



INHABITABLE

ENFRENTANDO EL CALOR URBANO EXTREMO EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE



Public Disclosure Authorized

Public Disclosure Authorized

Public Disclosure Authorized

Public Disclosure Authorized

© 2025 Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial
1818 H Street NW, Washington, DC 20433, EUA
Teléfono | 202-473-1000
Internet | www.worldbank.org

ALGUNOS DERECHOS RESERVADOS

Este trabajo es un producto del personal del Banco Mundial y del Fondo Global para la Reducción de Desastres y la Recuperación (GFDRR, por sus siglas en inglés), con contribuciones externas. Los hallazgos, interpretaciones y conclusiones expresadas en este documento no reflejan necesariamente las opiniones del Banco Mundial, su Directorio Ejecutivo ni los gobiernos que representa.

Si bien el Banco Mundial y el GFDRR hacen esfuerzos razonables para asegurar que toda la información presentada en este documento sea correcta, no se puede garantizar su exactitud ni integridad. El uso de cualquier dato o información contenida en este documento se realiza bajo el propio riesgo del usuario, y en ningún caso el Banco Mundial, el GFDRR ni ninguno de sus socios serán responsables por cualquier pérdida, daño, responsabilidad o gasto que se afirme haber resultado del uso o confianza en los datos aquí contenidos. Los límites, colores, denominaciones y demás información mostrada en cualquier mapa de este trabajo no implican ningún juicio por parte del Banco Mundial sobre el estatus legal de ningún territorio ni el respaldo o aceptación de dichos límites.

Nada de lo aquí contenido constituirá ni se interpretará como una limitación o renuncia a los privilegios e inmunidades del Banco Mundial, todos los cuales se reservan expresamente.

DERECHOS Y PERMISOS. Esta obra está sujeta a derechos de autor. Dado que el Banco Mundial promueve la difusión de su conocimiento, esta obra puede reproducirse total o parcialmente para fines no comerciales, siempre que se otorgue la atribución completa.

ATRIBUCIÓN. Por favor, cite a obra da siguiente forma: Banco Mundial. 2025. Inhabitable: Enfrentando el calor urbano extremo en América Latina y el Caribe. Washington, DC: Banco Mundial.

TRADUCCIONES. Si crea una traducción de esta obra, agregue el siguiente descargo de responsabilidad junto con la atribución: *Esta traducción no fue creada por el Banco Mundial y no debe considerarse una traducción oficial del Banco Mundial. El Banco Mundial no se hace responsable del contenido ni de los errores en esta traducción.*

ADAPTACIONES. Si crea una adaptación de esta obra, agregue el siguiente descargo de responsabilidad junto con la atribución: *Esta es una adaptación de una obra original del Banco Mundial. Las opiniones y puntos de vista expresados en la adaptación son de exclusiva responsabilidad del autor o los autores y no están respaldados por el Banco Mundial.*

CONTENIDO DE TERCEROS. El Banco Mundial no necesariamente posee cada componente del contenido incluido en la obra. Por lo tanto, no garantiza que el uso de cualquier componente individual propiedad de terceros no infrinja los derechos de dichos terceros. El riesgo de cualquier reclamación resultante de dicho uso recae exclusivamente en usted. Si desea reutilizar un componente de esta obra, es su responsabilidad determinar si necesita permiso para ese uso y obtenerlo del titular de los derechos de autor. Los ejemplos de componentes incluyen, entre otros, tablas, figuras o imágenes.

Todas las consultas sobre derechos y licencias deben dirigirse a: World Bank Publications, Grupo Banco Mundial, 1818 H Street NW, Washington, DC 20433, EE.UU.; e-mail: pubrights@worldbank.org.

DISEÑO DE PORTADA, DIAGRAMACIÓN E ILUSTRACIONES: Estudio Relativo

ÍNDICE

R

RESUMEN 11

Las ciudades de la región son cada vez más calientes	12
La infraestructura urbana agrava el calor	15
La vivienda y los sistemas de energía y transporte no están preparados para el calor	17
El calor extremo tiene importantes repercusiones en el capital humano	18
Muchos trabajadores están expuestos a niveles peligrosos de calor	19
El calor amenaza cada vez más a las economías urbanas	20
Ciudades habitables: Prioridades para la acción	23
Lugares: Enfriar ciudades mediante el diseño, la sombra, el viento y la naturaleza	24
Personas: Proteger la salud y el bienestar humano	27
Instituciones: Integrar el enfoque de calor en las estrategias, los presupuestos y las operaciones	28

1

UNA NUEVA REALIDAD CLIMÁTICA PARA LAS CIUDADES 30

1.1 Las zonas de clima tropical y caliente están en expansión	35
1.2 El número y la intensidad de las olas de calor están aumentando	37
1.3 Se esperan más días calientes, especialmente en las ciudades ya calientes	42
1.4 El efecto isla de calor urbano aumentará los riesgos de calor extremo	47

2

CRECIMIENTO URBANO Y LOS EFECTOS DESIGUALES DEL CALOR 50

2.1 La forma y la expansión urbana alteran el clima local	51
2.2 El uso del suelo provoca diferencias de temperatura en las ciudades	54
2.3 En algunas ciudades, las poblaciones vulnerables viven en barrios más calientes	57

3

EL AUMENTO DE LA TEMPERATURA AFECTA A LOS HOGARES, LA ENERGÍA Y EL TRANSPORTE 63

3.1 El diseño deficiente de viviendas amplifica los riesgos de calor, convirtiendo los hogares en espacios peligrosos	64
3.1.1 Muchas viviendas de la región no están construidas para ofrecer confort térmico	68
3.2 ¿Qué se puede hacer? Proteger las viviendas y edificios del calor	70
3.2.1 Incorporar estrategias de enfriamiento pasivo para estructuras nuevas y existentes	70
3.2.2 Aumentar la eficiencia de las tecnologías de enfriamiento activo	76

3.2.3	Aprovechar los códigos de construcción y las normas de eficiencia energética por medio de reglamentos.....	77
3.2.4	Desarrollar distritos térmicos	80
3.3	Los sistemas eléctricos están fallando bajo el estrés térmico	81
3.3.1	El calor aumenta simultáneamente la demanda de energía y reduce su oferta	83
3.3.2	¿Qué se puede hacer? Fortalecer la resiliencia de los sistemas eléctricos frente al calor.....	86
3.4	Los sistemas de transporte no están preparados para el calor extremo	88
3.4.1	El estrés térmico compromete la integridad estructural de las carreteras y los puentes urbanos.....	90
3.4.2	El calor excesivo en el transporte público provoca fallas técnicas y condiciones asfixiantes.....	92
3.4.3	La infraestructura peatonal requiere atención especial.....	94
3.4.4	¿Qué se puede hacer? Adaptar los sistemas de transporte al aumento del calor.....	95

4

EL IMPACTO HUMANO Y ECONÓMICO DEL CALOR EXTREMO**98**

4.1	El calor tiene graves consecuencias sobre la salud	99
4.1.1	La exposición al calor extremo aumenta el riesgo de enfermedad y muerte.....	100
4.1.2	La mortalidad relacionada con el calor va en aumento	103
4.1.3	Los riesgos de enfermedades infecciosas aumentan con el calentamiento	107
4.1.4	El calor urbano amplifica los peligros de la contaminación atmosférica	109
4.1.5	¿Qué se puede hacer? Intervenciones clave sobre el sistema de salud	110
4.2	Aprender en condiciones de calor extremo pone en riesgo la educación	111
4.2.1	El calor extremo ya está causando problemas en el aprendizaje.....	111
4.2.2	Las pérdidas en el aprendizaje relacionadas con el calor tienen implicaciones a largo plazo.....	112
4.2.3	¿Qué se puede hacer? Adaptar las escuelas a condiciones más calientes.....	113
4.3	Los medios de vida urbanos se ven cada vez más afectados por el calor	116
4.3.1	El calor no afecta a todos los trabajos por igual.....	117
4.3.2	El calor ya está teniendo un fuerte impacto en los trabajadores	119
4.3.3	Los trabajadores vulnerables se ven especialmente afectados	121
4.4.	Los costos económicos del calor urbano serán significativos	122
4.4.1	El calor vuelve a las economías urbanas más lentas	123
4.4.2	Las ciudades más pobres y calientes son las más afectadas por las anomalías térmicas	126
4.4.3	El calor generará una carga económica considerable para las ciudades	129

5	MANTENER LAS CIUDADES HABITABLES: PRIORIDADES DE ACCIÓN	133
<hr/>		
5.1	Lugares: Enfriar ciudades mediante el diseño, la sombra, el viento y la naturaleza.....	136
5.1.1	Promover políticas de uso del suelo y estrategias de diseño para ciudades más frescas	137
5.1.2	Integrar soluciones basadas en la naturaleza en el entorno construido.....	139
5.2	Personas: Proteger la salud y el bienestar humano.....	143
5.2.1	Salvar vidas mediante sistemas de alerta temprana	143
5.2.2	Proteger a los trabajadores urbanos del calor	148
5.2.3	Apoyar a la población urban vulnerable mediante la protección social y los microseguros	152
5.3	Instituciones: Integrar el enfoque de calor en las estrategias, los presupuestos y las operaciones.....	153
5.3.1	Orientar respuestas eficaces mediante la planificación de acciones contra el calor	155
A	ANEXO 1: DEL INVENTARIO A LA ACCIÓN SOBRE EL CALOR URBANO	157
	ANEXO 2: SOLUCIONES DE CALOR URBANO POR SECTORES	161
<hr/>		

R
1
2
3
4
5
A

FIGURAS

Figura O-1.	Aumento proyectado de días calientes (por encima del percentil 95 de las temperaturas máximas diarias locales) para las temperaturas máximas diarias en las ciudades de América Latina y el Caribe).	13
Figura O-2.	Aumento del calor en las grandes ciudades: Días de calor extremo (WBGT superior a 30,5 °C) hasta 2050.....	14
Figura O-3.	Gravedad del efecto ICU en función de la temperatura de la superficie terrestre (izquierda), la vulnerabilidad socioeconómica (centro) y la superposición de ambas en Barranquilla (Colombia).	16
Figura O-4.	Impactos estimados de las anomalías de calor extremo en las intensidades de luz nocturna en las ciudades de América Latina y el Caribe frente a otras regiones, por nivel de desarrollo y clima de referencia, abril de 2012-diciembre de 2020.....	21
Figura O-5.	Año en el que se prevé que las pérdidas anuales superen el 5% del PIB.....	22
Figura O-6.	Un marco de “lugares, personas e instituciones” para abordar el calor urbano	23
Figura O-7.	Diseño de las calles para mejorar la ventilación, refrescar la temperatura y reducir la contaminación atmosférica.....	25
Figura 1.1.	Índice de Gini para poblaciones urbanas en ciudades de América Latina y el Caribe, alrededor de 2010 y 2022.	32
Figura 1.2	Zonas climáticas actuales y proyectadas para finales de siglo en América Latina y el Caribe	36
Figura 1.3.	Tendencias de las características de las olas de calor desde la década de 1970.	38
Figura 1.4.	Magnitud de la mayor ola de calor anual en capitales seleccionadas desde 1970 (arriba) y año de la ola de calor más larga e intensa en cada lugar (abajo).	40
Figura 1.5.	Mapas de intensidad de dos olas de calor de 2023 (izquierda) y cobertura de los medios contemporáneos.....	41
Figura 1.6.	Temperaturas promedio anuales históricas y aumento previsto de la temperatura a mediados y finales de siglo.	43
Figura 1.7.	Aumento previsto de días calientes (por encima del percentil 95 de las temperaturas máximas diarias locales) para las máximas diarias de las ciudades de América Latina y el Caribe	45
Figura 1.8.	Número previsto de días al año por encima de 35 °C en las ciudades, por regiones del mundo, 1986-2005 y en el futuro.	47
Figura 1.9.	Las ciudades de la región se enfrentarán a más días de calor extremo (WBGT superior a 30,5 °C) a mediados de siglo.....	48
Figura 1.10.	Aumento del calor en las grandes ciudades: Días de calor extremo (WBGT superior a 30,5 °C) hasta 2050.....	49
Figura 2.1.	Efecto de la densidad de las construcciones y la cobertura del suelo en las temperaturas de una sección transversal de una ciudad.....	52
Figura 2.2.	Temperaturas diurnas en distintos puntos de la Ciudad de México durante la ola de calor de mayo de 2019	55
Figura 2.3.	Influencia de las características de diseño sensibles al clima sobre el equilibrio energético de la superficie urbana.....	56
Figura 2.4.	Temperaturas promedio de la superficie en Santiago de Chile en el verano de 2017 (arriba) y concentración de hogares de bajos ingresos en la ciudad (abajo).	58

Figura 2.5. Cambio en la temperatura máxima local asociado con un aumento de 1 punto en el puntaje de vulnerabilidad socioeconómica en 10 ciudades de Colombia y México..... 60

Figura 2.6. Correlación entre el cambio en la cobertura arbórea, la elevación y la proporción de superficie impermeable y un aumento de 1 punto en el puntaje de vulnerabilidad socioeconómica en 10 ciudades de Colombia y México..... 61

Figura 2.7. Gravedad del efecto ICU con base en la temperatura de la superficie terrestre (izquierda), la vulnerabilidad socioeconómica (centro) y la superposición entre ambas (derecha) en Barranquilla (Colombia) (arriba) y Ciudad de México (abajo).62

Figura 3.1. Proporción de la población urbana que vive en barrios marginales, asentamientos informales o viviendas inadecuadas, 2020..... 66

Figura 3.2. Ejemplos de asentamientos informales en Tegucigalpa (izquierda), Río de Janeiro (derecha) y Lima (abajo)..... 67

Figura 3.3. Factores determinantes del confort térmico humano..... 69

Figura 3.4. Estrategias de diseño para crear un hogar confortable en el trópico.....71

Figura 3.5. Combinación de sombra, diseño del techo y ventilación para conseguir viviendas frescas en climas calientes-húmedos..... 74

Figura 3.6. Políticas clave del sector de la construcción en países seleccionados de ALC para un enfriamiento eficiente. 78

Figura 3.7. Generación de electricidad por fuente en América Latina y el Caribe en su conjunto, el Caribe y países seleccionados.82

Figura 3.8. Proporción de viajes realizados en carro, transporte público y a pie/en bicicleta en ciudades latinoamericanas seleccionadas.89

Figura 3.9. Participación modal del transporte por sexo y grupo etario en la Zona Metropolitana del Valle de México, 2017. 90

Figura 3.10. Proporción de viajes a pie en el transporte total, por nivel de ingresos, en dos ciudades latinoamericanas..... 94

Figura 4.1. Vías fisiológicas del estrés térmico humano.....101

Figura 4.2. Mortalidad relacionada con el calor en personas de 65 años o más, 2000-2022, por países.....104

Figura 4.3. Número promedio de horas al año, por persona, en que la actividad física ligera al aire libre significó al menos un riesgo moderado, alto o extremo de estrés térmico, por país, 1990-2022.105

Figura 4.4. Un marco para impulsar la resiliencia climática de los sistemas educativos.....114

Figura 4.5. Estimaciones de la OMS de la proporción de trabajadores al aire libre (≥15 años), por sexo, 2023..... 117

Figura 4.6. Factores que pueden agravar los riesgos de estrés térmico en el lugar de trabajo y sus posibles repercusiones.....118

Figura 4.7. Proporción de lesiones profesionales mortales atribuibles al exceso de calor, por países, 2020.120

Figura 4.8. Pérdida de ingresos por reducción de la capacidad laboral relacionada con el calor, por sectores, 2022.....121

Figura 4.9. Los diferentes canales a través de los cuales el calor urbano afecta el desempeño económico de una ciudad. 123

R
1
2
3
4
5
A

Figura 4.10.	Pérdida de productividad laboral en función de los niveles de temperatura y de la intensidad del trabajo.	124
Figura 4.11.	Proporción de horas laborales perdidas por estrés térmico por sector y país (proyecciones para 2030).	125
Figura 4.12.	Impactos estimados de las anomalías de calor extremo en las intensidades de luz nocturna para las ciudades de América Latina y el Caribe frente a otras regiones, por nivel de desarrollo y clima de referencia, abril de 2012-diciembre de 2020.	127
Figura 4.13.	Si se tienen en cuenta tanto los efectos duraderos como el ICU, las pérdidas del PIB previstas aumentan exponencialmente en los países de América Latina y el Caribe.....	130
Figura 4.14.	Pérdidas acumuladas previstas para 2030 y 2050, como múltiplo del PIB previsto para 2024.	131
Figura 4.15.	Año en el que se prevé que las pérdidas anuales del PIB superen el 5% del PIB.	132
Figura 5.1.	Un marco de “lugares, personas e instituciones” para abordar el calor urbano.	135
Figura 5.2.	Diseño de las calles para mejorar la ventilación, refrescar la temperatura y reducir la contaminación atmosférica.....	138
Figura 5.3.	Cubierta arbórea actual y potencial de expansión	142
Figura 5.4.	Cartel de sensibilización dirigido a los trabajadores en el marco de la iniciativa “Código Rojo” de Santiago.....	151

R
1
2
3
4
5
A

TABLAS

Tabla 1.	Categorías climáticas de las ciudades (basadas en las temperaturas promedio anuales en 1986-2005), con ejemplos	44
Tabla 5.1.	Alertas meteorológicas versus alertas basadas en el impacto	147
Tabla A1.	Preguntas y acciones clave para un grupo de trabajo sobre calor urbano.	157
Tabla A2.	Catálogo simplificado de soluciones de calor urbano, por sectores.	161

CUADROS

Cuadro 1.1	¿Cuánto calor es demasiado calor? Definición de estrés térmico y olas de calor.....	34
Cuadro 3.1	Mejora de la resiliencia de la vivienda “autoproducida” en México	75
Cuadro 3.2	Mito urbano: los edificios de alta eficiencia energética tienen un costo elevado	79
Cuadro 3.3	El Distrito Térmico La Alpujarra, Medellín	80
Cuadro 3.4	El suministro eléctrico en Ecuador en medio del calor y la sequía	85
Cuadro 4.1	Calor, embarazo y parto	102
Cuadro 4.2	Panorama general: Efectos del calor sobre la salud en Colombia	108
Cuadro 4.3	Impacto de las anomalías de calor extremo en las actividades económicas urbanas de la región	128
Cuadro 5.1	Explorando oportunidades para las SbN en las ciudades de América Latina y el Caribe.....	142
Cuadro 5.2	Sistema de alerta temprana de temperaturas extremas de Argentina.....	145
Cuadro 5.3	Protegiendo a los trabajadores al aire libre frente al estrés térmico en Costa Rica	150

PRÓLOGO

El calor récord que azotó a América Latina y el Caribe en 2024 no fue simplemente una anomalía climática pasajera: fue una advertencia. En lugares como Belém, donde el calor ha moldeado la vida cotidiana, las temperaturas ahora alcanzan niveles insoportables, agravadas por la humedad y la electricidad poco confiable. Ciudad de México, antes protegida por su altitud, rompió récords con seis de los días más calurosos jamás registrados en la ciudad. En Argentina, olas implacables de calor extremo empujaron las temperaturas por encima de los 45 °C, amenazando vidas y medios de subsistencia a una escala sin precedentes.

El calor urbano extremo ya no es una preocupación lejana del futuro: es una crisis actual. Históricamente, las ciudades de la región han estado protegidas por la altitud, las brisas marinas y la sabiduría del urbanismo de siglos pasados. Sin embargo, a medida que aumentan las temperaturas globales, estas defensas se erosionan rápidamente. La expansión urbana descontrolada, la infraestructura envejecida y las desigualdades sociales solo agravan los peligros, exponiendo a millones de personas a un mayor riesgo.

Las implicaciones no podrían ser más graves. Más del 80 % de la población de la región vive en zonas urbanas — la tasa más alta del mundo en desarrollo. El calor no solo pone en riesgo la salud, sino también las economías urbanas, la infraestructura y el tejido social en general. Afecta de forma desproporcionada a las personas mayores, a las personas en situación de pobreza y a quienes trabajan en empleos informales sin protección ni resguardo. Con casi la mitad de la fuerza laboral en la informalidad y más de 170 millones de personas viviendo en pobreza, la crisis del calor urbano también representa un profundo desafío en términos de equidad.

Este informe ofrece un análisis sobrio pero necesario de lo que significan las temperaturas en aumento para las ciudades de América Latina y el Caribe, y qué se puede hacer para prepararse, adaptarse y proteger a quienes son más vulnerables. Desde la expansión de los espacios verdes hasta el rediseño urbano para proteger a quienes corren mayor riesgo, las autoridades locales pueden tomar medidas concretas para enfriar sus ciudades y mejorar la vida cotidiana de millones de personas. El informe destaca algunas de las medidas de adaptación más prometedoras que se están probando o ampliando en la región y en el mundo.

En última instancia, el desafío del calor urbano también representa una oportunidad: la de reimaginar las ciudades como lugares más habitables, inclusivos y resilientes al clima. Las decisiones que se tomen hoy definirán no solo cómo las ciudades soportan el aumento de las temperaturas, sino también qué tan bien podrán prosperar en las décadas por venir.



Maria Marcela Silva

Directora Regional de Infraestructura, América Latina y el Caribe

AGRADECIMIENTOS

Este informe ha sido elaborado por un equipo dirigido por Carina Lakovits y Paula Restrepo Cadavid y financiado por el Mecanismo Mundial para la Reducción de Desastres y la Recuperación (GFDRR). El equipo principal también estuvo conformado por Nicholas K. W. Jones, Juan Sebastián Leiva Molano y Marion Davis.

Entre los principales colaboradores figuran Anna-Maria Bogdanova, Felipe Montoya Pino, Julio Barbazo Chiquetto, Olivia D'Aoust, Matthias Andreas Demuzere, Malcolm Noshir Mistry, Jane Park y Giuseppe Rossitti.

El informe ha contado con la asesoría y la orientación de los revisores Mark Roberts, Nancy Lozano Gracia y Brenden Jongman. Paolo Avner, Victoria Susan Bogach, Maria Luisa Colmenares, Mirtha Liliana Escobar, Jenny Maria Hasselsten, Alicia Hernandez, Guillermo Navarro, David Rogers, Moussa Sidibe, Ian Andrew Smith, Elena Tames, Clemencia Torres de Mastle y Boris Ton Van Zanten realizaron aportes adicionales; miembros de las Prácticas Globales de Urbanismo, Salud, Educación, Transporte y Energía; Francisco Estrada Porrúa y Oscar Calderón Bustamante (Universidad Nacional Autónoma de México), y participantes en el taller de autores celebrado los días 23 y 24 de octubre de 2024.

Este trabajo se ha realizado bajo la dirección general de María Marcela Silva y Benoit Bosquet, Federica Ranghieri y David N. Sislen.

Por último, el equipo expresa su gratitud a Geraldine Ivon Mezarina Flores por su invaluable apoyo administrativo.

RESUMEN



Desde Ciudad de México hasta Santo Domingo, pasando por Buenos Aires, en América Latina y el Caribe está surgiendo una nueva realidad climática: no solo están aumentando las temperaturas promedio, sino que los días muy calientes son cada vez más frecuentes, y muchas ciudades soportan temperaturas récord y olas de calor prolongadas.

Esta tendencia tiene graves consecuencias para la salud y el bienestar humano, para las economías urbanas e incluso para la infraestructura crítica como los sistemas eléctricos y las carreteras, la mayoría de las cuales no fueron construidas para temperaturas tan elevadas.

El calor mata – a veces repentinamente por golpe de calor o lesiones relacionadas con el calor, pero más a menudo lo hace sutilmente, forzando el corazón, los pulmones, los riñones y otros órganos y acelerando la muerte entre personas que ya eran vulnerables. La mortalidad relacionada con el calor aumentó en ALC un 140% entre 2000–2009 y 2013–2022. Solo en 2023, se estima que 48.000 personas mayores de 65 años murieron prematuramente por causas relacionadas con el calor en toda América.

El cambio climático es el principal impulsor de esta tendencia, pero en América Latina y el Caribe —una de las regiones más urbanizadas del mundo, con cerca del 82% de los residentes en ciudades en 2025— hay otro factor clave que agrava los riesgos del calor: el efecto isla de calor urbano (ICU). Las zonas urbanizadas absorben y retienen el calor, y la temperatura en las zonas de alta densidad con escasos espacios verdes puede ser varios grados más caliente que en las zonas rurales circundantes. Las viviendas inadecuadas también hacen que sea difícil para muchas personas mantenerse frescas en el interior.

Este informe examina la creciente amenaza del calor en las ciudades de América Latina y el Caribe, incluyendo las proyecciones para las próximas décadas; las implicaciones para la infraestructura urbana y para la salud, el bienestar y la prosperidad, y lo que los líderes urbanos y los gobiernos nacionales pueden hacer para mitigar los riesgos, en particular para las personas más vulnerables.

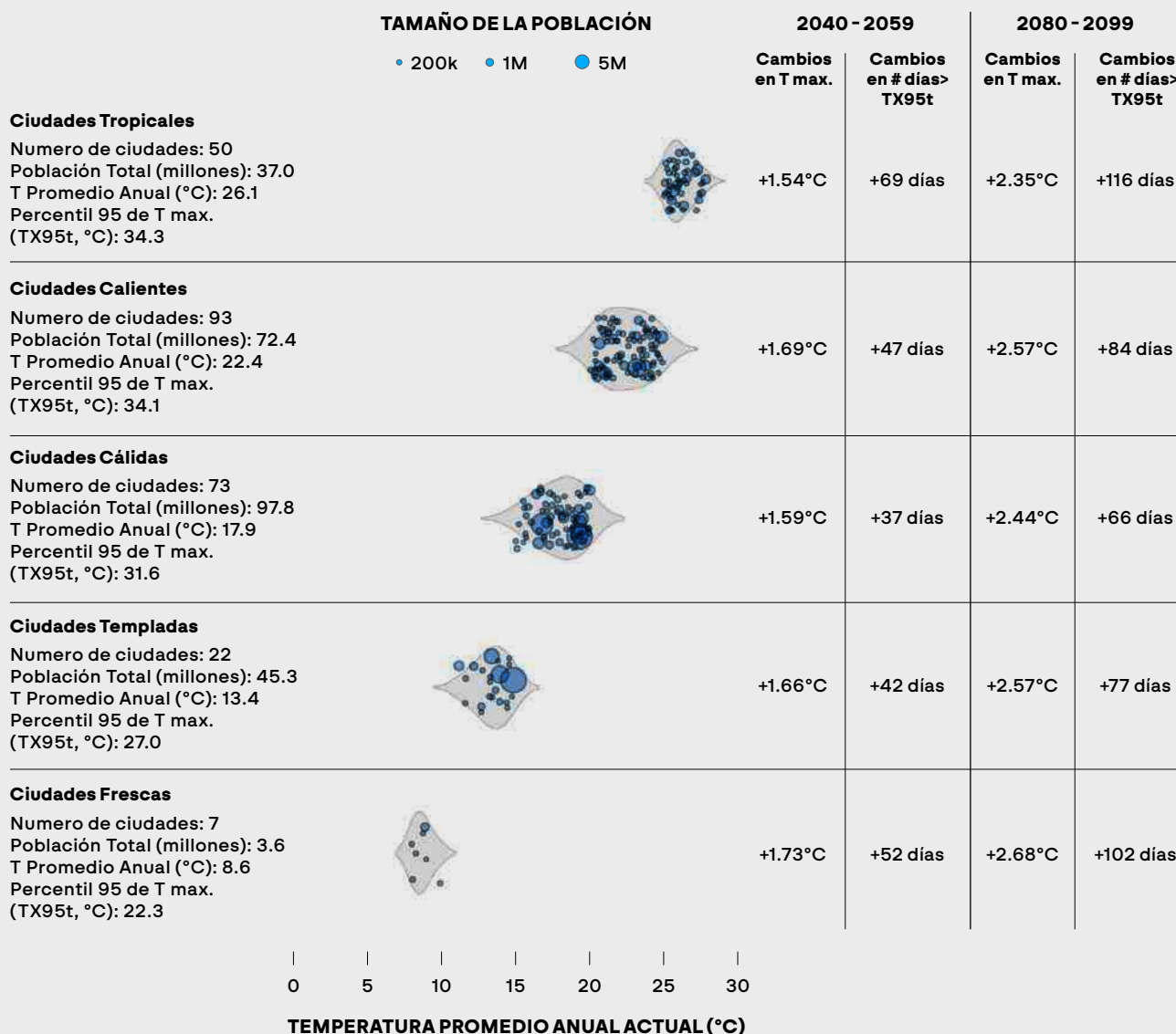
LAS CIUDADES DE LA REGIÓN SON CADA VEZ MÁS CALIENTES

Las ciudades de América Latina y el Caribe tienen climas más clementes, en promedio, que las de otras regiones de latitudes similares: algunas se benefician de su elevada altitud, otras de su ubicación costera. Sin embargo, las temperaturas están aumentando en ciudades de todas las zonas climáticas. En general, las temperaturas promedio del aire sobre la tierra en la región han aumentado alrededor de 1,5 °C desde la época preindustrial.

A medida que aumentan las temperaturas globales, en un escenario climático “intermedio” (SSP2-4.5), se prevé que las máximas diarias en las ciudades de América Latina y el Caribe aumenten entre 1,5 y 1,7 °C a mediados de siglo (2040-2059), y entre 2,3 y 2,7 °C a finales de siglo (2080-2099) en relación con el periodo de 1986-2005.

El número de días calientes por año, aquellos en los que las temperaturas superan el percentil 95 para un lugar durante el periodo 1986-2005, también se espera que aumenten. Se proyecta que las ciudades enfrenten, en promedio, 36-69 días calientes adicionales para mediados de siglo, y 66-116 días adicionales para finales de siglo (Figura O-1). Los mayores aumentos se prevén en las ciudades tropicales y frías, lo que demuestra que ninguna zona climática está exenta.

FIGURA O-1. AUMENTO PROYECTADO DE DÍAS CALIENTES (POR ENCIMA DEL PERCENTIL 95 DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS DIARIAS LOCALES) PARA LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS DIARIAS EN LAS CIUDADES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE).



Fuente: Análisis del equipo del Banco Mundial con datos de ERA5-Land Reanalysis, NEX-GDDP-CMIP6 y la base de datos Urban Center.

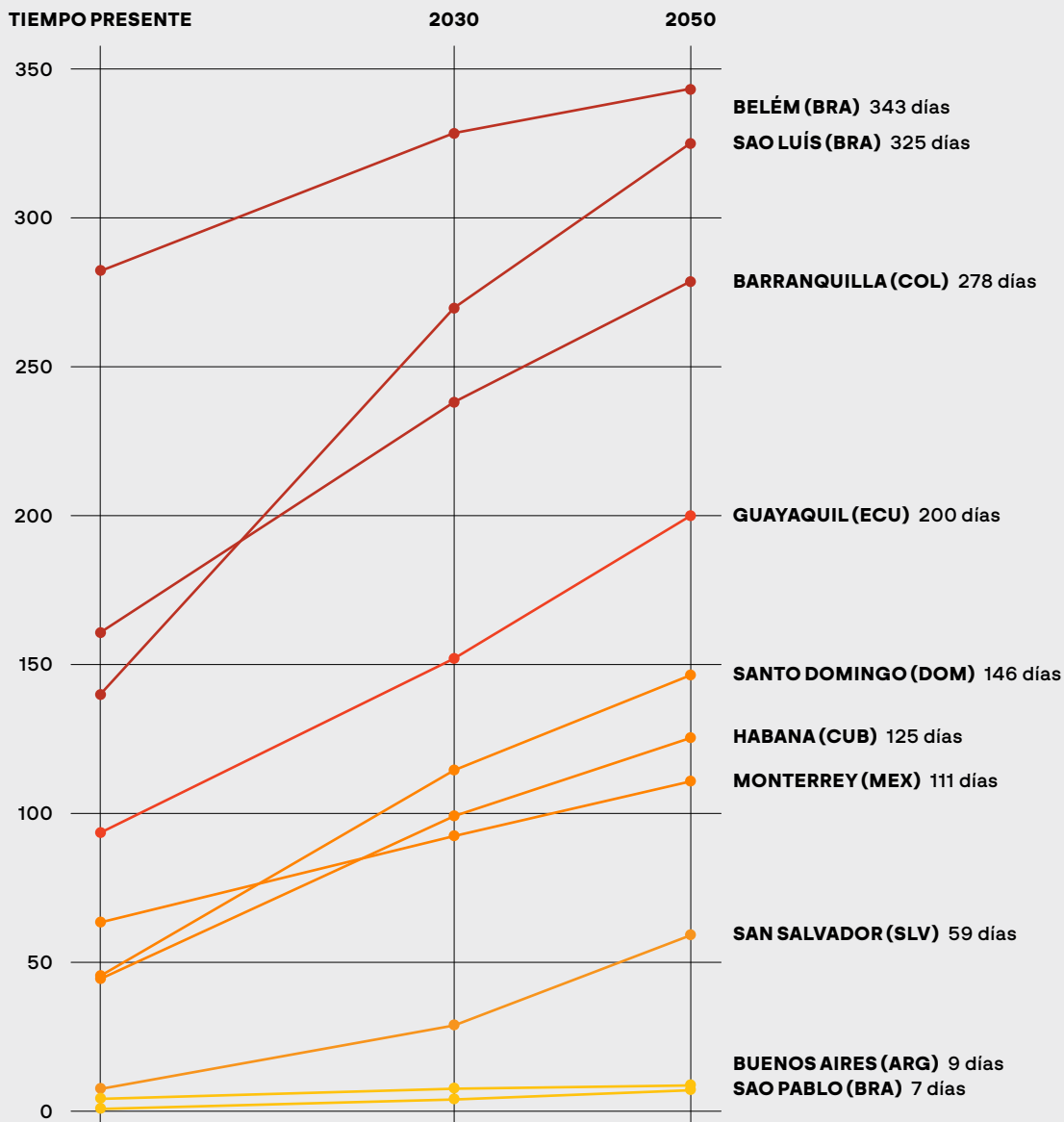
Nota: El análisis incluye las ciudades medianas (>200.000 habitantes) o más grandes disponibles en la base de datos Urban Center (UCD, por sus siglas en inglés), que se agrupan por categoría de temperatura promedio anual actual: tropical (>25°), caliente (20-25 °C), cálida (15-20 °C), templada (10-15 °C) y fría (5-10 °C). La base de datos UCD no contiene ciudades muy frías (< 5 °C) con una población superior a 200.000 habitantes. Un día caliente se define como un día con una temperatura máxima diaria superior al percentil 95 de las temperaturas observadas para esa ciudad en ese periodo. El umbral de un "día caliente" varía significativamente, desde 22,3 °C en ciudades frías, pasando por 31,6 °C en ciudades cálidas, hasta 34,3 °C en ciudades tropicales, pero los riesgos para la salud también surgen a temperaturas más bajas en lugares más fríos, porque las personas no están aclimatadas.

Otros análisis que tienen en cuenta el efecto ICU y modelan la temperatura de globo y bulbo húmedo (WBGT, por sus siglas en inglés) —una medida que incorpora la temperatura del aire, la humedad, la velocidad del viento y la exposición a la radiación solar— ponen de manifiesto los riesgos para la salud humana. Ya hoy, las ciudades más calientes de la región (por ejemplo, en la cuenca amazónica y en el Caribe) enfrentan hasta seis meses de calor extremo: días con la WBGT por encima de 30,5 °C. A mediados de siglo, Barranquilla podría superar ese umbral durante tres cuartas partes del año, y Belém y São Luís (Brasil), durante el 89% y el 94% del año, respectivamente (Figura O-2).

FIGURA O-2. AUMENTO DEL CALOR EN LAS GRANDES CIUDADES: DÍAS DE CALOR EXTREMO (WBGT SUPERIOR A 30,5 °C) HASTA 2050.

DÍAS CON CALOR EXTREMO AL SOL

TEMPERATURA DE GLOBO Y BULBO HÚMEDO POR ENCIMA DE 30.5°C



Fuente: Análisis del equipo del Banco Mundial a partir de datos de WBGT de CarbonPlan y datos de ciudades de la base de datos Urban Centre.

Nota: Un día de calor extremo se define como un día con una temperatura de globo y bulbo húmedo (WBGT) máxima superior a 30,5 °C al sol.



Foto: Johnnie Miller

En Buenos Aires, barrios ricos con abundantes espacios verdes bordean asentamientos informales como éste cerca de San Isidro.

LA INFRAESTRUCTURA URBANA AGRAVA EL CALOR

La población urbana de América Latina y el Caribe ha pasado de aproximadamente 62 millones en 1950 a unos 538 millones en 2023. Para dar cabida a este crecimiento, las ciudades grandes y pequeñas han aumentado su densidad y se han extendido hacia las zonas rurales circundantes, cambiando fundamentalmente el paisaje.

La urbanización sustituye las tierras de cultivo o los paisajes naturales por concreto, asfalto, ladrillo, acero y otros materiales que absorben y retienen el calor. Los edificios interrumpen y bloquean la circulación del aire, sobre todo en las zonas densamente edificadas. Los vehículos y los sistemas mecánicos, como el aire acondicionado, emiten calor adicional. En muchas áreas urbanas hay pocas zonas verdes, lo que priva a los habitantes de la ciudad de la sombra que brindan los árboles y del frescor de la evapotranspiración de las plantas.

Debido al efecto ICU, las temperaturas nocturnas promedio en una ciudad pueden ser entre 2 y 3 °C más cálidas que en las zonas rurales circundantes. Después de días muy calientes y soleados, estudios realizados en Paramaribo (Surinam) y Río de Janeiro, por ejemplo, han constatado diferencias de temperatura nocturna de hasta 7-8 °C.

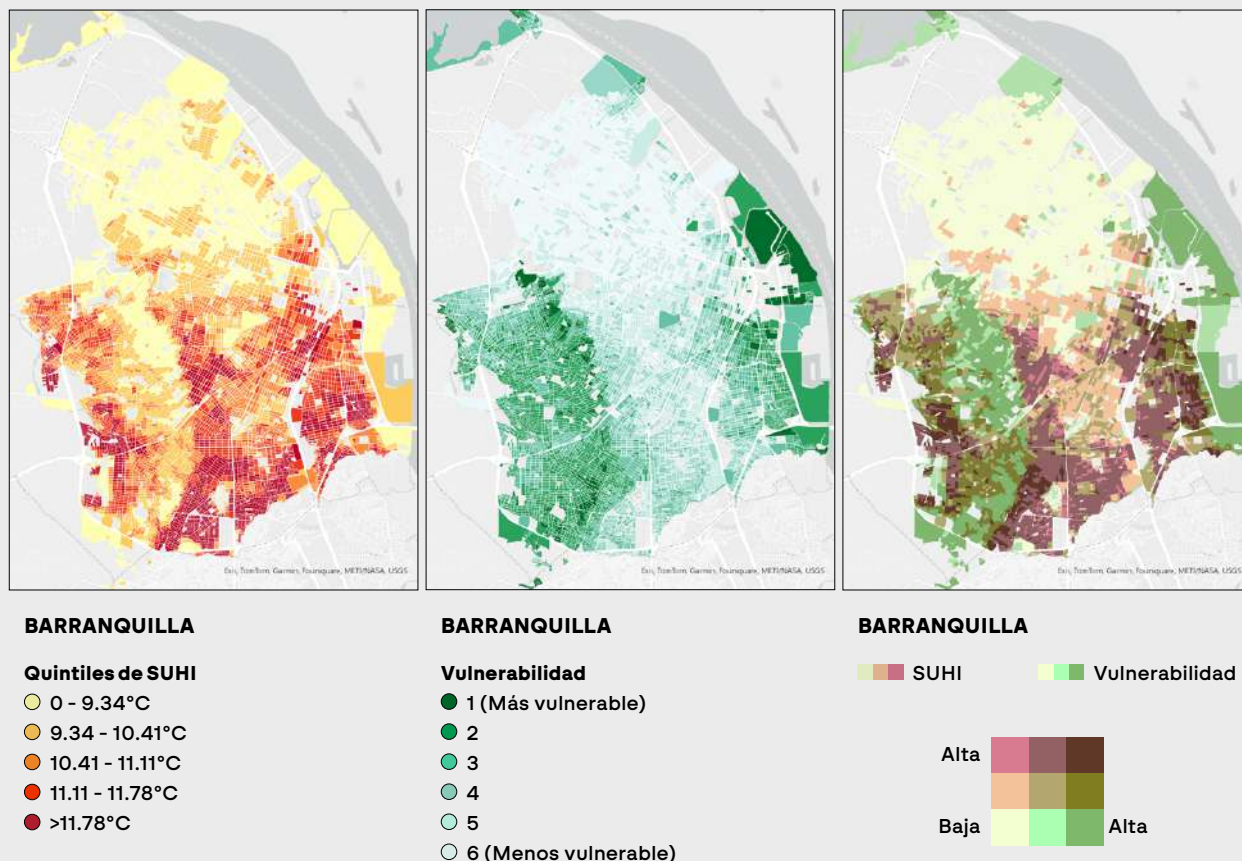
La intensidad de la ICU varía de un barrio a otro, dependiendo de la forma y disposición de las construcciones, la densidad y el hacinamiento, los materiales utilizados y la cantidad de vegetación que quede o se haya replantado. La proximidad a zonas verdes, ríos o la costa y la topografía también pueden influir.

Desigualdades térmicas se han documentado en varias ciudades. En el Gran Santiago de Chile, los análisis de los datos de temperatura en los veranos de 2005-2017, y durante las olas de calor en la década hasta 2023, mostraron diferencias de hasta 6,7 °C entre las partes más cálidas y más frías de la ciudad, y una superposición significativa entre el calor urbano y la pobreza.

Un nuevo análisis realizado para este informe a partir de datos censales por manzanas y datos de temperatura de alta resolución de cinco ciudades de Colombia y México muestra una correlación entre la vulnerabilidad socioeconómica y la intensidad del efecto ICU superficial en siete de las ciudades estudiadas. Esto está relacionado con la falta de cobertura arbórea y una gran proporción de superficies impermeables, aunque en Bogotá y Medellín, por ejemplo, donde los pobres tienden a vivir en las laderas, la elevación tiene un efecto refrigerante.

La Figura O-3 muestra las desigualdades térmicas en Barranquilla, donde el calor y la pobreza se superponen en el oeste y el sur de la ciudad. Los barrios de clase alta en el norte, más cercanos a la costa, muestran una menor exposición al calor.

FIGURA O-3. GRAVEDAD DEL EFECTO ICU EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE TERRESTRE (IZQUIERDA), LA VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA (CENTRO) Y LA SUPERPOSICIÓN DE AMBAS EN BARRANQUILLA (COLOMBIA).



Fuente: Análisis del Banco Mundial. Nota: SUHI significa efecto isla de calor urbano superficial (por sus siglas en inglés).

Las disparidades térmicas son una preocupación crítica, ya que el 24,5% de los residentes urbanos en toda la región vivían en la pobreza en 2023, incluyendo el 38,1% de los niños. La desigualdad de ingresos también es significativa, con los puntajes del índice de Gini de 14 países con datos de 2022-2023 con un promedio de 0,452. Los puntajes promedio del índice de Gini para las ciudades de varios países, como Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador y Panamá, son igualmente elevados.

Además, vivan o no en barrios especialmente calientes, los estudios demuestran que las personas de bajos ingresos están desproporcionadamente expuestas al calor urbano debido a la baja calidad de sus viviendas y a una insulación inadecuada, así como a su dependencia de los desplazamientos a pie o en transporte público en lugar de en carro. También pueden tener dificultades para lidiar con el calor, ya que sus recursos y opciones para acceder a servicios básicos son más limitados.

LA VIVIENDA Y LOS SISTEMAS DE ENERGÍA Y TRANSPORTE NO ESTÁN PREPARADOS PARA EL CALOR

En muchas ciudades, el crecimiento poblacional ha superado la construcción de viviendas, lo que ha dado lugar a grandes déficits habitacionales. Se calcula que 93,4 millones de personas —el 16,9% de los residentes urbanos— vivían en tugurios, asentamientos informales o viviendas inadecuadas en 2022, y en algunos países la proporción es mucho mayor: 45,1% en Perú y 51,1% en Haití.

Los asentamientos informales concentran la pobreza, la vulnerabilidad social y, a menudo, también la exposición al calor extremo. Las viviendas construidas sin ayuda profesional, con materiales inadecuados, suelen ser especialmente propensas al sobrecalentamiento debido a la escasa ventilación y a techos poco aislantes que a menudo absorben el calor. Además, los asentamientos informales suelen estar en la periferia urbana y carecen de infraestructura esencial, servicios básicos como agua potable, parques y árboles en las calles, o transporte público confiable. Esto limita el acceso a servicios públicos y comodidades que podrían mitigar los efectos del calor extremo, como instalaciones sanitarias y centros de enfriamiento.

Los sistemas de transporte público de la región también están mostrando sus limitaciones ante el aumento de la temperatura, con frecuentes retrasos y averías y un calor extremo en el interior de los vehículos. En abril de 2024, por ejemplo, la temperatura en los trenes del STC Metro de Ciudad de México alcanzó los 39 °C en horas pico. Algunos sistemas de transporte público disponen de aire acondicionado, pero muchos otros no.

Los desplazamientos a pie son cada vez más arriesgados debido al aumento del calor, y representan aproximadamente una cuarta parte de todos los desplazamientos en la región, y mucho más en algunas ciudades, como Guadalajara. Las personas con menos ingresos caminan mucho más que los grupos más ricos, ya que a menudo no pueden permitirse pagar otra alternativa.

El calor también está poniendo a prueba los sistemas eléctricos. El calor extremo provoca picos de demanda y afecta al rendimiento de las líneas de transmisión y los transformadores, provocando a veces fallas catastróficas en los equipos. La región también depende en gran medida de la energía hidroeléctrica, que proporcionó el 45% de la energía generada en 2022, y es muy susceptible al calor y a la sequía. Las sequías históricas de Ecuador en 2022-2024, por ejemplo, provocaron una caída tan brusca de la generación que, a partir de septiembre de 2024, hubo que hacer racionamientos de electricidad hasta 14 horas al día en muchas regiones, lo que afectó los servicios esenciales y le costó a la economía al menos 2.000 millones de dólares para mediados de octubre de ese mismo año.

EL CALOR EXTREMO TIENE IMPORTANTES REPERCUSIONES EN EL CAPITAL HUMANO

De todas las repercusiones del aumento de las temperaturas y las olas de calor, posiblemente las más críticas sean las que afectan la salud humana. El calor extremo puede ser mortal, tanto en formas visibles como en otras más sutiles y difíciles de detectar. Se ha demostrado que la exposición a altas temperaturas agrava muchas afecciones, como las enfermedades cardiovasculares y la diabetes, y aumenta los resultados adversos de los embarazos. También puede limitar las capacidades físicas y cognitivas de las personas y afectar negativamente la salud mental.

El calor extremo impone costos directos a los sistemas de atención en salud, y costos aún mayores para la sociedad causados por discapacidad y muerte prematura. Las altas temperaturas también empeoran la contaminación del aire, una de las principales amenazas para la salud pública en la región, e intensifican sus efectos. Esto las convierte en una razón clave por la que está aumentando la incidencia de enfermedades transmitidas por vectores, como el dengue.

Un estudio del Banco Mundial de 2024 consideró estos y otros efectos del cambio climático sobre la salud en 69 países de bajos y medianos ingresos, incluyendo los 11 más grandes de América Latina y el Caribe. Según las proyecciones, entre 2026 y 2050 se producirían entre 271.200 y 274.500 muertes prematuras en la región, generando un costo económico de 285.300 a 763.000 millones de dólares, es decir, entre el 0,19% y el 0,45% del PIB previsto para los 11 países en ese periodo.

Los efectos del calor sobre la salud preocupan especialmente a las ciudades de América Latina y el Caribe por dos motivos fundamentales: las grandes desigualdades y vulnerabilidades socioeconómicas señaladas anteriormente, y el hecho de que la región esté envejeciendo más rápido que en la mayor parte del mundo. Ya en 2022, el 13,4% de la población de la región, casi 90 millones de personas, tenía más de 60 años. Para 2050, se prevé que este porcentaje aumente al 25%, es decir, 193 millones.

El cuerpo humano cuenta con distintos medios para mantener los órganos internos a una temperatura estable y segura —por lo general, a uno o dos grados de 37 °C—, pero a medida que aumenta la gravedad de las condiciones y/o la duración de la exposición, también aumenta el riesgo de sufrir un daño duradero o incluso la muerte. Además, algunas personas son más sensibles al calor —y menos capaces de afrontarlo— que otras. Los ancianos son especialmente vulnerables y representan una parte desproporcionada de las víctimas mortales. Los lactantes y los niños pequeños también corren un alto riesgo, al igual que las mujeres embarazadas y las personas con enfermedades cardiovasculares, diabetes y otras afecciones.

Aunque la mayoría de las investigaciones sobre los efectos del calor extremo se centran en los adultos mayores o en los trabajadores, el calor extremo también plantea graves riesgos para los niños, tanto físicos —porque suelen pasar más tiempo al aire libre que los adultos— como en los resultados educativos. Los efectos ya se dejan sentir en las escuelas, donde en toda la región hay informes que indican que los niños se sienten mal por el calor dentro de los salones, y algunas escuelas se ven obligadas a migrar a clases en línea, limitar sus horas, o cerrar temporalmente.

Más allá de la incomodidad física, los alumnos y profesores afirman a menudo que el calor les impide concentrarse y aprender, y los estudios así lo confirman. Un estudio realizado en Colombia reveló que un aumento de 1 °C en la temperatura máxima diaria promedio durante el año anterior provocaba un descenso de al menos el 2% de una desviación típica en los resultados de los exámenes de los estudiantes en las ciudades. Las investigaciones realizadas en Brasil indican que un estudiante promedio del 50% más pobre de los municipios brasileños podría perder hasta un semestre de aprendizaje debido al aumento de la temperatura.

MUCHOS TRABAJADORES ESTÁN EXPUESTOS A NIVELES PELIGROSOS DE CALOR

Cada día, decenas de millones de personas en ciudades de toda la región se ganan la vida con trabajo físico en condiciones que las exponen a un calor considerable. A medida que suban las temperaturas y las olas de calor sean más frecuentes, estos medios de vida serán cada vez más peligrosos.

El grado de riesgo de estrés térmico de un trabajador depende no solo de la fisiología del individuo o de la temperatura ambiente, la humedad y el flujo de aire, sino también de factores específicos a la actividad laboral y al lugar de trabajo, como el nivel de esfuerzo físico y el equipo de protección utilizado. Según estimaciones de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), en 2020, el 70% de los trabajadores de las Américas estuvo expuesto a un calor excesivo, lo que provocó aproximadamente 2,8 millones de lesiones, incluyendo el 6,7% de lesiones ocupacionales mortales. El análisis también reveló que la proporción de lesiones mortales ocurridas durante las olas de calor se había más que duplicado entre 2000 y 2020.

Junto con los factores fisiológicos, la falta de información y las situaciones precarias, como el empleo informal, pueden hacer que algunos trabajadores sean más susceptibles al estrés térmico, ya que no pueden elegir protegerse o no saben cómo hacerlo. En el primer trimestre de 2024, las tasas de empleo informal en las ciudades de la región oscilaban entre el 26,7% en Chile y el 32,7% en Costa Rica, el 52,9% en la República Dominicana, el 58% en Ecuador y el 67,1% en Perú.

Los trabajadores que están en una situación vulnerable debido a la pobreza, la informalidad, la condición de inmigrantes u otros factores también pueden verse afectados de forma desproporcionada por las enfermedades o lesiones relacionadas con el calor, ya que es posible que no puedan acceder a una atención en salud oportuna y asequible. Pero si no trabajan —por decisión propia o debido a precauciones tomadas por su empleador—, es posible que no puedan recurrir a los programas de protección social para compensar cualquier pérdida en ingresos. Lo mismo ocurre si quedan incapacitados por lesiones relacionadas con el calor.

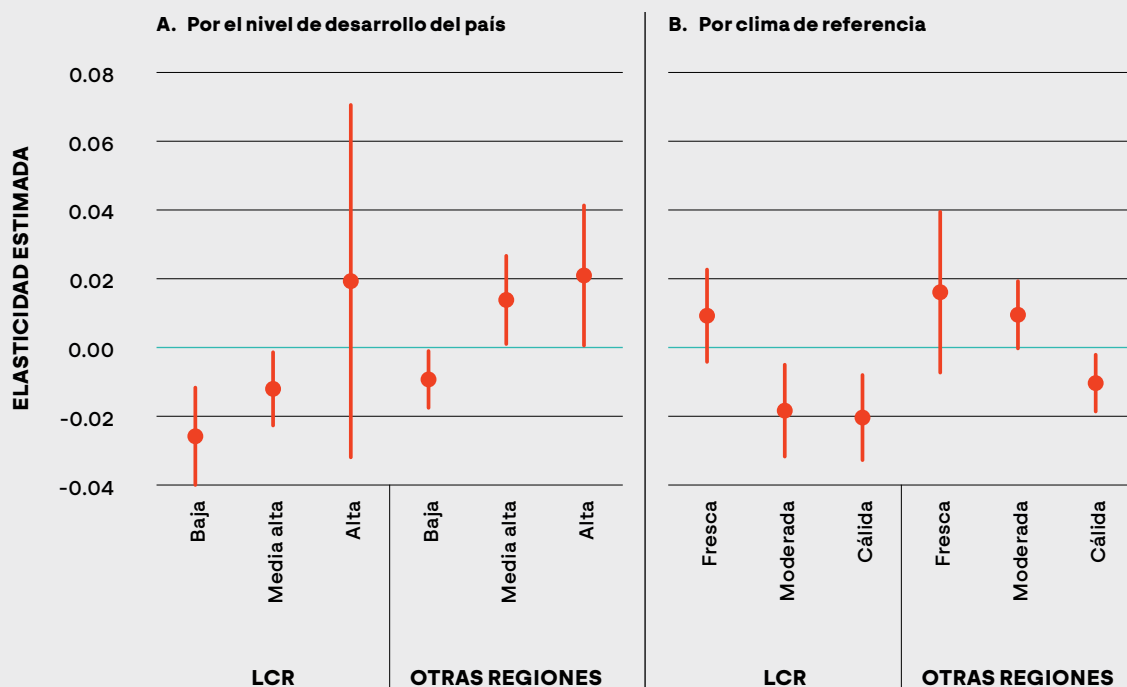
EL CALOR AMENAZA CADA VEZ MÁS A LAS ECONOMÍAS URBANAS

Los impactos del calor urbano tienen importantes implicaciones económicas, sobre todo teniendo en cuenta que las ciudades de la región generan una gran parte del producto interno bruto (PIB) de los países. Por ejemplo, Ciudad de México generó el 14,8% del PIB de México en 2023, y São Paulo, el 9,2% del PIB de Brasil en 2021. Los porcentajes en los países más pequeños son aún mayores. Montevideo produce cerca del 49% del PIB de Uruguay, por ejemplo, y Quito produce cerca del 25% del PIB de Ecuador.

El calor urbano puede afectar la producción económica de las ciudades a través de múltiples canales, incluyendo los efectos sobre la oferta global de mano de obra, las capacidades físicas y mentales de los trabajadores y la oferta de capital humano a largo plazo. Cuando la infraestructura no está diseñada para soportar temperaturas extremas, también puede fallar o funcionar mal, reduciendo la productividad total de los factores.

Un nuevo análisis realizado para este informe estimó el impacto económico de las anomalías de calor extremo en 2012-2020 sobre la actividad económica de las ciudades, utilizando la intensidad de luz nocturna como aproximación, y reveló que las actividades económicas urbanas ya se están viendo afectadas por el calor extremo. Las ciudades de los países de bajos ingresos fueron las más afectadas por las anomalías térmicas (mostrando una caída del 2,6% en la intensidad de luz nocturna), mientras que las ciudades de países de ingresos medios registraron una caída del 1,2%. Las ciudades de los países de ingresos altos no registraron ninguna caída. El análisis también reveló que cuanto más cálido sea el clima de referencia de una ciudad, mayor es el impacto negativo del calor extremo (Figura O-4).

FIGURA O-4. IMPACTOS ESTIMADOS DE LAS ANOMALÍAS DE CALOR EXTREMO EN LAS INTENSIDADES DE LUZ NOCTURNA EN LAS CIUDADES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE FRENTE A OTRAS REGIONES, POR NIVEL DE DESARROLLO Y CLIMA DE REFERENCIA, ABRIL DE 2012-DICIEMBRE DE 2020.



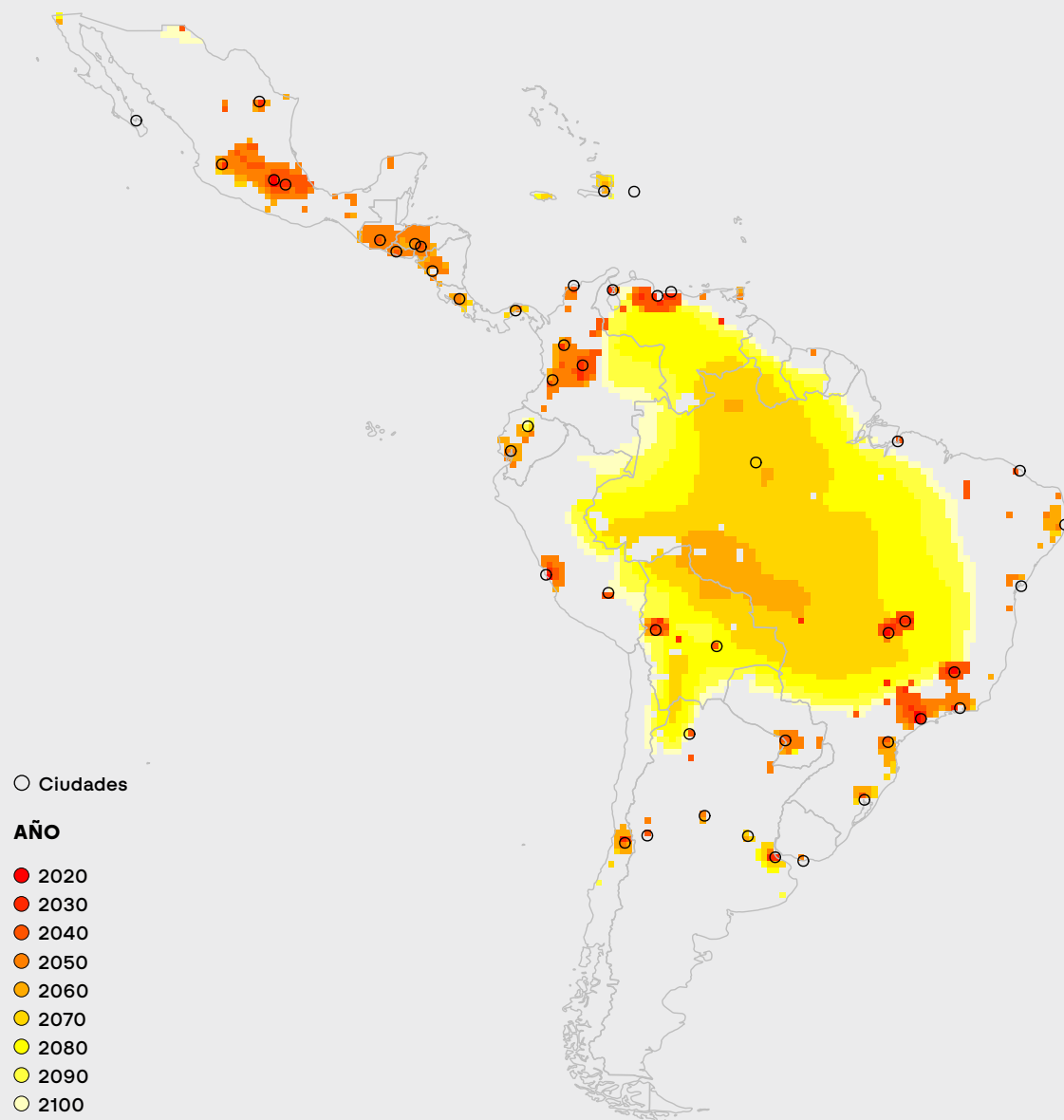
Fuente: Cálculos del Banco Mundial basados en el análisis de compuestos mensuales de luces nocturnas del Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) (<https://payneinstitute.mines.edu/eog-2/viirs/>) y datos meteorológicos mensuales del Climatology Lab, TerraClimate (<https://www.climatologylab.org/terraclimate.html>).

Nota: Las ciudades se definen como centros urbanos siguiendo la metodología del grado de urbanización de la Base de datos Urban Center de la Capa Global de Asentamientos Humanos (GHSL, por sus siglas en inglés). Cada marcador muestra la elasticidad estimada de una anomalía de calor extremo sobre la intensidad de luz nocturna de una ciudad. Las barras verticales indican los límites del intervalo de confianza del 90% asociado a las estimaciones correspondientes. En ambos paneles, los niveles bajo, medio-alto y alto se basan en la clasificación de ingresos por país del Banco Mundial para el año fiscal 2023-24, donde la clase baja incluye a los países de ingresos bajos y medio-bajos. En el panel b, el clima de referencia de una ciudad se clasifica en función de los terciles de distribución de las temperaturas promedio mensuales a largo plazo en todo el mundo. LCR = Región de América Latina y el Caribe (por sus siglas en inglés).

La modelación económica de los futuros impactos del cambio climático y del efecto ICU en América Latina y el Caribe muestra que el calor urbano tendrá un alto costo. En un escenario climático intermedio (SSP2-4.5), para 2050, las pérdidas acumuladas en la región podrían alcanzar el equivalente de 1,2 a 2,5 veces el PIB de cada país en 2024.

Las ciudades ya están notando los efectos. El modelo sugiere que los principales centros urbanos van a experimentar impactos económicos mucho más graves que la región en general. Aunque no se prevé que la mayoría de las zonas sufran pérdidas anuales del PIB superiores al 5% hasta la década de 2080 o más adelante, las capitales podrían alcanzar este umbral ya en las décadas de 2020 o 2030 (ver la Figura O-5).

FIGURA O-5. AÑO EN EL QUE SE PREVÉ QUE LAS PÉRDIDAS ANUALES SUPEREN EL 5% DEL PIB.



Fuente: Cálculo de los autores a partir de la proyección de Estrada y Calderón-Bustamante (2024) para los países de América Latina y el Caribe, aplicando la función de daños que incorpora tanto el efecto ICU como los efectos duraderos del cambio climático de en un escenario climático intermedio (SSP2-4.5).

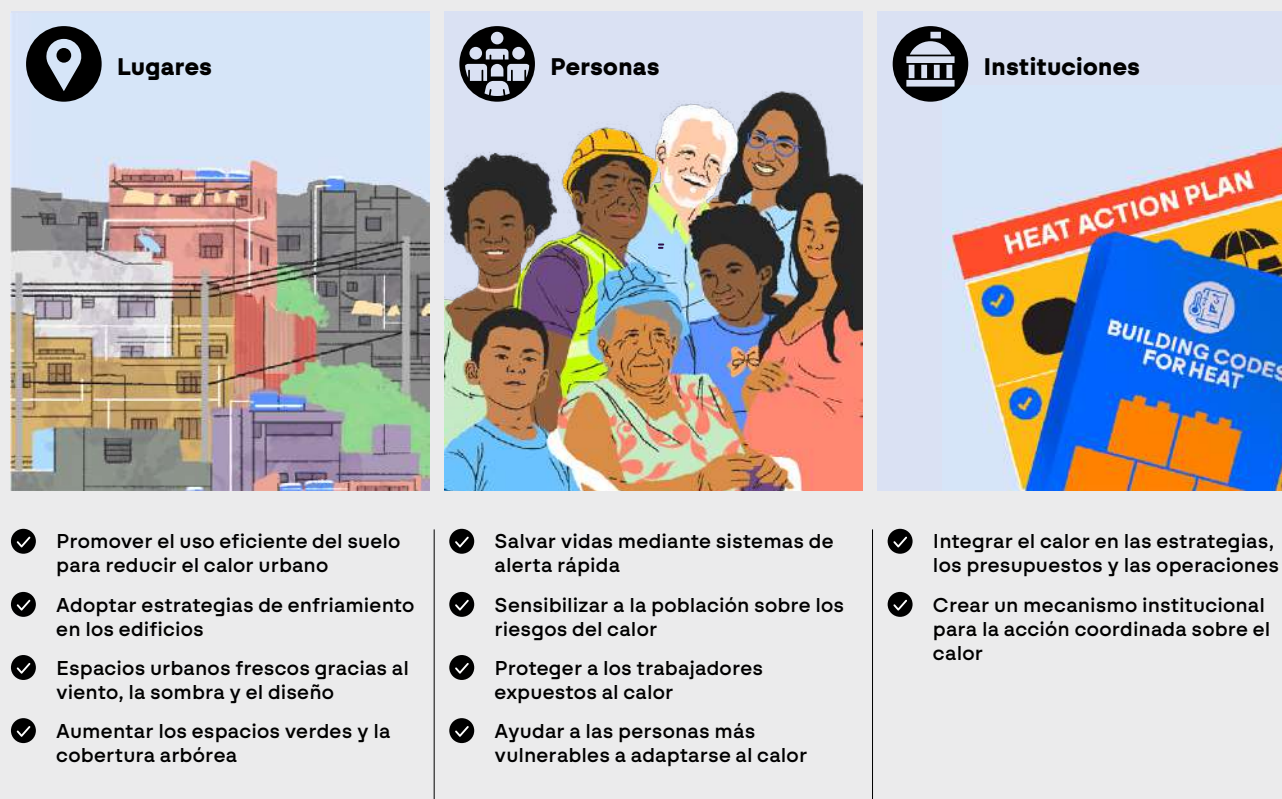
Nota: Los costos económicos se presentan como valores actuales netos calculados con 2010 como año base, utilizando 2024 como año de referencia para las proyecciones.

CIUDADES HABITABLES: PRIORIDADES PARA LA ACCIÓN

El análisis presentado en este informe confirma lo que ya saben de primera mano millones de personas en América Latina y el Caribe: las ciudades de la región son cada vez más calientes—algunas peligrosamente— y, sin esfuerzos proactivos de adaptación, los impactos sobre la infraestructura urbana y sobre la salud humana, el bienestar, los medios de subsistencia y las economías urbanas serán significativos.

Las ciudades no pueden detener el cambio climático por sí solas, pero si mitigan el efecto ICU, pueden frenar el calentamiento. Una amplia gama de medidas de adaptación puede ayudar: desde estrategias para mantener los edificios más frescos, hasta mejoras en el diseño y la vegetación urbana, sistemas de alerta temprana y campañas de salud pública, programas de apoyo a las personas más vulnerables y esfuerzos integrales para incorporar la resiliencia al calor en las estrategias, operaciones y presupuestos de las ciudades. El Banco Mundial denomina a este enfoque “Lugares, personas e instituciones” (Figura O-6).

FIGURA O-6. UN MARCO DE “LUGARES, PERSONAS E INSTITUCIONES” PARA ABORDAR EL CALOR URBANO



Fuente: Adaptado de Roberts et al. (2023).



LUGARES: ENFRIAR CIUDADES MEDIANTE EL DISEÑO, LA SOMBRA, EL VIENTO Y LA NATURALEZA

Las ciudades de América Latina y el Caribe tienen varias opciones para reducir los efectos del calor extremo. Muchas ya están invirtiendo en **soluciones basadas en la naturaleza**, como **añadir espacios verdes y cobertura arbórea**. La vegetación no solo refresca a través de la sombra y la evapotranspiración, sino que también puede ayudar a mejorar la calidad del aire, hace que las ciudades sean más habitables y facilita los trayectos a pie, en bicicleta y otras actividades al aire libre.

En Ciudad de México, por ejemplo, el proyecto Vía Verde convirtió un importante viaducto en un enorme jardín vertical, añadiendo plantas en más de 1.000 pilares y franjas verdes. En Costa Rica, se están utilizando “corredores biológicos interurbanos” para involucrar a las comunidades en la restauración de paisajes naturales, sobre todo a lo largo de los ríos en zonas urbanas densas, y crear franjas conectadas de espacios verdes. La iniciativa Corredores Verdes de Medellín ha creado “corredores verdes” con miles de árboles y otras plantaciones a lo largo de 18 vías urbanas y 12 vías fluviales. La mitigación del calor no es la única motivación de estos proyectos, pero sigue siendo un beneficio clave.

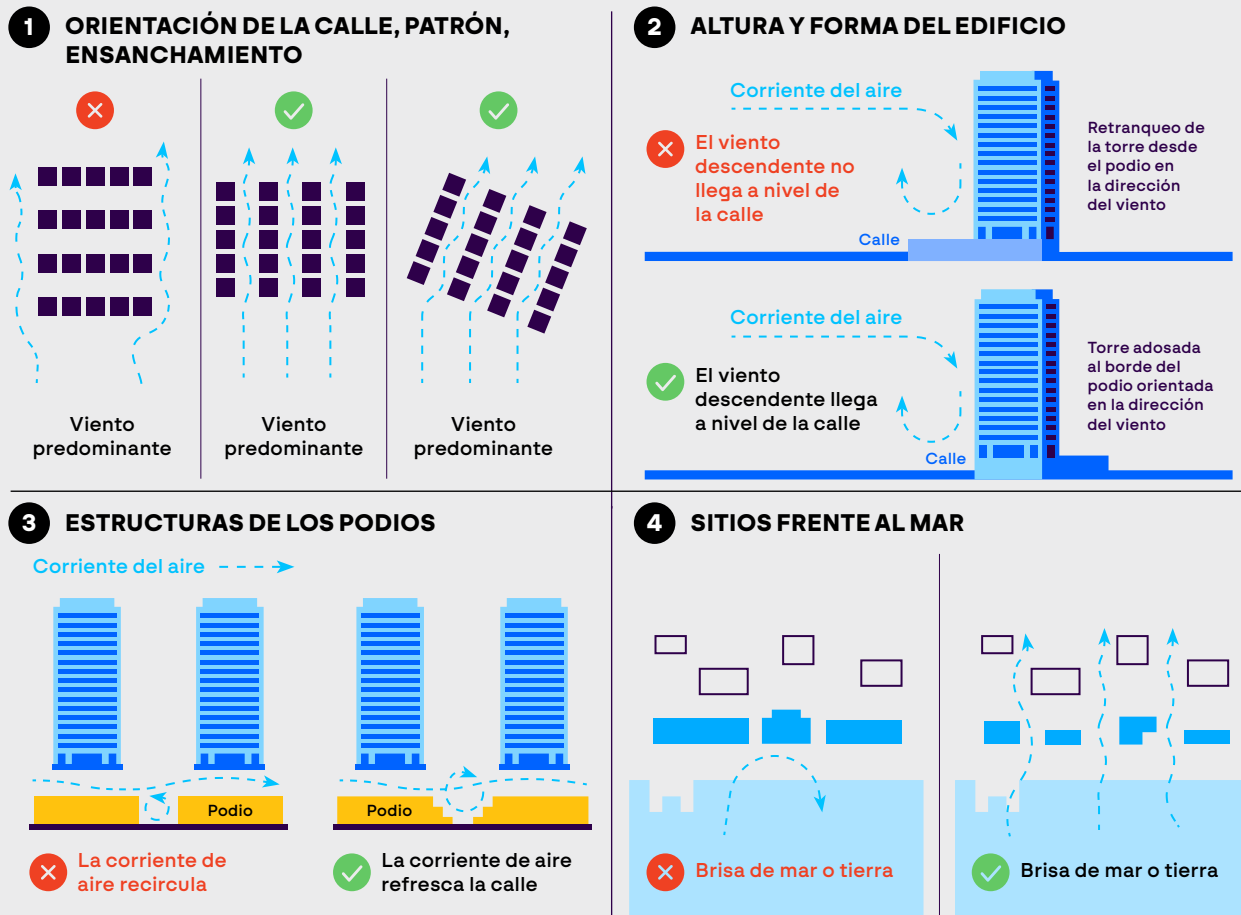
Por medio de la herramienta desarrollada por el Programa Global sobre Soluciones Basadas en la Naturaleza del Banco Mundial (GPNBS, por sus siglas en inglés), se analizaron las oportunidades para las SbN en siete ciudades de América Latina y el Caribe en las que entre el 38% y el 61% de la superficie total estaba construida, con una cobertura arbórea actual que oscila entre el 16% y el 49%. El análisis mostró que los corredores verdes en zonas densamente pobladas brindarían los mayores beneficios de enfriamiento, con el potencial de reducir los efectos ICU locales en un 29% en las siete ciudades.

Las mejoras en el diseño y la forma urbana pueden ser más difíciles de aplicar, pero pueden afectar significativamente la intensidad del efecto ICU. Hacer las ciudades más compactas y conectadas, con usos mixtos, desarrollo vertical y uso estratégico y eficiente del suelo, puede mitigar el calor urbano. La forma compacta le permite a la gente caminar o utilizar el transporte público en lugar de conducir, reduciendo así la congestión y el calor y la contaminación de los vehículos. También libera terrenos que pueden convertirse en parques, corredores peatonales arbolados y otros espacios frescos.

Por ejemplo, el proyecto Barrios Vitales de Bogotá está reutilizando estratégicamente el espacio antes asignado a los carros para hacer los barrios más dinámicos, accesibles y aptos para los peatones. Al mejorar el acceso a las zonas verdes e integrar la vegetación en el entorno construido, también se está reduciendo el riesgo de sobrecalentamiento de las zonas afectadas.

Las estrategias de diseño urbano eficaz pueden reducir significativamente el calor urbano, incluso en zonas densamente urbanizadas. Estas estrategias incluyen la creación de **corredores de ventilación** mediante la alineación de las calles principales en paralelo a los vientos dominantes, la disposición de los edificios más altos en la dirección del viento y la garantía de que el aire fresco pueda fluir desde los cuerpos de agua cercanos (Figura O-7). El diseño también puede maximizar la sombra durante las horas más calientes, teniendo en cuenta los ángulos del sol.

FIGURA O-7. DISEÑO DE LAS CALLES PARA MEJORAR LA VENTILACIÓN, REFRESCAR LA TEMPERATURA Y REDUCIR LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA



Fuente: Roberts et al. (2023), basado en Hong Kong SAR (2015).

El informe también examina una serie de **estrategias de diseño para el “enfriamiento pasivo” de viviendas y otros edificios**, con el fin de mejorar el confort térmico, minimizando la necesidad de aire acondicionado:



→ **Orientación del sitio** que tenga en cuenta la dirección de los vientos dominantes, así como los ángulos del sol, para mejorar la circulación del aire y reducir la exposición directa al sol durante las horas más calientes;



→ **Ventilación natural**, conseguida mediante una orientación óptima del sitio, grandes ventanales, techos altos y ductos en el techo para que el aire caliente suba y salga al exterior



→ Sombra mediante voladizos y toldos, así como espacios semiexteriores, como porches y balcones;



→ **Techos fríos**, evitando materiales pesados que absorben y retienen el calor, y utilizando revestimientos reflectivos (o incluso simplemente pintados de blanco en lugar de marrón, como es habitual en la región); los **techos verdes** cubiertos de plantas también son una opción, aunque más costosa y difícil de construir y mantener.

Cada vez hay más evidencia de que estas estrategias hacen muy poca diferencia en los costos iniciales y reducen significativamente los costos energéticos para los ocupantes, mientras que aumentan considerablemente la eficiencia energética de los edificios. Para los legisladores es crucial reconocer que la adopción a gran escala de enfoques de enfriamiento pasivo suele estar impulsada por los **códigos de construcción**. Las normativas de construcción ecológica son cada vez más comunes en Norteamérica y Europa, pero siguen siendo poco frecuentes en América Latina y el Caribe. La aplicación de los códigos existentes también es limitada, y una gran parte de la construcción es informal y no sigue códigos o normas.

Los gobiernos también deben invertir en la **adaptación de los sistemas de transporte público** al calor extremo, para garantizar que no se interrumpa el servicio, que los vehículos y las estaciones estén adecuadamente refrigerados y que los paraderos de buses tengan sombra. También es necesario **mejorar la infraestructura vial** para que resista al calor extremo. Al mismo tiempo, es crucial **garantizar que los desplazamientos a pie sean seguros y cómodos**.

También son cruciales las **inversiones en infraestructura energética**, por ejemplo, para aumentar la capacidad de generación de energía solar y eólica con el fin de reducir la dependencia de la energía hidroeléctrica y aumentar la resiliencia térmica de la red eléctrica. Asimismo, es fundamental **promover la eficiencia energética**, sobre todo a medida que aumenta la demanda de enfriamiento. La divulgación pública y las normas mínimas de eficiencia energética (MEPS, por sus siglas en inglés) son fundamentales.



PERSONAS: PROTEGER LA SALUD Y EL BIENESTAR HUMANO

Mucho se sabe sobre las causas de las muertes y enfermedades relacionadas con el calor, quiénes son los más vulnerables y cómo evitarlas, por ejemplo, protegiéndose del sol, tomando agua y evitando el esfuerzo físico. Esto significa que una parte crucial de la solución es establecer sistemas para advertir al público y movilizar respuestas de emergencia según sea necesario.

