Change* **136**, 189–202; doi: 10.1007/s10584-016-1606-4.

Hayes K, Blashki G, Wiseman J, Burke S, Reifels L. (2018). Climate change and mental health: risks, impacts and priority actions. *International Journal of Mental Health Systems* **12**, 28; doi: 10.1186/s13033-018-0210-6.

Healey Akearok GK, Holzman S, Kunnuk J, Kuppaq N, Martos Z, Healey C, *et al.* (2019). Identifying and achieving consensus on health-related indicators of climate change in Nunavut. *Arctic* **72**, 289–299; doi: 10.14430/arctic68719.

Health Workforce Advocacy Initiative. (2009). *Guiding principles for national health workforce strategies*.

Héguy L, Garneau M, Goldberg MS, Raphoz M, Guay F, Valois M-F. (2008). Associations between grass and weed pollen and emergency department visits for asthma among children in Montreal. *Environmental Research* **106**, 203–211; doi: 10.1016/j.envres.2007.10.005.

Heinz AJ, Wiltsey-Stirman S, Sharin T, Loskot T, Mason D, Jaworski BK, *et al.* (2021). Rising from the ashes by expanding access to community care after disaster; an origin story of the Wildfire Mental Health Collaborative and preliminary findings. *Psychological Services*; doi: 10.1037/ser0000553.

Hellberg RS, Chu E. (2016). Effects of climate change on the persistence and dispersal of foodborne bacterial pathogens in the outdoor environment; a review. *Critical Reviews in Microbiology* **42**, 548–572; doi: 10.3109/1040841X.2014.972335.

Hendryx M, Fulk F, McGinley A. (2012). Public drinking water violations in mountaintop coal mining areas of West Virginia, USA. *Water Quality, Exposure and Health* **4**, 169–175; doi: 10.1007/s12403-012-0075-x.

Hendryx M, Zullig KJ, Luo J. (2020). Impacts of coal use on health. *Annual Review of Public Health* **41**, 397–415; doi: 10.1146/annurev-publhealth-040119-094104.

Hérick de Sá T, Tainio M, Goodman A, Edwards P, Haines A, Gouveia N, *et al.* (2017). Health impact modelling of different travel patterns on physical activity, air pollution and road injuries for São Paulo, Brazil. *Environment International* **108**, 22–31; doi: 10.1016/j.envint.2017.07.009.

Hess JJ, Ranadive N, Boyer C, Aleksandrowicz L, Anenberg SC, Aunan K, *et al.* (2020). Guidelines for modeling and reporting health effects of climate change mitigation actions. *Environmental Health Perspectives* **128**, 115001; doi: 10.1289/EHP6745.

Heusinkveld HJ, Wahle T, Campbell A, Westerink RHS, Tran L, Johnston H, *et al.* (2016). Neurodegenerative and neurological disorders by small inhaled particles. *Neurotoxicology* **56**, 94–106; doi: 10.1016/j.neuro.2016.07.007.

Hidalgo HG. (2021). Climate variability and change in Central America: what does it mean for water managers? *Frontiers in Water* **632739**; doi: 10.3389/frwa.2020.632739.

Hidalgo HG, Alfaro EJ. (2012). Some physical and socio-economic aspects of climate change in Central America. *Progress in Physical Geography* **36**, 379–399; doi: 10.1177/0309133312438906.

- Hidalgo HG, Alfaro EJ, Amador JA, Bastidas Á. (2019). Precursors of quasi-decadal dry-spells in the Central America dry corridor. *Climate Dynamics* **53**, 1307–1322; doi: 10.1007/s00382-019-04638-y.
- Hidalgo HG, Alfaro EJ, Quesada-Montano B. (2017). Observed (1970–1999) climate variability in Central America using a high-resolution meteorological dataset with implication to climate change studies. *Climate Change* **141**, 13–28; doi: 10.1007/s10584-016-1786-y.
- Hidalgo HG, Amador JA, Alfaro EJ, Quesada B. (2013). Hydrological climate change projections for Central America. *Journal of Hydrology* **495**, 94–112; doi: 10.1016/j.jhydrol.2013.05.004.
- Hinckley AF, Meek JI, Ray JAE, Niesobecki SA, Connally NP, Feldman KA, et al. (2016). Effectiveness of residential acaricides to prevent Lyme and other tick-borne diseases in humans. *Journal of Infectious Diseases* **214**, 182–188; doi: 10.1093/infdis/jiv775.
- Hirsch R, Furgal C, Hackett C, Sheldon T, Bell T, Angnatok D, et al. (2016). *Going off; Growing strong*; a program to enhance individual youth and community resilience in the face of change in Nain, Nunatsiavut. *Etudes Inuit Studies* **40**, 63–84.
- Hirvonen K, Bai Y, Headey D, Masters WA. (2020). Affordability of the EAT–The Lancet reference diet; a global analysis. *The Lancet Global Health* **8**, e59–e66; doi: 10.1016/S2214-109X(19)30447-4.
- Hoffman JS, Shandas V, Pendleton N. (2020). The effects of historical housing policies on resident exposure to intra-urban heat; a study of 108 US urban areas. *Climate* **8**, 12; doi: 10.3390/cli8010012.
- Hofmeijer I, Ford JD, Berrang-Ford L, Zavaleta C, Carcamo C, Llanos E, et al. (2013). Community vulnerability to the health effects of climate change among indigenous populations in the Peruvian Amazon: a case study from Panaiillo and Nuevo Progreso. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* **18**, 957–978; doi: 10.1007/s11027-012-9402-6.
- Hondula DM, Balling RC, Vanos JK, Georgescu M. (2015). Rising temperatures, human health, and the role of adaptation. *Current Climate Change Reports* **1**, 144–154; doi: 10.1007/s40641-015-0016-4.
- Hongoh V, Campagna C, Panic M, Samuel O, Gosselin P, Waaub JP, et al. (2016). Assessing interventions to manage West Nile Virus using multi-criteria decision analysis with risk scenarios. *PLoS ONE* **11**, e0160651; doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0160651.
- Hori Y, Cheng VYS, Gough WA, Jien JY, Tsuji LJS. (2018). Implications of projected climate change on winter road systems in Ontario's Far North, Canada. *Climate Change* **148**, 109–122; doi: 10.1007/s10584-018-2178-2.
- Horst M, McClintock N, Hoey L. (2017). The intersection of planning, urban agriculture, and food justice; a review of the literature. *Journal of the American Planning Association* **83**, 277–295; doi: 10.1080/01944363.2017.1322914.
- Hosking J, Campbell-Lendrum D. (2012). Does climate and health research match policy-maker demands? *Environmental Health Perspectives* **120**, 1076–1082; doi: 10.1289/EHP.1104093.
- Howard DB, Thé J, Soria R, Fann N, Schaeffer R, Saphores JDM. (2019). Health benefits and control costs of tightening particulate matter emissions standards for coal power plants - the case of Northeast Brazil. *Environment International* **124**, 420–430; doi: 10.1016/j.envint.2019.01.029.
- Howard G, Calow R, Macdonald A, Bartram J. (2016). Climate change and water and sanitation: likely impacts and emerging trends for action. *Annual Review of Environment and Resources* **41**, 253–276; doi: 10.1146/annurev-environ-110615-085856.
- Howarth RW. (2019). Ideas and perspectives: is shale gas a major driver of recent increase in global atmospheric methane? *Biogeosciences* **16**, 3033–3046; doi: 10.5194/bg-16-3033-2019.
- IANAS. (2017a). *Challenges opportunities for food and nutrition security in the Americas: the view of the Academies of Sciences*. M. Clegg, E. Bianchi, J. McNeil, L. Herrera Estrella, and K. Vammen, eds. The Inter-American Network of Academies of Sciences, Inter Academy Partnership, The Federal Ministry of Education and Research Bundesministerium für Bildung und Forschung, German National Academy of Sciences Leopoldina: Mexico.
- IANAS. (2017b). *Inquiry-based science education: Promoting changes in science teaching in the Americas*. The Inter-American Network of Academies of Sciences, InterAcademy Partnership: Mexico.
- ICN. (2008). *Nurses, climate change and health*. International Council of Nurses: Geneva, Switzerland.
- IEA. (2016). *Energy and air pollution. World energy outlook special report*. International Energy Agency: Paris.
- IEA. (2020). *World energy outlook (2020)*. International Energy Agency: Paris.
- IFMSA. (2016). *Training manual: Climate and health. Enabling students and young professionals to understand and act upon climate change using a health narrative*. International Federation of Medical Students' Associations.
- Ignotti E, Hacon S de S, Junger WL, Mourão D, Longo K, Freitas S, et al. (2010). Air pollution and hospital admissions for respiratory diseases in the subequatorial amazon; a time series approach. *Cadernos de saúde pública* **26**, 747–761; doi: 10.1590/s0102-311x2010000400017.
- IMF. (2021). *Policy responses to COVID-19*. International Monetary Fund: <https://www.imf.org/en/Topics/imf-and-covid19/Policy-Response-s-to-COVID-19>.
- INSPIRES. (2020). *Ciclovías recreativas y salud en Latino América*. Colorado State University, Instituto de Salud Global Barcelona.
- IPCC. (2014a). *Climate change 2014, Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, et al., eds. Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC. (2014b). *Climate change 2014, Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Core Writing Team, R. Pachauri, and L. Meyer, eds. IPCC: Geneva, Switzerland.
- IPCC. (2018). *Global warming of 1.5°C; an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. Shukla, et al., eds. Geneva.
- IPCC. (2019a). *IPCC Special report on the ocean and cryosphere in a changing climate*. H.-O. Pörtner, D. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, et al., eds. Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, USA.
- IPCC. (2019b). *Climate change and land; an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. P.R. Shukla, J. Skea, E.C. Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, et al., eds. Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, USA.
- IPCC. (2019c). Annex I: Glossary. In: *IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate* (H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, et al., eds).

Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, USA. 667–702.

IPCC. (2021). *Climate change 2021, The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, et al., eds. Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, USA.

ITK. (2014). *Social determinants of Inuit health in Canada*. Inuit Tapiriit Kanatami: Ottawa, Canada.

ITK. (2019). *National Inuit climate change strategy*. Inuit Tapiriit Kanatami: Ottawa, Canada.

Ivers LC, Ryan ET. (2006). Infectious diseases of severe weather-related and flood-related natural disasters. *Current Opinion in Infectious Diseases* **19**, 408–414; doi: 10.1097/01.qco.0000244044.85393.9e.

Jacob C, McDaniels T, Hinch S. (2010). Indigenous culture and adaptation to climate change: sockeye salmon and the St'át'imc people. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* **15**, 859–876; doi: 10.1007/s11027-010-9244-z.

Jagai JS, Castronovo DA, Monchak J, Naumova EN. (2009). Seasonality of cryptosporidiosis; a meta-analysis approach. *Environmental Research* **109**, 465–478; doi: 10.1016/j.envres.2009.02.008.

Jagai JS, Li Q, Wang S, Messier KP, Wade TJ, Hilborn ED. (2015). Extreme precipitation and emergency room visits for gastrointestinal illness in areas with and without combined sewer systems; an analysis of Massachusetts data, 2003-2007. *Environmental Health Perspectives* **123**, 873–879; doi: 10.1289/ehp.1408971.

Jagals P, Ebi K. (2021). Core competencies for healthworkers to deal with climate and environmental change. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **18**, 3849; doi: 10.3390/ijerph18083849.

Jägerskog A, Jønc H Clausen T. (2012). *Feeding a thirsty world: Challenges and opportunities for a water and food secure future*. Stockholm International Water Institute: SIWI, Stockholm.

Jarmul S, Dangour AD, Green R, Liew Z, Haines A, Scheelbeek PFD. (2020). Climate change mitigation through dietary change; a systematic review of empirical and modelling studies on the environmental footprints and health effects of “sustainable diets.” *Environmental Research Letters* **15**, 123014; doi: 10.1088/1748-9326/abc2f7.

Jay O, Capon A, Berry P, Broderick C, de Dear R, Havenith G, et al. (2021). Reducing the health effects of hot weather and heat extremes: from personal cooling strategies to green cities. *The Lancet* **398**, 709–724; doi: 10.1016/S0140-6736(21)01209-5.

Jessiman-Perreault G, McIntyre L. (2017). The household food insecurity gradient and potential reductions in adverse population mental health outcomes in Canadian adults. *SSM - Population Health* **3**, 464–472; doi: 10.1016/j.ssmph.2017.05.013.

Johnson DP, Wilson JS, Luber GC. (2009). Socioeconomic indicators of heat-related health risk supplemented with remotely sensed data. *International Journal of Health Geographics* **8**, 57; doi: 10.1186/1476-072X-8-57.

Jones R. (2019). Climate change and Indigenous health promotion. *Global Health Promotion* **26**, 73–81; doi: 10.1177/1757975919829713.

Juhola S, Glaas E, Linner B-O, Neset T-S. (2016). Redefining maladaptation. *Environmental Science & Policy* **55**, 135–140; doi: 10.1016/j.envsci.2015.09.014.

Kant MR, Jonckheere W, Knecht B, Lemos F, Liu J, Schimmel BCJ, et al. (2015). Mechanisms and ecological consequences of plant defence induction and suppression in herbivore communities. *Annals of Botany* **115**, 1015–1051; doi: 10.1093/aob/mcv054.

Kapilashrami A, Hankivsky O. (2018). Intersectionality and why it matters to global health. *The Lancet* **391**, 2589–2591; doi: 10.1016/S0140-6736(18)31431-4.

Karliner J, Slotterback S, Boyd R, Ashby B, Steele K. (2019). *Health care's climate footprint: How the health sector contributes to the global climate crisis and opportunities for action*. Healthcare Without Harm, Arup.

Keen JE, Laegreid W, Chitko Mckown C, Bono JL, Fox J, Clawson M, et al. (2003). Effect of exogenous glucocorticoids and dietary change on winter and summer STEC O157 fecal shedding in naturally-infected beef cattle. Res. Work. Animal Dis. Conf. Proc. Abstract No. 83.

Keesing F, Ostfeld RS. (2018). The tick project: testing environmental methods of preventing tick-borne diseases. *Trends in Parasitology* **34**, 447–450; doi: 10.1016/j.pt.2018.02.008.

Kenny T-A, Fillion M, Simpkin S, Wesche SD, Chan HM. (2018). Caribou (*Rangifer tarandus*) and Inuit nutrition security in Canada. *Ecohealth* **15**, 590–607; doi: 10.1007/s10393-018-1348-z.

Kim Y, Kim H, Gasparrini A, Armstrong B, Honda Y, Chung Y, et al. (2019). Suicide and ambient temperature; a multi-country multi-city study. *Environmental Health Perspectives* **127**, 117007; doi: 10.1289/EHP4898.

Kinney PL. (2018). Interactions of climate change, air pollution, and human health. *Current Environmental Health Reports* **5**, 179–186; doi: 10.1007/s40572-018-0188-x.

Kizer KW. (2020). Extreme wildfires - A growing population health and planetary problem. *Journal of the American Medical Association* **324**, 1605–1606; doi: 10.1001/jama.2020.19334.

Kjellstrom T, Freyberg C, Lemke B, Otto M, Briggs D. (2018). Estimating population heat exposure and impacts on working people in conjunction with climate change. *International Journal of Biometeorology* **62**, 291–306; doi: 10.1007/s00484-017-1407-0.

Klenert D, Funke F, Mattauch L, O'Callaghan B. (2020). Five lessons from COVID-19 for advancing climate change mitigation. *Environmental and Resource Economics* **76**, 751–778; doi: 10.1007/s10640-020-00453-w.

Kohlitz JP, Chong J, Willetts J. (2017). Climate change vulnerability and resilience of water, sanitation, and hygiene services; a theoretical perspective. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development* **7**, 181–195; doi: 10.2166/washdev.2017.134.

Kosa KM, Cates SC, Godwin SL, Coppings RJ, Speller-Henderson L. (2011). Most Americans are not prepared to ensure food safety during power outages and other emergencies. *Food Protection Trends* **31**, 428–436.

Kosa KM, Cates SC, Karns S, Godwin SL, Coppings RJ. (2012). Are older adults prepared to ensure food safety during extended power outages and other emergencies? Findings from a national survey. *Educational Gerontology* **38**, 763–775; doi: 10.1080/03601277.2011.645436.

Kraay ANM, Man O, Levy MC, Levy K, Ionides E, Eisenberg JNS. (2020). Understanding the impact of rainfall on diarrhea: testing the concentration-dilution hypothesis using a systematic review and meta-analysis. *Environmental Health Perspectives* **128**, 126001-1–126001-16; doi: 10.1289/EHP6181.

Kravchenko J, Lyster HK. (2018). The impact of coal-powered electrical plants and coal ash impoundments on the health of residential communities. *North Carolina Medical Journal* **79**, 289–300; doi: 10.18043/ncm.79.5.289.

Krieger N. (2020). ENOUGH: COVID-19, structural racism, police brutality, plutocracy, climate change-and time for health justice, democratic governance, and an equitable, sustainable future.

- American Journal of Public Health* **110**, 1620–1623; doi: 10.2105/AJPH.2020.305886.
- Krisher LK, Krisher J, Ambuludi M, Arichabala A, Beltrán-Ayala E, Navarrete P, et al. (2016). Successful malaria elimination in the Ecuador-Peru border region: epidemiology and lessons learned. *Malaria Journal* **15**; doi: 10.1186/s12936-016-1630-x.
- Kronik J, Verner D. (2010). *Indigenous Peoples and climate change in Latin America and the Caribbean*. The World Bank: Washington, D.C.
- Kubota Y, Shiono T, Kusumoto B, Fujinuma J. (2020). Multiple drivers of the COVID-19 spread: the roles of climate, international mobility, and region-specific conditions. *PLoS ONE* **15**, e0239385; doi: 10.1371/journal.pone.0239385.
- Kuholski K, Tohn E, Morley R. (2010). Healthy energy-efficient housing: using a one-touch approach to maximize public health, energy, and housing programs and policies. *Journal of Public Health Management and Practice* **16**, S68–S74; doi: 10.1097/PHH.0b013e3181ef4aca.
- Lake IR, Barker GC. (2018). Climate change, foodborne pathogens and illness in higher-income countries. *Current Environmental Health Reports* **5**, 187–196; doi: 10.1007/s40572-018-0189-9.
- Lake IR, Hooper L, Abdelhamid A, Bentham G, Boxall ABA, Draper A, et al. (2012). Climate change and food security: health impacts in developed countries. *Environmental Health Perspectives* **120**, 1520–1526; doi: 10.1289/ehp.1104424.
- Lal A, Baker MG, Hales S, French NP. (2013). Potential effects of global environmental changes on cryptosporidiosis and giardiasis transmission. *Trends in Parasitology* **29**, 83–90; doi: 10.1016/j.pt.2012.10.005.
- Landguth EL, Holden ZA, Graham J, Stark B, Mokhtari EB, Kaleczyc E, et al. (2020). The delayed effect of wildfire season particulate matter on subsequent influenza season in a mountain west region of the USA. *Environment International* **139**, 105668; doi: 10.1016/j.envint.2020.105668.
- Landrigan PJ, Frumkin H, Lundberg BE. (2020). The false promise of natural gas. *New England Journal of Medicine* **382**, 104–107; doi: 10.1056/NEJMp1913663.
- Landrigan PJ, Fuller R, Acosta NJR, Adeyi O, Arnold R, Basu NN, et al. (2018). The Lancet commission on pollution and health. *The Lancet* **391**, 462–512; doi: 10.1016/S0140-6736(17)32345-0.
- Langill JC. (2018). Differential experiences of climate change: local knowledge and perspectives of severe flooding in the Peruvian Amazon. Masters Thesis. University of Toronto.
- Laporta GZ, Linton Y-M, Wilkerson RC, Bergo ES, Nagaki SS, Sant'Ana DC, et al. (2015). Malaria vectors in South America: current and future scenarios. *Parasites and Vectors* **8**, 426; doi: 10.1186/s13071-015-1038-4.
- Larsen JN, Anisimov OA, Constable A, Hollowed AB, Maynard N, Prestrud P, et al. (2014). Polar Regions. In: *Climate Change 2014, Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (V.R. Barros, C.B. Field, D.J. Dokken, M.B. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, et al., eds). Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom and New York, USA. 1567–1612.
- Le Quéré C, Peters GP, Friedlingstein P, Andrew RM, Canadell JG, Davis SJ, et al. (2021). Fossil CO₂ emissions in the post-COVID-19 era. *Nature Climate Change* **11**, 197–199; doi: 10.1038/s41558-021-01001-0.
- Leffers J, McDermott Levy R, Nicholas PK, Sweeney CF. (2017). Mandate for the nursing profession to address climate change through nursing education. *Journal of Nursing Scholarship* **49**, 679–687; doi: 10.1111/jnu.12331.
- Lelieveld J, Evans JS, Fnais M, Giannadaki D, Pozzer A. (2015). The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature* **525**, 367–371; doi: 10.1038/nature15371.
- Lelieveld J, Klingmüller K, Pozzer A, Burnett RT, Haines A, Ramanathan V. (2019a). Effects of fossil fuel and total anthropogenic emission removal on public health and climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **116**, 7192–7197; doi: 10.1073/pnas.1819989116.
- Lelieveld J, Klingmüller K, Pozzer A, Pöschl U, Fnais M, Daiber A, et al. (2019b). Cardiovascular disease burden from ambient air pollution in Europe reassessed using novel hazard ratio functions. *European Heart Journal* **40**, 1590–1596; doi: 10.1093/eurheartj/ehz135.
- Levy JI, Nishioka Y, Spengler JD. (2003). The public health benefits of insulation retrofits in existing housing in the United States. *Environmental Health: A Global Access Science Source* **2**, 4; doi: 10.1186/1476-069X-2-4.
- Levy K, Smith SM, Carlton EJ. (2018). Climate change impacts on waterborne diseases: moving toward designing interventions. *Current Environmental Health Reports* **5**, 272–282; doi: 10.1007/s40572-018-0199-7.
- Levy K, Woster AP, Goldstein RS, Carlton EJ. (2016). Untangling the impacts of climate change on waterborne diseases; a systematic review of relationships between diarrheal diseases and temperature, rainfall, flooding, and drought. *Environmental Science & Technology* **50**, 4905–4922; doi: 10.1021/acs.est.5b06186.
- Li Y, Tokura H, Guo YP, Wong ASW, Wong T, Chung J, et al. (2005). Effects of wearing N95 and surgical facemasks on heart rate, thermal stress and subjective sensations. *International Archives of Occupational and Environmental Health* **78**, 501–509; doi: 10.1007/s00420-004-0584-4.
- Limaye VS, Vargo J, Harkey M, Holloway T, Patz JA. (2018). Climate change and heat-related excess mortality in the eastern USA. *Ecohealth* **15**, 485–496; doi: 10.1007/s10393-018-1363-0.
- Lin S, Shrestha S, Prusinski MA, White JL, Lukacik G, Smith M, et al. (2019). The effects of multiyear and seasonal weather factors on incidence of Lyme disease and its vector in New York State. *Science of the Total Environment* **665**, 1182–1188; doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.02.123.
- Liu C, Hofstra N, Franz E. (2013). Impacts of climate change on the microbial safety of pre-harvest leafy green vegetables as indicated by *Escherichia coli* O157 and *Salmonella* spp. *International Journal of Food Microbiology* **163**, 119–128; doi: 10.1016/j.IJFODMICRO.2013.02.026.
- Liu JC, Mickley LJ, Sulprizio MP, Dominici F, Yue X, Ebisu K, et al. (2016a). Particulate air pollution from wildfires in the western US under climate change. *Climate Change* **138**, 655–666; doi: 10.1007/s10584-016-1762-6.
- Liu JC, Mickley LJ, Sulprizio MP, Yue X, Peng RD, Dominici F, et al. (2016b). Future respiratory hospital admissions from wildfire smoke under climate change in the western US. *Environmental Research Letters* **11**, 124018; doi: 10.1088/1748-9326/11/12/124018.
- Lo Iacono G, Armstrong B, Fleming LE, Elson R, Kovats S, Vardoulakis S, et al. (2017). Challenges in developing methods for quantifying the effects of weather and climate on water-associated diseases; a systematic review. *PLOS Neglected Tropical Diseases* **11**, e0005659; doi: 10.1371/journal.pntd.0005659.
- Lock K, Stuckler D, Charlesworth K, McKee M. (2009). Potential causes and health effects of rising global food prices. *British Medical Journal* **339**, b2403; doi: 10.1136/bmj.b2403.