Ese es el objetivo de los **sistemas de alerta temprana de calor** (SAT). Estos utilizan las previsiones meteorológicas para emitir avisos de salud pública y abrir centros públicos de enfriamiento. La experiencia mundial con los sistemas de alerta temprana de calor es aún bastante reciente, pero han demostrado ser tan eficaces que, según estimaciones de la ONU, la ampliación de estos sistemas en solo 57 países podría salvar más de 98.000 vidas al año. Un estudio del Banco Mundial en ciudades indias concluyó que los sistemas de alerta del calor, los cuales se pueden implementar a un bajo costo, tienen una relación costo-beneficio de 50:1.

Puede que las ciudades no necesiten un sistema específico de alerta temprana de calor: también pueden integrar el calor en los sistemas de alerta temprana de múltiples peligros (MHEWS, por sus siglas en inglés) nuevos o ya existentes, que alertan a la población de cualquier tipo de evento, desde tormentas hasta incendios forestales. Los MHEWS son herramientas indispensables para gestionar riesgos complejos e interconectados. También permiten a las autoridades emitir alertas coordinadas para garantizar que las comunidades y los equipos de emergencia estén preparados ante peligros superpuestos o en efecto dominó.

Aunque tradicionalmente los sistemas de alerta se han centrado en peligros específicos, cada vez es mayor la tendencia hacia las **alertas basadas en el impacto**. Esto significa, por ejemplo, analizar los riesgos potenciales para la salud humana, la seguridad de los trabajadores y los sistemas y servicios de infraestructura, y comunicarlos al público y a las instituciones pertinentes.

Los gobiernos también están intensificando sus esfuerzos para proteger a los trabajadores mediante **normativas de salud y seguridad en el trabajo** y capacitación tanto para empleadores como para trabajadores. La OIT ha brindado recomendaciones detalladas sobre cómo reducir el estrés térmico en el trabajo, limitando el esfuerzo físico durante las horas más calientes, garantizando que los trabajadores tengan tiempo para refrescarse y rehidratarse, y reduciendo las temperaturas en los lugares de trabajo. Varios países, entre ellos Brasil y Costa Rica, han adoptado normativas y programas de divulgación que pueden servir de modelo.

Dado el gran impacto del calor extremo sobre los medios de subsistencia de los trabajadores, es probable que los gobiernos quieran **mejorar la protección social** para brindar apoyo específico a las personas y a las comunidades afectadas por eventos de calor extremo. Los programas pueden incluir transferencias monetarias directas, subsidios y esquemas de seguros que activen los pagos cuando se alcancen determinados umbrales de temperatura.

Muchos países de la región ya cuentan con sistemas sólidos de protección social e incluso han utilizado sistemas de **protección social adaptativa** (PSA) para prestar ayuda rápidamente tras catástrofes y durante la pandemia de Covid-19. Sin embargo, a pesar de los avances en los últimos años, siguen existiendo importantes brechas, tanto en los sistemas subyacentes como en la financiación, los sistemas de datos e información y los acuerdos institucionales necesarios para desplegar PSA exitosamente. Los **instrumentos innovadores de microseguros** ofrecen otra opción potencialmente más viable para los gobiernos con recursos limitados. En la India, por ejemplo, se puso en marcha un plan de microseguros contra el calor extremo para 50.000 trabajadoras independientes, que realizaba pagos automáticos cuando se registraban olas de calor.



INSTITUCIONES: INTEGRAR EL ENFOQUE DE CALOR EN LAS ESTRATEGIAS, LOS PRESUPUESTOS Y LAS OPERACIONES

Los gobiernos de toda la región reconocen cada vez más que el calor extremo es una amenaza grave que requiere respuestas integrales y sistémicas. Para ello es necesario integrar la resiliencia al calor en las estrategias, operaciones y presupuestos de las ciudades, así como en los sistemas nacionales que las apoyan. Los planes de acción contra el calor brindan una estrategia global para lograrlo, estableciendo una serie de estrategias adaptadas a las necesidades locales e identificando los recursos necesarios y los organismos clave. Muchas ciudades también están creando nuevos mandatos institucionales en materia de resiliencia al calor, desde comités de investigación hasta grupos de trabajo, pasando por la figura del Líder en la acción climática contra el calor extremo (en inglés, *Chief Heat Officer*).

Se ha demostrado que los planes de acción contra el calor reducen significativamente las enfermedades y muertes relacionadas con el calor, protegen a las poblaciones vulnerables y mantienen la continuidad de los servicios esenciales. Igualmente, ofrecen un vehículo para la acción coordinada de todos los organismos gubernamentales, con objetivos, metas e indicadores de desempeño con plazos concretos, y ayudan a justificar la asignación de fondos.

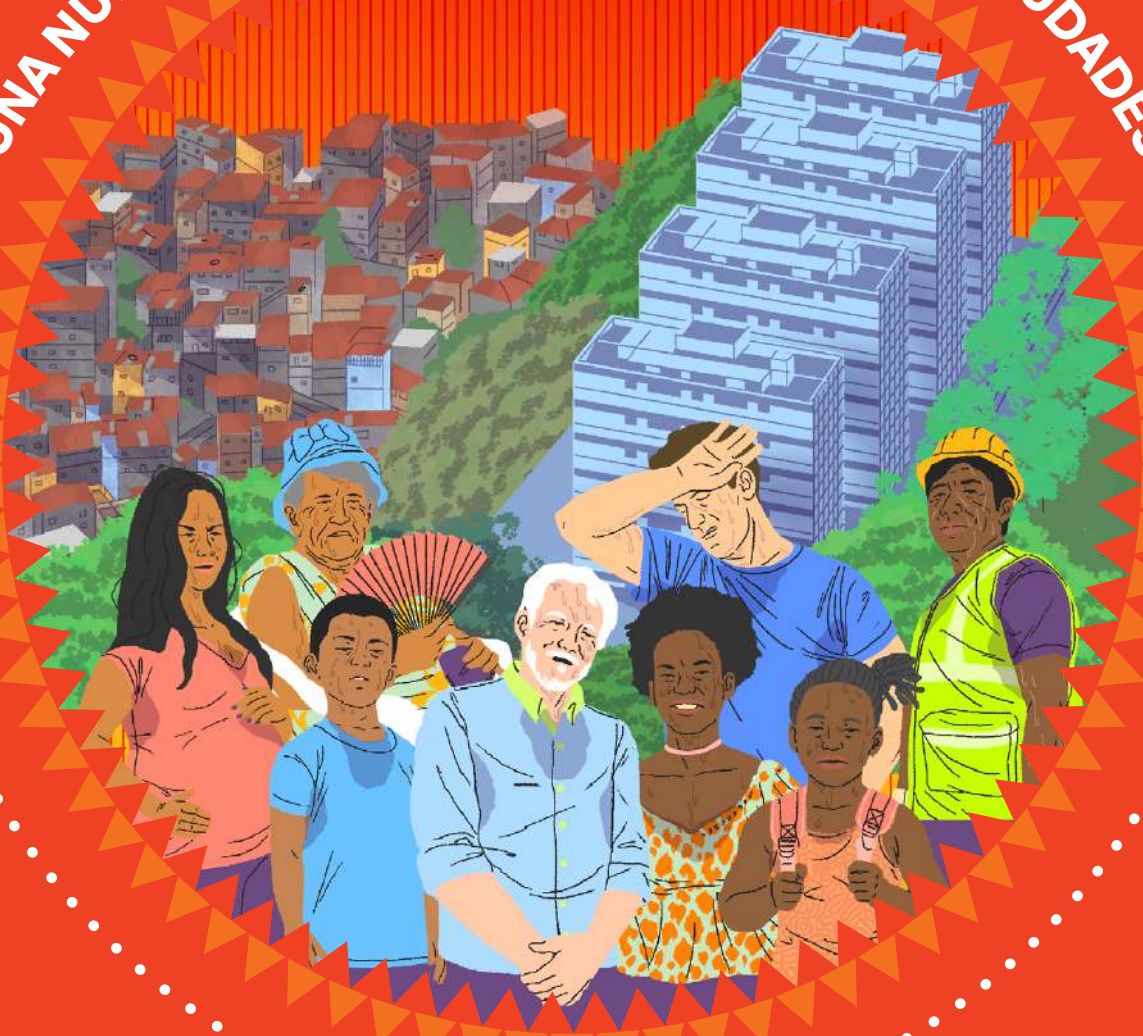
Aunque los planes de acción contra el calor siguen siendo un concepto bastante nuevo para la mayoría de las ciudades, existen importantes recursos para ayudar a los líderes municipales a desarrollarlos, con ejemplos y lecciones de todo el mundo. Un plan bien elaborado debe incorporar acciones a corto plazo, la implementación de sistemas de alerta temprana, cruciales para salvar vidas, estrategias a largo plazo para hacer frente al efecto ICU, y el reverdecimiento urbano y la mejora en la infraestructura.

Otra característica de los planes de acción eficaces contra el calor es la atención especial a las poblaciones vulnerables, incluyendo los niños, los adultos mayores, las personas que carecen de una vivienda adecuada (como quienes viven en asentamientos informales) y otras personas que corren un riesgo especialmente alto, con medidas específicas para apoyarlas.

CAPÍTULO

1

UNA NUEVA REALIDAD CLIMÁTICA PARA LAS CIUDADES



Maracaibo siempre ha sido una ciudad sofocante, con temperaturas máximas diarias que rondaban los 34 °C en promedio entre 1986 y 2015.¹ Sin embargo, la temperatura ha subido tanto que ahora es habitual que la ciudad venezolana parezca estar a 40-50 °C a causa del calor y la humedad. La gente sabe que debe tomar agua, y se utiliza mucho el aire acondicionado, al menos cuando no hay cortes de electricidad. “Es implacable”, dicen, “insoportable”.²

Ciudad de México se ubica en un altiplano e históricamente ha disfrutado de un clima mucho más clemente, con temperaturas máximas diarias que rara vez superaban los 30 °C antes de finales de la década de 1990.³ Sin embargo, los meses más calientes han sido cada vez más calientes, y las olas de calor de abril y mayo de 2024 trajeron 6 de los 15 días más calientes de la historia de la ciudad, batiendo récords en cuatro ocasiones hasta alcanzar los 34,7 °C el 25 de mayo de 2024.

En 2024 también se batieron récords de calor en Argentina, durante una prolongada ola de calor en enero y febrero que causó de 6 a 12 días de calor sofocante a ciudades desde Buenos Aires a Córdoba, pasando por Santiago del Estero, en el norte, donde un cuarto de millón de personas soportaron una temperatura máxima récord de 45,7 °C.⁴

América Latina y el Caribe se extienden a lo largo de la línea ecuatorial, pero la topografía y las decisiones estratégicas tomadas primero por los pueblos indígenas y luego por los colonizadores españoles y portugueses han permitido históricamente que la mayoría de los habitantes de la región puedan vivir libres del calor extremo. Al igual que Ciudad de México, Bogotá, Quito y, sobre todo, La Paz, se encuentran a gran altitud. Ciudad de Panamá, Santo Domingo, Kingston, La Habana, Caracas, Montevideo y Lima están en la costa y se benefician de la brisa marina.

A su vez, los climas favorables contribuyeron al crecimiento de la población. En la actualidad, según los análisis realizados para este informe, la población combinada de las ciudades de climas cálidos, templados y fríos de América Latina y el Caribe es de unos 147 millones, mientras que solo unos 109 millones (aproximadamente el 43%) viven en ciudades calientes y tropicales (ver la Figura 1.9 en la sección 1.3). Pero la región es cada vez más caliente, y las ciudades lo notan con mayor intensidad.

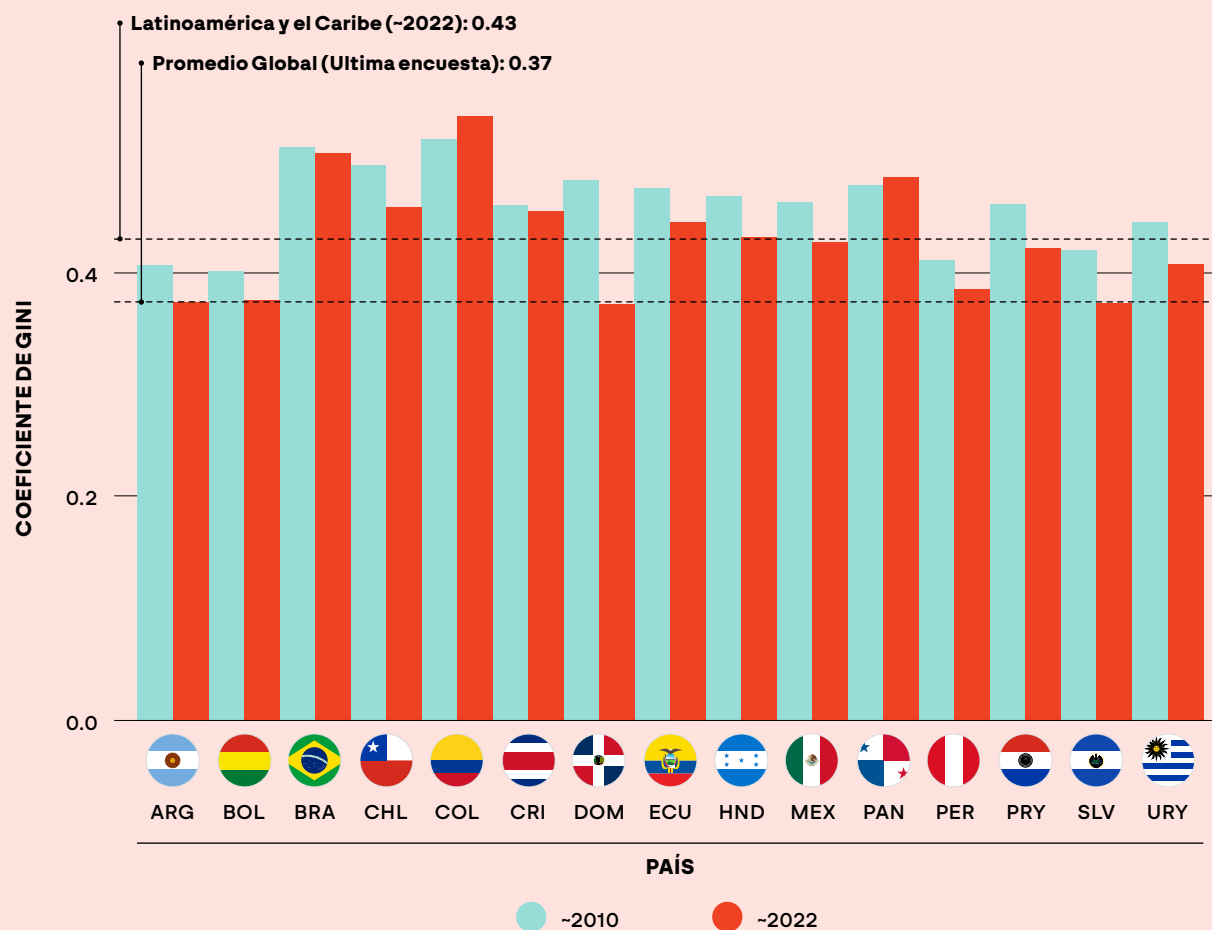
Este informe examina por qué los días calientes y las olas de calor sean cada vez más frecuentes en las zonas urbanas de América Latina y el Caribe, cuánto puede empeorar la situación en las próximas décadas, las implicaciones para la infraestructura urbana y para la salud, el bienestar y la prosperidad de las personas, y qué pueden hacer los líderes en las ciudades y los gobiernos nacionales al respecto.

Es especialmente crucial que las ciudades en América Latina y el Caribe comprendan las amenazas que representa el calor, ya que más del 80% de la población vive en zonas urbanas, más que en cualquier otra región del mundo excepto Norteamérica.⁵ El calor también afecta de manera desproporcionada a las personas mayores, y esta región está envejeciendo más rápido que la mayor parte del mundo. En 2022, el 13,4% de la población

—cerca de 90 millones de personas— tenía más de 60 años, y para 2050 se prevé que la proporción aumente hasta el 25%, es decir, 193 millones.⁶

Los grupos marginados y de bajos ingresos también se ven especialmente afectados por el calor, ya que a menudo viven en viviendas inadecuadas y es más probable que tengan medios de vida que los expongan al estrés térmico.⁷ A pesar de los avances en la reducción de la pobreza, alrededor de 172 millones de personas en la región vivían en la pobreza en 2023, y 66 millones vivían en la pobreza extrema.⁸ Aunque las ciudades ofrecen más oportunidades de prosperidad que las zonas rurales, la tasa de pobreza urbana sigue siendo elevada: 24,5% en 2023, y 38,1% de niños de hasta 14 años.⁹ Casi la mitad de los trabajadores tenían un empleo informal en 2022, sin las prestaciones y protecciones legales de los empleos formales.¹⁰ Los países de la región también presentan niveles muy elevados de desigualdad de ingresos, con puntuaciones promedio de 0,452 en el índice de Gini de 15 países con datos de ~2022.¹¹ La Figura 1.1 muestra la elevada desigualdad urbana en toda la región.

FIGURA 1.1. ÍNDICE DE GINI PARA POBLACIONES URBANAS EN CIUDADES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, ALREDEDOR DE 2010 Y 2022.



Fuente: Encuestas de la Global Monitoring Database del Banco Mundial, de Datalibweb.

Nota: Abreviaturas de los países: ARG=Argentina, BRA=Brasil, BOL=Bolivia, CHL=Chile, COL=Colombia, CRI=Costa Rica, DOM=República Dominicana, ECU=Ecuador, HND=Honduras, MEX=México, PAN=Panamá, PER=Perú, PRY=Paraguay, SLV=El Salvador, URY=Uruguay. Un índice de Gini de 0 indicaría una igualdad perfecta, mientras que 1 indicaría que toda la riqueza está concentrada en una sola persona.

El resto de esta sección se centra en cuantificar la amenaza del calor, basándose en las tendencias de la temperatura en las últimas décadas y en las proyecciones climáticas para 2040-2059 y 2080-2099. Sin embargo, el cambio climático es solo una parte del problema. Las ciudades también se calientan porque están muy urbanizadas, con grandes extensiones con poca o ninguna vegetación, y siguen invadiendo las tierras de cultivo y los paisajes naturales circundantes. La sección 2 examina la forma como se manifiesta el efecto isla de calor urbano (ICU) en la región y cómo interactúa con la vulnerabilidad social para crear profundas desigualdades térmicas. La sección 3 examina la manera como el calor interactúa con tres sistemas de infraestructura clave: las edificaciones, incluyendo las viviendas, las redes eléctricas y los sistemas de transporte.

La sección 4 se centra en el costo humano del aumento del calor en América Latina y el Caribe, ya sea para la salud y la mortalidad, la educación y los medios de subsistencia —especialmente los que implican trabajo físico— y analiza algunas de las medidas que los países de la región están adoptando para mitigar estos impactos, y qué más podrían hacer. A continuación se examinan las implicaciones del aumento del calor para la productividad urbana, teniendo en cuenta que las ciudades generan una parte muy importante de la producción económica de la región. La sección 5 concluye con un análisis de como las ciudades pueden salvar vidas mediante una mejor preparación y gestión de los riesgos del calor, cómo los cambios en la forma urbana, incluyendo la adición de espacios verdes y diversas soluciones basadas en la naturaleza podrían ayudar a reducir la exposición al calor, y cómo las medidas y los programas políticos clave pueden ayudar a proteger a las poblaciones más vulnerables en un clima cada vez más cálido.

Antes de entrar de lleno en el análisis, conviene comprender los términos clave que se utilizarán a lo largo de este informe y, en concreto, la manera como se utilizan aquí. El Cuadro 1.1 ofrece un resumen.

CUADRO 1.1

¿CUÁNTO CALOR ES DEMASIADO CALOR? DEFINICIÓN DE ESTRÉS TÉRMICO Y OLAS DE CALOR

En gran medida, “calor” es un término relativo. Un día de 35 °C en Ciudad de Panamá es caliente, aunque no inusual, pero en el fresco ambiente montañoso de La Paz, Bolivia, sería intensamente alarmante. También sería mucho más difícil de soportar para la gente, ya que el cuerpo humano se adapta al clima local, mientras que los estilos de vestir, las rutinas diarias y el diseño de las viviendas también difieren según las zonas climáticas.

Esto significa que la respuesta a la pregunta “¿Cuánto calor es demasiado calor?”, no suele ser sencilla. Sin embargo, a efectos prácticos —por ejemplo, para saber cuándo emitir alertas de calor extremo o cuándo limitar la actividad física intensa— es importante comprender los términos clave y sus definiciones cuantitativas.



ESTRÉS TÉRMICO:

El estrés térmico se refiere a las condiciones ambientales que dificultan que el cuerpo humano mantenga una temperatura corporal central segura (alrededor de 37 °C), provocando un esfuerzo térmico y, si la temperatura central supera los 40 °C, un golpe de calor. Ambas condiciones pueden ser mortales, sobre todo para las personas con problemas de salud preexistentes (ver la Sección 4.1).



MÉTRICAS DE CALOR:

A la hora de explicar y comunicar los riesgos del calor extremo, existe un equilibrio entre los parámetros que son fáciles de medir y comprender y los que brindan una base científica más sólida para la toma de decisiones, siendo la temperatura del aire el más sencillo y utilizado. Para informarle al público la forma como la humedad contribuye al estrés térmico, los meteorólogos suelen informar de las medidas de “sensación térmica” (temperatura aparente), como el índice de calor, que tiene en cuenta tanto el calor como la humedad. *Este informe utiliza la temperatura de globo y bulbo húmedo (WBGT) para medir el estrés térmico.*¹² Esta medida tiene en cuenta la temperatura del aire, la velocidad del viento, la humedad y la radiación solar y de las superficies cercanas. Es ampliamente utilizada por los científicos y para regular la seguridad en los lugares de trabajo y en los eventos deportivos



DÍAS CALIENTES:

Al reconocer el papel clave de la aclimatación, este estudio utiliza una definición relativa de “días calientes”: días con temperaturas máximas del aire iguales o superiores al percentil 95 para esa localidad durante un periodo histórico de referencia. Este informe también presenta un análisis de qué tanto se supera un umbral de temperatura específico, por ejemplo, 35 °C, en cada lugar.



OLAS DE CALOR:

Una ola de calor es un periodo de varios días de calor excesivo. En consonancia con la definición de días calientes, este informe utiliza una definición relativa de “ola de calor”: un conjunto de al menos tres días consecutivos en los que las temperaturas superan el percentil 90 de las máximas diarias durante un periodo de referencia histórico para un lugar determinado. La gravedad de las olas de calor se mide diariamente con el Índice de Magnitud de Olas de Calor, que combina la duración y la intensidad en relación con las temperaturas promedio en la época del año en que se produce una ola de calor.¹³



CALOR EXTREMO:

Aunque las personas pueden adaptarse a temperaturas más altas, los estudios clínicos han establecido que hay ciertos niveles de estrés térmico que incluso los adultos jóvenes en forma no pueden soportar durante periodos prolongados. Para muchas personas vulnerables debido a su edad, salud u otros factores, el umbral de seguridad será más bajo. Lo mismo ocurre cuando las personas hacen ejercicio o trabajo físico, ya que el esfuerzo físico también produce calor (ver la Sección 5.2.2). En este informe se define un día de “calor extremo” como aquel en el que el estrés térmico supera los 30,5 °C en la WBGT.

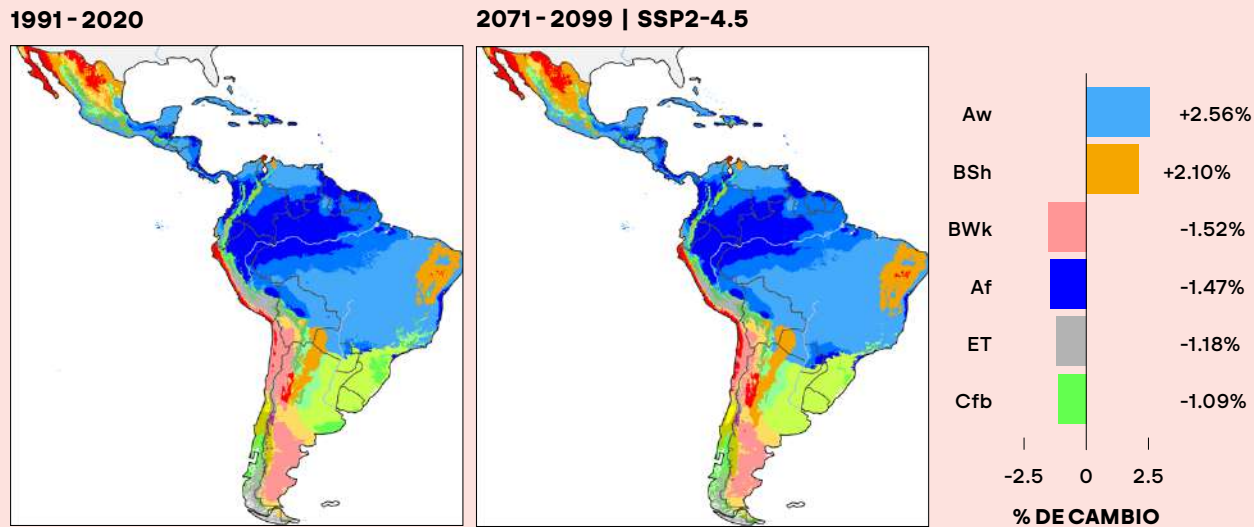
1.1 LAS ZONAS DE CLIMA TROPICAL Y CALIENTE ESTÁN EN EXPANSIÓN

Abarcando ambos hemisferios, América Latina y el Caribe es una región extraordinariamente diversa. Se extiende desde unos 30° al norte, en la frontera norte de México, hasta 55° al sur, en el extremo sur de Tierra de Fuego. Abarca alrededor del 70% de los tipos de zonas climáticas de la clasificación de Köppen-Geiger: desde los climas tropicales de Centroamérica, las islas del Caribe y el noreste de Brasil (que van desde la selva tropical hasta la sabana), pasando por una mezcla de climas secos y templados en franjas de Argentina, Uruguay, el sur de Brasil y gran parte de Chile, hasta los climas fríos y polares de los altos Andes y el extremo sur.

Estos regímenes climáticos han contribuido a configurar las actividades económicas y la vida cotidiana en las ciudades de la región. Algunas de estas ciudades son calientes todo el año, como Manaus (Brasil), Ciudad de Panamá (Panamá), Caracas (Venezuela) y San Pedro Sula (Honduras), donde las temperaturas diarias en los meses más calientes superan a menudo los 30 °C. En el resto de Latinoamérica, el clima es más fresco. La elevada altitud de Quito y Bogotá contribuye a que las temperaturas sean más clementes y las tasas de enfriamiento nocturno sean altas. Las temperaturas máximas diarias en los meses más cálidos rondan los 20 °C en promedio, con un enfriamiento nocturno considerable. La mayor parte de la Cuenca de La Plata —el mayor conglomerado urbano e industrial de América Latina, incluyendo las ciudades de São Paulo, Buenos Aires y Montevideo— también tiene climas templados.

La Figura 1.2 presenta mapas codificados por colores que muestran la distribución de las zonas climáticas de Köppen-Geiger en América Latina y el Caribe en 1991-2020. Para tener una perspectiva general de lo que nos espera con el cambio climático —sin tener en cuenta todavía el efecto ICU en las ciudades—, esos mapas se yuxtaponen con proyecciones de la distribución futura de las zonas climáticas en un escenario climático “intermedio” (SSP2-4.5).¹⁴ Para 2071-2099, se prevé que las zonas de sabana tropical y estepa cálida semiárida sean las que más aumenten, un 2,6% y un 2,1% respectivamente. Por su parte, los desiertos áridos fríos, la selva tropical, la tundra polar y los climas templados con veranos cálidos y sin estaciones secas disminuirán en extensión geográfica entre un 1,1 y un 1,5%. Una parte significativa del altiplano central mexicano podría pasar de climas fríos a cálidos semiáridos, partes de la Cuenca de La Plata podrían pasar de climas templados a tropicales, y las regiones semiáridas y esteparias de las costas chilena y brasileña podrían convertirse en desiertos

FIGURA 1.2 ZONAS CLIMÁTICAS ACTUALES Y PROYECTADAS PARA FINALES DE SIGLO EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE



ZONAS KÖPPEN-GEIGER

- Af: Tropical, selva tropical
- Cfc: Templado, no hay estación seca, verano frío
- Am: Tropical, monzón
- Dsa: Frío, verano seco, verano caluroso
- Aw: Tropical, sabana
- Dsb: Frío, verano seco, verano cálido
- BWh: Árido, desierto, calor
- Dsc: Frío, verano seco, verano frío
- BWk: Árido, desierto, frío
- Dsd: Frío, verano seco, invierno muy frío
- BSh: Árido, estepa, calor
- Dwa: Frío, invierno seco, verano caluroso
- BSk: Árido, estepa, frío
- Dwb: Frío, invierno seco, verano cálido
- Csa: Templado, verano seco, verano caluroso
- Dwc: Frío, invierno seco, verano frío
- Csb: Templado, verano seco, verano cálido
- Dwd: Frío, invierno seco, invierno muy frío
- Csc: Templado, verano seco, verano frío
- Dfa: Frío, no hay estación seca, verano caluroso
- Cwa: Templado, invierno seco, verano caluroso
- Dfb: Frío, no hay estación seca, verano cálido
- Cwb: Templado, invierno seco, verano cálido
- Dfc: Frío, no hay estación seca, verano frío
- Cwc: Templado, invierno seco, verano frío
- Dfd: Frío, no hay estación seca, invierno muy frío
- Cfa: Templado, no hay estación seca, verano caluroso
- ET: Polar, tundra
- Cfb: Templado, no hay estación seca, verano cálido
- EF: Polar, helada

Fuente: Beck et al. (2023),¹⁵ con análisis complementarios del equipo del Banco Mundial.

Nota: Las zonas climáticas presentadas anteriormente se basan en el esquema de clasificación de Köppen-Geiger, que no tiene en cuenta la latitud, sino que categoriza las zonas en función de los patrones anuales de temperatura y precipitaciones. El panel derecho muestra el cambio porcentual previsto de Köppen-Geiger en la superficie terrestre para las clases en las que el cambio porcentual previsto supera el 1%.

R

1

UNA NUEVA REALIDAD CLIMÁTICA PARA LAS CIUDADES

2

3

4

5

A

In

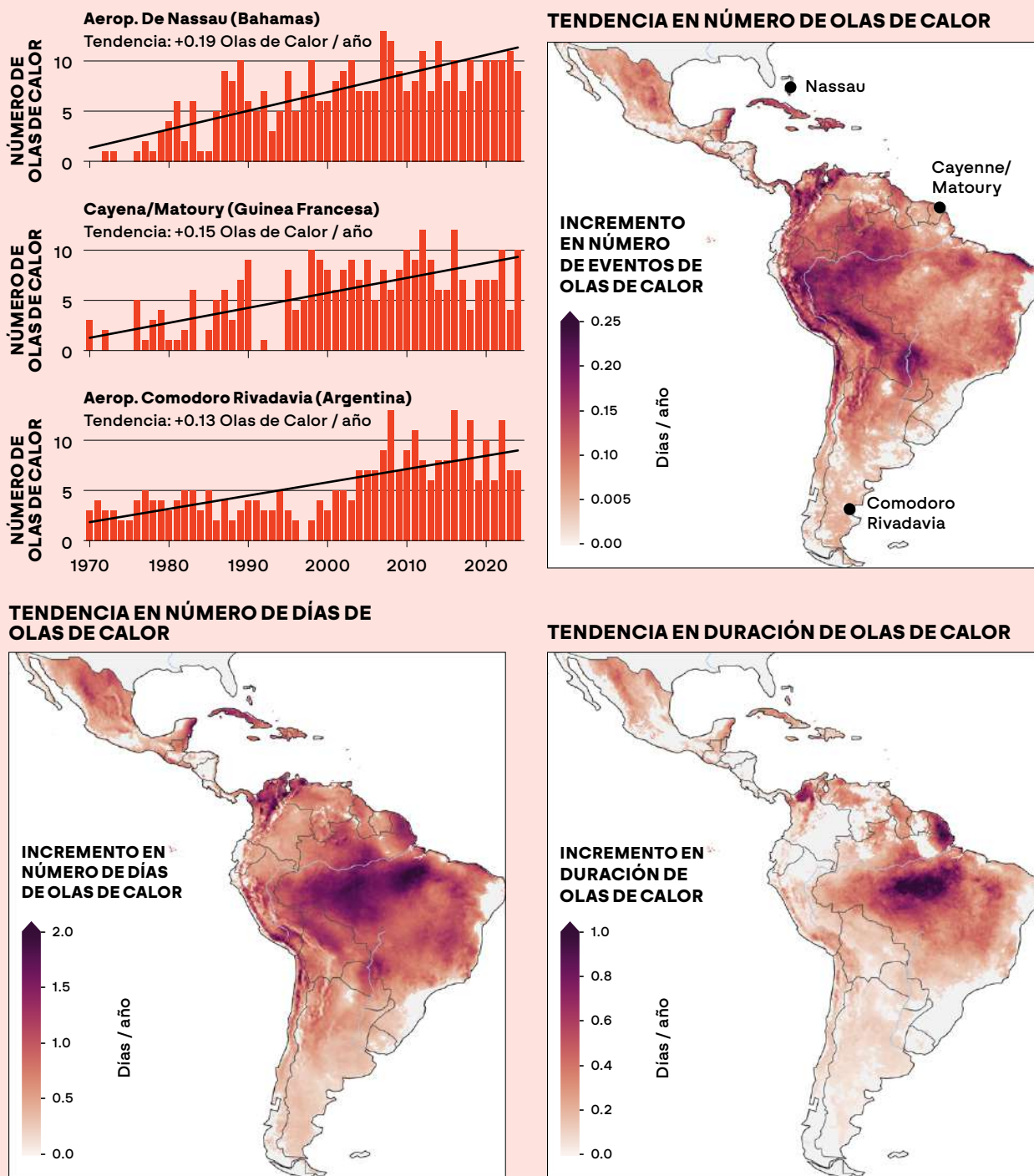
1.2 EL NÚMERO Y LA INTENSIDAD DE LAS OLAS DE CALOR ESTÁN AUMENTANDO

Los expertos que investigan el clima urbano suelen desglosar las temperaturas locales en tres componentes principales: (1) el clima regional, que es el clima típico de la zona circundante; (2) el efecto urbano, que muestra la manera como el entorno de la ciudad altera el clima; y (3) el efecto local, que incluye la influencia de la altitud, el terreno y otras características únicas de un lugar específico. El cambio climático ha ido elevando las temperaturas en América Latina y el Caribe, y el efecto ICU ha seguido dificultando el enfriamiento de las ciudades.

La temperatura promedio del aire sobre la superficie terrestre de la región ha aumentado aproximadamente 1,5 °C desde la era preindustrial, con efectos regionales específicos que han sido determinados por la geografía y los sistemas climáticos locales.¹⁶ Estos impactos localizados varían significativamente, lo que refleja la diversidad de los ecosistemas, las altitudes y la proximidad a los océanos de la región. Paralelamente, el crecimiento urbano en América Latina y el Caribe durante los últimos 50 años trajo consigo rápidos cambios en el paisaje que alteraron los procesos climáticos locales. En 1960, la región ya iba por delante de las tendencias mundiales de urbanización, con más del 49% de la población viviendo en zonas urbanas; en 1995, el porcentaje era del 73%, y se calcula que en 2025 será del 82%.¹⁷

Para medir el impacto de estos procesos en la región, se analizaron los datos de las estaciones meteorológicas locales de algunas ciudades de América Latina y el Caribe.¹⁸ Los resultados muestran que las olas de calor son cada vez más frecuentes y de mayor duración, y representan una mayor proporción de días por año. Desde la década de 1970, el número promedio de olas de calor por año ha aumentado entre 1,1 y 2,0 por década. En particular, la cuenca amazónica, la costa norte de Brasil y las islas de Cuba y La Española han experimentado tendencias especialmente pronunciadas (Figura 1.3, panel superior derecho). Con cada década, el número de días de ola de calor ha aumentado entre 6 y 20 días en las subregiones de América Latina y el Caribe, mientras que la ola de calor anual más larga se ha prolongado hasta seis días por década (Figura 1.3, paneles inferior izquierdo e inferior derecho).

FIGURA 1.3. TENDENCIAS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS OLAS DE CALOR DESDE LA DÉCADA DE 1970.



Fuente: Análisis del equipo del Banco Mundial basado en los datos de temperatura máxima diaria de observaciones de la OMM y ERA5- Land Reanalysis (Muñoz-Sabater et al., 2021).¹⁹

Nota: El panel superior izquierdo presenta la tendencia del número anual de olas de calor en lugares seleccionados, según las mediciones de las estaciones meteorológicas de la OMM. Las tendencias en la ocurrencia de olas de calor en estas estaciones meteorológicas (ubicadas en el Aeropuerto de Nassau en las Bahamas, Cayena/Matoury en la Guayana Francesa, y el Aeropuerto de Comodoro Rivadavia en Argentina, respectivamente) tienen todas tendencias positivas estadísticamente significativas (valor $p < 0,05$). Los paneles del mapa muestran las tendencias de las olas de calor basadas en un conjunto de datos de reanálisis climático global (ERA5-Land). En el sentido de las manecillas del reloj, desde la parte superior derecha, los paneles representan las tendencias en el número de olas de calor anuales, el número total de días de ola de calor al año, y la duración (en días) del episodio anual más largo. Las zonas con tendencias no significativas aparecen en blanco. Las olas de calor se definen como episodios de varios días de duración de al menos tres días consecutivos con temperaturas máximas diarias superiores al percentil 90 del promedio histórico de 1970-2000

R

1

UNA NUEVA REALIDAD CLIMÁTICA PARA LAS CIUDADES

2

3

4

5

A

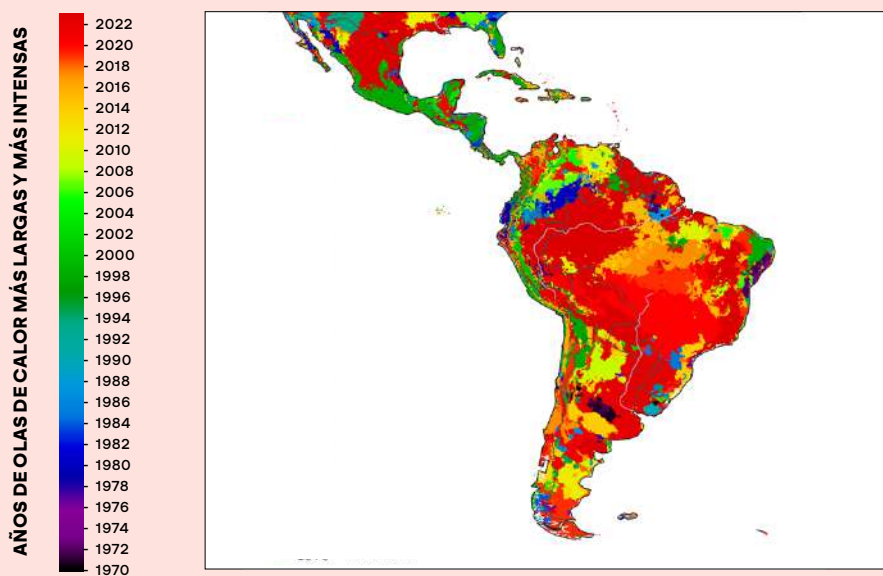
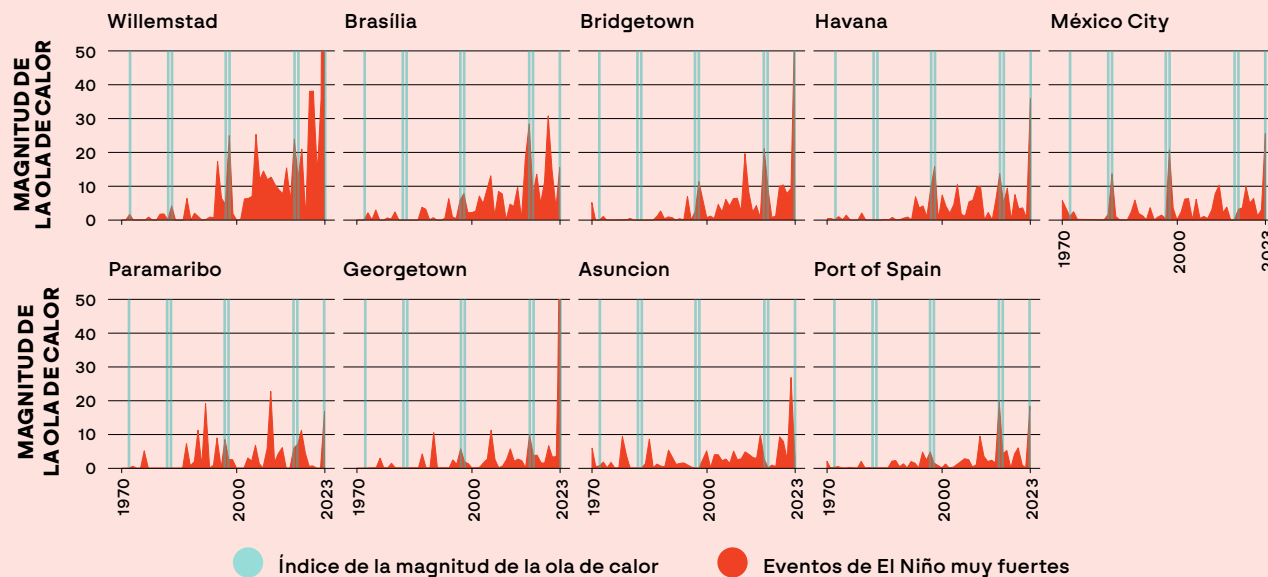
In

Para obtener una perspectiva adicional, se evaluó el historial de olas de calor de la región desde 1970 utilizando el Índice de Magnitud de Olas de Calor diario (HWMId, por sus siglas en inglés).²⁰ Como se muestra en la Figura 1.4, en una muestra diversa de ciudades de las distintas subregiones del continente, es cada vez más frecuente que haya olas de calor más intensas y prolongadas. A menudo estas han coincidido con El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), un fenómeno climático cíclico en el que el calentamiento de partes del océano Pacífico desencadena un cambio en los patrones de circulación oceánica y atmosférica. Los fenómenos meteorológicos extremos, incluyendo las olas de calor intensas, son más frecuentes en los años de El Niño. El análisis muestra que gran parte del continente también ha sufrido las olas de calor más intensas registradas (desde 1970) en la última década (Figura 1.4, panel de abajo).



Photo: Bogotá, Colombia. Dominic Chavez/World Bank

FIGURA 1.4. MAGNITUD DE LA MAYOR OLA DE CALOR ANUAL EN CAPITALES SELECCIONADAS DESDE 1970 (ARRIBA) Y AÑO DE LA OLA DE CALOR MÁS LARGA E INTENSA EN CADA LUGAR (ABAJO).

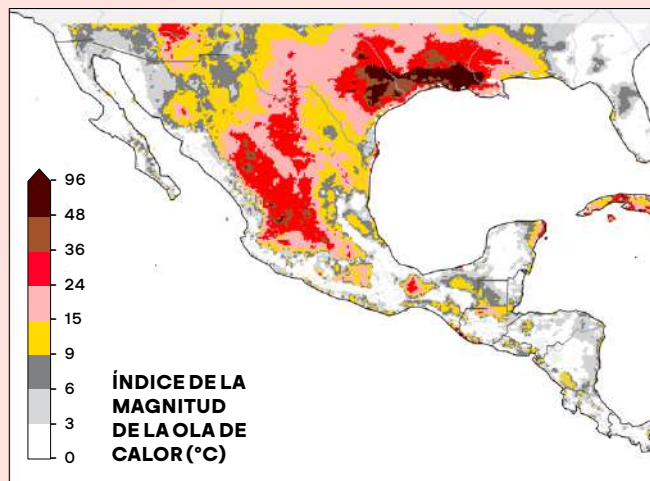


Fuente: Análisis del equipo del Banco Mundial a partir de datos de temperatura máxima diaria del ERA5-Land Reanalysis y del Índice Oceánico de El Niño mensual (Centro de Predicción Climática de la NOAA).

Nota: El Índice de Magnitud de Olas de Calor diario (HWMId)²¹ es una métrica única que combina la intensidad y la duración de la mayor ola de calor de un año. Una ola de calor se define como una secuencia de tres o más días en los que la temperatura máxima diaria está por encima de su percentil 90 por una ventana de 31 días consecutivos alrededor de este día durante el periodo de referencia 1970-1999. Su unidad es en grados Centígrados y presenta las diferencias de temperatura acumuladas por encima del percentil 90 para la ola de calor más fuerte de un año. Los años muy fuertes de El Niño se definen como años con un Índice Oceánico de El Niño mensual máximo ≥ 2 (1972, 1982-1983, 1997-1998, 2015-2016, 2023)

El HWMId se utilizó para mapear dos grandes olas de calor que afectaron a la región en 2023. La primera se extendió por México y el sur de Estados Unidos, y la segunda afectó a extensas regiones de Sudamérica, incluyendo gran parte de Brasil. La Figura 1.5 ilustra esta situación, combinando representaciones geográficas de la gravedad de las olas de calor con la cobertura de los medios de comunicación para brindar información sobre la forma como las poblaciones afectadas experimentaron y percibieron estos fenómenos.

FIGURA 1.5. MAPAS DE INTENSIDAD DE DOS OLAS DE CALOR DE 2023 (IZQUIERDA) Y COBERTURA DE LOS MEDIOS CONTEMPORÁNEOS.



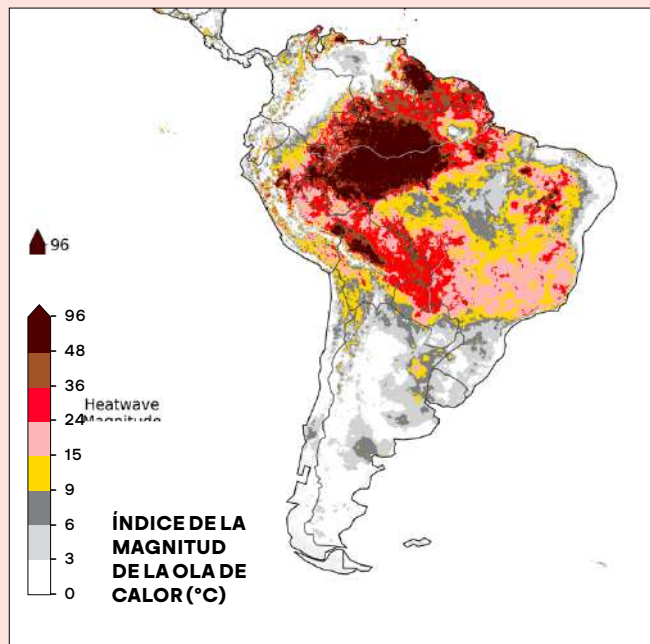
Autoridades dicen que la ola de calor ha dejado por los menos 100 muertos en México

CIUDAD DE MÉXICO - Por lo menos 100 personas han muerto en las últimas dos semanas en México por causas relacionadas con el calor, ya que las temperaturas se aproximaron a los 50 grados centígrados en algunas partes del país, según informó el jueves el Ministerio de Sanidad.

Las olas de calor de este mes, que se han prolongado durante tres semanas, han puesto a prueba la red energética con una demanda récord, han obligado a las autoridades a suspender las clases en algunas zonas y han dejado a muchos mexicanos sofocados.

Más de dos tercios de las muertes se produjeron en la semana del 18 al 24 de junio, y el resto la semana anterior, dijo el ministerio en un informe sobre temperaturas extremas. Durante el mismo periodo del año pasado sólo se registró una víctima mortal relacionada con el calor.

© Reuters. Junio 30, 2023



“Hasta Lucifer estaba usando un ventilador”: Brasil se cocina a medida que empieza la primavera con calor inclemente

La climatóloga Karina Bruno Lima declaró que la sucesión de temperaturas récord era inusual y «extremadamente preocupante». La ola de calor se produce después de una racha similar en agosto, poco después del mes más caluroso jamás registrado, durante el invierno austral.

© The Guardian, martes 26 de septiembre 17.48 CEST

Indígenas amazónicos piden a Brasil que declare la emergencia por la grave sequía.

La sequía y la ola de calor han matado a los peces de los ríos, mientras el grupo indígena Apiam afirma que los aldeanos no tienen agua, alimentos ni medicinas.

© The Guardian, Reuters in Manaus, martes 10 de octubre 2023 21.19 CEST

Fuente: Análisis del equipo del Banco Mundial utilizando ERA5-Land Reanalysis.²²

1.3 SE ESPERAN MÁS DÍAS CALIENTES, ESPECIALMENTE EN LAS CIUDADES YA CALIENTES

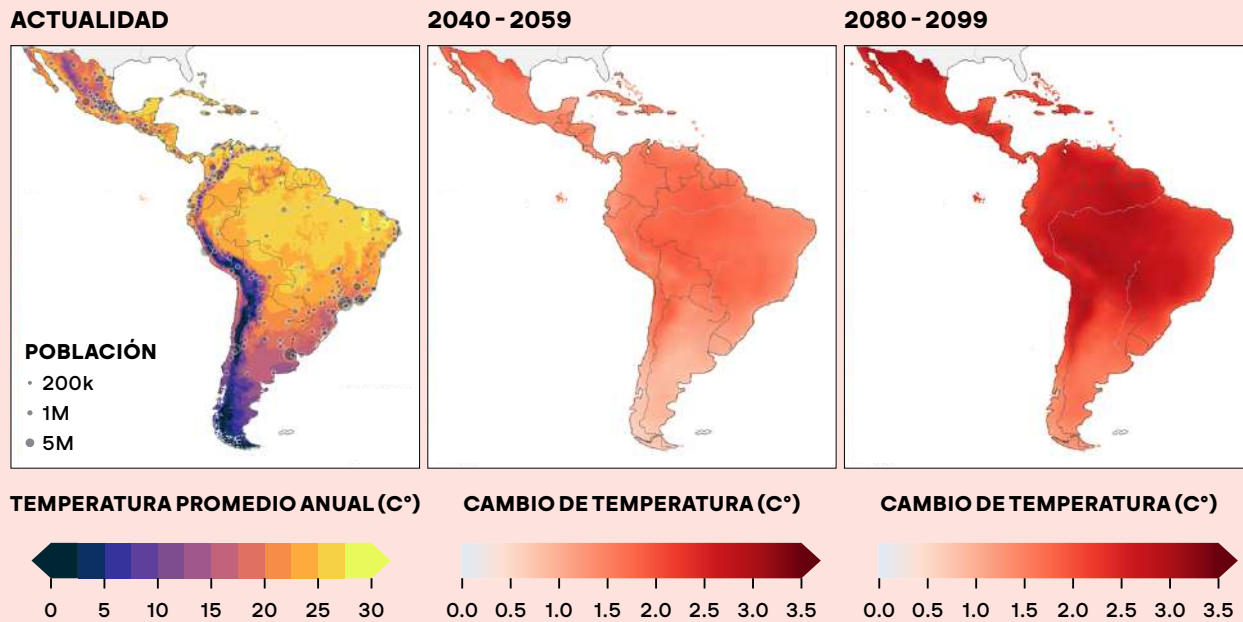
¿A cuánto estrés térmico peligroso estarán expuestas las personas que viven en las ciudades de América Latina y el Caribe a mediados de siglo y más a futuro? Esta sección y la siguiente presentan los resultados de ejercicios de modelación climática para determinar en qué medida las diferentes partes de la región pueden volverse más calientes y enfrentar una mayor frecuencia e intensidad de calor extremo y olas de calor.

El primer análisis se extiende hasta finales de siglo y se basa en modelos climáticos globales que simulan el sistema climático de la Tierra, y se utilizan para proyectar la evolución de las temperaturas en 2040-2059 y en 2080-2099, según el escenario SSP2-4.5

Un segundo análisis, presentado en la sección 1.4, se basa en un conjunto de datos existente creado por un equipo de CarbonPlan que incorpora el efecto Isla de Calor Urbano a la modelación climática (utilizando el escenario SSP2-4.5) para un periodo de referencia histórico (1985-2014), a corto plazo (2020-2039), y a mediano plazo (2040-2059).²³

A medida que aumenta la temperatura global, se prevé que América Latina y el Caribe también se vuelvan más calientes, aunque de forma desigual. Como se muestra en la Figura 1.6, para finales de este siglo, se prevé que las temperaturas promedio anuales sean superiores a las registradas en 1,3-3,2 °C, en promedio, en 1986-2005. Estas proyecciones muestran el futuro clima que pueden esperar las ciudades de la región antes de considerar el efecto ICU, que aumentará aún más el estrés térmico experimentado en las ciudades (ver las Secciones 1.4 y 2.1).

FIGURA 1.6. TEMPERATURAS PROMEDIO ANUALES HISTÓRICAS Y AUMENTO PREVISTO DE LA TEMPERATURA A MEDIADOS Y FINALES DE SIGLO.



Fuente: Análisis del equipo del Banco Mundial a partir de datos de ERA5-Land Reanalysis,²⁴ NEX-GDDP-CMIP6,²⁵ y la base de datos Urban Centre Database.²⁶

Nota: La temperatura promedio anual actual se obtiene del reanálisis ERA5-Land y representa los años 1986-2005. Los puntos grises del mapa de la izquierda indican ciudades medianas o grandes (población > 200.000 habitantes). Las proyecciones del clima futuro se basan en las proyecciones climáticas diarias globales de la NASA (NEX-GDDP-CMIP6). El análisis se basa en el escenario climático “intermedio” SSP2-4.5, que supone una trayectoria moderada de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero coherente con las tendencias socioeconómicas actuales. Ambos horizontes temporales futuros muestran el cambio promedio anual de temperatura proyectado con respecto a la temperatura promedio de referencia multimodelo NEX-GDDP-CMIP6 (1986—2005).

Con el aumento de las temperaturas, también se espera que las ciudades de la región experimenten un aumento considerable del número de días calientes al año. Como lo señala el Cuadro 1.1, en gran medida, el calor es relativo. Los cuerpos de las personas se adaptan al clima en el que viven, por lo que las temperaturas que pueden ser agradables en Maracaibo podrían ser sofocantes en Bogotá. Por lo tanto, el análisis agrupó las ciudades por sus temperaturas promedio anuales, centrándose en las ciudades con más de 200.000 habitantes en 2015. La Tabla 1 ofrece un resumen de las categorías climáticas, con ejemplos.

TABLA 1. CATEGORÍAS CLIMÁTICAS DE LAS CIUDADES (BASADAS EN LAS TEMPERATURAS PROMEDIO ANUALES EN 1986-2005), CON EJEMPLOS

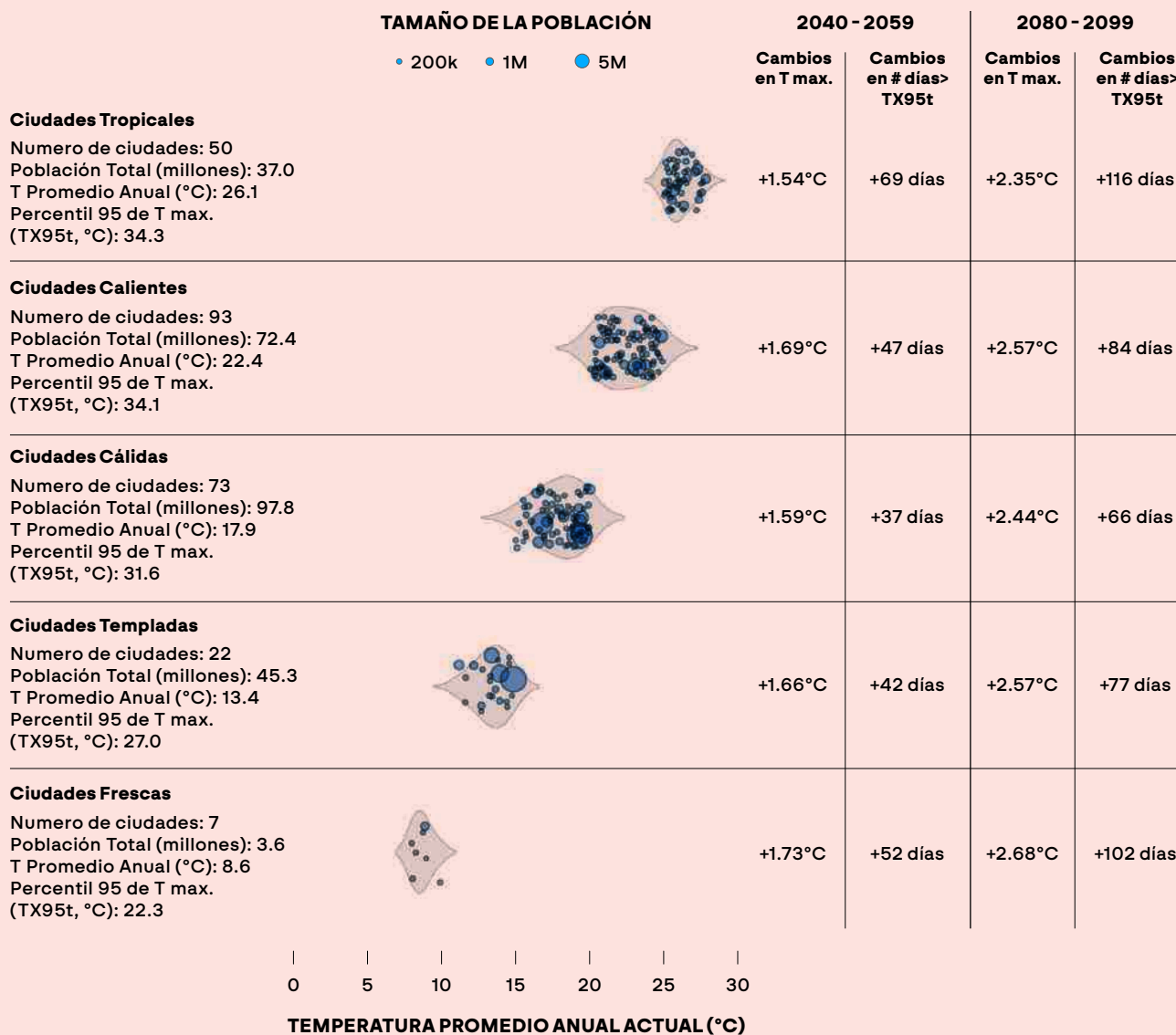
	CATEGORÍA	TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL	EJEMPLOS DE CIUDADES	% DE LA POBLACIÓN*
	Frescas	510 °C	La Paz y El Alto, Bolivia; Cuzco,	0.7%
	Templadas	10-15 °C	Santiago, Chile; Bogotá, Colombia; Quito, Ecuador; Ciudad de México	17.7%
	Cálidas	15-20 °C	Buenos Aires y Córdoba, Argentina; Belo Horizonte, Curitiba y São Paulo, Brasil; Cali y Medellín, Colombia; Ciudad de Guatemala; Guadalajara, México; Lima, Perú;	38.2%
	Calientes	20-25 °C	Río de Janeiro (Brasil), San José (Costa Rica), Santo Domingo (República Dominicana), Guayaquil (Ecuador), San Salvador (El Salvador), San Pedro Sula y Tegucigalpa (Honduras), Monterrey (México), Asunción (Paraguay) y Caracas (Venezuela).	28.2%
	Tropicales	>25 °C	Belém, Manaus y Recife (Brasil), Barranquilla (Colombia), La Habana (Cuba), Puerto Príncipe (Haití), Kingston (Jamaica), Managua (Nicaragua), Ciudad de Panamá y Maracaibo (Venezuela).	14.4%

* Nota: La proporción de población corresponde a las 245 ciudades analizadas, que tenían una población conjunta de unos 256 millones de habitantes en 2015. La población urbana total de América Latina y el Caribe en 2015 era de unos 505 millones.²⁷ Debido a limitaciones de datos, Montevideo, Uruguay, que se califica como ciudad "cálida", se omitió del análisis. Fuente: Análisis del equipo del Banco Mundial a partir de datos de ERA5-Land Reanalysis,²⁸ NEX-GDDP-CMIP6,²⁹ y la base de datos Urban Centre Database.³⁰ El análisis solo incluye ciudades medianas (>200.000 habitantes) o grandes. Las temperaturas promedio fueron tomadas del ERA5-Land Reanalysis para el periodo histórico de referencia 1986-2005.

Se prevé que las temperaturas máximas diarias en las ciudades de América Latina y el Caribe aumenten aproximadamente 1,5-1,7 °C a mediados de siglo (2040-2059), y alrededor de 2,4-2,7 °C a finales de siglo (2080-2099), en relación con el periodo de referencia 1986-2005 (Figura 1.7). Mientras se prevé que algunas zonas se calienten más que otras, no hay un patrón claro, aunque los mayores aumentos previstos de las temperaturas máximas diarias se dan en las ciudades calientes, templadas y frescas.

El segundo nivel de análisis consistió en estimar cuántos días al año superarían el percentil 95 de las temperaturas observadas en cada ciudad en cualquier época del año, lo que corresponde a la definición de "días calientes" señalada en el Cuadro 1.1. El análisis muestra que, a mediados de siglo, las ciudades de la región experimentarán entre 36 y 69 días más calientes que en 1986-2005, y entre 66 y 116 días más calientes a finales de siglo (Figura 1.7). Se prevé que los mayores aumentos se produzcan en las ciudades tropicales, calientes y frescas.

FIGURA 1.7. AUMENTO PREVISTO DE DÍAS CALIENTES (POR ENCIMA DEL PERCENTIL 95 DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS DIARIAS LOCALES) PARA LAS MÁXIMAS DIARIAS DE LAS CIUDADES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE



Fuente: Análisis del equipo del Banco Mundial con datos de ERA5-Land Reanalysis,³¹ NEX-GDDP-CMIP6,³² y la base de datos Urban Centre Database.³³

Nota: El análisis incluye ciudades medianas (>200.000 habitantes) o más grandes, que se agrupan en función de la categoría de temperatura promedio anual actual: tropical (>25°), caliente (20-25 °C), cálida (15-20 °C), templada (10-15 °C) y fresca (5-10 °C). La base de datos de la UCD no contiene ciudades frías (< 5 °C) con una población superior a 200.000 habitantes. Un día caliente se define como un día con una temperatura máxima diaria superior al percentil 95 de las temperaturas observadas para esa ciudad durante el periodo histórico de referencia 1986-2005

Sin embargo, el umbral de un “día caliente” varía significativamente: desde 22,3 °C en ciudades frescas, pasando por 31,6 °C en ciudades cálidas, hasta 34,3 °C en ciudades tropicales. Aun así, como se analiza más adelante en la Sección 4.1, las enfermedades y la mortalidad relacionadas con el calor aumentan a temperaturas más bajas en los lugares más frescos que en los más cálidos, porque las personas no están aclimatadas. Por ejemplo, un estudio reveló que la mortalidad relacionada con el calor en Mérida (México)

empezaba a aumentar gradualmente a temperaturas superiores a 25,8 °C, y que el riesgo de mortalidad a la temperatura del percentil 95 de la ciudad, 30,4 °C, era un 10,5% superior.³⁴

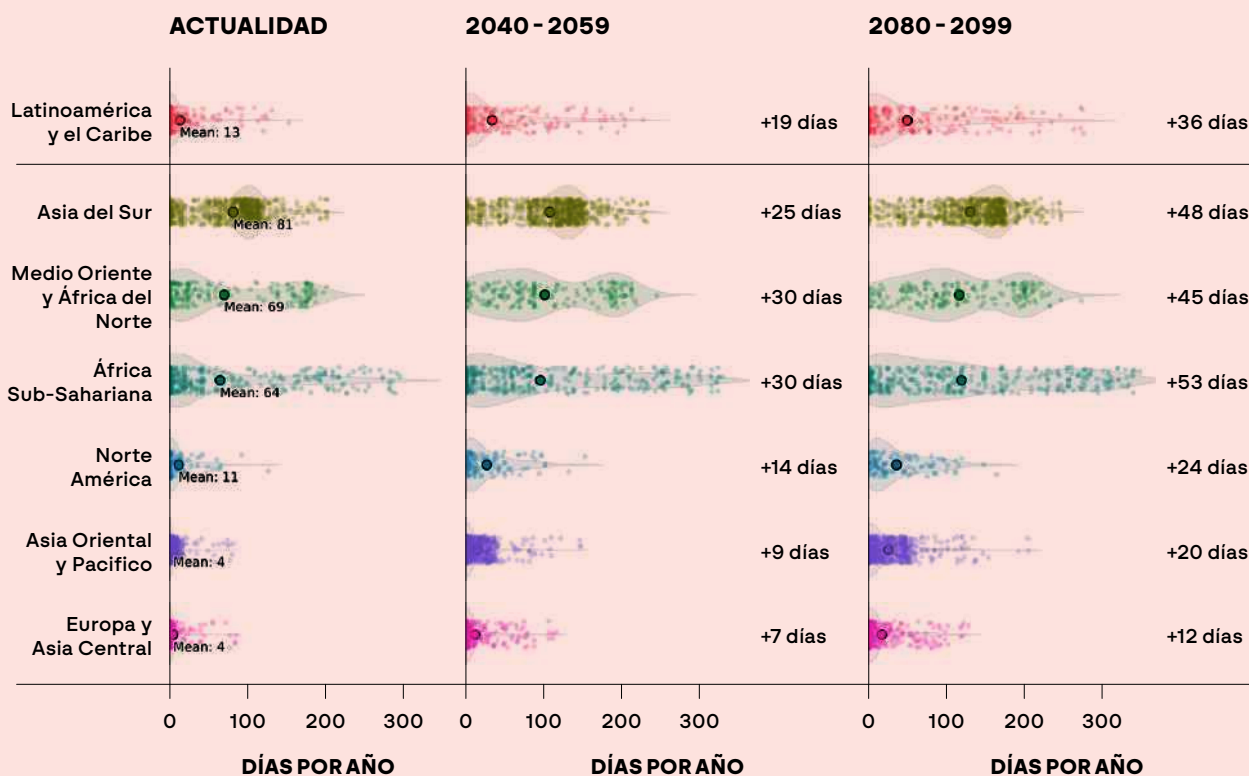
Dicho esto, las temperaturas más altas también aumentan el riesgo de sobrepasar los umbrales de lo que incluso las personas sanas y totalmente aclimatadas pueden soportar sin peligro. Si bien se reconoce que la temperatura del aire es solo uno de varios factores que determinan el riesgo de estrés térmico (ver el Cuadro 1.1), para brindar una métrica sencilla y fácilmente comparable, el análisis también consideró cuántos días se pueden esperar con temperaturas máximas superiores a 35 °C en ciudades de diferentes zonas climáticas.

En 1985-2005, los días por encima de 35 °C eran poco comunes en las ciudades frescas y templadas, y las proyecciones climáticas muestran que seguirá siendo así a finales de siglo. Sin embargo, las ciudades de esas categorías (sobre todo las de clima templado) ya han registrado algunos días por encima de 35 °C, y es probable que sigan registrando más días así en el futuro.

Sin embargo, en las ciudades calientes, que registraron un promedio de seis días por encima de 35 °C en el periodo de referencia, se prevé que el número aumente a 15 en 2080-2099. En las ciudades cálidas, que registraron un promedio de 19 días por encima de 35 °C en 1985-2005, se prevé que el número se triplique hasta 60, lo que equivale a dos meses completos adicionales de calor sofocante. En las ciudades tropicales, con un promedio de 25 días por encima de los 35 °C en el periodo de referencia, se prevé un promedio de 118 a finales de siglo, es decir, casi cuatro meses más días de temperaturas en las que puede resultar peligroso practicar deportes o llevar a cabo trabajos físicos al aire libre.

En general, se prevé que el número de días por encima de 35 °C en las ciudades de América Latina y el Caribe casi se cuadruplica, pasando de 13 a 49 al año. Entre las regiones del mundo, solo Asia Oriental y el Pacífico y Europa y Asia Central registrarán un aumento relativo mayor de los días al año por encima de 35 °C, multiplicándose por seis y por cuatro, respectivamente (Figura 1.8). Las ciudades del sur de Asia, Medio Oriente y el África subsahariana seguirán teniendo climas más calientes, y se prevé que algunas experimenten más de 300 de esos días al año a finales de siglo. Sin embargo, se prevé que las ciudades más calientes del Caribe, Centroamérica y la cuenca amazónica registren más de 200 días por encima de 35 °C al año de aquí a 2100, cifra comparable a la que registran actualmente las ciudades más calientes del sur de Asia y Medio Oriente.

FIGURA 1.8. NÚMERO PREVISTO DE DÍAS AL AÑO POR ENCIMA DE 35 °C EN LAS CIUDADES, POR REGIONES DEL MUNDO, 1986-2005 Y EN EL FUTURO.



*Mean = Promedio

Fuente: Análisis del equipo del Banco Mundial a partir de datos de NEX-GDDP-CMIP6³⁵ y de la base de datos Urban Center.³⁶

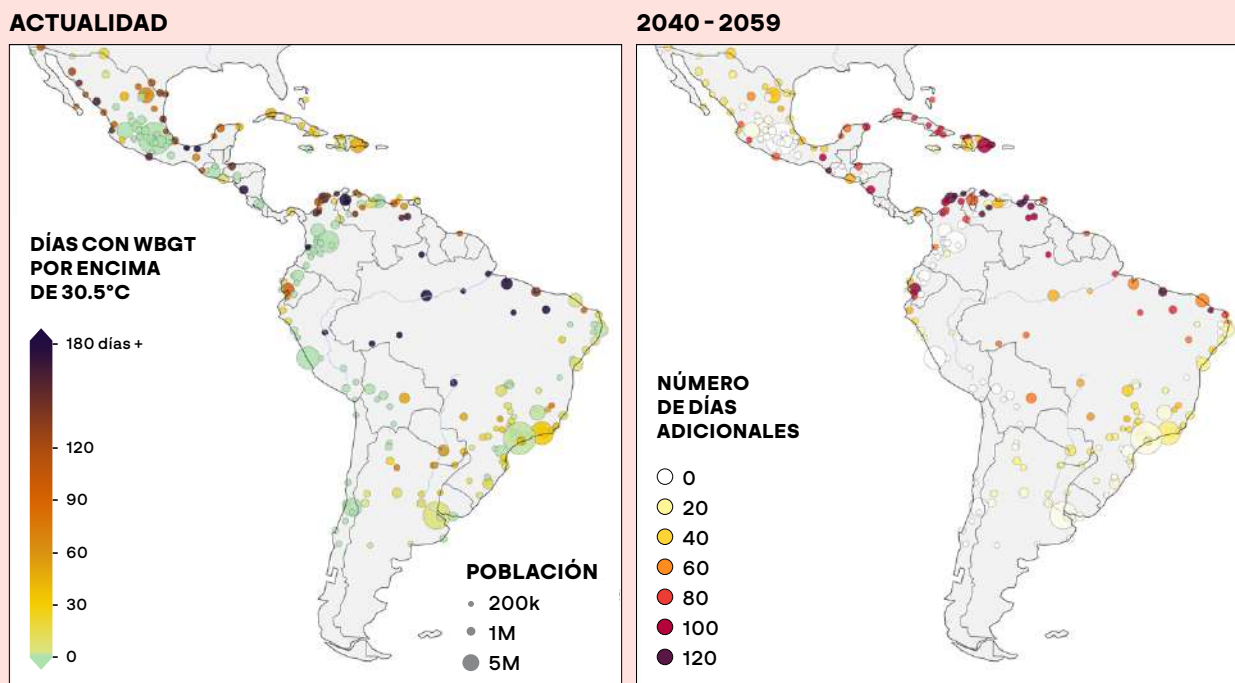
Nota: Cada punto representa una ciudad mediana o grande (población mínima: 200.000 habitantes). Para las ciudades de cada región, se resalta el número promedio de días calientes al año en el presente y los días calientes adicionales al año previstos para periodos futuros. Los cálculos utilizan un escenario climático y socioeconómico "intermedio" (SSP2—4.5). Un día caliente se define aquí como un día con una temperatura máxima diaria superior a 35 °C.

1.4 EL EFECTO ISLA DE CALOR URBANO AUMENTARÁ LOS RIESGOS DE CALOR EXTREMO

Para examinar más de cerca los riesgos de estrés térmico en las ciudades de América Latina y el Caribe, se llevó a cabo un análisis independiente utilizando datos de CarbonPlan, que tuvo en cuenta el efecto ICU y modeló la temperatura de globo y bulbo húmedo (WBGT), cubriendo así los impactos de la humedad, la velocidad del viento y la exposición a la radiación solar.³⁷ Los datos se utilizaron para cuantificar el número de días de calor extremo —con una WBGT superior a 30,5 °C— a los que se enfrentan actualmente las ciudades de la región, así como las perspectivas hasta mediados de siglo.

Como muestra la Figura 1.9, algunas ciudades de la cuenca amazónica y ciudades costeras del Caribe se enfrentan ya hoy a más de seis meses de días de calor extremo. A mediados de siglo, muchas ciudades se enfrentarán a hasta tres meses más de calor potencialmente mortal.

FIGURA 1.9. LAS CIUDADES DE LA REGIÓN SE ENFRENTARÁN A MÁS DÍAS DE CALOR EXTREMO (WBG T SUPERIOR A 30,5 °C) A MEDIADOS DE SIGLO.



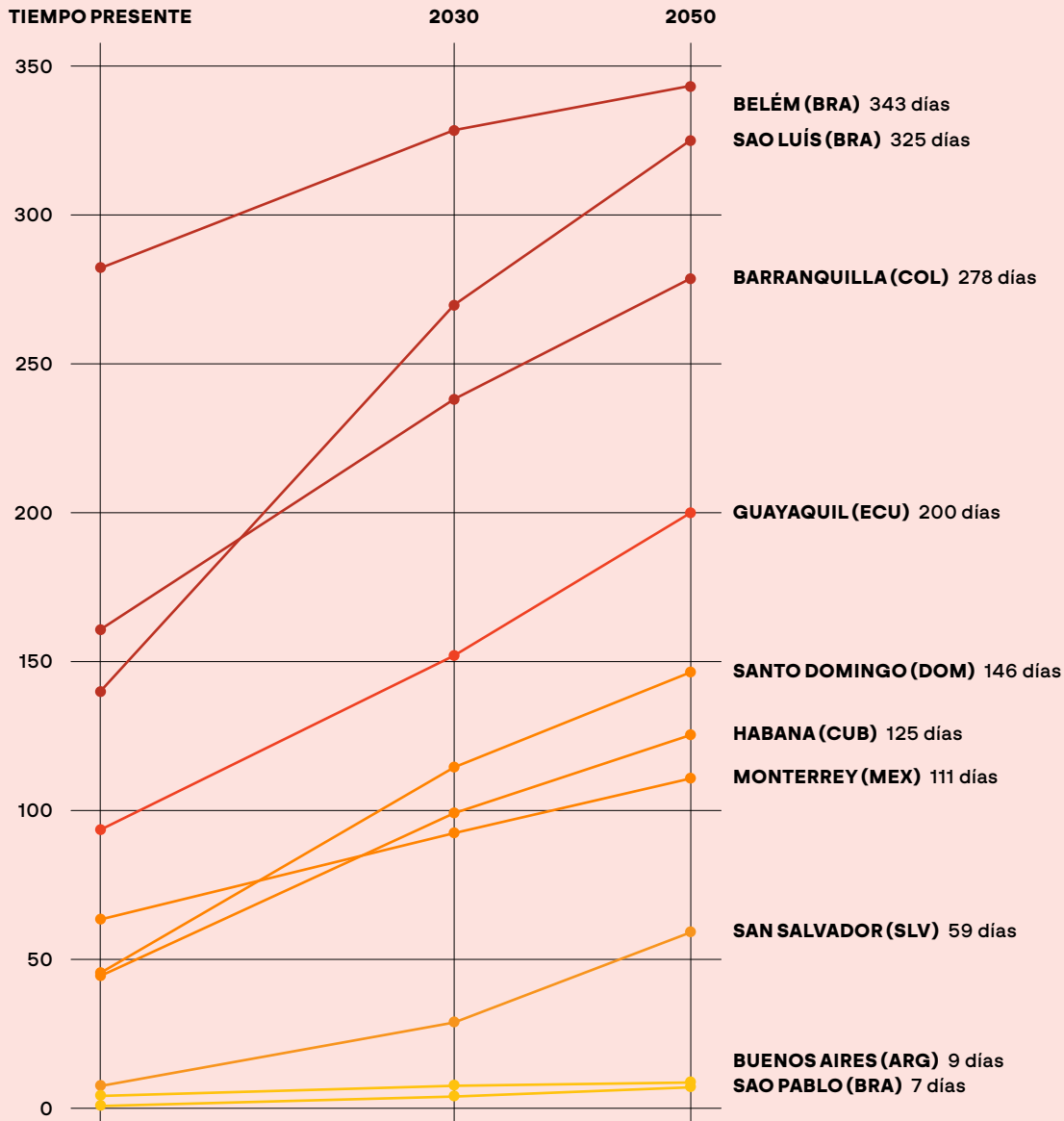
Fuente: Análisis del equipo del Banco Mundial a partir de datos de WBG T de CarbonPlan³⁸ y datos de ciudades de la base de datos Urban Centre Database.³⁹ Nota: El análisis incluye ciudades medianas (>200.000 habitantes) o grandes. El tamaño de los círculos corresponde al tamaño de la población de cada ciudad. Un día de calor extremo se define como un día con una temperatura de globo y bulbo húmedo máxima (WBG T) superior a 30,5 °C al sol.