- Lowe R, Stewart-Ibarra AM, Petrova D, García-Díez M, Borbor-Cordova MJ, Mejía R, et al. (2017). Climate services for health: predicting the evolution of the 2016 dengue season in Machala, Ecuador. *The Lancet Planetary Health* **1**, e142–e151; doi: 10.1016/S2542-5196(17)30064-5.
- Lynn K, Daigle J, Hoffman J, Lake F, Michelle N, Ranco D, et al. (2013). The impacts of climate change on tribal traditional foods. *Climate Change* **120**, 545–556; doi: 10.1007/s10584-013-0736-1.
- Macdiarmid JI, Whybrow S. (2019). Nutrition from a climate change perspective. *Proceedings of the Nutrition Society* 1–8; doi: 10.1017/S0029665118002896.
- MacFadden DR, McGough SF, Fisman D, Santillana M, Brownstein JS. (2018). Antibiotic resistance increases with local temperature. *Nature Climate Change* **8**, 510–514; doi: 10.1038/s41558-018-0161-6.
- Machin AB, Nascimento LF, Mantovani K, Machin EB. (2019). Effects of exposure to fine particulate matter in elderly hospitalizations due to respiratory diseases in the south of the Brazilian Amazon. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* **52**, e8130; doi: 10.1590/1414-431x20188130.
- MacKinnon K, van Ham C, Reilly K, Hopkins J. (2019). Nature-Based Solutions and Protected Areas to Improve Urban Biodiversity and Health. In: *Biodiversity and Health in the Face of Climate Change* (M.R. Marselle, J. Stadler, H. Korn, K.N. Irvine, and A. Bonn, eds). Springer International Publishing: Cham, Switzerland. 363–380.
- Madden DL, McLean M, Horton GL. (2018). Preparing medical graduates for the health effects of climate change; an Australasian collaboration. *Medical Journal of Australia* **208**, 291–292.e1; doi: 10.5694/mja17.01172.
- Majeed H, Lee J. (2017). The impact of climate change on youth depression and mental health. *The Lancet Planetary Health* **1**, e94–e95; doi: 10.1016/S2542-5196(17)30045-1.
- Maldonado J, Antrobus D, Comardelle C, Cox SR, Laukea L, Jones C, et al. (2021). Protection-in-place & community-led relocation. In: *Status of Tribes and Climate Change Report* (D. Marks-Marino, ed). Institute for Tribal Environmental Professionals: Flagstaff, Arizona.
- Mantilla GC, Li C. (2019). Enseñanza de cambio climático y salud en facultades de medicina en Colombia. *Revista de Salud Ambiental* **19**, 116–124.
- Marsha A, Sain SR, Heaton MJ, Monaghan AJ, Wilhelmi O V. (2018). Influences of climatic and population changes on heat-related mortality in Houston, Texas, USA. *Climate Change* **146**, 471–485; doi: 10.1007/s10584-016-1775-1.
- Martilli A, Krayenhoff ES, Nazarian N. (2020). Is the urban heat island important relevant for heat mitigation studies? *Urban Climate* **31**, 100541; doi: 10.1016/j.uclim.2019.100541.
- Martinez-Urtaza J, Bowers JC, Trinanes J, DePaola A. (2010). Climate anomalies and the increasing risk of *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* illnesses. *Food Research International* **43**, 1780–1790; doi: 10.1016/j.foodres.2010.04.001.
- Marushka L, Batal M, Sharp D, Schwartz H, Ing A, Fediuk K, et al. (2017). Fish consumption is inversely associated with type 2 diabetes in Manitoba First Nations communities. *FACETS* **2**, 795–818; doi: 10.1139/facets-2017-0023.
- Marushka L, Kenny T-AA, Batal M, Cheung WWL, Fediuk K, Golden CD, et al. (2019). Potential impacts of climate-related decline of seafood harvest on nutritional status of coastal First Nations in British Columbia, Canada. *PLoS ONE* **14**; doi: 10.1371/journal.pone.0211473.
- Marx MA, Rodriguez C V., Greenko J, Das D, Heffernan R, Karpati AM, et al. (2006). Diarrheal illness detected through syndromic surveillance after a massive power outage: New York City, August (2003). *American Journal of Public Health* **96**, 547–553; doi: 10.2105/AJPH.2004.061358.
- Matz CJ, Egyed M, Xi G, Racine J, Pavlovic R, Rittmaster R, et al. (2020). Health impact analysis of PM2.5 from wildfire smoke in Canada (2013–2015, 2017–2018). *Science of the Total Environment* **725**, 138506; doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138506.
- Maxwell J, Blashki G. (2016). Teaching about climate change in medical education; an opportunity. *Journal of Public Health Research* **5**, 673; doi: 10.4081/jphr.2016.673.
- Mbow C, Rosenzweig C, Barioni LG, Benton TG, Herrero M, Krishnapillai M, et al. (2019). Food security. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* (P. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, et al., eds). 437–550.
- McCormick AC, Unsicker SB, Gershenzon J. (2012). The specificity of herbivore-induced plant volatiles in attracting herbivore enemies. *Trends in Plant Science* **17**, 303–310; doi: 10.1016/j.tplants.2012.03.012.
- McDuffie EE, Martin R V., Spadaro J V., Burnett R, Smith SJ, O'Rourke P, et al. (2021). Source sector and fuel contributions to ambient PM2.5 and attributable mortality across multiple spatial scales. *Nature Communications* **12**, 3594; doi: 10.1038/s41467-021-23853-y.
- McFrederick QS, Fuentes JD, Roulston T, Kathilankal JC, Lerda M. (2009). Effects of air pollution on biogenic volatiles and ecological interactions. *Oecologia* **160**, 411–420; doi: 10.1007/s00442-009-1318-9.
- McGregor D. (2021). Indigenous knowledge systems in environmental governance in Canada. *KULA: Knowledge Creation, Dissemination, and Preservation Studies* **5**, 1–10; doi: 10.18357/kula.148.
- Mckeown R, Hopkins C. (2010). Rethinking climate change education. *Green Teacher* **89**, 17–22.
- McLaughlin JB, DePaola A, Bopp CA, Martinek KA, Napolilli NP, Allison CG, et al. (2005). Outbreak of *Vibrio parahaemolyticus* gastroenteritis associated with Alaskan oysters. *New England Journal of Medicine* **353**, 1463–1470; doi: 10.1056/NEJMoa051594.
- McLeman R. (2019). International migration and climate adaptation in an era of hardening borders. *Nature Climate Change* **9**, 911–918; doi: 10.1038/s41558-019-0634-2.
- McLeman R, Wrathall D, Gilmore E, Thornton P, Adams H, Gemenne F. (2021). Conceptual framing to link climate risk assessments and climate-migration scholarship. *Climate Change* **165**, 24; doi: 10.1007/s10584-021-03056-6.
- McLeod L, Veall M. (2006). The dynamics of food insecurity and overall health: evidence from the Canadian National Population Health Survey. *Applied Economics* **38**, 2131–2146; doi: 10.1080/00036840500427429.
- McPherson M, García-García A, Cuesta-Valero FJ, Beltrami H, Hansen-Ketchum P, MacDougall D, et al. (2017). Expansion of the Lyme disease vector *Ixodes Scapularis* in Canada inferred from CMIP5 climate projections. *Environmental Health Perspectives* **125**, 057008; doi: 10.1289/EHP57.
- Mellor JE, Levy K, Zimmerman J, Elliott M, Bartram J, Carlton E, et al. (2016). Planning for climate change: the need for mechanistic systems-based approaches to study climate change impacts on diarrheal diseases. *Science of the Total Environment* **548**, 82–90; doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.12.087.
- Méndez-Arriaga F. (2020). The temperature and regional climate effects on communitarian COVID-19 contagion in Mexico throughout

- phase 1. *Science of the Total Environment* **735**, 139560; doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.139560.
- Menezes JA, Margonari C, Santos RB, Confalonieri U. (2018). Air pollution, climate change, and human health in Brazil. In: *Climate Change and Air Pollution: the Impact on Human Health in Developed and Developing Countries* (R. Akhtar and C. Palagiano, eds). Springer International Publishing: Cham. 375–403.
- Menton M, Milanez F, de Andrade Souza JM, Cruz FSM. (2021). The COVID-19 pandemic intensified resource conflicts and Indigenous resistance in Brazil. *World Development* **138**, 105222; doi: 10.1016/j.worlddev.2020.105222.
- Messina JP, Brady OJ, Golding N, Kraemer MUG, Wint GRW, Ray SE, et al. (2019). The current and future global distribution and population at risk of dengue. *Nature Microbiology* **4**, 1508–1515; doi: 10.1038/s41564-019-0476-8.
- Middleton J, Cunsolo A, Jones-Bitton A, Shiwak I, Wood M, Pollock N, et al. (2020a). “We’re people of the snow: ” Weather, climate change, and Inuit mental wellness. *Social Science & Medicine* **262**, 113137; doi: 10.1016/j.socscimed.2020.113137.
- Middleton J, Cunsolo A, Jones-Bitton A, Wright CJ, Harper SL. (2020b). Indigenous mental health in a changing climate; a systematic scoping review of the global literature. *Environmental Research Letters* **15**, 53001; doi: 10.1088/1748-9326/ab68a9.
- Middleton J, Cunsolo A, Pollock N, Jones-Bitton A, Wood M, Shiwak I, et al. (2021). Temperature and place associations with Inuit mental health in the context of climate change. *Environmental Research* **198**, 111166; doi: 10.1016/j.envres.2021.111166.
- Milazzo A, Giles LC, Zhang Y, Koehler AP, Hiller JE, Bi P. (2017). Factors influencing knowledge, food safety practices and food preferences during warm weather of *Salmonella* and *Campylobacter* cases in South Australia. *Foodborne Pathogens and Disease* **14**, 125–131; doi: 10.1089/food.2016.2201.
- Milner J, Hamilton I, Woodcock J, Williams M, Davies M, Wilkinson P, et al. (2020). Health benefits of policies to reduce carbon emissions. *British Medical Journal* **368**, l6758; doi: 10.1136/bmj.l6758.
- Minx JC, Callaghan M, Lamb WF, Garard J, Edenhofer O. (2017). Learning about climate change solutions in the IPCC and beyond. *Environmental Science & Policy* **77**, 252–259; doi: 10.1016/j.envsci.2017.05.014.
- Mitchell FM. (2018). “Water is life”: using photovoice to document American Indian perspectives on water and health. *Social Work Research* **42**, 277–289; doi: 10.1093/swr/svy025.
- Molina O, Saldarriaga V. (2017). The perils of climate change: in utero exposure to temperature variability and birth outcomes in the Andean region. *Economics & Human Biology* **24**, 111–124; doi: 10.1016/j.ehb.2016.11.009.
- Monaghan AJ, Moore SM, Sampson KM, Beard CB, Eisen RJ. (2015). Climate change influences on the annual onset of Lyme disease in the United States. *Ticks and Tick-Borne Diseases* **6**, 615–622; doi: 10.1016/j.ttbdis.2015.05.005.
- Monaghan AJ, Sampson KM, Steinhoff DF, Ernst KC, Ebi KL, Jones B, et al. (2018). The potential impacts of 21st century climatic and population changes on human exposure to the virus vector mosquito *Aedes aegypti*. *Climate Change* **146**, 487–500; doi: 10.1007/s10584-016-1679-0.
- Morefield PE, Fann N, Grambsch A, Raich W, Weaver CP. (2018). Heat-related health impacts under scenarios of climate and population change. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **15**; doi: 10.3390/ijerph15112438.
- Morin CW, Comrie AC. (2013). Regional and seasonal response of a West Nile virus vector to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **110**, 15620–15625; doi: 10.1073/pnas.1307135110.
- Morrison D. (2011). Indigenous food sovereignty; a model for social learning. In: *Food Sovereignty in Canada: Creating Just and Sustainable Food Systems* (H. Wittman, A.A. Desmarais, and N. Wiebe, eds). Fernwood Publishing: Halifax & Winnipeg. 97–113.
- Muldoon KA, Duff PK, Fielden S, Anema A. (2013). Food insufficiency is associated with psychiatric morbidity in a nationally representative study of mental illness among food insecure Canadians. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology* **48**, 795–803; doi: 10.1007/s00127-012-0597-3.
- Murtaugh D. (2020). *Goldman sees \$16 trillion opening as renewables pass oil and gas*. Bloomberg Quint: <https://www.bloombergquint.com/business/goldman-sees-16-trillion-opening-as-renewables-pass-oil-and-gas>.
- Myers SS, Smith MR, Guth S, Golden CD, Vaitla B, Mueller ND, et al. (2017). Climate change and global food systems: potential impacts on food security and undernutrition. *Annual Review of Public Health* **38**, 259–277; doi: 10.1146/annurev-publhealth-031816-044356.
- Myers SS, Zanolletti A, Kloog I, Huybers P, Leakey ADB, Bloom AJ, et al. (2014). Increasing CO2 threatens human nutrition. *Nature* **510**, 139–142; doi: 10.1038/nature13179.
- Myers TA, Nisbet MC, Maibach EW, Leiserowitz AA. (2012). A public health frame arouses hopeful emotions about climate change. *Climate Change* **113**, 1105–1112; doi: 10.1007/s10584-012-0513-6.
- Myllyvirta L, Thieriot H. (2020). *11,000 air pollution-related deaths avoided in Europe as coal, oil consumption plummet*. Centre for Research on Energy and Clean Air.
- National Academies of Sciences Engineering and Medicine. (2017). *Communicating science effectively; a research agenda*. The National Academies Press: Washington, DC.
- National Research Council of the National Academies. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. The National Academies Press: Washington, DC.
- Nemet GF, Holloway T, Meier P. (2010). Implications of incorporating air-quality co-benefits into climate change policymaking. *Environmental Research Letters* **5**; doi: 10.1088/1748-9326/5/1/014007.
- Ng V, Fazil A, Gachon P, Deuymes G, Radojević M, Mascarenhas M, et al. (2017). Assessment of the probability of autochthonous transmission of chikungunya virus in Canada under recent and projected climate change. *Environmental Health Perspectives* **125**, 67001; doi: 10.1289/EHP669.
- Ngoen-klan R, Moophayak K, Klong-klaw T, Irvine KN, Sukontason KL, Prangkio C, et al. (2011). Do climatic and physical factors affect populations of the blow fly *Chrysomya megacephala* and house fly *Musca domestica*? *Parasitology Research* **109**, 1279–1292; doi: 10.1007/s00436-011-2372-x.
- NHI. *Climate change and human health lesson plans*. National Institutes of Health: <https://www.niehs.nih.gov/health/scied/teachers/cchh/index.cfm>.
- Nicola M, Alsafi Z, Sohrabi C, Kerwan A, Al-Jabir A, Iosifidis C, et al. (2020). The socio-economic implications of the coronavirus pandemic (COVID-19); a review. *International Journal of Surgery* **78**, 185–193; doi: 10.1016/j.ijssu.2020.04.018.
- Nicotra AB, Atkin OK, Bonser SP, Davidson AM, Finnegan EJ, Mathesius U, et al. (2010). Plant phenotypic plasticity in a changing climate. *Trends in Plant Science* **15**, 684–692; doi: 10.1016/j.tplants.2010.09.008.

- Nissan H, Goddard L, de Perez EC, Furlow J, Baethgen W, Thomson MC, et al. (2019). On the use and misuse of climate change projections in international development. *WIREs Climate Change* **10**, e579; doi: 10.1002/wcc.579.
- Nurse LA, McLean RF, Agard J, Briguglio LP, Duvat-Magnan V, Pelesikoti N, et al. (2014). Small islands. In: *Climate change 2014, Impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: Regional aspects. Working Group II contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change* (V.R. Barros, C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, et al., eds). Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, USA. 1613–1654.
- Nussbaum MC. (2000). *Women and human development: the capabilities approach*. Cambridge University Press: Cambridge.
- Nussbaum MC. (2007). *Frontiers of justice: Disability, nationality, species membership*. Belknap Press; an Imprint of Harvard University Press: Cambridge, MA.
- Nussbaum MC, Sen A. (1993). *The quality of life*. Oxford University Press: Oxford, N.Y.
- O'Neill BC, Carter TR, Ebi K, Harrison PA, Kemp-Benedict E, Kok K, et al. (2020). Achievements and needs for the climate change scenario framework. *Nature Climate Change* **10**, 1074–1084; doi: 10.1038/s41558-020-00952-0.
- O'Neill BC, Kriegler E, Ebi KL, Kemp-Benedict E, Riahi K, Rothman DS, et al. (2017). The roads ahead: narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century. *Global Environmental Change* **42**, 169–180; doi: 10.1016/j.gloenvcha.2015.01.004.
- O'Neill BC, Kriegler E, Riahi K, Ebi KL, Hallegatte S, Carter TR, et al. (2014). A new scenario framework for climate change research: the concept of shared socioeconomic pathways. *Climate Change* **122**, 387–400; doi: 10.1007/s10584-013-0905-2.
- Oberschelp C, Pfister S, Raptis C, Hellweg S. (2019). Global emission hotspots of coal power generation. *Nature Sustainability* **2**, 113–121; doi: 10.1038/s41893-019-0221-6.
- Obradovich N, Migliorini R, Paulus MP, Rahwan I. (2018). Empirical evidence of mental health risks posed by climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **115**, 10953–10958; doi: 10.1073/pnas.1801528115.
- OECD. (2021). *Meat consumption (indicator)*. Organisation for Economic Co-operation and Development: doi: 10.1787/fa290fd0-en.
- Ogden NH. (2017). Climate change and vector-borne diseases of public health significance. *FEMS Microbiology Letters* **364**; doi: 10.1093/femsle/fnx186.
- Ogden NH, Lindsay LR. (2016). Effects of climate and climate change on vectors and vector-borne diseases: ticks are different. *Trends in Parasitology* **32**, 646–656; doi: 10.1016/j.pt.2016.04.015.
- Ogden NH, Radojevic M, Wu X, Duvvuri VR, Leighton PA, Wu J. (2014). Estimated effects of projected climate change on the basic reproductive number of the Lyme disease vector *Ixodes scapularis*. *Environmental Health Perspectives* **122**, 631–638; doi: 10.1289/ehp.1307799.
- Orru H, Ebi KL, Forsberg B. (2017). The interplay of climate change and air pollution on health. *Current Environmental Health Reports* **4**, 504–513; doi: 10.1007/s40572-017-0168-6.
- Ortiz-Jiménez MA. (2018). Quantitative evaluation of the risk of *Vibrio parahaemolyticus* through consumption of raw oysters (*Crassostrea corteziensis*) in Tepic, Mexico, under the RCP2.6 and RCP8.5 climate scenarios at different time horizons. *Food Research International* **111**, 111–119; doi: 10.1016/j.foodres.2018.05.012.
- Ortiz M, Itard L, Bluysen PM. (2020). Indoor environmental quality related risk factors with energy-efficient retrofitting of housing; a literature review. *Energy and Buildings* **221**, 110102; doi: 10.1016/j.enbuild.2020.110102.
- Ostro B, Rauch S, Green R, Malig B, Basu R. (2010). The effects of temperature and use of air conditioning on hospitalizations. *American Journal of Epidemiology* **172**, 1053–1061; doi: 10.1093/aje/kwq231.
- Ötker I, Srinivasan K. (2018). Bracing for the storm: for the Caribbean, building resilience is a matter of survival. *Finance & Development* 48–51.
- PAHO. (2017). *Health in the Americas+ summary: Regional outlook and country profiles*. Pan American Health Organization: Washington, D.C.
- PAHO. (2019). *Caribbean action plan on health and climate change*. Pan American Health Organization: Washington, D.C.
- Palko K, Lemmen DS. (2017). *Climate risks and adaptation practices for the Canadian transportation sector (2016)*. Government of Canada: Ottawa, ON.
- Palmer MA, Bernhardt ES, Schlesinger WH, Eshleman KN, Foufoula-Georgiou E, Hendryx MS, et al. (2010). Mountaintop mining consequences. *Science* **327**, 148–149; doi: 10.1126/science.1180543.
- Pangloli P, Dje Y, Ahmed O, Doane CA, Oliver SP, Draughon FA. (2008). Seasonal incidence and molecular characterization of *Salmonella* from dairy cows, calves, and farm environment. *Foodborne Pathogens and Disease* **5**, 87–96; doi: 10.1089/fpd.2008.0048.
- Paralovo SL, Barbosa CGG, Carneiro IPS, Kurzlop P, Borillo GC, Schiochet MFC, et al. (2019). Observations of particulate matter, NO₂, SO₂, O₃, H₂S and selected VOCs at a semi-urban environment in the Amazon region. *Science of the Total Environment* **650**, 996–1006; doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.09.073.
- Parham PE, Waldock J, Christophides GK, Hemming D, Augusto F, Evans KJ, et al. (2015). Climate, environmental and socio-economic change: weighing up the balance in vector-borne disease transmission. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* **370**, 20130551; doi: 10.1098/rstb.2013.0551.
- Parkinson AJ, Bruce MG, International Circumpolar Surveillance Steering Committee. (Zul T, 2008). International circumpolar surveillance, an Arctic network for surveillance of infectious diseases. *Emerging Infectious Diseases* **14**, 18–24.
- Parkinson AJ, Butler JC. (2005). Potential impacts of climate change on infectious diseases in the Arctic. *International Journal of Circumpolar Health* **64**, 478–486; doi: 10.3402/ijch.v64i5.18029.
- Parraguez-Vergara E, Barton JR, Raposo-Quintana G. (2016). Impacts of climate change in the Andean foothills of Chile: economic and cultural vulnerability of Indigenous Mapuche livelihoods. *Journal of Developing Societies* **32**, 454–483; doi: 10.1177/0169796X16667874.
- Parraguez-Vergara E, Contreras B, Clavijo N, Villegas V, Paucar N, Ther F. (2018). Does Indigenous and campesino traditional agriculture have anything to contribute to food sovereignty in Latin America? Evidence from Chile, Peru, Ecuador, Colombia, Guatemala and Mexico. *International Journal of Agricultural Sustainability* **16**, 326–341; doi: 10.1080/14735903.2018.1489361.
- Parry L, Radel C, Adamo SB, Clark N, Counterman M, Flores-Yeffal N, et al. (2019). The (in)visible health risks of climate change. *Social Science & Medicine* **241**, 112448; doi: 10.1016/j.socscimed.2019.112448.
- Patriarca A, Fernández Pinto V. (2017). Prevalence of mycotoxins in foods and decontamination. *Current Opinion in Food Science* **14**, 50–60; doi: 10.1016/J.COF5.2017.01.011.
- Patrick RJ. (2018). Adapting to climate change through source water protection: case studies from Alberta and Saskatchewan,

- Canada. *International Indigenous Policy Journal* **9**; doi: 10.18584/iipj.2018.9.3.1.
- Paz S. (2015). Climate change impacts on West Nile virus transmission in a global context. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* **370**; doi: 10.1098/rstb.2013.0561.
- Pei S, Dahl KA, Yamana TK, Licker R, Shaman J. (2020). Compound risks of hurricane evacuation amid the COVID-19 pandemic in the United States. *GeoHealth* **4**, e2020GH000319; doi: 10.1029/2020GH000319.
- Peñuelas J, Straudt M. (2010). BVOCs and global change. *Trends in Plant Science* **15**, 133–144; doi: 10.1016/j.tplants.2009.12.005.
- Pequeno P, Mendel B, Rosa C, Bosholn M, Souza JL, Baccaro F, et al. (2020). Air transportation, population density and temperature predict the spread of COVID-19 in Brazil. *PeerJ* **8**, e9322; doi: 10.7717/peerj.9322.
- Peralta O, Ortíz-Alvarez A, Torres-Jardón R, Suárez-Lastra M, Castro T, Ruíz-Suárez LG. (2020). Ozone over Mexico City during the COVID-19 pandemic. *Science of the Total Environment* **761**, 143183; doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.143183.
- Perera F, Ashrafi A, Kinney P, Mills D. (2019). Towards a fuller assessment of benefits to children's health of reducing air pollution and mitigating climate change due to fossil fuel combustion. *Environmental Research* **172**, 55–72; doi: 10.1016/j.envres.2018.12.016.
- Petrasek MacDonald J, Cunsolo Willox A, Ford JD, Shiwak I, Wood M, Wolfrey C, et al. (2015). Protective factors for mental health and well-being in a changing climate: perspectives from Inuit youth in Nunatsiavut, Labrador. *Social Science & Medicine* **141**, 133–141; doi: 10.1016/j.socscimed.2015.07.017.
- Petroni M, Hill D, Younes L, Barkman L, Howard S, Howell IB, et al. (2020). Hazardous air pollutant exposure as a contributing factor to COVID-19 mortality in the United States. *Environmental Research Letters* **15**, 0940a9; doi: 10.1088/1748-9326/abaf86.
- PHAC. (2018). *Key health inequalities in Canada; a national portrait*. Public Health Agency of Canada: Ottawa, ON.
- Phadke A, Paliwal U, Abhyankar N, McNair T, Paulos B, Wooley D, et al. (2020). *Plummeting solar, wind, and battery costs can accelerate our clean electricity future: 2035 report*. Goldman School of Public Policy, University of California Berkeley: Berkeley.
- Phillips CA, Caldas A, Cleetus R, Dahl KA, Declat-Barreto J, Licker R, et al. (2020). Compound climate risks in the COVID-19 pandemic. *Nature Climate Change* **10**, 586–588; doi: 10.1038/s41558-020-0804-2.
- Pichler P-P, Jaccard IS, Weisz U, Weisz H. (2019). International comparison of health care carbon footprints. *Environmental Research Letters* **14**, 064004; doi: 10.1088/1748-9326/ab19e1.
- Polidoro M, de Assis Mendonça F, Meneghel SN, Alves-Brito A, Gonçalves M, Bairros F, et al. (2020). Territories under siege: risks of the decimation of Indigenous and Quilombolas Peoples in the context of COVID-19 in south Brazil. *Journal of Racial and Ethn Health Disparities* **8**, 1119–1129; doi: 10.1007/s40615-020-00868-7.
- Polivka BJ, Chaudry RV, Mac Crawford J. (2012). Public health nurses' knowledge and attitudes regarding climate change. *Environmental Health Perspectives* **120**, 321–325; doi: 10.1289/ehp.1104025.
- Poore J, Nemecek T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science* **360**, 987–992; doi: 10.1126/science.aaq0216.
- Porter JR, Xie L, Challinor AJ, Cochrane K, Howden MS, Iqbal MM, et al. (2014). Food security and food production systems. In: *Climate Change 2014, Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, et al., eds). Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, NY, USA. 485–533.
- Portugal-Pereira J, Koberle A, Lucena AFP, Rochedo PRR, Império M, Carsalade AM, et al. (2018). Interactions between global climate change strategies and local air pollution: lessons learnt from the expansion of the power sector in Brazil. *Climate Change* **148**, 293–309; doi: 10.1007/s10584-018-2193-3.
- Pozzer A, Dominici F, Haines A, Witt C, Münzel T, Lelieveld J. (2020). Regional and global contributions of air pollution to risk of death from COVID-19. *Cardiovascular Research* **116**, 2247–2253; doi: 10.1093/cvr/cvaa288.
- Prata DN, Rodrigues W, Bermejo PH. (2020). Temperature significantly changes COVID-19 transmission in (sub)tropical cities of Brazil. *Science of the Total Environment* **729**, 138862; doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138862.
- Pressman S, Summerfield G. (2002). Sen and capabilities. *Review of Political Economy* **14**, 429–434; doi: 10.1080/095382502200009889.
- Proestos Y, Christophides GK, Ergüler K, Tanarhte M, Waldoek J, Lelieveld J. (2015). Present and future projections of habitat suitability of the Asian tiger mosquito, a vector of viral pathogens, from global climate simulation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* **370**, 20130554; doi: 10.1098/rstb.2013.0554.
- QIA. (2019). *Food sovereignty and harvesting*. Qikiqtani Inuit Association: <https://www.qia.ca/wp-content/uploads/2019/03/Food-Sovereignty-and-Harvesting.pdf>.
- Ramirez-Cabral NYZ, Kumar L, Shabani F. (2017). Future climate scenarios project a decrease in the risk of fall armyworm outbreaks. *Journal of Agricultural Science* **155**, 1219–1238; doi: 10.1017/S0021859617000314.
- Raszl SM, Froelich BA, Vieira CRW, Blackwood AD, Noble RT. (2016). *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* in South America: water, seafood and human infections. *Journal of Applied Microbiology* **121**, 1201–1222; doi: 10.1111/jam.13246.
- Rataj E, Kunzweiler K, Garthus-Niegel S. (2016). Extreme weather events in developing countries and related injuries and mental health disorders - a systematic review. *BMC Public Health* **16**, 1020; doi: 10.1186/s12889-016-3692-7.
- Ratima M, Martin D, Castleden H, Delormier T. (2019). Indigenous voices and knowledge systems – promoting planetary health, health equity, and sustainable development now and for future generations. *Global Health Promotion* **26**, 3–5; doi: 10.1177/1757975919838487.
- Ravel A, Smolina E, Sargeant JM, Cook A, Marshall B, Fleury MD, et al. (2010). Seasonality in human salmonellosis: assessment of human activities and chicken contamination as driving factors. *Foodborne Pathogens and Disease* **7**, 785–794; doi: 10.1089/fpd.2009.0460.
- Reed AC, Haldane V, Mincer J, McDermott E, Rawlyk B. (2021). Nature prescribing in Canada; a trainee led discussion on implementation and educational opportunities. *Journal of Climate Change and Health* **4**, 100040; doi: 10.1016/j.joclim.2021.100040.
- Reid CE, Brauer M, Johnston FH, Jerrett M, Balmes JR, Elliott CT. (2016). Critical review of health impacts of wildfire smoke exposure. *Environmental Health Perspectives* **124**, 1334–1343; doi: 10.1289/ehp.1409277.
- Reid CE, Mann JK, Alfasso R, English PB, King GC, Lincoln RA, et al. (2012). Evaluation of a heat vulnerability index on abnormally hot days; an environmental public health tracking study. *Environmental Health Perspectives* **120**, 715–720; doi: 10.1289/ehp.1103766.