La Figura 1.10 muestra la forma como esta tendencia al calentamiento afectará a las poblaciones urbanas. Ciudades como Belém y São Luís, en Brasil, podrían sufrir calor extremo durante casi todo el año en 2050, frente a los 250-300 días actuales, ya de por sí agobiantes. Se prevé que ciudades como Guayaquil (Ecuador) y Santo Domingo evolucionen hacia climas parecidos a los de las zonas más calientes de la actualidad, obligando a millones de personas a adaptarse a una nueva realidad de calor urbano extremo. Otras, como La Habana (Cuba) y Monterrey (México), duplicarán los días de calor extremo en el mismo periodo de tiempo. Ni siquiera ciudades conocidas por sus climas más clementes, como Buenos Aires y São Paulo, se librarán del calor extremo, que será cada vez más habitual

FIGURA 1.10. AUMENTO DEL CALOR EN LAS GRANDES CIUDADES: DÍAS DE CALOR EXTREMO (WBG T SUPERIOR A 30,5 °C) HASTA 2050.

DÍAS CON CALOR EXTREMO AL SOL

TEMPERATURA DE GLOBO Y BULBO HÚMEDO POR ENCIMA DE 30.5°C



Fuente: Análisis del equipo del Banco Mundial a partir de datos WBGT de CarbonPlan⁴⁰ y datos de ciudades de la base de datos Urban Centre Database.⁴¹

Nota: Un día de calor extremo se define como un día con una temperatura de globo y bulbo húmedo máxima (WBGT) superior a 30,5 °C al sol.

Estas proyecciones tienen graves implicaciones para el futuro de las ciudades de América Latina y el Caribe. Las dos secciones siguientes examinan cómo una inadecuada forma e infraestructura urbana exacerban la vulnerabilidad al estrés térmico, así como las estrategias clave para abordar los problemas (con un análisis adicional en la sección 5). La Sección 4 examina algunos de los aspectos que están en juego, centrándose en los impactos humanos y económicos del aumento de las temperaturas en las ciudades de toda la región.

CAPÍTULO

2

CRECIMIENTO URBANO Y LOS EFECTOS DESIGUALES DEL CALOR



La población urbana de América Latina y el Caribe pasó de aproximadamente 62 millones en 1950 a alrededor de 571 millones en 2025, lo que eleva los niveles de urbanización del 41% a más del 82% y la convierte en una de las regiones más urbanizadas del mundo.⁴² São Paulo, Río de Janeiro, Ciudad de México, Buenos Aires, Bogotá y Lima se han convertido en megaciudades con más de 10 millones de habitantes. Ciudades grandes y pequeñas se han extendido hacia las zonas rurales, cambiando radicalmente el paisaje.⁴³

Esta sección examina cómo la forma urbana y las opciones de uso del suelo intensifican el calor que soportan las personas en América Latina y el Caribe, a menudo con impactos desproporcionados sobre los grupos pobres y vulnerables. Comienza examinando por qué las ciudades de América Latina y el Caribe son más calientes que sus alrededores, y cómo las temperaturas han aumentado a medida que las ciudades han crecido. La sección 2.2 examina los diferentes factores que pueden exacerbar el calor en los barrios, utilizando Ciudad de México como ejemplo. La sección 2.3 examina los vínculos entre la exposición al calor y la vulnerabilidad socioeconómica, con un nuevo análisis detallado de 10 ciudades de Colombia y México.

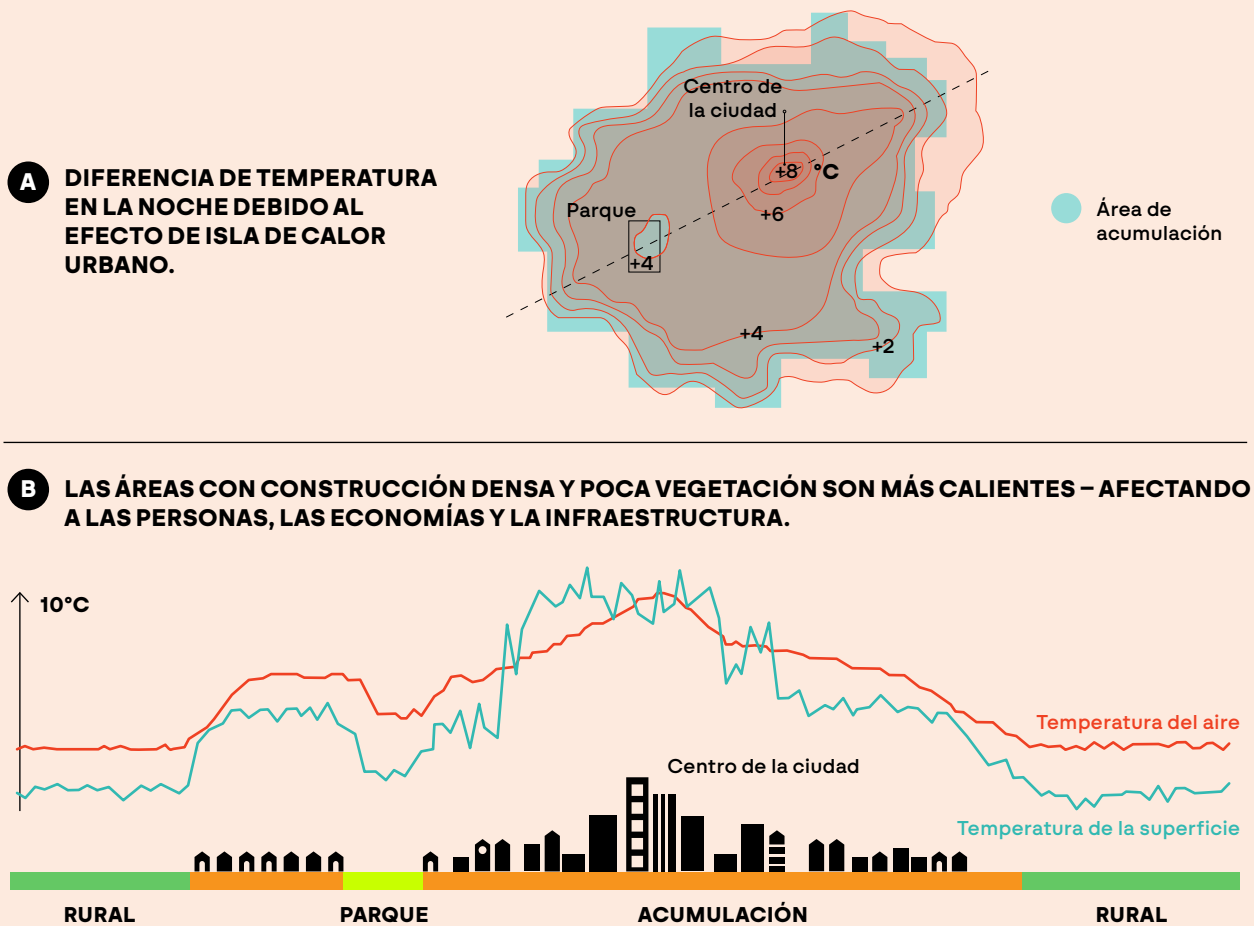
2.1 LA FORMA Y LA EXPANSIÓN URBANA ALTERAN EL CLIMA LOCAL

La temperatura y la exposición al calor pueden variar considerablemente dentro de una misma zona urbana. La geografía es un factor clave, como cuando un barrio está en las colinas o en una zona baja, o junto a la costa frente al interior. Otro factor es el ambiente construido.

La urbanización sustituye las zonas con vegetación —tierras de cultivo o paisajes naturales— por un entorno construido de concreto, asfalto, ladrillo, acero y otros materiales que absorben y retienen el calor. Los edificios interrumpen y bloquean la circulación del aire, sobre todo en las zonas densamente edificadas, y los vehículos y los sistemas mecánicos, como el aire acondicionado, emiten calor adicional. Como todo esto ocupa mucho espacio, las zonas con vegetación pueden ser escasas, privando a los habitantes de las ciudades de la sombra que brindan los árboles y del frescor de la evapotranspiración de las plantas.

Cuando se miden las temperaturas de la superficie y del aire en toda una región, las ciudades parecen islas de calor, a menudo con un núcleo especialmente caliente (Figura 2.1) o manchas de calor correspondientes a zonas muy edificadas. Aunque las temperaturas son más altas durante el día, el efecto es más pronunciado por la noche, ya que todo el calor almacenado en los materiales artificiales se disipa mucho más lentamente que en los paisajes naturales.

FIGURA 2.1. EFECTO DE LA DENSIDAD DE LAS CONSTRUCCIONES Y LA COBERTURA DEL SUELO EN LAS TEMPERATURAS DE UNA SECCIÓN TRANSVERSAL DE UNA CIUDAD.



Fuente: Adaptado de Oke et al. (2017).⁴⁴

En general, las ciudades tienden a ser más cálidas que las zonas rurales circundantes debido al efecto isla de calor urbano (ICU), pero la diferencia de temperatura suele ser mayor en clima caliente y despejado con bajas velocidades de viento, y cuando hay mucho sol y calor que el entorno construido puede absorber. Por lo tanto, si se tienen en cuenta los promedios anuales, se puede subestimar el efecto ICU. En una ciudad, las temperaturas nocturnas pueden ser de 2 a 3 °C más calientes, en promedio, que en las zonas rurales circundantes a lo largo del año. Pero en condiciones meteorológicas extremas, los estudios realizados en Paramaribo (Surinam⁴⁵, y Río de Janeiro (Brasil)⁴⁶, por ejemplo, han revelado temperaturas nocturnas hasta 7 °C y 8 °C más altas que en las zonas rurales circundantes.

La forma física de los barrios urbanos —con calles, manzanas, edificios y elementos naturales— desempeña un papel fundamental en la configuración del ambiente térmico. La expansión urbana también desempeña un papel importante: a medida que las ciudades se extienden hacia el exterior, sustituyendo las tierras de cultivo por urbanizaciones o zonas

industriales, por ejemplo, el clima local cambia. En todo el mundo, y en América Latina y el Caribe en particular, el rápido crecimiento urbano ha modificado profundamente los climas locales, especialmente durante los periodos de urbanización intensa.⁴⁷

El efecto se documentó minuciosamente en Ciudad de México entre 1961 y 1985, cuando la población de la ciudad creció rápidamente, la huella urbana se amplió y aumentaron tanto la densidad como la altura promedio de los edificios. Ernesto Jáuregui, pionero en el estudio de los climas urbanos latinoamericanos, realizó un conjunto coherente de mediciones en estaciones meteorológicas de la ciudad y sus alrededores y documentó la manera en la que cambiaban las temperaturas nocturnas (mínimas diarias).⁴⁸ En las estaciones suburbanas, las temperaturas mínimas diarias aumentaron un promedio de 0,15 °C por año, en comparación con 0,08 °C por año en las estaciones rurales. Esto equivale a un aumento de 1,5 °C por década, que es casi lo mismo que han aumentado las temperaturas promedio mundiales desde la era preindustrial.

Desde el estudio histórico de Jáuregui, varios otros estudios observacionales a largo plazo han documentado aumentos de temperatura urbana de magnitud similar. Por ejemplo, entre 2000 y 2019, las temperaturas en la zona conurbada de Teresina-Timón, en el noreste de Brasil, aumentaron 0,70 °C por década, con focos especialmente intensos en zonas socialmente vulnerables.⁴⁹

De 1982 a 2011, las temperaturas mínimas diarias en Querétaro (México) aumentaron 0,75 °C por década,⁵⁰ y una comparación de las ciudades brasileñas de Porto Alegre, Curitiba, Brasilia, Cuiabá, Porto Velho y Manaus en 1985 y 2020 reveló que todas se habían calentado más, especialmente las de latitudes más bajas, y que existía una fuerte correlación entre el aumento de la proporción de superficies impermeables y la cantidad relativa de calentamiento y estrés térmico.⁵¹

Un estudio reciente realizado en 359 ciudades grandes latinoamericanas ofrece más información sobre las causas de este calentamiento.⁵² Según el estudio, las ciudades con condiciones económicas más favorables tienden a calentarse más rápido, en parte porque las ciudades más prósperas ya habían perdido más espacios verdes en 2001 debido a anteriores oleadas de desarrollo y conversión del suelo. Aunque algunas de estas ciudades han experimentado desde entonces un modesto aumento de la vegetación, sobre todo en las zonas áridas y económicamente más desarrolladas, esto solo ha contrarrestado parcialmente la tendencia al calentamiento. Estas conclusiones indican que los espacios verdes, aunque son una poderosa herramienta para mitigar el calor (ver la Sección 5.1), a menudo están condicionados por la trayectoria histórica de desarrollo y el panorama socioeconómico de una ciudad.

Independientemente de que la tala de tierras de cultivo y bosques para construir infraestructura urbana y edificios esté impulsada por la inversión pública, el sector privado o la población menos favorecida de las ciudades en rápido crecimiento que se asienta informalmente ante la falta de viviendas asequibles (sección 3.1), los resultados son los mismos: temperaturas más elevadas en los asentamientos humanos.

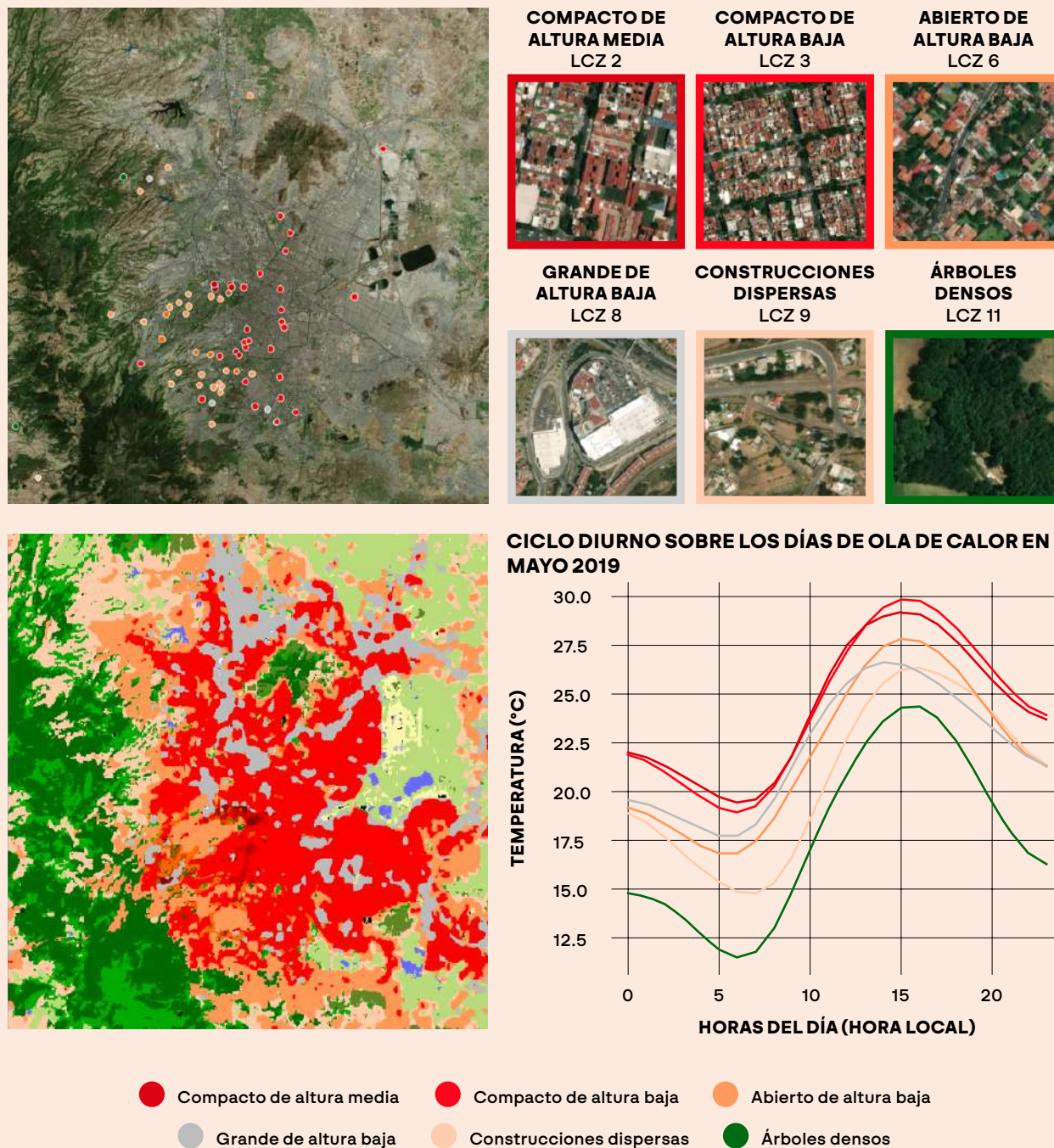


2.2 EL USO DEL SUELO PROVOCA DIFERENCIAS DE TEMPERATURA EN LAS CIUDADES

La intensidad del efecto ICU depende de la densidad, los materiales de construcción y la cantidad de zonas verdes y vegetación que se haya conservado, entre otros factores.⁵³ En cualquier ciudad, estas condiciones pueden variar considerablemente de un barrio a otro e incluso en unas pocas manzanas, dando lugar a diferencias de temperatura apreciables. Mientras que una zona muy urbanizada y desarbolada puede ser más caliente, una mayor altitud, el viento dominante y la proximidad a zonas verdes, ríos, lagos o la costa pueden hacerla más fresca.

Para ilustrar la forma en que la temperatura se ve afectada por las características físicas de los barrios, se analizaron los datos de más de 100 estaciones meteorológicas de ciencia ciudadana en la Ciudad de México (propiedad de individuos que se ofrecen como voluntarios para instalar un dispositivo, generalmente fuera de su casa) durante la ola de calor de abril a mayo de 2019. Durante ese período, la ciudad tuvo 18 días consecutivos con temperaturas máximas que superaron el percentil 90 de su temperatura para 1970-2000. Las áreas con densa cobertura arbórea experimentaron temperaturas máximas más frías por la tarde y se enfriaron más rápidamente por la noche. Por el contrario, los barrios con construcciones densas de alturas medianas y bajas tenían hasta 5 °C más de calor durante el día y retenían el calor por la noche (figura 2.2).

FIGURA 2.2. TEMPERATURAS DIURNAS EN DISTINTOS PUNTOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO DURANTE LA OLA DE CALOR DE MAYO DE 2019



Fuente: Análisis del Banco Mundial basado en datos por hora de Netatmo proporcionados por la Ruhr-University Bochum y el mapa global de zonas climáticas locales (LCZ, por sus siglas en inglés) de Demuzere et al. (2022).⁵⁴

Nota: En el sentido de las manecillas del reloj desde la esquina superior izquierda: Mapa de estaciones meteorológicas de ciencia ciudadana en la Ciudad de México que suministraron datos que cubren la ola de calor de abril-mayo de 2019; representación visual de las LCZ y su morfología en la Ciudad de México; perfil de temperatura de 24 horas que muestra las temperaturas promedio por hora del 8 al 13 de mayo de 2019, cobertura del suelo de la Ciudad de México según el esquema de zonas climáticas locales (LCZ). Cada línea en el perfil de temperatura presenta la media sobre muchas estaciones Netatmo disponibles: 7 para LCZ2, 26 para LCZ3, 23 para LCZ6, 3 para LCZ8, 2 para LCZ9 y 11 para LCZ11. Se corrigieron los datos de temperatura para tener en cuenta las diferencias de altitud a una altura de referencia utilizando la tasa de lapso ambiental de -6,5 K/km.

R
1
2
CRECIMIENTO URBANO Y LOS EFECTOS DESIGUALES DEL CALOR
3
4
5
A

El enfriamiento nocturno es especialmente importante para la salud humana, ya que los ciclos naturales de temperatura durante el día y la noche ayudan a regular el sueño y la recuperación. Sin embargo, como muestra la figura 2.2, los barrios muy urbanizados de Ciudad de México retienen mucho más calor por la noche, con temperaturas que permanecen hasta 8 °C más altas que en las zonas con una extensa cobertura arbórea. Esta disparidad se debe a las superficies que retienen el calor, a la reducción del enfriamiento por evaporación, a los cañones de las calles que limitan la liberación de calor hacia arriba y a la reducción del flujo de aire.

El análisis resalta importantes lecciones para el diseño urbano y las estrategias de mitigación del calor, que se analizan más detenidamente en la sección 5.1. La forma física de las zonas urbanas, incluyendo la disposición de las calles, la densidad de los edificios, la presencia de elementos naturales y la elección de los materiales de construcción, desempeña un papel crucial en el calentamiento localizado y en provocar o evitar el estrés térmico. Una buena circulación del aire, la sombra tanto de las estructuras construidas como de los árboles, la reducción de la proporción de espacio cubierto por materiales que absorben el calor, como el asfalto y el concreto, y sobre todo los espacios verdes —parques o bosques naturales— pueden reducir significativamente el calor urbano. A medida que las ciudades de América Latina y el Caribe siguen creciendo, la integración de un ordenamiento territorial sensible al clima que priorice estas características es esencial para reducir las temperaturas urbanas y proteger la salud y el bienestar de sus residentes (Figura 2.3).

FIGURA 2.3. INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO SENSIBLES AL CLIMA SOBRE EL EQUILIBRIO ENERGÉTICO DE LA SUPERFICIE URBANA.



Fuente: Banco Mundial.

2.3 EN ALGUNAS CIUDADES, LAS POBLACIONES VULNERABLES VIVEN EN BARRIOS MÁS CALIENTES

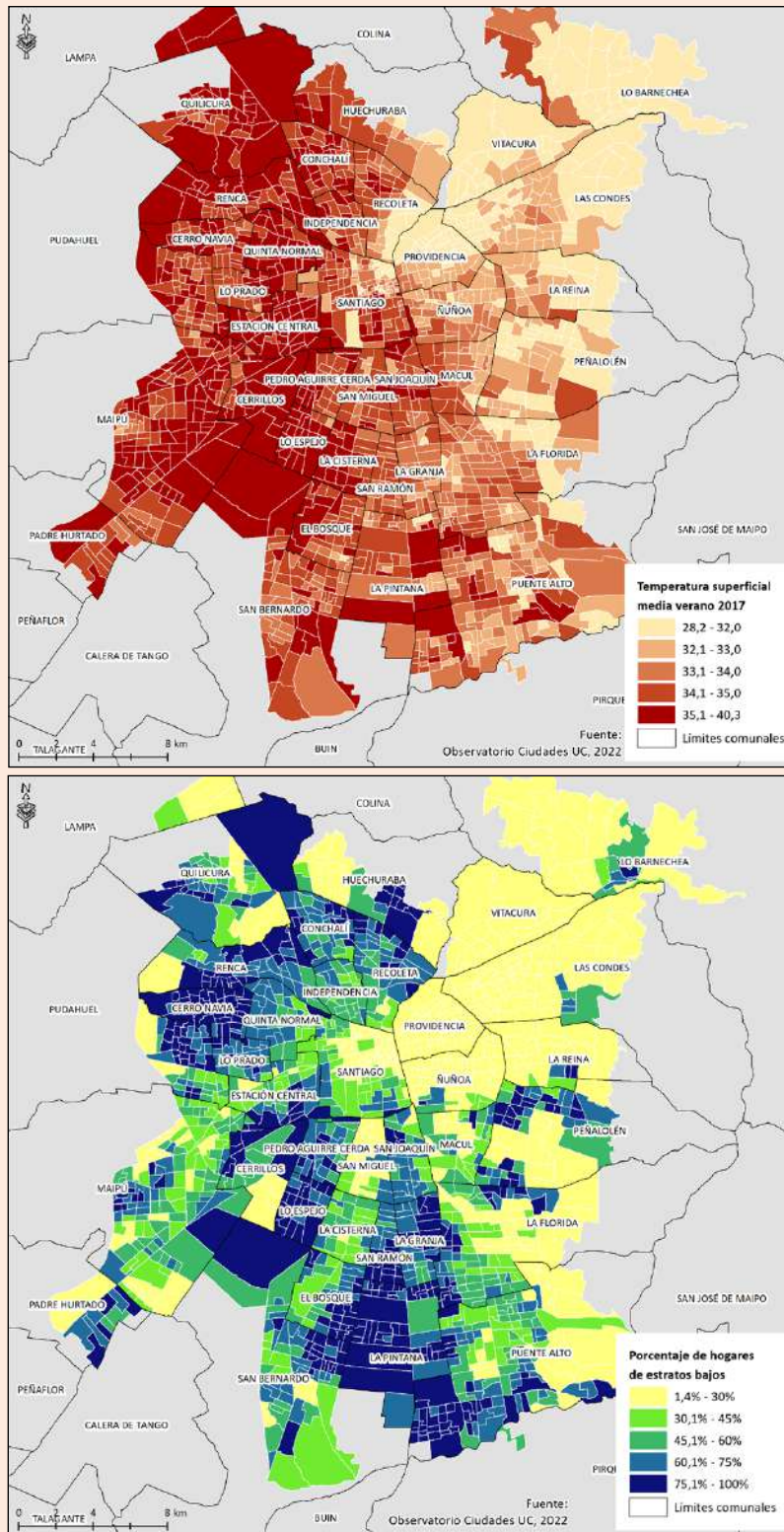
Si algunas partes de las ciudades son mucho más calientes que otras, es importante saber quién vive en esas zonas más calientes y hasta qué tan vulnerables son. La Sección 4.1 examina la vulnerabilidad al calor desde una perspectiva fisiológica, destacando la urgente necesidad de proteger, por ejemplo, a los bebés, los niños pequeños, las mujeres embarazadas y los adultos mayores. Esta sección se centra en la pobreza y la vulnerabilidad dentro de las ciudades, que pueden aumentar la exposición de las personas a los riesgos climáticos y limitar significativamente su capacidad de adaptación.⁵⁵

Un estudio de 25 ciudades de todo el mundo, entre ellas Buenos Aires, Ciudad de México y São Paulo, reveló que, en el 72% de los casos, los barrios más pobres sufrían más calor que los más ricos.⁵⁶ Las disparidades térmicas variaban considerablemente, pero algunas ciudades, como Buenos Aires y Ciudad de México, presentaban una “distribución de la intensidad del efecto ICU notablemente favorable para los ricos”. Sin embargo, los datos globales no son concluyentes. Por ejemplo, un análisis para el Banco Mundial de 18 ciudades del sur de Asia y el África subsahariana concluyó que los asentamientos informales no estaban necesariamente más expuestos a las inundaciones o al calor excesivo que otras partes de esas ciudades.⁵⁷

Los efectos ICU en algunas zonas urbanas de América Latina y el Caribe han sido estudiados a profundidad, incluso en términos de disparidades entre ricos y pobres. Un análisis de Barranquilla (Colombia), por ejemplo, reveló que la temperatura promedio de la superficie en los barrios más pobres era más de 5 °C superior a la de las zonas más ricas.⁵⁸ El factor principal fue la distancia de los efectos refrescantes de la costa; los pobres viven más hacia el interior.

En el Gran Santiago de Chile, dos análisis detallados de datos de temperatura —uno centrado en los veranos de 2005-2017,⁵⁹ y el otro en las olas de calor de la década hasta 2023⁶⁰ — han identificado claramente el noroeste de la ciudad como la zona más caliente, así como amplias zonas cálidas en el oeste y suroeste de Santiago. En este último estudio se detectaron diferencias de hasta 6,7 °C entre el oeste y el este en el día más caliente de la ola de calor de enero de 2020. Una comparación de los niveles de calor urbano y la pobreza en toda la ciudad muestra una superposición significativa entre ambos (Figura 2.4).⁶¹

FIGURA 2.4. TEMPERATURAS PROMEDIO DE LA SUPERFICIE EN SANTIAGO DE CHILE EN EL VERANO DE 2017 (ARRIBA) Y CONCENTRACIÓN DE HOGARES DE BAJOS INGRESOS EN LA CIUDAD (ABAJO).



Fuente: Leniz (2024), con datos del Observatorio de Ciudades UC.⁶²

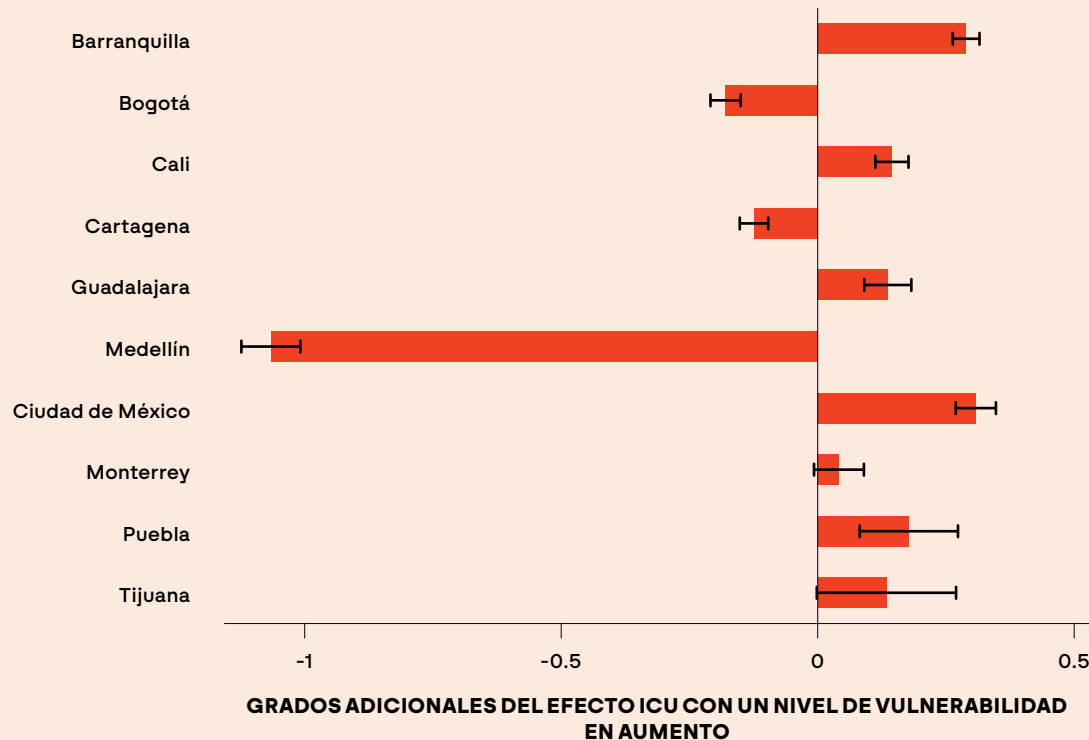
Un estudio sobre el calor urbano en Lima (Perú) entre 2017 y 2021, en el que se utilizaron datos manzana por manzana, reveló que las manzanas con un nivel socioeconómico más alto estaban menos expuestas a los efectos ICU, y encontró diferencias significativas según el origen étnico.⁶³ Una investigación en curso en Córdoba, Argentina, ha encontrado una fuerte correlación entre el calor urbano y la densidad poblacional, con las temperaturas mucho más calientes de la superficie terrestre en ubicadas el centro de la ciudad y los barrios cercanos.⁶⁴ No se trata necesariamente de las comunidades más pobres, pero sí tienen una porción desproporcionada de personas mayores.

Los investigadores también han resaltado otra forma de desigualdad térmica: las personas con ingresos más bajos tienen muchas menos probabilidades que las de mayores ingresos de disponer de medios para mantener sus casas frescas (esto se analiza más a fondo en la sección 3.1).⁶⁵ Pueden estar más expuestas al calor urbano porque se movilizan caminando o en transporte público en lugar de conducir sus propios vehículos (sección 3.4). La rápida urbanización de la periferia de las ciudades, donde viven muchas personas de bajos ingresos, también está aumentando los efectos ICU, ya que los bosques y las tierras de cultivo son sustituidos por edificios y carreteras. En El Salvador, por ejemplo, el 93,5% de las personas que respondieron a una encuesta nacional de 2024 afirmaron que las temperaturas en su comunidad eran cada vez más altas, y el 59,7% dijo que había visto una reducción de la cobertura forestal en las zonas circundantes.⁶⁶

Con el fin de examinar más a fondo los vínculos entre la vulnerabilidad socioeconómica y la exposición superficial al efecto ICU, este informe utilizó un nuevo conjunto de datos para comparar los datos censales por manzana y los datos de temperatura de alta resolución de cinco ciudades de Colombia (Barranquilla, Bogotá, Cali, Cartagena y Medellín) y México (Guadalajara, Ciudad de México, Monterrey, Puebla y Tijuana). Cada conjunto corresponde a aproximadamente un tercio de la población urbana de cada país.

El análisis mostró una correlación entre la vulnerabilidad socioeconómica y la intensidad del efecto ICU superficial en siete de las 10 ciudades estudiadas (Figura 2.5). Por ejemplo, en Barranquilla, las manzanas censales que diferían en un punto en el puntaje de también tenían temperaturas máximas locales que diferían en unos 0,3 °C (siendo mayores en las manzanas más vulnerables). Se encontraron patrones similares en Cali, Guadalajara, Ciudad de México, Puebla y Tijuana. Sin embargo, en Medellín ocurrió lo contrario: un aumento de un punto en la vulnerabilidad se correlacionó con una máxima local más fría en más de 1 °C.

FIGURA 2.5. CAMBIO EN LA TEMPERATURA MÁXIMA LOCAL ASOCIADO CON UN AUMENTO DE 1 PUNTO EN EL PUNTAJE DE VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA EN 10 CIUDADES DE COLOMBIA Y MÉXICO.

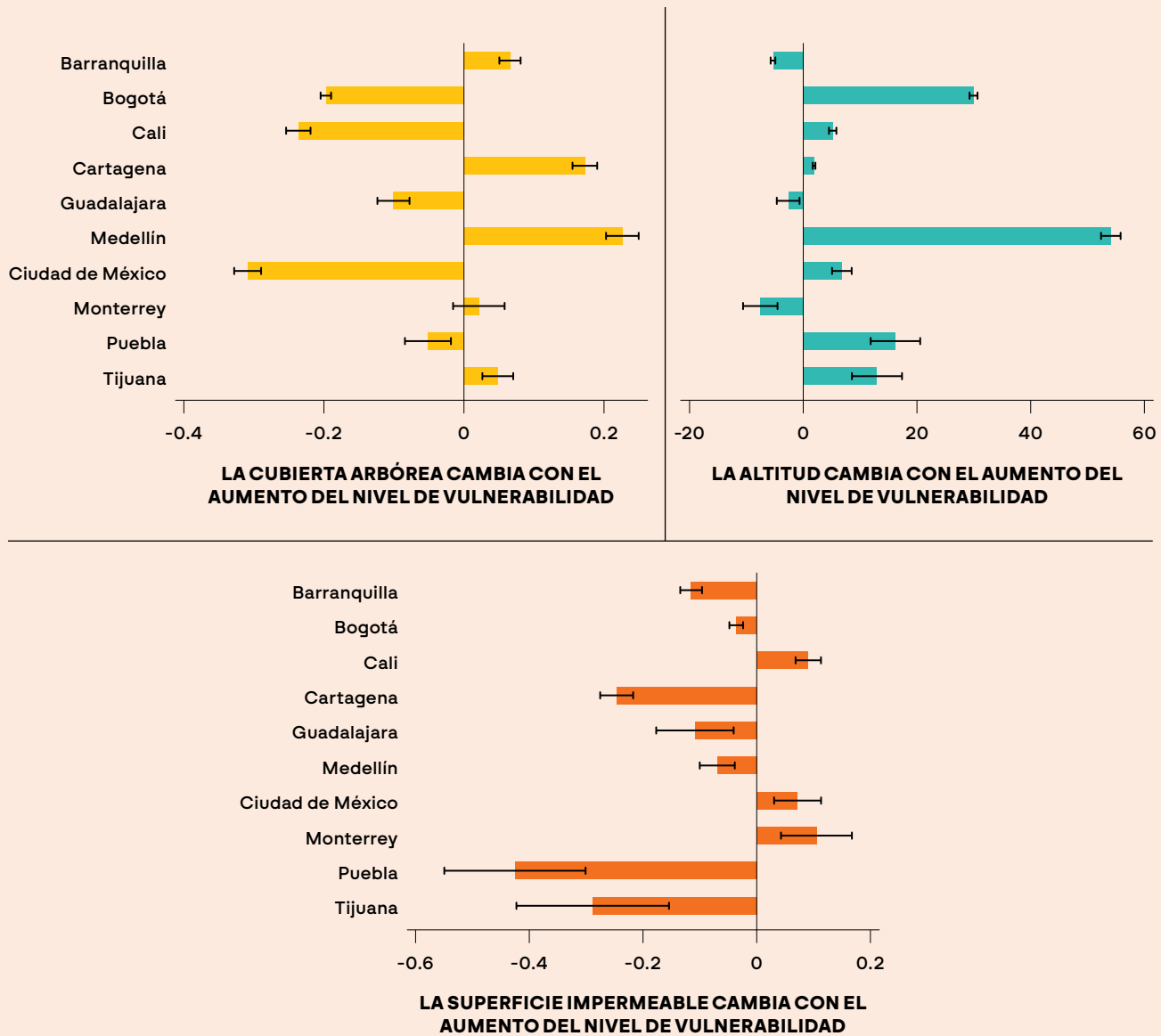


Fuente: Análisis del Banco Mundial.

Nota: El efecto ICU se mide como la diferencia entre el percentil 95 de la mediana anual de la manzana de todas las imágenes LST de Landsat 8/9 de 2020-2022 de temperatura y el percentil 95 más bajo dentro de la ciudad. En pocas palabras, esta medida capta qué tanto más caliente es una determinada parcela de la ciudad en comparación con la zona más fría de la misma ciudad. Esta comparación se realiza utilizando una aproximación a la temperatura máxima registrada. La vulnerabilidad se mide en una escala de 1 a 6 (siendo 6 la más vulnerable), basada en un compuesto de indicadores que abarcan la vivienda, la demografía, la educación, el trabajo y la salud. El índice compuesto de vulnerabilidad es el promedio de los puntajes dentro de cada dimensión. Los datos proceden del censo de población colombiano de 2018 realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y de los censos de población mexicanos de 2020 realizados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Los datos de temperatura proceden de la medición de la temperatura de la superficie terrestre (TST) realizada por el sensor infrarrojo térmico Landsat. Mientras que la temperatura del aire se compararía más fácilmente con los umbrales críticos de estrés metabólico, se eligió el LST debido a su disponibilidad a una resolución más alta (100 m²), lo que permitió un análisis a una escala más fina dentro de las ciudades.

Como ya se ha señalado, la exposición relativa al calor de un barrio depende de múltiples factores, que pueden o no coincidir con las condiciones socioeconómicas. Por ejemplo, las temperaturas más altas se dan en zonas muy urbanizadas con pocos espacios verdes, que suelen ser barrios más pobres. Pero en Bogotá, por ejemplo, aunque los pobres viven en barrios con menos cobertura arbórea, también suelen vivir en zonas más elevadas, donde hace más frío. Del mismo modo, en Medellín hay grandes asentamientos informales en las colinas de las afueras de la ciudad, rodeados de bosque. Hay muchos lugares en los que los pobres se concentran en zonas costeras bajas, pero en Barranquilla viven principalmente en el interior, lejos de los efectos refrescantes de la brisa marina. La Figura 6 muestra la forma en que los distintos factores se correlacionan con la vulnerabilidad social.

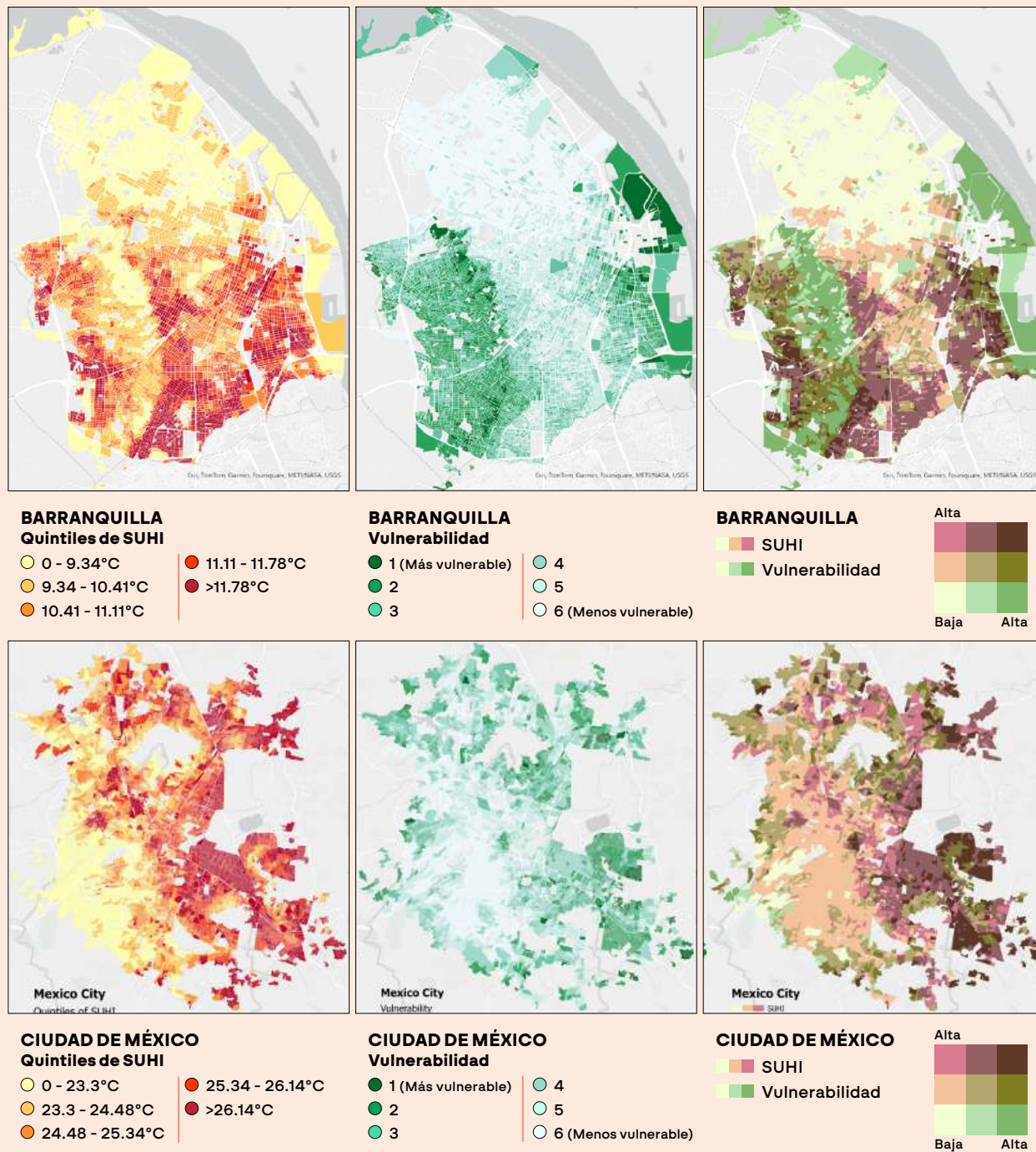
FIGURA 2.6. CORRELACIÓN ENTRE EL CAMBIO EN LA COBERTURA ARBÓREA, LA ELEVACIÓN Y LA PROPORCIÓN DE SUPERFICIE IMPERMEABLE Y UN AUMENTO DE 1 PUNTO EN EL PUNTAJE DE VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA EN 10 CIUDADES DE COLOMBIA Y MÉXICO.



Fuente: Análisis del Banco Mundial.

La Figura 2.7 ofrece un análisis más detallado de dos ciudades con desigualdades térmicas especialmente grandes: Barranquilla y Ciudad de México. En ambas hay amplias zonas en las que se superponen la alta exposición al calor (color rojo oscuro en el gráfico de la izquierda) y la alta vulnerabilidad (color verde oscuro en el gráfico central). Esto es más claro en el gráfico de la derecha, donde se superponen ambas medidas. Barranquilla tiene focos de superposición en el oeste y el sur de la ciudad. Los barrios más ricos del norte, más cercanos a la costa, muestran una menor exposición al calor. En Ciudad de México, la mayoría de los pobres viven en barrios del este, donde se enfrentan a algunas de las temperaturas más altas de la ciudad. Estas zonas también fueron las más afectadas por la ola de calor de mayo de 2019, como se analiza en la sección 2.2

FIGURA 2.7. GRAVEDAD DEL EFECTO ICU CON BASE EN LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE TERRESTRE (IZQUIERDA), LA VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA (CENTRO) Y LA SUPERPOSICIÓN ENTRE AMBAS (DERECHA) EN BARRANQUILLA (COLOMBIA) (ARRIBA) Y CIUDAD DE MÉXICO (ABAJO).



Fuente: Análisis del Banco Mundial. Nota: SUHI significa efecto isla de calor urbano superficial (por sus siglas en inglés).

La Sección 3.1 examina los retos que plantean las viviendas inadecuadas, incluyendo las condiciones de los asentamientos informales, así como las estrategias de enfriamiento pasivo que pueden reducir las temperaturas interiores, a menudo a bajo costo, y las soluciones eficaces cuando se necesita enfriamiento activo.

R
1
2
CRECIMIENTO URBANO Y LOS EFECTOS DESIGUALES DEL CALOR
3
4
5
A

CAPÍTULO

3



La infraestructura bien construida está diseñada para adaptarse a las condiciones locales, incluyendo el rango de temperaturas esperadas en un lugar determinado. En América Latina y el Caribe, como en gran parte del mundo, eso significa que la infraestructura no suele estar diseñada para soportar el calor extremo. A medida que aumenta la temperatura, los sistemas de infraestructura resultan cada vez más inadecuados. Sin medidas de adaptación, los fallos y averías relacionados con el calor podrían causar una cascada de interrupciones en servicios críticos como la electricidad, las comunicaciones, el transporte y el agua.⁶⁷

Estas vulnerabilidades son especialmente preocupantes en América Latina y el Caribe, ya que la región tiene importantes déficits de infraestructura y millones de personas carecen de servicios básicos. Para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en 2030, un estudio estima que la región necesitaría invertir el 3,12% de su PIB al año, un total de 2,2 billones de dólares.⁶⁸ De esta cifra, el 41% se destinaría a mantener y sustituir activos, y el 59% a construir infraestructura nueva.

Esta sección examina las implicaciones del aumento de la temperatura sobre tres sistemas de infraestructura. La Sección 3.1 analiza la manera en la que el diseño y los materiales de los edificios agravan los problemas de calor, y la Sección 3.2 presenta estrategias clave para que las viviendas y otros edificios sean más frescos. En la Sección 3.3 se analiza el suministro eléctrico de las ciudades, y en el 3.4, los sistemas de transporte.

3.1 EL DISEÑO DEFICIENTE DE VIVIENDAS AMPLIFICA LOS RIESGOS DE CALOR, CONVIRTIENDO LOS HOGARES EN ESPACIOS PELIGROSOS

Cuando los europeos llegaron a lo que hoy es América Latina y el Caribe, se encontraron con una gran variedad de arquitectura indígena adaptada al clima local: desde las casas de adobe de paredes gruesas y techo de paja de Mesoamérica y los Andes, hasta los robustos pero bien ventilados bohíos redondos de las islas del Caribe, hechos de hojas de palma, paja y madera.⁶⁹ Los colonos adaptaron las técnicas indígenas para mantenerse frescos e introdujeron algunas propias, como la construcción alrededor de patios y la creación de verandas y otros espacios exteriores con buena sombra.

Hoy quedan pocos de esos edificios tradicionales, sobre todo en las ciudades, y aunque algunos arquitectos han encontrado formas innovadoras de adaptar los diseños a climas específicos,⁷⁰ e incluso de construir con materiales tradicionales como la tierra,⁷¹ la mayoría de los edificios de la región siguen hoy pautas similares independientemente

del clima local. Las casas suelen construirse con bloques de concreto reforzado, ladrillo o madera, y muchas personas viven en grandes edificios de varios apartamentos. El lujo y la modernidad se traducen a menudo en un uso extensivo del vidrio y el acero. Mientras tanto, los más pobres suelen vivir hacinados y en casas de mala calidad.

En los climas templados de los que han disfrutado durante mucho tiempo muchas ciudades de América Latina y el Caribe, incluso los edificios más inadecuados pueden mantener temperaturas agradables. Sin embargo, con el cambio climático, muchos hogares, escuelas, lugares de trabajo y muchas otras estructuras se están volviendo insosteniblemente calientes durante las olas de calor e incluso durante periodos prolongados. Como se explica en la Sección 4, las consecuencias para los seres humanos pueden ser graves, sobre todo para los niños pequeños, las mujeres embarazadas, los ancianos y las personas que desempeñan trabajos físicos pesados.

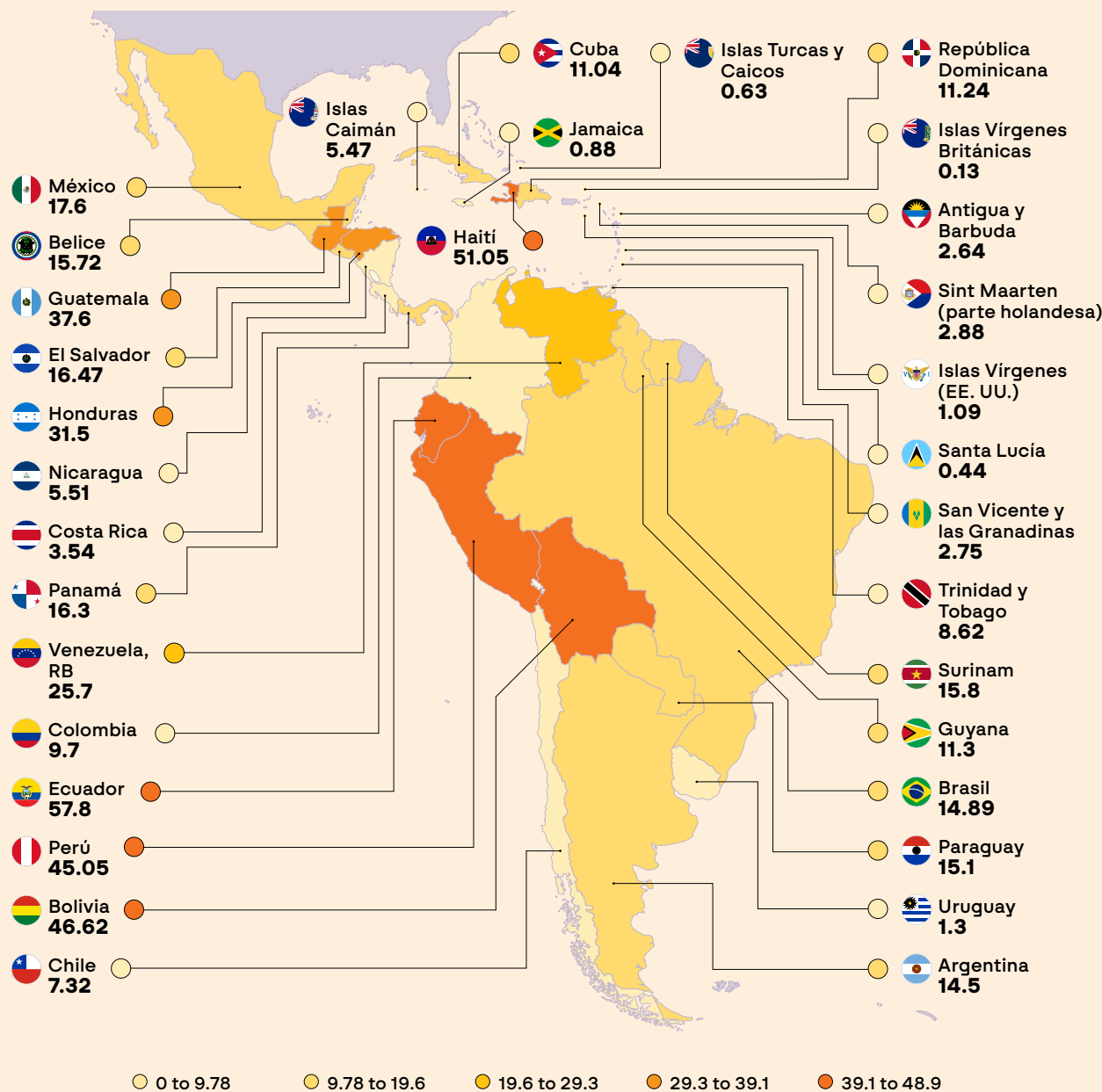
Un análisis reciente que incluyó a Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay, Perú y República Dominicana concluyó que 45 millones de personas pobres en las zonas urbanas de los seis países eran muy vulnerables a la exposición al calor debido a la baja calidad de sus viviendas, el acceso limitado a la electricidad y la pobreza en general.⁷² Otros 88 millones de personas de medianos ingresos de los seis países corrían un riesgo medio.

Esta sección examina algunas de las razones clave por las que las casas y los edificios de las ciudades de la región están mal preparados para un clima cada vez más caliente, y qué se puede hacer al respecto. En primer lugar, sin embargo, es importante reconocer las graves vulnerabilidades de aproximadamente una quinta parte de los hogares de la región que viven en barrios marginales, asentamientos informales o viviendas inadecuadas, en condiciones que pueden poner en peligro su vida en caso de calor extremo.

En muchas ciudades de América Latina y el Caribe, el crecimiento de la población ha superado con creces la construcción de viviendas, creando una fuerte escasez de las mismas. Algunos gobiernos han realizado importantes esfuerzos para añadir y mejorar viviendas, pero los resultados han sido desiguales y los esfuerzos se han reducido o privatizado en los últimos años en algunos países.⁷³ Como resultado, el déficit de vivienda sigue siendo elevado, y se estima que 93,4 millones de personas —o el 16,9% de los habitantes urbanos de la región— vivían en barrios marginales, asentamientos informales o viviendas inadecuadas en 2022, según datos de la ONU.⁷⁴

La pobreza de vivienda urbana existe en todos los países de la región, pero con tasas muy diferentes: desde el 0,4% en Santa Lucía, el 1,3% en Uruguay y el 3,5% en Costa Rica, hasta el 37,6% en Guatemala, el 45,1% en Perú y el 51,1% en Haití (Figura 3.1).⁷⁵

FIGURA 3.1. PROPORCIÓN DE LA POBLACIÓN URBANA QUE VIVE EN BARRIOS MARGINALES, ASENTAMIENTOS INFORMALES O VIVIENDAS INADECUADAS, 2020.



Fuente: Plataforma Urbana y de Ciudades de América Latina y el Caribe, CEPAL.⁷⁶

Estos asentamientos van desde barrios densamente edificados con casas pequeñas de mala calidad hechas de bloques de concreto o ladrillo, como las favelas de Río de Janeiro, hasta “villas miseria” y campamentos de ocupas donde la gente vive en chozas improvisadas con cualquier material que tengan a mano (Figura 3.2). Los barrios marginales concentran pobreza, vulnerabilidad social y, a menudo, también riesgos climáticos como la exposición al calor extremo.⁷⁷ La experiencia del estrés térmico crónico ha sido bien documentada en los barrios marginales de las ciudades tropicales en particular.⁷⁸ Como se discutió en la Sección 1, con el cambio climático, las condiciones similarmente calientes son cada vez más comunes, incluso en zonas templadas.

R 1 2 3 EL AUMENTO DE LA TEMPERATURA AFECTA A LOS HOGARES, LA ENERGÍA Y EL TRANSPORTE 4 5 A

FIGURA 3.2. EJEMPLOS DE ASENTAMIENTOS INFORMALES EN TEGUCIGALPA (IZQUIERDA), RÍO DE JANEIRO (DERECHA) Y LIMA (ABAJO).



Fuentes: Jean Carlos y José Matute, UNSPLASH, y Ksenia Ruta, Flickr, con licencia Creative Commons.⁷⁹

Las viviendas construidas sin ayuda profesional y con materiales inadecuados suelen ser especialmente vulnerables a las condiciones climáticas extremas y al malestar térmico.⁸⁰ Además, los asentamientos informales suelen carecer de infraestructura esencial, servicios básicos como agua potable —imprescindible en épocas de calor— y saneamiento, comodidades urbanas como parques y árboles en las calles, o transporte público confiable. Todo ello agrava la susceptibilidad de los residentes a los riesgos para la salud relacionados con el calor.

Además, las personas pobres que viven en zonas urbanas —no solo los habitantes de barrios marginales, sino también los residentes en viviendas de interés social— se ven a menudo llevados hacia la periferia de las ciudades, donde el terreno es más económico, pero carece de infraestructura.⁸¹ Esta desigualdad espacial se traduce en un acceso

limitado a servicios públicos y comodidades que podrían mitigar los efectos del calor extremo, como instalaciones sanitarias y centros de enfriamiento.⁸²

3.1.1 MUCHAS VIVIENDAS DE LA REGIÓN NO ESTÁN CONSTRUIDAS PARA OFRECER CONFORT TÉRMICO

El aislamiento térmico no es una característica común de las viviendas en América Latina y el Caribe —excepto en los lugares donde hace frío— y los residentes urbanos de bajos ingresos tienden a estar aún menos protegidos del calor, ya que sus casas suelen estar construidas con ladrillos huecos industrializados sin sistema de esmaltado.⁸³

Los techos suelen ser estructuras de madera con tejas de arcilla industrializadas o metal ondulado. El metal ondulado no tiene prácticamente ningún valor aislante y, sin otras medidas como un revestimiento reflectivo, una altura de techo y ventilación adecuadas, resulta casi imposible resistir condiciones climáticas extremas. Los techos de color rojo oscuro también absorben grandes cantidades de calor. Un experimento realizado en Ciudad de México en 2024 encontró una diferencia de 30 °C entre las temperaturas máximas alcanzadas por los techos pintados de blanco frente a los de color ocre: 40 °C y 70 °C, respectivamente.⁸⁴

Por otra parte, un análisis de los datos censales en México reveló que los materiales deficientes para techos (techos de cartón y metal corrugado) eran más frecuentes en los estados más pobres y calientes, como Chiapas, Tabasco y Oaxaca.⁸⁵ Los resultados de la Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2023 de Colombia muestran un patrón similar: los departamentos con climas más calientes y predominantemente tropicales tienden a tener una mayor proporción de hogares que carecen de materiales adecuados para pisos y paredes.⁸⁶ También es más probable que tengan suelos de tierra y paredes exteriores de madera rústica, tablas o zinc, o que no tengan paredes. Esto sugiere que, junto con las desigualdades térmicas analizadas en la sección 2.3, las ciudades de las regiones más calientes de un país también pueden tener niveles de pobreza más elevados en general.

La Encuesta Nacional de Vivienda 2020 de México también reveló que solo el 6% de las casas tenían algún tipo de aislamiento.⁸⁷ En cuanto a si estaban satisfechos con la forma en que sus hogares los protegían de la lluvia, el frío, el calor y el viento, 42% de los encuestados dijeron estar solo algo, poco o nada satisfechos, lo que sugiere que una proporción significativa de los hogares en México es inadecuada para proteger a sus habitantes de los elementos, y mucho menos del clima extremo. Esto está estrechamente relacionado con la pobreza energética, ya que los mismos hogares que carecen de una vivienda adecuada suelen carecer de medios para pagar ventiladores y/o aire acondicionado eficientes.⁸⁸ El confort térmico interior es más que una comodidad; como se destaca en la Sección 4, es importante para la salud y el bienestar humano, los buenos resultados educativos, la productividad de los trabajadores y mucho más. La mayoría de las muertes relacionadas con el calor se producen dentro del hogar, afectando principalmente a los adultos mayores que pasan hasta el 90% de su tiempo en espacios interiores.⁸⁹ Esto resalta la necesidad de priorizar las condiciones ambientales interiores y la calidad de la vivienda para mitigar la mortalidad relacionada con el calor.

Mientras que la comprensión de la exposición al calor exterior ha avanzado considerablemente, los impactos de las altas temperaturas interiores siguen siendo menos conocidos.⁹⁰ La mayoría de las directrices sobre exposición al calor se basan en las temperaturas exteriores, pasando por alto el hecho de que las temperaturas interiores y exteriores pueden diferir significativamente con base en el diseño de la edificación, los materiales y el acceso al enfriamiento. Los estudios realizados en oficinas demuestran que en, un intervalo de temperaturas de 25-32 °C, cada aumento de 1 °C se correlaciona con un descenso del 2% en la productividad de los empleados,⁹¹ subrayando los beneficios para la productividad y el bienestar de los ambientes interiores controlados.

Como se muestra en la Figura 3.3, la humedad también influye en el confort percibido en relación con el calor. Por ejemplo, un estudio realizado en Bogotá reveló que la temperatura operativa cómoda en edificios de oficinas era de 23,47 °C, y que los niveles de confort se veían influenciados por una humedad relativa interior de entre el 29% y el 70%.⁹² Los mayores niveles de humedad disminuían la temperatura cómoda percibida, lo que demuestra que el control de la humedad es esencial en los ambientes interiores para gestionar el confort relativo al calor.

FIGURA 3.3. FACTORES DETERMINANTES DEL CONFORT TÉRMICO HUMANO.



Fuente: ESMAP (2020), Figura 1.2.⁹³

3.2 ¿QUÉ SE PUEDE HACER? PROTEGER LAS VIVIENDAS Y EDIFICIOS DEL CALOR

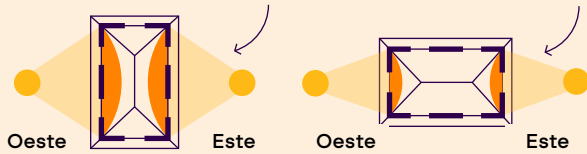
Como se señaló al principio de esta sección, históricamente, la arquitectura típica de esta región brindaba confort térmico sin sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC, por sus siglas en inglés). Los edificios tradicionales recurrían al llamado “enfriamiento pasivo” mediante estrategias de diseño adaptadas a los climas locales. Sin embargo, los materiales modernos e industrializados y los tipos de edificios homogéneos se han extendido ampliamente, ignorando a menudo las soluciones específicas para cada clima, y este cambio ha aumentado la dependencia del enfriamiento mecánico (o activo). Dado especialmente al consumo de energía asociado al uso de aire acondicionado (ver la sección 3.2.2), y su limitada asequibilidad, es crucial aprovechar al máximo las oportunidades de enfriamiento pasivo.⁹⁴ En América Latina y el Caribe, esto implica reactivar los enfoques tradicionales, así como adoptar nuevas estrategias.⁹⁵

3.2.1 INCORPORAR ESTRATEGIAS DE ENFRIAMIENTO PASIVO PARA ESTRUCTURAS NUEVAS Y EXISTENTES

En las nuevas construcciones, la mejora del confort térmico interior empieza por el diseño del edificio y la selección de los materiales. Como se resume en la figura 3.4, las estrategias clave en los climas tropicales cálidos incluyen la optimización de la orientación del edificio para evitar la luz solar directa durante las horas más calientes, por ejemplo, incorporar sombras, maximizar la ventilación natural asegurando un buen flujo de aire e invitando a que entre la brisa fresca, y evitar colores y materiales que absorban el calor (por ejemplo, techos negros), eligiendo en su lugar superficies con un albedo alto.

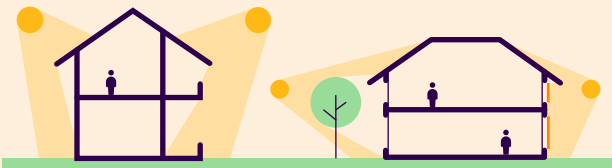
FIGURA 3.4. ESTRATEGIAS DE DISEÑO PARA CREAR UN HOGAR CONFORTABLE EN EL TRÓPICO.

ORIENTACIÓN DEL SITIO



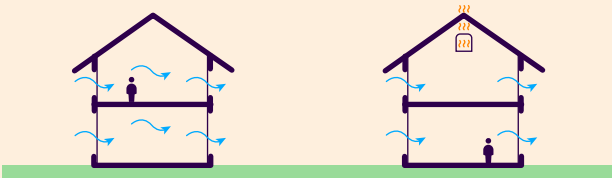
- Priorizar las habitaciones que necesiten más ventilación natural y situarlas de forma que aprovechen los vientos dominantes.
- Orientar los lados más cortos de la casa hacia el sol del este y del oeste, excepto si esto compromete la ventilación natural.

SOMBRA DEL SOL



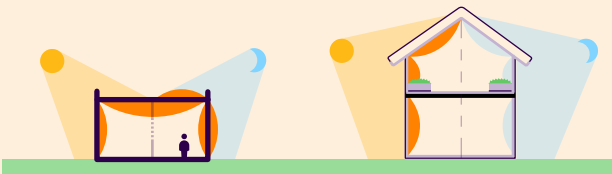
- Disponer de grandes voladizos en el techo o zonas exteriores cubiertas para dar sombra a las paredes orientadas al norte y al sur.
- Utilizar pantallas verticales o contraventanas para dar sombra a las aberturas orientadas al este y al oeste.
- Plantar árboles y otro tipo de vegetación para dar sombra a las paredes orientadas al este y al oeste y proporcionar un entorno más fresco.

VENTILACIÓN NATURAL



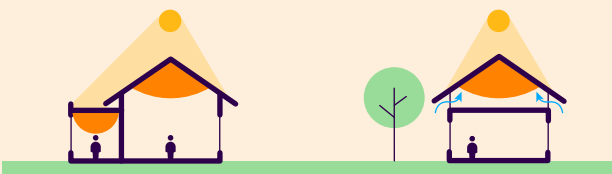
- Disponer ventanas y puertas grandes en dos o más paredes de cada habitación para favorecer la ventilación cruzada.
- Utilizar ventanas superiores o rejillas de ventilación cerca del techo para permitir la salida del aire caliente ascendente.

MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN DE PAREDES



- Los materiales de masa térmica, como muros y losas de concreto, no son ideales a menos que estén a la sombra. Estos almacenan el calor absorbido durante el día y lo liberan en la habitación durante la noche.
- Es preferible utilizar materiales ligeros y estructuras de armazón, ya que se enfrían rápidamente.

DISEÑO DEL TECHO



- Utilizar techos altos. Los techos altos mantienen el aire caliente por encima de los ocupantes de la habitación.
- También se puede incorporar materiales reflectivos de color claro para cubrir el techo.
- Utilizar un sistema de doble techo, especialmente si la capa inferior es de concreto.

Fuente: Architropics (2020).⁹⁶



La ventilación natural

está ampliamente considerada como una de las estrategias más eficaces de enfriamiento pasivo, sobre todo en climas tropicales y templados, y se puede lograr optimizando la geometría del edificio para mejorar el flujo de aire y reducir la acumulación de calor. Las técnicas clave incluyen: (i) la ventilación cruzada, como el diseño de aberturas (ventanas y puertas) en lados opuestos del edificio para permitir un flujo de aire continuo; (ii) la ventilación por flotabilidad o el aprovechamiento de la altura del edificio para permitir que el aire caliente suba y escape a través de aberturas en la parte alta; y (iii) maximizar la ventilación durante las horas más frescas de la tarde para eliminar el calor acumulado. Los estudios han demostrado que la ventilación impulsada por el viento y la ventilación por flotabilidad son soluciones especialmente rentables para los hogares de bajos ingresos.



El diseño, los materiales y el color del techo

son especialmente importantes, ya que en los climas calientes los techos representan entre el 50 y el 60% de la carga de enfriamiento de un edificio,⁹⁷ ya que el sol incide directamente sobre ellos. Así pues, el diseño de los techos desempeña un papel fundamental en las estrategias de enfriamiento pasivo. Los techos altos y los ductos a nivel del techo pueden mejorar la circulación del aire y facilitar la ventilación por flotabilidad. Así como se están utilizando revestimientos reflectivos y de colores claros para aumentar el albedo de las carreteras, lo que logra enfriarlas (sección 3.4.4), se están empleando estrategias similares para fabricar “techos frescos”. Con base en el experimento sobre techos descrito en la Sección 3.1, por ejemplo, los expertos en clima mexicanos aconsejaron pintar los techos de blanco.⁹⁸ La selección de materiales es también importante. En climas tropicales cálidos, los techos ligeros con revestimientos reflectivos suelen funcionar mejor que los pesados techos de concreto, ya que estos últimos pueden retener e irradiar calor.

Un ejemplo notable de implementación de techos fríos a gran escala es el *Million Cool Roofs Challenge*, lanzado en 2019, que instaló más de 1,1 millones de metros cuadrados de techos fríos en dos años en varios países de bajos y medianos ingresos, incluyendo México.⁹⁹ Los participantes informaron que las temperaturas interiores eran al menos 2 °C más frescas. Los techos de alto albedo en Argentina y Chile también han demostrado ser prometedores, aunque se necesita investigar más para identificar los mejores materiales y los entornos más adecuados.¹⁰⁰ Un estudio reciente que combinaba la modelación con pruebas sobre el terreno en lugares con climas diferentes descubrió que los techos fríos lograban un ahorro energético promedio del 32,8, 35,7,15,0 y 25,0%, respectivamente, en zonas climáticas templadas, tropicales, calientes-secas y compuestas.¹⁰¹

Un estudio realizado en 2012 por uno de los principales defensores de los techos fríos concluyó que la adopción generalizada de superficies urbanas reflectivas de la luz, sobre todo techos y pavimentos, podría reducir la temperatura global entre 0,01 y 0,07 °C.¹⁰² Sin embargo, al igual que ocurre con los pavimentos fríos, puede haber puntos en

contra: tanto los techos fríos como los “techos verdes” (cubiertos de vegetación; ver la Sección 5.1.1) pueden afectar la velocidad del viento, la humedad y la temperatura radiante en el exterior del edificio.¹⁰³ Un estudio de la Universidad de Harvard publicado a finales de 2024 concluyó que el uso a gran escala de techos y pavimentos fríos podría suprimir la precipitación en las zonas circundantes.¹⁰⁴ Los autores advirtieron de que, si se adoptan de forma generalizada en los barrios ricos pero no en los pobres, los techos refrigerados podrían agravar involuntariamente las desigualdades térmicas.



Los techos verdes

cubiertos de vegetación, también han demostrado ser prometedores para reducir las temperaturas interiores y mejorar la resiliencia de la biodiversidad. En Córdoba (Argentina), las temperaturas de la superficie interior de las habitaciones cubiertas con techos verdes eran entre 5 y 6 °C más frías que las cubiertas con techos convencionales.¹⁰⁵ Se ha descubierto que las especies vegetales autóctonas aportan beneficios adicionales, como la mejora de la biodiversidad y una mayor resiliencia al estrés medioambiental.¹⁰⁶

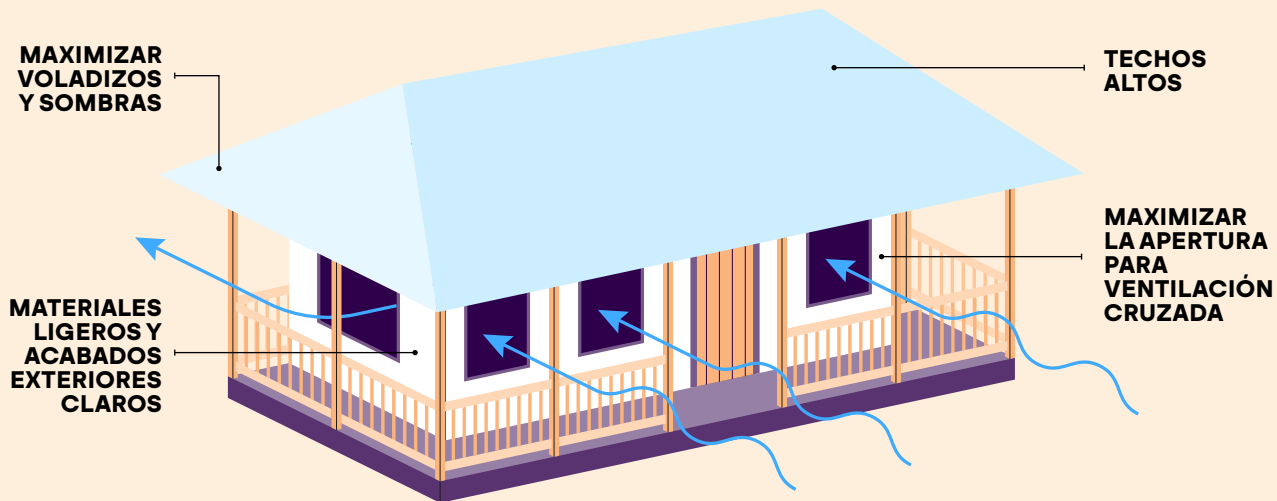
Es importante señalar que los techos verdes son más complicados que los techos fríos, ya que hay que aplicar tierra u otro medio de cultivo con un grosor suficiente para soportar las especies seleccionadas, y esto, más las plantas y el agua que absorban, añade peso que el techo deberá soportar. En lugares donde se valora mucho el manejo de las aguas lluvia, las cubiertas verdes pueden tener un beneficio económico neto. Por lo demás, su costo es moderadamente superior al de otras opciones. Sin embargo, hay muchos beneficios colaterales más allá del enfriamiento y la absorción de agua, como la biodiversidad, el valor estético y la posibilidad de cultivar alimentos o crear espacios verdes adicionales para el disfrute.



Las estrategias de sombreado

son fundamentales para evitar la radiación solar directa, sobre todo en las ventanas y paredes que reciben más luz solar. Los dispositivos de sombreado exterior, como voladizos y toldos, son más eficaces que las cortinas o persianas. Los espacios semiexteriores, como pórticos y balcones, también son habituales en los climas tropicales, ya que crean zonas que reducen el aumento de calor interior, al tiempo que ofrecen espacios culturalmente familiares para los ocupantes (figura 3.5). Una investigación realizada en Honduras ha demostrado que los espacios semiexteriores contribuyen significativamente al enfriamiento de los edificios de apartamentos.¹⁰⁷

FIGURA 3.5. COMBINACIÓN DE SOMBRA, DISEÑO DEL TECHO Y VENTILACIÓN PARA CONSEGUIR VIVIENDAS FRESCAS EN CLIMAS CALIENTES-HÚMEDOS.



Fuente: Goyal (2023).¹⁰⁸

Las investigaciones indican que las estrategias pasivas bien diseñadas pueden reducir el calor interior hasta en un 25%, incluso en climas calientes y húmedos.¹⁰⁹ Para ser más eficaces, las estrategias pasivas de diseño se adaptan a las condiciones climáticas locales específicas. Es probable que una sola estrategia no sea suficiente para lograr un confort térmico óptimo en contextos cálidos y tropicales o durante episodios de calor extremo en cualquier ciudad, por lo que será necesario tener una combinación de estrategias. La mayoría de los estudios realizados hasta la fecha se han centrado en climas fuera de la región latinoamericana, causando una brecha en las soluciones localizadas para entornos tropicales y subtropicales. Sin embargo, cada vez hay más estudios en la región.¹¹⁰

Un estudio realizado en México, por ejemplo, modeló la eficacia y el costo potenciales de la adopción de un paquete de técnicas de enfriamiento pasivo en viviendas económicas de la ciudad tropical de Mérida (Yucatán).¹¹¹ Se llegó a la conclusión de que el tiempo anual de incomodidad térmica podría reducirse a la mitad, y podría lograrse un ahorro de energía de alrededor del 20% debido a la reducción de las cargas de enfriamiento, y los costos de construcción adicionales no excederían (un ya sustancial) 36% del valor de la vivienda.

En Colombia, un experimento en viviendas de interés social en Cali demostró que las chimeneas solares, que podían instalarse a bajo costo, podían reducir significativamente el calor diurno, a menudo insoportable.¹¹² En Mendoza, Argentina, se utilizó un anexo a una casa para demostrar exitosamente un conjunto de métodos de enfriamiento pasivo¹¹³

Las estrategias de diseño pasivo suelen ser rentables y sostenibles desde el punto de vista medioambiental, pero dada la diversidad de climas de la región, las soluciones que funcionan para una ciudad o un edificio pueden no funcionar en otro, y no son fáciles de reproducir. Además, las medidas pasivas pueden ser insuficientes a medida que aumenta la temperatura debido al cambio climático. El sombreado y los techos reflectivos seguirán

siendo eficaces para mitigar el calor y ayudarán a reducir las cargas de enfriamiento en los edificios que tengan aire acondicionado, pero los edificios diseñados para tener ventilación cruzada pueden tener que ser modificados para el uso del aire acondicionado, ya que los espacios enfriados mecánicamente requieren cerramientos herméticos para evitar el intercambio de calor. El reto consiste en equilibrar una cobertura permeable (que permita la ventilación) con la necesidad de hermeticidad cuando se introduce el aire acondicionado. Aún es complejo determinar si los edificios deben ser diseñados para tener aire acondicionado desde el principio, ya que depende del clima local. En los climas más clementes, la ventilación natural seguirá siendo una medida eficaz.