- Reid MG, Hamilton C, Reid SK, Trousdale W, Hill C, Turner N, et al. (2014). Indigenous climate change adaptation planning using a values-focused approach; a case study with the Gitga'at Nation. *Journal of Ethnobiology* **34**, 401–424; doi: 10.2993/0278-0771-34.3.401.
- Ribeiro Ribeiro AL, Alves Sousa NW. (2020). Besides the climate model, other variables driving the COVID-19 spread in Brazil. *Science of the Total Environment* **737**, 140211; doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140211.
- Richards M, Bruun T, Campbell B, Gregersen L, Huyer S, Kuntze V, et al. (2016). *How countries plan to address agricultural adaptation and mitigation; an analysis of Intended Nationally Determined Contributions. CCAFS dataset version 1.2*. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS): Copenhagen, Denmark.
- Richmond CAM, Ross NA. (2009). The determinants of First Nation and Inuit health; a critical population health approach. *Health & Place* **15**, 403–411; doi: 10.1016/j.healthplace.2008.07.004.
- Rifkin DI, Long MW, Perry MJ. (2018). Climate change and sleep; a systematic review of the literature and conceptual framework. *Sleep Medicine Reviews* **42**, 3–9; doi: 10.1016/j.smrv.2018.07.007.
- Riojas-Rodríguez H, Soares de Silva A, Luis Texcalac-Sangrador J, Litai Moreno-Banda G. (2016). Air pollution management and control in Latin America and the Caribbean: implications for climate change. *Pan American Journal of Public Health* **40**, 150–159.
- Robinson SJ, Neitzel DF, Moen RA, Craft ME, Hamilton KE, Johnson LB, et al. (2015). Disease risk in a dynamic environment: the spread of tick-borne pathogens in Minnesota, USA. *Ecohealth* **12**, 152–163; doi: 10.1007/s10393-014-0979-y.
- Romanello M, McGushin A, Di Napoli C, Drummond P, Hughes N, Jamart L, et al. (2021). The 2021 report of the *The Lancet* Countdown on health and climate change: code red for a healthy future. *The Lancet* **6736**, 1619–1662; doi: 10.1016/s0140-6736(21)01787-6.
- Romero-Lankao P, Smith JB, Davidson DJ, Diffenbaugh NS, Kinney PL, Kirshen P, et al. (2014). North America. In: *Climate change 2014, Impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: Regional aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (V.R. Barros, C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, et al., eds). Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, USA. 1439–1498.
- Romieu I, Gouveia N, Cifuentes LA. (2012). Multicity study of air pollution and mortality in Latin America (the ESCALA study). *Res Rep* **171**.
- Rose JB, Epstein PR, Lipp EK, Sherman BH, Bernard SM, Patz JA. (2001). Climate variability and change in the United States: potential impacts on water and foodborne diseases caused by microbiologic agents. *Environmental Health Perspectives* **109**, 211–221; doi: 10.1289/ehp.01109s2211.
- Rosenthal A, Stover E, Haar RJ. (2021). Health and social impacts of California wildfires and the deficiencies in current recovery resources; an exploratory qualitative study of systems-level issues. *PLoS ONE* **16**, e0248617; doi: 10.1371/journal.pone.0248617.
- Rosenzweig C, Iglesias A, Yang XB, Epstein PR, Chivian E. (2001). Climate change and extreme weather events: implications for food production, plant diseases, and pests. *Global Change and Human Health* **2**, 90–104; doi: 10.1023/a:1015086831467.
- Rosol R, Powell-Hellyer S, Chan HM. (2016). Impacts of decline harvest of country food on nutrient intake among Inuit in Arctic Canada: impact of climate change and possible adaptation plan. *International Journal of Circumpolar Health* **75**, 31127; doi: 10.3402/ijch.v75.31127.
- Roy-Dufresne E, Logan T, Simon JA, Chmura GL, Millien V. (2013). Poleward expansion of the white-footed mouse (*Peromyscus leucopus*) under climate change: implications for the spread of Lyme disease. *PLoS ONE* **8**, e80724; doi: 10.1371/journal.pone.0080724.
- Roy J, Tschakert P, Waisman H, Abdul Halim S, Antwi-Agyei P, Dasgupta P, et al. (2018). Sustainable development, poverty eradication and reducing inequalities. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change*, (V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, et al., eds). Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, USA. 445–538.
- Rudolph L, Caplan J, Mitchell C, Ben-Moshe K, Dillon L. (2013). *Health in all policies: Improving health through intersectoral collaboration*. National Academy of Sciences: Washington, D.C.
- Rusticucci M, Kyselý J, Almeida G, Lhotka O. (2016). Long-term variability of heat waves in Argentina and recurrence probability of the severe 2008 heat wave in Buenos Aires. *Theoretical and Applied Climatology* **124**, 679–689; doi: 10.1007/s00704-015-1445-7.
- Salas RN, Maibach E, Pencheon D, Watts N, Frumkin H. (2020a). A pathway to net zero emissions for healthcare. *British Medical Journal* **371**, m3785; doi: 10.1136/bmj.m3785.
- Salas RN, Shultz JM, Solomon CG. (2020b). The climate crisis and Covid-19 — A major threat to the pandemic response. *New England Journal of Medicine* **383**, e70; doi: 10.1056/NEJMp2022011.
- Samet JM, Burke TA, Goldstein BD. (2017). The Trump administration and the environment — Heed the science. *New England Journal of Medicine* **376**, 1182–1188; doi: 10.1056/NEJMs1615242.
- Sampedro J, Cui RY, McJeon H, Smith SJ, Hultman N, He L, et al. (2021). Quantifying the reductions in mortality from air-pollution by cancelling new coal power plants. *Energy and Climate Change* **2**, 100023; doi: 10.1016/j.egycc.2020.100023.
- Sánchez Vargás A, Gay García C, Estrada Porrúa F. (2011). Cambio climático y pobreza en el Distrito Federal. *Investigación económica* **70**, 45–74.
- Sanson A V., Van Hoorn J, Burke SEL. (2019). Responding to the impacts of the climate crisis on children and youth. *Child Development Perspectives* **13**, 201–207; doi: 10.1111/cdep.12342.
- Sanz-Barbero B, Linares C, Vives-Cases C, González JL, López-Ossorio JJ, Díaz J. (2018). Heat wave and the risk of intimate partner violence. *Science of the Total Environment* **644**, 413–419; doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.06.368.
- Sapkota A, Dong Y, Li L, Asrar G, Zhou Y, Li X, et al. (2020). Association between changes in timing of spring onset and asthma hospitalization in Maryland. *JAMA Network Open* **3**, e207551; doi: 10.1001/jamanetworkopen.2020.7551.
- Sasikumar K, Nath D, Nath R, Chen W. (2020). Impact of extreme hot climate on COVID-19 outbreak in India. *GeoHealth* **4**, e2020GH000305; doi: 10.1029/2020GH000305.
- Scheelbeek PFD, Bird FA, Tuomisto HL, Green R, Harris FB, Joy EJM, et al. (2018). Effect of environmental changes on vegetable and legume yields and nutritional quality. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **115**, 6804–6809; doi: 10.1073/pnas.1800442115.
- Scheelbeek PFD, Dangour AD, Jarmul S, Turner G, Sietsma AJ, Minx JC, et al. (2021). The effects on public health of climate change adaptation responses; a systematic review of evidence from low- and middle-income countries. *Environmental Research Letters* **16**, 073001; doi: 10.1088/1748-9326/ac092c.