CUADRO 3.1

MEJORA DE LA RESILIENCIA DE LA VIVIENDA “AUTOPRODUCIDA” EN MÉXICO

El gobierno mexicano lleva varios años trabajando para mejorar la calidad de la vivienda “autoproducida”, es decir, la que se construye enteramente bajo la dirección de sus propietarios, desde las decisiones sobre el uso del suelo hasta el diseño y la construcción, así se contrata contratistas o no.

En 2022, se estimaba que el 62,8% de las viviendas en México eran de autoproducción.¹¹⁴ Con el objetivo de mejorar la calidad y resiliencia de estas viviendas y promover nuevas construcciones, el gobierno desarrolló una estrategia de autoproducción en el marco del Programa Nacional de Vivienda 2021-2024.¹¹⁵ Para informar el desarrollo de la estrategia y su implementación, se llevó a cabo un estudio piloto con 32 viviendas en cuatro zonas climáticas diferentes.¹¹⁶

El estudio identificó una serie de intervenciones de climatización y eficiencia energética adecuadas para cada zona climática, con medidas tanto prioritarias

como complementarias. Por ejemplo, en climas cálidos y húmedos, las medidas prioritarias incluían paredes lisas y de color claro, revestimientos reflectivos en los techos, alineación para protegerse del sol, ventilación cruzada y ventilación de techos. Las simulaciones sugerían que los propietarios podían reducir sus costos energéticos anuales hasta un 33%, al tiempo que mejoraban su confort térmico.

El proyecto piloto descubrió que varias medidas eran fáciles y económicas de aplicar incluso en viviendas antiguas, mientras que otras —como la mejora de las ventanas para la ventilación— eran más económicas y factibles en nuevas construcciones o ampliaciones.¹¹⁷

La estrategia nacional de autoproducción tiene la intención de generar conciencia sobre la necesidad de una construcción resiliente, ampliar el acceso a la financiación para que las familias puedan costear la construcción de viviendas de mayor calidad, y brindar mayor apoyo técnico y capacitación.¹¹⁸

3.2.2 AUMENTAR LA EFICIENCIA DE LAS TECNOLOGÍAS DE ENFRIAMIENTO ACTIVO

Históricamente, la mayoría de la población de América Latina y el Caribe no ha utilizado aire acondicionado. Como se señala en la sección 1, gran parte de la población vive en ciudades donde el clima ha sido generalmente templado, con pocos días muy calientes, si es que ha habido alguno. Incluso en lugares con climas más cálidos, las casas y otros edificios se diseñaban y construían con materiales que ayudaban a mantenerlos frescos.

Sin embargo, con el aumento tanto de las temperaturas como de los ingresos, el uso de tecnologías de enfriamiento ha crecido rápidamente. La cantidad de ventiladores de techo y portátiles en Brasil casi se duplicó de 2010 a 2020, por ejemplo,¹¹⁹ y solo en 2023 se vendieron unos 5,1 millones de sistemas de aire acondicionado en el país.¹²⁰ En América Latina y el Caribe, el porcentaje de personas que tiene aire acondicionado sigue siendo relativamente bajo, el 15% en 2022,¹²¹ aproximadamente la mitad del promedio mundial, aunque con grandes diferencias entre los países y dentro de ellos. Por ejemplo, mientras que solo el 14% de los hogares de México tenían aire acondicionado en 2016, el 73% en Sonora y el 77% en Sinaloa lo tenían. Del mismo modo, mientras que en 2018 el 20% de los hogares en Brasil tenía aire acondicionado, en Manaus era el 69% de los hogares.¹²²

Para 2050, según las políticas declaradas por los países, la AIE prevé que el triple de hogares en México y Colombia tengan aire acondicionado, y el doble en Argentina, Brasil y Costa Rica.¹²³ Esto no solo pondrá a prueba los sistemas eléctricos, sino también el presupuesto de muchos hogares. Un estudio de ocho países industrializados reveló que los hogares con aire acondicionado gastaban entre un 35% y un 42% más en electricidad que los que no tenían aire acondicionado, en promedio.¹²⁴ La pobreza energética ya agrava los impactos de las desigualdades térmicas en América Latina y el Caribe, como se analiza más adelante en la sección 2.3. En 2022, por ejemplo, se estimaba que 28,7 millones de personas en entornos urbanos pobres de Brasil corrían un alto riesgo de calor por falta de acceso al enfriamiento.¹²⁵ Otros 57,7 millones de brasileños tenían ingresos medios-bajos y podían comprar un ventilador o un aire acondicionado, pero probablemente uno barato e ineficiente.

Se espera que estas brechas aumenten. Según una estimación reciente, para 2050, el 75% de los hogares con ingresos altos de Argentina, Paraguay y Uruguay dispondrán de aire acondicionado, pero solo el 50% de los hogares con ingresos bajos lo tendrán.¹²⁶ En México, estas cifras se reducen al 50% y al 15%, respectivamente, mientras que en El Salvador, menos del 10% de los hogares podrían tener acceso a aire acondicionado. Es probable que estas disparidades hagan que los hogares más pobres sean aún más desproporcionadamente vulnerables a la mortalidad, las enfermedades, los efectos sobre la salud mental y el bajo desempeño educativo relacionado con el calor, entre otras (ver la Sección 4).

Se necesita una estrategia integrada para abordar de forma sostenible las necesidades de enfriamiento de los espacios interiores, empezando por reducir las cargas de enfriamiento mediante estrategias de diseño pasivo (sección 3.2.1). También es crucial adoptar normas

ambiciosas de eficiencia energética para las tecnologías de enfriamiento como el aire acondicionado, ya que las tecnologías y estrategias existentes, si se aplican ampliamente, podrían satisfacer las necesidades de enfriamiento con mucha menos energía.¹²⁷

Sin embargo, la eficiencia promedio de los aires acondicionados actuales es menos de la mitad de la de las unidades de mayor eficiencia energética disponibles a la venta. Junto con el uso de aires acondicionados más eficientes, la automatización y los controles pueden servir para optimizar el rendimiento de los dispositivos.

Las normas de eficiencia energética para el aire acondicionado pueden hacer que el enfriamiento sea más asequible y aliviar la presión sobre la red eléctrica durante los días calientes. En 2021, 10 países latinoamericanos tenían normas mínimas de eficiencia energética (MEPS, por sus siglas en inglés) obligatorias para el aire acondicionado, uno tenía normas voluntarias y otro tenía previsto adoptarlas.¹²⁸ Estas normas son herramientas poderosas cuando son obligatorias, ya que garantizan que solo los equipos que las cumplan puedan ser vendidos o utilizados. La colaboración regional puede acelerar el progreso, especialmente en los países más pequeños. Por ejemplo, en 2022, con el apoyo de la AIE, el Sistema de Integración Centroamericana (SICA) introdujo su primera normativa regional sobre eficiencia energética, específicamente para los dispositivos de aire acondicionado con inversor.¹²⁹

Los ventiladores eléctricos eficientes son otra parte clave de la solución, ya que pueden ser muy eficaces, son más asequibles que una unidad de aire acondicionado estándar y consumen mucha menos electricidad. Los ventiladores son los equipos de enfriamiento activo más utilizados en la actualidad, con más del triple de propietarios que los aires acondicionados en todo el mundo, y con diferencias aún mayores en muchos países de América Latina y el Caribe.¹³⁰ Hay ventiladores de muchos estilos y tamaños, y en algunos países también son comunes los enfriadores evaporativos o los ventiladores de nebulización. Los ventiladores suelen consumir menos del 10% de la energía que consume un aire acondicionado para un espacio equivalente.¹³¹ Sin embargo, como ocurre con los aires acondicionados, su eficacia varía y, en caso de calor extremo, un ventilador puede no ser suficiente.

3.2.3 APROVECHAR LOS CÓDIGOS DE CONSTRUCCIÓN Y LAS NORMAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA POR MEDIO DE REGLAMENTOS

Para los legisladores, es importante reconocer que la adopción a gran escala de tecnologías energéticamente eficientes, diseños de edificios y enfoques de enfriamiento pasivo suele estar impulsada por las políticas públicas. Los códigos de construcción suelen abarcar la integridad estructural, las normas de los sistemas eléctricos y de plomería, la seguridad contra incendios y, cada vez más, la sostenibilidad, incluyendo las medidas para mejorar el confort térmico y reducir el consumo de energía. Los códigos de construcción y los programas de certificación de edificios ecológicos pueden incentivar mejoras en el diseño, el revestimiento y el aislamiento de los edificios que contribuyen a la eficiencia energética y también pueden aumentar la resistencia en caso de fallas eléctricas.

Sin embargo, como se muestra en la Figura 3.6, pocos países de América Latina y el Caribe cuentan con normas obligatorias de eficiencia energética en la construcción. Algunos tienen normas voluntarias de eficiencia energética en la construcción, pero la experiencia en otros lugares sugiere que el progreso depende de códigos obligatorios que se cumplan de manera efectiva. A medida que los países actualizan sus códigos de construcción, es crucial integrar disposiciones sobre eficiencia energética para ayudar a garantizar que las nuevas construcciones y los edificios remodelados sean adecuados para un futuro cada vez más caliente.¹³²

FIGURA 3.6. POLÍTICAS CLAVE DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN PAÍSES SELECCIONADOS DE ALC PARA UN ENFRIAMIENTO EFICIENTE.

PAÍS	CÓDIGOS DE CONSTRUCCIÓN		ELETRODOMÉSTICOS		ENFRIAMIENTO	
	OBLIGATORIO	VOLUNTARIO	MEPS	ETIQUETAS	MEPS	ETIQUETAS
Argentina						
Chile						
Cuba	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ecuador						
Panamá						
Perú						
Brasil	○	✓	✓	✓	✓	✓
Costa Rica						
México						
Colombia	○	✓	✓	✓	○	✓
Uruguay	○	○	○	✓	✓	✓
Bolivia	○	○	✓	✓	○	✓
Venezuela	○	○	✓	✓	✓	✓
Paraguay	✓	✓	○	○	○	○
Nicaragua	○	○	✓	○	✓	○
Honduras	○	○	○	○	✓	✓

Política implementada: ○ No ✓ Yes

Nota: MEPS = normas mínimas de eficiencia energética.

Fuente: AIE (2023), p. 87.¹³³

Mientras tanto, los programas voluntarios de certificación de edificios verdes son cada vez más populares. El programa más exitoso en América Latina es el Sistema de Certificación de Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental (LEED, por sus siglas en inglés), con más de 4.000 proyectos LEED y más de 1.700 profesionales LEED activos en 2020.¹³⁴ En 2023, Brasil y México se encontraban entre los 10 primeros países del mundo (fuera de Estados Unidos) en proyectos LEED, con 119 y 86 proyectos

certificados, respectivamente.¹³⁵ EDGE, una herramienta desarrollada específicamente para los mercados emergentes por la Corporación Financiera Internacional (IFC, por sus siglas en inglés), que forma parte del Grupo del Banco Mundial, ofrece otra opción para que los constructores identifiquen soluciones de eficiencia energética rentables y obtengan la certificación.¹³⁶

CUADRO 3.2

MITO URBANO: LOS EDIFICIOS DE ALTA EFICIENCIA ENERGÉTICA TIENEN UN COSTO ELEVADO

Otro obstáculo a la adopción generalizada de edificios energéticamente eficientes que optimicen la regulación de la temperatura y el enfriamiento en interiores es la percepción de que tienen un costo elevado. Sin embargo, múltiples estudios señalan que estos costos suelen ser sobrestimados por el público, e incluso por constructores e inversores.¹³⁷

En primer lugar, es importante tener en cuenta que el diseño pasivo y otras estrategias para mejorar la eficiencia energética son más rentables cuando se integran durante la fase de diseño y construcción de un edificio, cuando los costos incrementales son más bajos. La adaptación posterior de los edificios existentes suele ser mucho más costosa. A medida que los códigos de construcción se hagan más estrictos y las cadenas de suministro de materiales y tecnologías ecológicas maduren, se espera que estos costos iniciales sigan disminuyendo con el tiempo.

En segundo lugar, a lo largo de la vida útil de un edificio (unos 30 años), los costos energéticos acumulados asociados al enfriamiento activo de un edificio ineficiente pueden ser superiores a la inversión inicial necesaria para construir un edificio más eficiente desde el punto de vista energético. La AIE señala que los edificios que no se construyen teniendo en cuenta la eficiencia energética acumulan un elevado consumo de energía y unos costos elevados durante décadas, mientras que incluso unas modestas mejoras a la

eficiencia pueden suponer un ahorro sustancial a largo plazo.¹³⁸

En tercer lugar, un reciente informe del Banco Mundial sugiere que muchas inversiones en edificios resilientes y con bajas emisiones de carbono también pueden generar nuevas fuentes de ingresos, además de reducir los costos.¹³⁹ Por ejemplo, las instalaciones solares en los techos pueden no solo reducir las facturas de electricidad, sino también permitir la venta de energía a la red. La mejora de la eficiencia energética suele generar importantes ahorros que, en algunos casos, pueden cubrir totalmente la inversión. Mecanismos de financiación como la financiación vinculada a la propiedad, los acuerdos de servicios energéticos o las asociaciones público-privadas (APP) pueden ayudar a captar estos beneficios y canalizarlos hacia la amortización de los costos iniciales.

Por último, múltiples análisis señalan que el sobrecosto de los edificios energéticamente eficientes es relativamente bajo, del 1 al 7% en Estados Unidos, o del 5% en el caso de los edificios energéticamente eficientes certificados en Singapur, un país de clima especialmente caliente y húmedo, donde los costos adicionales se compensan con el ahorro derivado de la reducción del consumo de energía y agua en un plazo de tres a seis años. La herramienta EDGE de la IFC señala un periodo de retorno de la inversión en la construcción de edificios energéticamente eficientes en los países en desarrollo de uno a dos años.¹⁴⁰

3.2.4 DESARROLLAR DISTRITOS TÉRMICOS

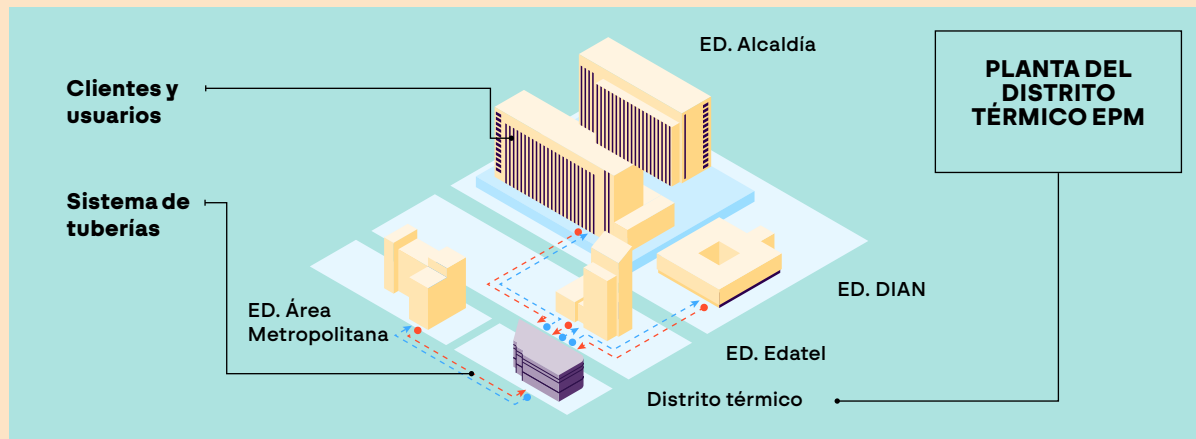
Los sistemas de distritos térmicos enfrían el agua en un lugar centralizado y la distribuyen por tuberías subterráneas aisladas para refrigerar varios edificios de una zona determinada.¹⁴¹ Este enfoque centralizado mejora la eficiencia energética y también evita un problema común de los sistemas distribuidos: la expulsión de calor al medio ambiente. Estos sistemas también pueden aprovechar las economías de escala, lo que supone un importante ahorro de costos.

Los sistemas de distritos térmicos fueron desarrollados por primera vez en Estados Unidos, para servir a campus universitarios y otros complejos de edificios, incluyendo el Pentágono. Desde entonces han sido implementados exitosamente en todo el mundo, especialmente en Japón y, sobre todo en los últimos años, en los Emiratos Árabes Unidos y otros países del Golfo Pérsico.¹⁴² El primer sistema desarrollado en América Latina fue la planta del Distrito Térmico La Alpujarra, en Medellín (ver el Cuadro 3.3), que desde 2016 ha suministrado aire acondicionado a múltiples edificios gubernamentales, incluyendo a la Alcaldía.¹⁴³

CUADRO 3.3

EL DISTRITO TÉRMICO LA ALPUJARRA, MEDELLÍN

La planta del Distrito Térmico La Alpujarra fue desarrollada por Empresas Públicas de Medellín (EPM), la empresa de servicios públicos de Medellín, en cooperación con organismos gubernamentales locales y nacionales. La cofinanciación de la Secretaría de Estado de Economía (SECO) de Suiza y del Fondo Multilateral para la Aplicación del Protocolo de Montreal contribuyó a reducir el riesgo de la inversión para EPM y a garantizar la capacidad para desarrollar este proyecto pionero.



El Distrito Térmico La Alpujarra abastecía inicialmente a tres edificios públicos, sustituyendo sus equipos de enfriamiento de alto consumo energético por un sistema más eficiente. Desde entonces, la red de distribución subterránea se ha ampliado a 1,5 kilómetros, sirviendo ahora a un total de siete instalaciones gubernamentales e institucionales.

La participación del gobierno nacional en la promoción de la exención fiscal y el fomento del uso de refrigerantes con un potencial cero de agotamiento de la capa de ozono y de calentamiento global fue crucial para el éxito del proyecto. La clave del éxito de la aplicación incluye un fuerte compromiso municipal, un adecuado plan de ordenamiento territorial y el aprovechamiento de las asociaciones internacionales para la financiación y el apoyo técnico.

La Alpujarra demuestra la forma en la que los distritos térmicos pueden aportar importantes beneficios medioambientales y económicos, lo que la convierte en una solución potencialmente atractiva para otras ciudades. Los sistemas de distritos térmicos también pueden integrarse con los sistemas de calefacción urbana y los sistemas combinados de calor y electricidad, mejorando aún más su eficiencia y sostenibilidad mediante el uso de recursos renovables disponibles localmente. En Colombia, donde los sistemas individuales de aire acondicionado están sobrecargando cada vez más el Sistema Interconectado Nacional, especialmente durante los periodos de sequía y las horas pico,, el enfriamiento urbano tiene el potencial de aliviar la congestión de la red, mejorar la seguridad energética y reducir las emisiones.

Sin embargo, existen algunas desventajas y consideraciones a tener en cuenta a la hora de implementar sistemas de enfriamiento urbano. El costo inicial de creación de la infraestructura, incluyendo la planta central de enfriamiento y la red de tuberías aisladas puede ser elevado, y los retos logísticos pueden ser importantes. El aumento de la eficiencia de los sistemas de enfriamiento urbano también puede verse parcialmente contrarrestado por la energía necesaria para el bombeo y por las pérdidas térmicas en el sistema de distribución.

La viabilidad de los sistemas de enfriamiento urbano depende de la escala de las cargas de enfriamiento, la densidad y la diversidad de las necesidades de enfriamiento de la zona. Estos sistemas son más adecuados para zonas urbanas densamente pobladas con una demanda de enfriamiento importante durante periodos prolongados. Los distritos con un rápido crecimiento en un área concentrada, como cuando se construye un gran complejo de viviendas o de uso mixto, y/o se completan múltiples proyectos de gran envergadura en un corto periodo de tiempo, también pueden ser una buena opción. Así es como el enfriamiento urbano ha crecido rápidamente en Medio Oriente.¹⁴⁴ El desarrollo de metodologías claras para estimar la demanda de enfriamiento, así como el establecimiento de políticas de apoyo y marcos institucionales, son pasos cruciales para permitir que el enfriamiento urbano crezca en las ciudades de América Latina. Por lo tanto, es esencial seleccionar cuidadosamente los sitios y sopesar los costos y ahorros previstos.

Un estudio reciente realizado en Colombia, por ejemplo, examinó 13 áreas metropolitanas e identificó 37 agrupaciones potenciales para el enfriamiento urbano, especialmente en Medellín, Barranquilla, Cartagena y Cali, con una demanda combinada de 642 MW de enfriamiento.¹⁴⁵ Los sitios incluyen polígonos industriales, centros turísticos con varios hoteles, centros de convenciones, hospitales y escuelas, entre otros. Es necesario seguir investigando para comprender mejor la demanda de enfriamiento en esas zonas, incluyendo los factores técnicos, medioambientales y económicos y otros posibles usuarios, como los hogares.

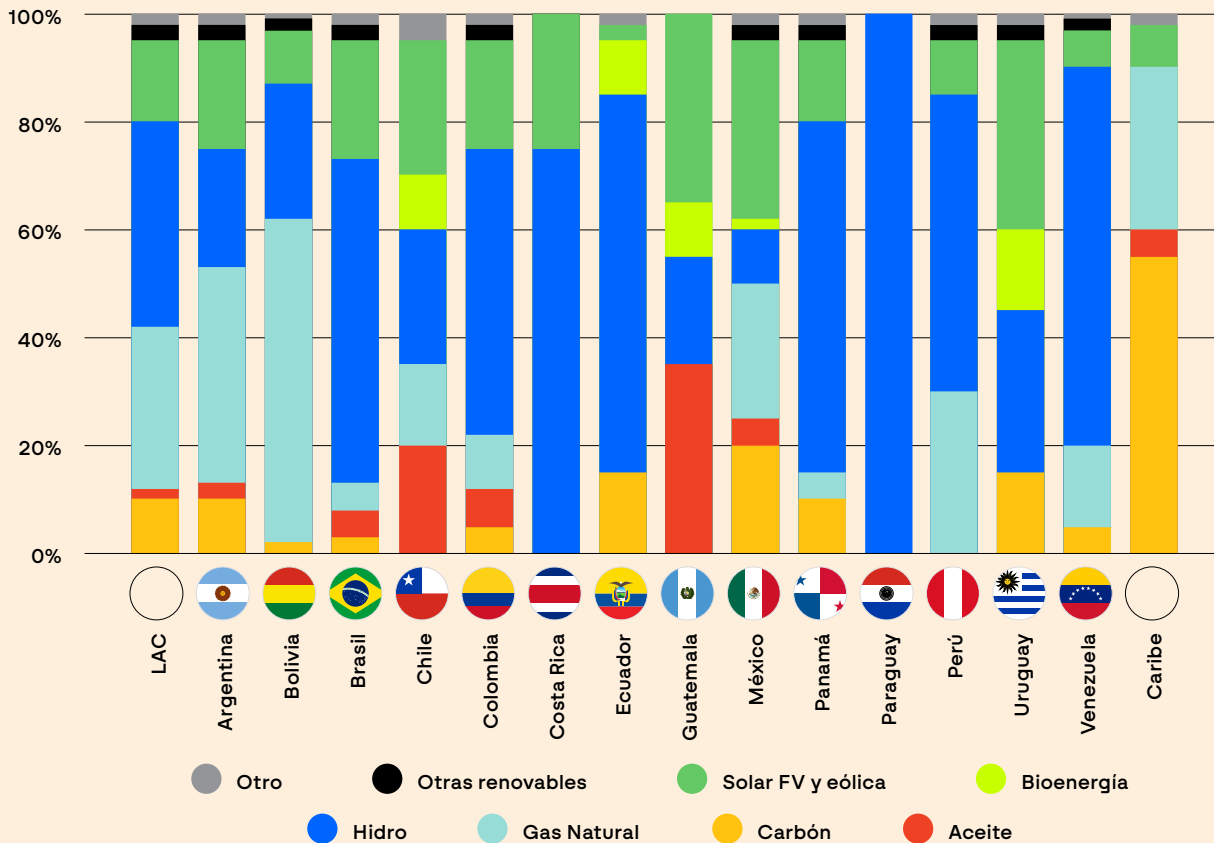
3.3 LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS ESTÁN FALLANDO BAJO EL ESTRÉS TÉRMICO

El aumento de las temperaturas tiene implicaciones para la producción de electricidad, los sistemas de transmisión y distribución y la demanda. Las olas de calor de los últimos

años han puesto a prueba la fiabilidad de los sistemas eléctricos de muchos países, lo que ha suscitado amplios debates sobre su resistencia y sobre qué tan adecuados son sus recursos.¹⁴⁶ Dado el papel central que desempeña la electricidad para la economía urbana, la prestación de servicios básicos y el bienestar humano, en una región donde casi toda la población vive en zonas urbanas, es importante comprender y abordar urgentemente estos riesgos.

El suministro de electricidad en América Latina y el Caribe es diverso, dominado por la energía hidroeléctrica en varios países, como Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Paraguay y Venezuela, y por el gas natural en otros, como Argentina, Bolivia y México. Algunos países también dependen del carbón, la bioenergía (por ejemplo, Guatemala) y, cada vez más, de la energía solar (principalmente fotovoltaica) y eólica. En el Caribe, especialmente, el petróleo sigue siendo importante para los sistemas eléctricos (Figura 3.7). En conjunto, los países de la región tienen uno de los suministros eléctricos más limpios del mundo, con un promedio del 61% de electricidad procedente de energías renovables en 2022.¹⁴⁷

FIGURA 3.7. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD POR FUENTE EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE EN SU CONJUNTO, EL CARIBE Y PAÍSES SELECCIONADOS.



Fuente: Reproducido de la AIE (2023), Figura 1.14.¹⁴⁸

Como muestra la Figura 3.7, la energía hidroeléctrica es una fuente clave de electricidad limpia y fiable para la región, representando el 45% del suministro eléctrico total en 2022.¹⁴⁹ Sin embargo, también es muy susceptible al calor extremo y a la sequía, que a menudo vienen juntos, lo que puede provocar grandes fluctuaciones en la producción hidroeléctrica. Brasil es un buen ejemplo, ya que incluso ha tenido que cerrar temporalmente algunas centrales durante las últimas sequías, y puede perder una capacidad significativa a largo plazo.¹⁵⁰ En 2011, Brasil generó 428,3 TWh de energía hidroeléctrica, pero en 2015, la producción fue de solo 359,7 TWh.¹⁵¹ De 2020 a 2021, la producción cayó alrededor de un 8,5%, de 396,4 a 362,8 TWh.

Sin embargo, la reducción de la capacidad hidroeléctrica es solo una de las amenazas derivadas de un clima más caliente. A medida que aumentan las temperaturas y las olas de calor se hacen más frecuentes y graves, los sistemas eléctricos de la región muestran múltiples vulnerabilidades. En mayo de 2024, por ejemplo, en medio de una ola de calor abrasador, el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) de México declaró un estado de emergencia dos veces en tres días, ya que la red no podía satisfacer la demanda.¹⁵² Incluso después de que se restablecieron los sistemas, muchas ciudades del país sufrieron apagones intermitentes. Como se explica en la Sección 4, los cortes de electricidad durante el calor extremo pueden poner en peligro la salud de las personas.

3.3.1 EL CALOR AUMENTA SIMULTÁNEAMENTE LA DEMANDA DE ENERGÍA Y REDUCE SU OFERTA

En el corazón de cualquier red energética se encuentran las instalaciones de generación, las líneas de transmisión, los transformadores y las subestaciones que suministran electricidad a los consumidores. El calor extremo tiende a producirse en amplias zonas geográficas, afectando los activos de todos los sistemas eléctricos regionales. Los aumentos bruscos de la demanda, especialmente para el enfriamiento de espacios, pueden sobrecargar aún más los sistemas eléctricos. Al mismo tiempo, el calor extremo reduce la capacidad de muchos componentes de esos sistemas:¹⁵³

El calor extremo reduce la capacidad de las **líneas de transmisión**, y aumenta las pérdidas de las líneas en un momento en el que la demanda de electricidad es mayor. Esta es una preocupación específica en los países en los que la capacidad de la red ya es inadecuada. Tanto en Chile como en México, por ejemplo, la producción de energía renovable ha sido restringida frecuentemente debido a la congestión en la red¹⁵⁴ Las líneas también pueden verse afectadas en condiciones de carga y calor elevados, lo que aumenta el riesgo de que entren en contacto con un objeto cercano y provoquen un apagón. Las líneas subterráneas también se ven afectadas, ya que el aumento de la temperatura del aire y del suelo puede reducir su capacidad y provocar fallos en los cables subterráneos defectuosos.

Las altas temperaturas también pueden suponer un reto para los **transformadores** y reducir su capacidad y, con el tiempo, su vida útil. En combinación con una mayor demanda de electricidad para el enfriamiento, el calor puede incluso provocar una

falla catastrófica del transformador. Por ejemplo, durante una fuerte ola de calor en Paraguay en enero de 2022, los transformadores fallaron y provocaron apagones en Asunción y ciudades cercanas.¹⁵⁵ A pesar de los esfuerzos por mejorar los sistemas de transmisión y distribución, no habían podido manejar el aumento de la demanda debido al aire acondicionado.

Las centrales térmicas pueden experimentar una disminución de su capacidad cuando las altas temperaturas del aire y del agua reducen la eficacia del enfriamiento.¹⁵⁶ La sequía, a menudo asociada a temperaturas extremas, también limita el suministro de agua de enfriamiento y puede incluso obligar a que haya paradas en las centrales.

Como ya se ha señalado, la **generación hidroeléctrica** se ve afectada por las sequías que suelen acompañar las olas de calor, que pueden reducir los niveles de los embalses en las centrales con almacenamiento, o el caudal de agua de una central hidroeléctrica de pasada.

La generación de energía solar fotovoltaica se ve afectada por el calor extremo, ya que la mayoría de los paneles están diseñados para alcanzar su máxima capacidad alrededor de los 25 °C (77 °F) y empiezan a perder capacidad a temperaturas más altas. La producción de energía puede disminuir entre un 0,3% y un 0,5% por cada grado por encima de los 25°C.

El almacenamiento de energía también es menos eficaz en condiciones de calor.

Por ejemplo, las baterías de iones de litio tienen una temperatura ideal de funcionamiento de entre 15 y 35 °C. Las temperaturas por encima de ese rango pueden dañar la batería y reducir considerablemente la cantidad de energía que puede almacenar con el tiempo.¹⁵⁷ Se deben tener en cuenta los problemas de rendimiento en los esfuerzos por aumentar la resiliencia del sistema, combinando la energía solar fotovoltaica con el almacenamiento (ver la Sección 3.3.2).

Los cortes de electricidad durante una ola de calor, o como consecuencia de ella, pueden ser muy perjudiciales, como se muestra en la reciente experiencia de Ecuador (Cuadro 3.4). Incluso pueden ser mortales, ya que el aire acondicionado, una fuente crucial de enfriamiento, deja de funcionar y aumenta la exposición al calor en interiores.

CUADRO 3.4

EL SUMINISTRO ELÉCTRICO EN ECUADOR EN MEDIO DEL CALOR Y LA SEQUÍA

Ecuador se enfrenta a un aumento de la temperatura y a sequías más intensas debido al cambio climático. También se ve afectado periódicamente por El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), que calienta la temperatura de la superficie marina del Pacífico y trae consigo un clima más caliente, al tiempo que reduce la precipitación. En 2022-2024, los efectos combinados del cambio climático y El Niño provocaron la sequía más grave de los últimos 60 años en Ecuador.

La sequía redujo drásticamente los niveles de agua en los ríos y en los embalses de las centrales hidroeléctricas de Ecuador. Esto afectó a la generación de energía tanto en los sistemas basados en represas como los de pasada, generando un problema importante dado que la energía hidroeléctrica suministra casi tres cuartas partes de la electricidad del país.¹⁵⁸ La situación llegó a un punto crítico en septiembre-noviembre de 2024, en un momento en el que una sequía generalizada también perturbó la energía hidroeléctrica en Brasil, Bolivia, Colombia, Perú y Venezuela.¹⁵⁹

La caída de la producción hidroeléctrica provocó una gran escasez de energía, lo que llevó al gobierno a cortar la electricidad hasta 14 horas al día en muchas regiones¹⁶⁰ a partir de finales de septiembre, desencadenando un estado de emergencia en 15 provincias. Las industrias y los servicios esenciales se interrumpieron, incluyendo el transporte y el alumbrado público. En Cuenca, por ejemplo, el sistema de tranvías tuvo que reducir las operaciones nocturnas e incluso interrumpir el servicio inesperadamente durante los cortes diurnos.¹⁶¹ A mediados de octubre, el Ministerio de Trabajo dijo que se habían perdido más de 3.500 empleos debido a los apagones, y los organismos industriales afirmaron que la economía había perdido al menos 2.000 millones de dólares.¹⁶²

La crisis siguió agravándose en noviembre. La Represa de Mazar, que alimenta el complejo hidroeléctrico de Paute-Molino —tres centrales que juntas suministran alrededor del 38% de la electricidad del país— alcanzó niveles de agua tan bajos que las centrales solo podían funcionar a capacidad reducida, e incluso cerraron al menos dos veces en noviembre.¹⁶³ En particular, la represa se construyó con capacidad suficiente para soportar 45 días sin lluvia, pero ese límite ahora se supera con frecuencia.

El gobierno organizó importaciones de electricidad de emergencia desde Colombia, fomentó la “autogeneración”, por ejemplo, mediante energía solar en los techos, y ha tratado de diversificar la combinación energética del país.¹⁶⁴ Sin embargo, estas soluciones llevan tiempo, y los apagones y el racionamiento continuaron hasta diciembre de 2024.¹⁶⁵

Los cortes de electricidad no solo afectan a las actividades económicas y a los servicios públicos, sino también la capacidad de las personas para mantenerse frescas en sus hogares. Aunque la peor ola de calor de Ecuador en 2024 se produjo a principios de año, algunas partes del país, incluyendo Guayaquil, han sufrido calor extremo durante el periodo de apagones.¹⁶⁶ En septiembre de 2024, graves incendios forestales en los alrededores de Quito llenaron la ciudad de humo, causando lesiones a docenas de personas y enfermando a muchas más, y obligando a evacuar a más de 100 familias de sus hogares.¹⁶⁷

El cambio climático está poniendo de manifiesto vulnerabilidades críticas en la dependencia de Ecuador de la energía hidroeléctrica. Como ha reconocido el Gobierno, el país necesita urgentemente desarrollar alternativas a la energía hidroeléctrica y, en general, mejorar su infraestructura energética para poder considerar las incertidumbres climáticas.

3.3.2 ¿QUÉ SE PUEDE HACER? FORTALECER LA RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS FRENTE AL CALOR

Los gobiernos y los operadores de sistemas eléctricos de todo el mundo están abordando cada vez más las vulnerabilidades de los sistemas eléctricos ante los fenómenos meteorológicos extremos y el cambio climático descritos anteriormente a través de múltiples enfoques que pretenden hacer que estos sistemas sean más resistentes, más fuertes, más flexibles y más inteligentes.¹⁶⁸ Entre los enfoques clave se incluyen:¹⁶⁹

La mejora de la eficiencia energética: La eficiencia energética suele denominarse el “primer combustible” en la transición hacia energías limpias, porque produce ahorros que reducen la cantidad de capacidad de generación limpia que es necesario añadir. Al reducir la demanda de electricidad, también se alivia la presión sobre la red, incluyendo cargas máximas. Además, mantiene los costos energéticos abajo, tanto para los hogares como para las empresas en un momento en el que es probable que las necesidades de enfriamiento aumenten dichos costos (esto se analiza con más detalle en la sección 3.2.1). Según un estudio reciente, alrededor del 70% de los países latinoamericanos exigen etiquetas de eficiencia energética para los electrodomésticos comunes, y la mayoría también tienen normas mínimas de eficiencia energética (MEPS) obligatorias para artículos como refrigeradores, aires acondicionados y lámparas.¹⁷⁰ Los primeros países en aplicar estas normas, como Brasil y México, las han vuelto tres o cuatro veces más estrictas, con un ahorro energético del 15-20% en cada ocasión. Combinar las MEPS y las etiquetas con campañas de generación de conciencia pública e incentivos puede contribuir aún más a reducir la demanda.

La gestión de la demanda: Muchos operadores del sistema también han implementado medidas para incentivar un menor consumo de electricidad durante los periodos de alta demanda, por ejemplo mediante descuentos o precios más altos.¹⁷¹ En Estados Unidos, los programas de “respuesta a la demanda” han jugado un papel clave en la moderación de la demanda de electricidad durante las olas de calor en California, Texas y Arizona, por ejemplo, con pagos a los grandes consumidores para que utilicen menos energía.¹⁷² Se pueden ofrecer incentivos similares a los hogares. Por ejemplo, un programa piloto de respuesta a la demanda de emergencia basado en reembolsos en el suroeste de China, en el que participaron más de 205.000 hogares, logró reducir el consumo de electricidad de los participantes en más de un 7% durante las horas pico, sin imponer nuevas cargas financieras a las poblaciones vulnerables.¹⁷³ El creciente uso de “contadores inteligentes” bidireccionales, que ayudan a las empresas de servicios públicos a realizar un mejor seguimiento y gestión de la demanda, facilita el uso de este tipo de incentivos y también se ha demostrado que fomenta la eficiencia energética simplemente permitiéndoles a las personas comparar su consumo con el de sus vecinos.¹⁷⁴

La modernización de la infraestructura y la mejora en el mantenimiento: Los propietarios de las centrales térmicas pueden instalar tecnologías que utilicen menos agua —como sistemas de enfriamiento híbridos secos y húmedos-secos o nuevos proyectos eólicos y solares fotovoltaicos— para que sus centrales sean más resistentes al calor y a la sequía.¹⁷⁵ Las empresas de servicios públicos y los operadores de la red deben modernizar y ampliar

los sistemas de transmisión y distribución anticuados e inadecuados y garantizar que el mantenimiento y la renovación del sistema sean adecuados. También tienen que hacer que la red sea más flexible y capaz de integrar mejor los recursos energéticos renovables y distribuidos, ampliando la capacidad de transmisión y almacenamiento de energía y mejorando la previsión y la programación. Las “redes inteligentes” equipadas con sistemas de supervisión en tiempo real y de alerta temprana pueden ayudarles a las empresas de servicios públicos a detectar y responder al sobrecalentamiento de la infraestructura antes de que se produzcan fallos. Estos sistemas pueden ajustar automáticamente la oferta y la demanda, redirigiendo la energía según sea necesario y evitando la sobrecarga de componentes críticos.

La energía solar en los techos, el almacenamiento y las microrredes: Además del calor extremo, muchos países de la región se enfrentan a huracanes y tormentas tropicales que pueden dañar los sistemas eléctricos y provocar cortes prolongados, sobre todo las islas del Caribe. La energía solar fotovoltaica, una alternativa limpia a los generadores diésel, se utiliza cada vez más para mejorar la resiliencia a ambos tipos de amenazas, aunque es fundamental contar con un diseño cuidadoso del sistema.¹⁷⁶ La energía solar fotovoltaica puede aliviar significativamente la carga de la red durante el día, pero puede crear nuevos problemas cuando la demanda máxima se desplaza a los horarios después de la puesta de sol.¹⁷⁷ El almacenamiento es crucial: California y Texas, por ejemplo, han evitado apagones durante las recientes olas de calor invirtiendo tanto en energía solar como en almacenamiento.¹⁷⁸ Las “microrredes” —que aíslan de la red principal el suministro eléctrico de un edificio, complejo o comunidad— pueden añadir otro nivel de resiliencia, permitiendo que hospitales, refugios, centros de enfriamiento, escuelas y otros puedan utilizar su propia generación para mantener la energía durante un apagón, con el potencial de salvar vidas.¹⁷⁹

La diversificación del suministro eléctrico: Aunque la energía hidroeléctrica sigue siendo una fuente de energía clave para la región, varios países están diversificando su suministro eléctrico, invirtiendo en otras energías renovables, como la eólica, la solar y, en menor medida, la geotérmica.¹⁸⁰ La AIE prevé que tan solo la energía solar fotovoltaica y la eólica se dupliquen para 2030, desde el 11% de la generación eléctrica de la región en 2022, y alcancen el 80% en 2050.¹⁸¹ La energía geotérmica también tiene un potencial en la región que aún no ha sido explotado, con países como México, Costa Rica y El Salvador que ya la explotan como fuente de energía baja en carbono y resistente al clima.¹⁸² Las conexiones interregionales también pueden aumentar la resiliencia ante cambios climáticos bruscos, como olas de calor y sequías.

La planeación y el diseño para la resiliencia: Los operadores de sistemas eléctricos deben incorporar las evaluaciones de vulnerabilidad y sus resultados a sus programas de planificación e inversión en sistemas. Una medida obvia es tener en cuenta condiciones meteorológicas extremas más amplias a la hora de planificar y diseñar la capacidad del sistema, incluyendo los márgenes de reserva.¹⁸³ El *Electric Power Research Institute* está desarrollando una metodología completa para orientar a los operadores y gobiernos.¹⁸⁴ La metodología incluye: (i) orientación sobre los datos climáticos para permitir las evaluaciones; (ii) un enfoque coherente para aplicar la información climática, incluyendo

los datos climáticos extremos y localizados, con orientación para análisis específicos de vulnerabilidad de activos/sistemas; y (iii) un enfoque basado en el riesgo para priorizar las opciones de fortalecimiento y adaptación y aplicar un análisis de costos y beneficios para identificar inversiones específicas para fomentar la resiliencia climática junto con otros objetivos del sistema eléctrico.

Al adaptarse proactivamente a un clima más caliente, las ciudades y los países de América Latina y el Caribe pueden mejorar significativamente la resiliencia de sus sistemas eléctricos. Si no se actúa con rapidez, podrían producirse apagones y caídas de tensión más frecuentes, con consiguientes pérdidas económicas, trastornos sociales y graves impactos humanos en las ciudades de la región y fuera de ella.

3.4 LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE NO ESTÁN PREPARADOS PARA EL CALOR EXTREMO

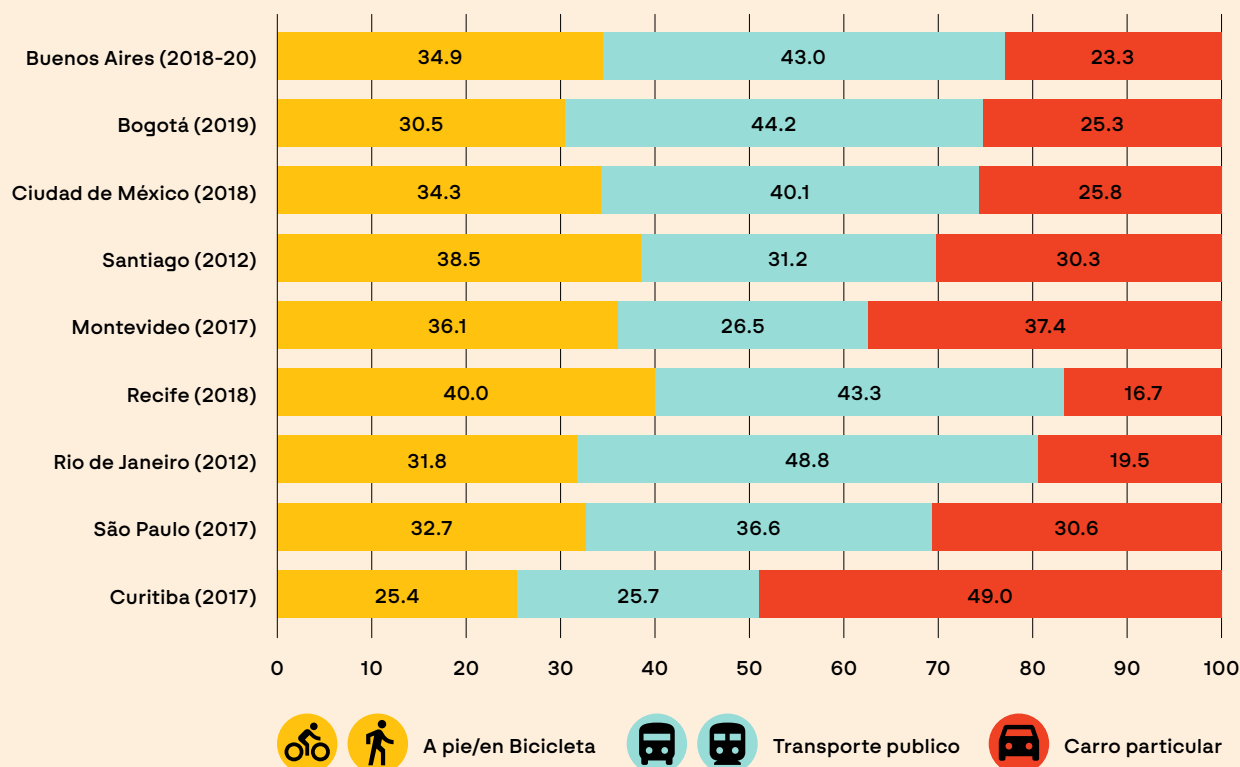
Los sistemas de transporte son vitales para las economías urbanas, ya que permiten el movimiento de personas y mercancías y brindan acceso a empleos, servicios y comodidades urbanas. Sin embargo, el aumento de la temperatura puede ejercer una presión significativa sobre la infraestructura y los vehículos de transporte, provocando interrupciones y averías relacionadas con el calor, una menor vida útil, mayores costos de mantenimiento y mayores riesgos para la seguridad.¹⁸⁵ Aunque no se interrumpan los desplazamientos, los usuarios pueden verse obligados a soportar un calor extremo.

En gran medida, esto sucede porque la infraestructura de transporte en esta región y en todo el mundo fue diseñada para rangos de temperatura históricos que ahora son frecuentemente superados.¹⁸⁶ No solo las carreteras y los puentes están en peligro, sino que los sistemas de transporte público, el principal medio de transporte para muchas personas en las ciudades de América Latina y el Caribe, también están llegando a sus límites. Además, aproximadamente una cuarta parte de todos los desplazamientos urbanos en la región se hacen a pie,¹⁸⁷ lo que puede resultar especialmente arduo en los días calientes, ya que las calles y aceras absorben y retienen el calor.

Esta sección examina algunos de los principales retos a los que se enfrentan los sistemas de transporte urbano con el aumento de la temperatura. Comienza echando un vistazo a la infraestructura vial, sigue con el transporte público, continúa con la infraestructura peatonal y termina con un resumen de posibles soluciones.

En primer lugar, es importante señalar que la movilidad urbana varía enormemente en América Latina y el Caribe, lo que refleja diferencias en la forma urbana, la infraestructura de transporte y la demografía. Como se muestra en la Figura 3.8, el transporte público es el modo de transporte más utilizado en una muestra de las principales ciudades de la región, pero la proporción de viajes realizados en carro varía por casi el triple.

FIGURA 3.8. PROPORCIÓN DE VIAJES REALIZADOS EN CARRO, TRANSPORTE PÚBLICO Y A PIE/EN BICICLETA EN CIUDADES LATINOAMERICANAS SELECCIONADAS.

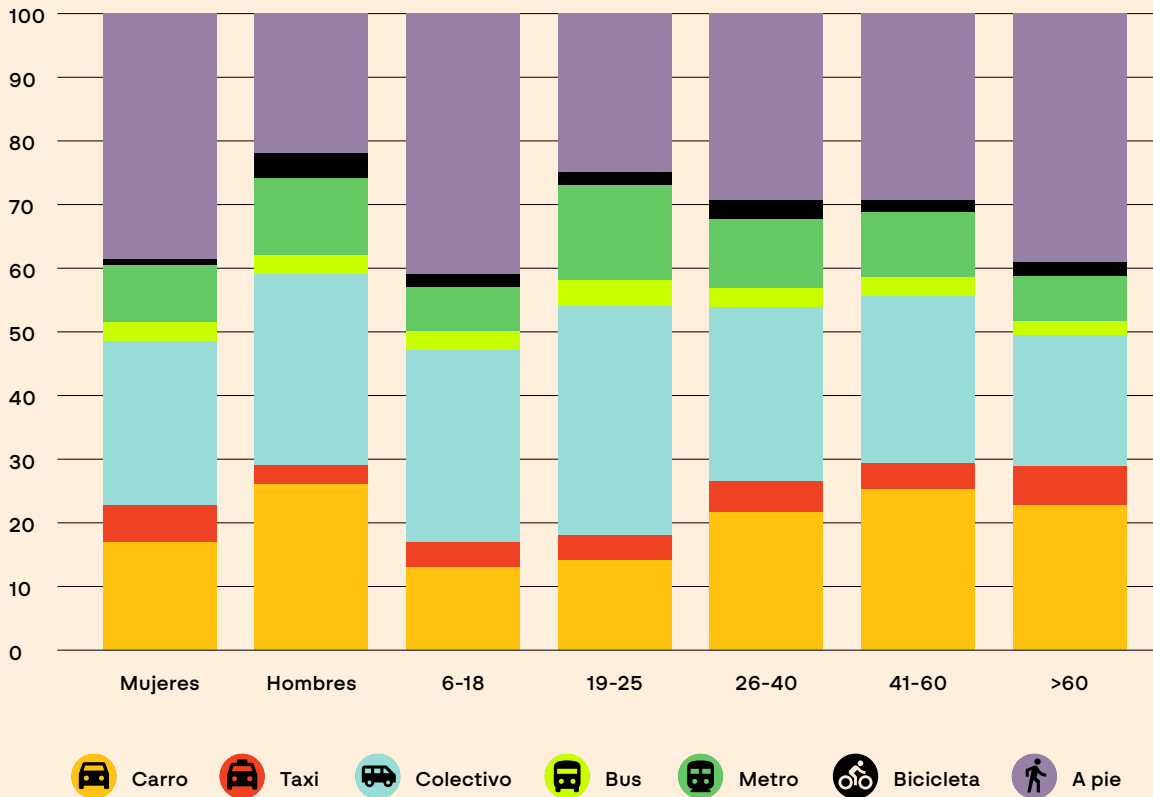


Fuente: Banco Mundial, basado en datos del CNI (2023), Tabla 1.¹⁸⁸

Incluso dentro de una misma ciudad, la forma en que la se desplazan las personas puede variar enormemente según el grupo de ingresos, el grupo etario¹⁸⁹ y el sexo. Un análisis de siete ciudades latinoamericanas reveló que, en general, las mujeres hacían menos viajes en carro y más en transporte público o a pie que los hombres, con diferencias de género en el porcentaje de viajes en cada modo de 4,9-17%, 5,6-23% y 1,1-15,8%, respectivamente.¹⁹⁰ El mismo análisis reveló también que los hombres poseían casi el 71% de las licencias de conducir en Costa Rica, el 75% en Chile, el 73% en Colombia y el 78% en Ecuador.

La figura 3.9 muestra un análisis detallado de la distribución por sexo y por grupo etario para la Zona Metropolitana del Valle de México.¹⁹¹ Cabe destacar que las mujeres, los niños de entre 6 y 18 años y los adultos mayores de 60 años realizan más desplazamientos a pie que en cualquier otro modo, por lo que las condiciones térmicas para caminar son especialmente preocupantes para ellos. En cambio, los hombres son más propensos a conducir que a caminar, aunque en todos los grupos etarios y tanto entre hombres como entre mujeres, se realizan muchos más desplazamientos a pie, en transporte público o en colectivos (minibuses—taxis compartidos) que en vehículo particular o taxi. Conocer las pautas de movilidad de los distintos grupos puede ayudar a los legisladores a evaluar los riesgos relacionados con el calor en las redes de transporte y a tomar decisiones de adaptación más equitativas.

FIGURA 3.9. PARTICIPACIÓN MODAL DEL TRANSPORTE POR SEXO Y GRUPO ETARIO EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO, 2017.



Fuente: Banco Mundial, sintetizando el análisis presentado en Harbering y Schlüter (2020),¹⁹² figuras 5 y 7, que utilizaron datos de INEGI (2017).¹⁹³

Nótese que debido al redondeo en el material fuente, los porcentajes para las categorías de mujeres, 41-60 y >60 no suman perfectamente 100. Las categorías en el material fuente han sido consolidadas; bus incluye bus, RTP y trolebús; metro incluye metro, Metrobús y Mexibús. Colectivos son taxis microbuses compartidos. Carro se refiere a vehículos particulares.

3.4.1 EL ESTRÉS TÉRMICO COMPROMETE LA INTEGRIDAD ESTRUCTURAL DE LAS CARRETERAS Y LOS PUENTES URBANOS

El estado y la seguridad de las vías urbanas son de vital importancia para los millones de personas de la región que conducen vehículos particulares, para los usuarios del transporte público e incluso para los ciclistas y peatones,. Esto significa que la creciente exposición al calor extremo de las carreteras de América Latina y el Caribe requiere una seria atención, ya que plantea riesgos significativos para la durabilidad y la seguridad de las redes de transporte esenciales.

Cada vez hay más evidencia de que el calor extremo supone un riesgo grave para la seguridad vial, ya que aumenta la probabilidad de que se produzcan accidentes de tráfico. Las altas temperaturas pueden afectar negativamente la salud física y mental de los conductores, provocando irritabilidad, imprudencia, fatiga y alteración en la toma de decisiones.¹⁹⁴ Además, el calor puede empeorar las condiciones ambientales, reduciendo

la visibilidad y la tracción en carretera. La combinación de todos estos efectos aumenta el riesgo de colisiones y de lesiones y muertes relacionadas con el tránsito.¹⁹⁵

Además, la exposición prolongada a altas temperaturas reblandece materiales como el asfalto, lo que provoca la formación de surcos y fatiga estructural. Las fluctuaciones de temperatura también provocan la dilatación y contracción del pavimento, lo que puede dar lugar a grietas, superficies curvadas y riesgos para la seguridad si no se reparan rápidamente.¹⁹⁶ Tanto las carreteras primarias como las secundarias son vulnerables a estas tensiones, lo que degrada su capacidad de carga y aumenta su vulnerabilidad a los daños en condiciones de tráfico intenso.

En Montevideo, Uruguay, los efectos del calor extremo quedaron demostrados durante una ola de calor en diciembre de 2022, cuando un incidente de “soplado” en la avenida General Flores hizo que el asfalto se expandiera, rompiendo el pavimento.¹⁹⁷ Esta expansión repentina supuso un grave peligro, lo que interrumpió el tráfico y requirió reparaciones inmediatas. Estos incidentes ponen de manifiesto que los sistemas viales urbanos de la región no están diseñados para resistir la creciente frecuencia de episodios de calor extremo, y que las carreteras no se están construyendo con materiales resistentes al calor.

Las altas temperaturas también pueden acelerar el deterioro de la infraestructura vial, con el consiguiente aumento de los costos de mantenimiento. Según un estudio, un aumento de la temperatura de tan solo 1,8 °C podría reducir la vida media del pavimento en un 75% a lo largo de un siglo, disminuyendo su durabilidad de 16 años a solo cuatro.¹⁹⁸ En agosto de 2023 en Santa Quitéria (Brasil), un tramo recién repavimentado de la carretera CE-257 se derritió poco después de haber sido finalizado, ya que el calor extremo licuó el ligante asfáltico.¹⁹⁹ Este incidente, agravado por defectos de construcción, causó importantes daños en la carretera y supuso un riesgo para la seguridad de peatones y conductores, lo que resalta la urgente necesidad de utilizar materiales y normas resistentes al calor.

Las consecuencias económicas de la inacción son enormes. Un estudio de aproximadamente 800 carreteras de Estados Unidos descubrió que el 35% tenía un pavimento inadecuado debido a suposiciones obsoletas sobre las temperaturas máximas, lo que podría aumentar los costos de mantenimiento entre un 31% y un 64,5%, dependiendo del tipo de carretera y de lo erróneo del grado de asfaltado.²⁰⁰ La modelación en dos escenarios climáticos (RCP4.5 y RCP8.5) mostró que, sin adaptación, el aumento del calor podría incrementar entre un 3% y un 9% el costo de construcción y mantenimiento de las carreteras a lo largo de 30 años.

La investigación sobre los riesgos climáticos para las carreteras de América Latina y el Caribe es aun relativamente escasa y suele centrarse más en los riesgos derivados de la precipitación extrema, las inundaciones y los deslizamientos de tierra, aunque también se tiene en cuenta el calor. Uno de esos estudios estimaba que, sin adaptación, Bolivia tendría que gastar 155,2 millones de dólares al año a finales de siglo para mantener su infraestructura vial, debido a los efectos del aumento de la precipitación y

la temperatura.²⁰¹ Sin embargo, los costos con adaptación podrían reducirse más de la mitad, hasta unos 78 millones de dólares anuales.

Los puentes, cruciales para las redes de transporte urbano, también se enfrentan a mayores riesgos de estrés inducido por el calor. Las juntas de dilatación se construyen para acomodarse a un rango específico de temperaturas y pueden sufrir fatiga en condiciones de calor extremo, mientras que los componentes de acero, como vigas y cables de suspensión, se debilitan debido a la dilatación. En América Latina y el Caribe, donde muchas ciudades dependen de puentes viejos, la posibilidad de problemas estructurales inducidos por el calor es una preocupación urgente. Si no se tienen en cuenta las dilataciones térmicas, los puentes corren el riesgo de desalinearse o derrumbarse, como está demostrado por los incidentes a menor escala ocurridos durante las olas de calor regionales

3.4.2 EL CALOR EXCESIVO EN EL TRANSPORTE PÚBLICO PROVOCA FALLAS TÉCNICAS Y CONDICIONES ASFIXIANTE

Cada día, millones de residentes urbanos de América Latina y el Caribe viajan en buses públicos y, en algunas ciudades, también en buses de tránsito rápido (BRT, por sus siglas en inglés), teleféricos, tranvías y/o líneas de metro subterráneo para llegar a y desde el trabajo, la escuela y todo lo que las ciudades tienen para ofrecer. Un análisis de 29 áreas metropolitanas de 2014 reveló que el 42% de los viajes en promedio se realizaban en transporte público.²⁰² Sin embargo, la distribución modal varía significativamente entre ciudades. Una comparación reciente de Bogotá y Lima reveló que el 33,1% y el 70% de los viajes, respectivamente, se realizaron en transporte público, aunque el uso del carro particular fue igualmente bajo en ambas: 11,6% y 8,5% de los viajes, respectivamente.²⁰³ Los datos oficiales de Buenos Aires muestran que el 46,1% de los viajes en 2022 se realizaron en transporte público.²⁰⁴ En las ciudades brasileñas, la proporción de viajes realizados en transporte público oscila entre el 26% en Curitiba, el 37% en São Paulo y Brasilia y el 47-49% en Río de Janeiro.²⁰⁵

Como muestra la figura 3.9, los modos de transporte público que utilizan los ciudadanos —bus, BRT, metro o colectivos,— dependen en gran medida de dónde vivan y adónde se dirijan. Los sistemas BRT suelen ser más nuevos, más cómodos y más avanzados tecnológicamente que los buses normales, y tienden a prestar servicio solo a determinados corredores dentro de una ciudad. Lo mismo ocurre con las líneas de metro, aunque, con el apoyo del Banco Mundial, varias ciudades latinoamericanas han añadido en los últimos años líneas de BRT y metro que dan servicio a los barrios de más bajos ingresos.²⁰⁶

El calor extremo puede afectar directamente la operación de los sistemas de transporte público sobrecalentando los motores, dilatando las vías del tren y pudiendo llegar a doblarse cuando un tren pasa sobre ellas, y haciendo que las catenarias —los cables aéreos a los que se conectan los trenes— se dilaten y caigan.²⁰⁷ Los usuarios del transporte público de la región ya han experimentado estos problemas. Por ejemplo,

durante una ola de calor en Rosario (Argentina) en diciembre de 2022, la vieja flota de buses públicos tuvo problemas con el sobrecalentamiento de los motores, y muchos se averiaron o fueron detenidos de manera preventiva.²⁰⁸ Durante la ola de calor, las temperaturas en algunas zonas de Argentina superaron en hasta 10 °C la norma estacional durante varios días, lo que provocó retrasos en el servicio y redujo su capacidad.²⁰⁹

Muchos buses y trenes tampoco están equipados para mantener frescos a los pasajeros cuando hace calor, y las aglomeraciones en las horas pico aumenta aún más la temperatura y limitan el flujo de aire. En Lima, la autoridad de transporte local informó de 65 incidentes médicos en los buses BRT solo en enero de 2024, incluyendo dos desmayos, lo que llevó a un periódico local a publicar una “Guía de supervivencia en el Metropolitano”.²¹⁰ En febrero de 2024, otro medio de comunicación descubrió que la temperatura en el interior de un bus BRT era de 32,7 °C, aunque en el exterior fuera de 31 °C.²¹¹ En los buses normales, la temperatura alcanzaba los 32,9 °C, algo habitual, según los pasajeros.

En abril de 2024, las temperaturas en los trenes del STC Metro de Ciudad de México supuestamente alcanzaron los 39 °C durante las horas pico, lo que llevó a los pasajeros a suplicar que se encendieran los ventiladores, diciendo que se estaban “asando” y “muriendo de calor”.²¹² Las súplicas del público continuaron en junio, cuando los pasajeros del STC Metro se enfrentaron a largos retrasos en algunas líneas, averías frecuentes y esperas prolongadas en el calor.²¹³

Algunos sistemas de transporte público mantienen los vehículos mucho más frescos que otros. Por ejemplo, en Brasil, São Paulo, Río de Janeiro y Cuiabá tienen aire acondicionado en más del 80% de sus buses, pero otras ciudades, como Aracaju y Curitiba, no tienen enfriamiento en absoluto en los buses públicos.²¹⁴ En Rosario, Argentina, los buses tenían aire acondicionado pero los pasajeros dijeron que no se utilizaba, por lo que debían soportar un calor sofocante.²¹⁵

Durante una ola de calor de 2019 en Santiago de Chile, las temperaturas en el interior de los buses sin aire acondicionado alcanzaron los 38 °C, mientras que los trenes de metro, más costosos para los pasajeros, mantuvieron una temperatura promedio de 20 °C.²¹⁶ Esto resalta la carga desigual del calor extremo que soportan los residentes urbanos de menores ingresos, que a menudo también deben hacer desplazamientos más largos que las personas de mayores ingresos.²¹⁷

Las deficiencias de los sistemas de transporte público no se limitan únicamente a los vehículos. Las estaciones de metro mal ventiladas y sin sistemas de enfriamiento y la falta de sombra en los paraderos de bus también pueden aumentar considerablemente la incomodidad y poner a los pasajeros en riesgo de sufrir complicaciones de salud (ver la Sección 4.1) e incluso lesiones. Por ejemplo, hay estudios que han demostrado que las bancas de los paraderos de bus expuestas a altas temperaturas pueden suponer un riesgo de quemaduras cutáneas.²¹⁸

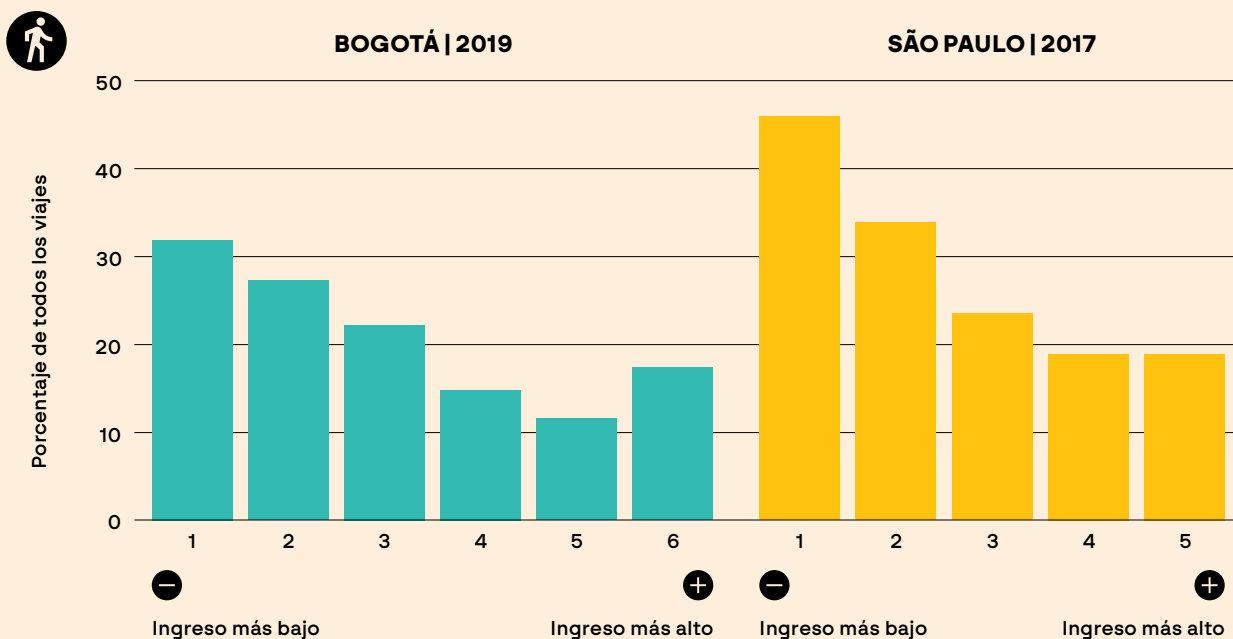
Teniendo en cuenta que el calor extremo ya está afectando a las ciudades de América Latina y el Caribe, es crucial mejorar los sistemas de transporte público para que puedan funcionar correctamente en climas más calientes y mantener a los pasajeros seguros y cómodos. Abordar temas como el enfriamiento de los vehículos, los diseños resistentes al clima y la generación de conciencia en los pasajeros sobre los riesgos del calor es esencial para garantizar un transporte seguro, fiable y cómodo en medio del aumento de las temperaturas.

3.4.3 LA INFRAESTRUCTURA PEATONAL REQUIERE ATENCIÓN ESPECIAL

Como se señaló al principio de esta sección, aproximadamente una cuarta parte de los desplazamientos en las ciudades de América Latina y el Caribe se realizan a pie.²¹⁹ El porcentaje es mucho mayor en algunas ciudades: alrededor del 43% en Guadalajara,²²⁰ 38% en Bogotá,²²¹ y 35% en Belo Horizonte, Brasil.²²² Los datos de varias ciudades también indican que las mujeres y los adultos mayores realizan muchos más desplazamientos a pie que los hombres y los adultos en edad laboral.²²³

Las personas con menos ingresos caminan mucho más que los grupos más ricos, ya que a menudo no pueden darse el lujo de pagar ninguna otra alternativa.²²⁴ En Santiago de Chile, por ejemplo, las personas que ganan más de 3 millones de CLP al mes (unos 3.270 USD) realizan solo el 10% de sus desplazamientos a pie, pero entre los que ganan menos de 500.000 CLP (unos 545 USD), el porcentaje es del 30%.²²⁵ La figura 3.10 muestra diferencias igualmente marcadas en Bogotá y São Paulo.

FIGURA 3.10. PROPORCIÓN DE VIAJES A PIE EN EL TRANSPORTE TOTAL, POR NIVEL DE INGRESOS, EN DOS CIUDADES LATINOAMERICANAS.



Fuente: Adaptado de Rivas y Serebrisky (2021), Figura 2.1.²²⁶

En la medida en que las personas más pobres queden relegadas a las afueras de las ciudades, donde el servicio de transporte público es más limitado, su necesidad de caminar será mayor, incluso solo para llegar al bus o tren más cercano.²²⁷ Esto significa que, a medida que aumentan las temperaturas, pueden enfrentarse a riesgos para la salud derivados de la exposición al calor similares a los que afrontan los trabajadores al aire libre (ver las secciones 4.1 y 4.3). La situación es especialmente grave en las ciudades con climas tropicales (ver la Sección 1.3) y/o veranos muy calientes. Un estudio reciente puso de manifiesto este problema en Aracaju (Brasil), una ciudad costera de unos 645.000 habitantes con un clima tropical caliente. La ciudad ha invertido en infraestructura para bicicletas y peatones, pero hay muy pocos árboles en las calles para dar sombra y los parques están mal mantenidos, por lo que poca gente va a pie. La mayoría va en carro.²²⁸

Sin esfuerzos deliberados para garantizar que la gente pueda mantenerse fresca, los residentes de los centros urbanos densamente edificados, cada vez más apreciados por su transitabilidad a pie, también pueden sentir que caminar se vuelve desagradable, e incluso inseguro. Por tanto, es crucial planificar explícitamente para los peatones como parte de las mejoras de la infraestructura de transporte y de las medidas de adaptación al cambio climático.

3.4.4 ¿QUÉ SE PUEDE HACER? ADAPTAR LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE AL AUMENTO DEL CALOR











Mucho se sabe ya sobre cómo adaptar las carreteras y los puentes para que sean más resistentes al calor. De hecho, muchos lugares del mundo ya son tan calientes como podrían llegar a ser la mayoría de las ciudades de América Latina y el Caribe, o más, y muestran qué se puede hacer. Por ejemplo, para evitar que el pavimento se derrita o se deforme, la clave está en seleccionar ligantes asfálticos con un grado de desempeño (PG, por sus siglas en inglés) —es decir, un rango de temperatura para un desempeño adecuado— coherente con las proyecciones futuras del clima local, incluyendo los posibles días de calor extremo.²²⁹ Los agregados y modificadores también pueden mejorar la resiliencia al calor.²³⁰ El mantenimiento anual sistemático y las pequeñas reparaciones más frecuentes también ayudan. Por ejemplo, Portugal ha ahorrado mucho dinero sellando las grietas de las carreteras tres, seis y doce años después de su construcción.

También se ha investigado y desarrollado mucho sobre materiales y técnicas de “pavimento frío” (o “cool pavement” en inglés), que pueden prolongar la vida útil de las carreteras y reducir los efectos ICU. Uno de los principales motivos por los que el pavimento se calienta tanto es su bajo albedo (reflexión de la luz). Los nuevos materiales pueden hacer que tanto el asfalto como el concreto (menos común) sean más ligeros y reflectivos. Los materiales termocrómicos, que pueden mezclarse con el ligante asfáltico o aplicarse como revestimiento superficial, encarecen la construcción de carreteras, y algunos revestimientos pueden deteriorarse con la exposición al sol, pero en los últimos años se han hecho avances en ambos frentes.²³¹

La adopción de pavimentos fríos que absorben menos calor de los rayos solares ha reducido la temperatura ambiente hasta 3 °C en algunos casos.²³² Sin embargo, recientes estudios estadounidenses sobre pavimentos reflectivos han demostrado que, en algunos contextos, pueden someter a los peatones a niveles agobiantes de calor radiante procedente del suelo.²³³ Con base en las lecciones aprendidas en Phoenix (Arizona), un estudio sugería evitar los pavimentos fríos en lugares con gran tránsito de peatones alrededor del mediodía.²³⁴

Con una cuidadosa selección del sitio, los pavimentos fríos podrían desempeñar un papel importante en la mitigación del calor urbano en América Latina y el Caribe, aunque la evidencia de la región es aún limitada. Otra opción es el uso de pavimentos porosos que absorben el agua lluvia, lo que permite el enfriamiento por evaporación, facilita la recarga de las aguas subterráneas y ayuda a reducir los riesgos de inundación.²³⁵ Los pavimentos permeables ya se utilizan en aceras, plazas públicas, bici-carriles, parqueaderos, calles e incluso algunas carreteras de mayor tamaño en toda la región, y existe un gran potencial para extender su uso.²³⁶

Hacer frente al calor en los sistemas de transporte público es una tarea más compleja, ya que hay que tener en cuenta múltiples elementos, desde hacer a la infraestructura clave y a las catenarias y las vías férreas más resistente al calor, hasta garantizar la operación confiable de los vehículos, pasando por mejorar las condiciones para los usuarios, incluyendo los paraderos y las estaciones. Un buen punto de partida son las directrices detalladas publicadas en 2024 por la Comunidad mundial de prácticas para el manejo del calor extremo en los sistemas de transporte público.²³⁷ En ella se establece un proceso para evaluar los riesgos del calor y trabajar con los principales actores para identificar y aplicar soluciones. Algunas de las recomendaciones clave son:

-  Establecer visión y financiación a largo plazo para la planificación de la resiliencia al calor.
 -  Obligar a realizar proyecciones de impacto térmico para proteger la infraestructura y las personas.
 -  Integrar el enfriamiento pasivo en la construcción y renovación de la infraestructura (ver la Sección 3.2).
 -  Permitir el mantenimiento predictivo para proteger la infraestructura y el personal.
 -  Acortar los tiempos de espera para reducir las aglomeraciones y la exposición al calor.
 -  Mejorar las alertas y actualizaciones sobre olas de calor y la prestación de servicios.
-  Abordar la seguridad y el confort térmico de los ciclistas en las tres fases de su viaje:
 -  **FASE DE CONEXIÓN:**
 - Mejorar los caminos bajo la sombra y ofrecer puntos de hidratación a lo largo de las vías; garantizar rutas accesibles para las poblaciones vulnerables.
 -  **FASE DE ESPERA:**
 - Mejorar las paradas de tránsito con asientos a la sombra, sistemas de enfriamiento y pantallas de información en tiempo real.
 -  **FASE DE DESPLAZAMIENTO:**
 - Reequipar los vehículos con sistemas de enfriamiento eficientes; minimizar el hacinamiento para reducir la exposición al calor en el interior de los vehículos.

Por otra parte, para que las ciudades sean más seguras y cómodas para los peatones se requieren tanto medidas generales para mitigar el calor urbano, que se analizan en la sección 5.1, como intervenciones específicas en el marco de la planificación de la infraestructura de transporte y el diseño urbano. Es muy frecuente que no se tengan en cuenta a los peatones —o, en el mejor de los casos, se les dé poca importancia— a la hora de diseñar las carreteras, y muy pocos fondos para el transporte se destinan a infraestructura para caminar: por ejemplo, solo el 2,8% en Chile en 2010-2016.²³⁸ Sin embargo, como resalta el ejemplo de Acaraju explicado anteriormente, si la gente no puede caminar cómodamente, a menudo conducirá, aumentando la congestión del tráfico.²³⁹ Mientras tanto, las personas que no tienen otra alternativa, sufrirán injustamente.

Los árboles en las calles, los toldos en los edificios y otras fuentes de sombra pueden mejorar las condiciones de todos los habitantes de la ciudad. Acaraju, por ejemplo, se ha propuesto sembrar 5.000 árboles al año y revisar el estado de los árboles existentes.²⁴⁰ Algunas ciudades han sido incluso más ambiciosas. Por ejemplo, Medellín creó “Corredores Verdes” bordeados de árboles y arbustos para uso de peatones y ciclistas (ver la Sección 5.1.2).²⁴¹

Las ciudades de América Latina y el Caribe también pueden considerar la instalación de fuentes públicas de agua potable, que ya son omnipresentes en muchas ciudades europeas. Buenos Aires, que tiene docenas de fuentes de agua (bebederos), las incluye en su mapa de la Red de Refugios del Clima.²⁴² Sin embargo, según un reciente análisis de los datos de *OpenStreetMap*, la ciudad solo cuenta con 0,84 fuentes de agua por cada 100.000 habitantes.²⁴³ Puerto Príncipe (Haití) tiene la mayor concentración de la región, 63 fuentes por cada 100.000 habitantes, pero la mayoría de las ciudades tienen muy pocas fuentes de agua potable gratuitas. Bridgetown tiene solo 0,91 por cada 100.000 habitantes, Ciudad de Panamá tiene 0,57, Managua cuenta con 0,49, Río de Janeiro tiene 0,14, y Santo Domingo tiene 0,12. El Instituto del Pacífico ha elaborado una guía para las ciudades sobre cómo ampliar y mantener adecuadamente sus redes de fuentes de agua.²⁴⁴

CAPÍTULO

4

EL IMPACTO HUMANO Y ECONÓMICO DEL CALOR EXTREMO



En toda América Latina y el Caribe, las personas ya están experimentando los efectos combinados del aumento de las temperaturas, las islas de calor urbano y los grandes déficits de infraestructura en sus vidas. Los grupos vulnerables, como los niños, los ancianos y las personas que viven en la pobreza, se ven afectados de manera desproporcionada.

Esta sección examina tres tipos clave de impactos sobre los humanos —impactos sobre la salud, la educación y los medios de subsistencia de las personas con bajos ingresos— y considera las implicaciones para las economías urbanas. Estos impactos están estrechamente interconectados, y mitigarlos requerirá una amplia gama de intervenciones. En las secciones correspondientes se presentan algunas soluciones sectoriales específicas; sin embargo, las inversiones más amplias en infraestructura, así como las medidas estructurales y de políticas que son el centro de atención de la Sección 5, son igualmente cruciales.