- Scheske L, Berry P, Shumake-Guillemot J, Montoya LF, Verret M. (2018). *Climate change and health vulnerability and adaptation assessment workbook for Caribbean Small Island Developing States*. Pan American Health Organization, World Health Organization, World Meteorological Organization, Health Canada: Geneva, Switzerland.
- Schipper ELF, Eriksen SE, Fernandez Carril LR, Glavovic BC, Shawo Z. (2020). Turbulent transformation; abrupt societal disruption and climate resilient development. *Climate and Development*; doi: 10.1080/17565529.2020.1799738.
- Schlenger C, Conroy-Ben O, Cooley C, Cooley N, Cruz M, Dotson D, et al. (2021). Water. In: *Status of Tribes and Climate Change Report* (D. Marks-Marino, ed). Institute for Tribal Environmental Professionals: Northern Arizona University, Flagstaff, AZ. 98–141.
- Schlosberg D. (2007). *Defining environmental justice: Theories, movements, and nature*. Oxford University Press.
- Schoennagel T, Balch JK, Brenkert-Smith H, Dennison PE, Harvey BJ, Krawchuk MA, et al. (2017). Adapt to more wildfire in western North American forests as climate changes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **114**, 4582–4590; doi: 10.1073/pnas.1617464114.
- Schwartz RM, Gillezeau CN, Liu B, Lieberman-Cribbin W, Taioli E. (2017). Longitudinal impact of hurricane Sandy exposure on mental health symptoms. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **14**, 957; doi: 10.3390/ijerph14090957.
- Scovronick N, Dora C, Fletcher E, Haines A, Shindell D. (2015). Reduce short-lived climate pollutants for multiple benefits. *The Lancet* **386**, e28–e31; doi: 10.1016/S0140-6736(15)61043-1.
- Seferidi P, Scrinis G, Huybrechts I, Woods J, Vineis P, Millett C. (2020). The neglected environmental impacts of ultra-processed foods. *The Lancet Planetary Health* **4**, e437–e438; doi: 10.1016/S2542-5196(20)30177-7.
- Sellers S. (2020). Cause of death variation under the shared socioeconomic pathways. *Climate Change* **163**, 559–577; doi: 10.1007/s10584-020-02824-0.
- Sellers S, Ebi KL, Hess J. (2019). Climate change, human health, and social stability; addressing interlinkages. *Environmental Health Perspectives* **127**, 045002; doi: 10.1289/EHP4534.
- Semenza JC. (2020). Cascading risks of waterborne diseases from climate change. *Nature Immunology* **21**, 479–487; doi: 10.1038/s41590-020-0631-7.
- Semenza JC, Herbst S, Rechenburg A, Suk JE, Höser C, Schreiber C, et al. (2012a). Climate change impact assessment of food- and waterborne diseases. *Critical Reviews in Environmental Science & Technology* **42**, 857–890; doi: 10.1080/10643389.2010.534706.
- Semenza JC, Höuser C, Herbst S, Rechenburg A, Suk JE, Frechen T, et al. 2012b. Knowledge mapping for climate change and food- and waterborne diseases. *Critical Reviews in Environmental Science & Technology* **42**, 378–411; doi: 10.1080/10643389.2010.518520.
- Sen A. (1985). Well-being, agency and freedom: the Dewey lectures 1984. *Journal of Philosophy* **82**, 169–221; doi: 10.2307/2026184.
- Sen A. (1999a). *Commodities and capabilities*. Oxford University Press: Oxford.
- Sen A. (1999b). *Development as freedom*. Anchor Books: New York.
- Sera F, Armstrong B, Tobias A, Vicedo-Cabrera AM, Astrom C, Bell ML, et al. (2019). How urban characteristics affect vulnerability to heat and cold; a multi-country analysis. *International Journal of Epidemiology* **48**, 1101–1112; doi: 10.1093/ije/dyz008.
- Sera F, Hashizume M, Honda Y, Lavigne E, Schwartz J, Zanobetti A, et al. (2020). Air conditioning and heat-related mortality; a multi-country longitudinal study. *Epidemiology* **31**, 779–787; doi: 10.1097/EDE.0000000000001241.
- Shaman J, Knowlton K. (2018). The need for climate and health education. *American Journal of Public Health* **108**, S66–S67; doi: 10.2105/AJPH.2017.304045.
- Shapiro Ledley T, Rooney-Varga J, Niepold F. (2017). *Addressing climate change through education*. Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science: doi: 10.1093/acrefore/9780199389414.013.56.
- Sharma S. (2010). Assessing diet and lifestyle in the Canadian Arctic Inuit and Inuvialuit to inform a nutrition and physical activity intervention programme. *Journal of Human Nutrition and Dietetics* **23**, 5–17; doi: 10.1111/j.1365-277X.2010.01093.x.
- Shea B, Knowlton K, Shaman J. (2020). Assessment of climate-health curricula at international health professions schools. *JAMA Network Open* **3**, e206609; doi: 10.1001/jamanetworkopen.2020.6609.
- Sheffield PE, Ruiz Herrera JG, Lemke B, Kjellstrom T, Blanco Romero LE. (2013). Current and future heat stress in Nicaraguan work places under a changing climate. *Industrial Health* **51**, 123–127; doi: 10.2486/indhealth.2012-0156.
- Sherbakov T, Malig B, Guirguis K, Gershunov A, Basu R. (2018). Ambient temperature and added heat wave effects on hospitalizations in California from 1999 to (2009). *Environmental Research* **160**, 83–90; doi: 10.1016/j.envres.2017.08.052.
- Sheridan SC, Dixon PG. (2017). Spatiotemporal trends in human vulnerability and adaptation to heat across the United States. *Anthropocene* **20**, 61–73; doi: 10.1016/j.ancene.2016.10.001.
- Sherman JD, McGain F, Lem M, Mortimer F, Jonas WB, MacNeill AJ. (2021). Net zero healthcare; a call for clinician action. *British Medical Journal* **374**, n1323; doi: 10.1136/bmj.n1323.
- Shindell D, Zhang Y, Scott M, Ru M, Stark K, Ebi KL. (2020). The effects of heat exposure on human mortality throughout the United States. *GeoHealth* **4**, e2019GH000234; doi: 10.1029/2019GH000234.
- Shindell DT, Lee Y, Faluvegi G. (2016). Climate and health impacts of US emissions reductions consistent with 2°C. *Nature Climate Change* **6**, 503–507; doi: 10.1038/nclimate2935.
- Shultz JM, Fugate C, Galea S. (2020a). Cascading risks of COVID-19 resurgence during an active 2020 Atlantic hurricane season. *Journal of the American Medical Association* **324**, 935–936; doi: 10.1001/jama.2020.15398.
- Shultz JM, Fugate C, Galea S. (2020b). Prevalence of asymptomatic SARS-CoV-2 infection; a narrative Review. *Journal of the American Medical Association* **324**, 935–936; doi: 10.7326/M20-3012.
- Sierra-Heredia C, North M, Brook J, Daly C, Ellis AK, Henderson D, et al. (2018). Aeroallergens in Canada: distribution, public health impacts, and opportunities for prevention. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **15**, 1577; doi: 10.3390/ijerph15081577.
- Silveira S, Kornbluh M, Withers MC, Grennan G, Ramanathan V, Mishra J. (2021). Chronic mental health sequelae of climate change extremes; a case study of the deadliest Californian wildfire. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **18**, 1487; doi: 10.3390/ijerph18041487.
- Silverman GS. (2019). Systematic lack of educational preparation in addressing climate change as a major public health challenge. *American Journal of Public Health* **109**, 242–243; doi: 10.2105/AJPH.2018.304818.
- Simonovic SP, Kundzewicz ZW, Wright N. (2021). Floods and the COVID-19 pandemic—a new double hazard problem. *Wiley Interdisciplinary Reviews - Water* **8**, e1509; doi: 10.1002/wat2.1509.

- Siraj AS, Santos-Vega M, Bouma MJ, Yadeta D, Ruiz Carrascal D, Pascual M. (2014). Altitudinal changes in malaria incidence in highlands of Ethiopia and Colombia. *Science* **343**, 1154–1158; doi: 10.1126/science.1244325.
- Smith B, Fazil A. (2019). How will climate change impact microbial foodborne disease in Canada? *Canada Communicable Disease Report* **45**, 108–113; doi: 10.14745/ccdr.v45i04a05.
- Smith BA, Ruthman T, Sparling E, Auld H, Comer N, Young I, et al. (2015). A risk modeling framework to evaluate the impacts of climate change and adaptation on food and water safety. *Food Research International* **68**, 78–85; doi: 10.1016/j.foodres.2014.07.006.
- Smith KR, Woodward A, Campbell-Lendrum D, Chadee DD, Honda Y, Liu Q, et al. (2014). Human health: impacts, adaptation, and co-benefits. In: *Climate Change 2014, Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, et al., eds). Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, USA. 709–754.
- Sommerfeld J, Kroeger A. (2015). Innovative community-based vector control interventions for improved dengue and Chagas disease prevention in Latin America: introduction to the special issue. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* **109**, 85–88; doi: 10.1093/trstmh/tru176.
- Son J-Y, Liu JC, Bell ML. (2019). Temperature-related mortality; a systematic review and investigation of effect modifiers. *Environmental Research Letters* **14**, 073004; doi: 10.1088/1748-9326/ab1cdb.
- Sotto D, Philippi A, Yigitcanlar T, Kamruzzaman M. (2019). Aligning urban policy with climate action in the global south; are Brazilian cities considering climate emergency in local planning practice? *Energies* **12**, 3418; doi: 10.3390/en12183418.
- Sovacool B., Ali S., Bazilian M, Radley B, Nemery B, Okatz J, et al. (2020). Policy coordination is needed for global supply chains. *Science* **80**, 30–33.
- Springmann M, Godfray HCJ, Rayner M, Scarborough P. (2016a). Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **113**, 4146–4151; doi: 10.1073/pnas.1523119113.
- Springmann M, Mason-D’Croz D, Robinson S, Garnett T, Godfray CJ, Gollin D, et al. (2016b). Global and regional health effects of future food production under climate change; a modelling study. *The Lancet* **387**, 1937–1946; doi: 10.1016/S0140-6736(15)01156-3.
- Springmann M, Wiebe K, Mason-D’Croz D, Sulser TB, Rayner M, Scarborough P. (2018). Health and nutritional aspects of sustainable diet strategies and their association with environmental impacts; a global modelling analysis with country-level detail. *The Lancet Planetary Health* **2**, e451–e461; doi: 10.1016/S2542-5196(18)30206-7.
- Srivastava A. (2021). COVID-19 and air pollution and meteorology-an intricate relationship; a review. *Chemosphere* **263**, 128297; doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.128297.
- Stanke C, Kerac M, Prudhomme C, Medlock J, Murray V. (2013). Health effects of drought; a systematic review of the evidence. *PLoS Currents* **5**; doi: 10.1371/currents.dis.7a2cee9e980f91ad7697b570b cc4b004.
- Status of Tribes and Climate Change Working Group. (2021). *Status of tribes and climate change report*. D. Marks-Marino, ed. Institute for Tribal Environmental Professionals, Northern Arizona University: Flagstaff, AZ.
- Stephenson TS, Vincent LA, Allen T, Van Meerbeeck CJ, Mclean N, Peterson TC, et al. (2014). Changes in extreme temperature and precipitation in the Caribbean region, 1961–2010. *International Journal of Climatology* **34**, 2957–2971; doi: 10.1002/joc.3889.
- Stewart-Ibarra AM, Lowe R. (2013). Climate and non-climate drivers of dengue epidemics in southern coastal Ecuador. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* **88**, 971–981; doi: 10.4269/ajtmh.12-0478.
- Sugg MM, Dixon PG, Runkle JD. (2019). Crisis support-seeking behavior and temperature in the United States: is there an association in young adults and adolescents? *Science of the Total Environment* **669**, 400–411; doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.02.434.
- Sun Q, Miao C, Hanel M, Borthwick AGL, Duan Q, Ji D, et al. (2019). Global heat stress on health, wildfires, and agricultural crops under different levels of climate warming. *Environment International* **128**, 125–136; doi: 10.1016/j.envint.2019.04.025.
- Takkis K, Tscheulin T, Tsalkatis P, Petanidou T. (2015). Climate change reduces nectar secretion in two common Mediterranean plants. *AoB Plants* **7**, plv111; doi: 10.1093/aobpla/plv111.
- Tallman PS. (2019). Water insecurity and mental health in the Amazon: economic and ecological drivers of distress. *Economic Anthropology* **6**, 304–316; doi: 10.1002/sea2.12144.
- Tapia VL, Vasquez-Apestegui BV, Alcantara-Zapata D, Vu B, Steenland K, Gonzales GF. (2021). Association between maximum temperature and PM2.5 with pregnancy outcomes in Lima, Peru. *Environmental Epidemiology* e179; doi: 10.1097/ee9.000000000000179.
- Tarasuk V, Mitchell A, Dachner N. (2016). *Household food insecurity in Canada, (2014). Research to Identify Policy Options to Reduce Food Insecurity (PROOF)*: Toronto, ON.
- Teherani A, Nishimura H, Apatira L, Newman T, Ryan S. (2017). Identification of core objectives for teaching sustainable healthcare education. *Medical Education Online* **22**, 1386042; doi: 10.1080/10872981.2017.1386042.
- The Lancet. (2020). Self-determination and Indigenous health. *The Lancet* **396**, 361; doi: 10.1016/S0140-6736(20)31682-2.
- The Lancet COVID-19 Commissioners, Task Force Chairs, Commission Secretariat, Sachs JD, Abdool Karim S, Akinin L, et al. (2020). *The Lancet COVID-19 commission statement on the occasion of the 75th session of the UN General Assembly. The Lancet* **396**, 1102–1124; doi: 10.1016/S0140-6736(20)31927-9.
- The White House; Office of Press Secretary. (2015). *Fact sheet: Health educators climate commitment*. Washington, D.C.
- Thomas VM, Socolow RH, Fanelli JJ, Spiro TG. (1999). Effects of reducing lead in gasoline; an analysis of the international experience. *Environmental Science & Technology* **33**, 3942–3948; doi: 10.1021/es990231.
- Thompson RR, Holman EA, Silver RC. (2019). Media coverage, forecasted posttraumatic stress symptoms, and psychological responses before and after an approaching hurricane. *JAMA Network Open* **2**, e186228; doi: 10.1001/jamanetworkopen.2018.6228.
- Thomson LJ, Macfadyen S, Hoffmann AA. (2010). Predicting the effects of climate change on natural enemies of agricultural pests. *Biological Control* **52**, 296–306; doi: 10.1016/j.biocontrol.2009.01.022.
- Tirado MC, Crahay P, Mahy L, Zanev C, Neira M, Msangi S, et al. (2013). Climate change and nutrition: creating a climate for nutrition security. *Food and Nutrition Bulletin* **34**, 533–547; doi: 10.1177/156482651303400415.
- Tjaden NB, Suk JE, Fischer D, Thomas SM, Beierkuhnlein C, Semenza JC. (2017). Modelling the effects of global climate change on