4.1 EL CALOR TIENE GRAVES CONSECUENCIAS SOBRE LA SALUD

De todas las repercusiones del aumento de las temperaturas y las olas de calor, posiblemente las más críticas sean las que afectan la salud humana. El calor extremo puede ser mortal, tanto en formas visibles como en otras más sutiles y difíciles de detectar.²⁴⁵ Se ha demostrado que la exposición a altas temperaturas agrava muchas afecciones, como las enfermedades cardiovasculares y la diabetes, y aumenta los resultados adversos de los embarazos. También puede limitar las capacidades físicas y cognitivas de las personas y afectar negativamente la salud mental.

Estos impactos son los que hacen que el calor extremo sea una preocupación tan grave para las escuelas, como se presenta más adelante, así como para los medios de vida urbanos, y que causan una gran parte de los costos económicos descritos en la sección 4.4, ya que el estrés térmico puede hacer que los trabajadores sean más lentos y débiles y aumentar su riesgo de accidentes laborales y enfermedades.²⁴⁶ También imponen costos directos sobre los sistemas de salud, y costos aún mayores a la sociedad por discapacidad y muerte prematura. Además, las altas temperaturas empeoran la contaminación del aire —que ya es un problema importante en toda América Latina y el Caribe— e intensifican sus efectos,²⁴⁷ y son una razón clave para el aumento de la incidencia de enfermedades transmitidas por vectores, como el dengue.²⁴⁸

Un estudio del Banco Mundial de 2024 que consideró estos y otros efectos del cambio climático sobre la salud en 69 países de ingresos bajos y medios, incluyendo los 11 más grandes de América Latina y el Caribe, proyectó que entre 2026 y 2050 se presentarían

aproximadamente 95-151 millones de casos adicionales de enfermedades seleccionadas y cerca de 271.200-274.500 muertes prematuras en la región.²⁴⁹ Dependiendo de los escenarios climáticos y socioeconómicos y de la metodología utilizada, el estudio estimó el costo económico de esos impactos sobre la salud entre 285.300 y 763.000 millones de dólares, o entre el 0,19% y el 0,45% del PIB previsto de los 11 países para ese periodo.

Además de sus amplias implicaciones, los efectos del calor sobre la salud son especialmente preocupantes para las ciudades de América Latina y el Caribe por dos motivos fundamentales: las grandes desigualdades y vulnerabilidades socioeconómicas analizadas en la sección 1, y el hecho de que la región está envejeciendo más rápido que la mayor parte del mundo. Ya en 2022, el 13,4% de la población de la región, casi 90 millones de personas, tenía más de 60 años. Para 2050, se prevé que este porcentaje aumente hasta el 25%, es decir, 193 millones.²⁵⁰

El resto de esta sección profundiza en los efectos del calor extremo sobre la salud humana, la evidencia de América Latina y el Caribe, las interacciones entre el calor y la contaminación atmosférica, y las repercusiones sobre la salud mental y la violencia, así como la creciente incidencia de las enfermedades transmitidas por vectores, especialmente el dengue. También se examinan brevemente las principales intervenciones de salud pública.

4.1.1 LA EXPOSICIÓN AL CALOR EXTREMO AUMENTA EL RIESGO DE ENFERMEDAD Y MUERTE

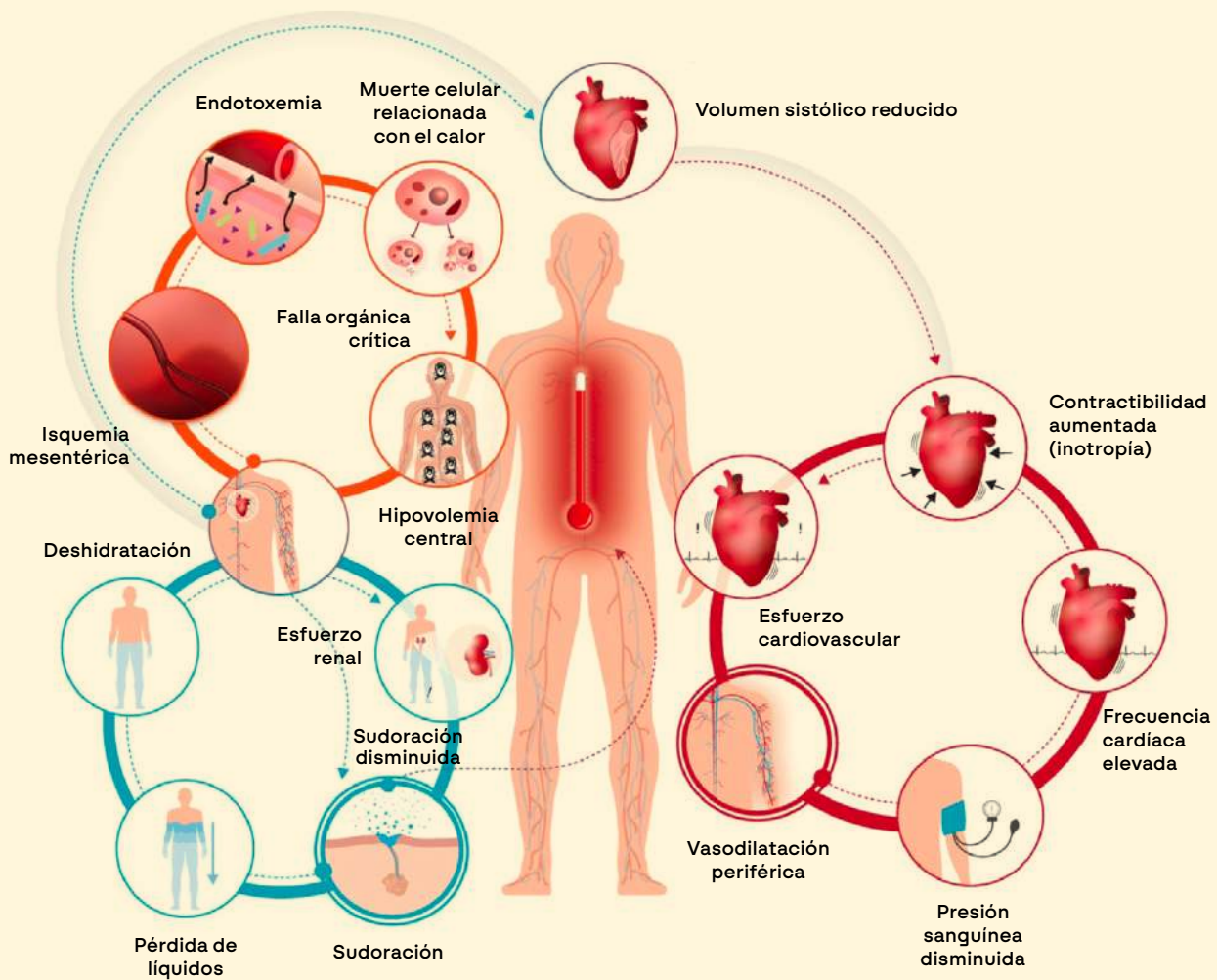
Los seres humanos pueden aclimatarse a una amplia gama de condiciones y soportar tanto el frío como el calor extremos durante periodos limitados.²⁵¹ El cuerpo tiene diferentes formas de mantener los órganos internos a una temperatura segura y estable —normalmente a uno o dos grados de 37 °C—, pero a medida que aumenta la gravedad de las condiciones y/o la duración de la exposición, también aumenta el riesgo de daños permanentes o incluso de muerte.

El cuerpo maneja el estrés térmico principalmente por medio de dos mecanismos: (i) aumentando el flujo sanguíneo a la piel para liberar calor (vasodilatación) y (ii) produciendo sudor que se evapora, enfriando el cuerpo (transpiración).²⁵² Sin embargo, hay muchos factores que pueden afectar significativamente la sensación de calor y la capacidad del cuerpo para enfriarse, como la humedad, la velocidad del viento, la ropa, la exposición directa al sol, la deshidratación y el esfuerzo físico. Además, como se muestra en la Figura 4.1, la termorregulación puede tener un costo. Por ejemplo, impulsar la sangre hacia la piel requiere que el corazón bombee más fuerte y más rápido, y es posible que no pueda obtener el oxígeno que necesita. Para las personas con enfermedades cardiovasculares preexistentes, esto puede provocar un infarto.

Además de forzar el corazón, la sudoración excesiva puede provocar deshidratación, lo que empeora aún más el estrés cardiovascular y puede causar un daño a los riñones.²⁵³ La dificultad respiratoria también es frecuente durante las olas de calor. Cuando el cuerpo no puede enfriarse lo suficiente, el estrés térmico puede evolucionar a golpe de calor

(hipertermia) que puede ser mortal y, si se sobrevive, causar daños permanentes en el cerebro, el corazón, los pulmones, el hígado y otros órganos. Incluso después de recibir tratamiento, las personas pueden sufrir fallas orgánicas persistentes y un mayor riesgo de muerte prematura.

FIGURA 4.1. VÍAS FISIOLÓGICAS DEL ESTRÉS TÉRMICO HUMANO



Fuente: Ebi et al. (2021).²⁵⁴

Algunas personas son también más sensibles al calor —y menos capaces de afrontarlo— que otras. Los adultos mayores son especialmente vulnerables y representan una parte desproporcionada de las víctimas mortales.²⁵⁵ Los bebés y los niños pequeños también corren un alto riesgo, al igual que las mujeres embarazadas (ver el Cuadro 4.1) y las personas con enfermedades cardiovasculares, diabetes y otras afecciones. Las investigaciones han descubierto que el sexo, la morfología corporal, el metabolismo, otras enfermedades (neurológicas, metabólicas, genéticas) y algunas lesiones también

afectan la tolerancia al calor.²⁵⁶ También influyen las condiciones a las que está acostumbrada una persona: toda una vida en una ciudad caliente como Barranquilla, por ejemplo, o en una ciudad fresca y elevada como Bogotá. Todo esto significa que no existe un umbral universal de temperatura para el calor “peligroso” o potencialmente mortal.²⁵⁷

CUADRO 4.1

CALOR, EMBARAZO Y PARTO

Las mujeres se enfrentan a riesgos para la salud distintos y mayores debido al calor extremo, impulsados por factores fisiológicos, como se discute en la sección 4.1.1, así como por factores socioeconómicos y culturales, siendo las mujeres embarazadas son especialmente vulnerables. Cada vez hay más evidencia, tanto a nivel mundial como en América Latina y el Caribe, de que la exposición al calor está asociada a mayores tasas de complicaciones en el embarazo, bajo peso al nacer, parto prematuro y mortinatalidad.²⁵⁸

Los cambios fisiológicos normales durante el embarazo pueden reducir la capacidad de una persona para regular la temperatura corporal, aumentando la susceptibilidad a los problemas de salud relacionados con el calor. El embarazo suele conllevar un aumento de peso, por ejemplo, lo que dificulta el enfriamiento, y también aumenta las necesidades de hidratación y el riesgo de deshidratación. Cuando el cuerpo de una mujer embarazada se sobrecalienta, la frecuencia cardíaca del feto puede verse afectada, el flujo sanguíneo a la placenta puede alterarse y pueden surgir otras complicaciones que pueden provocar contracciones prematuras o afectar al crecimiento del feto. Los estudios también han sugerido vínculos entre el calor y los defectos congénitos de nacimiento, aunque en general se necesita más investigación.

Un estudio de nacimientos en zonas urbanas de Brasil, Chile y México entre 2010 y 2015 descubrió que, tras controlar una serie de otros factores —como la zona climática, la edad y la educación maternas—, las temperaturas más altas durante el embarazo se asociaban a un menor peso al nacer, sobre todo en México y Brasil.²⁵⁹ Los mayores efectos se registraron en los tres últimos meses de gestación. Otros estudios a escala mundial han encontrado vínculos similares y también han asociado la exposición al calor con un mayor riesgo de trastornos hipertensivos en el embarazo, incluyendo la preeclampsia.²⁶⁰

En conjunto, los datos apuntan a una necesidad urgente de generar conciencia sobre los riesgos de la exposición al calor durante el embarazo y de ayudar a garantizar que las mujeres embarazadas dispongan de los recursos necesarios para mantenerse frescas, algo especialmente preocupante en el caso de las mujeres de ingresos más bajos o de comunidades marginadas.

De hecho, investigaciones recientes sugieren que los umbrales de seguridad utilizados habitualmente pueden ser demasiado elevados, incluso para adultos jóvenes sanos que practican tareas físicas ligeras.²⁶¹ Sin embargo, como se explica en la sección 4.3, muchos trabajadores están expuestos habitualmente al calor durante muchas horas del día. Un metaanálisis de 111 estudios realizados en 30 países, entre ellos Brasil, Costa Rica, El Salvador y Nicaragua, reveló efectos generalizados sobre la salud.²⁶² Por ejemplo, el 35% de quienes trabajaron un turno a una temperatura de globo y bulbo húmedo (WBGT)²⁶³ superior a 22 °C o 24,8 °C, dependiendo de la intensidad del trabajo, sufrieron un golpe de calor ocupacional, y el 15% de quienes trabajaron habitualmente o con frecuencia bajo estrés térmico experimentaron enfermedades renales o lesiones renales agudas.

Sin embargo, cuantificar la mortalidad y morbilidad asociadas al calor extremo sigue siendo un reto. A menudo se dice que el calor es un “asesino silencioso”, porque, a diferencia de las muertes provocadas por otros riesgos climáticos, como inundaciones o tormentas, sus efectos rara vez se recogen en los datos oficiales.²⁶⁴ Las muertes por complicaciones relacionadas con el calor suelen atribuirse a la causa inmediata, como un infarto del miocardio, mientras que la exposición al calor solo aparece en los casos raros de insolación grave.



Photo: María Fleischmann / World Bank

Como resultado, el recuento oficial de “muertes relacionadas con el calor” subestima bastante el número real. Para tratar de descubrir la carga oculta del calor, los epidemiólogos calculan el “exceso de mortalidad” durante los periodos de altas temperaturas, comparando las tasas de mortalidad durante estos periodos con las tasas en condiciones normales. A continuación se examinan las conclusiones de los estudios que analizan este tipo de datos, que son los mejores disponibles. Sin embargo, se necesita urgentemente un conteo más exhaustivo de las repercusiones sobre la salud para que los legisladores puedan asignar mejor los recursos para la resiliencia al calor.

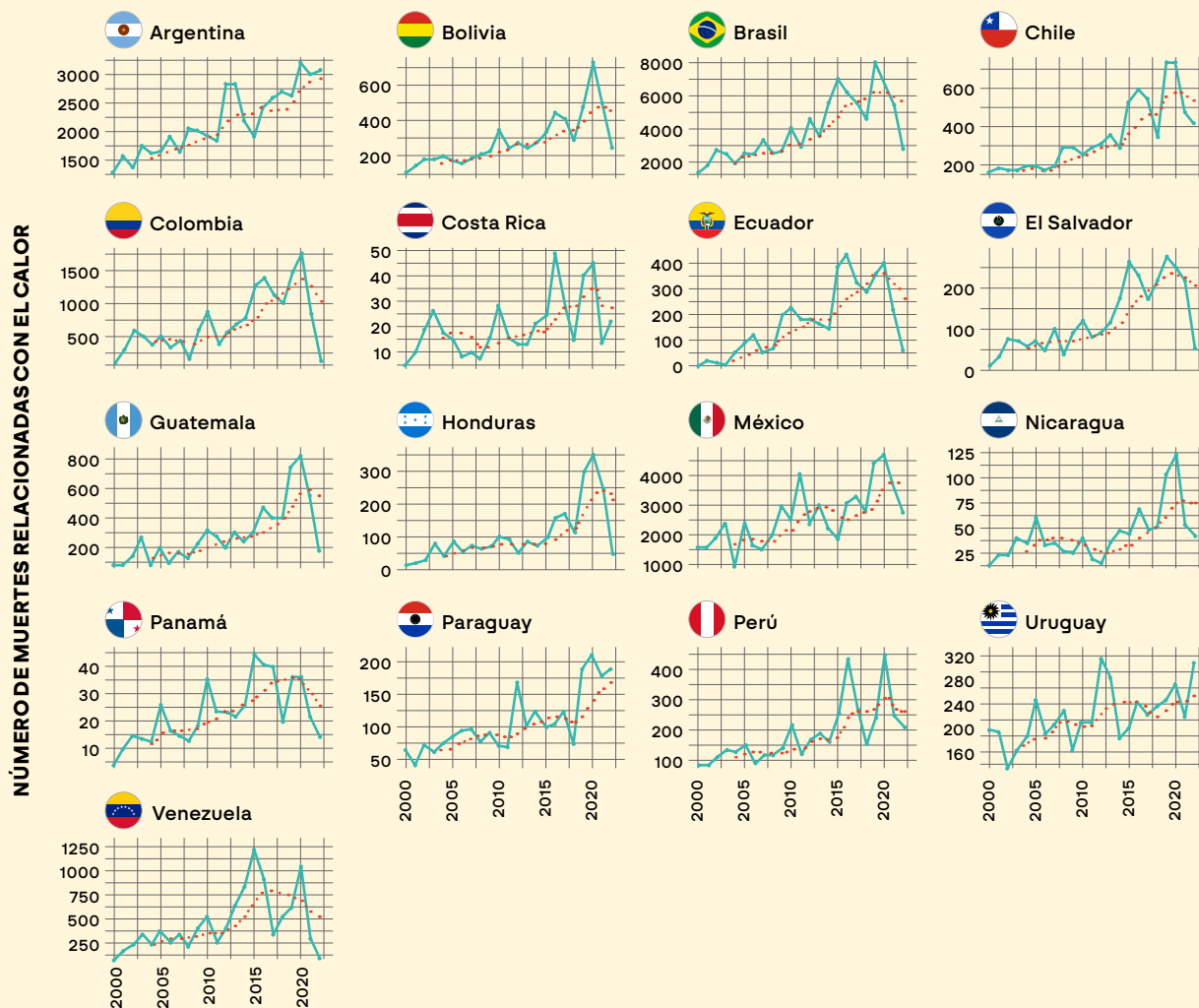
4.1.2 LA MORTALIDAD RELACIONADA CON EL CALOR VA EN AUMENTO

El informe de *Lancet Countdown* sobre salud y cambio climático, una colaboración mundial de los mejores expertos, informa anualmente sobre las crecientes repercusiones del cambio climático sobre la salud, incluyendo la mortalidad relacionada con el calor.²⁶⁵ En 2023, según la última actualización mundial, casi 415.000 personas mayores de

65 años, incluyendo más de 48.000 en la región de las Américas, morirán prematuramente por causas relacionadas con el calor.²⁶⁶ A modo de comparación, entre 2000 y 2022, un total de unas 9.500 personas murieron en tormentas tropicales y huracanes en América Latina y el Caribe.²⁶⁷

El último análisis del informe de *Lancet Countdown* para América Latina muestra que el número de muertes relacionadas con el calor entre personas de 65 años o más fue un 140% mayor en 2013-2022 que en 2000-2009, un aumento rápido y dramático.²⁶⁸ Como se muestra en la Figura 4.2, las cifras fluctúan de un año a otro, pero en general, los mayores aumentos se registraron en Ecuador (339%), El Salvador (230%), Honduras (204%) y Guatemala (202%), mientras que los menores se registraron en México (67%), Argentina (59%) y Uruguay (27%).

FIGURA 4.2. MORTALIDAD RELACIONADA CON EL CALOR EN PERSONAS DE 65 AÑOS O MÁS, 2000-2022, POR PAÍSES.

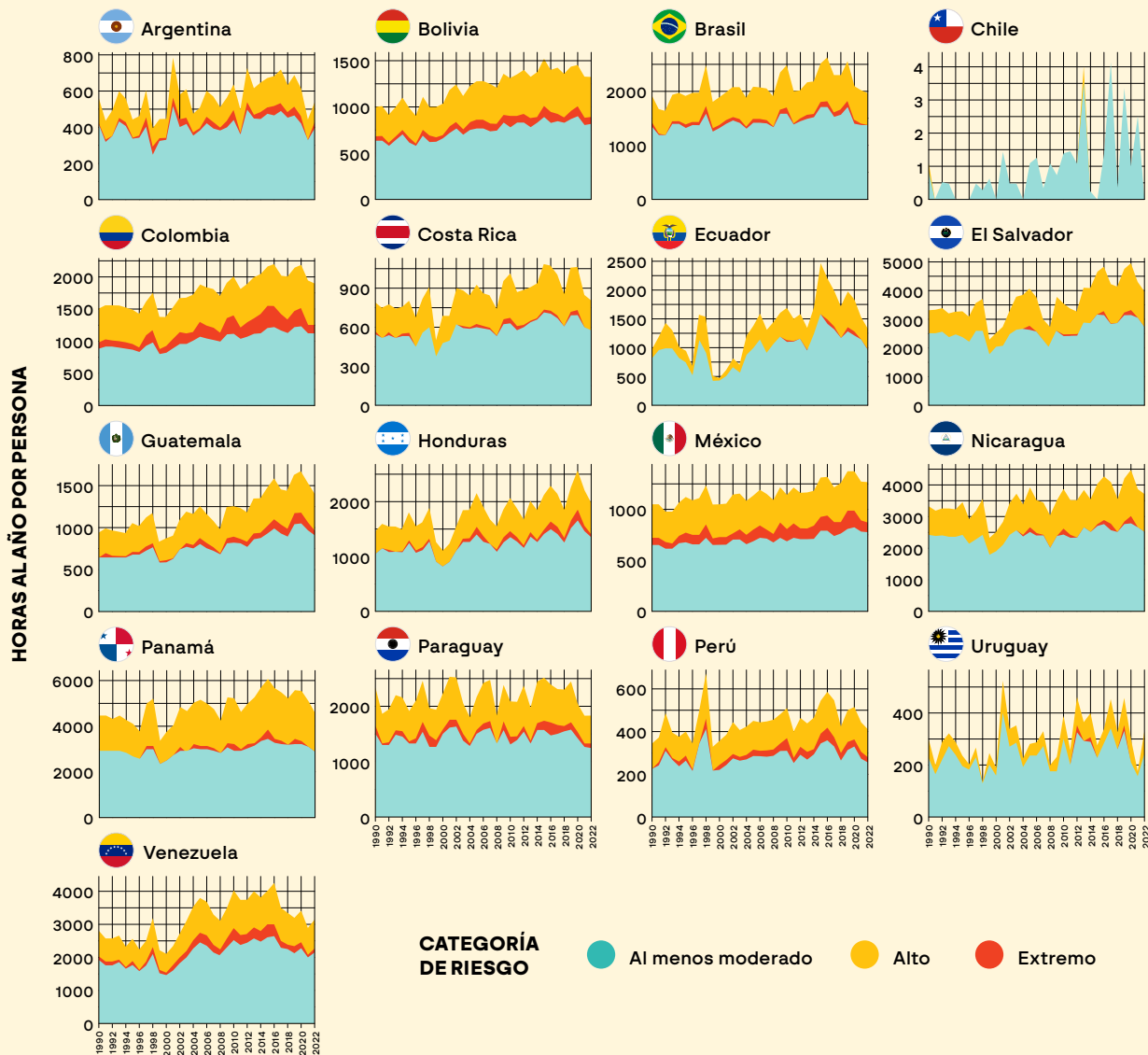


Fuente: Hartinger et al. (2024), Figura A4.²⁶⁹

Nota: las líneas punteadas representan un promedio móvil de cinco años.

El rápido aumento de la mortalidad mundial relacionada con el calor está estrechamente vinculado al aumento de los días de ola de calor, que alcanzarán la cifra récord de 13,8 días por persona en 2023.²⁷⁰ Las horas durante las cuales la temperatura ambiente planteó al menos un riesgo moderado de estrés térmico durante el ejercicio ligero al aire libre (por ejemplo, caminar) alcanzaron un récord de 1.512 por persona a nivel mundial en 2023, 328 más que el promedio anual de 1990-1999. En América Latina, en comparación con 1991-2000, hubo 256 y 189 horas adicionales por año, por persona en 2013-2022 durante las cuales el calor planteó al menos un riesgo moderado y alto de estrés térmico durante el ejercicio ligero al aire libre, respectivamente (Figura 4.3).²⁷¹

FIGURA 4.3. NÚMERO PROMEDIO DE HORAS AL AÑO, POR PERSONA, EN QUE LA ACTIVIDAD FÍSICA LIGERA AL AIRE LIBRE SIGNIFICÓ AL MENOS UN RIESGO MODERADO, ALTO O EXTREMO DE ESTRÉS TÉRMICO, POR PAÍS, 1990-2022.



Fuente: Hartinger et al. (2024),²⁷² Figura A3.

Otra investigación, que analiza datos de 2000-2019, ha encontrado una mayor proporción de muertes adicionales atribuibles al calor en América Latina y el Caribe, —1,20% en 2016-2019— que en el mundo en su conjunto (1,04%).²⁷³ Un estudio de seguimiento centrado en las olas de calor —definidas como dos o más días de temperaturas superiores al percentil 95 para el clima local— encontró una proporción de muertes adicionales mucho menor: 0,33% en 2010-2019 (el promedio mundial fue de 0,97%), pero que varía en un factor de cuatro entre los países).²⁷⁴ Esto indica que un gran número de muertes relacionadas con el calor se producen en días calientes que no forman parte de episodios documentados de olas de calor.

El mayor estudio realizado hasta la fecha sobre la mortalidad relacionada con la temperatura en las zonas urbanas de América Latina, publicado en 2022, abarcó todas las ciudades con 100.000 o más habitantes de nueve países —un total de 326 ciudades— durante el período 2002-2015.²⁷⁵ Se encontró que alrededor del 0,67% de todas las muertes fueron atribuibles al calor, y el 0,42%, a temperaturas por encima del percentil 95 de las temperaturas observadas específicas de la ciudad. (La proporción de muertes atribuibles al frío fue mucho mayor, el 5,09%, pero esto es de esperarse, ya que la exposición prolongada incluso a temperaturas nocturnas o estacionales normales en una gran parte de estas ciudades puede ser insegura para las personas sin ropa o refugio adecuados.).²⁷⁶

El estudio constató que los aumentos marginales de las temperaturas calientes observadas —solo 1 °C— se asociaban a fuertes incrementos en el riesgo de mortalidad, especialmente entre adultos mayores y en el caso de las muertes cardiovasculares y respiratorias.²⁷⁷ Esto resalta la gravedad de los riesgos a los que se enfrenta la población de mayor edad de la región, incluso con un calor menos extremo que el habitual en otras regiones.

Los resultados tampoco muestran diferencias claras entre las ciudades con climas más calientes o más clementes.²⁷⁸ Sin embargo, hubo grandes diferencias en la proporción de muertes atribuibles al calor entre ciudades, desde cero en San José (Costa Rica), Ciudad de México y Santiago (Chile), por ejemplo, hasta 2% en Buenos Aires (Argentina) y 7,8% en Puerto Vallarta (México).

Los investigadores están empezando a examinar en qué medida el aumento del calor mortal se debe al cambio climático. En junio de 2024, por ejemplo, mientras México y el norte de Centroamérica sufrían una ola de calor mortal que, para entonces, había matado a 125 personas solo en México, el *World Weather Attribution* publicó una evaluación rápida que mostraba que el cambio climático había causado que un evento de temperatura máxima de cinco días fuera unas 35 veces más probable que en la época preindustrial, y cuatro veces más probable que en 2000.²⁷⁹ Según el análisis, las temperaturas diurnas fueron 1,4 °C más altas que en una ola de calor sin cambio climático, y las nocturnas, 1,6 °C más altas. Hasta octubre, México había registrado 4.007 casos de enfermedades relacionadas con el calor y 331 muertes solo por golpe de calor y deshidratación.²⁸⁰ Aún no se ha calculado el número total de víctimas mortales.

De cara al futuro, los estudios epidemiológicos mundiales muestran que la mortalidad relacionada con el calor sigue aumentando, con incrementos especialmente fuertes en escenarios de cambio climático no mitigado.²⁸¹ En muchas regiones, se prevé que el aumento de las muertes relacionadas con el calor iguale o supere la reducción prevista de las muertes relacionadas con el frío y, en climas más cálidos, la mortalidad relacionada con el calor podría superar a la relacionada con el frío ya en la década de 2050. Las proyecciones para América Latina aún son limitadas, pero un estudio global encontró ese patrón para México y Brasil, pero no para Chile.²⁸²

4.1.3 LOS RIESGOS DE ENFERMEDADES INFECCIOSAS AUMENTAN CON EL CALENTAMIENTO

Un clima más cálido puede aumentar el área de distribución geográfica de los mosquitos que transmiten el dengue, el zika, la malaria y otras enfermedades, permitiéndoles sobrevivir y reproducirse en más lugares. Las temperaturas más cálidas también pueden ampliar la temporada de transmisión de la enfermedad. Así pues, junto con los efectos directos del calor, una de las mayores preocupaciones en temas de salud en torno al cambio climático es el aumento de las enfermedades transmitidas por vectores, por el agua y otras enfermedades infecciosas debido a los efectos combinados del aumento de las temperaturas, los cambios en los patrones de precipitación y el cambio en el uso del suelo.²⁸³

La última revisión regional del proyecto de *Lancet Countdown* descubrió que el potencial de transmisión del dengue por mosquitos *Aedes aegypti* había aumentado un 54% entre 1951-1960 y 2013-2022, con el mayor crecimiento en Bolivia (145%), Perú (95%), Brasil (94,5%) y Guatemala (70,4%).²⁸⁴

Los datos de la OMS muestran que 2023 fue un año récord para el dengue, con 6,43 millones de casos y 6.892 muertes en todo el mundo, incluyendo 3,92 millones de casos y 1.946 muertes en Sudamérica.²⁸⁵ En 2024, el número de casos se duplicó, alcanzando los 13,31 millones a finales de octubre, incluyendo 12,46 millones en las Américas. El número de muertes en la región también aumentó considerablemente, hasta 7.551 en octubre. Brasil representaba 9,89 millones de esos casos y 5.696 de las víctimas mortales.²⁸⁶

Las grandes zonas urbanas densamente pobladas en climas cálidos, donde la gente vive muy cerca de importantes poblaciones de mosquitos, crean condiciones óptimas para la transmisión de enfermedades transmitidas por vectores,²⁸⁷ especialmente en lugares como América Latina, donde tanto los vectores como los patógenos son endémicos y las temperaturas están subiendo.²⁸⁸ Los expertos en salud estiman actualmente que casi 500 millones de personas en el continente americano corren el riesgo de infectarse con el dengue.²⁸⁹ La situación se ve agravada por el acceso limitado y desigual a los recursos médicos, junto con una infraestructura de agua y saneamiento inadecuada, que dificulta el control eficaz de los vectores.

La relación entre el calor y las enfermedades transmitidas por el agua, como el cólera, es más sutil, pero también significativa. Las temperaturas más elevadas crean las condiciones para que los patógenos y las bacterias proliferen en las fuentes de agua. En las zonas urbanas, el hacinamiento y los sistemas de saneamiento insuficientes pueden exacerbar los brotes de cólera, ya que los patógenos se propagan más fácilmente en entornos densamente poblados con agua de mala calidad. La epidemia de cólera de Haití entre 2010 y 2019, la más mortífera en 25 años, ilustra esta vulnerabilidad. Tras un devastador terremoto, un verano caliente y las fuertes lluvias subsecuentes, las condiciones favorecieron la proliferación de *Vibrio cholerae*, lo que provocó sucesivas oleadas de infección y casi 10.000 muertes registradas.²⁹⁰ En conjunto, estos retos resaltan la urgente necesidad de tener estrategias sanitarias y de infraestructura adaptada al clima en América Latina para mitigar los riesgos a la salud asociados al aumento de las temperaturas.

CUADRO 4.2

PANORAMA GENERAL: EFECTOS DEL CALOR SOBRE LA SALUD EN COLOMBIA

En 2023, el Banco Mundial evaluó los datos sobre los efectos del cambio climático sobre la salud en Colombia para orientar a los legisladores en la planificación de medidas de adaptación eficaces.²⁹¹ El análisis se basó en una revisión de los datos de mortalidad de 1998 a 2013 realizada por Guo et al. (2018),²⁹² que había descubierto que 267.736 muertes adicionales durante ese periodo estaban vinculadas a olas de calor.

El Banco Mundial descubrió que el aumento de las temperaturas también había empeorado las condiciones de salud existentes, provocando un aumento de las tasas de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, así como problemas relacionados con el calor como erupciones cutáneas, calambres, agotamiento y deshidratación. Esto ha provocado un aumento de las visitas a urgencias, con aproximadamente 85.154 visitas entre 2010 y 2019 (el 1,5% del total) atribuidas a las altas temperaturas.

El análisis de Guo et al. (2018) estimó la mortalidad futura relacionada con el calor bajo diferentes escenarios climáticos y de población, y encontró que incluso asumiendo un bajo crecimiento de la población, sin adaptación, el número de muertes adicionales en 2031-2080 podría ser más de nueve veces mayor que en 1971-2000 en un escenario de cambio climático moderado (RCP4.5).²⁹³ Del mismo modo, el Banco Mundial ha estimado que en el escenario climático SSP 3-7.0, las visitas a urgencias relacionadas con el calor aumentarían un 440% de 2030 a 2039, alcanzando las 380.565 visitas. Se espera que esta carga adicional para el sistema de salud genere un costo de 50.000 millones de pesos colombianos (COP) en 2039.

El *Institute for Health Metrics and Evaluation* (IHME) descubrió que, en 2021, el dengue había representado el 0,023% del total de muertes en Colombia (0,16 muertes por cada 100.000 habitantes), lo que subraya los riesgos para la salud que plantea el calentamiento de las regiones tropicales. Los niños menores de 5 años se ven afectados de forma desproporcionada (0,33 muertes por cada 100.000).

Con unas temperaturas promedio previstas para la década de 2050 entre 20,06 °C (mín.) y 29,45 °C (máx.), es probable que Colombia experimente un rango óptimo para la reproducción de los mosquitos. En consecuencia, para 2050 se esperan 178.000 casos más de dengue y 111.000 de malaria, con unos costos económicos superiores a los 4.000 millones de dólares. Para enfrentar estos crecientes riesgos para la salud derivados del cambio climático, Colombia tendrá que mejorar la resiliencia, fortalecer la capacidad de adaptación y reforzar la capacidad de respuesta de su sistema de salud.

4.1.4 EL CALOR URBANO AMPLIFICA LOS PELIGROS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

El calor extremo también aumenta los riesgos derivados de la contaminación del aire, una de las amenazas más graves para la salud pública en todo el mundo y en las ciudades latinoamericanas en particular. En 2019, según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), alrededor de 4,2 millones de personas en todo el mundo, y unas 288.000 en las Américas, murieron por enfermedades atribuibles a la contaminación del aire, principalmente cardiopatías isquémicas, accidentes cerebrovasculares e infecciones respiratorias.²⁹⁴

El último análisis regional de *Lancet Countdown* reveló que ningún gran centro urbano de América Latina cumplía las directrices de la OMS sobre la calidad del aire.²⁹⁵ Por su parte, la investigación del proyecto Salud Urbana en América Latina (SALURBAL), centrada en 366 ciudades con más de 100.000 habitantes, reveló que el 58% de la población —172 millones de personas— vivía en zonas con una contaminación atmosférica que superaba el promedio anual de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ establecido por la OMS para el material particulado pequeño ($\text{PM}_{2,5}$).²⁹⁶

El efecto más visible del calor extremo sobre la contaminación atmosférica es el aumento del riesgo de incendios forestales.²⁹⁷ Miles de incendios en el norte de Centroamérica y en la península mexicana de Yucatán durante las olas de calor del primer semestre de 2024 enviaron densas nubes de humo a toda la región.²⁹⁸ Sur América también se enfrentó a una temporada de incendios récord en 2024, con una capa de humo que se extendió por más de la mitad del continente.²⁹⁹ Estos incendios forestales liberan partículas ($\text{PM}_{2,5}$ así como las más grandes PM_{10}), óxidos de nitrógeno (NOx), monóxido de carbono (CO) y compuestos orgánicos volátiles (COV), entre otros contaminantes.³⁰⁰

En Brasil, un análisis de 2 millones de admisiones hospitalarias en todo el país en 2008-2018 debido a enfermedades cardiovasculares y respiratorias encontró que las olas de incendios forestales estuvieron asociadas con un aumento del 23% en las admisiones por causas respiratorias y un aumento del 21% en las admisiones por causas cardiovasculares.³⁰¹ En particular, la concentración promedio de $\text{PM}_{2,5}$ en Brasil durante el período de estudio fue de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, muy por encima de la guía de la OMS, y en algunos lugares llegó a 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

El calor también puede intensificar la contaminación atmosférica. El ozono troposférico (O_3), que puede irritar el sistema respiratorio y empeorar o incluso provocar asma,³⁰² se forma cuando los hidrocarburos y los NOx reaccionan por exposición a la luz solar. El calor acelera esas reacciones, lo que provoca mayores niveles de ozono, a veces visibles en forma de niebla, que pueden alcanzar niveles peligrosos en las zonas urbanas.³⁰³

En todo el mundo se han documentado los efectos combinados del calor y la contaminación. Un importante estudio, que examinó más de 22 millones de muertes en 620 ciudades de 36 países (incluyendo seis de la región) entre 1995 y 2020, descubrió que el aumento de la mortalidad asociado a un aumento de la temperatura —del percentil

75 al 99 de las temperaturas típicas de cada ciudad— oscilaba entre el 5,3% y el 12,8%, dependiendo del nivel de PM_{10} en el aire.³⁰⁴ En otras palabras, el calor era más perjudicial cuando los niveles de contaminación atmosférica también estaban elevados.

En los lugares donde las temperaturas son lo suficientemente bajas como para necesitar calefacción, el calentamiento que se espera que traiga consigo el cambio climático podría reducir algunas formas de contaminación atmosférica, especialmente cuando se utiliza leña para calentar el ambiente. La contaminación del aire en interiores sigue siendo una grave amenaza para la salud en la región, por lo que los expertos en salud pública han pedido que se acelere la transición a la calefacción y la cocina limpias.³⁰⁵

4.1.5 ¿QUÉ SE PUEDE HACER? INTERVENCIONES CLAVE SOBRE EL SISTEMA DE SALUD

La mitigación de los impactos del aumento del calor sobre la salud en las ciudades de América Latina y el Caribe requerirá un enfoque multifacético, que combine medidas de salud pública, gestión del riesgo de desastres (GRD), mejora de la infraestructura, protección de los trabajadores y otras intervenciones políticas. Algunas de ellas se analizan con más detalle en la sección 4.3. En esta sección se destacan tres necesidades clave, con base en un resumen sucinto publicado recientemente en *PLOS Climate*:³⁰⁶

Sistemas de alerta de calor y salud: Es crucial alertar al público cuando se espera que el calor alcance niveles perjudiciales —no solo en función de la temperatura del aire— y ofrecer consejos prácticos sobre cómo mantenerse seguros y cómo reconocer los signos de enfermedades relacionadas con el calor. Las campañas proactivas de educación pública, como la iniciativa “Verano Vigilante” en Costa Rica,³⁰⁷ son complementos importantes de los mensajes de emergencia. Diseñar estas campañas centrándose en las poblaciones más vulnerables —como las mujeres y los trabajadores informales— puede mejorar su alcance y relevancia, sobre todo para quienes están más expuestos al calor extremo.

Reforzar los sistemas de salud pública: Existen importantes carencias en la infraestructura, los servicios y el acceso a la atención en salud que es urgente subsanar. También es crucial capacitar a los profesionales de la salud para que sepan cómo tratar las afecciones relacionadas con el calor y garantizar que dispongan de los equipos necesarios para tratar a los pacientes durante las emergencias, sin mencionar el acceso confiable al agua y a la electricidad, que son necesidades básicas.

Enfoques comunitarios: Las ciudades necesitan planes de acción contra el calor, redes de apoyo para ayudar a las personas vulnerables y centros comunitarios de enfriamiento seguros y con aire acondicionado. La participación proactiva de la comunidad puede ayudar a garantizar que la gente esté preparada para movilizarse para apoyar a sus vecinos, y/o encontrar la ayuda que necesitan.

4.2 APRENDER EN CONDICIONES DE CALOR EXTREMO PONE EN RIESGO LA EDUCACIÓN

El calor extremo plantea graves problemas para los sistemas educativos de todo el mundo, ya que afecta a la capacidad de los niños para aprender y desarrollarse, y perjudica cada vez más su salud. Los niños pequeños son especialmente vulnerables al calor porque no pueden regular su temperatura corporal tan bien como los adultos, y además suelen pasar más tiempo al aire libre.³⁰⁸

En 2020, se estima que 559 millones de niños en todo el mundo, incluyendo 123 millones en las Américas, estuvieron expuestos a olas de calor de alta frecuencia.³⁰⁹ Para 2050, se espera que casi todos los niños de la Tierra, y de la región, se enfrenten a olas de calor frecuentes, incluso en un escenario de bajas emisiones. La mayoría también sufrirá olas de calor de larga duración, de 4,7 días o más.

Trabajos recientes del Banco Mundial han resaltado las graves consecuencias del calor extremo y otros efectos del cambio climático para la educación de los niños y sus perspectivas a largo plazo.³¹⁰ Por ejemplo, entre enero de 2022 y junio de 2024, se estima que 404 millones de estudiantes se enfrentarán al cierre de escuelas en 81 países debido a fenómenos meteorológicos extremos, incluyendo las olas de calor. Incluso cuando las escuelas permanezcan abiertas, las altas temperaturas pueden afectar la concentración de los estudiantes y su capacidad de aprendizaje. Como ya se ha dicho, el calor extremo también empeora la calidad del aire directamente y aumenta el riesgo de incendios forestales. Los impactos más amplios sobre los medios de subsistencia, la seguridad alimentaria, la migración y la violencia también pueden desestabilizar la vida de los niños y reducir la asistencia escolar y las matrículas.

4.2.1 EL CALOR EXTREMO YA ESTÁ CAUSANDO PROBLEMAS EN EL APRENDIZAJE

Los efectos del aumento de las temperaturas se están haciendo sentir en las escuelas de toda la región. Un ejemplo claro es México, donde el calor extremo de principios de 2023, con temperaturas que superaron los 35 °C e incluso los 45 °C, llevó a 18 estados a adoptar una serie de medidas de emergencia que afectaron a la educación de 13,1 millones de estudiantes.³¹¹ Nuevo León y Tamaulipas, por ejemplo, suspendieron clases presenciales en 12,435 escuelas, afectando a 1.7 millones de alumnos. Chihuahua, Coahuila y Sinaloa, por su parte, terminaron el ciclo escolar antes de tiempo, cerrando 16,960 escuelas a las que asisten 1.9 millones de estudiantes. Otros cinco estados acortaron la jornada escolar y 14 restringieron las actividades físicas. La crisis se vio agravada por el déficit de infraestructura, como la falta de acceso al agua potable en el 15% de las escuelas del país, que representaba un total de 33.500 escuelas.

El calor extremo regresó a México en 2024, cuando siete estados enfrentaron máximas diarias por encima de los 45 °C, 10 por encima de los 40 °C y 11 por encima de los 35 °C de abril en adelante, lo que llevó a una nueva ronda de medidas de emergencia.³¹² Aun así,

algunos estudiantes sufrieron golpes de calor,³¹³ y como el calor persistió hasta finales de mayo, al menos un estado intentó terminar el trimestre antes de tiempo nuevamente.³¹⁴

El calor extremo también ha causado problemas en la educación en Honduras. En marzo de 2024, se informó que los niños y profesores de las escuelas de Tegucigalpa estaban enfermos y fatigados por el calor,³¹⁵ con síntomas como golpe de calor, dolores de cabeza, vómitos y hemorragias nasales, y dos escuelas habían suspendido las clases presenciales. Dos meses después, en medio de un calor persistente y con la capital envuelta en una densa humareda provocada por los incendios forestales, la presidente Xiomara Castro suspendió las clases presenciales durante cuatro días en todo el Distrito Central para proteger la salud de los niños.³¹⁶

Las escuelas argentinas también se han visto gravemente afectadas por el calor extremo, agravado por las deficiencias en la infraestructura. En medio de una ola de calor en Buenos Aires que alcanzó temperaturas de hasta 39 °C en febrero y marzo de 2023, los alumnos llegaron a casa mareados y con náuseas.³¹⁷ Se descubrió que cientos de escuelas tenían mala ventilación y falta de agua, y no se les permitió a los profesores comprar sus propios aires acondicionados.³¹⁸ En marzo de 2024, citando condiciones “muy graves” debido al calor extremo, los cortes de electricidad y la falta de agua, el sindicato de profesores del estado pidió la suspensión de las clases.³¹⁹

En varios otros países se están viviendo crisis similares. En mayo de 2023, un instituto de Barranquilla (Colombia) se quedó sin electricidad durante semanas, y un informe reportó que hacía tanto calor, que los alumnos solo podían recibir clase durante tres horas al día, en áreas comunes al aire libre.³²⁰ Mientras la ciudad de Piura, en el árido norte de Perú, soportaba máximas superiores a los 40°C en febrero de 2024, los responsables de las escuelas intentaron retrasar el inicio del año escolar, ya que la mayoría de las instalaciones no eran adecuadas para proteger a los alumnos del calor excesivo.³²¹ En septiembre de 2024, se informó que las escuelas del este de Santo Domingo, República Dominicana, se enfrentaban a una “grave crisis” debido a la combinación de un “calor sofocante” y frecuentes cortes de electricidad.³²²

4.2.2 LAS PÉRDIDAS EN EL APRENDIZAJE RELACIONADAS CON EL CALOR TIENEN IMPLICACIONES A LARGO PLAZO

Más allá del malestar físico, los estudiantes y los profesores afirman habitualmente tener problemas de concentración y de aprendizaje durante las olas de calor, y los estudios lo confirman. Un estudio realizado en Costa Rica, por ejemplo, descubrió que los niños de 11 años realizaban más rápidamente tareas de lenguaje y lógica, y que los alumnos con menos capacidades obtenían resultados significativamente mejores en general, cuando se utilizaba aire acondicionado para enfriar sus salones de clase, que normalmente estaban a unos 30 °C.³²³ Una revisión del Banco Mundial de la bibliografía mundial sobre el cambio climático y los resultados educativos encontró evidencia de “una relación significativa y adversa entre el calor y el aprendizaje”, sobre todo cuando los alumnos están expuestos a un calor extremo.³²⁴

Los estudios también muestran los efectos acumulativos de la exposición a altas temperaturas. Un análisis de los datos estandarizados de 58 países reveló que cada día por encima de los 26,7 °C (80 °F) en los tres años anteriores a las pruebas disminuía los puntajes en 0,0018 desviaciones estándar, lo que equivale aproximadamente a un día de aprendizaje perdido.³²⁵ Un estudio realizado en Colombia reveló que un aumento de 1 °C en la temperatura máxima diaria promedio durante el año anterior provocaba un descenso de al menos el 2% de una desviación estándar en los puntajes de matemáticas, español y las calificaciones en general de los alumnos de las zonas urbanas.³²⁶

A medida que los estudiantes se enfrentan al calor extremo año tras año, estos efectos pueden sumarse a pérdidas sustanciales en el aprendizaje y a una disminución del capital humano. Las investigaciones realizadas en Brasil indican que un estudiante promedio del 50% más pobre de los municipios brasileños podría perder hasta un semestre de aprendizaje debido al aumento de las temperaturas.³²⁷ La exposición prolongada al calor también se correlaciona con tasas más bajas de finalización de los estudios. En Brasil, un aumento de una desviación estándar en la cantidad de días con temperaturas superiores a 34 °C aumenta las tasas de deserción escolar en 0,36 puntos porcentuales, lo que representa un aumento del 5,1% en la tasa promedio de deserción escolar.³²⁸ Los efectos se concentran en las escuelas públicas, sobre todo en las zonas urbanas, donde la infraestructura deficiente amplifica el impacto del calor

La exposición al calor durante los exámenes puede tener un efecto especialmente grave, con repercusiones importantes durante pruebas de alto nivel que son fundamentales para avanzar académica y profesionalmente. En Brasil, un aumento de la temperatura de una desviación estándar durante el Examen Nacional de Evaluación de la Enseñanza Media (ENEM) —una prueba clave de admisión a la universidad— disminuyó los puntajes en 0,036 de una desviación estándar.³²⁹ También existe una correlación entre los resultados de los exámenes y la deserción escolar. Un estudio realizado en Etiopía, India, Perú y Vietnam reveló que obtener un puntaje más alto en los exámenes (una desviación estándar) reducía las probabilidades de deserción escolar en un 50% para los niños de 8 a 15 años.³³⁰

4.2.3 ¿QUÉ SE PUEDE HACER? ADAPTAR LAS ESCUELAS A CONDICIONES MÁS CALIENTES

En gran parte de América Latina y el Caribe la exposición a olas de calor frecuentes y/o prolongadas sigue siendo la excepción, no la norma, pero las condiciones se están deteriorando rápidamente y algunos países, como Argentina, El Salvador, Honduras y México, ya se enfrentan a crisis generalizadas relacionadas con el calor.³³¹ Esto significa que se necesitan urgentemente medidas de adaptación.

El Banco Mundial ha desarrollado un marco para proteger los resultados educativos en medio del cambio climático, centrándose en medidas proactivas para hacer que las escuelas sean más resistentes al clima, minimizar los cierres de escuelas y reducir el impacto de los cierres inevitables.³³² Como se muestra en la Figura 4.4, el marco consta de cuatro pilares:

- **Reforzar la gestión de riesgos en la educación**, estableciendo sistemas de alerta temprana e integrando estrategias a mediano y largo plazo en los planes del sector educativo para minimizar los riesgos climáticos;
- **Involucrar a los estudiantes y a los profesores como agentes de resiliencia**, capacitados en gestión de riesgos y con capacidad para prestar apoyo tras las crisis climáticas;
- **Construir una infraestructura escolar más resiliente**, prestando especial atención a las escuelas con graves deficiencias en infraestructura, como la falta de agua de red o suministros eléctricos que fallan con frecuencia y/o durante periodos prolongados
- **Garantizar la continuidad del aprendizaje**, planificando cuidadosamente para mantener las escuelas abiertas en la medida de lo posible, y/o invirtiendo en programas de aprendizaje a distancia.

FIGURA 4.4. UN MARCO PARA IMPULSAR LA RESILIENCIA CLIMÁTICA DE LOS SISTEMAS EDUCATIVOS.



Fuente: Reproducido de Sabarwal et al., 2024.³³³



Photo: / Adobe Stock

El Banco Mundial también ha identificado medidas específicas que las escuelas pueden aplicar para reducir el calor, incluyendo opciones de baja tecnología y bajo costo para subsanar las deficiencias en infraestructura.³³⁴ Por ejemplo, pintar de blanco los techos —según un proyecto en Indonesia, esto podría enfriar las temperaturas interiores en más de 10 °C— y sembrar árboles para sombra en las instalaciones escolares. La adopción de ambas medidas solo costaría alrededor de 1 dólar por alumno. En edificios nuevos o remodelados, se podrían adoptar muchas otras estrategias de enfriamiento pasivo (ver la Sección 3.2.1) para obtener aún más beneficios.

En Honduras, por ejemplo, a medida que se han ido reparando y reconstruyendo las escuelas que sufrieron daños por los ciclones Eta e Iota, con financiación del Banco Mundial, se han ido añadiendo nuevas características, como una mejor ubicación de las ventanas, mejores techos y sistemas de ventilación.³³⁵ Las mejoras no solo harán que las escuelas sean más resilientes a tormentas futuras, sino también más confortables en los días de mucho calor.

Algunas escuelas ya disponen de aire acondicionado u otras tecnologías de enfriamiento, y en la medida en que puedan costearlo, —el Banco Mundial calcula que instalar aire acondicionado en las aulas costaría unos 11 dólares por alumno— es probable que con el tiempo añadan más. Esto podría aumentar significativamente los costos energéticos, pero en algunos contextos puede ser necesario para mantener la seguridad de los estudiantes. En 2050, según el estudio de la ONU citado al principio de esta sección, entre 17 y 27 millones de niños de América podrían enfrentarse a “temperaturas extremadamente altas”, definidas como 84 o más días al año por encima de los 35 °C.³³⁶

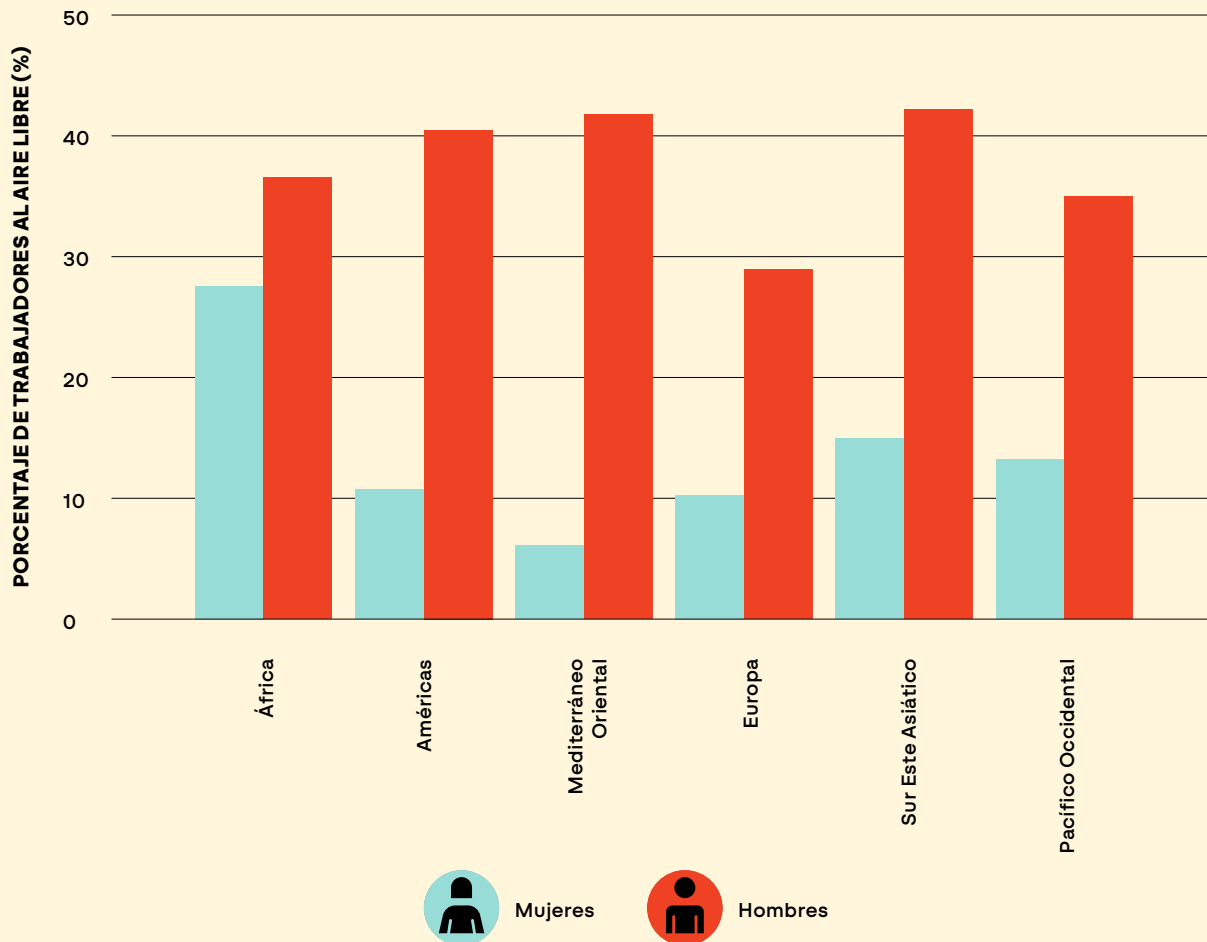
Los sistemas educativos también deben prepararse mejor para enfrentar las emergencias causadas por el calor, tanto si las escuelas permanecen abiertas como si se ven obligadas a cerrar.³³⁷ Una planificación cuidadosa puede hacer que no se cancelen las clases presenciales durante más tiempo, evitando interrupciones perjudiciales para la educación de los niños. Las inversiones en sistemas de aprendizaje a distancia, tutorías en línea y capacitación adicional para los profesores pueden mitigar aún más los daños, pero esto podría generar costos significativos (unos 6,50 dólares por alumno para el aprendizaje a distancia y 19 dólares por alumno para tutorías telefónicas en grupos pequeños, por ejemplo).

4.3 LOS MEDIOS DE VIDA URBANOS SE VEN CADA VEZ MÁS AFECTADOS POR EL CALOR

Cada día, decenas de millones de personas en ciudades de toda América Latina y el Caribe se ganan la vida desempeñando trabajos físicos al aire libre —por muy caliente o soleado que esté el día— o en interiores, pero en condiciones que siguen exponiéndolas a un calor considerable. A medida que aumenten las temperaturas y las olas de calor se hagan más frecuentes, estos medios de vida serán cada vez más peligrosos.

El trabajo al aire libre es muy común en la región, especialmente para los hombres. La OMS ha estimado que en 2023, alrededor de 200 millones de personas en las Américas trabajaban al aire libre, incluyendo alrededor de 4 de cada 10 hombres mayores de 15 años, una de cada 10 mujeres, y más del 30% de las personas de 30 a 54 años (ver la Figura 4.5).³³⁸

FIGURA 4.5. ESTIMACIONES DE LA OMS DE LA PROPORCIÓN DE TRABAJADORES AL AIRE LIBRE (≥ 15 AÑOS), POR SEXO, 2023.



Fuente: Romanello et al. (2024),³³⁹ figura complementaria 36.

4.3.1 EL CALOR NO AFECTA A TODOS LOS TRABAJOS POR IGUAL

El grado de riesgo de estrés térmico de un trabajador depende no solo de la fisiología del individuo (como se ha comentado en la Sección 4.1.1), o de la temperatura ambiente, la humedad y el flujo de aire, sino también de factores específicos del cargo y del lugar de trabajo (Figura 4.6). Un factor clave es la cantidad de esfuerzo físico requerido, ya que las altas tasas metabólicas generan grandes cantidades de calor. Incluso un trabajo de baja intensidad en una fábrica, comercio o restaurante puede requerir un esfuerzo físico dos o tres veces superior al de un trabajo de oficina.³⁴⁰ Levantar objetos pesados, como es habitual en la construcción, las labores agrícolas y los trabajos de almacén, puede requerir fácilmente tres o incluso cuatro veces la tasa metabólica de un trabajo de oficina, y los trabajos muy pesados, como los trabajos de pico y pala, podrían requerir incluso más. La ropa y los equipos de protección pueden dificultar el enfriamiento, y los equipos como la maquinaria industrial también pueden producir calor.

FIGURA 4.6. FACTORES QUE PUEDEN AGRAVAR LOS RIESGOS DE ESTRÉS TÉRMICO EN EL LUGAR DE TRABAJO Y SUS POSIBLES REPERCUSIONES.



Fuente: Flouris et al. (2024),³⁴¹ Figura 1.

Como ya se ha comentado en la Sección 4.1.1, varios factores pueden aumentar la vulnerabilidad al estrés térmico de algunos trabajadores.³⁴² En general, es más probable que las mujeres se sobrecalienten haciendo ejercicio que los hombres, y puede resultarles más difícil bajar sus temperaturas corporales. Las que trabajan durante el embarazo corren un riesgo aún mayor (ver también el Cuadro 4.1).³⁴³ La capacidad de los adultos mayores para realizar un trabajo físico se reduce significativamente en condiciones de calor, y existen pruebas de que los trabajadores de más edad son más susceptibles de sufrir lesiones ocupacionales durante las olas de calor. Los trabajadores con afecciones médicas preexistentes, determinadas lesiones o con alguna discapacidad también están en situación de riesgo.

Por su parte, a los trabajadores jóvenes y sanos se les suelen asignar los trabajos más exigentes desde el punto de vista físico, lo que causa que, aunque sus cuerpos pueden soportar más estrés térmico, también puedan estar expuestos a un calor significativamente mayor que sus compañeros de trabajo. Pueden carecer de

los conocimientos o la autoridad necesarios para protegerse y, sobre todo si son hombres, pueden sentirse obligados a seguir trabajando sin quejarse, aunque se sientan indispuestos.

América Latina y el Caribe también albergan a unos 17,5 millones de migrantes, principalmente de dentro de la región, muchos de los cuales también forman parte de la mano de obra.³⁴⁴ Solo Colombia acogió a casi 3,1 millones de migrantes en 2024, y Argentina, México, Perú y otros países también contaban con grandes poblaciones migrantes. Los trabajadores migrantes se consideran altamente vulnerables, ya que están desproporcionadamente empleados en trabajos físicamente exigentes, como la construcción (o, en el caso de las mujeres, el servicio doméstico), pueden tener barreras lingüísticas que les impiden comprender los procedimientos de salud y seguridad en el trabajo (SST), y pueden no estar acostumbrados al clima local.³⁴⁵

Una última categoría muy amplia de trabajadores muy vulnerables es la de los empleados informales, autoempleados o al margen de la economía formal. En el primer trimestre de 2024, la tasa promedio de empleo informal en 11 países de la región para los que se disponía de datos era del 45,8%.³⁴⁶ Una mirada a las tasas de empleo informal urbano en particular revela que mientras algunos países estaban muy por debajo de esa tasa (por ejemplo, Brasil, con 33,2%, Chile, con 26,7%, y Costa Rica, con 32,7%), en algunos, la mayoría del empleo en las ciudades era informal: 52,9% en República Dominicana, 58% en Ecuador, y 67,1% en Perú.³⁴⁷

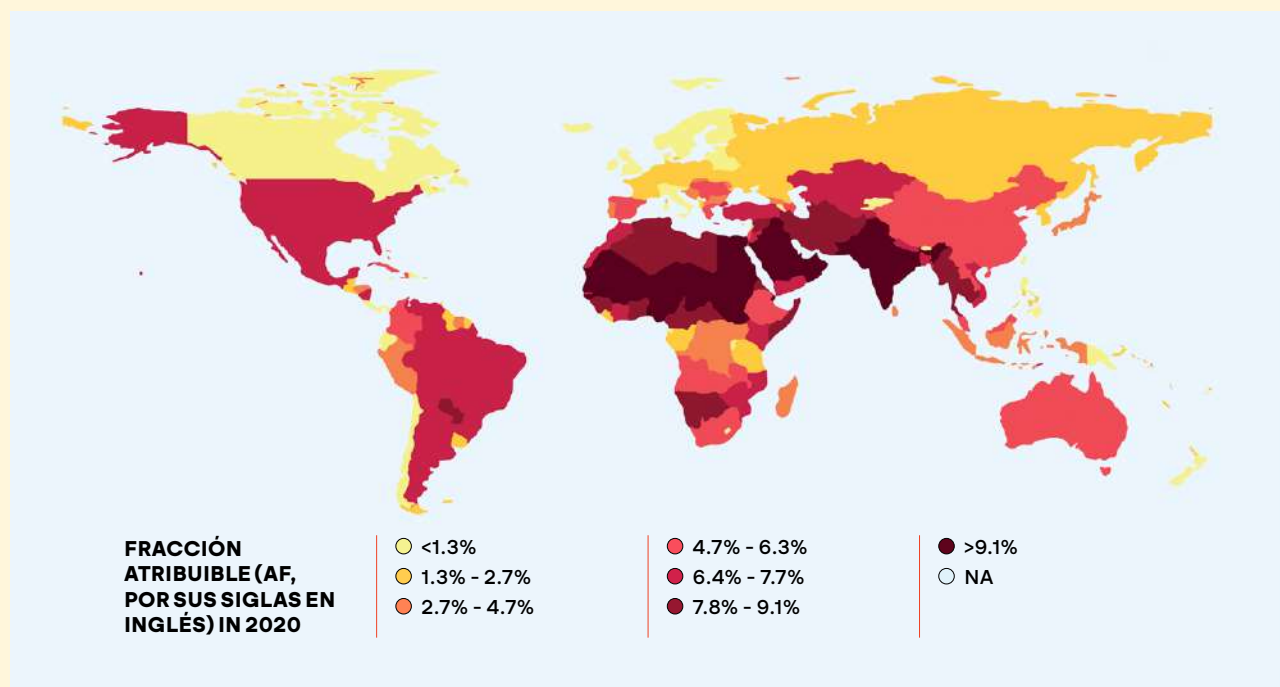
4.3.2 EL CALOR YA ESTÁ TENIENDO UN FUERTE IMPACTO EN LOS TRABAJADORES

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) calcula que, a escala mundial, 2.410 millones de trabajadores —el 71% de la mano de obra— estuvieron expuestos a un calor excesivo en 2020, un 34,5% más que en 2000.³⁴⁸ Esa exposición tuvo graves consecuencias, entre ellas unos 22,85 millones de lesiones y 18.970 muertes. En total, el 6,1% de las lesiones ocupacionales mortales estuvieron relacionadas con el calor.

En las Américas, según un análisis de seguimiento de la OIT, el 70% de los trabajadores estuvieron expuestos a un calor excesivo en 2020.³⁴⁹ Esto dio lugar a unos 2,8 millones de lesiones y representó el 6,7% de las lesiones ocupacionales que llevaron a la muerte, una proporción mayor que en cualquier otra región, excepto en África (Figura 4.7).

En particular, la exposición al calor durante las olas de calor (definidas como tres o más días con temperaturas superiores a 35 °C) representa una parte desproporcionada de las lesiones mortales: el 22,1% en todo el mundo, a pesar de que las olas de calor representaron aproximadamente el 9,6% de los días de exposición. En las Américas, la proporción de lesiones mortales que se producen durante las olas de calor aumentó a más del doble entre 2000 y 2020. Esto subraya la importancia de tomar precauciones especiales durante las olas de calor.

FIGURA 4.7. PROPORCIÓN DE LESIONES PROFESIONALES MORTALES ATRIBUIBLES AL EXCESO DE CALOR, POR PAÍSES, 2020.

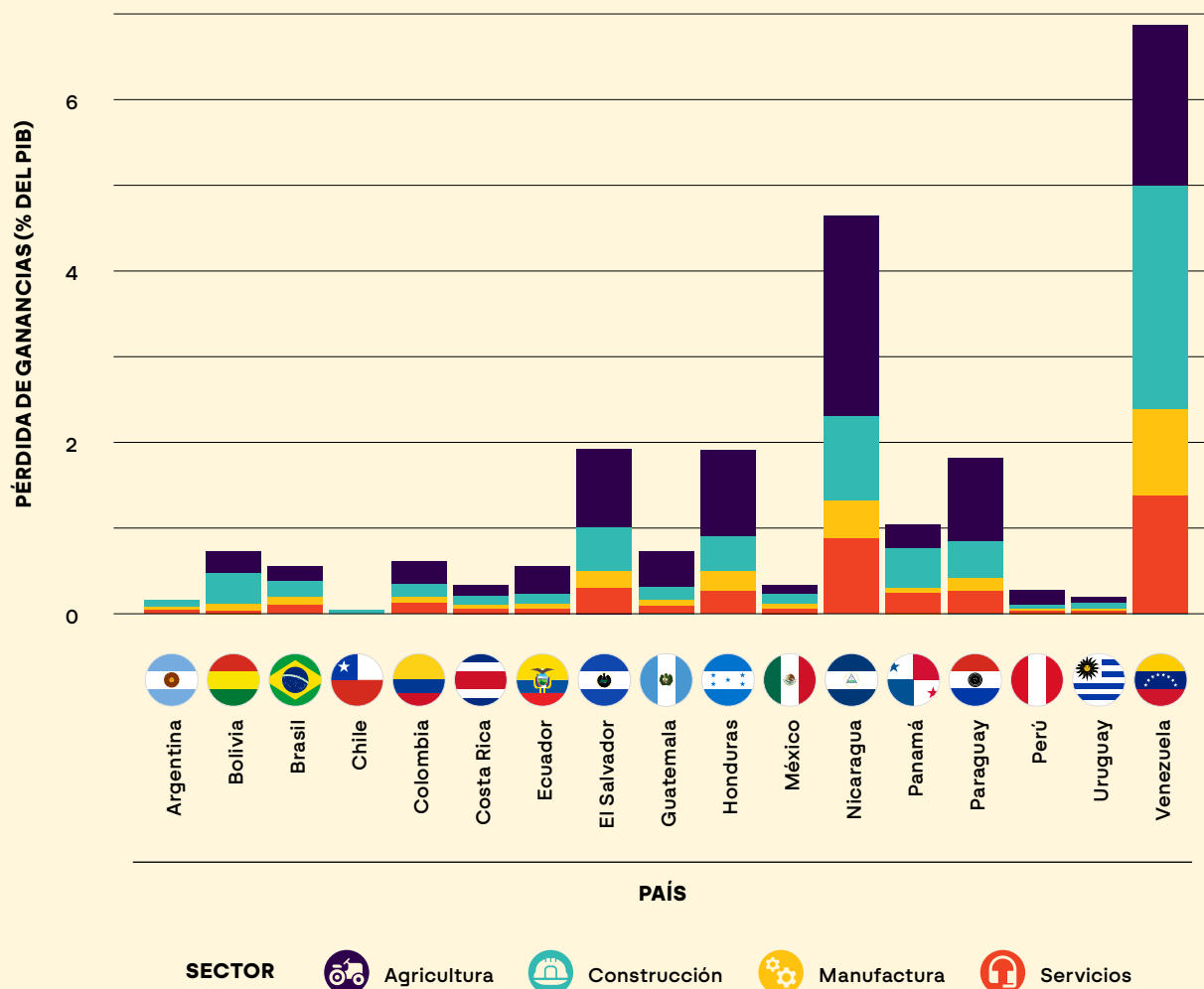


Fuente: Flouris et al. (2024),³⁵⁰ Figura 3.a.

Otra forma de pensar en el impacto del calor sobre los trabajadores es en términos de sus ingresos. La reducción de la productividad puede traducirse en un menor salario, lo que afecta a sus familias, a la comunidad y a la economía en general (analizado con más detalle en la Sección 5). En 2023, la pérdida potencial de ingresos a nivel mundial por la reducción de la capacidad laboral debida al calor extremo alcanzó la cifra récord de 835.000 millones de dólares, según descubrió el equipo de *Lancet Countdown*.³⁵¹ Esto equivalía al 0,82% del producto mundial bruto.

En América Latina, se estima que las reducciones de la capacidad laboral relacionadas con el calor en 2022 les han costado a los trabajadores 1.780 millones de dólares en pérdidas potenciales de ingresos, o el 1,34% del PIB, en promedio.³⁵² Sin embargo, existen grandes diferencias entre países, tanto en la magnitud de la pérdida de ingresos como en el desglose por sectores. A escala mundial, la agricultura es, de lejos, el sector más afectado, y representa la mayor parte de los ingresos no percibidos también en América Latina (40,6%), pero la construcción, siendo un sector más urbano, representa el 32,5%. En algunos países, los servicios y la industria también se han visto afectados de forma significativa (Figura 4.8). En conjunto, Venezuela, Nicaragua, El Salvador y Honduras registran las mayores pérdidas potenciales de ingresos como porcentaje del PIB: 6,9, 4,7, 1,94 y 1,94%, respectivamente, mientras que Chile registró la menor pérdida (0,02%).

FIGURA 4.8. PÉRDIDA DE INGRESOS POR REDUCCIÓN DE LA CAPACIDAD LABORAL RELACIONADA CON EL CALOR, POR SECTORES, 2022.



Fuente: Hartinger et al. (2024),³⁵³ Figura 9.

4.3.3 LOS TRABAJADORES VULNERABLES SE VEN ESPECIALMENTE AFECTADOS

Los trabajadores cuya situación ya es precaria debido a la pobreza, la informalidad, la condición de inmigrantes u otros factores —la mayoría en muchas ciudades de la región, y numerosos en la mayoría de las ciudades— se enfrentan a amenazas especialmente importantes para su subsistencia. Si trabajan en condiciones peligrosas y se enferman o sufren un accidente, es posible que no puedan acceder a una asistencia en salud oportuna y asequible, pero si no trabajan —por elección o debido a las precauciones de su empleador— es posible que no puedan contar con programas de seguridad social para compensar cualquier pérdida en sus ingresos.³⁵⁴ Esto último también es cierto si quedan incapacitados por lesiones relacionadas con el calor y no pueden trabajar.

Un estudio de la red Mujeres en Empleo Informal Globalizando y Organizando (WIEGO, por sus siglas en inglés) sobre los recicladores informales en Brasil reveló que el 85% declaraba haber sufrido un calor anormal u olas de calor mientras realizaba su trabajo.³⁵⁵ La mayoría trabaja al aire libre, pero incluso cuando están en interiores, pueden estar expuestas al calor, pero necesitan recoger suficientes materiales para poder mantenerse. Entre los principales síntomas señalados figuran la deshidratación, el golpe de calor y la fatiga.

Los medios de comunicación han documentado las dificultades particulares de los trabajadores informales durante las recientes olas de calor en toda la región: desde vendedores de productos agrícolas en Kingston (Jamaica),³⁵⁶ hasta músicos callejeros y vendedores ambulantes en los trenes del metro de Ciudad de México,³⁵⁷ pasando por vendedores ambulantes en Maracaibo (Venezuela), entre ellos muchas mujeres indígenas con niños pequeños.³⁵⁸ Los trabajadores suelen decir que se sienten mareados y enfermos, pero que trabajan por necesidad, que reducen su jornada laboral para evitar los peores momentos de calor, y que ven cómo sus ingresos disminuyen aunque tengan que gastar más dinero para mantenerse frescos.

Los gobiernos pueden tomar muchas medidas para proteger a los trabajadores de los efectos adversos del calor excesivo mediante normativas laborales y actividades de divulgación dirigidas a los empleadores, lo que se trata en detalle en la sección 5.2.1. Además, la Sección 5.2.2 examina la manera en la que se puede utilizar la protección social para que los trabajadores vulnerables —incluyendo los informales— reduzcan su jornada o eviten por completo el trabajo en los días más calientes, y para ayudarles a mantenerse en caso de enfermedad o lesión relacionada con el calor.

4.4. LOS COSTOS ECONÓMICOS DEL CALOR URBANO SERÁN SIGNIFICATIVOS

Los impactos del calor urbano sobre las personas y la infraestructura tienen importantes implicaciones económicas. Esta sección presenta un nuevo análisis del Banco Mundial para estimar los efectos potenciales de esos impactos en la productividad de las ciudades de toda América Latina y el Caribe.

Cualquier reducción en la producción de las ciudades es especialmente preocupante en esta región, ya que no solo la población se concentra en las zonas urbanas, sino que las ciudades individuales generan una gran parte del producto interno bruto (PIB) de los países. Por ejemplo, Ciudad de México generó el 14,8% del PIB de México en 2023,³⁵⁹ y São Paulo, el 9,2% del PIB de Brasil en 2021.³⁶⁰ Los porcentajes en los países más pequeños son aún más dramáticos: Montevideo produce alrededor del 49% del PIB de Uruguay;³⁶¹ El Gran Santo Domingo produce el 40,7% del de la República Dominicana,³⁶² y Quito produce el 24,8% del de Ecuador.³⁶³

4.4.1 EL CALOR VUELVE A LAS ECONOMÍAS URBANAS MÁS LENTAS

El calor extremo puede reducir la oferta del mercado laboral, ya que los trabajadores optan por no trabajar o reducen sus horas, o los empleadores interrumpen o limitan el trabajo para proteger a sus equipos (por elección o por obligación). El estrés térmico también puede repercutir sobre el capital físico, ya que el calor extremo puede dañar la infraestructura y la maquinaria. Como se discutió en la Sección 4.3.1, el calor también puede afectar las capacidades físicas y mentales de los trabajadores y, por lo tanto, reducir la productividad laboral, es decir, la cantidad y la eficacia del capital humano. Las enfermedades y los accidentes relacionados con el calor pueden reducir aún más la capacidad de los trabajadores.

Los efectos sobre los resultados educativos (sección 4.2) también podrían afectar la oferta de capital humano a largo plazo. Una ciudad que se vuelve sofocantemente caliente, o en la que es fácil contraer una enfermedad transmitida por vectores, también puede resultar menos atractiva para los trabajadores altamente cualificados.³⁶⁴ Igualmente, cuando una ciudad no está diseñada para soportar temperaturas extremas (Sección 3), los servicios de infraestructura urbana también pueden verse afectados, lo que lleva a una reducción de la productividad total de los factores. Juntos, estos canales pueden tener un impacto en la producción económica agregada de una ciudad, como se muestra en la Figura 4.9.

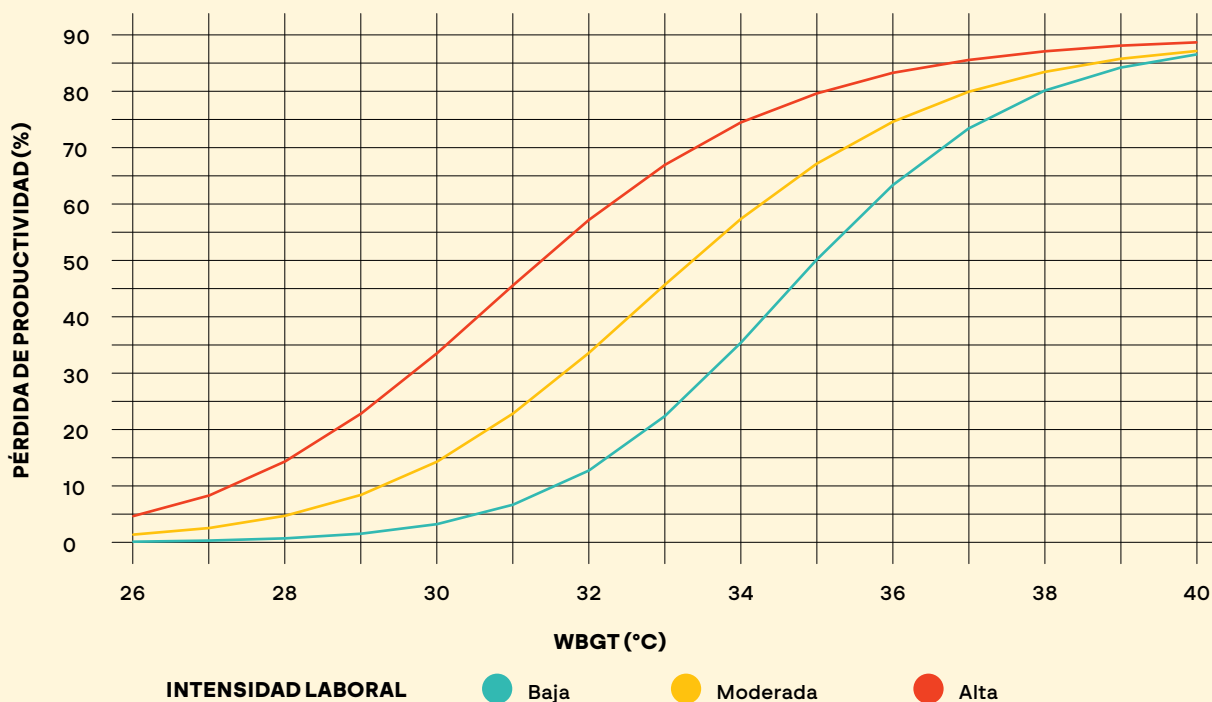
FIGURA 4.9. LOS DIFERENTES CANALES A TRAVÉS DE LOS CUALES EL CALOR URBANO AFECTA EL DESEMPEÑO ECONÓMICO DE UNA CIUDAD.



Fuente: Banco Mundial.

Las ciudades se ven afectadas de forma diferente por el aumento de la temperatura, dependiendo de su composición sectorial y de su clima subyacente. Según un estudio, las repercusiones sobre la productividad laboral comienzan a partir de temperaturas de globo y bulbo húmedo (WBGT) tan bajas como 24-26 °C, sobre todo para trabajos de alta intensidad. Ya cuando se alcanzan los 32 °C, la productividad para los trabajos de alta intensidad se ha reducido a más de la mitad. Lo mismo ocurre para los trabajos de intensidad moderada cuando se realizan a temperaturas de 33-34 °C, y para los trabajos de baja intensidad, a alrededor de 35 °C (Figura 4.10).³⁶⁵

FIGURA 4.10. PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD LABORAL EN FUNCIÓN DE LOS NIVELES DE TEMPERATURA Y DE LA INTENSIDAD DEL TRABAJO.

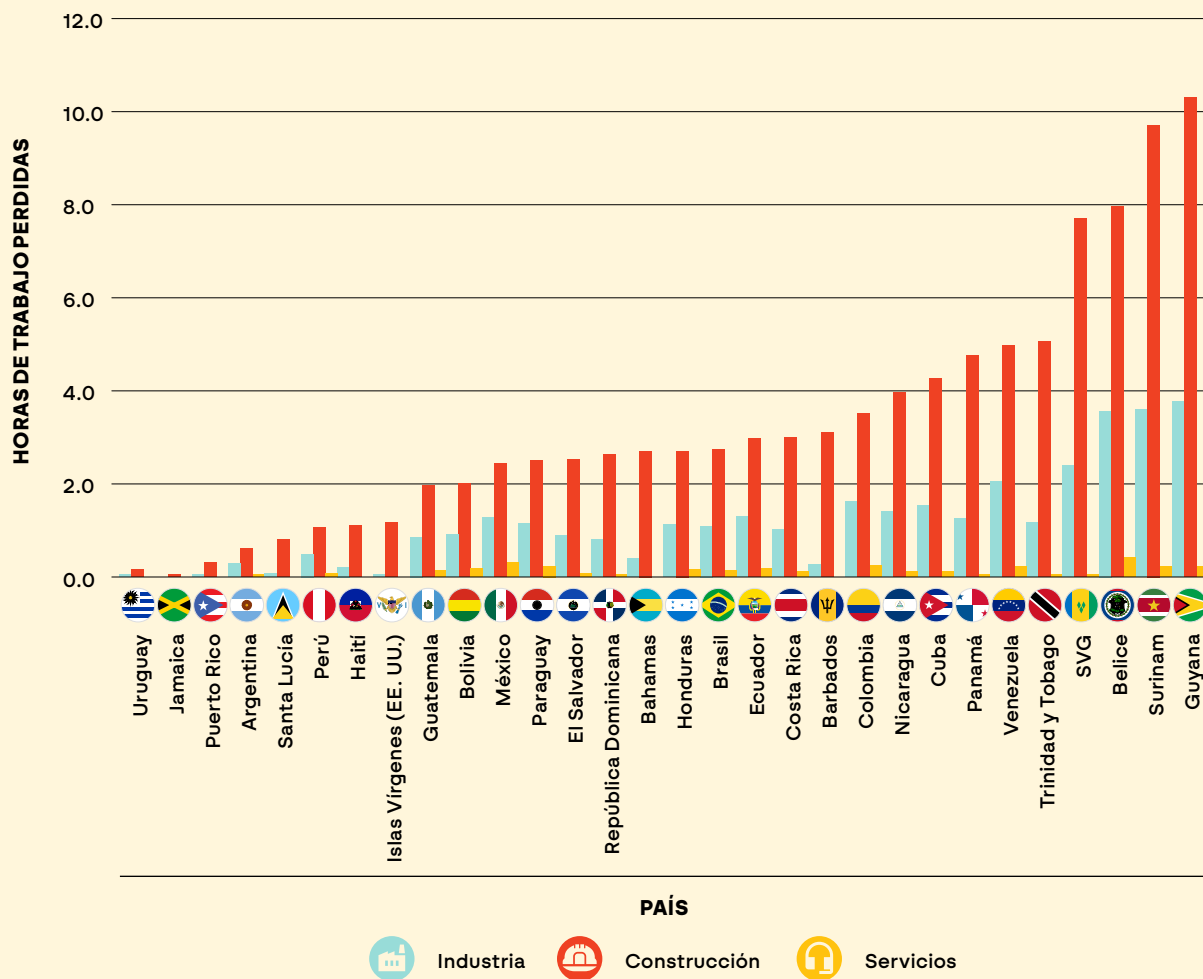


Fuente: Orlov et al. 2020.

Como se comentó en la Sección 4.3.2, el calor extremo ya está causando una reducción en los ingresos de los trabajadores a causa de la pérdida de potencial de ingresos, con la pérdida de horas laborales como un factor clave. En las ciudades, la construcción es uno de los sectores de mayor riesgo, ya que gran parte del trabajo se realiza al aire libre, e incluso el trabajo en interiores puede ser arduo y, por lo tanto, también bastante caliente.

Una reciente evaluación mundial de la pérdida de horas laborales por estrés térmico reveló que los países más afectados en términos de porcentaje de horas laborales perdidas en América Latina y el Caribe son Guyana, Surinam, Belice, San Vicente y las Granadinas y Trinidad y Tobago (Figura 4.11).³⁶⁶ Si se comparan la industria, la construcción y los servicios, se observa que la construcción es, por mucho, el sector con mayores pérdidas proyectadas para 2030.

FIGURA 4.11. PROPORCIÓN DE HORAS LABORALES PERDIDAS POR ESTRÉS TÉRMICO POR SECTOR Y PAÍS (PROYECCIONES PARA 2030).



Fuente: Banco Mundial, utilizando datos de Kjelltröm et al (2019).³⁶⁷

Otro factor que podría afectar a la economía de la región es la gran proporción de empleo informal (ver la sección 4.3). Los trabajadores del sector informal tienden a estar más expuestos a las condiciones exteriores y a las condiciones interiores deficientes, y a menudo trabajan sin protección de las regulaciones laborales. Los datos de la India y Ghana sugieren que, durante las olas de calor, los trabajadores urbanos del sector informal pueden retirarse de los mercados y tener menos clientes, lo que se traduce en menores ingresos. Además de perder ingresos, los trabajadores informales suelen tener que gastar dinero en medidas personales de adaptación, como comprar ventiladores, construir refugios o comprar más bebidas para mantenerse hidratados durante las olas de calor (ver la Sección 5.2.2)

4.4.2 LAS CIUDADES MÁS POBRES Y CALIENTES SON LAS MÁS AFECTADAS POR LAS ANOMALÍAS TÉRMICAS

La actividad económica urbana en toda la región ya se está viendo afectada por las anomalías del calor extremo. El Banco Mundial analizó cómo el calor extremo, medido como anomalía de la temperatura de una ciudad en relación con su norma histórica, afecta la intensidad de luz nocturna de una ciudad como indicador indirecto de la actividad económica. Esto sigue la metodología desarrollada para la contraparte de Asia Oriental de este informe (Cuadro 4.3).³⁶⁸

En primer lugar, el calor extremo parece afectar las actividades económicas en las ciudades de los países de ingresos bajos y medios-bajos más que en los países más ricos. Como se muestra en la Figura 4.12 (panel a), las ciudades de los países de ingresos bajos y medios-bajos registran una caída del 2,6% en la intensidad de luz nocturna, mientras que las de los países de medianos ingresos registran una caída del 1,2%, y las ciudades de los países de ingresos altos no registran ninguna caída.

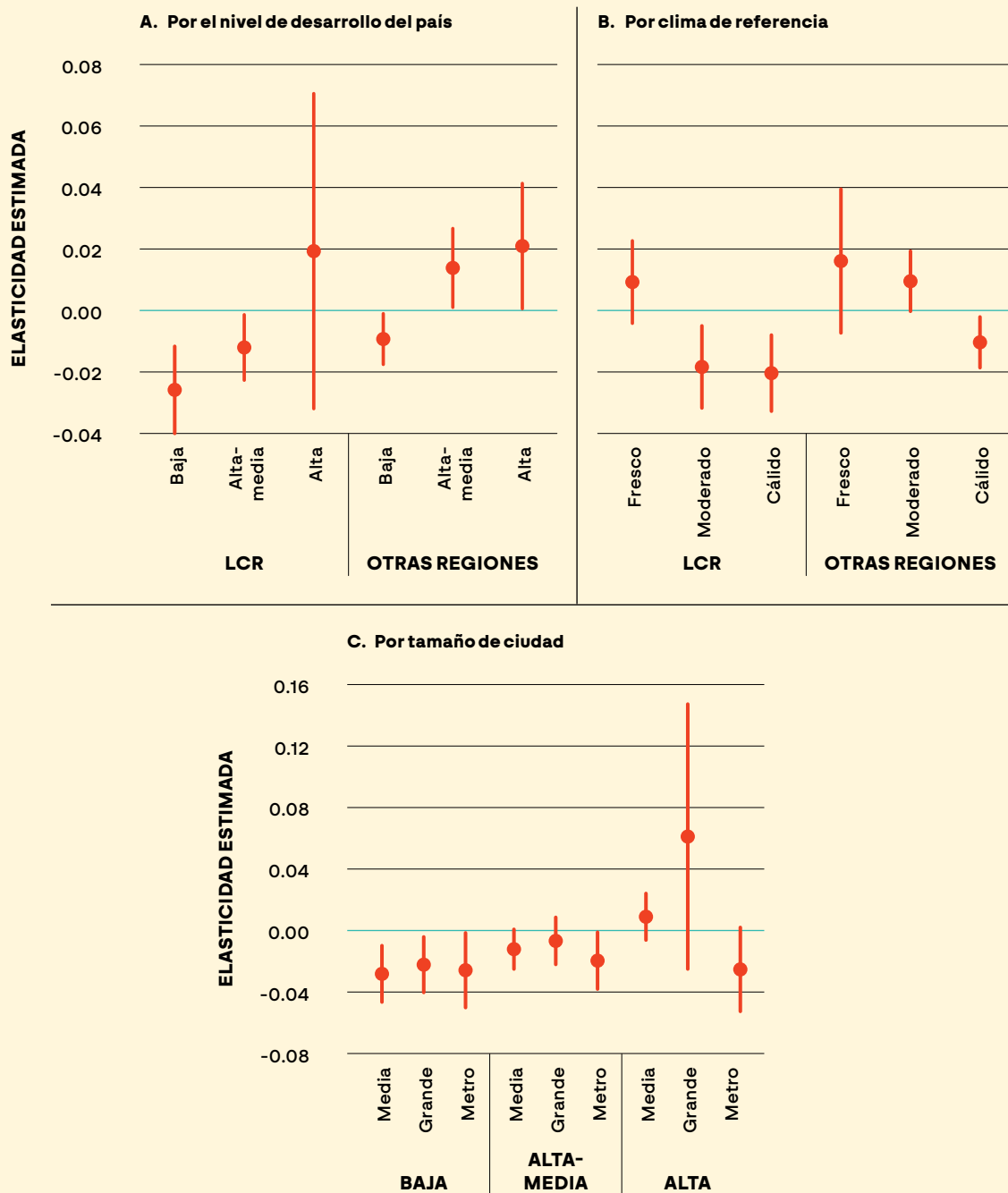
El análisis también reveló que cuanto más cálido es el clima de referencia de una ciudad, mayor es el impacto negativo del calor extremo (Figura 4.12, panel b). En las ciudades con climas cálidos y moderados, la intensidad de luz nocturna disminuyó más de un 2% y casi un 2%, respectivamente. En las ciudades con climas fríos, la intensidad de luz nocturna aumentó ligeramente, pero no fue estadísticamente significativo. Dado que la frecuencia de los episodios de calor extremo está aumentando con el tiempo, estos resultados son especialmente preocupantes para las ciudades con climas de referencia más cálidos.

Por último, los resultados desagregados por ciudades medianas (200.000-499.999 habitantes), grandes (500.000-1.499.999 habitantes) y áreas metropolitanas (al menos 1,5 millones de habitantes) en cada clase de ingresos de los países sugieren que las clases de ingresos importan más para la resiliencia económica al calor que el tamaño de la ciudad. En los países de bajos ingresos, los impactos estimados son negativos independientemente del tamaño de la ciudad, y oscilan entre el -2,3% para las grandes ciudades y el -2,7% y el -2,9% para las áreas metropolitanas y las ciudades medianas.

En los países de medianos ingresos, las metrópolis se oscurecen alrededor de un 2% en promedio cuando se ven afectadas por el calor extremo, mientras que los impactos estimados son insignificantes para las ciudades más pequeñas. Esto concuerda con un hallazgo anterior según el cual el entorno construido a mayor escala y las actividades humanas hacen que las tensiones térmicas sean más graves en las ciudades más grandes.³⁶⁹ En los países de ingresos altos, el impacto estimado es negativo solo para las metrópolis (Figura 4.12, panel c).

Cabe destacar que, en promedio, el grado en que las ciudades se ven afectadas negativamente por las anomalías de calor extremo es mayor en América Latina y el Caribe que en otras regiones del mundo.

FIGURA 4.12. IMPACTOS ESTIMADOS DE LAS ANOMALÍAS DE CALOR EXTREMO EN LAS INTENSIDADES DE LUZ NOCTURNA PARA LAS CIUDADES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE FRENTE A OTRAS REGIONES, POR NIVEL DE DESARROLLO Y CLIMA DE REFERENCIA, ABRIL DE 2012-DICIEMBRE DE 2020.



Fuente: Cálculos del Banco Mundial, basados en el análisis de compuestos mensuales de luces nocturnas del Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) (<https://payneinstitute.mines.edu/eoq-2/viirs/>) y datos meteorológicos mensuales del Climatology Lab, TerraClimate (<https://www.climatologylab.org/terraclimate.html>).

Nota: Las ciudades se definen como centros urbanos siguiendo la metodología del grado de urbanización de la Base de datos Urban Center de la Capa Global de Asentamientos Humanos (GHSL, por sus siglas en inglés). Cada marcador muestra la elasticidad estimada de una anomalía de calor extremo sobre la intensidad de luz nocturna de una ciudad. Las barras verticales indican los límites del intervalo de confianza del 90% asociado a las estimaciones correspondientes. En ambos paneles, los niveles bajo, medio-alto y alto se basan en la clasificación de ingresos por países del Banco Mundial para el año fiscal 2023-24, donde la clase baja incluye a los países de ingresos bajos y medios-bajos. En el panel b, el clima de referencia de una ciudad se clasifica en función de los terciles de distribución de las temperaturas promedio mensuales a largo plazo en todo el mundo. LCR = Región de América Latina y el Caribe. En el panel c, el clima de referencia de una ciudad se clasifica en función de los terciles de la distribución de las temperaturas promedio mensuales a largo plazo en todo el mundo. En el panel c, mediana, grande y metropolitana corresponden respectivamente a las categorías de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) de ciudades medianas (población de 200.000-499.999), áreas metropolitanas (población de 500.000-1.499.000) y grandes áreas metropolitanas (población de al menos 1,5 millones).

CUADRO 4.3

IMPACTO DE LAS ANOMALÍAS DE CALOR EXTREMO EN LAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS URBANAS DE LA REGIÓN

¿En qué medida afectan las anomalías de calor extremo a las actividades económicas urbanas a corto plazo? Para responder a esta pregunta, se analizaron datos mensuales espacialmente granulares sobre las temperaturas junto con la luz nocturna, una aproximación al nivel agregado de actividad económica de una ciudad. Al medir el calor extremo como una anomalía mensual de la temperatura en relación con la norma histórica de cada ciudad, este análisis estima la forma en la que cambió la intensidad de luz nocturna de una ciudad durante cualquier mes en que la ciudad haya experimentado una anomalía de calor entre abril de 2012 y diciembre de 2020 (el período de análisis). Este análisis incluye 2.477 ciudades de todo el mundo con una población superior a 200.000 habitantes, de las cuales 277 se encuentran en América Latina y el Caribe.

Para cualquier ciudad, este análisis define una anomalía de calor extremo en cualquier mes dado entre 1958 y 2020 basándose en el número de desviaciones estándar por encima de la temperatura promedio a largo plazo de la ciudad para el mismo mes. En términos matemáticos, un calor extremo en la ciudad c en el mes m del año y , puede escribirse de la siguiente manera:

$$\text{Heat Anomaly}_{i,m,y} = \frac{T_{i,m,y} - \bar{T}_{i,m}}{SD_{i,m}}$$

Donde $T_{i,m,y}$ denota la temperatura en la ciudad i en el mes m del año y , mientras que $\bar{T}_{i,m}$ y $SD_{i,m}$ se refieren a la media a largo plazo específica de la ciudad y a la desviación típica del mes m , respectivamente, que se calculan para el periodo base enero de 1958-diciembre de 2000 —hasta finales del siglo XX. Cuando la medida adquiere un valor igual o superior a 2, una anomalía térmica se considera calor extremo. Los datos mensuales de temperatura subyacentes mapeados (alrededor de 4 kilómetros en el ecuador) son tomados de TerraClimate. La idea detrás del uso de una medida relativa del calor extremo es que:

- Las personas —y las actividades humanas— reaccionan ante condiciones meteorológicas inusuales más que ante las altas temperaturas per se.
- Los habitantes de distintas partes de la región se han aclimatado a condiciones climáticas diferentes.
- Así, para un análisis entre ciudades a escala regional, una medida relativa es más apropiada que una absoluta para caracterizar el tiempo inusual que la gente percibe como inusualmente caliente.

Sin embargo, sobre la base de esta definición relativa, las grandes desviaciones estándar no se traducen necesariamente en fenómenos graves como las olas de calor, ya que las implicaciones de una anomalía de un determinado tamaño varían entre las ciudades en función de sus climas subyacentes. Este análisis abarca todos los meses del periodo comprendido entre abril de 2012 y diciembre de 2020 para las ciudades tropicales ubicadas entre las latitudes 23,5° sur y 23,5° norte, mientras que solo cubre los meses de verano (junio, julio y agosto en el hemisferio norte y diciembre, enero y febrero en el hemisferio sur) para las ciudades ubicadas fuera de las regiones tropicales.

4.4.3 EL CALOR GENERARÁ UNA CARGA ECONÓMICA CONSIDERABLE PARA LAS CIUDADES

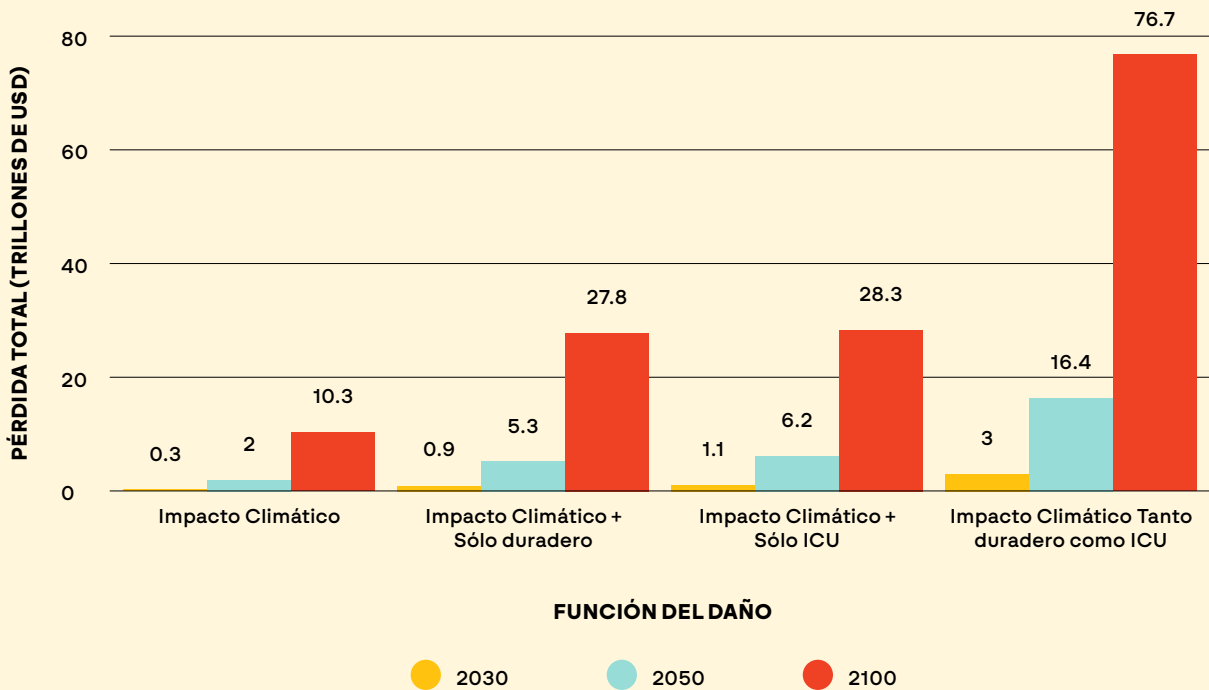
En las próximas décadas, es probable que el costo acumulado del calor extremo sobre la productividad urbana sea grande, y existen diversos métodos para estimar el impacto económico previsto del calor extremo en diferentes escenarios climáticos. La mayoría de los estudios se centran en evaluar el impacto sobre la productividad laboral y la oferta de mano de obra —de lo que ya se ha hablado en esta sección— para diferentes escenarios climáticos y en cubrir diferentes tipos de actividades económicas.

Los más recientes estudios realizados a escala mundial, también tienen en cuenta la forma en la que los países y los sectores económicos se adaptan a lo largo del tiempo, por ejemplo ampliando el uso del aire acondicionado, y la manera en la que el efecto isla de calor urbano (ICU) amplifica las consecuencias del cambio climático. Dado que el efecto ICU aumenta la temperatura global, puede llevar a las ciudades a niveles de calor más perjudiciales desde el punto de vista económico, ya que los efectos económicos del aumento de las temperaturas no son lineales. Por ejemplo, el impacto negativo de un aumento de 1 °C en la temperatura —por ejemplo, de 35 °C a 36 °C— es mayor que el de un aumento de 30 °C a 31 °C.³⁷⁰

Estimaciones recientes sugieren que, en un escenario intermedio (SSP2-4.5), los costos económicos acumulados combinados del cambio climático y el efecto ICU hasta 2050 en América Latina y el Caribe podrían sumar entre 1,2 y 2,5 veces el PIB de la región en 2024.³⁷¹

Las estimaciones se han extraído de un modelo de economía climática llamado CLIMRISK, que puede proyectar las repercusiones económicas del cambio climático de cuatro maneras: 1) considerando solo los impactos climáticos en el momento en que se producen; 2) teniendo en cuenta los efectos duraderos de esos impactos; 3) considerando la manera en que el efecto de ICU agrava los impactos del cambio climático (como se ha discutido en la Sección 1); y 4) considerando los efectos duraderos como el efecto ICU. La Figura 4.13 muestra los resultados de cada enfoque (en función de los daños). Para 2050, los daños acumulados por los efectos duraderos del cambio climático y el efecto ICU combinados serán ocho veces mayores que los derivados únicamente de los efectos climáticos, con unas pérdidas proyectadas para los países de América Latina y el Caribe que alcanzan casi los 16,4 billones de dólares.

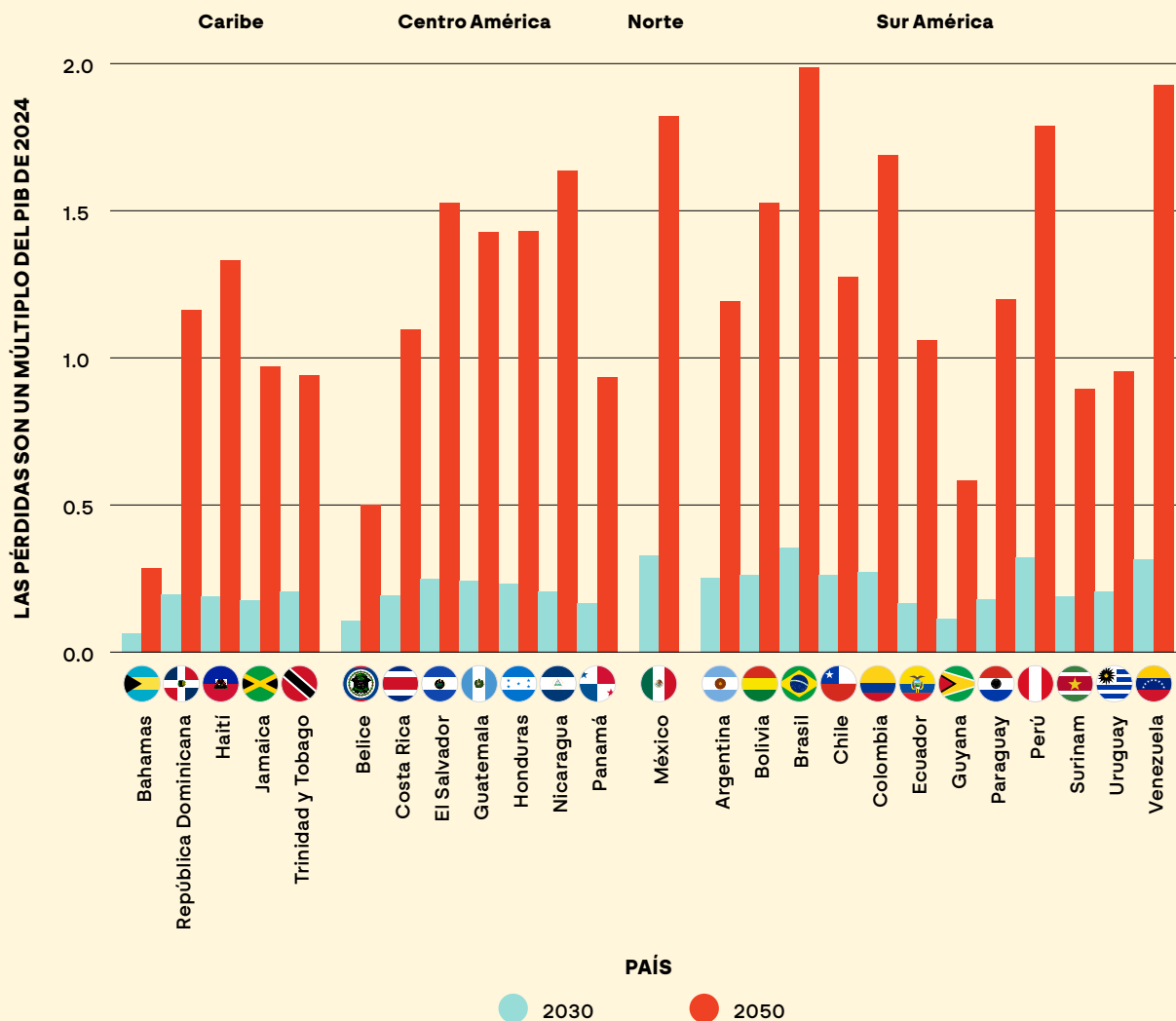
FIGURA 4.13. SI SE TIENEN EN CUENTA TANTO LOS EFECTOS DURADEROS COMO EL ICU, LAS PÉRDIDAS DEL PIB PREVISTAS AUMENTAN EXPONENCIALMENTE EN LOS PAÍSES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE.



Fuente: Banco Mundial, basado en proyecciones de Estrada y Calderón-Bustamante (2024) para América Latina y el Caribe³⁷² en un escenario intermedio (SSP2-4.5). Los costos económicos se presentan como valores actuales netos calculados utilizando 2010 como año base y 2024 como año de referencia para las proyecciones, con valores presentados para 2030, 2050 y 2100, utilizando una tasa de descuento del 1,5%.

En términos absolutos, el análisis muestra las mayores pérdidas para 2050 en México, Brasil, Argentina, Colombia, Venezuela y Perú. Por ejemplo, las pérdidas económicas previstas en Brasil ascienden a 7,13 billones de dólares (en dólares de 2010), cerca del doble del PIB del país previsto para 2024 (Figura 4.14).

FIGURA 4.14. PÉRDIDAS ACUMULADAS PREVISTAS PARA 2030 Y 2050, COMO MÚLTIPLO DEL PIB PREVISTO PARA 2024.

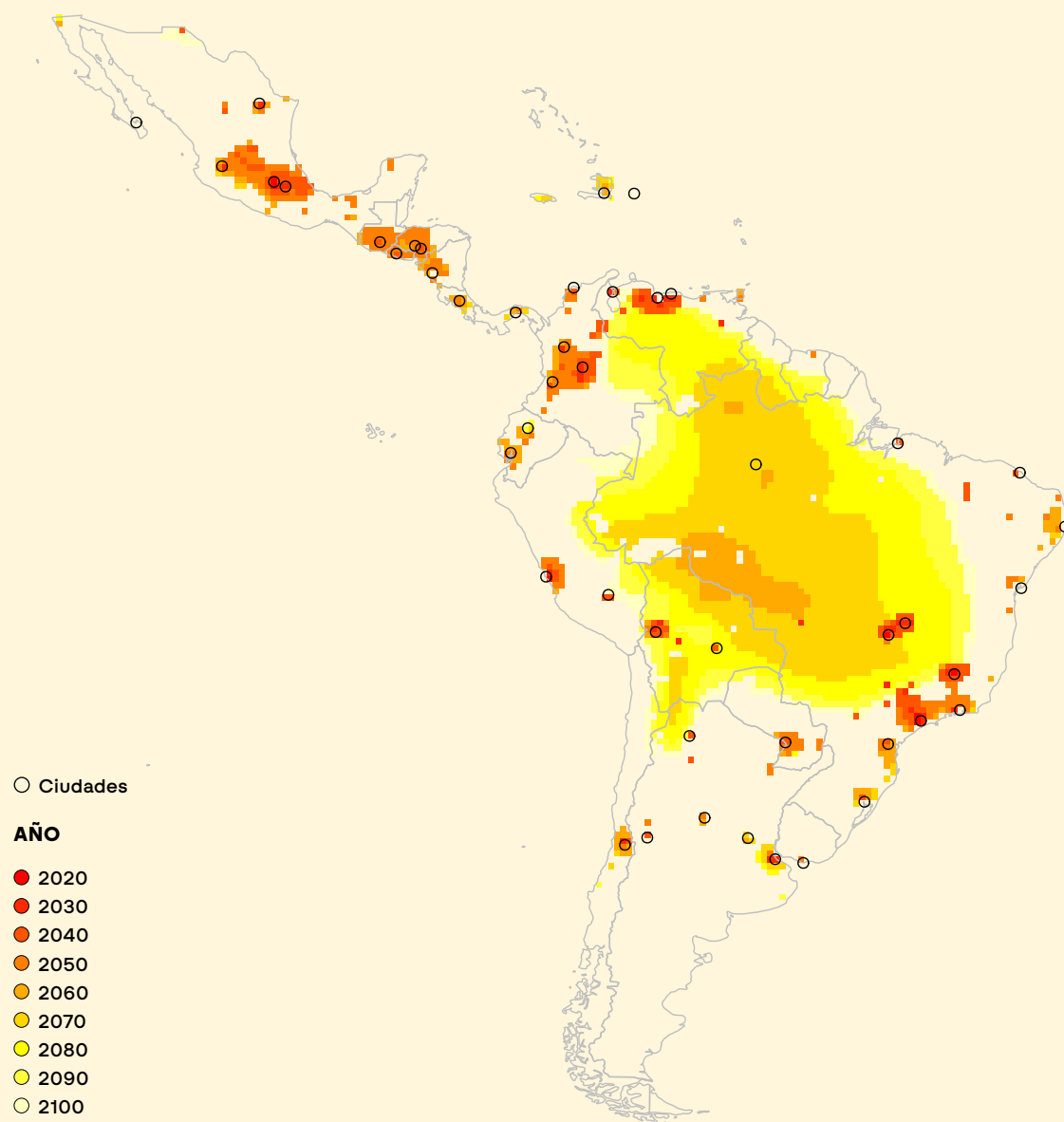


Fuente: Cálculo de los autores a partir de la proyección de Estrada y Calderón-Bustamante (2024) para los países de América Latina y el Caribe, aplicando la función de daños que incorpora tanto el efecto ICU como los efectos duraderos del cambio climático en un escenario climático intermedio (SSP2-4.5).

Nota: Los costos económicos se presentan como valores actuales netos calculados utilizando 2010 como año base y 2024 como año de referencia para las proyecciones, con valores presentados para 2030 y 2050, utilizando una tasa de descuento del 1,5%.

Las ciudades ya se están viendo afectadas. Los modelos económicos revelan que los impactos climáticos en los principales centros urbanos serían mucho más graves que en el resto del continente.³⁷³ Como lo muestra la Figura 4.15, mientras que la mayoría de las regiones no experimentarían reducciones anuales de los PIB superiores al 5% hasta la década de 2080 o más adelante, el modelo CLIMRISK indica que se podría alcanzar este umbral en las capitales en 2020-2030. Se prevé que las pérdidas económicas anuales relacionadas con el clima en otras áreas metropolitanas superen el 5% en la década de 2040-2050.

FIGURA 4.15. AÑO EN EL QUE SE PREVÉ QUE LAS PÉRDIDAS ANUALES DEL PIB SUPEREN EL 5% DEL PIB.



Fuente: Cálculo de los autores a partir de la proyección de Estrada y Calderón-Bustamante (2024) para los países de América Latina y el Caribe, aplicando la función de daños que incorpora tanto el efecto ICU como los efectos duraderos del cambio climático en un escenario climático intermedio (SSP2-4.5). Nota: Los costos económicos se presentan como valores actuales netos calculados utilizando 2010 como año base y 2024 como año de referencia para las proyecciones.

CAPÍTULO

5

MANTENER LAS CIUDADES HABITABLES: PRIORIDADES DE ACCIÓN



El análisis presentado en este informe confirma lo que millones de personas en América Latina y el Caribe ya saben de primera mano: las ciudades de la región son cada vez más calientes —algunas peligrosamente— y, sin esfuerzos proactivos de adaptación, los impactos sobre la infraestructura urbana y la salud humana, el bienestar, los medios de subsistencia y las economías urbanas serán significativos.

Los legisladores reconocen cada vez más la urgente necesidad de aumentar la resiliencia al calor extremo. La buena noticia es que hay soluciones eficaces al alcance de la mano. Las ciudades no pueden impedir que aumente la temperatura, pero si mitigan el efecto isla de calor urbano, pueden hacer que el calor sea más llevadero. También pueden proteger a las personas durante los episodios de calor extremo, adaptar la infraestructura a condiciones más calientes y limitar las repercusiones económicas.

Existe una creciente base de conocimientos sobre “lo que funciona”, incluyendo muchas intervenciones de bajo costo que encajan en los presupuestos e instrumentos políticos existentes, y son el tema central de esta sección. Algunas consideraciones clave para adaptar las estrategias de mitigación del calor a las necesidades de cada ciudad son:³⁷⁴



1. ESCALA ESPACIAL:

Para hacer frente al calor urbano es necesario actuar desde la escala nacional o regional (por ejemplo, mejorar los sistemas energéticos o las previsiones meteorológicas), hasta la escala de la ciudad (por ejemplo, replanteando el diseño urbano y los planes de uso del suelo), pasando por barrios o manzanas específicos, viviendas individuales u otros edificios o complejos de edificios.



2. HORIZONTES TEMPORALES:

Aumentar la resiliencia al calor requiere tanto medidas urgentes a corto plazo para prepararse y responder a las emergencias térmicas, como medidas a mediano y largo plazo para hacer frente al calor urbano. Las ciudades deben actuar rápidamente para proteger a las personas más vulnerables y prevenir enfermedades graves y muertes. Las medidas políticas clave, como la mejora de la protección de los trabajadores, pueden tardar unos años en adoptarse, y será necesario hacer esfuerzos sostenidos durante años y décadas para lograr que las ciudades sean más frescas mediante un diseño urbano mejorado, una construcción más eficiente energéticamente y el reverdecimiento urbano.



3. CO-BENEFICIOS:

Las ciudades se enfrentan a múltiples retos, a menudo con recursos muy limitados. Muchas medidas para mitigar el calor urbano pueden contribuir también a otros objetivos, como la mejora de la calidad del aire, la gestión de los riesgos de inundación, la mejora de la biodiversidad, la reducción de los costos energéticos, la mejora de la resiliencia de los hogares a los riesgos climáticos y la mejora de la preparación ante catástrofes. Estos beneficios colaterales pueden aumentar la aceptación y ayudar a las ciudades a aprovechar al máximo la financiación disponible.³⁷⁵



4. ACTORES CLAVES:

Hacer que las ciudades sean resilientes a un clima más cálido requiere una amplia gama de conocimientos técnicos y la participación de muchos actores, desde constructores inmobiliarios hasta empleadores, representantes de los trabajadores y organizaciones comunitarias. Reunir perspectivas tan diversas puede resultar difícil, pero es crucial para lograr una planificación eficaz y una implementación satisfactoria.

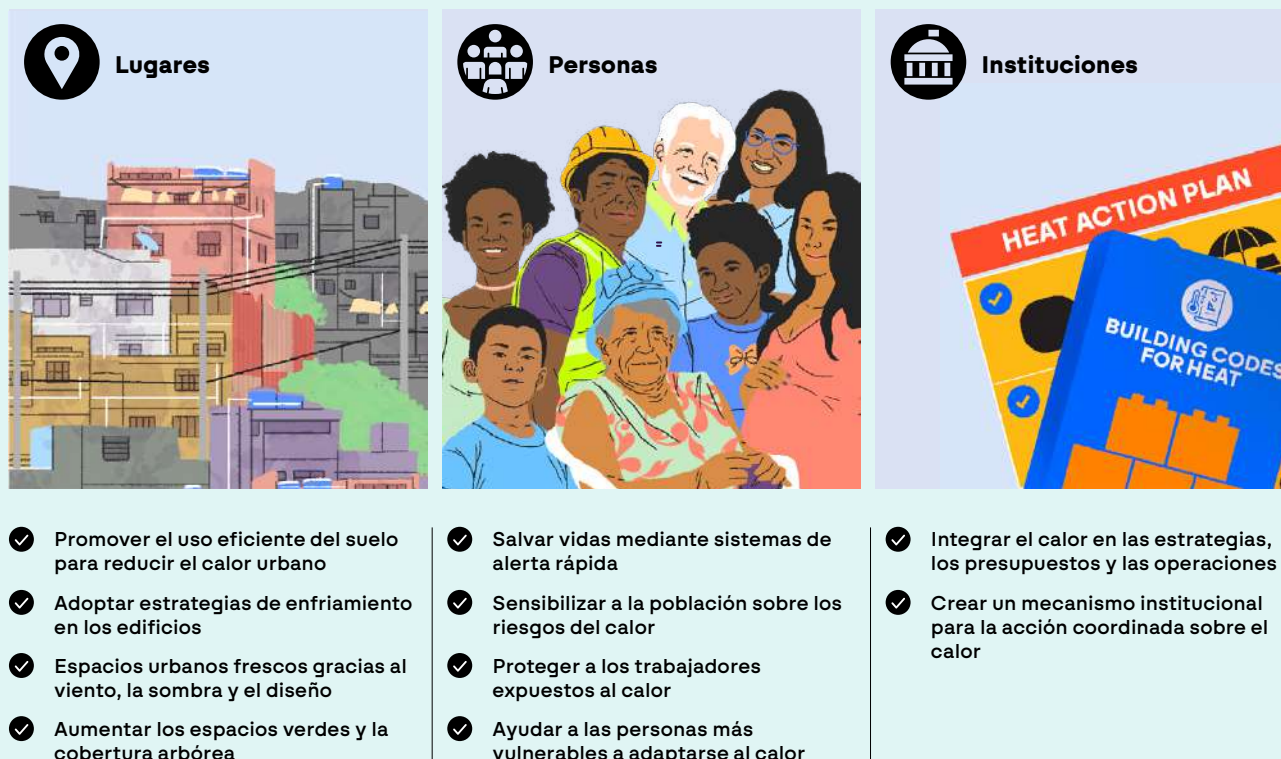


5. INSTRUMENTOS DE POLÍTICA PÚBLICA:

Las intervenciones para hacer frente al calor urbano adoptarán formas muy diversas: desde instrumentos de políticas “blandas”, como campañas de generación de conciencia pública e incentivos para residentes, empresas y organismos públicos, hasta mandatos legislativos y normativos “duros”, como cambios en los códigos de construcción.

El primer informe regional de esta serie del Banco Mundial sobre el calor urbano estableció un enfoque triple para abordar el calor urbano: “Lugares, personas e instituciones”.³⁷⁶ Como se muestra en la figura 5.1, se trata de una combinación de estrategias que abordan los problemas de diseño urbano, uso del suelo e infraestructura que agravan el calor urbano; medidas para proteger la salud pública durante las emergencias de calor, proteger a los trabajadores del calor peligroso y ayudarles a las personas más vulnerables a afrontarlo y adaptarse, y medidas institucionales para integrar la resiliencia al calor en las estrategias, operaciones y presupuestos de las ciudades.

FIGURA 5.1. UN MARCO DE “LUGARES, PERSONAS E INSTITUCIONES” PARA ABORDAR EL CALOR URBANO.



Fuente: Adaptado de Roberts et al. (2023).³⁷⁷

Las ciudades de América Latina y el Caribe ya están trabajando para mitigar el aumento del calor urbano y adaptarse a él. Hasta la fecha, muchas medidas se han centrado en el desafío de los “lugares”, como las iniciativas de reverdecimiento urbano y las intervenciones estructurales, como la instalación de sombra para los paraderos de bus. En cuanto a las “personas”, los gobiernos han dado prioridad a las alertas sanitarias durante los episodios de calor y han reforzado la protección de los trabajadores, entre otras medidas. En cuanto a las “instituciones”, los avances han sido más lentos, pero las ciudades están creando cada vez más políticas, planes y estructuras institucionales necesarias para integrar la resiliencia al calor y permitir respuestas eficaces y coordinadas.

En las secciones 3 y 4 se esbozan las principales intervenciones sectoriales para que los sistemas de infraestructura y los servicios críticos sean más resistentes al calor, desde el suministro eléctrico (sección 3.3), pasando por el transporte público y las redes de carreteras (sección 3.4), hasta las escuelas (sección 4.2).

La sección 3.2 se centra en la mejora de las viviendas y la reducción de las temperaturas interiores, con especial atención a las necesidades de las personas con bajos ingresos. El informe destaca la necesidad de una amplia adopción de estrategias de enfriamiento pasivo, lo que requerirá ampliar la evidencia sobre soluciones eficaces para climas cálidos y tropicales, crear capacidad en el sector de la construcción para aplicar estas medidas y actualizar los códigos de construcción para incorporar estos enfoques. En los casos en que las medidas pasivas por sí solas sean insuficientes, será esencial ampliar el acceso al aire acondicionado y a la ventilación energéticamente eficientes.

Esta sección se centra en las soluciones “a gran escala”: enfriar las ciudades a través de la naturaleza, la sombra, el viento y el diseño (“lugares”), salvar vidas durante los episodios de calor y proteger a los trabajadores y a las personas pobres que viven en zonas urbanas (“personas”), e integrar la resiliencia al calor en las estrategias, los presupuestos y las operaciones urbanas (“instituciones”). En los Anexos 1 y 2 se ofrece una orientación adicional para la planificación a escala urbana, así como un resumen de las principales soluciones para el calor urbano por sectores.

5.1



LUGARES: ENFRIAR CIUDADES MEDIANTE EL DISEÑO, LA SOMBRA, EL VIENTO Y LA NATURALEZA

El diseño y la forma urbana desempeñan un papel crucial a la hora de determinar qué tan caliente o fría que será una ciudad. Como ya se ha explicado en la Sección 2.1, el efecto ICU es un resultado directo del entorno construido. Las ciudades de América Latina y el Caribe —como las de gran parte del mundo— tienen grandes áreas cubiertas casi por completo de concreto, asfalto y otros materiales que absorben el calor, con poca o ninguna vegetación.³⁷⁸ Además, muchas han crecido de forma desordenada e ineficiente y

no cuentan con un transporte público adecuado, lo que provoca una elevada dependencia del automóvil y una grave congestión del tráfico.³⁷⁹

Algunos de estos problemas existen desde hace generaciones. América Latina y el Caribe son regiones mayoritariamente urbanas desde principios de la década de 1960,³⁸⁰ y muchos de los barrios calientes, densamente urbanizados y a menudo con altos índices de pobreza que se analizan en la Sección 2.3 son al menos igual de antiguos. Sin embargo, los gobiernos también han contribuido a crear nuevas islas de calor —a menudo a expensas de los bosques que ayuda a enfriar el ambiente— patrocinando o promoviendo, mediante políticas, la construcción de viviendas a gran escala en las periferias urbanas.³⁸¹

5.1.1 PROMOVER POLÍTICAS DE USO DEL SUELO Y ESTRATEGIAS DE DISEÑO PARA CIUDADES MÁS FRESCAS

Las formas urbanas compactas y conectadas, con un uso estratégico y eficiente del suelo, tienen muchas ventajas, desde el aumento de la productividad hasta la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.³⁸² El desarrollo de usos mixtos es un elemento clave de este enfoque, ya que facilita el acceso de las personas a empleos, servicios y comodidades sin tener que conducir. Una densidad de usos mixtos bien planificada, con buena infraestructura de transporte público, a pie y en bicicleta, puede mitigar el calor urbano al reducir el número de vehículos en las calles, junto con el calor y la contaminación atmosférica que producen.

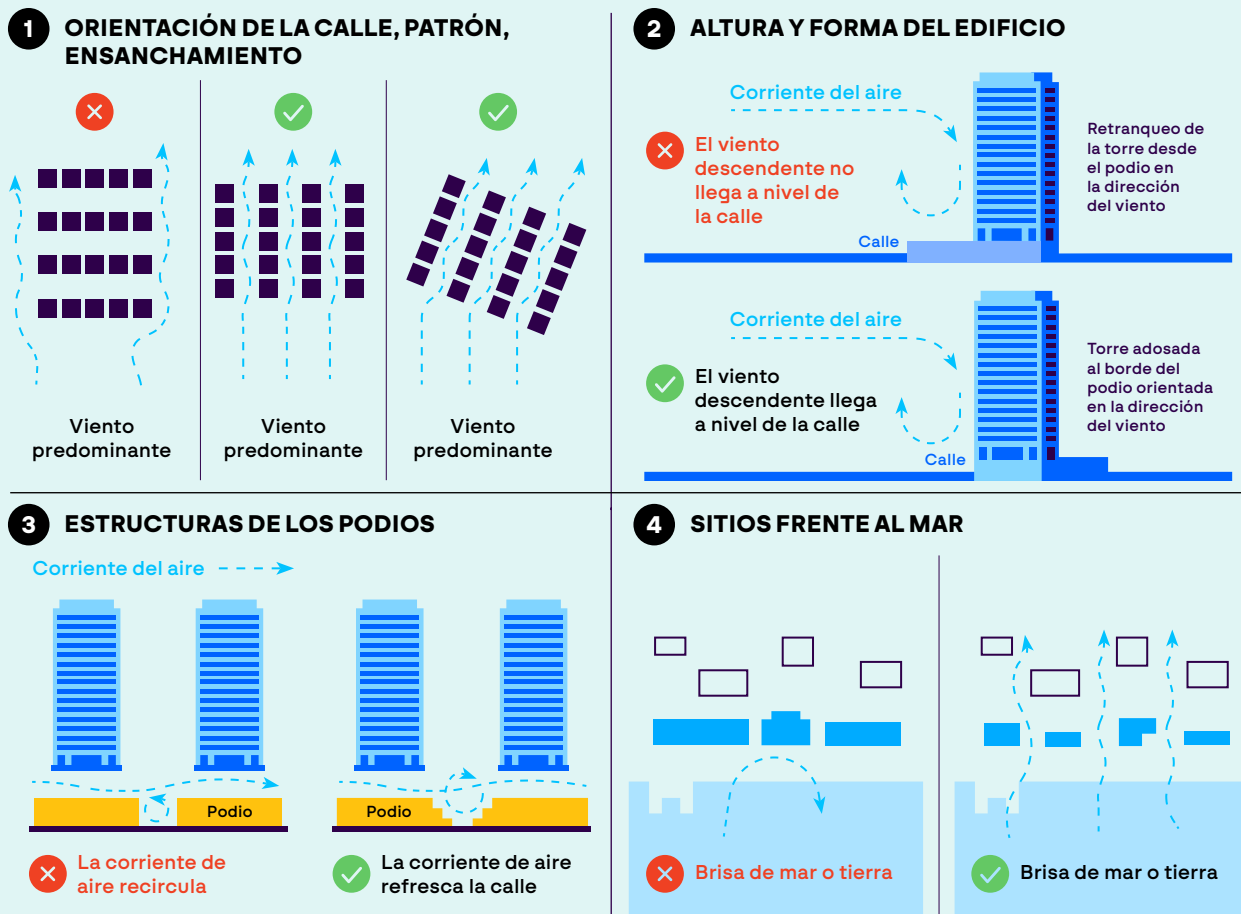
La noción de densidad urbana como solución al calor urbano puede parecer contraintuitiva, ya que hay evidencia en toda la región y en todo el mundo (ver las secciones 2.1 y 2.2) de que los efectos ICU son más graves en las zonas urbanas densamente edificadas. Pero las ciudades tienen que crecer de alguna manera, y la alternativa al desarrollo compacto —dentro de la huella urbana existente o a las afueras— es la expansión descontrolada. Estudios realizados en todo el mundo han demostrado que, aunque el crecimiento de baja densidad reduce la intensidad del calor urbano, aumenta las temperaturas en general, ya que las tierras de cultivo, los bosques y otras zonas verdes que ofrecían beneficios de enfriamiento son sustituidos por edificios y carreteras.³⁸³

Así las cosas, los urbanistas tienen que encontrar un delicado equilibrio, y el uso eficiente del suelo es clave. En la actualidad, en América Latina y el Caribe, la densidad urbana se traduce a menudo en edificios de poca altura apiñados, con poco o ningún espacio verde. Un enfoque más eficiente consiste en construir verticalmente para aprovechar al máximo el espacio disponible, preservando o liberando terreno para parques, corredores peatonales arbolados y otros elementos verdes.³⁸⁴ Los edificios altos estratégicamente ubicados también pueden ayudar a refrescar las ciudades mediante la sombra y la ventilación (ver la figura 5.2). A medida que las ciudades crezcan hacia el exterior, una forma de mitigar los efectos del calentamiento es concentrar el desarrollo a lo largo de corredores con un transporte público sólido, como ha hecho Curitiba (Brasil). El resultado son ciudades en forma de estrella, con menos congestión de tráfico y muchos espacios verdes entre los corredores.³⁸⁵

Las ciudades también pueden beneficiarse de la recuperación de espacios que se habían cedido a los carros, como en el ejemplo del proyecto Barrios Vitales de Bogotá, que reutiliza estratégicamente el espacio de las calles para hacer los barrios más dinámicos, accesibles y aptos para los peatones.³⁸⁶ Al mejorar el acceso a las zonas verdes e integrar la vegetación al entorno construido, también se está reduciendo el riesgo de sobrecalentamiento en las zonas seleccionadas. El programa está respaldado por el Plan de Acción Climática 2020-2050 de la ciudad y ha contado con la participación de las comunidades para garantizar el éxito de su aplicación.³⁸⁷

Unas estrategias de diseño urbano eficaces pueden reducir considerablemente el calor urbano, incluso en zonas densamente urbanizadas. Estas estrategias incluyen la creación de corredores de ventilación mediante la alineación de las calles principales en paralelo a los vientos dominantes, y el uso de una “configuración escalonada”, en la que los edificios se hacen progresivamente más altos a favor del viento (Figura 5.2). Diseñar corredores para que el aire fresco fluya desde los cuerpos de agua cercanas es especialmente beneficioso para las calientes ciudades costeras de la región. También es crucial tener en cuenta los ángulos del sol durante las horas más calientes, para maximizar la sombra.

FIGURA 5.2. DISEÑO DE LAS CALLES PARA MEJORAR LA VENTILACIÓN, REFRESCAR LA TEMPERATURA Y REDUCIR LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.



Fuente: Roberts et al. (2023), basado en Hong Kong SAR (2015).³⁸⁸

R
1
2
3
4
5
MANTENER LAS CIUDADES HABITABLES: PRIORIDADES DE ACCIÓN

A

In

Se pueden utilizar herramientas de modelación para evaluar los efectos de enfriamiento de diversas configuraciones. Muchos de estos enfoques se basan en principios similares a los utilizados en el diseño de edificios para climas calientes (ver la Sección 3.2).³⁸⁹ Algunas de estas estrategias pueden no ser viables en zonas ya densamente edificadas, pero pueden aplicarse en grandes proyectos de reurbanización, nuevos complejos de viviendas en la periferia urbana y proyectos de expansión urbana. Por ejemplo, en el Proyecto Piloto Ciudad del Conocimiento de Guangzhou China-Singapur, el Banco Mundial colaboró con la Oficina Municipal de Planificación y Recursos Naturales de Guangzhou en iniciativas piloto para configurar la disposición urbana con el fin de crear corredores eólicos.³⁹⁰

5.1.2 INTEGRAR SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA EN EL ENTORNO CONSTRUIDO

La incorporación de superficies frescas y permeables en los paisajes urbanos ha demostrado su eficacia para reducir el calor urbano. Las secciones 3.4 y 3.2 abordan dos ejemplos clave: los pavimentos fríos —con revestimientos o aditivos que las hacen reflejar la luz solar— y los techos fríos, pintados de blanco o con otro tipo de revestimiento reflectiva. La investigación ha demostrado que, aplicados a gran escala, estos enfoques pueden mitigar significativamente el efecto isla de calor urbano, aunque, como se discute en las secciones respectivas, puede haber compensaciones, tales como el aumento en las temperaturas del aire para los peatones al mediodía.³⁹¹

Otro método para enfriar las zonas pavimentadas consiste en utilizar superficies permeables, como los pavimentos porosos, que permiten que el agua se infiltre y se evapore, brindando un enfriamiento adicional mediante procesos evaporativos. En Ciudad de México, por ejemplo, el proyecto Vía Verde³⁹² convirtió un importante viaducto de una autopista en un enorme jardín vertical, añadiendo plantaciones en más de 1.000 pilares, así como franjas verdes, con pavimentos permeables que absorben el agua lluvia. La vegetación también ayuda a mejorar la calidad del aire y crea un pequeño sumidero de carbono. El uso de pavimentos permeables también puede ayudar a las ciudades en el manejo de las aguas lluvia, reduciendo la escorrentía, lo que brinda una ventaja importante en zonas propensas a las inundaciones.

Dado que una de las principales razones por las que las zonas urbanas se recalientan es la falta de árboles y otro tipo de vegetación (ver la Sección 2.1), tiene sentido que las SbN para mitigar el calor urbano involucren a menudo el reverdecimiento. En toda la región, las ciudades están añadiendo, ampliando y restaurando espacios verdes, conectando zonas fragmentadas a los corredores verdes, creando zonas peatonales con materas y sembrando árboles a lo largo de aceras y carreteras. Sin embargo, las condiciones medioambientales —como las zonas climáticas— determinan en gran medida la cantidad de espacios verdes que una ciudad puede albergar de forma natural.³⁹³ Al mismo tiempo, la distribución y accesibilidad de las zonas verdes, sobre todo de los parques, vienen determinadas por las políticas de urbanismo.

Se están agregando plantas a los techos y a los laterales de los edificios, creando techos y muros verdes, al igual que Vía Verde de Ciudad de México creó pilares verdes en los viaductos. Algunos proyectos de renovación urbana y de nuevas viviendas asequibles también han integrado deliberadamente árboles para la sombra y plantas autóctonas que la fauna favorece. En un estudio de 2021 se identificaron más de 150 proyectos que utilizaban SbN en toda la región, tanto en entornos urbanos como rurales, pero también se descubrió que muchos proyectos estaban aún en sus primeras fases, y que había un potencial significativo para ampliar estos enfoques en la región.³⁹⁴

Más de 30 ciudades latinoamericanas se han unido a Cities4Forests, una alianza mundial de líderes urbanos que trabajan para conservar, restaurar y gestionar de forma sostenible los bosques dentro y alrededor de las ciudades.³⁹⁵ Entre las primeras se encuentra Mérida (México), rodeada de bosques protegidos por el gobierno federal, pero también São Paulo, una ciudad muy urbanizada, que ha creado nuevas zonas de conservación de la naturaleza y ha invertido a gran escala en la siembra de árboles en las calles.³⁹⁶ En Costa Rica, donde más del 60% del territorio está cubierto por una estrategia de conservación, se están utilizando “corredores biológicos interurbanos” para involucrar a las comunidades en la restauración de paisajes naturales, sobre todo a lo largo de los ríos en zonas urbanas densamente pobladas, y crear franjas conectadas de espacios verdes.³⁹⁷ En Cali (Colombia) se han creado múltiples “corredores verdes” por toda la ciudad, entre otras cosas recuperando 22 km de vías férreas en desuso.³⁹⁸

Ninguno de estos proyectos se centra únicamente en mitigar el calor urbano, aunque es un beneficio clave. Otros beneficios son la reducción del riesgo de inundaciones, el aumento del almacenamiento de carbono, la mejora de la biodiversidad, la creación de nuevas instalaciones para el ejercicio y el ocio, la mejora de la cohesión social y los beneficios económicos.³⁹⁹ Un análisis de 323 ciudades latinoamericanas reveló que enverdecer más el entorno puede ofrecer cierta protección contra las muertes relacionadas con el calor, especialmente en zonas climáticas áridas.⁴⁰⁰ Muchos proyectos proponen explícitamente abordar disparidades como las que se analizan en la sección 2.3. En general, por ejemplo, en América Latina, las calles de los barrios más ricos tienen más abundancia de árboles que los más pobres, o que los que tienen grandes concentraciones de adultos mayores o niños.⁴⁰¹

La siembra de árboles en grandes superficies puede crear un efecto de “isla fresca de parque”, en el que el calentamiento diferencial entre las zonas verdes y las urbanizadas genera brisas localizadas que refrescan las manzanas circundantes.⁴⁰² El alcance y la intensidad de estos efectos dependen de las características de los parques (por ejemplo, la densidad de la cobertura arbórea) y de las zonas cercanas (por ejemplo, los patrones de flujo de aire creados por el entorno construido, como ya se ha dicho), así como de la dirección y velocidad de los vientos dominantes. Incluso los árboles de las calles pueden tener un impacto significativo. Un estudio realizado en Curitiba (Brasil), por ejemplo, constató una diferencia promedio de 1,6 °C entre las calles con y sin árboles.⁴⁰³

La siembra de árboles en las ciudades es una intervención de costo relativamente bajo con un alto retorno de la inversión. Por ejemplo, un análisis económico del Banco Mundial de 2024 centrado en tres ciudades indias halló relaciones costo-beneficio de 1:3 o superiores, ya que el aumento de la cobertura arbórea de las ciudades entre un 10% y un 30% podría reducir las temperaturas del aire hasta 1,5 °C de forma localizada.⁴⁰⁴ El estudio solo cuantificó los beneficios de evitar la mortalidad relacionada con el calor y las pérdidas de productividad laboral, pero los autores señalaron los beneficios adicionales de ofrecer zonas de enfriamiento para obreros, vendedores ambulantes, trabajadores y las personas que se transportaban durante los días calientes, así como beneficios separados para la salud física y mental.

Un estudio realizado en 2016 por The Nature Conservancy y C40 Cities examinó los posibles beneficios para la salud de la siembra de árboles en 245 ciudades de todo el mundo, teniendo en cuenta tanto la mitigación del calor como la mejora de la calidad del aire.⁴⁰⁵ Se descubrió que, con un costo promedio de 468 dólares por cada grado centígrado de enfriamiento logrado en un área de 100 metros cuadrados, la siembra de árboles era más rentable que cualquier otra estrategia, excepto los techos fríos, y con un impacto especial cerca del suelo, donde la gente se beneficia más. En Ciudad de México, según el estudio, una inversión de 861.000 dólares al año para aumentar la cobertura arbórea en algunas zonas podría reducir las temperaturas en 1,5 °C para 361.000 personas, al tiempo que mejoraría la calidad del aire. En Río de Janeiro, invirtiendo 2,4 millones de dólares al año se podrían obtener los mismos beneficios para unas 942.000 personas. Centrarse en zonas con problemas de ICU especialmente graves puede maximizar el retorno de la inversión.

Incluso pequeños aumentos en la cobertura arbórea urbana pueden marcar la diferencia, pero los esfuerzos a gran escala pueden ser transformadores. En 2016, Medellín puso en marcha una iniciativa ecológica de tres años y 16,3 millones de dólares para crear “Corredores Verdes”, sembrando 8.800 árboles, así como palmeras y arbustos, a lo largo de 18 vías urbanas y 12 vías navegables.⁴⁰⁶ La ciudad priorizó los lugares con tráfico y contaminación atmosférica, y capacitó a 75 personas de entornos desfavorecidos para cuidar de los espacios verdes. Las siembras redujeron la temperatura del aire en unos 2°C, mejoraron la calidad del aire e incluso han devuelto la fauna a la ciudad, lo que ha impulsado nuevas inversiones en zonas verdes desde entonces.⁴⁰⁷ En Medellín, según las autoridades municipales, sembrar árboles cuesta entre 38 y 140 dólares, incluyendo el suministro, el transporte y la siembra (dependiendo del tamaño y la especie), y el mantenimiento cuesta entre 10 y 20 dólares anuales por árbol.

CUADRO 5.1

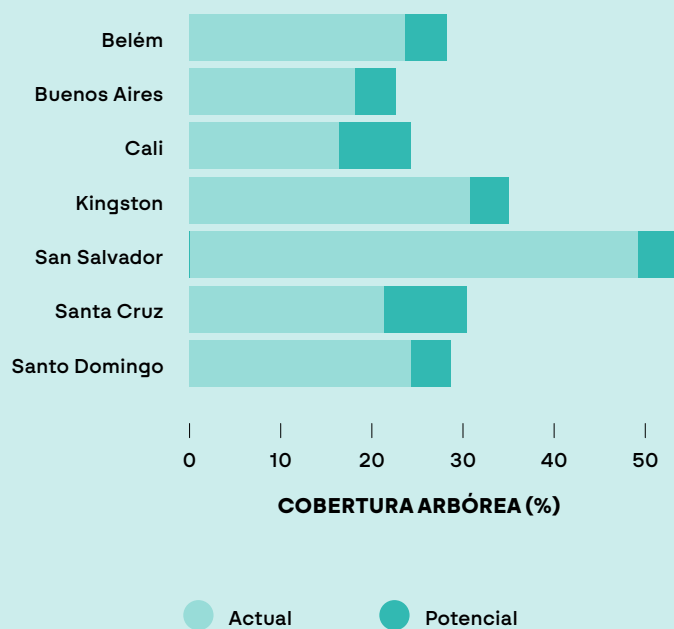
EXPLORANDO OPORTUNIDADES PARA LAS SBN EN LAS CIUDADES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

El Programa Global sobre Soluciones Basadas en la Naturaleza para la Resiliencia Climática (GPNBS) fomenta el conocimiento, las operaciones y las asociaciones para identificar, preparar y ejecutar inversiones en Sbn. Para apoyar esta labor, el programa creó el Escaneo de Oportunidades de Soluciones Basadas en la Naturaleza, una herramienta que ofrece una evaluación rápida del potencial de las Sbn para mejorar la resiliencia climática en ciudades de todo el mundo.⁴⁰⁸

Para explorar las oportunidades de las Sbn para reducir el estrés térmico en las ciudades de la región, se aplicó la herramienta a una muestra de ciudades de América Latina y el Caribe: Belém, Buenos Aires, Cali, Kingston, San Salvador, Santa Cruz y Santo Domingo.

La proporción de suelo construido en esas ciudades oscila entre el 38% y el 61% de la superficie total, con un promedio del 52%. La cobertura arbórea actual oscila entre el 16% y el 49%, con un promedio del 26%, y es una fuente fundamental de protección contra el calor urbano, entre otros beneficios. Luego, el análisis exploró el potencial de aumento de la cobertura arbórea.

FIGURA 5.3. CUBIERTA ARBÓREA ACTUAL Y POTENCIAL DE EXPANSIÓN



La figura 5.3 muestra la cobertura arbórea actual de cada ciudad y su potencial de expansión. El análisis muestra que, en promedio, las iniciativas de reverdecimiento urbano —nuevos parques, corredores verdes, arbolado urbano, etc.— podrían aumentar la cobertura arbórea en un 25%.

Aunque la herramienta identifica todas las oportunidades potenciales de creación de Sbn dentro de los núcleos urbanos, los beneficios potenciales del estrés térmico varían. En general, las oportunidades de Sbn en zonas densamente pobladas ofrecerían los mayores beneficios de enfriamiento. En todas las ciudades, los corredores verdes brindan más beneficios de reducción del calor que los bosques urbanos debido a su potencial para 1) ofrecer beneficios de enfriamiento en zonas densamente pobladas, y 2) su potencial para reducir las islas de calor urbano locales compensando los efectos de calentamiento de las carreteras y las superficies pavimentadas. En promedio, se calcula que la implementación de corredores verdes reduce los efectos locales de las islas de calor en un 29% en las siete ciudades del ejemplo.

5.2 PERSONAS: PROTEGER LA SALUD Y EL BIENESTAR HUMANO

Las repercusiones del calor urbano extremo sobre los seres humanos son profundas: desde la interrupción de la escolarización de los niños hasta el agotamiento y la pérdida de productividad de los trabajadores, pasando por el aumento de la carga de enfermedades y mortalidad relacionadas con el calor (ver la Sección 4). Las medidas para reducir la exposición al calor en el entorno construido son parte de la solución, pero no protegen totalmente a las personas del calor excesivo. Cuando las temperaturas alcanzan niveles peligrosos, las autoridades municipales y nacionales deben estar preparadas. Los sistemas de alerta temprana, una orientación clara sobre los riesgos relacionados con el calor y las medidas de protección, y políticas específicas pueden salvar vidas y ayudar a la población de las ciudades de América Latina y el Caribe a mantenerse a salvo en los días calientes.

5.2.1 SALVAR VIDAS MEDIANTE SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA

En gran medida, las muertes y enfermedades relacionadas con el calor son predecibles. Se concentran en los meses más calientes del año, especialmente cuando las temperaturas superan determinados umbrales (ver el Cuadro 1.1 y la sección 4.1), y afectan principalmente a las personas especialmente vulnerables por su edad o estado de salud, y/o muy expuestas al calor debido a su trabajo u otros factores.

La mayoría de estas muertes y enfermedades también pueden ser prevenidas. Las personas pueden protegerse en gran medida permaneciendo alejadas del sol, bebiendo abundante agua, evitando el esfuerzo físico y, si es necesario, refrescando su cuerpo mediante estrategias como la aplicación de agua fría.⁴⁰⁹ También pueden utilizar ventiladores y aire acondicionado para bajar la temperatura interior, aunque no todo el mundo puede hacerlo. Puede que haya personas que no tengan acceso a agua potable cuando la necesiten, por ejemplo, o que no puedan abandonar el lugar de trabajo. Sin embargo, para una gran parte de la población, una advertencia y orientación oportunas deberían ser de gran ayuda para mantenerse a salvo.

Esto significa que una parte crucial de la solución es establecer sistemas para advertirle al público y movilizar respuestas de emergencia, según sea necesario. Ese es el propósito de los sistemas de alerta temprana (SAT) del calor: mecanismos que utilizan las previsiones meteorológicas para activar la emisión de notificaciones de salud pública, así como las intervenciones clave de los organismos públicos y otros actores, como la apertura de centros públicos de enfriamiento.

La experiencia mundial con los sistemas de alerta temprana de calor es aún bastante reciente, con ciudades como Filadelfia, Estados Unidos, que fueron pioneras en la década de 1990. Los países europeos y Japón los aplican desde la década de 2000, y países de medianos ingresos como India, Argentina y Chile los introdujeron en la década de 2010. Las pruebas de su eficacia son ya tan sólidas que la Organización Meteorológica Mundial

(OMM) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) han calculado que la ampliación de los sistemas de alerta sanitaria por calor en tan solo 57 países podría salvar más de 98.000 vidas al año.⁴¹⁰

La experiencia con los sistemas de alerta temprana de calor en América Latina y el Caribe hasta la fecha ofrece importantes lecciones y ejemplos para las ciudades de toda la región. Argentina, por ejemplo, utiliza un sistema de alertas codificadas por colores (Cuadro 5.2). El Gobierno Regional Metropolitano de Santiago de Chile ha establecido un protocolo regional integral para la gestión del calor extremo, en colaboración con la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), el Servicio Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (SENAPRED) y otros actores. El protocolo implementa un sistema de alerta escalonado que se activa cuando se pronostica que las temperaturas alcancen los 24 °C o más (ver la sección 5.2.2).

Los sistemas de alerta temprana de calor tienen unos costos de implementación modestos, pero se ha demostrado que aportan beneficios significativos para evitar muertes y pérdidas económicas.⁴¹¹ Un estudio del Banco Mundial centrado en ciudades indias concluyó que los sistemas de alerta de calor, que se han implementado en ciudades como Ahmedabad, tenían una relación costo-beneficio de 1:50.⁴¹² Esta relación costo-beneficio tan elevada refleja el hecho de que los sistemas de alerta de calor —especialmente cuando se combinan con un protocolo específico de gestión de emergencias— permiten una actuación bien coordinada para proteger a las personas vulnerables cuando el riesgo es mayor

CUADRO 5.2

SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA DE TEMPERATURAS EXTREMAS DE ARGENTINA

Argentina ha experimentado un aumento dramático de los fenómenos meteorológicos extremos en las últimas seis décadas, sobre todo en lo que respecta al aumento de las temperaturas. La frecuencia de las olas de calor ha aumentado significativamente, con el doble de olas de calor entre 2010 y 2018 que en la década de 1990.

Las olas de calor extremo del verano de 2013-2014, que provocaron muertes evitables, impulsaron nuevas investigaciones sobre las repercusiones sanitarias del calor extremo.⁴¹³ Una investigación realizada en colaboración por el Ministerio de Salud, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y varias universidades reveló un fuerte vínculo estadístico entre las temperaturas extremas y el aumento de las tasas de mortalidad.⁴¹⁴ El análisis reveló que el riesgo de mortalidad durante las olas de calor aumentaba significativamente en 13 de las 18 provincias, mientras que las temperaturas extremadamente frías también se asociaban a tasas de mortalidad más elevadas en varias ciudades. Estos resultados pusieron de manifiesto la urgente necesidad de tener un sistema eficaz de alerta temprana.

En respuesta, el SMN, el Ministerio de Salud y sus socios desarrollaron el Sistema de Alerta Temprana para Olas de Calor y Salud, y lo pusieron a prueba en Buenos Aires y en Rosario. Este sistema fue diseñado para reducir la mortalidad relacionada con el calor lanzando alertas

específicas y orientación de salud al público, los prestadores de atención médica y los organismos de protección civil. Tras nuevas investigaciones, en 2017 se ajustaron los umbrales de temperatura y, en 2021, el sistema se amplió a 168 localidades de todo el país. También se rebautizó como Sistema de Alerta Temprana de Temperaturas Extremas — Calor (SAT-TE Calor), complementado por un sistema similar para el frío extremo.

SAT-TE Calor emite alertas codificadas por colores (amarillo, naranja y rojo), que comienzan cuando se prevé que un lugar supere el percentil 90 de temperaturas para ese lugar. Las alertas amarillas indican precaución, mientras que las alertas naranja y roja, emitidas a temperaturas progresivamente más altas, indican la necesidad de utilizar medidas de protección más estrictas.⁴¹⁵

SAT-TE Calor aprovecha la infraestructura de vigilancia meteorológica existente, incluyendo los datos de las estaciones meteorológicas automáticas, para generar previsiones y emitir alertas. El SMN emite las alertas meteorológicas y el Ministerio de Salud ofrece asesoría en salud. Entre octubre de 2021 y marzo de 2022, por ejemplo, se emitieron 987 alertas diarias en todo el país (615 amarillas, 205 naranjas y 167 rojas). Las alertas son difundidas a través de las redes sociales, los medios de comunicación y otros canales para garantizar la adopción de medidas preventivas a tiempo. El sistema también ayuda al sistema de salud a prepararse y gestionar el aumento de la demanda en los días calientes. La misma codificación por colores se utiliza para otros peligros (siempre con etiquetas claras que indican cuál es el peligro en cuestión), y un sitio web ofrece orientación detallada.






El establecimiento de sistemas de alerta temprana de calor requiere un importante trabajo previo por parte de los gobiernos municipales o nacionales, incluyendo la colaboración con organismos de salud pública y epidemiólogos para identificar los umbrales de temperatura a partir de los cuales es necesario actuar. Sin embargo, puede que las ciudades no necesiten un sistema de alerta temprana específico para el calor. Si ya disponen de sistemas de alerta temprana para otros peligros, como inundaciones, tormentas o incendios forestales, o si necesitan crearlos, el calor puede integrarse en un sistema de alerta temprana para peligros múltiples.

Los MHEWS son herramientas indispensables para gestionar riesgos complejos e interconectados y responder a peligros causados por el efecto dominó. Por ejemplo, una fuerte ola de calor puede aumentar el riesgo de incendios forestales, agotar los recursos hídricos e intensificar las condiciones de sequía, mientras que las fuertes lluvias pueden desencadenar inundaciones en zonas ya de por sí reseca. Los MHEWS permiten a las autoridades emitir alertas coordinadas que garanticen que las comunidades y los equipos de emergencia estén preparados para estos peligros superpuestos.

Otra cuestión clave a tener en cuenta a la hora de diseñar un sistema de alerta temprana de calor, ya sea por sí solo o como parte de un sistema de alerta rápida a mediano plazo, es el tipo de alertas que deben emitirse. Tradicionalmente, las alertas se han centrado en el peligro previsto, no necesariamente en los impactos esperados sobre las personas, la infraestructura y los medios de subsistencia. Sin embargo, se está produciendo un cambio creciente hacia la previsión y las alertas basadas en el impacto.

La previsión basada en el impacto tiene en cuenta las vulnerabilidades de cada contexto para predecir las consecuencias probables de los fenómenos extremos. Por ejemplo, durante una ola de calor, estos sistemas pueden prever no solo la temperatura esperada, sino también riesgos específicos para la salud, con alertas específicas para los adultos mayores, los trabajadores al aire libre u otros grupos de interés. También pueden alertar sobre riesgos para los sistemas y servicios de infraestructura, como la escasez de agua, los cortes de electricidad o las salas de urgencias llenas de pacientes. La Tabla 5.1 ofrece algunos ejemplos de cómo las alertas basadas en el impacto diferirían de las previsiones convencionales de fenómenos meteorológicos extremos.