- Chikungunya transmission in the 21st century. *Scientific Reports* **7**, 3813; doi: 10.1038/s41598-017-03566-3.
- To T, Zhang K, Maguire B, Terebessy E, Fong I, Parikh S, et al. (2021). Correlation of ambient temperature and COVID-19 incidence in Canada. *Science of the Total Environment* **750**, 141484; doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141484.
- Toloo G, Fitzgerald G, Aitken P, Verrall K, Tong S. (2013). Are heat warning systems effective? *Environmental Health* **12**, 27; doi: 10.1186/1476-069X-12-27.
- Torres-Slimming PA, Wright CJ, Lancha G, Carcamo CP, Garcia PJ, Ford JD, et al. (2020). Climatic changes, water systems, and adaptation challenges in Shawi communities in the Peruvian Amazon. *Sustainability* **12**, 3422; doi: 10.3390/su12083422.
- Trajber R, Mochizuki Y. (2015). Climate change education for sustainability in Brazil; a status report. *Journal of Education for Sustainable Development* **9**, 44–61; doi: 10.1177/0973408215569113.
- U.S. Energy Information Administration. (2021). *Annual energy outlook (2021)*. <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/>.
- Uejio CK, Christenson M, Moran C, Gorelick M. (2017). Drinking-water treatment, climate change, and childhood gastrointestinal illness projections for northern Wisconsin (USA) communities drinking untreated groundwater. *Hydrogeology Journal* **25**, 969–979; doi: 10.1007/s10040-016-1521-9.
- UNDP. (2010). *Quantification and magnitude of losses and damages resulting from the impacts of climate change: Modelling the transformational impacts and costs of sea level rise in the Caribbean*. M.C. Simpson, D. Scott, M. Harrison, R. Sim, N. Silver, E. O’Keeffe, et al., eds. United Nations Development Programme: Barbados, West Indies.
- UNEP. (2018). *The adaptation gap health report (2018)*. United Nations Environment Programme: Nairobi.
- UNEP. (2019). *The emissions gap report (2019)*. United Nations Environment Programme: Nairobi, Kenya.
- UNEP, Bloomberg NEF. (2019). *Global trends in renewable energy investment (2019)*. United Nations Environment Programme, Bloomberg New Energy Finance: Frankfurt, Germany.
- UNFCCC. (2011). Report of the Conference of the Parties on its sixteenth session, held in Cancun from 29 November to 10 December (2010).
- UNFCCC. (2015). *Paris Agreement*. United Nations Framework Convention on Climate Change: Paris, France.
- United Nations. (2020). *The sustainable development goals report (2020)*. United Nations: Geneva, Switzerland.
- United Nations Economic and Social Council. (2020). *Progress towards the Sustainable Development Goals: Report of the Secretary-General*. United Nations.
- United Nations General Assembly. (2018). Global compact for safe, orderly, and regular migration.
- USGCRP. (2017). *Climate science special report: Fourth national climate assessment, Volume I*. D.J. Wuebbles, 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.
- USGCRP. (2018). *Impacts, risks, and adaptation in the United States: Fourth national climate assessment, Volume II*. D.R. Reidmiller, C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, et al., eds. U.S. Global Change Research Program: Washington, DC, USA.
- Vågsholm I, Arzoomand NS, Boqvist S. (2020). Food security, safety, and sustainability—Getting the trade-offs right. *Frontiers in Sustainable Food Systems* **4**, 16; doi: 10.3389/fsufs.2020.00016.
- van den Bosch M, Ode Sang Å. (2017). Urban natural environments as nature-based solutions for improved public health – a systematic review of reviews. *Environmental Research* **158**, 373–384; doi: 10.1016/j.envres.2017.05.040.
- Vandebroek I, Calewaert J-B, De Jonckheere S, Sanca S, Semo L, Van Damme P, et al. (2004). Use of medicinal plants and pharmaceuticals by Indigenous communities in the Bolivian Andes and Amazon. *Bulletin of the World Health Organization* **82**, 243–250.
- Vanos JK, Baldwin JW, Jay O, Ebi KL. (2020). Simplicity lacks robustness when projecting heat-health outcomes in a changing climate. *Nature Communications* **11**, 6079; doi: 10.1038/s41467-020-19994-1.
- Vaughter P. (2016). *Climate change education: From critical thinking to critical action. Policy Brief*. Institute for the Advanced Study of Sustainability, United Nations University: http://collections.unu.edu/eserv/UNU:3372/UNUIAS_PB_4.pdf.
- Venegas-Vargas C, Henderson S, Khare A, Mosci RE, Lehnert JD, Singh P, et al. (2016). Factors associated with Shiga toxin-producing *Escherichia coli* shedding by dairy and beef cattle. *Applied and Environmental Microbiology* **82**, 5049–5056; doi: 10.1128/AEM.00829-16.
- Vermeulen SJ, Campbell BM, Ingram JSI. (2012). Climate change and food systems. *Annual Review of Environment and Resources* **37**, 195–222; doi: 10.1146/annurev-environ-020411-130608.
- Verner G, Schütte S, Knop J, Sankoh O, Sauerborn R. (2016). Health in climate change research from 1990 to 2014, Positive trend, but still underperforming. *Global Health Action* **9**, 30723; doi: 10.3402/gha.v9.30723.
- Verstraeten BSE, Elgbeili G, Hyde A, King S, Olson DM. (2020). Maternal mental health after a wildfire: effects of social support in the Fort McMurray Wood Buffalo study. *Canadian Journal of Psychiatry* **66**, 710–718; doi: 10.1177/0706743720970859.
- Vet LEM, Dicke M. (1992). Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. *Annual Review of Entomology* **37**, 141–172; doi: 10.1146/annurev.ento.37.1.141.
- Vicedo-Cabrera AM, Guo Y, Sera F, Huber V, Schleussner C-F, Mitchell D, et al. (2018). Temperature-related mortality impacts under and beyond Paris Agreement climate change scenarios. *Climate Change* **150**, 391–402; <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2274-3>.
- Vincent K, Tschakert P, Barnett J, Rivera-Ferre M, Woodward A. (2014). Cross-chapter box on gender and climate change. In: *Climate Change 2014, Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. 105–106.
- Vins H, Bell J, Saha S, Hess JJ. (2015). The mental health outcomes of drought; a systematic review and causal process diagram. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **12**, 13251–13275; doi: 10.3390/ijerph121013251.
- Vivid Economics, Finance for Biodiversity Initiative. (2020). *Greenness of stimulus index*. https://www.vivideconomics.com/wp-content/uploads/2021/01/201214-GSI-report_December-release.pdf.
- Vogel L. (2019). Why aren’t more doctors talking about climate change? *Canadian Medical Association Journal* **191**, E375–E376; doi: 10.1503/cmaj.109-5731.
- Vohra K, Vodonos A, Schwartz J, Marais EA, Sulprizio MP, Mickley LJ. (2021). Global mortality from outdoor fine particle pollution generated by fossil fuel combustion: results from GEOS-Chem. *Environmental Research* **195**, 110754; doi: 10.1016/j.envres.2021.110754.
- Volk HE, Perera F, Braun JM, Kingsley SL, Gray K, Buckley J, et al. (2021). Prenatal air pollution exposure and neurodevelopment; a review and blueprint for a harmonized approach within ECHO. *Environmental Research* **196**, 110320; doi: 10.1016/j.envres.2020.110320.

- Walpole SC, Pearson D, Coad J, Barna S. (2016). What do tomorrow's doctors need to know about ecosystems? A BEME systematic review: BEME Guide No. 36. *Medical Teacher* **38**, 338–352; doi: 10.3109/0142159X.2015.1112897.
- Walpole SC, Vyas A, Maxwell J, Canny B, Woollard R, Wellbery C, et al. (2017). Building an environmentally accountable medical curriculum through international collaboration. *Medical Teacher* **39**, 1040–1050; doi: 10.1080/0142159X.2017.1342031.
- Walton D, van Aalst M. (2020). *Climate-related extreme weather events and COVID-19. A first look at the number of people affected by intersecting disasters*. International Federation of Red Cross: Geneva, Switzerland.
- Wang Y, McBean E, Gharabaghi B. (2018). Increased risks of waterborne disease outbreaks in northern Ontario due to climate change. *Journal of Water Management Modeling* **26**, C436; <https://doi.org/10.14796/JWMM.C436>.
- War AR, Paulraj MG, Ahmad T, Buhroo AA, Hussain B, Ignacimuthu S, et al. (2012). Mechanisms of plant defense against insect herbivores. *Plant Signaling and Behavior* **7**, 1306–1320; doi: 10.4161/psb.21663.
- Wasco JJ. (2019). Strategies for teaching online RN-to-BSN students the health impacts of climate change. *Creative Nursing* **25**, e1–e8; doi: 10.1891/1078-4535.25.3.e1.
- Watson JT, Gayer M, Connolly MA. (2007). Epidemics after natural disasters. *Emerging Infectious Diseases* **13**; doi: 10.3201/eid1301.060779.
- Watts N, Adger WN, Ayeb-Karlsson S, Bai Y, Byass P, Campbell-Lendrum D, et al. (2017). *The Lancet Countdown: tracking progress on health and climate change*. *The Lancet* **389**, 1151–1164; doi: 10.1016/S0140-6736(16)32124-9.
- Watts N, Amann M, Arnell N, Ayeb-Karlsson S, Beagley J, Belesova K, et al. (2021). The 2020 report of *The Lancet Countdown* on health and climate change: responding to converging crises. *The Lancet* **397**, 129–170; doi: 10.1016/S0140-6736(20)32290-X.
- Watts N, Amann M, Arnell N, Ayeb-Karlsson S, Belesova K, Berry H, et al. (2019a). The 2018 report of *The Lancet Countdown* on health and climate change. *The Lancet* **2667**; [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32594-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32594-7).
- Watts N, Amann M, Arnell N, Ayeb-Karlsson S, Belesova K, Boykoff M, et al. (2019b). The 2019 report of *The Lancet Countdown* on health and climate change: ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. *The Lancet* **394**, 1836–1878; doi: 10.1016/S0140-6736(19)32596-6.
- Watts N, Amann M, Ayeb-Karlsson S, Belesova K, Bouley T, Boykoff M, et al. (2018). *The Lancet Countdown* on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health. *The Lancet* **391**, 581–630; doi: 10.1016/S0140-6736(17)32464-9.
- Weber S, Sadoff N, Zell E, de Sherbinin A. (2015). Policy-relevant indicators for mapping the vulnerability of urban populations to extreme heat events; a case study of Philadelphia. *Applied Geography* **63**, 231–243; doi: 10.1016/j.apgeog.2015.07.006.
- Weinberger KR, Wu X, Sun S, Spangler KR, Nori-Sarma A, Schwartz J, et al. (2021). Heat warnings, mortality, and hospital admissions among older adults in the United States. *Environment International* **157**, 106834; doi: 10.1016/j.envint.2021.106834.
- Wellbery C, Sheffield P, Timmireddy K, Sarfaty M, Teherani A, Fallar R. (2018). It's time for medical schools to introduce climate change into their curricula. *Academic Medicine: Journal of the Association of American Medical Colleges* **93**, 1774–1777; doi: 10.1097/ACM.0000000000002368.
- Weyant C, Brandeau ML, Burke M, Lobell DB, Bendavid E, Basu S. (2018). Anticipated burden and mitigation of carbon-dioxide-induced nutritional deficiencies and related diseases; a simulation modeling study. *PLoS Medicine* **15**, e1002586; doi: 10.1371/journal.pmed.1002586.
- White I, Storey B, Owen S, Bell R, Charters F, Dickie B, et al. (2017). Climate change & stormwater and wastewater systems. (Motu Note #28). Motu Economic and Public Policy Research: Wellington, New Zealand.
- WHO. (2011). *Gender, climate change and health*. World Health Organization: Geneva, Switzerland.
- WHO. (2013). *Protecting health from climate change: Vulnerability and adaptation assessment*. K. Ebi, P. Berry, D. Campbell-Lendrum, C. Corvalan, and J. Guillemot, eds. World Health Organization: Geneva, Switzerland.
- WHO. (2014a). *Health in all policies: Helsinki statement Framework for country action*. World Health Organization: France.
- WHO. (2014b). *Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s*. S. Hales, S. Kovats, S. Lloyd, and D. Campbell-Lendrum, eds. World Health Organization: Geneva, Switzerland.
- WHO. (2014c). *WHO guidance to protect health from climate change through health adaptation planning*. E.V. Prats and K. Ebi, eds. World Health Organization: Geneva, Switzerland.
- WHO. (2017). *WHO guidelines on use of medically important antimicrobials in food-producing animals*. World Health Organization: Geneva.
- WHO. (2020a). *WHO Manifesto for a healthy recovery from COVID-19*. World Health Organization: <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/who-manifesto-for-a-healthy-recovery-from-covid-19>.
- WHO. (2020b). *WHO guidance for climate resilient and environmentally sustainable health care facilities*. World Health Organization: Geneva, Switzerland.
- WHO. (2021). *Climate change and health: Vulnerability and adaptation assessment*. K. Ebi, P. Berry, C. Corvalan, A. Sena, M. Verret, E. Villalobos Prats, et al., eds. World Health Organization: Geneva.
- WHO, Commission on Social Determinants of Health. (2008). *Closing the gap in a generation: Health equity through action on the social determinants of health. Commission on Social Determinants of Health final report*. World Health Organization, Commission on Social Determinants of Health: Geneva.
- WHO, UNFCCC, PAHO. (2020). *Grenada - health & climate change: Country profile (2020)*. World Health Organization, United Nations Framework Convention on Climate Change, Pan American Health Organization.
- WHO, World Bank Group. (2019). *International health partnership for UHC 2030, Core team report (2019)*. World Health Organization, World Bank Group.
- Whyte K. (2016). Is it colonial déjà vu?: indigenous peoples and climate injustice. In: *Humanities for the environment: Integrating knowledge, forging new constellations of practice* (J. Adamson, M. Davis, and H. Huang, eds). Earthscan Publications: London. 88–104.
- Whyte K. (2019). Way beyond the lifeboat; an Indigenous allegory of climate justice. In: *Climate futures: Reimagining global climate justice* (K.-K. Bhavnani, J. Foran, P.A. Kurian, and D. Munshi, eds). Bloomsbury Publishing: London. 11.
- Whyte K, Avery C, Azzuz E, Breckinridge J, Cooley C, Cozzetto K, et al. (2021a). Ecosystems & biodiversity. In: *Status of Tribes and Climate Change Report* (D. Marks-Marino, ed). Institute for Tribal Environmental Professionals. 56–80.