TABLA 5.1. ALERTAS METEOROLÓGICAS VERSUS ALERTAS BASADAS EN EL IMPACTO

ALERTA METEOROLÓGICA	ALERTA BASADA EN EL IMPACTO
 <p>"Se espera que las temperaturas alcancen los 40 °C en los próximos tres días, con una elevada humedad".</p>	<p>"El calor extremo persistirá durante los próximos tres días. Las altas temperaturas y la humedad aumentan el riesgo de agotamiento por calor y golpe de calor, especialmente para los adultos mayores, los niños y las personas con condiciones crónicas de salud. Tome medidas para mantenerse fresco e hidratado, y preste atención a sus vecinos y sus familiares más vulnerables."</p>
 <p>"Se espera que la ola de calor dure desde el martes hasta el viernes, con temperaturas que superarán constantemente los 35 °C".</p>	<p>"Una ola de calor prolongada desde el martes hasta el viernes provocará una fuerte demanda sobre la red eléctrica, aumentando el riesgo de cortes. Los sistemas de transporte público pueden sufrir retrasos. Evite las actividades no esenciales al aire libre, prevea posibles interrupciones del suministro eléctrico y acuda a uno de los cinco centros de enfriamiento de la ciudad si no puede mantenerse fresco en casa."</p>
 <p>"Está en efecto un aviso de calor, ya que se espera que las temperaturas superen las normas estacionales en 5 °C".</p>	<p>"Un aviso de calor está en efecto. Se debe limitar el trabajo al aire libre y las actividades físicas. Se aconseja a las escuelas y a los campamentos que ajusten los horarios de actividades al aire libre para evitar los picos de calor de la tarde. Los centros de enfriamiento estarán abiertos, y se anima a los residentes a buscar espacios interiores si no tienen aire acondicionado en casa."</p>

La integración de la previsión basada en el impacto en los MHEWS aporta importantes beneficios para hacer frente al calor y a otros riesgos interconectados, brindando una gran cantidad de información valiosa:

- **Momento y ubicación de los impactos previstos**, detallando cuándo y dónde se producirán los impactos, que pueden diferir del origen o el punto álgido del peligro;
- **Gravedad y probabilidad de los impactos**, lo que ayuda a priorizar las acciones de respuesta en función de los niveles de riesgo de cada consecuencia potencial;
- **Tipos de impacto**, identificando sectores específicos o las poblaciones en riesgo, desde comunidades vulnerables a infraestructura crítica;
- **Asesoría práctica**, como medidas prácticas para mitigar los riesgos, garantizando que las medidas de respuesta sean claras y oportunas.

Estos enfoques no solo ayudan a salvar vidas, sino que también maximizan la eficiencia de la asignación de recursos. Sin embargo, muchos países de la región se enfrentan a importantes dificultades para aplicarlos, debido a la escasez de recursos técnicos y financieros, la insuficiente recopilación de datos y la inadecuada coordinación entre organismos. Para superar estos obstáculos, es crucial mejorar el intercambio de datos, la educación de las comunidades y los acuerdos regionales sobre previsión.

Ampliar el uso de modelos de predicción globales, como el Centro Europeo de Predicción Meteorológica a Plazo Medio (ECMWF, por sus siglas en inglés) y el Servicio de Cambio Climático Copernicus, puede contribuir a aumentar la precisión de las previsiones y a prolongar los plazos de previsión de los episodios de calor extremo. El plazo de previsión

de dos a cinco días habitual en la región debería ampliarse a siete o diez días para poder tomar medidas proactivas que salven vidas. También es importante aumentar la densidad de las redes de observación, especialmente en las zonas urbanas, para recoger datos de alta resolución.

5.2.2 PROTEGER A LOS TRABAJADORES URBANOS DEL CALOR

Los gobiernos pueden desarrollar una serie de normativas para proteger a los trabajadores de los efectos adversos del calor excesivo. Estas medidas suelen incluir pausas obligatorias, provisión de zonas de descanso a la sombra y restricciones del trabajo al aire libre durante las horas de más calor. El “Repertorio de recomendaciones prácticas sobre los factores ambientales en el lugar de trabajo” de la OIT ofrece recomendaciones detalladas que pueden informar las políticas y orientar a los empleadores que saben que sus trabajadores pueden enfrentarse a altos niveles de calor y/o humedad.⁴¹⁶

La OIT pide que se evalúe si las condiciones pueden provocar estrés térmico, teniendo en cuenta la temperatura ambiente, la exposición de los trabajadores al calor radiante, la intensidad que requiere el trabajo y otros factores.⁴¹⁷ Se debe hacer esfuerzos por eliminar la necesidad de trabajar en condiciones de calor, o al menos, por reducir la carga térmica, por ejemplo mejorando la ventilación e instalando rociadores de agua. También se insta a los empleadores a organizar un ciclo de trabajo-descanso para los trabajadores más expuestos, y a ofrecer agua y/o bebidas frías adecuadas. Los trabajadores también deben ser supervisados, de modo que puedan ser retirados si empiezan a mostrar síntomas de estrés térmico, y deben disponerse de instalaciones de primeros auxilios.

Hay muchos ejemplos de los que los legisladores de América Latina y el Caribe pueden aprender y emular, en todo el mundo y dentro de la región. Por ejemplo, en una colaboración que la OIT ha destacado como modelo, el Ministerio de Trabajo de Grecia trabajó con organizaciones sindicales y patronales, médicos, científicos, el servicio meteorológico nacional y otros expertos para desarrollar un marco integrado de protección de los trabajadores frente al estrés térmico.⁴¹⁸ Las medidas incluían cambios en los horarios de trabajo y en los equipos de protección, consideraciones para los trabajadores vulnerables, incluyendo los que no están aclimatados, y umbrales, basados en la temperatura de globo y bulbo húmedo (WGBT), para interrumpir el trabajo: 32,5 °C para el trabajo de baja intensidad, 31,5 °C para el trabajo de intensidad moderada, 30,5 °C para el trabajo de alta intensidad y 30 °C para el trabajo de muy alta intensidad. El servicio meteorológico elaboró previsiones de la WBGT a 48 horas para todo el país, que están disponibles en una aplicación para teléfonos inteligentes. Una fase piloto permitió probar las nuevas normas en el mundo real.

Qatar colaboró con científicos y la OIT en 2019 para estudiar la exposición de los trabajadores al calor excesivo y actualizar las protecciones laborales existentes en el país.⁴¹⁹ En 2021, la Decisión Ministerial n° 17 prohibió el trabajo al aire libre de 10 a 15:30 horas desde el 1 de junio hasta el 15 de septiembre, ampliando una prohibición anterior. Además, si en algún momento la temperatura ambiente promedio sube por

encima de 32,1 °C en un lugar de trabajo en específico, todo el trabajo debe detenerse. Los empleadores también deben someter a los trabajadores a chequeos médicos anuales y educarlos sobre el estrés térmico, con una capacitación especializada para los que corren mayor riesgo. Los datos que recolectó la Media Luna Roja de Qatar revelaron que, en el primer verano tras la adopción de las nuevas normas, las hospitalizaciones asociadas al estrés térmico en el lugar de trabajo se redujeron en más de la mitad.

Brasil también ha establecido umbrales para los casos en los que los empleadores deban adoptar medidas para proteger a los trabajadores del calor: Si la temperatura ambiente global supera los 31,7 °C para el trabajo de muy baja intensidad (100 W), o los 20,7 °C para el trabajo de muy alta intensidad (602 W),⁴²⁰ los empleadores deben ofrecer agua potable, intentar reprogramar el trabajo de alta intensidad y brindar ropa de protección contra el calor, si aplica.⁴²¹ Si el WBGT supera los 33,7 °C para el trabajo de muy baja intensidad (100 W), y los 24,7 °C para el trabajo de muy alta intensidad (606 W), los empleadores deben tomar medidas para reducir la temperatura, como adaptar los procesos de trabajo, alternar tareas de baja y alta exposición, y brindar un espacio más fresco para que los trabajadores tomen descansos.

El Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo de México, adoptado en 2014, establece medidas para que los empleadores protejan a los trabajadores del estrés térmico.⁴²² Por ejemplo, deben identificar las zonas con condiciones de calor peligrosas y adoptar estrategias de reducción de riesgos, como colocar señales de seguridad para limitar el acceso a las zonas con riesgos térmicos, tomar medidas para reducir el calor según sea necesario y brindarles a los trabajadores equipos de protección individual. Los empleadores también deben educar a los trabajadores sobre el estrés térmico, y tienen prohibido asignar tareas a las trabajadoras embarazadas que las expongan a un calor extremo (ver el Cuadro 5.3 para Costa Rica).

CUADRO 5.3

PROTEGIENDO A LOS TRABAJADORES AL AIRE LIBRE FRENTE AL ESTRÉS TÉRMICO EN COSTA RICA

En 2015, en respuesta a estudios que mostraban altas tasas de enfermedad renal crónica entre los trabajadores agrícolas centroamericanos, Costa Rica adoptó una nueva normativa destinada a proteger a todos los trabajadores al aire libre.⁴²³ Inspirada en enfoques adoptados en Estados Unidos, incluye una serie de medidas:

1. **Eliminación y control de las fuentes de calor:** Debe procurarse eliminar las fuentes innecesarias de calor y vapor de agua, proteger las emisiones radiantes y utilizar sistemas de ventilación para hacer que entre aire más fresco.
2. **Medidas de enfriamiento:** Instalar enfriadores, sopladores, ventiladores o aire acondicionado para aliviar la humedad y mover el aire. También deben utilizarse deshumidificadores y otros métodos de reducción de la humedad.
3. **Hidratación y descansos:** Se debe ofrecer a los trabajadores agua potable y fresca, y se les deben permitir pausas breves y frecuentes para tomar agua a intervalos regulares durante sus turnos. Se recomienda tomar un vaso de agua (250 ml) cada 15-20 minutos.
4. **Zonas de descanso:** Proporcione salas frescas o refugios contra el calor donde los trabajadores puedan tomar descansos y recuperarse del calor.
5. **Educación y aclimatación:** Se debe educar a los trabajadores sobre los signos y síntomas de la exposición excesiva al calor y del golpe de calor, así como sobre el proceso de aclimatación. Se debe dar tiempo a los trabajadores para que se aclimaten tras salir de un ambiente caliente.
6. **Sistema de compañeros:** Implementar un sistema en el que los trabajadores se cuiden unos a otros para garantizar la seguridad y una respuesta rápida en caso de síntomas de estrés térmico.
7. **Equipo de protección:** Asegurarse de que los trabajadores dispongan de equipos de protección personal (EPP) adecuados que no contribuyan al estrés térmico.
8. **Programación del trabajo:** Adaptar el ritmo de trabajo a las condiciones y programar las tareas físicamente exigentes durante las horas más frescas del día.

La aplicación de la normativa ha dado lugar a mejoras significativas en la seguridad de los trabajadores, sobre todo en la reducción de la incidencia de efectos sobre la salud como el golpe de calor y el agotamiento por calor. Los requisitos de ofrecer zonas de sombra, bebidas rehidratantes y periodos de aclimatación han sido eficaces para crear condiciones de trabajo más seguras.

Sin embargo, se han observado algunas deficiencias, como una aplicación incoherente y recursos limitados para que los empleadores de empresas más pequeñas cumplan plenamente con la normativa. Además, aunque el programa de vigilancia de la salud que la acompaña ha sido beneficioso, existen dificultades para mantener una supervisión y un seguimiento exhaustivos debido a limitaciones logísticas y financieras. Estos problemas resaltan la necesidad de apoyo y recursos continuos para una implementación eficaz de las regulaciones.

Aunque los gobiernos nacionales suelen tomar la iniciativa a la hora de proteger a los trabajadores del calor extremo, las ciudades también pueden tomar acción. La protección de los trabajadores es una prioridad clave del protocolo “Código Rojo” de Santiago de Chile de acción contra el calor, que incluye iniciativas educativas para los empleadores sobre los peligros relacionados con el calor y la implementación de prácticas de protección. La figura 5.4 muestra un cartel educativo de la iniciativa.

FIGURA 5.4. CARTEL DE SENSIBILIZACIÓN DIRIGIDO A LOS TRABAJADORES EN EL MARCO DE LA INICIATIVA “CÓDIGO ROJO” DE SANTIAGO.

CÓDIGO ROJO
Protocolo Calor Extremo y Altas Temperaturas

ALIANZA GOBIERNO REGIONAL Y ASOCIACIÓN CHILENA DE SEGURIDAD (ACHS)

Monitorear, levantar datos y favorecer la prevención frente a olas de calor extremo que puedan afectar el bienestar de las y los trabajadores de la RM.

Las altas temperaturas producen una disminución en el rendimiento de la habilidad motriz, mental o de atención del trabajo, factores que podrían causar accidentes laborales.

RECOMENDACIONES:

- 1 Tomar sorbos de agua cada 15 minutos. No esperar a sentir sed.
- 2 Realizar los descansos establecidos para recuperarse en un lugar a la sombra y/o fresco.
- 3 Si hay sensación de fatiga, comunicarlo a su supervisor.
- 4 En la posible usar ropa de telas livianas y transpirables.
- 5 Si el trabajo es bajo sol, utilizar gorro tipo legionario y aplicar bloqueador en la piel expuesta al sol.
- 6 Si existe alguna contraindicación de salud para exponerse a calor, comunicarlo al supervisor.

STGO Seguro

Gobierno Regional Metropolitano de Santiago

Sin embargo, la elaboración y aplicación de medidas de protección de los trabajadores puede plantear diversos retos. Uno de ellos es garantizar su cumplimiento, especialmente en sectores con una elevada proporción de trabajo informal o no regulado, como la construcción. En Brasil, por ejemplo, la informalidad ha supuesto un reto a la hora de hacer cumplir la normativa de protección contra el calor. También puede haber resiliencia por parte de los empleadores debido a la preocupación por la productividad y los costos financieros asociados a la aplicación de medidas de protección contra el calor. Es crucial contar con mecanismos de implementación sólidos y campañas de generación de conciencia pública para educar tanto a los empleadores como a los trabajadores sobre los riesgos para la salud de la exposición al calor y los beneficios de su cumplimiento. La integración de estas normativas en marcos más amplios de salud y seguridad en el trabajo puede ayudar a garantizar su sostenibilidad y eficacia.

También es fundamental garantizar que las estrategias de protección de los trabajadores sean inclusivas y equitativas. Las normas de género y la segregación ocupacional suelen determinar quién está más expuesto al calor. Las mujeres, por ejemplo, suelen estar sobrerrepresentadas en las tareas de cuidado y en sectores informales como la venta ambulante o el trabajo doméstico, donde la protección es limitada o inexistente. Desglosar los datos de exposición al calor y de impacto sobre la salud por género puede revelar

estos patrones y servir de base para una normativa más sensible. Incorporar la sensibilidad de género a los marcos de salud y seguridad en el trabajo —mediante políticas específicas como pausas de descanso obligatorias, zonas de sombra, puestos de hidratación y horarios flexibles— puede ayudar a garantizar que las protecciones lleguen a las personas con mayor riesgo, al tiempo que se apoya la productividad y el bienestar.

5.2.3 APOYAR A LA POBLACIÓN URBAN VULNERABLE MEDIANTE LA PROTECCIÓN SOCIAL Y LOS MICROSEGUROS

Dadas las grandes implicaciones del calor extremo para los medios de subsistencia de los trabajadores, los gobiernos de América Latina y el Caribe también pueden considerar beneficioso mejorar la protección social —o instrumentos innovadores de microseguros— para brindar un apoyo específico a las personas y comunidades afectadas por eventos de calor extremo. Los programas adecuados pueden incluir transferencias directas de efectivo, subsidios y planes de seguros que activen los pagos cuando se alcancen determinados umbrales de temperatura.

Muchos países de América Latina y el Caribe ya cuentan con sólidos sistemas de protección social e incluso han utilizado sistemas de protección social adaptativa (PSA) para prestar asistencia rápidamente tras catástrofes y, sobre todo, durante la pandemia de Covid-19.⁴²⁴ Por ejemplo, tras las catastróficas inundaciones de Rio Grande do Sul en mayo de 2024, Brasil ofreció ayuda inmediata a los hogares afectados a través de su programa Bolsa Familia, incluyendo 21.700 familias recién inscritas.⁴²⁵ También entregó rápidamente ayuda específica para la reconstrucción.

Los gobiernos de la región reconocen que los sistemas de PSA son una herramienta clave para proteger a las personas pobres de las zonas urbanas de las perturbaciones climáticas y otras emergencias. Sin embargo, a pesar de los avances de los últimos años, siguen existiendo importantes brechas, tanto en los sistemas subyacentes como en la financiación, los sistemas de datos e información y los acuerdos institucionales necesarios para desplegar exitosamente los PSA.⁴²⁶ Además, aunque los PSA se han utilizado en toda la región para responder a huracanes, grandes inundaciones y otras catástrofes, hay pocos ejemplos de implementaciones en el contexto del calor extremo. La integración de estos programas en estrategias más amplias de adaptación climática y gestión del riesgo de catástrofes es esencial pero compleja, y requiere la colaboración de diversos sectores y niveles de gobierno.

Los microseguros ofrecen otra opción potencialmente más viable para los gobiernos con recursos limitados. En la India, por ejemplo, se puso en marcha un plan de microseguros contra el calor extremo para 50.000 trabajadoras autónomas, que otorga pagos automáticos cuando las temperaturas superan un umbral específico durante tres días consecutivos.⁴²⁷ Cuando las temperaturas en Rajastán, Gujarat y Maharashtra alcanzaron los 40 °C en mayo de 2024, cada mujer recibió 5 dólares.

Del mismo modo, en Bangladesh, el Protocolo de Acción Temprana (PAT) para el calor extremo ofrece transferencias de efectivo polivalentes a las poblaciones vulnerables, incluyendo a los trabajadores al aire libre, para ayudar a mitigar los efectos del calor.⁴²⁸ Aunque sigue siendo esencial disponer de datos precisos, recursos financieros y capacidad institucional, modelos prometedores como los experimentados en la India y Bangladesh ofrecen soluciones innovadoras y ampliables. Estos programas apoyan directamente a las poblaciones urbanas vulnerables, permitiéndoles hacer una pausa en el trabajo durante el calor extremo y atender las necesidades de salud, con beneficios particulares para las mujeres, que a menudo se enfrentan a mayores riesgos.

La incorporación de consideraciones de género en los marcos de los sistemas de PSA puede mejorar aún más la eficacia de estos programas. Las estrategias basadas en el género, como la asistencia en efectivo, los microseguros o el apoyo a los cuidadores, pueden ayudar a mitigar los efectos socioeconómicos del calor extremo, en particular para los más vulnerables al estrés térmico. Estas medidas garantizan que los esfuerzos para aumentar la resiliencia no sean solo reactivos, sino que respondan a las realidades que viven los grupos históricamente marginados que a menudo quedan excluidos de los sistemas de protección formales.

Estos modelos podrían adaptarse a los países de América Latina y el Caribe. La integración de los microseguros contra el calor en marcos de protección social adaptativos, con subvenciones dirigidas a las poblaciones pobres de las zonas urbanas y a las mujeres trabajadoras, podría superar barreras potenciales como la escasa disposición a pagar. Con el apoyo financiero de iniciativas como el Fondo Mundial para la Reducción de los Desastres y la Recuperación (GFDRR) y el Escudo Global, estos proyectos piloto innovadores podrían transformar la creación de resiliencia al calor extremo en toda la región.

5.3



INSTITUCIONES: INTEGRAR EL ENFOQUE DE CALOR EN LAS ESTRATEGIAS, LOS PRESUPUESTOS Y LAS OPERACIONES

Los gobiernos de América Latina y el Caribe reconocen cada vez más que el calor extremo es una amenaza grave que requiere respuestas integrales y sistémicas. Como resalta la amplia gama de estrategias analizadas en esta sección, ha llegado el momento de incorporar la resiliencia al calor en las estrategias, las operaciones y los presupuestos de las ciudades, así como en los sistemas nacionales que los apoyan.

Para las ciudades, el primer paso es hacer un inventario: evaluar lo que saben sobre el calor en su comunidad, sus impactos sobre las personas, la infraestructura y la economía, qué instituciones y actores tienen un papel que desempeñar en la creación de resiliencia al calor, y qué ya se está haciendo (ver el Anexo 1).⁴²⁹ En función de lo que aprendan, pueden optar por desarrollar un plan de acción contra el calor independiente o integrar la gestión del calor en un plan más amplio de acción por el clima, reducción del riesgo de catástrofes

o desarrollo sostenible. Pueden asociarse con ciudades vecinas para desarrollar un plan regional o trabajar en estrecha colaboración con organismos gubernamentales nacionales, estatales o provinciales. La clave es crear una estrategia global para abordar de forma proactiva el calor urbano y prepararse para las emergencias relacionadas con el calor, con una coordinación sostenida y con participación de los actores.

Pocas ciudades cuentan con este tipo de planes en la actualidad, incluso si han sido proactivas a la hora de abordar el cambio climático. Un análisis de los planes de acción climática de 30 ciudades de ocho países de América Latina y el Caribe realizado por el Banco Mundial en 2023, reveló que, de las 622 medidas de adaptación descritas en los planes, solo 41 —menos del 7%— abordaban el calor extremo.⁴³⁰ Las medidas consistían principalmente en soluciones basadas en la naturaleza, lo que significa que existe un potencial significativo para integrar mejor la resiliencia al calor dentro de los planes climáticos de las ciudades, incorporando estrategias más allá de las SbN.

Sea cual sea el enfoque que las ciudades adopten para la planificación de las medidas contra el calor, deben reconocer que el desarrollo de la resiliencia al calor requiere tanto de un liderazgo eficaz como de una fuerte colaboración. Tendrán que reunir múltiples organismos y diversos actores, y crear voluntad política y apoyo público. Un enfoque sistemático también es crucial para maximizar los beneficios colaterales y presupuestar y asegurar la financiación externa necesaria.⁴³¹

En contraste con las prioridades políticas establecidas, como el transporte, la vivienda o la salud, ningún organismo gubernamental suele tener la autoridad y los recursos necesarios para liderar la resiliencia al calor. Las acciones necesarias tienden a estar fragmentadas entre múltiples agencias, y los gobiernos municipales o nacionales carecen a menudo de un punto focal claro para liderar esta agenda.

En los últimos años, las ciudades de América Latina y el Caribe y de otras regiones han comenzado a crear nuevos mandatos institucionales en materia de resiliencia al calor, que van desde comités de investigación, pasando por grupos de trabajo municipales, hasta un Líder en la acción climática contra el calor extremo (*Chief Heat Officer*) dedicado. En mayo de 2021 se nombró en el condado de Miami-Dade (Florida, Estados Unidos) al primer Líder en la acción climática contra el calor extremo del mundo, después de que los actores locales identificaran el calor extremo como su principal preocupación en relación con el cambio climático.⁴³² Desde entonces, Santiago de Chile, Monterrey (México) y más de una docena de ciudades o regiones de todo el mundo han introducido puestos específicos para liderar esta agenda.

Las reflexiones de los Líderes en la acción climática contra el calor extremo subrayan la importancia de dar un impulso gradual a través de una secuencia de actividades.⁴³³ Este enfoque ayuda a establecer una base empírica sólida, a involucrar a los principales actores y a animar a los organismos públicos a integrar los objetivos de resiliencia al calor en sus presupuestos y operaciones.

5.3.1 ORIENTAR RESPUESTAS EFICACES MEDIANTE LA PLANIFICACIÓN DE ACCIONES CONTRA EL CALOR

Muchas ciudades que han desarrollado estrategias de resiliencia al calor comparten una experiencia particular: el trabajo de resiliencia al calor comenzó como un esfuerzo de un número muy reducido de individuos, con acceso limitado a financiación y atención de la administración, pero fue ganando impulso a medida que avanzaban las actividades. En un número creciente de casos, las ciudades o regiones han visto los beneficios de desarrollar un plan de acción contra el calor o una estrategia similar dirigida a mitigar los impactos adversos del calor extremo.⁴³⁴

Los enfoques inclusivos pueden ayudar a garantizar que los planes de acción contra el calor satisfagan las necesidades de las poblaciones más vulnerables y cuenten con la participación de los actores que desempeñarán un papel clave en la gestión de los riesgos del calor. Tras nombrar a su primer Líder en la acción climática contra el calor extremo en 2022, la ciudad de Santiago de Chile siguió un proceso consultivo antes de introducir el protocolo de respuesta al calor extremo llamado “Código Rojo”.

Es aconsejable que las ciudades que se encuentran en una fase temprana de la lucha contra el calor extremo empiecen por nombrar un grupo de trabajo que revise los datos sobre los efectos del calor extremo, consulten a los grupos afectados y recomienden medidas. En Miami, por ejemplo, una de las principales conclusiones de los estudios y talleres organizados para informar el nuevo plan de acción del condado contra el calor fue que las condiciones cotidianas del verano, y no solo las olas de calor poco frecuentes, aumentaban el riesgo de mortalidad por calor.⁴³⁵ El trabajo también demostró que los lugares con las tasas más altas de enfermedades graves relacionadas con el calor tenían efectos ICU más intensos y/o proporciones más altas de personas vulnerables, como trabajadores al aire libre, poblaciones indígenas, personas que viven en la pobreza o en casas móviles, u hogares con niños.

Las consultas amplias y los enfoques innovadores, como las campañas de mapas térmicos de “ciencia ciudadana”, pueden respaldar el esfuerzo creando una base sólida de evidencia y, al mismo tiempo, incorporando las voces de la comunidad al debate. La creación de una asociación (una “coalición de ciudades frías”) con actores de dentro y fuera del gobierno también puede impulsar las medidas de resiliencia al calor.

Por ejemplo, en Buenos Aires, la ciudad ha creado una Red de Refugios Climáticos en colaboración con organizaciones públicas y privadas. Esta iniciativa transforma espacios como bibliotecas y bancos en centros de enfriamiento, ofreciendo a los residentes un lugar donde refrescarse y encontrar alivio temporal durante los días calientes.⁴³⁶ Al aportar evidencia y reforzar las asociaciones, los dirigentes urbanos y nacionales pueden actuar decididamente para reducir la exposición al calor y aumentar la resiliencia.

Aunque la planificación de medidas contra el calor sigue siendo un concepto bastante nuevo para la mayoría de las ciudades, hay muchos recursos disponibles para apoyar a los líderes municipales, con ejemplos y lecciones de todo el mundo.⁴³⁷ Se ha demostrado

que los planes de acción contra el calor reducen significativamente las enfermedades y muertes relacionadas con el calor, protegen a las poblaciones vulnerables y mantienen la continuidad de los servicios esenciales.⁴³⁸

Un plan bien elaborado debe incorporar acciones a corto plazo, la implementación de un sistema de alerta temprana, estrategias a largo plazo, el enverdecimiento urbano y la mejora de la infraestructura. En aras de la claridad y la responsabilidad, puede ser útil formular objetivos “SMART”, es decir, específicos, mensurables, alcanzables, pertinentes y sujetos a plazos.⁴³⁹ Esto podría significar, por ejemplo, “poner en marcha un Programa de Techos Fríos para que las escuelas primarias alcancen una cobertura del 20% en 2030”, o “para 2035, reducir la mortalidad relacionada con el calor entre las personas mayores de 65 años de la ciudad mediante campañas específicas de generación de conciencia sobre los riesgos para la salud”.

Otra característica de los planes de acción eficaces contra el calor es la atención especial que se presta a las poblaciones vulnerables, como los niños, los ancianos, las personas que carecen de una vivienda adecuada (como los residentes de asentamientos informales) y otras personas que corren un riesgo especialmente alto, con medidas específicas para apoyarlas. Por ejemplo, la integración de estrategias que tengan en cuenta las cuestiones de género en los planes de acción contra el calor —mediante la participación de diversos grupos de género en la planificación y la toma de decisiones— puede ayudar a garantizar que las soluciones reflejen las experiencias variadas de la vida cotidiana, especialmente para los miembros de comunidades marginadas. Garantizar que estos planes sean inclusivos requiere una estrecha coordinación entre los actores, incluyendo los organismos gubernamentales, las organizaciones comunitarias y los socios del sector privado, lo cual es crucial para optimizar la implementación y el apoyo.

También es esencial garantizar la financiación y los recursos adecuados para mantener estas iniciativas y lograr resultados significativos. Un análisis reciente del Banco Mundial ha resaltado la necesidad de aprovechar una amplia gama de fuentes de financiación para apoyar la resiliencia climática urbana y el crecimiento con bajas emisiones de carbono.⁴⁴⁰ Junto con la financiación específica para el clima, como los bonos verdes o la financiación para la adaptación, los presupuestos nacionales y locales, las instituciones financieras de desarrollo, las asociaciones público-privadas, los préstamos, los bonos y la inversión privada pueden desempeñar un papel importante, dependiendo de las acciones que se financien. Muchas medidas de eficiencia se amortizan por sí solas —por ejemplo, mediante la reducción de los costos energéticos—, pero aun así pueden requerir importantes inversiones iniciales.

Los anexos 1 y 2 ofrecen orientación adicional y un resumen de las soluciones para el calor urbano por sectores. Para los responsables de las ciudades de América Latina y el Caribe, lo más importante es que el calor urbano puede gestionarse y que los esfuerzos para combatirlo pueden reportar numerosos beneficios: desde ahorro de costos hasta un aire más limpio, pasando por comunidades más sanas y habitables.



ANEXO 1: DEL INVENTARIO A LA ACCIÓN SOBRE EL CALOR URBANO


Como se explica en la Sección 5.3, la integración de la resiliencia al calor en las instituciones y estrategias de una ciudad requiere un planteamiento sistemático y adaptado al contexto, desde el tamaño de la ciudad y los recursos disponibles hasta el clima local, pasando por la gravedad de los riesgos del calor extremo.

La Tabla A1, adaptada de la contraparte de Asia Oriental de este informe, establece los pasos clave que un grupo de trabajo sobre calor urbano puede dar para evaluar las necesidades locales, identificar soluciones apropiadas y tomar medidas, incluyendo la integración de la resiliencia al calor en las instituciones y estrategias existentes. El Anexo 2 complementa esta tabla con un catálogo sectorial de soluciones para el calor urbano.

Es importante subrayar que, aunque la Tabla A1 enmarca el proceso desde la perspectiva de una sola ciudad, en la práctica es casi seguro que el trabajo involucrará también instituciones a nivel estatal/provincial y nacional, ya que muchas de las acciones necesarias entran dentro de sus mandatos. En las grandes áreas metropolitanas, también es necesaria la coordinación entre municipios. Las ciudades también pueden optar por agruparse para aprovechar al máximo sus recursos limitados y afrontar retos en común.⁴⁴¹

TABLA A1. PREGUNTAS Y ACCIONES CLAVE PARA UN GRUPO DE TRABAJO SOBRE CALOR URBANO.

FASE	1.	→ 2.	→ 3.	→ 4.
	 HACER UN INVENTARIO	CONSTRUIR LA BASE DE EVIDENCIA	CONSTRUIR UNA "COALICIÓN DE CIUDADES FRÍAS"	IDENTIFICAR Y APLICAR SOLUCIONES
 Actividades	› Revisar los conocimientos, las estrategias y las acciones relacionadas con el calor urbano	› Reforzar la comprensión de los peligros, la vulnerabilidad y las repercusiones del calor	› Identificar e involucrar a los principales agentes institucionales y actores	› Determinar las medidas políticas y las inversiones prioritarias, integrarlas en los presupuestos y planes, y adoptar medidas

FASE	1.	→ 2.	→ 3.	→ 4.
	 HACER UN INVENTARIO	CONSTRUIR LA BASE DE EVIDENCIA	CONSTRUIR UNA "COALICIÓN DE CIUDADES FRÍAS"	IDENTIFICAR Y APLICAR SOLUCIONES



Lugares



Preguntas clave

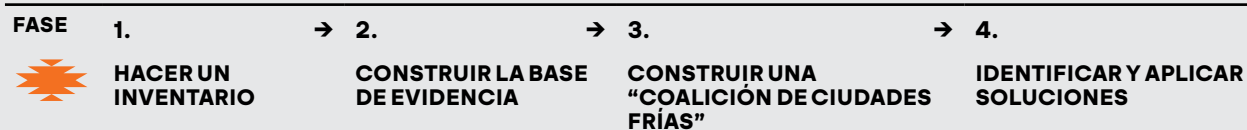
- | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> › ¿Se han realizado ya estudios sobre la isla de calor urbano? › ¿Qué están haciendo ya la Alcaldía y los actores interesados para enfriar los espacios urbanos? ¿Las intervenciones funcionan? › ¿Cómo podría encajar la mitigación del calor en las estrategias, los planes y los compromisos existentes? | <ul style="list-style-type: none"> › ¿Qué zonas de la ciudad tienen los efectos de isla de calor urbano más intensos? › ¿Existen razones discernibles para las diferencias en el calor, por ejemplo, los tipos de materiales de construcción o los espacios verdes? › ¿Cómo afecta el calor a las instalaciones públicas clave, como escuelas, hospitales, transporte público y aceras? | <ul style="list-style-type: none"> › ¿Qué departamentos gubernamentales y actores interesados tienen autoridad sobre estos espacios y presupuestos que podrían apoyar el enfriamiento? › ¿Qué agentes de los sectores público y privado podrían defender eficazmente unos espacios urbanos más frescos? › ¿Podrían las asociaciones de vecinos, los órganos profesionales, los empleadores, los sindicatos o los jardines botánicos apoyar el diseño y mantenimiento de activos verdes y edificios frescos? | <ul style="list-style-type: none"> › ¿Qué intervenciones de enfriamiento basadas en el lugar ofrecen los mayores beneficios a corto plazo? ¿Cuáles tendrían mayor impacto a largo plazo? › ¿Deberían revisarse las normas de diseño y contratación o los manuales operativos de los organismos municipales para integrar consideraciones de enfriamiento? › ¿Qué oportunidades existen de aumentar la cobertura vegetal, hacer que los edificios sean más frescos, integrar la sombra y el agua en el diseño urbano y mejorar el flujo del viento? |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



Medidas de apoyo

- | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> › Identificar a los actores clave en la ecologización urbana › Mapa de los actores de construcción fresca › Revisión de las políticas y estrategias para crear ciudades frías | <ul style="list-style-type: none"> › Realizar estudios sobre la isla de calor urbano mediante teledetección, mediciones <i>in situ</i> y/o modelos climáticos. › Intervenciones piloto de enfriamiento (como techos fríos en escuelas o viviendas públicas) para evaluar posibles opciones de inversión. › Estudiar el impacto de los edificios sobre el viento para identificar opciones de mejora de la ventilación › Llevar a cabo una evaluación de referencia de los bosques urbanos, incluyendo la salud de los árboles, las disparidades en la cobertura vegetal y la adecuación de las especies al clima futuro. | <ul style="list-style-type: none"> › Involucrar a los ciudadanos a través de mapas de calor participativos, grupos de discusión y encuestas. › Consultar a los actores del sector forestal sobre las opciones para preservar y aumentar la cobertura vegetal › Involucrar a los propietarios de los edificios y al sector de la construcción en las opciones de reducción del calor en interiores | <ul style="list-style-type: none"> › Lista corta de opciones de inversión para lograr espacios urbanos más frescos y verdes › Identificar opciones para integrar las medidas de enfriamiento pasivo en los códigos de construcción y la normativa urbanística. › Identificar opciones para reforzar los mercados de diseños y materiales de construcción fría a través de la contratación pública. › Identificar oportunidades para integrar la mitigación del calor en las estrategias existentes de los departamentos municipales. › Iniciar un estudio de prefactibilidad para las opciones de inversión priorizadas |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

FASE	1.	→ 2.	→ 3.	→ 4.
	 HACER UN INVENTARIO	CONSTRUIR LA BASE DE EVIDENCIA	CONSTRUIR UNA "COALICIÓN DE CIUDADES FRÍAS"	IDENTIFICAR Y APLICAR SOLUCIONES
	 Personas			
	 Preguntas clave			
	<ul style="list-style-type: none"> › ¿La ciudad supervisa cada año las muertes relacionadas con el calor y ajusta la planificación de la temporada de calor con base en las tendencias? › ¿ Los residentes reciben actualmente información sobre el próximo evento de calor extremo? › ¿Cómo se preparan los médicos y los trabajadores de la salud para la temporada de calor? › ¿La agencia meteorológica nacional brinda previsiones anticipadas de estrés térmico para la ciudad? › ¿En qué recursos existentes puede basarse la ciudad para identificar las mejores prácticas y las políticas modelo? 	<ul style="list-style-type: none"> › ¿Cómo varían las muertes y las admisiones hospitalarias en función del calor? › ¿Qué grupos socioeconómicos presentan una mayor tasa de mortalidad, enfermedad o admisiones hospitalarias en caso de calor extremo? › ¿Los productos actuales de previsión meteorológica satisfacen las necesidades de la ciudad para proteger la vida de los residentes durante las olas de calor? › ¿Qué pérdidas en salud y económicas podrían sufrirse en el futuro si no se protege a los trabajadores? 	<ul style="list-style-type: none"> › ¿Qué grupos de trabajadores están más expuestos al estrés térmico? › ¿Qué actores deben difundir información para que los grupos vulnerables reduzcan la exposición al calor y reciban la ayuda necesaria? › ¿Quién está mejor posicionado para alertar a los grupos vulnerables de los riesgos del calor y brindarles el apoyo necesario? › ¿Cuál es la mejor forma de involucrar a los empleadores, los sindicatos y las organizaciones de la sociedad civil en la lucha contra los riesgos del calor urbano? 	<ul style="list-style-type: none"> › ¿Qué medidas para proteger a las personas vulnerables evitarían muertes y enfermedades al menor costo? › ¿A partir de qué umbral de estrés térmico deben emitirse alertas?
	 Medidas de apoyo			
	<ul style="list-style-type: none"> › Mapa de los actores en salud pública y el sistema de alerta temprana › Revisión de las políticas y estrategias para proteger la vida durante las olas de calor 	<ul style="list-style-type: none"> › Realizar un estudio sobre cómo varía la mortalidad diaria por todas las causas en función del estrés térmico. › Identificar los umbrales de estrés térmico asociados a un aumento de la mortalidad y la morbilidad › Evaluar el impacto del estrés térmico actual y futuro para trabajadores y niños en edad escolar 	<ul style="list-style-type: none"> › Consultar a los grupos vulnerables sobre cómo reciben la información sobre el clima y la salud. › Involucrar a los médicos para generar conciencia sobre las enfermedades relacionadas con el calor y priorizar las acciones de respuesta. › Consultar a los trabajadores expuestos al calor sobre sus necesidades en materia de seguridad 	<ul style="list-style-type: none"> › Diseñar y aplicar un sistema de alerta temprana de calor basado en el impacto (ver la Tabla 4.1) › Identificar acciones de respuesta para acompañar las alertas por calor en el sector de la salud, en las escuelas y en los lugares de trabajo expuestos al calor. › Planificar las acciones de información al público con los aportes de los profesionales de salud y los grupos afectados.



Acciones transversales

- **Establecer un liderazgo:** Designar a un funcionario municipal responsable de la consecución de los resultados de mitigación del calor
- **Planificar:** Establecer un plan plurianual con una visión, objetivos y metas (integrarlo en las estrategias existentes o desarrollar un plan de acción específico para el calor)
- **Coordinar:** Convocar a los departamentos municipales para coordinar las acciones a corto plazo (responsabilidades durante las emergencias por calor) y las acciones a largo plazo (inversiones para una ciudad más fresca).
- **Comunicar:** Impulsar el cambio de comportamiento mediante la comunicación antes de cada temporada de calor.

Fuente: Adaptado del anexo 4A de Roberts et al. (2023).⁴⁴²

R
1
2
3
4
5












▶ A
ANEXO






ANEXO 2: SOLUCIONES DE CALOR URBANO POR SECTORES





La Tabla A1 ofrece un resumen de la planificación y aplicación de medidas contra el calor urbano dirigidas por un grupo de trabajo a nivel municipal. Este enfoque es crucial para integrar la resiliencia al calor en todas las estrategias, presupuestos y operaciones pertinentes. Sin embargo, la mayoría de las soluciones individuales involucrarán sectores específicos, y una parte clave de la construcción de una “coalición de ciudades frías” es entender cómo encajan los diferentes actores. Así pues, la Tabla A2 presenta un catálogo simplificado de soluciones organizadas por sectores, extraídas principalmente de los debates temáticos de las secciones 2-4, con algunas ideas adicionales del nuevo Manual del Banco Mundial sobre gestión del calor urbano.⁴⁴³


Como en el caso de la Tabla A1, es probable que muchas de las medidas presentadas en la Tabla A2 involucren no solo a los municipios, sino también (o solo) a organismos e instituciones a nivel estatal/provincial o nacional.

TABLA A2. CATÁLOGO SIMPLIFICADO DE SOLUCIONES DE CALOR URBANO, POR SECTORES.

	ENFOQUE			TIPO DE CALOR	
	Personas 	Lugares 	Instituciones 	Episodios agudos de calor 	Exposición crónica al calor 
DISEÑO URBANO Y USO DEL SUELO					
Promover un desarrollo compacto, vertical y de uso mixto que utilice el suelo de forma eficiente, reduzca la dependencia del automóvil y preserve los espacios verdes (sección 5.1.1)					
Diseñar los espacios urbanos para maximizar la sombra y crear corredores de ventilación (sección 5.1.1)					
Elegir soluciones basadas en la naturaleza (SbN) cuando sea factible, para lograr múltiples beneficios (por ejemplo, enfriamiento, aire limpio, biodiversidad, protección contra inundaciones, salud, recreación) (sección 5.1.2)					

	ENFOQUE			TIPO DE CALOR	
	Personas 	Lugares 	Instituciones 	Episodios agudos de calor 	Exposición crónica al calor 
Aprovechar las oportunidades para recuperar el espacio de las carreteras para el reverdecimiento urbano y la mejora de la infraestructura para peatones y ciclistas (sección 5.1.1)	✓				✓
VIVIENDAS Y OTROS EDIFICIOS					
Adoptar directrices y normativas de diseño resistentes al calor y energéticamente eficientes (por ejemplo, sobre materiales de construcción) (sección 3.2.3)	✓				✓
Sensibilizar a la población sobre las técnicas de enfriamiento pasivo y el ahorro energético resultante, dando prioridad a las opciones de bajo costo y fácil aplicación (sección 3.2.1, Cuadro 3.1).	✓				✓
Promover los techos fríos y verdes (sección 3.2.1)	✓				✓
Incentivar o exigir coberturas de edificios de alto desempeño (sección 3.2.1)	✓		✓		✓
Integrar elementos externos de sombreado, vegetación y/o elementos acuáticos (sección 3.2.1)	✓				✓
Si se necesita enfriamiento mecánico, promover el uso de equipos de alta eficiencia energética (sección 3.2.2)	✓				✓
Considerar sistemas de enfriamiento urbano para lograr economías de escala y evitar la liberación de calor al medio ambiente procedente de sistemas distribuidos (sección 3.2.4)	✓			✓	✓
SALUD PÚBLICA Y GESTIÓN DE EMERGENCIAS					
Crear sistemas de alerta temprana (autónomos o como parte de un sistema de alerta temprana para peligros múltiples) con asesoría específica y práctica para los distintos grupos de riesgo, incluyendo los más vulnerables (sección 5.2.1).		✓		✓	
Sensibilizar a la población sobre los riesgos del calor mediante campañas educativas (sección 5.2.1)		✓		✓	
Capacitar al personal de salud para diagnosticar y tratar los problemas relacionados con el calor (sección 4.1.5)		✓		✓	✓

	ENFOQUE			TIPO DE CALOR	
	Personas 	Lugares 	Instituciones 	Episodios agudos de calor 	Exposición crónica al calor 
Mejorar las instalaciones de salud para garantizar su resiliencia al calor (sección 4.1.5)	✓	✓		✓	✓
Establecer centros públicos de enfriamiento y trabajar con organizaciones comunitarias para llegarles a los grupos vulnerables (sección 4.1.5)		✓		✓	
Distribución gratuita de agua potable fría ⁴⁴⁴		✓		✓	
INFRAESTRUCTURA VIAL Y TRANSPORTE PÚBLICO					
Aumentar la sombra en las zonas peatonales y en los paraderos de bus mediante toldos, cubiertas y árboles adecuados (sección 3.4.4).	✓			✓	✓
Garantizar que las carreteras y los puentes sean resistentes al calor utilizando ligantes asfálticos con mayor poder calorífico y permitiendo una mayor dilatación térmica del acero (sección 2.5.2).	✓			✓	
Adoptar pavimentos fríos y revestimientos reflectivos (sección 3.4.4)	✓			✓	✓
Mantener y, en caso necesario, mejorar los buses, trenes, catenarias y vías para garantizar su buen funcionamiento en condiciones de calor extremo (sección 3.4.4).	✓			✓	
Garantizar una buena ventilación en buses, trenes y estaciones, e instalar aire acondicionado si es necesario (sección 3.4.4).	✓			✓	✓
PARQUES Y OTROS ESPACIOS PÚBLICOS					
Maximizar los espacios verdes, incluso mediante parques lineales ("corredores verdes") y pequeños parques en zonas densamente edificadas, con amplia vegetación y mínimas zonas pavimentadas (sección 5.1.2)	✓			✓	✓
Facilitar el acceso a los cuerpos de agua existentes (por ejemplo, riberas, orillas del mar) y añadir infraestructura azul (por ejemplo, estanques dentro de los parques) (sección 5.1) ⁴⁴⁵	✓			✓	✓
Incorporar elementos acuáticos en los espacios públicos, así como bebederos (sección 3.4.4) ⁴⁴⁶	✓	✓		✓	✓

	ENFOQUE			TIPO DE CALOR	
	Personas 	Lugares 	Instituciones 	Episodios agudos de calor 	Exposición crónica al calor 
Integrar la vegetación en la infraestructura existente (por ejemplo, muros y techos verdes) (sección 5.1.2)	✓				✓
SISTEMAS ENERGÉTICOS					
Aumentar la eficiencia energética mediante normas mínimas obligatorias de eficiencia energética (MEPS), divulgación pública e incentivos (sección 3.3.2)	✓		✓	✓	✓
Modernizar la infraestructura para aumentar su resiliencia al calor, y mantenerla regularmente (sección 3.3.2)	✓			✓	
Diversificar la generación de electricidad para evitar una dependencia excesiva de la energía hidroeléctrica (sección 3.3.2)	✓			✓	
Planificar y diseñar sistemas para condiciones meteorológicas cada vez más extremas (Sección 3.3.2)	✓			✓	
Incorporar energía solar en los techos, almacenamiento y microrredes para aumentar la resiliencia (sección 3.3.2)	✓			✓	
SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL					
Ajustar los horarios de trabajo para evitar las tareas arduas durante las horas más calientes (sección 5.2.2)		✓		✓	✓
Reducir la carga térmica mediante ventilación y minimizar el calor radiante (sección 5.2.2)		✓			✓
Ofrecer descansos regulares para refrescarse y agua para rehidratarse (sección 5.2.2)		✓			✓
Controlar las temperaturas y establecer umbrales para los niveles de esfuerzo físico (sección 5.2.2)		✓			✓
Formar a los trabajadores y a los supervisores sobre la seguridad térmica y las respuestas de emergencia (sección 5.2.2)		✓			✓

	ENFOQUE			TIPO DE CALOR	
	Personas 	Lugares 	Instituciones 	Episodios agudos de calor 	Exposición crónica al calor 
APOYO A LAS PERSONAS POBRES DE LAS ZONAS URBANAS					
Utilizar sistemas de protección social o microseguros adaptables para ayudar a los trabajadores (incluyendo los de la economía informal) cuyos medios de subsistencia se vean perturbados por el calor extremo (sección 5.2.3).		✓		✓	
Aumentar la capacidad de las personas para afrontar y adaptarse mediante ayudas específicas para mejorar las viviendas construidas de manera informal, la compra de ventiladores de bajo consumo, la provisión de sombra y ventilación en los mercados públicos y otras medidas (sección 3.2 y Cuadro 2.2).	✓	✓		✓	✓
EDUCACIÓN					
Controlar las temperaturas dentro de las instalaciones escolares para proteger la salud de los alumnos (sección 4.2.3)		✓		✓	✓
Reforzar la gestión de riesgos mediante sistemas de alerta temprana (secciones 4.2.3 y 5.2.1)		✓	✓	✓	✓
Educar a profesores, alumnos y padres sobre los riesgos del calor e involucrarlos en las respuestas a nivel escolar (sección 4.2.3).		✓			✓
Mejorar la infraestructura escolar para que sea resistente al calor (ver más arriba) y garantizar que se cubran las necesidades básicas (por ejemplo, agua potable) (sección 4.2.3).	✓	✓			✓
Garantizar la continuidad del aprendizaje mediante ajustes de horarios, clases a distancia y apoyo para recuperar el tiempo perdido (sección 4.2.3).		✓			✓
INTERSECTORIAL					
Crear un plan de acción contra el calor (independiente o como parte del plan de acción contra el cambio climático) (sección 5.3.1)			✓	✓	✓
Crear un mecanismo institucional para la coordinación y colaboración efectivas en cuestiones relacionadas con el calor (por ejemplo, un Líder en la acción climática contra el calor extremo o un grupo de trabajo multiinstitucional) (sección 5.3)			✓	✓	✓

NOTAS FINALES

SECCIÓN 1

- 1 Los datos históricos corresponden al estado de Zulia, cuya capital es Maracaibo. Véanse los datos oficiales del gobierno en <http://inameh.gob.ve/web/climogra.php>.
 - 2 Fuenmayor, M. 2024. "El calor "no se soporta" estos días en Maracaibo y San Francisco". *La Verdad*, 12 de marzo. <https://laverdad.com/el-calor-no-se-soporta-estos-dias-en-maracaibo-y-san-francisco/>.
 - 3 Rincón, F. 2024. "Calor Extremo Amenaza Subsistencia de Trabajadores Informales En Maracaibo". *La Gran Aldea*, 12 de diciembre. <https://lga.lagranaldea.com/2024/12/12/calor-extremo-amenaza-subsistencia-de-trabajadores-informales-en-maracaibo/>.
 - 4 Godínez, S. 2024. "¿CDMX alcanza nuevo récord histórico de temperatura! El termómetro llegó a los 34.7°C". *El Universal*, 25 de mayo. <https://www.eluniversal.com.mx/metropoli/cdmx-alcanza-nuevo-record-historico-de-temperatura-el-termometro-llego-a-los-347c/>.
 - 5 SMN. 2024. "Récords en Argentina: concluyó la primera ola de calor de la temporada". Comunicado de prensa del Servicio Meteorológico Nacional. 15 de febrero. <https://www.smn.gob.ar/noticias/r%C3%A9cords-en-argentina-concluy%C3%B3-la-primera-ola-de-calor-de-la-temporada>. Santiago del Estero fue una de las 15 comunidades que establecieron nuevos récords de temperatura por encima de los 40°C durante la ola de calor, según el Servicio Meteorológico Nacional. Buenos Aires superó en varias ocasiones los 35°C y durante varios días estuvo al menos 5°C por encima de la media de 1991–2020. Véase <https://www.smn.gob.ar/clima/vigilancia>.
 - 6 La ONU calcula que en 2024 el 82,2% de la población de América Latina y el Caribe vivirá en zonas urbanas, frente al 83,4% de América del Norte, el 75,8% de Europa, el 52,2% del Sudeste Asiático y el 38,6% del Sur de Asia. Datos personalizados adquiridos a través del sitio web de: UN DESA. 2018. "Perspectivas de la urbanización mundial 2018". Nueva York: Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, División de Población. <http://esa.un.org/unpd/wup/>.
 - 7 CEPAL. 2022. "Envejecimiento en América Latina y el Caribe: inclusión y derechos de las personas mayores". Informe de América Latina y el Caribe para el cuarto examen y evaluación del Plan de Acción Internacional de Madrid sobre el Envejecimiento (LC/CRE.5/3). Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://hdl.handle.net/11362/48568>.
 - 8 OIT. 2024. "Garantizar la seguridad y la salud en el trabajo en un clima cambiante". Ginebra: Organización Internacional del Trabajo. <https://www.ilo.org/publications/ensuring-safety-and-health-work-changing-climate>. Véase también Santos, D.M. dos et al. 2024. "Desigualdades demográficas y sociales de las muertes relacionadas con el calor en áreas urbanas brasileñas". *PLOS ONE* 19 (1): e0295766. doi:10.1371/journal.pone.0295766.
 - 9 Macharia, C.W. y L.M. Kiage. 2024. "Conceptualización de la vulnerabilidad al calor: Enfoques centrados en la equidad para una resiliencia integral en un clima cambiante". *Natural Hazards* 120 (8): 6923–41. doi:10.1007/s11069-024-06440-4.
 - 10 CEPAL. 2024. "Panorama Social de América Latina y el Caribe, 2024: Los desafíos de la protección social no contributiva para avanzar hacia un desarrollo social inclusivo". LC/PUB.2024/21—P. Washington, DC: Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/en/publications/80859-social-panorama-latin-america-and-caribbean-2024-challenges-non-contributory>.
- La tasa media ponderada de pobreza de los 18 países analizados por la CEPAL era del 27,3%, y la de pobreza extrema, del 10,6%. Sin embargo, hay grandes diferencias entre países: Honduras tenía la tasa de pobreza más alta, 56,0%, en 2023, seguida de Colombia, con 32,7%, y Uruguay tenía la más baja, 4,5%. Los datos excluyen algunos países conocidos por su elevada prevalencia de la pobreza, como Haití y Bolivia.

- 9 Datos obtenidos en línea de CEPALSTAT:
<https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?theme=1&lang=en>.
- 10 OIT. 2023. “Panorama laboral de América Latina y el Caribe 2022”. Lima: Organización Internacional del Trabajo.
<https://www.ilo.org/publications/2022—labour—overview—latin—america—and—caribbean>.
- 11 El índice de Gini oscila entre 0 y 1, donde 0 indica una igualdad perfecta y 1 indica que todos los ingresos van a parar a una sola persona. A título comparativo, el índice de Gini de Estados Unidos en 2022 era de 0,41, y los índices de todos los miembros de la Unión Europea salvo cuatro se situaban en 2021 entre 0,25 y 0,35. Véanse los datos del Banco Mundial:
<https://data.worldbank.org/indicator/SI.POV.GINI>.
- 12 El WBGT es la medida de calor más ampliamente aceptada para determinar si las personas corren riesgo de estrés térmico. El nivel de actividad física también es un factor, ya que el ejercicio genera calor (véanse los apartados 3.3.1 y 4.2.2). Para una explicación sencilla de cómo se mide el WBGT, véase: <https://nicholasinstitute.duke.edu/project/heat—policy—innovation—hub/what—is—wet—bulb—globe—temperature—wbgt>. Para una explicación de cómo pueden utilizarse los datos históricos y las proyecciones climáticas para ensamblar el WBGT, a cargo de los autores del conjunto de datos utilizado en la sección 1.4, véase: Chegwidde, O. y J. Freeman. 2023. “Modeling Extreme Heat in a Changing Climate”. San Francisco, CA, EE.UU: CarbonPlan. Es importante señalar que, aunque la WBGT proporciona la representación más realista de los ambientes térmicos y sus efectos sobre el cuerpo humano, es más difícil de medir y menos intuitiva que la temperatura del aire. Por ejemplo, si la humedad es baja (por ejemplo, del 30%, como puede ocurrir en Guadalajara, México, en marzo), hay brisa y el sol no está directamente encima, es posible que no se supere el umbral de 30,5 °C WBGT hasta que la temperatura del aire alcance los 40 °C. Sin embargo, con un 75% de humedad (más o menos la misma temperatura que la del aire), el umbral de 30,5 °C WBGT podría no superarse. Sin embargo, con un 75% de humedad (lo normal en Guadalajara de julio a septiembre), y más sol o menos viento, el umbral podría superarse con sólo 30°C. Véase la herramienta de modelización interactiva en Chegwidde y Freeman, 2023. Sin embargo, en la investigación y la práctica también se utilizan muchas otras métricas, lo que puede crear confusión. Véase: Simpson, C.H. et al. 2023. “Índices de uso común discrepan sobre el efecto de la humedad en el estrés térmico”. *Npj Climate and Atmospheric Science* 6 (1): 1–7. doi:10.1038/s41612—023—00408—0.
- 13 Russo, S., J. Sillmann y E.M. Fischer. 2015. “Las diez principales olas de calor europeas desde 1950 y su ocurrencia en las próximas décadas”. *Environmental Research Letters* 10 (12): 124003. doi:10.1088/1748—9326/10/12/124003.
- 14 El escenario SSP2—4.5 representa una trayectoria acorde con las actuales tendencias políticas mundiales y los moderados esfuerzos de mitigación del cambio climático. En este escenario, se prevé que las temperaturas medias mundiales aumenten aproximadamente 3 °C por encima de los niveles preindustriales en 2100, suponiendo que no se aceleren significativamente los esfuerzos de mitigación ni fracasen por completo. Véase Hausfather, Z. y G.P. Peters. 2020. “Emissions — the ‘Business as Usual’ Story Is Misleading”. *Nature* 577 (7792): 618–20. doi:10.1038/d41586—020—00177—3.
- 15 Beck, H.E. et al. 2023. “Mapas Köppen—Geiger de alta resolución (1 Km) para 1901—2099 basados en proyecciones CMIP6 restringidas”. *Datos Científicos* 10 (1): 724. doi:10.1038/s41597—023—02549—6.
- 16 Masson—Delmotte, V. et al, eds. 2021. “Resumen para responsables políticos”. En *Cambio climático 2021: The Physical Science Basis. Contribución del Grupo de Trabajo I al Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*, 3—32. Cambridge, Reino Unido y Nueva York. Cambridge, Reino Unido, y Nueva York: Cambridge University Press. doi:10.1017/9781009157896.001.
- 17 Datos personalizados adquiridos a través del sitio web UN DESA, 2018, “World Urbanization Prospects 2018”.
- 18 En este estudio se analizaron los datos de las estaciones meteorológicas locales de las principales ciudades latinoamericanas que han notificado sistemáticamente observaciones a la Red Mundial de Observación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) durante al menos los últimos 40 años. Estas mediciones, basadas en datos diarios de temperatura máxima, proporcionan un medio fiable para seguir las tendencias dentro de la región. Para complementar el análisis basado en las estaciones, el estudio también utilizó los datos del reanálisis ERA5—Land, que ofrecen una perspectiva espacialmente explícita de las tendencias observadas de las olas de calor. Ambas fuentes de datos revelaron una tendencia positiva constante en la frecuencia, intensidad y duración de las olas de calor.

- 19 Muñoz—Sabater, J. et al. 2021. “ERA5—Land: A State—of—the—Art Global Reanalysis Dataset for Land Applications”. *Earth System Science Data* 13 (9): 4349–83. doi:10.5194/essd—13—4349—2021.
- 20 Russo, Sillmann y Fischer, 2015, “Top Ten European Heatwaves since 1950 and Their Occurrence in the Coming Decades”.
- 21 Russo, Sillmann y Fischer, 2015.
- 22 Muñoz—Sabater et al., 2021, “ERA5—Land: A State—of—the—Art Global Reanalysis Dataset for Land Applications”.
- 23 Chegwiddden y Freeman, 2023, “Modeling Extreme Heat in a Changing Climate.
- 24 Muñoz—Sabater et al., 2021, “ERA5—Land: A State—of—the—Art Global Reanalysis Dataset for Land Applications”.
- 25 Thrasher, B. et al. 2022. “NASA Global Daily Downscaled Projections, CMIP6”. *Datos científicos* 9 (1): 262. doi:10.1038/s41597—022—01393—4.
- 26 Florczyk, A.J. et al. 2019. “Descripción de la base de datos de centros urbanos del SAM 2015, versión pública 2019, versión 1.0”. JRC115586. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. doi:10.2760/037310, JRC115586.
- 27 UN DESA, 2015 , “World Urbanization Prospects 2015 .”
- 28 Muñoz—Sabater et al., 2021, “ERA5—Land: A State—of—the—Art Global Reanalysis Dataset for Land Applications”.
- 29 Thrasher et al., 2022, “NASA Global Daily Downscaled Projections, CMIP6”.
- 30 Florczyk et al., 2019, “Description of the GHS Urban Centre Database 2015, Public Release 2019, Version 1.0”.
- 31 Muñoz—Sabater et al., 2021, “ERA5—Land: A State—of—the—Art Global Reanalysis Dataset for Land Applications”.
- 32 Thrasher et al., 2022, “NASA Global Daily Downscaled Projections, CMIP6”.
- 33 Florczyk et al., 2019, “Description of the GHS Urban Centre Database 2015, Public Release 2019, Version 1.0”.
- 34 Kephart, J.L. et al. 2022. “Impacto a nivel de ciudad de las temperaturas extremas y la mortalidad en América Latina”. *Nature Medicine* 28 (8): 1700–1705. doi:10.1038/s41591—022—01872—6.
- 35 Thrasher et al., 2022, “NASA Global Daily Downscaled Projections, CMIP6”.
- 36 Florczyk et al., 2019, “Description of the GHS Urban Centre Database 2015, Public Release 2019, Version 1.0”.
- 37 Chegwiddden y Freeman, 2023, “Modeling Extreme Heat in a Changing Climate.
- 38 Chegwiddden y Freeman, 2023.
- 39 Florczyk et al., 2019, “Description of the GHS Urban Centre Database 2015, Public Release 2019, Version 1.0”.
- 40 Chegwiddden y Freeman, 2023, “Modeling Extreme Heat in a Changing Climate”.
- 41 Florczyk et al., 2019, “Description of the GHS Urban Centre Database 2015, Public Release 2019, Version 1.0”.

R
1
2
3
4
5
A

SECCIÓN 2

- 42 Datos obtenidos en línea de: UN DESA, 2018, “World Urbanization Prospects 2018”. La cifra de 1950 procede de datos históricos; la de 2025 es una proyección.
- 43 Duque, J.C. et al. 2019. “Dinámica espaciotemporal del crecimiento urbano en ciudades latinoamericanas: Un Análisis Utilizando Imágenes de Luz Nocturna”. *Landscape and Urban Planning* 191 (noviembre): 103640. doi:10.1016/j.landurbplan.2019.103640.
- 44 Oke, T.R. et al. 2017. *Urban Climates*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press. doi:10.1017/9781139016476.
- 45 Best, L. et al. 2023. “Urban Green Spaces and Variation in Cooling in the Humid Tropics: The Case of Paramaribo”. *Urban Forestry & Urban Greening* 89 (noviembre): 128111. doi:10.1016/j.ufug.2023.128111.
- 46 Oliveira, A.P. et al. 2018. “Investigación observacional de la isla de calor urbana en la región metropolitana de la ciudad de São Paulo, Brasil”. Presentado en la 10th International Conference on Urban Climate/14th Symposium on the Urban Environment, Nueva York, 6—10 de agosto.
<https://ams.confex.com/ams/ICUC10/meetingapp.cgi/Paper/342193>.

In

- 47 Véase, por ejemplo: Chapman, S. et al. 2017. "El impacto de la urbanización y el cambio climático en las temperaturas urbanas: Una revisión sistemática". *Landscape Ecology* 32 (10): 1921–35. doi:10.1007/s10980-017-0561-4.
- Palme, M. y C. Carrasco. 2022. "Isla de Calor Urbana en Ciudades Latinoamericanas: A Review of Trends, Impacts, and Mitigation Strategies". En *Global Urban Heat Island Mitigation*, editado por A. Khan et al., 251–67. Elsevier. doi:10.1016/B978-0-323-85539-6.00014-7.
- Sarricolea, P. y O. Meseguer—Ruiz. 2019. "Climas urbanos de grandes ciudades: Comparación del efecto isla de calor urbano en América Latina". En *Urban Climates in Latin America*, editado por C. Henríquez y H. Romero, 17–32. Cham: Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-319-97013-4_2.
- 48 Jáuregui, E. 2004. "Impacto de los cambios de uso de suelo en el clima de la región de la Ciudad de México". *Investigaciones Geográficas*, no. 55 (diciembre): 46–60.
- 49 Carneiro, E., W. Lopes, y G. Espindola. 2021. "Linking Urban Sprawl and Surface Urban Heat Island in the Teresina—Timon Conurbation Area in Brasil". *Land* 10 (5): 516. doi:10.3390/land10050516.
- 50 Colunga, M.L. et al. 2015. "El papel de la vegetación urbana en los efectos de temperatura e isla de calor en la ciudad de Querétaro, México". *Atmósfera* 28 (3): 205–18. doi:10.20937/ATM.2015.28.03.05.
- 51 Krüger, E. et al. 2024. "El impacto de la urbanización en el estrés térmico en Brasil: A Multi—City Study". *Urban Climate* 53 (enero): 101827. doi:10.1016/j.uclim.2024.101827.
- 52 Ju, Yang, et al. 2023. "El reciente reverdecimiento puede frenar el calentamiento urbano en ciudades latinoamericanas de mejores condiciones económicas". *Landscape and urban planning* 240: 104896. doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104896
- 53 Véase también Palme y Carrasco, 2022, "Urban Heat Island in Latin American Cities: A Review of Trends, Impacts, and Mitigation Strategies" y Estrada, F. et al. 2020. "Un análisis de la sustentabilidad actual de las ciudades mexicanas y su exposición al cambio climático". *Frontiers in Environmental Science* 8 (marzo). doi:10.3389/fenvs.2020.00025.
- 54 Demuzere, M. et al. 2022. "A Global Map of Local Climate Zones to Support Earth System Modelling and Urban—Scale Environmental Science". *Earth System Science Data* 14 (8): 3835–73. doi:10.5194/essd-14-3835-2022.
- 55 Birkmann, J. et al. 2022. "Pobreza, medios de vida y desarrollo sostenible". En *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribución del Grupo de Trabajo II al Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*, editado por H.—O. Pörtner et al. Pörtner et al. Cambridge, Reino Unido, y Nueva York: Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>. Véase también Bangalore, M. et al. 2017. *Unbreakable: Building the Resilience of the Poor in the Face of Natural Disasters*. Washington, DC: Banco Mundial. <https://hdl.handle.net/10986/25335>.
- 56 Chakraborty, T. et al. 2019. "Exposición desproporcionadamente mayor al calor urbano en barrios de bajos ingresos: A Multi—City Perspective". *Environmental Research Letters* 14 (10): 105003. doi:10.1088/1748-9326/ab3b99.
- 57 Mukim, M. y M. Roberts, eds. 2023. *Thriving : Making Cities Green, Resilient, and Inclusive in a Changing Climate*. Washington, DC: Banco Mundial. <https://hdl.handle.net/10986/38295>.
- 58 Núñez, Y., N. Hoyos, y J. Arellana. 2023. "Altas temperaturas de la superficie terrestre (TST) afectan desproporcionadamente a grupos socioeconómicos vulnerables en Barranquilla, Colombia". *Urban Climate* 52 (noviembre): 101757. doi:10.1016/j.uclim.2023.101757.
- Véase también Anturi, J. 2024. "¿Por Qué Las Zonas Más Vulnerables de Barranquilla Experimentan Temperaturas Más Altas?". Universidad del Norte. Portal de Noticias, 29 de enero. <https://www.uninorte.edu.co/es/web/grupo-prensa/w/por-que-las-zonas-mas-vulnerables-de-barranquilla-experimentan-temperaturas-mas-altas>.
- 59 Montaner—Fernández, D. et al. 2020. "Variación espacio—temporal de la isla de calor urbana en Santiago de Chile durante los veranos 2005—2017". *Teledetección* 12 (20): 3345. doi:10.3390/rs12203345.

- 60 Corporación Ciudades. 2023. “Olas de Calor”. Santiago de Chile. <https://corporacionciudades.cl/estudio-olas-de-calor/>.
Ver también: Leniz, F. 2024. “Desigualdades medioambientales: siguiendo las pistas de los mapas”. Sociedad Austerra. 27 de marzo. <https://www.austerra.org/desigualdades-medioambientales-siguiendo-las-pistas-de-los-mapas/>.
Además, véase: Romero, H. 2019. “Los climas urbanos y el desafío del desarrollo sustentable de las ciudades chilenas”. En *Los climas urbanos en América Latina*, editado por C. Henríquez y H. Romero, 207–56. Cham: Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-319-97013-4_9.
- 61 Véanse mapas detallados en Leniz, 2024, “Desigualdades medioambientales: siguiendo las pistas de los mapas”. Véase también: Urquiza, A. y P. Smith. 2019. “Análisis: El cambio climático como problema de desigualdad”. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2). 23 de julio. <https://www.cr2.cl/el-cambio-climatico-como-problema-de-desigualdad/>.
- 62 Leniz, 2024, “Desigualdades medioambientales: siguiendo las pistas de los mapas”. El Observatorio de Ciudades UC, de la Pontificia Universidad Católica de Chile, es una plataforma de investigación colaborativa que utiliza el análisis de datos, mapas y análisis multidisciplinar para apoyar la elaboración de políticas urbanas. Véase <https://observatoriodeciudades.com>.
- 63 Ascencio, E.J. et al. 2023. “Exposición Desproporcionada a Islas de Calor Superficiales—Urbanas a través de Poblaciones Vulnerables en la Ciudad de Lima, Perú”. *Environmental Research Letters* 18 (7): 074001. doi:10.1088/1748-9326/acdca9.
- 64 La Voz del Interior. 2024. “Ola de Calor: en los barrios más poblados de Córdoba la temperatura es más intensa”. 11 de febrero. <https://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/cordoba-ciudad/en-los-barrios-mas-poblados-de-cordoba-el-calor-es-mas-intenso/>.
- 65 Véase, por ejemplo: Urquiza y Smith, 2019, “Análisis: El cambio climático como problema de desigualdad”. Gómez, I. 2024. “Islas de calor, pobreza energética y confort térmico en México”. *Climate Tracker* (blog), 24 de julio. <https://climatetrackerlatam.org/historias/islas-de-calor-pobreza-energetica-y-confort-termico-los-nuevos-desafios-de-las-ciudades-mexicanas/>.
- 66 Martínez, V. y N. Zablah. 2024. “El 93,5% de los salvadoreños percibe más calor en su comunidad, según encuesta”. *La Prensa Gráfica*, 15 de agosto. <https://www.laprensagrafica.com/elsalvador/93.5-de-los-salvadorenos-percibe-mas-calor-en-su-comunidad-segun-encuesta-20240814-0071.html>.

SECCIÓN 3

- 67 Para un debate detallado desde una perspectiva europea, véase: Sayers, P. y E. Koks. 2024. “Major Disruptions of Critical Infrastructure”. En *European Climate Risk Assessment*, de la AEMA, 269–85. Copenhague: Agencia Europea de Medio Ambiente. <https://www.eea.europa.eu/publications/european-climate-risk-assessment>.
Véase también Chu, E.K. et al. 2023. “Entorno construido, sistemas urbanos y ciudades”. En *Fifth National Climate Assessment*, editado por A.R. Crimmins et al. Washington, DC: U.S. Global Change Research Program. doi:10.7930/NCA5.2023.CH12.
- 68 Brichetti, J.P. et al. 2021. “La brecha de infraestructura en América Latina y el Caribe: inversiones necesarias hasta 2030 para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible”. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo. <http://dx.doi.org/10.18235/0003759>.
- 69 Para más ejemplos y un análisis de su aplicabilidad en la actualidad, véase: El—Borombaly, H. y Molina—Prieto. 2015. “Adaptación de diseños vernáculos para la arquitectura sostenible contemporánea en Oriente Medio y la región neotropical”. *Revista internacional de investigación en informática y tecnologías de la información* 3 (4): 12–26.
- 70 Baraya, S. 2020. “Casas en Colombia: Naturaleza en viviendas según clima de pisos térmicos”. ArchDaily en Español, 22 de noviembre. <https://www.archdaily.cl/cl/951282/casas-en-colombia-naturaleza-como-elemento-arquitectonico-en-las-viviendas>.

- 71 Iñiguez, A. 2023. “Construir con tierra en América Latina: 12 ejemplos en la arquitectura contemporánea”. ArchDaily, 4 de diciembre. <https://www.archdaily.com/1010318/building-with-earth-in-latin-america-12-examples-in-contemporary-architecture>.
- 72 SEforALL. 2022. “Perspectivas de enfriamiento: Seguimiento de Refrigeración Sostenible para Todos 2022”. Nueva York: Sustainable Energy for All. <https://www.seforall.org/our-work/research-analysis/chilling-prospects-series/chilling-prospects-2022>.
- 73 Véase, por ejemplo Pinto Santa, C.A. 2023. “Repensando la vivienda en América Latina: un enfoque crítico desde la perspectiva del desarrollo urbano y social — *Revista Vivienda Infonavit*”. Revista Vivienda Infonavit, diciembre. <https://revistavivienda.infonavit.org.mx/2024/01/23/repensando-la-vivienda-en-america-latina-un-enfoque-critico-desde-la-perspectiva/>.
- Yunda, J.G., O. Ceballos-Ramos, y M. Rincón-Castellanos. 2022. “El reto de la calidad de la vivienda de interés social en las ciudades latinoamericanas: Lecciones de dos décadas de políticas de vivienda en Bogotá”. *Estudios de Vivienda*, octubre. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02673037.2020.1867080>.
- Heeckt, C. y O. Huerta Melchor. 2021. “Compactas, Conectadas, Limpias e Incluyentes: Una nueva visión para el transporte y la vivienda en las ciudades de México”. Londres y Washington, DC: Coalición para las Transiciones Urbanas. <https://urbantransitions.global/en/publication/compact-connected-clean-and-inclusive-cities-in-Mexico-an-agenda-for-national-housing-and-transport-policy-reform/>.
- Libertun de Duren, N.R. 2018. “La carga de la vivienda social: Comparación de hogares en la periferia y el centro de las ciudades en Brasil, Colombia y México.” *International Journal of Housing Policy*, abril. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19491247.2017.1298366>.
- 74 Véanse los datos para el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 11, meta 1, de ONU Hábitat: <https://data.unhabitat.org/pages/housing-slums-and-informal-settlements>.
- 75 Véanse los datos del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 11, meta 1, de ONU Hábitat: <https://data.unhabitat.org/pages/housing-slums-and-informal-settlements>. Todas las cifras corresponden a 2022, pero coinciden con las del gráfico 3.1, excepto en el caso de Haití, donde la tasa era del 48,9% en 2020.
- 76 Véase <https://plataformaurbana.cepal.org/en/regional-urban-statistics?id=691>.
- 77 Satterthwaite, D. et al. 2020. “Crear resiliencia al cambio climático en los asentamientos informales”. *One Earth* 2 (2): 143–56. doi:10.1016/j.oneear.2020.02.002.
- 78 Ramsay, E.E. et al. 2021. “Chronic Heat Stress in Tropical Urban Informal Settlements” *iScience* 24 (11): 103248. doi:10.1016/j.isci.2021.103248.
- Scott, A.A. et al. 2017. “Temperatura y calor en asentamientos informales de Nairobi”. *PLOS ONE* 12 (11): e0187300. doi:10.1371/journal.pone.0187300.
- 79 Véase <https://unsplash.com/photos/a-large-group-of-buildings-with-a-mountain-in-the-background-INfWMIkQIhA>; <https://unsplash.com/photos/red-and-white-concrete-building-eurLSC8VJ2k>; y <https://www.flickr.com/photos/kseniaruta/14748069409/>.
- 80 Bonaccorso, N. y G.C. da Graça. 2022. “Low-Cost DIY Thermal Upgrades for Overheating Mitigation in Slum Houses in Latin America & Caribbean”. *Energy and Buildings* 271 (septiembre): 112319. doi:10.1016/j.enbuild.2022.112319.
- 81 Libertun de Duren, 2018, “La carga de la vivienda social: Comparación de los hogares de la periferia y el centro de las ciudades en Brasil, Colombia y México.”
- 82 Osava, M. 2021. “La crisis climática agrava la desigualdad urbana en América Latina”. Inter Press Service, 8 de diciembre. <https://www.ipsnews.net/2021/12/climate-crisis-exacerbates-urban-inequality-latin-america/>.
- 83 Bonaccorso y da Graça, 2022, “Low-Cost DIY Thermal Upgrades for Overheating Mitigation in Slum Houses in Latin America & Caribbean”.
- 84 Delgado, S., E. Medina y N. Herrera. 2024. “Azoteas blancas, estrategia para enfriar la ciudad”. Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM Global TV (blog), 24 de septiembre. https://unamglobal.unam.mx/global_tv/azoteas-blancas-estrategia-para-enfriar-la-ciudad/.
- 85 INEGI. 2021. “Encuesta Nacional de Vivienda (ENVI)”. Ciudad de México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/programas/envi/2020/>.