- Whyte K, Maldonado J, McNeeley S, Mullen H, Novak R. (2021b). History of Indigenous Peoples in national climate assessments. In: *Status of Tribes and Climate Change Report* (D. Marks-Marino, ed). Institute for Tribal Environmental Professionals. 27–33.
- Wilbanks TJ, Ebi KL. (2014). SSPs from an impact and adaptation perspective. *Climate Change* **122**, 473–479; doi: 10.1007/s10584-013-0903-4.
- Wilhelmi O, de Sherbinin A, Hayden M. (2013). Exposure to heat stress in urban environments. In: *Ecologies and Politics of Health* (B. King and K. Crews, eds). Routledge. 298.
- Willett W, Rockström J, Loken B, Springmann M, Lang T, Vermeulen S, et al. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT–The Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet* **393**, 447–492; doi: 10.1016/S0140-6736(18)31788-4.
- Williams AP, Abatzoglou JT, Gershunov A, Guzman-Morales J, Bishop DA, Balch JK, et al. (2019). Observed impacts of anthropogenic climate change on wildfire in California. *Earth's Future* **7**, 892–910; doi: 10.1029/2019EF001210.
- Wilson K, Sikumiut Committee, Arreak A, Bell T, Ljubicic G. (2021). The Mittimatalik Siku Asijjipallianinga (Sea Ice Climate Atlas): how Inuit knowledge, earth observations, and sea ice charts can fill IPCC climate knowledge gaps. *Frontiers in Climate* **3**, 715105; doi: 10.3389/fclim.2021.715105.
- Wilson NJ, Harris LM, Joseph-Rear A, Beaumont J, Satterfield T. (2019). Water is medicine: reimagining water security through Tr'ondëk Hwëch'in relationships to treated and traditional water sources in Yukon, Canada. *Water* **11**, 624; doi: 10.3390/w11030624.
- WMA. (2009). *WMA declaration of Delhi on health and climate change*. World Medical Association: Delhi.
- WMO, WHO. (2016). *Climate services for health: Improving public health decision-making in a new climate*. J. Shumake-Guillemot and L. Fernandez-Montoya, eds. World Meteorological Organization, World Health Organization: Geneva, Switzerland.
- Wolff J. (2019). 6. Equality and social justice. In: *Issues in Political Theory* (C. McKinnon, R. Jubb, and P. Tomlin, eds). Oxford University Press. 112.
- Woodcock J, Abbas A, Ullrich A, Tainio M, Lovelace R, Sá TH, et al. (2018). Development of the Impacts of Cycling Tool (ICT); a modelling study and web tool for evaluating health and environmental impacts of cycling uptake. *PLoS Medicine* **15**, e1002622; doi: 10.1371/journal.pmed.1002622.
- Woodcock J, Edwards P, Tonne C, Armstrong BG, Ashiru O, Banister D, et al. (2009). Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: urban land transport. *The Lancet* **374**, 1930–1943; doi: 10.1016/S0140-6736(09)61714-1.
- World Bank. (2016a). *Total greenhouse gas emissions (kt of CO₂ equivalent)*. <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.GHGT.KT.CE>.
- World Bank. (2016b). *CO₂ emissions (metric tons per capita)*. <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC>.
- World Bank. (2019). *Population, total*. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?view=map>.
- World Bank. (2020). *World Bank country and lending groups*. <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519-world-bank-country-and-lending-groups>.
- Wotton BM, Flannigan MD, Marshall GA. (2017). Potential climate change impacts on fire intensity and key wildfire suppression thresholds in Canada. *Environmental Research Letters* **12**, 095003; doi: 10.1088/1748-9326/aa7e6e.
- Wu J, Snell G, Samji H. (2020a). Climate anxiety in young people; a call to action. *The Lancet Planetary Health* **4**, e435–e436; doi: 10.1016/S2542-5196(20)30223-0.
- Wu X, Nethery RC, Sabath MB, Braun D, Dominici F. (2020b). Air pollution and COVID-19 mortality in the United States: strengths and limitations of an ecological regression analysis. *Science Advances* **6**, eabd4049; doi: 10.1126/SCIADV.ABD4049.
- Wu Y, Arapi A, Huang J, Gross B, Moshary F. (2018). Intra-continental wildfire smoke transport and impact on local air quality observed by ground-based and satellite remote sensing in New York City. *Atmospheric Environment* **187**, 266–281; doi: 10.1016/j.atmosenv.2018.06.006.
- Wu Y, Xu R, Wen B, de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho M, Saldiva PH, Li S, et al. (2021). Temperature variability and asthma hospitalisation in Brazil, 2000–2015. A nationwide case-crossover study. *Thorax* **76**, 962–969; doi: 10.1136/thoraxjnl-2020-216549.
- Xu R, Yu P, Abramson MJ, Johnston FH, Samet JM, Bell ML, et al. (2020a). Wildfires, global climate change, and human health. *New England Journal of Medicine* **383**, 2173–2181; doi: 10.1056/NEJMSr2028985.
- Xu R, Zhao Q, Coelho MSZS, Saldiva PHN, Abramson MJ, Li S, et al. (2019a). The association between heat exposure and hospitalization for undernutrition in Brazil during 2000–2015. A nationwide case-crossover study. *PLoS Medicine* **16**, e1002950; doi: 10.1371/journal.pmed.1002950.
- Xu R, Zhao Q, Coelho MSZS, Saldiva PHN, Abramson MJ, Li S, et al. (2020b). Socioeconomic inequality in vulnerability to all-cause and cause-specific hospitalisation associated with temperature variability; a time-series study in 1814 Brazilian cities. *The Lancet Planetary Health* **4**, e566–e576; doi: 10.1016/S2542-5196(20)30251-5.
- Xu R, Zhao Q, Coelho MSZS, Saldiva PHN, Abramson MJ, Li S, et al. (2020c). Socioeconomic level and associations between heat exposure and all-cause and cause-specific hospitalization in 1,814 Brazilian cities; a nationwide case-crossover study. *PLoS Medicine* **17**, e1003369; doi: 10.1371/journal.pmed.1003369.
- Xu R, Zhao Q, Coelho MSZS, Saldiva PHN, Zoungas S, Huxley RR, et al. (2019b). Association between heat exposure and hospitalization for diabetes in Brazil during 2000–2015. A nationwide case-crossover study. *Environmental Health Perspectives* **127**, 117005; doi: 10.1289/EHP5688.
- Xu Z, Sheffield PE, Su H, Wang X, Bi Y, Tong S. (2014). The impact of heat waves on children's health; a systematic review. *International Journal of Biometeorology* **58**, 239–247; doi: 10.1007/s00484-013-0655-x.
- Yang L, Liao W, Liu C, Zhang N, Zhong S, Huang C. (2018). Associations between knowledge of the causes and perceived impacts of climate change; a cross-sectional survey of medical, public health, and nursing students in universities in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **15**, 2650; doi: 10.3390/ijerph15122650.
- Younan D, Li L, Tuvblad C, Wu J, Lurmann F, Franklin M, et al. (2018). Long-term ambient temperature and externalizing behaviors in adolescents. *American Journal of Epidemiology* **187**, 1931–1941; doi: 10.1093/aje/kwy104.
- Young I, Gropp K, Fazil A, Smith BA. (2015a). Knowledge synthesis to support risk assessment of climate change impacts on food and water safety; a case study of the effects of water temperature and salinity on *Vibrio parahaemolyticus* in raw oysters and harvest waters. *Food Research International* **68**, 86–93; doi: 10.1016/j.foodres.2014.06.035.
- Young I, Smith BA, Fazil A. (2015b). A systematic review and meta-analysis of the effects of extreme weather events and other weather-related variables on *Cryptosporidium* and *Giardia* in fresh surface waters. *Journal of Water and Health* **13**, 1–17; doi: 10.2166/wh.2014.079.

- Yusa A, Berry P, Cheng JJ, Ogden N, Bonsal B, Stewart R, et al. (2015). Climate change, drought and human health in Canada. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **12**, 8359–8412; doi: 10.3390/ijerph120708359.
- Zabel F, Delzeit R, Schneider JM, Seppelt R, Mauser W, Václavík T. (2019). Global impacts of future cropland expansion and intensification on agricultural markets and biodiversity. *Nature Communications* **10**, 2844; doi: 10.1038/s41467-019-10775-z.
- Zabel F, Müller C, Elliott J, Minoli S, Jägermeyr J, Schneider JM, et al. (2021). Large potential for crop production adaptation depends on available future varieties. *Global Change Biology* **27**, 3870–3882; <https://doi.org/10.1111/gcb.15649>.
- Zaitchik BF, Sweijid N, Shumake-Guillemot J, Morse A, Gordon C, Marty A, et al. (2020). A framework for research linking weather, climate and COVID-19. *Nature Communications* **11**, 5730; doi: 10.1038/s41467-020-19546-7.
- Zavaleta-Cortijo C, Ford JD, Arotoma-Rojas I, Lwasa S, Lancha-Rucoba G, García PJ, et al. (2020). Climate change and COVID-19, Reinforcing Indigenous food systems. *The Lancet Planetary Health* **4**, e381–e382; doi: 10.1016/S2542-5196(20)30173-X.
- Zavaleta C, Berrang-Ford L, Ford J, Llanos-Cuentas A, Cárcamo C, Ross NA, et al. (2018). Multiple non-climatic drivers of food insecurity reinforce climate change maladaptation trajectories among Peruvian Indigenous Shawi in the Amazon. *PLoS ONE* **13**, e0205714; doi: 10.1371/journal.pone.0205714.
- Zhang Y, Yu C, Wang L. (2017). Temperature exposure during pregnancy and birth outcomes; an updated systematic review of epidemiological evidence. *Environmental Pollution* **225**, 700–712; doi: 10.1016/j.envpol.2017.02.066.
- Zhao Q, Coelho MSZS, Li S, Saldiva PHN, Hu K, Abramson MJ, et al. (2018). Spatiotemporal and demographic variation in the association between temperature variability and hospitalizations in Brazil during 2000–2015, A nationwide time-series study. *Environment International* **120**, 345–353; doi: 10.1016/j.envint.2018.08.021.
- Zhao Q, Coelho MSZS, Li S, Saldiva PHN, Hu K, Abramson MJ, et al. (2019a). Temperature variability and hospitalization for cardiac arrhythmia in Brazil; a nationwide case-crossover study during 2000–2015. *Environmental Pollution* **246**, 552–558; doi: 10.1016/j.envpol.2018.12.063.
- Zhao Q, Li S, de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho M, Saldiva PHN, Xu R, Huxley RR, et al. (2019b). Ambient heat and hospitalisation for COPD in Brazil; a nationwide case-crossover study. *Thorax* **74**, 1031–1036; doi: 10.1136/thoraxjnl-2019-213486.
- Zhao Q, Li S, Coelho MSZS, Saldiva PHN, Hu K, Arblaster JM, et al. (2019c). Geographic, demographic, and temporal variations in the association between heat exposure and hospitalization in Brazil; a nationwide study between 2000 and (2015). *Environmental Health Perspectives* **127**, 017001; doi: 10.1289/EHP3889.
- Zhao Q, Li S, Coelho MSZS, Saldiva PHN, Hu K, Huxley RR, et al. (2019d). Temperature variability and hospitalization for ischaemic heart disease in Brazil; a nationwide case-crossover study during 2000–2015. *Science of the Total Environment* **664**, 707–712; doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.02.066.
- Zhu C, Kobayashi K, Loladze I, Zhu J, Jiang Q, Xu X, et al. (2018). Carbon dioxide (CO₂) levels this century will alter the protein, micronutrients, and vitamin content of rice grains with potential health consequences for the poorest rice-dependent countries. *Science Advances* **4**, eaaq1012; doi: 10.1126/sciadv.aaq1012.
- Zimmerman FJ, Anderson NW. (2019). Trends in health equity in the United States by race/ethnicity, sex, and income, 1993-2017. *JAMA Network Open* **2**, e196386; doi: 10.1001/jamanetworkopen.2019.6386.
- Zinsstag J, Crump L, Schelling E, Hattendorf J, Maidane YO, Ali KO, et al. (2018). Climate change and One Health. *FEMS Microbiology Letters* **365**; doi: 10.1093/femsle/fny085.
- Ziska L, Knowlton K, Rogers C, Dalan D, Tierney N, Elder MA, et al. (2011). Recent warming by latitude associated with increased length of ragweed pollen season in central North America. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **108**, 4248–4251; doi: 10.1073/pnas.1014107108.

La Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS), fundada en mayo de 2004, es una red regional de Academias de Ciencias creada para apoyar la cooperación hacia el fortalecimiento de la ciencia y la tecnología como herramienta para avanzar en la investigación y el desarrollo, la prosperidad y la equidad en las Américas. IANAS es miembro regional de la InterAcademy Partnership (IAP)

América del Norte

La Real Sociedad de Canadá: Las Academias de Artes, Humanidades y Ciencias de Canadá
Las Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Medicina
Academia Mexicana de Ciencias

América Central y el Caribe

Academia de Ciencias de Haití (estatus de observador)
Academia de Ciencias de Cuba
Academia de Ciencias de la República Dominicana
Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de Guatemala
Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica
Academia de Ciencias de Nicaragua
Asociación Panameña para el Avance de la Ciencia
Academia Nacional de Ciencias de Honduras

América del Sur

Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela
Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Academia Brasileña de Ciencias
Academia Nacional de Ciencias de Perú
Academia Nacional de Ciencias de Bolivia
Academia Chilena de Ciencias
Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Argentina
Academia Nacional de Ciencias de Argentina
Academia Nacional de Ciencias de Uruguay
Academia de Ciencias de Ecuador

Miembros regionales

Academia Latinoamericana de Ciencias
Academia de Ciencias del Caribe
Unión Científica del Caribe

Acceso público y gratuito a este libro en inglés, francés, español y portugués en www.ianas.org

PRATOCINADO POR



Federal Ministry
of Education
and Research

ISBN 978-987-48732-0-0



9 789874 873200