- 86 DANE. 2024. "Encuesta Nacional de Calidad de Vida". Bogotá: Departamento Administrativo Nacional de Estadística. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/calidad-de-vida-ecv/encuesta-nacional-de-calidad-de-vida-ecv-2023>.
- 87 INEGI, 2021, "Encuesta Nacional de Vivienda (ENVI)". Esto no quiere decir que el aislamiento sea el único o principal método pasivo que puede proporcionar confort; sin embargo, es la única medida que se considera en el censo.
- 88 Pavanello, F. et al. 2021. "El aire acondicionado y el déficit de frío por adaptación en las economías emergentes". *Nature Communications* 12 (1): 6460. doi:10.1038/s41467-021-26592-2.
- 89 Bonaccorso y da Graça, 2022, "Low-Cost DIY Thermal Upgrades for Overheating Mitigation in Slum Houses in Latin America & Caribbean".
- 90 Kenny, G.P. et al. 2024. "Sobrecalentamiento en interiores: A Review of Vulnerabilities, Causes, and Strategies to Prevent Adverse Human Health Outcomes during Extreme Heat Events". *Temperature* 11 (3): 203-46. doi:10.1080/23328940.2024.2361223.
- 91 Seppänen, O., W.J. Fisk, y Q.H. Lei. 2006. "Ventilación y rendimiento en el trabajo de oficina". *Indoor Air* 16 (1): 28-36. doi:10.1111/j.1600-0668.2005.00394.x.
- 92 García, A. et al. 2019. "Evaluación del confort térmico en oficinas con ventilación natural ubicadas en un clima tropical frío, Bogotá". *Construcción y Medio Ambiente* 158 (julio): 237-47. doi:10.1016/j.buildenv.2019.05.013.
- 93 ESMAP. 2020. "Cartilla para la refrigeración de espacios". Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) Knowledge Series 030/20. Washington DC: Banco Mundial. Washington, DC: Banco Mundial. <https://www.esmap.org/primer-for-space-cooling-report>.
- 94 ESMAP, 2020.
- 95 Para un ejemplo visual, véase: Baraya, 2020, "Casas en Colombia: Naturaleza en viviendas según clima de pisos térmicos".
- 96 Architropics. 2020. "7 estrategias para diseñar una casa en el trópico". 22 de mayo. <https://architropics.com/designing-a-house-for-the-tropics/>.
- 97 Rawat, M. y R.N. Singh. 2022. "A Study on the Comparative Review of Cool Roof Thermal Performance in Various Regions". *Energy and Built Environment* 3 (3): 327-47. doi:10.1016/j.enbenv.2021.03.001.
- 98 Delgado, Medina y Herrera, 2024, "Azoteas blancas, estrategia para enfriar la ciudad".
- 99 Colaboración para la Refrigeración Limpia. 2022. "Reto del millón de tejados fríos: Campeones locales para un movimiento global". 1 de marzo. <https://www.cleancoolingcollaborative.org/blog/million-cool-roofs-challenge-local-champions-for-a-global-movement/>.
- 100 Alchapar, N.L., M.F. Colli y E.N. Correa. 2021. "Materiales Fríos en los Edificios. Las cubiertas como medida de rehabilitación energética urbana". En *Urban Heat Stress and Mitigation Solutions*, por V. Costanzo, G. Evola, y L. Marletta, 1ª ed., 233-52. Londres: Routledge. doi:10.1201/9781003045922-12-15. Larrain, F. s.f. "Techos blancos, la estrategia para bajar la temperatura de las casas". Centro para la Transición Energética, Universidad Adolfo Ibáñez. Consultado el 16 de diciembre de 2024. <https://centra.uai.cl/techos-blancos-la-estrategia-para-bajar-la-temperatura-de-las-casas/>.
- 101 Rawat y Singh, 2022, "A Study on the Comparative Review of Cool Roof Thermal Performance in Various Regions".
- 102 Akbari, H., H. Damon Matthews y D. Seto. 2012. "El efecto a largo plazo del aumento del albedo de las zonas urbanas". *Environmental Research Letters* 7 (2): 024004. doi:10.1088/1748-9326/7/2/024004.
- 103 Wang, X., H. Li y S. Sodoudi. 2022. "The Effectiveness of Cool and Green Roofs in Mitigating Urban Heat Island and Improving Human Thermal Comfort". *Building and Environment* 217 (junio): 109082. doi:10.1016/j.buildenv.2022.109082.
- 104 Cheng, Y. y K.A. McColl. 2024. "Unexpected Warming From Land Radiative Management". *Geophysical Research Letters* 51 (22): e2024GL112433. doi:10.1029/2024GL112433.
- 105 Imhof, L. et al. 2021. "Rendimiento térmico de una cubierta verde extensiva en condiciones semiáridas en el centro de Argentina". *Journal of Green Building* 16 (1): 17-42. doi:10.3992/jgb.16.1.17.

- 106 Ksiazek—Mikenas, K., V.B. Chaudhary, y K.A. Skogen. 2023. “Las combinaciones de especies vegetales con rasgos complementarios tienen el potencial de maximizar los servicios ecosistémicos en las cubiertas verdes”. *Ecosistemas Urbanos* 26 (5): 1193–1208. doi:10.1007/s11252—023—01383—3.
- Robbiati, F.O. et al. 2024. “Effects of Diverse Vegetation Assemblages on the Thermal Behavior of Extensive Vegetated Roofs”. *Sustainable Cities and Society* 117 (diciembre): 105952. doi:10.1016/j.scs.2024.105952.
- 107 Gamero—Salinas, J. et al. 2021. “Estrategias de diseño de refrigeración pasiva como medidas de adaptación para disminuir el riesgo de sobrecalentamiento interior en climas tropicales”. *Energía y Edificios* 252 (diciembre): 111417. doi:10.1016/j.enbuild.2021.111417.
- 108 Goyal, J. 2023. “Estrategias pasivas para el diseño de edificios en un clima cálido y seco”. *Novatr*. 28 de marzo. <https://www.novatr.com/blog/passive—design—strategies—hot—and—dry—climate>.
- 109 ESMAP, 2020, “Primer for Space Cooling”.
- 110 Para una visión sucinta de varios estudios, pilotos y ejercicios de modelización en la región, véase: J. Fera Díaz, J., J. E. Sierra Carrillo, y J. P. Rodríguez Miranda. 2019. “Enfriamiento pasivo en construcciones sustentables: Una revisión para América Latina”. *Revista internacional de ingeniería civil y tecnología*. 10 (7): 289–97.
- 111 Hernández, G. et al. 2024. “Estrategias pasivas hacia una vivienda social energéticamente eficiente: Un Estudio de Caso Paramétrico y Marco de Toma de Decisiones en el Clima Tropical Mexicano”. *Journal of Building Engineering* 82 (abril): 108282. doi:10.1016/j.job.2023.108282.
- 112 Giraldo, W. et al. 2017. “Ventilación pasiva y confort térmico en vivienda de interés social en clima ecuatorial”. *Ingeniería y Desarrollo* 35 (1): 77–101. doi:10.14482/inde.35.1.8944.
- 113 Gelardi, D., A. Esteves Miramont, y G.J. Barea Paci. 2012. “Ampliación bioclimática de vivienda urbana con tecnología no tradicional”, octubre. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/78658>.
- 114 Gobierno de México. 2024. “Estrategia Sectorial de Autoproducción: Acciones Colaborativas En Territorio Para Impulsar La Autoproducción de Vivienda Adecuada”. Ciudad de México: Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. <https://www.gob.mx/sedatu/documentos/estrategia—sectorial—de—autoproduccion>.
- 115 Gobierno de México. 2021. “Autoproducción de Vivienda Adecuada En México”. Ciudad de México: Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. <https://www.gob.mx/sedatu/documentos/autoproduccion—de—vivienda—adecuada—en—México>.
- 116 Campos, L., C. Castillo y J. Peñuelas. 2023. “Vivienda resiliente, adecuada y sustentable en modelos de autoproducción”. *Revista Vivienda Infonavit*, 29 de junio. <https://revistavivienda.infonavit.org.mx/2023/06/29/vivienda—resiliente—adecuada—y—sustentable—en—modelos—de—autoproduccion/>.
- 117 Campos, Castillo y Peñuelas, 2023.
- 118 Gobierno de México, 2021, “Autoproducción de Vivienda Adecuada En México”.
- 119 SEforALL, 2022, “Perspectivas de enfriamiento: Tracking Sustainable Cooling for All 2022”. Los datos subyacentes proceden de Mepsy; véase <https://clasp.shinyapps.io/mepsy/>.
- 120 Híjar Alva, C. 2024. “Industria de aire acondicionado creció en América Latina el 2023”. *Revista Expofrío*, 10 de julio. <https://revistaexpofrio.com/industria—de—aire—acondicionado—crecio—en—america—latina—el—2023/>. México y Argentina ocuparon el segundo y tercer lugar, respectivamente, en la región, con 1,5 millones y 1 millón de sistemas de aire acondicionado vendidos, respectivamente.
- 121 Camarasa, C. et al. 2023. “Marcando la pauta: Cómo Centroamérica está armonizando la eficiencia energética de los electrodomésticos”. Agencia Internacional de la Energía. 21 de noviembre. <https://www.iea.org/commentaries/setting—the—standard—how—central—america—is—harmonising—energy—efficiency—for—appliances>.
- 122 Pavanello et al., 2021, “Air—Conditioning and the Adaptation Cooling Deficit in Emerging Economies”.
- 123 AIE. 2023. “Perspectivas energéticas de América Latina 2023”. París: Agencia Internacional de la Energía. <https://www.iea.org/reports/latin—america—energy—outlook—2023>.
- 124 Randazzo, T., E. De Cian, y M.N. Mistry. 2020. “Aire acondicionado y gasto en electricidad: The Role of Climate in Temperate Countries”. *Economic Modelling* 90 (agosto): 273–87. doi:10.1016/j.econmod.2020.05.001.
- 125 SEforALL, 2022, “Perspectivas de enfriamiento: Seguimiento de Refrigeración Sostenible para Todos 2022”.

- 126 Davis, L. et al. 2021. "Aire acondicionado y desigualdad global". *Cambio Ambiental Global* 69 (julio): 102299. doi:10.1016/j.gloenvcha.2021.102299.
- 127 ESMAP, 2020, "Primer for Space Cooling".
- 128 Lapillonne, B. y L. Sudries. 2023. "Impactos de las Medidas de Eficiencia Energética en América Latina: A Review of BIEE's Project". Resumen ejecutivo. Enerdata. <https://www.enerdata.net/publications/executive-briefing/latin-america-energy-efficiency.html>.
- 129 Camarasa et al., 2023, "Setting the Standard: Cómo Centroamérica está armonizando la eficiencia energética de los electrodomésticos".
- 130 Los datos globales de la herramienta Mepsy muestran que en 2024, la propiedad global de AC era de unas 0,4 unidades por hogar, pero la propiedad de ventiladores de techo y portátiles era de unas 1,4 unidades por hogar. Véase <https://clasp.shinyapps.io/mepsy/>. En Colombia, la diferencia en la tasa de propiedad es de cinco veces: 0,3 frente a 1,5 unidades por hogar; en Jamaica, es de seis veces, 0,3 frente a 1,8, y en Nicaragua, 0,2 frente a 1,3.
- 131 AIE. 2018. "El futuro de la refrigeración". París: Agencia Internacional de la Energía. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-cooling>.
- 132 Véase también Zepeda—Gil, C. y S. Natarajan. 2020. "Una revisión de los reglamentos, leyes y normas de 'construcción ecológica' en América Latina". *Edificios* 10 (10): 188. doi:10.3390/buildings10100188.
- 133 AIE, 2023, "Perspectivas energéticas de América Latina 2023".
- 134 Stanley, S. 2020. "Conozca a los galardonados con el Premio al Liderazgo 2020 en América Latina | U.S. Green Building Council". U.S. Green Building Council. 31 de agosto. <https://www.usgbc.org/articles/meet-2020-leadership-award-recipients-latin-america>.
- 135 U.S. Green Building Council. 2024. "Los 10 principales países para LEED en 2023 demuestran que el movimiento de la construcción ecológica es verdaderamente global". Comunicado de prensa. 6 de febrero. <https://www.usgbc.org/articles/top-10-countries-leed-2023-demonstrate-green-building-movement-truly-global>.
- 136 Véase <https://edge.gbci.org>.
- 137 Consejo Mundial de la Construcción Verde. 2013. "El caso empresarial de los edificios verdes". Report. 9 de abril. <https://worldgbc.org/article/the-business-case-for-green-building-a-review-of-the-costs-and-benefits-for-developers-investors-and-occupants/>
- 138 AIE. 2018.
- 139 Deuskar, C., Murray, S., Leiva Molano, J., Khan, I., and Maria, A. 2025. "Banking on Cities: Investing in Resilient and Low-Carbon Urbanization". Urban Development Series. World Bank.
- 140 ESMAP, 2020, "Primer for Space Cooling".
- 141 Véase el debate detallado a partir de la p. 44 de ESMAP, 2020.
- 142 Véase también: Eveloy, V. y D.S. Ayou. 2019. "Sistemas sostenibles de refrigeración urbana: Status, Challenges, and Future Opportunities, with Emphasis on Cooling-Dominated Regions". *Energies* 12 (2): 235. doi:10.3390/en12020235.
- 143 Para una visión general de la agencia de desarrollo económico de Medellín, véase <https://acimedellin.org/thermal-district-green-infrastructure-that-cares-for-the-air-we-breathe-in-medellin/?lang=en>.
- 144 Eveloy y Ayou, 2019, "Sistemas sostenibles de refrigeración urbana: Status, Challenges, and Future Opportunities, with Emphasis on Cooling-Dominated Regions."
- 145 Ríos—Ocampo, J.P. et al. 2022. "Distritos Térmicos en Colombia: Desarrollo de una Metodología para Estimar la Demanda Potencial de Refrigeración". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 165 (septiembre): 112612. doi:10.1016/j.rser.2022.112612.
- 146 EPRI. 2022. "READi Insights: Extreme Heat Events and Impacts to the Electric System". Informe técnico. Palo Alto, CA, EE.UU: Electric Power Research Institute. <https://www.epri.com/research/products/3002025522>.
- 147 AIE, 2023, "Perspectivas energéticas de América Latina 2023". Nótese que los datos que figuran en el sitio web de la AIE para algunos países, como Guatemala, pueden no coincidir completamente con lo que se muestra en la figura.
- 148 AIE, 2023.
- 149 AIE, 2023.

- 150 Fucuchima, L. 2024. “La energía hidroeléctrica de Brasil se enfrenta al riesgo de la desecación de las cuencas fluviales”. Reuters, 11 de septiembre, sec. Energy. <https://www.reuters.com/business/energy/Brasils—hydropower—faces—risk—drying—river—basins—2024—09—11/>. Véase también Slaymaker, R. 2024. “Brasil Cuts Hydropower Use as Droughts Impact Global Generation”. *Power Technology* (blog), 13 de agosto. <https://www.power—technology.com/news/Brasil—cuts—hydropower—use—as—droughts—impact—global—generation/>.
- 151 Véase el gráfico interactivo “Evolución de las fuentes de generación de electricidad en Brasil desde 2000” en <https://www.iea.org/countries/Brasil/electricity>.
- 152 DW. 2024. “México registra apagones intermitentes por ola de calor”. 10 de mayo. <https://www.dw.com/es/m%C3%A9xico—registra—apagones—intermitentes—por—ola—de—calor/a—69040139>.
- 153 Salvo que se indique lo contrario, este resumen se basa en EPRI, 2022, “READi Insights: Extreme Heat Events and Impacts to the Electric System”, complementado por: Allen—Dumas, M., B. KC, y C.I. Cunliff. 2019. “Vulnerabilidades climáticas y meteorológicas extremas de la red eléctrica: Un resumen de los métodos de cuantificación de la sensibilidad ambiental”. ORNL/TM—2019/1252. Oak Ridge, TN, Estados Unidos: Oak Ridge National Lab. doi:10.2172/1558514.
- 154 Deakin, A. 2024. “Perspectivas 2024 para el sector energético de América Latina”. Inteligencia de Mercado de las Américas. 20 de febrero. <https://americasmi.com/insights/2024—energy—sector—latin—america—good—bad—ugly/>.
- 155 ABC TV. 2022. “Cortes de Energía Afectan Varias Zonas”. 24 de enero. <https://www.abc.com.py/tv/abc—noticias/2022/01/24/cortes—de—energia—afectan—varias—zonas/>.
- 156 Las respuestas suelen ser lineales, en forma de una disminución constante de la producción de energía por cada cambio de grado por encima de una temperatura de referencia. Por ejemplo, un estudio centrado en California descubrió que la capacidad de las centrales eléctricas de ciclo combinado de gas natural disminuía entre un 0,3% y un 0,5% por cada aumento de 1° C por encima de 15° C, dependiendo de la ubicación y la altitud. Véase Sathaye, J. et al. 2011. “Estimación del riesgo para la infraestructura energética de California por el cambio climático proyectado”. LBNL—4967E. Berkeley, CA, Estados Unidos: Lawrence Berkeley National Lab. doi:10.2172/1026811.
- 157 EPRI, 2022, “READi Insights: Extreme Heat Events and Impacts to the Electric System”.
- 158 En 2022, la energía hidroeléctrica representó el 74,6% de la generación de electricidad en Ecuador, según datos de la AIE. Véase <https://www.iea.org/countries/ecuador/electricity>. Más recientemente, el Gobierno ha dicho que aporta el 72%; véase: Ministerio de Energía y Minas. 2024. “El Gobierno apuesta por nuevas fuentes de generación eléctrica en respuesta a la peor sequía y la dependencia energética del agua”. Boletín de Prensa No. 077. 24 de septiembre. <https://www.recursosyenergia.gob.ec/el—gobierno—apuesta—por—nuevas—fuentes—de—generacion—electrica—en—respuesta—a—la—peor—sequia—y—la—dependencia—energetica—del—agua/>.
- 159 Observatorio de la Tierra de la NASA. 2024. “Sequía intensa y generalizada asola Sudamérica”. 15 de octubre. <https://earthobservatory.nasa.gov/images/153447/intense—widespread—drought—grips—south—america>.
- 160 Associated Press. 2025. “Ecuador amplía a 14 horas diarias los cortes de luz por la sequía”. 25 de octubre. <https://apnews.com/article/ecuador—power—cuts—drought—59690c310e7c30136aad2ac7a75a043e>.
- 161 “Tranvía de Cuenca Modifica Horarios Por Apagón Nacional y Toque de Queda”. 2024. Primicias, 17 de septiembre. <https://www.primicias.ec/sociedad/horarios—tranvia—cuenca—apagon—toque—queda—ecuador—79014/>.
- 162 BNamericas. 2024. “Luces apagadas: Las implicaciones de que Ecuador funcione en modo de bajo consumo”. 29 de octubre. <https://www.bnamericas.com/en/analysis/lights—out—the—implications—of—ecuador—running—on—low—power—mode>.
- 163 Primicias. 2024. “Crisis Eléctrica: Complejo Paute—Molino, Incluyendo Mazar, Estuvo Apagado Este 3 de Noviembre”. 3 de noviembre. <https://www.primicias.ec/economia/hidroelectrica—complejo—paute—mazar—apagado—3noviembre—82576/>. Primicias. 2024. “Mazar Pone Pausa a Sus Operaciones Mientras Ecuador Espera Que Llegue La Electricidad Desde Colombia”. 16 de noviembre. <https://www.primicias.ec/economia/mazar—operaciones—detenidas—crisis—electrica—83474/>.

- 164 Ministerio de Energía y Minas, 2024, “El Gobierno apuesta por nuevas fuentes de generación eléctrica en respuesta a la peor sequía y la dependencia energética del agua.”
- 165 Associated Press. 2024. “El Gobierno de Ecuador dejará de racionar la electricidad en todo el país justo antes de las fiestas”. 10 de diciembre. <https://apnews.com/article/ecuador—electricity—rationing—outages—president—noboa—drought—10fd90fec69cbb8af2a5ef9a014fafa6>.
- 166 Véase, por ejemplo EcuAvisa. 2024. “Guayaquil vivirá una ola de calor hasta el 25 de octubre”. 23 de octubre. <https://www.ecuavisa.com/noticias/guayaquil/guayaquil—vivira—ola—calor—hasta—25—octubre—EB8201754>.
- 167 Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. 2024. “SitRep No. 08 — Incendios Forestales, Sector Guápulo Parroquia Cumbayá”. Quito: República del Ecuador. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp—content/uploads/2024/09/SitRep—No.—08—Incendios—Forestales—24092024—al—29092024.pdf>.
- Al Jazeera. 2024. “Ecuador lucha contra los incendios cerca de la capital mientras la sequía se apodera de Sudamérica”. 25 de septiembre. <https://www.aljazeera.com/news/2024/9/25/ecuador—battles—wildfires—near—capital—as—drought—grips—south—america>.
- 168 Añel, J.A. et al. 2024. “Los fenómenos meteorológicos extremos y el sector energético en 2021”, junio. doi:10.1175/WCAS—D—23—0115.1.
- 169 Esta sección se basa en las ideas de:
 Davis, M. y S. Clemmer. 2014. “Power Failure: How Climate Change Puts Our Electricity at Risk—and What We Can Do”. Cambridge, MA, Estados Unidos: Union of Concerned Scientists. <https://www.ucsusa.org/sites/default/files/2019—10/Power—Failure—How—Climate—Change—Puts—Our—Electricity—at—Risk—and—What—We—Can—Do.pdf>.
 EPRI, 2022, “READi Insights: Extreme Heat Events and Impacts to the Electric System”.
 ESMAP, 2020, “Primer for Space Cooling”.
 NREL. 2024. “Explicado: Causas de tres grandes apagones recientes y qué se está haciendo al respecto”. Golden, CO, EE.UU: Laboratorio Nacional de Energías Renovables. <https://research—hub.nrel.gov/en/publications/explained—causes—of—three—recent—major—blackouts—and—what—is—bein>.
- 170 Lapillonne y Sudries, 2023, “Energy Efficiency Measures Impacts in Latin America: A Review of BIEE’s Project”.
- 171 Davis y Clemmer, 2014, “Power Failure: How Climate Change Puts Our Electricity at Risk—and What We Can Do”.
- 172 Enel Norteamérica. 2024. “El papel de la RD en la ola de calor de junio de 2024”. 18 de junio. <https://www.enelnorthamerica.com/insights/blogs/demand—response—june—2024—heat—wave>.
- 173 Wang, Z. et al. 2023. “Incentive Based Emergency Demand Response Effectively Reduces Peak Load during Heatwave without Harm to Vulnerable Groups”. *Nature Communications* 14 (1): 6202. doi:10.1038/s41467—023—41970—8.
- 174 Kahn, M.E. y Krishnamachari. 2022. “Smart Meters and Dynamic Pricing Can Help Consumers Use Electricity When It’s Less Costly, Saving Money and Easing Pollution”. *The Conversation* (blog), 18 de octubre. <https://theconversation.com/smart—meters—and—dynamic—pricing—can—help—consumers—use—electricity—when—its—less—costly—saving—money—and—reducing—pollution—190217>.
- 175 Davis y Clemmer, 2014, “Power Failure: How Climate Change Puts Our Electricity at Risk—and What We Can Do”.
- 176 Belding, S., A. Walker y A. Watson. 2020. “¿Ayudarán los paneles solares cuando se vaya a la luz? Planning for PV Resilience”. NREL/TP—7A40—75704. Golden, CO, EE. UU: Laboratorio Nacional de Energías Renovables. <https://research—hub.nrel.gov/en/publications/will—solar—panels—help—when—the—power—goes—out—planning—for—pv—re>.
- 177 Fortuna, C. 2024. “La energía solar estabiliza la red durante las recientes olas de calor, pero los días de curva de pato complican la gestión de la red”. CleanTechnica, 27 de junio. <https://cleantechnica.com/2024/06/27/solar—stabilizes—grid—during—recent—heat—waves—but—duck—curve—days—complicate—grid—management/>.
- 178 Storrow, B. 2024. “¿Qué ola de calor? Las pilas mantienen las luces encendidas en California”. ClimateWire, 10 de septiembre. <https://www.eenews.net/articles/what—heat—wave—batteries—keep—the—lights—on—in—california—2/>.

- 179 Véase, por ejemplo: Wasko, F. 2018. “Cómo las microrredes solares de emergencia proporcionan resiliencia a las comunidades vulnerables”. *PV Magazine USA* (blog), 21 de mayo. <https://pv-magazine-usa.com/2018/05/21/how-solar-emergency-microgrids-provide-resilience-to-vulnerable-communities/>.
- Gastelum, D. 2022. “The Role of Microgrids in Building Climate Resilience in Boston’s Frontline Communities”. *Climate-XChange* (blog), 7 de enero. <https://climate-xchange.org/2022/01/the-role-of-microgrids-in-building-climate-resilience-in-bostons-frontline-communities/>.
- Kirtley, J. y A. Krol. 2024. “Microrredes”. Instituto Tecnológico de Massachusetts. MIT Climate Portal, 29 de enero. <https://climate.mit.edu/explainers/microgrids>.
- Para un análisis de las consideraciones clave en la planificación de microrredes en medio del cambio climático, véase: Macmillan, M. et al. 2024. “Microgrid Design and Multi-Year Dispatch Optimization under Climate-Informed Load and Renewable Resource Uncertainty”. *Applied Energy* 368 (agosto): 123355. doi:10.1016/j.apenergy.2024.123355.
- 180 Espinosa, P. y L. Melgar. 2023. “Acelerando la revolución de la energía limpia en América Latina”. *Project Syndicate* (blog), 29 de noviembre. <https://www.project-syndicate.org/commentary/latin-america-and-caribbean-clean-energy-transition-challenges-and-opportunities-by-patricia-espinosa-and-lourdes-melgar-2023-11>.
- 181 AIE, 2023, “Perspectivas energéticas de América Latina 2023”.
- 182 Gutiérrez—Negrín, L.C.A. 2024. “Evolución de la energía geotérmica mundial 2020—2023”. *Energía Geotérmica* 12 (1): 14. doi:10.1186/s40517-024-00290-w.
- 183 Por ejemplo, después de una ola de calor extremo en California en el verano de 2020 que requirió cortes de carga que afectaron a unos 500.000 clientes, se produjeron cambios en el proceso de planificación, como la estimación de la contribución de la energía solar a la cobertura de la demanda máxima, el aumento del margen de reserva de planificación y la incorporación al sistema de capacidad adicional, incluido el almacenamiento de energía. Véase NREL, 2024, “Explained: Causes of Three Recent Major Blackouts and What Is Being Done in Response
- 184 EPRI, 2022, “READi Insights: Extreme Heat Events and Impacts to the Electric System”.
- 185 Banco Mundial. de próxima publicación. “Efectos del aumento de las temperaturas debido al cambio climático en las infraestructuras y servicios de transporte: A Comprehensive Review”. P. Washington, DC. I.
- 186 Markolf, S.A. et al. 2019. “Resiliencia del transporte ante el cambio climático y los fenómenos meteorológicos extremos: más allá del riesgo y la robustez”. *Política de transporte* 74 (febrero): 174–86. doi:10.1016/j.tranpol.2018.11.003.
- 187 Vasconcellos, E. 2018. “Las condiciones de movilidad urbana en América Latina”. En *Transporte y Desarrollo en América Latina, Vol. 1*, de N. Estupiñán et al, 111–19. Caracas: CAF — Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1186>.
- 188 CNI. 2023. “Mobilidade Urbana No Brasil: Marco Institucional e Propostas de Modernização”. Brasília: Confederação Nacional da Indústria. <https://www.mobilize.org.br/estudos/498/mobilidade-urbana-no-brasil-marco-institucional-e-propostas-de-modernizacao.html>.
- 189 Véase, por ejemplo: Guerra, E. et al. 2018. “Forma urbana, oferta de tránsito y comportamiento de viaje en América Latina: Evidence from México’s 100 Largest Urban Areas”. *Transport Policy* 69 (octubre): 98–105. doi:10.1016/j.tranpol.2018.06.001.
- Tiznado—Aitken, I. et al. 2023. “Movilidad periurbana desigual: Travel Patterns, Modal Choices and Urban Core Dependence in Latin America”. *Habitat Internacional* 133 (marzo): 102752. doi:10.1016/j.habitatint.2023.102752.
- 190 Las siete ciudades son Belo Horizonte, Bogotá, Buenos Aires, Montevideo, Quito, Santiago y São Paulo. Véase: Serebrisky, T., A. Suárez—Alemán, y M.E. Rivas. 2019. “Hechos estilizados del transporte urbano en América Latina y el Caribe”. Nota técnica núm. BID—TN—1640. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo. América Latina y el Caribe. <http://dx.doi.org/10.18235/0001606>.
- 191 Harbering, M. y J. Schlüter. 2020. “Determinantes de la Elección del Modo de Transporte en Zonas Metropolitanas: El Caso de la Zona Metropolitana del Valle de México”. *Revista de Geografía del Transporte* 87 (julio): 102766. doi:10.1016/j.jtrangeo.2020.102766.
- 192 Harbering y Schlüter, 2020.

- 193 INEGI. 2017. “Encuesta Origen Destino En Hogares de La Zona Metropolitana Del Valle de México 2017”. Base de datos. Ciudad de México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- 194 Zhai, Xiaoli, Helai Huang, N. N. Sze, Ziqi Song y Kai Kwong Hon. “Análisis de diagnóstico de los efectos de las condiciones meteorológicas en la gravedad de los accidentes de peatones”. *Accident Analysis & Prevention* 122 (2019): 318–324.
- Fujii, Hisako, Sanae Fukuda, Daisuke Narumi, Tomohiko Ihara y Yasuyoshi Watanabe. “Fatiga y sueño bajo grandes diferencias de temperatura en verano”. *Environmental Research* 138 (2015): 17–21.
- 195 Valentine, S. 2023. “Los días más calurosos aumentan los accidentes de tráfico y las muertes”. *Scientific American*, 21 de septiembre. <https://www.scientificamerican.com/article/hotter-days-are-increasing-car-crashes-and-fatalities/>.
- 196 Banco Mundial, de próxima publicación, “Effects of Rising Temperatures Due to Climate Change on Transportation Infrastructure and Services: A Comprehensive Review”. Véase también: Underwood, B.S. et al. 2017. “Aumento de los costes para la infraestructura de pavimentos de Estados Unidos por el aumento futuro de la temperatura”. *Nature Climate Change* 7 (10): 704–7. doi:10.1038/nclimate3390.
- Pavimento interactivo. 2019. “Impactos del cambio climático en los pavimentos y resiliencia”. <https://pavementinteractive.org/climate-change-impacts-on-pavements-and-resilience/>.
- 197 El Observador. 2022. “Altas temperaturas rompieron una parte del pavimento de General Flores”. 9 de diciembre. <https://www.elobservador.com.uy/nota/altas-temperaturas-afectaron-el-pavimento-en-una-calle-de-brazo-oriental-2022129195653>.
- 198 Mallick, R.B. et al. 2014. “Uso de la dinámica de sistemas para comprender el impacto a largo plazo del cambio climático en el rendimiento del pavimento y el coste de mantenimiento”. *Transportation Research Record* 2455 (1): 1–9. doi:10.3141/2455-01.
- 199 Madeiro, C. 2023. “Calor Recorde Derrete Rodovia No Sertão Do CE; Estado Manda Refazer Asfalto”. UOL, 2 de septiembre. <https://noticias.uol.com.br/colunas/carlos-madeiro/2023/09/02/calor-recorde-derrete-rodovia-no-sertao-do-ce-estado-manda-refazer-asfalto.htm>.
- 200 Underwood et al., 2017, “Increased Costs to US Pavement Infrastructure from Future Temperature Rise”.
- 201 Chinowsky, P. et al. 2011. “Cambio climático: Impacto comparativo en países en desarrollo y desarrollados”. *Revista de organización de proyectos de ingeniería* 1 (1): 67–80. doi:10.1080/21573727.2010.549608.
- 202 Vasconcellos, 2018, “Las condiciones de movilidad urbana en América Latina”. El análisis utilizó datos del Observatorio de Movilidad Urbana, que tiene algunos datos posteriores aquí: <https://omu-latam.org/indicadores/>.
- 203 Thomas, H., L.Á. Guzmán, y F. Demoraes. 2024. “¿Cómo nos movemos hoy en las ciudades latinoamericanas? Modal Share versus PKT as Sustainable Urban Mobility Demand Indicators: Una Comparación entre Bogotá y Lima”. En . Presentado en el 5º Simposio Mundial Trienal de Investigación sobre Transporte y Uso del Suelo, Bogotá, 17–20 de junio. <https://hal.science/hal-04626453v1>.
- En Bogotá, un porcentaje mucho mayor de los viajes se realizaron a pie o en bicicleta —44,1% frente a 15,4% en Lima—, mientras que en Lima, muchos más se realizaron en autobús regular (no BRT): 58,9% frente a 16,3% en Lima.
- 204 Secretaría de Transporte y Obras Públicas. 2024. “Partición Modal de Los Viajes de La Ciudad de Buenos Aires 2019–2020–2021–2022”. Buenos Aires. https://buenosaires.gob.ar/sites/default/files/2024-05/Particion%20modal_2022_OMSV%20v3.pdf. Se trata de la cuota modal de la ciudad propiamente dicha, no de toda el área metropolitana.
- 205 CNI, 2023, “Mobilidade Urbana No Brasil: Marco Institucional e Propostas de Modernização”. Los datos corresponden a años diferentes: 2017 para Curitiba y São Paulo y 2012 para Río de Janeiro. La estimación de rango inferior para Río de Janeiro procede de: Bianchi Alves, B., L. Bou Mjahed, y J. Moody. 2023. “Descarbonización del transporte urbano para el desarrollo”. *Mobility and Transport Connectivity Series*. Washington, DC: Banco Mundial.
- 206 Banco Mundial. 2024. “Sistemas replicables de transporte masivo reducen emisiones y conectan a la gente con oportunidades en ciudades latinoamericanas”. Resumen de resultados. 23 de abril. <https://projects.worldbank.org/en/results/2024/04/23/replicable-mass-transit-systems-reduce-emissions-and-connect-people-to-opportunities-in-latin-american-cities>.

- 207 Véase Sayers y Koks, 2024, “Major Disruptions of Critical Infrastructure”. Para ejemplos de Estados Unidos, véase: Ham, S.P. 2024. “Stuck Bridges, Buckling Roads — Extreme Heat Is Wreaking Havoc on America’s Aging Infrastructure”. *The Conversation* (blog), 5 de agosto. <http://theconversation.com/stuck-bridges-buckling-roads-extreme-heat-is-wreaking-havoc-on-americas-aging-infrastructure-235851>.
- Tan, N. 2024. “Amid Extreme Heat, US Infrastructure and Transportation Systems Buckle under Pressure”. NBC4 Washington, 8 de julio. <https://www.nbcwashington.com/news/national-international/us-heat-wave-transportation-infrastructure-impact/3654487/>.
- Véase también Middel, A. et al. 2020. “Solar Reflective Pavements—A Policy Panacea to Heat Mitigation?” (Pavimentos solares reflectantes: ¿una panacea política para mitigar el calor?) *Environmental Research Letters* 15 (6): 064016. doi:10.1088/1748-9326/ab87d4.
- 208 Maggi, N. 2022. “Con La Ola de Calor, Cada Vez Hay Más Colectivos Rotos En La Calle”. *La Capital*, 2 de diciembre. <https://www.lacapital.com.ar/edicion-impresa/con-la-ola-calor-cada-vez-hay-mas-colectivos-rotos-la-calle-n10034687.html>.
- 209 Tandon, A. 2022. “La ola de calor récord de Argentina en 2022 es ‘60 veces más probable’ por el cambio climático”. *Carbon Brief*, 21 de diciembre. <https://www.carbonbrief.org/argentinas-record-breaking-2022-heatwave-made-60-times-more-likely-by-climate-change/>.
- 210 León Almenara, J.P. 2024. “Manual para sobrevivir al Metropolitano: revelamos las zonas más frescas del bus tras casos de golpes de calor”. *El Comercio*, 21 de febrero. <https://elcomercio.pe/lima/transporte/manual-para-sobrevivir-al-metropolitano-revelamos-las-zonas-mas-frescas-del-bus-tras-casos-de-golpes-de-calor-temperatura-golpe-de-calor-senamhi-grados-verano-noticia/>.
- 211 Guardamino Soto, B. 2024. “Metropolitano, Metro de Lima, corredores y transporte público: lo que debes saber si viajas durante las horas de calor extremo”. *infobae*, 7 de febrero. <https://www.infobae.com/Perú/2024/02/07/metropolitano-metro-de-lima-corredores-y-transporte-publico-lo-que-debes-saber-si-viajas-durante-las-horas-de-calor-extremo/>.
- 212 Granados, A. 2024. “¿El Metro o El Infierno? Pese a Llegar a 39 Grados Trenes Del STC No Prenden Sus Ventiladores”. *Publimetro México*, 18 de abril. <https://www.publimetro.com.mx/noticias/2024/04/18/calor-extremo-en-el-metro-de-ciudad-de-México-usuarios-piden-prender-los-ventiladores/>.
- 213 Carrasco, C. 2024. “Por esta razón se quejaron usuarios de la Línea 3 del Metro CDMX”. *infobae*, 9 de junio. <https://www.infobae.com/México/2024/06/09/por-esta-razon-se-quejaron-usuarios-de-la-linea-3-del-metro-cdmx/>.
- 214 Jornal Nacional. 2023. “En medio de la ola de calor, millones de brasileños viajan en ómnibus sin aire acondicionado”. 19 de diciembre. <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2023/12/19/em-meio-a-onda-de-calor-milhoes-de-brasileiros-viajam-em-onibus-sem-ar-condicionado.ghtml>.
- 215 Maggi, 2022, “Con La Ola de Calor, Cada Vez Hay Más Colectivos Rotos En La Calle”.
- 216 Liencura, J. 2019. “¡Estamos fritos! Hasta 38 deben soportar pasajeros del transporte público en Santiago”. *Publimetro Chile*, 4 de enero, sec. Noticias. <https://www.publimetro.cl/cl/noticias/2019/01/04/hasta-38oc-soportar-pasajeros-transantiago-metro.html>.
- 217 Véase, por ejemplo: Arellana, J. et al. 2021. “Planificación del transporte urbano y desigualdades de acceso: A Tale of Two Colombian Cities”. *Research in Transportation Business & Management, Active Travel and Mobility Management*, 40 (septiembre): 100554. doi:10.1016/j.rtbm.2020.100554.
- Bautista—Hernández, D.A. 2020. “Desigualdad en los desplazamientos, papel de la estructura urbana e identificación de grupos desfavorecidos en la zona metropolitana de la Ciudad de México”. *Revista de Transporte y Uso del Suelo* 13 (1): 159–83. doi:10.5198/jtlu.2020.1611.
- 218 Dzyuban, Y. et al. 2022. “Evidencia de aliestesia durante un paseo térmico vecinal en una ciudad seca y calurosa”. *Ciencia del Medio Ambiente Total* 834 (agosto): 155294. doi:10.1016/j.scitotenv.2022.155294.
- 219 Vasconcellos, 2018, “Las condiciones de movilidad urbana en América Latina”.
- 220 Esto es para la Región Metropolitana de Guadalajara. Ver: Imepan. 2024. “Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable del Área Metropolitana de Guadalajara (PIMUS)”. Guadalajara: Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara. <https://pimus.imeplan.mx>.

- 221 Thomas, H., L.Á. Guzmán, y F. Demoraes. 2024. “¿Cómo nos movemos hoy en las ciudades latinoamericanas? Modal Share versus PKT as Sustainable Urban Mobility Demand Indicators: Una comparación entre Bogotá y Lima”. Presentado en el V Simposio Mundial Trienal de Investigación en Transporte y Uso del Suelo, Bogotá, 17–20 de junio. <https://hal.science/hal-04626453v1>.
- 222 Mobilizar Brasil. 2022. “Estudo Mobilize 2022: Mobilidade Urbana Em Dados e Nas Ruas Do Brasil”. São Paulo. <https://www.mobilize.org.br/estudos/489/estudo—mobilize—2022—mobilidade—urbana—em—dados—e—nas—ruas.html>.
- 223 Véase, por ejemplo, Harbering y Schlüter, 2020, “Determinants of Transport Mode Choice in Metropolitan Areas: El Caso de la Zona Metropolitana del Valle de México”; Imepan, 2024, “Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable Del Área Metropolitana de Guadalajara (PIMUS)”; Serebrisky, Suárez—Aleman, y Rivas, 2019, “Stylized Urban Transportation Facts in Latin America and the Caribbean”. Véase también: Hurtubia, R., N. Waintrub y S. Raveau. 2024. “Encuesta de Movilidad de Santiago 2024”. Santiago: CEDEUS, Pontificia Universidad Católica de Chile. <https://doi.org/10.7764/cedeus.li.03>.
- 224 Rivas, M.E. y T. Serebrisky. 2021. “El papel de los modos de transporte activo en la mejora de la movilidad de las personas de bajos ingresos en América Latina y el Caribe”. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/en/role—active—transport—modes—enhancing—mobility—low—income—people—latin—america—and—caribbean>. Véase también Mobilize Brasil, 2022, “Estudo Mobilize 2022: Mobilidade Urbana Em Dados e Nas Ruas Do Brasil”; Serebrisky, Suárez—Aleman, y Rivas, 2019, “Stylized Urban Transportation Facts in Latin America and the Caribbean”; Guerra et al., 2018, “Urban Form, Transit Supply, and Travel Behavior in Latin America: Evidence from México’s 100 Largest Urban Areas”.
- 225 Hurtubia, Waintrub y Raveau, 2024, “Encuesta de Movilidad de Santiago 2024”.
- 226 Rivas y Serebrisky, 2021, “The Role of Active Transport Modes in Enhancing the Mobility of Low—Income People in Latin America and the Caribbean”.
- 227 Tiznado—Aitken et al., 2023, “Unequal Periurban Mobility: Travel Patterns, Modal Choices and Urban Core Dependence in Latin America”; Thomas, Guzmán y Demoraes, 2024, “How Do We Move in Latin American Cities Today? Modal Share versus PKT as Sustainable Urban Mobility Demand Indicators: A Comparison of Bogotá and Lima”; Imepan, 2024, “Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable Del Área Metropolitana de Guadalajara (PIMUS)”.
- 228 Mobilize Brasil, 2022, “Estudo Mobilize 2022: Mobilidade Urbana Em Dados e Nas Ruas Do Brasil”.
- 229 Banco Mundial, de próxima publicación, “Effects of Rising Temperatures Due to Climate Change on Transportation Infrastructure and Services: A Comprehensive Review”.
- 230 Mulholland, E. y L. Feyen. 2021. “Aumento del riesgo de calor extremo para las carreteras y ferrocarriles europeos con el calentamiento global”. *Gestión de riesgos climáticos* 34 (enero): 100365. doi:10.1016/j.crm.2021.100365.
- 231 Lima, O. et al. 2023. “Mitigación de los efectos de isla de calor urbano mediante pavimento asfáltico termocrómico”. *Coatings* 13 (1): 35. doi:10.3390/coatings13010035.
- 232 Santamouris, M. 2013. “Using Cool Pavements as a Mitigation Strategy to Fight Urban Heat Island—A Review of the Actual Developments”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 26 (octubre): 224–40. doi:10.1016/j.rser.2013.05.047.
- 233 Schneider, F.A. et al. 2023. “Orientación basada en pruebas sobre pavimentos reflectantes para la mitigación del calor urbano en Arizona”. *Nature Communications* 14 (1): 1467. doi:10.1038/s41467-023-36972-5.
- 234 Schneider et al, 2023.
- 235 Anupam, B.R. et al. 2021. “Tecnologías emergentes en pavimentos fríos: A Review”. *Construcción y Materiales de Construcción* 299 (septiembre): 123892. doi:10.1016/j.conbuildmat.2021.123892.

- 236 Véase, por ejemplo: Gutiérrez, E.C., Á.A. Rodríguez, y J.J. Jaramillo. 2017. "Pavimentos permeables: Una aproximación convergente en la construcción de vialidades urbanas y en la preservación del recurso agua." *Ciencia Ergo Sum* 24 (2): 173–80.
- Ribeiro Aguilar, L.E. 2020. "Pavimentos Permeables: Importância Contra Inundações Urbanas". *Engenharia* 360, 21 de abril.
<https://engenharia360.com/pavimentos—permeaveis—reduz—inundacoes/>.
- Senior—Arrieta, V. y C. Graciano. 2021. "Una revisión del diseño, construcción y desempeño de mezclas asfálticas permeables en países lluviosos: Caso de Colombia". *Revista Internacional de Investigación y Tecnología de Pavimentos* 14 (3): 334–47. doi:10.1007/s42947—020—0023—2.
- 237 CDRI. 2024. "Comunidad de Prácticas para la Gestión del Calor Extremo en los Sistemas de Transporte Público: Documento de orientación". Nueva Delhi: Coalition for Disaster Resilient Infrastructure. https://cdri.world/upload/pages/1821228512444503_202501141247guidelines_extreme_heat_management_transit_systems.pdf.
- 238 Sagaris, L. e I. Tiznado—Aitken. 2020. "Transporte sustentable y equidad de género: reflexiones desde Santiago de Chile". En *Movilidad urbana y equidad social en América Latina: Evidence, Concepts, Methods*, editado por D. Oviedo, N. Villamizar Duarte y A.M. Ardila Pinto, 12:103—34. Emerald Publishing Limited. Emerald Publishing Limited. doi:10.1108/S2044—99412020000012009.
- Véase también: Herrmann—Lunecke, M.G., Mora ,Rodrigo, y L. y Sagaris. 2020. "Persistencia del Caminar en Chile: Lecciones para la Sostenibilidad Urbana". *Transport Reviews* 40 (2): 135–59. doi:10.1080/01441647.2020.1712494.
- 239 Mobilize Brasil, 2022, "Estudo Mobilize 2022: Mobilidade Urbana Em Dados e Nas Ruas Do Brasil".
- 240 Movilizar Brasil, 2022.
- 241 Ciudades C40. 2020. "Reducir el impacto del cambio climático en los desplazamientos a pie y en bicicleta". Policy brief. Enero. https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Reducing—climate—change—impacts—on—walking—and—cycling?language=en_US.
- 242 Véase <https://buenosaires.gob.ar/adaptacion/red—de—refugios—climaticos—de—la—ciudad—de—buenos—aires>.
- 243 Suministros QS. 2023. "¿Qué países y ciudades tienen más fuentes de agua?". 18 de julio.
<https://www.qssupplies.co.uk/countries—and—cities—have—the—most—water—fountains.html>.
- 244 Phurisamban, R. y P. Gleick. 2017. "Fuentes de agua potable y salud pública: Mejorando la Infraestructura Nacional del Agua para Reconstruir la Confianza y Garantizar el Acceso." Oakland, CA: Pacific Institute. <https://pacinst.org/publication/drinking—fountains—public—health—improving—national—water—infrastructure—rebuild—trust—ensure—access/>.

SECCIÓN 4

- 245 Ebi, K.L. et al. 2021. "Tiempo caluroso y extremos de calor: Riesgos para la salud". *The Lancet* 398 (10301): 698–708. doi:10.1016/S0140—6736(21)01208—3.
- Véase también OMS. 2024. "Calor y salud". Hoja informativa de la Organización Mundial de la Salud. 28 de mayo.
<https://www.who.int/news—room/fact—sheets/detail/climate—change—heat—and—health>.
- 246 Ebi et al., 2021, "Hot Weather and Heat Extremes: Riesgos para la salud".
- 247 Stafoggia, M. et al. 2023. "Efecto conjunto del calor y la contaminación atmosférica sobre la mortalidad en 620 ciudades de 36 países". *Environment International* 181 (noviembre): 108258. doi:10.1016/j.envint.2023.108258.
- 248 Caminade, C., K.M. McIntyre y A.E. Jones. 2019. "Impacto del cambio climático reciente y futuro en las enfermedades transmitidas por vectores". *Anales de la Academia de Ciencias de Nueva York* 1436 (1): 157–73. doi:10.1111/nyas.13950.

- 249 Banco Mundial. 2024. “El coste de la inacción: Quantifying the Impact of Climate Change on Health in Low— and Middle—Income Countries”. Washington, DC: Banco Mundial.
<https://hdl.handle.net/10986/42419>.
- El estudio abarcó países de ingresos bajos y medios con una población de más de 10 millones de habitantes, que en América Latina y el Caribe incluyen Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guatemala, Honduras, México, Perú, República Dominicana y Venezuela. El análisis se centró en los impactos sobre la salud humana del dengue, la diarrea, el calor extremo, la malaria y el retraso del crecimiento infantil en particular.
- 250 CEPAL, 2022, “Envejecimiento en América Latina y el Caribe: inclusión y derechos de las personas mayores”.
- 251 Beker, B.M. et al. 2018. “Fisiología humana en calor y frío extremos”. *Archivos Internacionales de Fisiología Clínica* 1 (1). doi:10.23937/iacph—2017/1710001.
- 252 Ebi et al., 2021, “Hot Weather and Heat Extremes: Riesgos para la salud”.
- 253 Ebi et al, 2021.
- 254 Ebi et al, 2021.
- 255 Véase, por ejemplo: García—León, D. et al. 2024. “Temperature—Related Mortality Burden and Projected Change in 1368 European Regions: A Modelling Study”. *The Lancet Public Health* 9 (9): e644—53. doi:10.1016/S2468—2667(24)00179—8.
- CDC. 2022. “QuickStats: Distribución porcentual de muertes relacionadas con el calor, por grupo de edad — Sistema Nacional de Estadísticas Vitales, Estados Unidos, 2018—2020.” *Morbidity and Mortality Weekly Report* 71 (808). doi:10.15585/mmwr.mm7124a6.
- Chesini, F. et al. 2022. “Riesgo de mortalidad durante las olas de calor del verano 2013—2014 en 18 provincias de Argentina: Estudio ecológico”. *Ciência & Saúde Coletiva* 27 (mayo): 2071—86. doi:10.1590/1413—81232022275.07502021.
- Geirinhas, J.L. et al. 2020. “Mortalidad relacionada con el calor a principios del siglo XXI en Río de Janeiro, Brasil”. *Revista Internacional de Biometeorología* 64 (8): 1319—32. doi:10.1007/s00484—020—01908—x.
- 256 Cramer, M.N. et al. 2022. “Regulación de la temperatura humana bajo estrés térmico en salud, enfermedad y lesión”. *Physiological Reviews* 102 (4): 1907—89. doi:10.1152/physrev.00047.2021.
- 257 Ebi et al., 2021, “Hot Weather and Heat Extremes: Riesgos para la salud”.
- 258 Para una visión general de algunas de las publicaciones clave, véase: Bonell, A. et al. 2024. “An Expert Review of Environmental Heat Exposure and Stillbirth in the Face of Climate Change: Implicaciones clínicas y cuestiones prioritarias”. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology* 131 (5): 623—31. doi:10.1111/1471—0528.17622.
- Baharav, Y. et al. 2023. “The Impact of Extreme Heat Exposure on Pregnant People and Neonates: A State of the Science Review”. *Journal of Midwifery & Women’s Health* 68 (3): 324—32. doi:10.1111/jmwh.13502.
- Konkel, L. 2019. “Tomando el calor: Efectos potenciales para la salud fetal de las temperaturas cálidas”. *Perspectivas de salud ambiental* 127 (10): 102002. doi:10.1289/EHP6221.
- 259 Bakhtsiyarava, M. et al. 2022. “Temperatura ambiental y peso al nacer a término en ciudades latinoamericanas”. *Environment International* 167 (septiembre): 107412. doi:10.1016/j.envint.2022.107412.
- 260 Kim, J., A. Lee, y M. Rossin—Slater. 2021. “What to Expect When It Gets Hotter: The Impacts of Prenatal Exposure to Extreme Temperature on Maternal Health”. *Revista Americana de Economía de la Salud* 7 (3): 281—305. doi:10.1086/714359.
- Beltrán, A.J., J. Wu y O. Laurent. 2014. “Asociaciones de la Meteorología con Resultados Adversos del Embarazo: Una revisión sistemática de la preeclampsia, el parto prematuro y el peso al nacer”. *Revista Internacional de Investigación Ambiental y Salud Pública* 11 (1): 91—172. doi:10.3390/ijerph110100091.
- 261 Vecellio, D.J. et al. 2022. “Evaluación del umbral de adaptabilidad a la temperatura de globo y bulbo húmedo de 35°C para sujetos jóvenes y sanos (PSU HEAT Project)”. *Revista de Fisiología Aplicada* 132 (2): 340—45. doi:10.1152/jappphysiol.00738.2021.
- 262 Flouris, A.D. et al. 2018. “Salud y productividad de los trabajadores bajo tensión térmica ocupacional: Una revisión sistemática y metaanálisis”. *The Lancet Planetary Health* 2 (12): e521—31. doi:10.1016/S2542—5196(18)30237—7.

- 263 El WBGT es la medida del calor más ampliamente aceptada para determinar si las personas corren riesgo de estrés térmico. Tiene en cuenta la temperatura ambiente, la humedad relativa, el flujo de aire y la insolación. Para una explicación sencilla de cómo se mide, véase: <https://nicholasinstitute.duke.edu/project/heat-policy-innovation-hub/what-is-wet-bulb-globe-temperature-wbgt>. Véase también el recuadro 1.1 de la sección 1
- 264 Véase, por ejemplo: Powder, J. 2024. “Extreme Heat Hazards”. *Revista Hopkins Bloomberg Public Health*, 8 de julio. <https://magazine.publichealth.jhu.edu/2024/extreme-heat-hazards>.
- 265 Véase <https://www.thelancet.com/countdown-health-climate>.
- 266 Romanello, M. et al. 2024. “Informe 2024 de la Cuenta atrás de The Lancet sobre salud y cambio climático: Afrontar amenazas sin precedentes por el retraso en la acción”. *The Lancet* 404 (10465): 1847–96. doi:10.1016/S0140-6736(24)01822-1.
Véase el cuadro 9 del apéndice complementario.
- 267 UNDRR y OCHA. 2023. “Panorama de los Desastres en América Latina y el Caribe 2000–2022”. Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción de Desastres y Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas. <https://www.undrr.org/publication/overview-disasters-latin-america-and-caribbean-2000-2022>.
Hay que tener en cuenta que no se trata de una comparación perfecta; Romanello et al., 2024, miden el “exceso de muertes” —es decir, hasta qué punto se produjeron más muertes en un periodo determinado de las que cabría esperar—, mientras que los datos de mortalidad por catástrofes corresponden a sucesos concretos. A escala mundial, el exceso de mortalidad por causas relacionadas con el calor es ligeramente superior al total de muertes por trastornos de salud mental y abuso de sustancias en 2021, o aproximadamente un tercio superior a la mortalidad por leucemia. Véase:
OMS. 2024. “Estimaciones Sanitarias Mundiales 2021: Defunciones por causa, edad, sexo, por país y por región, 2000–2021”. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/data/gho/data/themes/mortality-and-global-health-estimates/qhe-leading-causes-of-death>.
- 268 Hartinger, S.M. et al. 2024. “Informe de América Latina 2023 de la Cuenta Regresiva de The Lancet sobre Salud y Cambio Climático: El imperativo de un desarrollo resiliente al clima centrado en la salud”. *The Lancet Regional Health — Americas* 33 (mayo). doi:10.1016/j.lana.2024.100746.
- 269 Hartinger et al, 2024.
- 270 Romanello et al., 2024, “The 2024 Report of the Lancet Countdown on Health and Climate Change: Facing Record-Breaking Threats from Delayed Action”. Una ola de calor se define como un periodo de al menos dos días en el que tanto la temperatura mínima diaria como la máxima superan el percentil 95 del clima de la región en 1986–2005 (una definición similar, aunque no idéntica, a la utilizada en la sección 1; véase el recuadro 1.1). Las estimaciones se refieren a la exposición a olas de calor de lactantes y personas mayores de 65 años.
- 271 Hartinger et al., 2024, “The 2023 Latin America Report of the Lancet Countdown on Health and Climate Change: El Imperativo de un Desarrollo Resiliente al Clima Centrado en la Salud”.
- 272 Hartinger et al, 2024.
- 273 Zhao, Q. et al. 2021. “Carga de mortalidad mundial, regional y nacional asociada a temperaturas ambientales no óptimas de 2000 a 2019: un estudio de modelización en tres etapas”. *The Lancet Planetary Health* 5 (7): e415–25. doi:10.1016/S2542-5196(21)00081-4.
- 274 Zhao, Q. et al. 2024. “Global, Regional, and National Burden of Heatwave-Related Mortality from 1990 to 2019: A Three-Stage Modelling Study”. *PLOS Medicine* 21 (5): e1004364. doi:10.1371/journal.pmed.1004364.
- 275 Kephart et al., 2022, “City-Level Impact of Extreme Temperatures and Mortality in Latin America”.

- 276 El estudio mundial mencionado anteriormente halló que el 8,52% de las muertes eran atribuibles al frío, incluido el 4,71% en las ciudades latinoamericanas, una diferencia que refleja los climas relativamente suaves de la región, en comparación con Europa, Norteamérica y Asia Oriental. Véase Zhao et al., 2021, “Global, Regional, and National Burden of Mortality Associated with Non—Optimal Ambient Temperatures from 2000 to 2019: A Three—Stage Modelling Study”.
- Otro estudio, centrado en 66 ciudades de 13 países de América Central y del Sur, descubrió que, mientras que en las ciudades de clima tropical sólo el 1,71% de las muertes eran atribuibles al frío, en las de clima árido y templado los porcentajes eran mucho mayores: 5,1 y 5,29%, respectivamente. Las ciudades de Argentina, Chile y Uruguay registraron con diferencia los mayores porcentajes de mortalidad relacionada con el frío. Véase: Tobías, A. et al. 2024. “Carga de mortalidad y pérdidas económicas atribuibles al frío y al calor en América Central y del Sur”. *Environmental Epidemiology* 8 (6): e335. doi:10.1097/EE9.0000000000000335.
- 277 Kephart et al., 2022, “City—Level Impact of Extreme Temperatures and Mortality in Latin America”.
- 278 Kephart et al., 2022.
- 279 Pinto, I. et al. 2024. “El calor extremo que mata a más de 100 personas en México es más caliente y mucho más probable debido al cambio climático”. World Weather Attribution report. doi:10.25561/112370.
- World Weather Attribution es un equipo internacional de científicos que trabaja para cuantificar cómo influye el cambio climático en la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos. Véase <https://www.worldweatherattribution.org/about/>.
- 280 Secretaría de Salud. 2024. “Temperaturas Naturales Extremas (Temporada de Calor 2024)”. Semana epidemiológica 40. México, D.F: Dirección General de Epidemiología. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/952997/TNE_2024_SE_40.pdf.
- 281 Gasparrini, A. et al. 2017. “Proyecciones del exceso de mortalidad relacionado con la temperatura bajo escenarios de cambio climático”. *The Lancet Planetary Health* 1 (9): e360—67. doi:10.1016/S2542—5196(17)30156—0.
- Véase también: Lee, W. et al. 2020. “Projections of Excess Mortality Related to Diurnal Temperature Range under Climate Change Scenarios: A Multi—Country Modelling Study”. *The Lancet Planetary Health* 4 (11): e512—21. doi:10.1016/S2542—5196(20)30222—9.
- Para un análisis detallado de las ciudades europeas, véase: Masselot, P. et al. 2025. “Estimating Future Heat—Related and Cold—Related Mortality under Climate Change, Demographic and Adaptation Scenarios in 854 European Cities”. *Nature Medicine*, enero, 1—9. doi:10.1038/s41591—024—03452—2.
- 282 Véase el apéndice complementario de Gasparrini et al., 2017, “Projections of Temperature—Related Excess Mortality under Climate Change Scenarios”.
- 283 Romanello et al., 2024, “The 2024 Report of the Lancet Countdown on Health and Climate Change: Afrontar amenazas sin precedentes por el retraso en la acción”.
- 284 Hartinger et al., 2024, “The 2023 Latin America Report of the Lancet Countdown on Health and Climate Change: El Imperativo de un Desarrollo Resiliente al Clima Centrado en la Salud”.
- 285 Haider, N. et al. 2024. “Hito mundial: 2023 marca el peor año de casos de dengue con millones de infectados y miles de muertes registradas”. *IJID Regions* 13 (diciembre): 100459. doi:10.1016/j.ijregi.2024.100459.
- 286 Véase https://worldhealthorg.shinyapps.io/dengue_global/.
- Véase también: OPS. 2024. “Actualización epidemiológica: Aumento de casos de dengue en la Región de las Américas”. Washington, DC: Organización Panamericana de la Salud. <https://www.paho.org/en/documents/epidemiological—update—increase—dengue—cases—region—americas—18—june—2024>.
- 287 Gubler, D. 2012. “Dengue, urbanización y globalización: La impía trinidad del siglo XXI”. *International Journal of Infectious Diseases* 16 (junio): e2. doi:10.1016/j.ijid.2012.05.009.
- 288 Hartinger et al., 2024, “The 2023 Latin America Report of the Lancet Countdown on Health and Climate Change: El Imperativo de un Desarrollo Resiliente al Clima Centrado en la Salud”.
- 289 Véase <https://www.paho.org/en/topics/dengue#info>.
- 290 Piarroux, R., S. Moore y S. Rebaudet. 2022. “El cólera en Haití”. *La Presse Médicale*, Historia de las pandemias modernas, 51 (3): 104136. doi:10.1016/j.lpm.2022.104136.
- 291 Banco Mundial. 2024. “Evaluación de la vulnerabilidad climática y sanitaria de Colombia, 2024”. Washington, DC: Banco Mundial. <https://hdl.handle.net/10986/41249>.

- 292 Guo, Y. et al. 2018. "Cuantificación del exceso de muertes relacionadas con olas de calor bajo escenarios de cambio climático: Un Estudio de Modelización de Series Temporales de Varios Países". *PLOS Medicine* 15 (7): e1002629. doi:10.1371/journal.pmed.1002629.
- 293 Véase la Tabla suplementaria C en Guo et al., 2018.
- 294 Véanse los datos de la OMS sobre muertes atribuibles a la contaminación atmosférica: <https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator—details/GHO/ambient—air—pollution—attributable—deaths>.
- 295 Hartinger et al., 2024, "The 2023 Latin America Report of the Lancet Countdown on Health and Climate Change: El Imperativo de un Desarrollo Resiliente al Clima Centrado en la Salud".
- 296 Gouveia, N. et al. 2021. "Material particulado fino ambiental en ciudades latinoamericanas: Niveles, Exposición de la Población y Factores Urbanos Asociados". *La Ciencia del Medio Ambiente Total* 772 (junio): 145035. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.145035.
- 297 Pausas, J.G. y J.E. Keeley. 2021. "Incendios forestales y cambio global". *Fronteras en Ecología y Medio Ambiente* 19 (7): 387—95. doi:10.1002/fee.2359.
- 298 Copérnico. 2024. "El Servicio de Gestión de Emergencias de Copernicus vigila los incendios forestales en Centroamérica". Boletín Informativo 172. 26 de junio. <http://emergency.copernicus.eu/mapping/ems/information—bulletin—172—copernicus—emergency—management—service—monitors—wildfires—central>.
- NASA. 2024. "Incendios y humo sobre Honduras y países circundantes". Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio. EarthData, 23 de mayo. <https://www.earthdata.nasa.gov/news/worldview—image—archive/fires—smoke—over—honduras—surrounding—countries>.
- 299 Spring, J. y S. Eschenbacher. 2024. "Sudamérica supera récord de incendios". Reuters, 13 de septiembre. <https://www.reuters.com/world/americas/continent—ablaze—south—america—surpasses—record—fires—2024—09—12/>.
- 300 Cárdenas, B., S. Akhtar, y B. Elliott. 2024. "Qué ocurre cuando el calor extremo y la contaminación atmosférica chocan". Instituto de Recursos Mundiales. *Insights* (blog), 10 de septiembre. <https://www.wri.org/insights/extreme—heat—air—pollution>.
- 301 Requia, W.J. et al. 2021. "Impactos en la salud de la contaminación del aire relacionada con incendios forestales en Brasil: Un estudio a nivel nacional de más de 2 millones de ingresos hospitalarios entre 2008 y 2018". *Nature Communications* 12 (1): 6555. doi:10.1038/s41467—021—26822—7.
- 302 Véase <https://www.epa.gov/ground—level—ozone—pollution/health—effects—ozone—pollution>.
- 303 Cárdenas, Akhtar y Elliott, 2024, "What Happens When Extreme Heat and Air Pollution Collide".
- 304 Stafoggia et al., 2023, "Joint Effect of Heat and Air Pollution on Mortality in 620 Cities of 36 Countries".
- 305 Hartinger et al., 2024, "The 2023 Latin America Report of the Lancet Countdown on Health and Climate Change: El Imperativo de un Desarrollo Resiliente al Cambio Climático Centrado en la Salud".
- 306 Yglesias—González, M., A. Díaz, y W. Dunbar. 2024. "Subiendo la temperatura de la salud pública: Adaptación a temperaturas extremas en América Latina y el Caribe". *PLOS Climate* 3 (7): e0000446. doi:10.1371/journal.pclm.0000446.
- 307 Véase <https://veranovigilante.com/acerca—de/>.
- 308 UNICEF. 2022. "El año más frío del resto de sus vidas". Nueva York: Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. <https://www.unicef.org/reports/coldest—year—rest—of—their—lives—children—heatwaves>.
- 309 UNICEF, 2022.
- 310 Sabarwal, S. et al. 2024. "Elegir nuestro futuro: Educación para la Acción Climática". Washington, DC: Banco Mundial. <https://hdl.handle.net/10986/42098>.
- 311 UNICEF. 2023. "Las olas de calor, agravadas por el cambio climático, afectan la garantía del derecho a la educación de la niñez y adolescencia en México". Comunicado de prensa del Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. 22 de junio. <https://www.unicef.org/México/comunicados—prensa/las—olas—de—calor—agravadas—por—el—cambio—clim%C3%A1tico—afectan—la—garant%C3%ADa—del>.
- 312 Zainos, D. 2024. "¿Qué Estados de México Cambiarán Su Horario Escolar Por Ola de Calor?". *Milenio*, 19 de abril. <https://www.milenio.com/estados/sep—escuelas—cambian—horario—ola—calor>.
- 313 Pérez, J. 2024. "Reportan 12 casos de golpe de calor en alumnos del nivel básico". *El Heraldo de Tabasco*, 16 de mayo. <https://www.elheraldodetabasco.com.mx/local/cuantos—casos—de—golpes—de—calor—hay—en—alumnos—de—tabasco—11929891.html>.

- 314 Estado de Chihuahua. 2024. "Solicita Chihuahua a SEP Ajustar El Calendario Escolar Por Onda de Calor". Comunicado de prensa. 27 de mayo. <https://www.chihuahua.gob.mx/prensa/solicita-chihuahua-sep-ajustar-el-calendario-escolar-por-onda-de-calor>.
- 315 Valeriano, J. 2024. "El calor golpea a niños y docentes; Educación sugiere volver a clases virtuales". *El Herald*, 13 de marzo, sec. Tegucigalpa. <https://www.elheraldo.hn/tegucigalpa/calor-honduras-golpea-ninos-estudiantes-docentes-sugiere-regresar-clases-virtuales-MM18149577>.
- 316 El Espectador. 2024. "Secretaría de Educación suspende clases por riesgo de contaminación y calor". 7 de mayo. <https://elespectador.hn/single.php?id=41581>.
- 317 Suárez, M. 2023. "Golpes de calor en aulas sin ventilación: Así iniciaron el curso de adaptación los estudiantes de CABA". *Tiempo Argentino*, 13 de febrero. <https://www.tiempoar.com.ar/informacion-general/golpes-de-calor-en-aulas-sin-ventilacion-asi-iniciaron-el-curso-de-adaptacion-los-estudiantes-de-caba/>.
- 318 Suárez, M. 2023. "Denuncian que en medio de la ola de calor más de 450 escuelas porteñas tienen problemas de ventilación". *Tiempo Argentino*, 2 de marzo. <https://www.tiempoar.com.ar/informacion-general/denuncian-que-en-medio-de-la-ola-de-calor-mas-de-450-escuelas-portenas-tienen-problemas-de-ventilacion/>.
- 319 La Gaceta. 2024. "ATEP pidió la suspensión de las clases por el calor, los cortes de luz y la falta de agua". 14 de marzo. <https://www.lagaceta.com.ar/nota/1027458/politica/atep-pidio-suspension-clases-calor-cortes-luz-falta-agua.html>.
- 320 Herrera Delgans, L. 2023. "Atlántico: solo tres horas de clases reciben estudiantes de colegio por ola de calor". *El Tiempo*, 16 de mayo, sec. Barranquilla. <https://www.eltiempo.com/colombia/barranquilla/atlantico-por-ola-de-calor-colegio-solo-da-tres-horas-de-clases-768833>.
- 321 Solar Silva, D. 2024. "Ola de calor en Piura: Colegio de Profesores pide postergar clases hasta abril". infobae, 17 de febrero. <https://www.infobae.com/Perú/2024/02/17/ola-de-calor-en-piura-colegio-de-profesores-pide-postergar-clases-escolares-hasta-abril/>.
- 322 Gómez, D. 2024. "Denuncian apagones y excesivo calor en escuelas del sector La Ureña amenazan aprendizaje de estudiantes". *Panorama*, 27 de septiembre. <https://panorama.com.do/denuncian-apagones-y-excesivo-calor-en-escuelas-del-sector-la-urena-amenazan-aprendizaje-de-estudiantes/>.
- 323 Porras—Salazar, J.A. et al. 2018. "Reducir la temperatura del aula en un clima tropical mejoró el confort térmico y el rendimiento de los alumnos de primaria". *Indoor Air* 28 (6): 892–904. doi:10.1111/ina.12501.
- 324 Venegas Marin, S., L. Schwarz, y S. Sabarwal. 2024. "Impacts of Extreme Weather Events on Education Outcomes: A Review of Evidence". *The World Bank Research Observer* 39 (2): 177–226. doi:10.1093/wbro/lkae001.
- 325 Park, R.J., A.P. Behrer y J. Goodman. 2021. "El aprendizaje se ve inhibido por la exposición al calor, tanto a nivel internacional como en Estados Unidos". *Nature Human Behaviour* 5 (1): 19–27. doi:10.1038/s41562-020-00959-9.
- 326 Martínez, J.M., V. Zuluaga y A. Buritica. 2024. "Sudando Balas: Heat, High—Stakes Evaluations, and the Role of Incentives". SSRN Scholarly Paper. Social Science Research Network. doi:10.2139/ssrn.4700703.
- 327 Schady, N. et al. de próxima publicación. "Calor y aprendizaje: Cómo la exposición al calor extremo afecta al aprendizaje en Brasil".
- 328 Costa, F. y D. Goldemberg. 2024. "¿Demasiado calor para aprender? Evidence from High School Dropouts in Brasil". OSF Preprints apu6j. Centro para la Ciencia Abierta. <https://osf.io/apu6j/download/?format=pdf>.
- 329 Melo, A.P. y M. Suzuki. 2021. "Temperature, Effort, and Achievement: Evidence from a Large—Scale Standardized Exam in Brasil". Manuscrito inédito. https://mizuhirosuzuki.github.io/assets/pdf/exam_Brasil_paper.pdf.
- 330 Kaffenberger, M. 2021. "Modelling the Long—Run Learning Impact of the Covid—19 Learning Shock: Actions to (More than) Mitigate Loss". *Revista Internacional de Desarrollo Educativo* 81 (marzo): 102326. doi:10.1016/j.ijedudev.2020.102326.
- 331 UNICEF, 2022, "El año más frío del resto de sus vidas". En Argentina, se estima que el 49% de los niños se enfrentaban a olas de calor de alta frecuencia en 2020; en El Salvador, el 64%; en Honduras, el 69%; y en México, el 70%.

- 332 Sabarwal et al., 2024, “Elegir nuestro futuro: Educación para la Acción Climática”.
- 333 Sabarwal et al., 2024.
- 334 Sabarwalet al., 2024.
- 335 Banco Mundial. 2024. “Construyendo escuelas inclusivas y resilientes en Honduras”. Reportaje. 29 de abril. <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2024/04/29/building—inclusive—and—resilient—schools—in—honduras>. Véase también <https://projects.worldbank.org/en/projects—operations/project—detail/P175977>.
- 336 UNICEF, 2022, “El año más frío del resto de sus vidas”.
- 337 Sabarwal et al., 2024, “Elegir nuestro futuro: Educación para la Acción Climática”.
- 338 Romanello et al., 2024, “The 2024 Report of the Lancet Countdown on Health and Climate Change: Facing Record—Breaking Threats from Delayed Action”. Véanse las tablas y figuras suplementarias.
- 339 Romanello et al, 2024.
- 340 Véase la Tabla 1 en Flouris, A. et al. 2024. “Heat at Work: Implications for Safety and Health. A Global Review of the Science, Policy and Practice”. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo. <https://www.ilo.org/publications/heat—work—implications—safety—and—health>. La tasa metabólica asociada a estar sentado en un escritorio se estima en 100—125 W, mientras que caminar normalmente y levantar objetos con moderación (por ejemplo, en un trabajo de venta al por menor o en un restaurante) se estima en 235—360 W. Levantar objetos pesados y otras tareas habituales en la construcción se asocian con una tasa metabólica de unos 360—465 W, y el trabajo de recoger y palear, con tasas aún mayores.
- 341 Flouris et al, 2024.
- 342 Flouris et al, 2024. Véase también OIT. 2024. “Garantizar la seguridad y la salud en el trabajo en un clima cambiante”. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo. <https://www.ilo.org/publications/ensuring—safety—and—health—work—changing—climate>.
- 343 Estos mismos riesgos se aplican al gran número de mujeres de América Latina y el Caribe que realizan trabajo físico en el hogar, sin remuneración. Sólo el 53,5% de las mujeres de la región eran activas en el mercado laboral en 2022, pero entre las que no lo eran, el 56,3% dijo dedicarse exclusivamente al trabajo doméstico y de cuidados no remunerado. Véase CEPAL. 2024. “Panorama Social de América Latina y el Caribe, 2024: Los desafíos de la protección social no contributiva para avanzar hacia un desarrollo social inclusivo”. LC/PUB.2024/21—P. Washington, DC: Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/en/publications/80859—social—panorama—latin—america—and—caribbean—2024—challenges—non—contributory>.
- 344 UN DESA. 2024. “Población Migrante Internacional 2024”. Nueva York: Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, División de Población. <https://www.un.org/development/desa/pd/content/international—migrant—stock>.
- 345 Flouris et al., 2024, “Heat at Work: Implications for Safety and Health. A Global Review of the Science, Policy and Practice”; OIT, 2024, “Garantizar la seguridad y la salud en el trabajo en un clima cambiante”.
- 346 CEPAL, 2024, “Panorama Social de América Latina y el Caribe, 2024: Los desafíos de la protección social no contributiva para avanzar hacia un desarrollo social inclusivo.”
- 347 Véanse los datos de ILOSTAT para la tasa de empleo informal por sexo y zonas rurales/urbanas (%) — Trimestral: https://rshiny.ilo.org/dataexplorer38/?lang=en&id=EMP_NIFL_SEX_GEO_RT_Q. Todos los datos citados corresponden al primer trimestre de 2024.
- 348 OIT, 2024, “Garantizar la seguridad y la salud en el trabajo en un clima cambiante”.
- 349 Flouris et al., 2024, “Heat at Work: Implications for Safety and Health. A Global Review of the Science, Policy and Practice”.
- 350 Flouris et al, 2024.
- 351 Romanello et al., 2024, “The 2024 Report of the Lancet Countdown on Health and Climate Change: Afrontar amenazas sin precedentes por el retraso en la acción”.
- 352 Hartinger et al., 2024, “The 2023 Latin America Report of the Lancet Countdown on Health and Climate Change: El Imperativo de un Desarrollo Resiliente al Clima Centrado en la Salud”.
- 353 Hartinger et al, 2024.

- 354 En 2019, por ejemplo, el 77% de la población de las Américas tenía cobertura de salud, pero un tercio de las personas enfrentaba obstáculos para acceder a la atención. Véase OPS. 2022. “Avanzando hacia la salud universal en América Latina y el Caribe: lecciones de la pandemia COVID—19”. Organización Panamericana de la Salud. Diciembre. <https://www.paho.org/en/stories/advancing—towards—universal—health—latin—america—and—caribbean—lessons—covid—19—pandemic>.
- Como se discutió en la Sección 1, la protección social en la región también está lejos de ser universal. Por ejemplo, en 2022, el 50,2 por ciento de los hogares del quintil de menores ingresos accedía a la protección social a través de programas no contributivos, pero el 36,5 por ciento carecía de acceso a dichos programas. Véase CEPAL, 2024, “Panorama social de América Latina y el Caribe, 2024: Los desafíos de la protección social no contributiva para avanzar hacia un desarrollo social inclusivo .
- 355 Dias, S.M. et al. 2023. “Impactos del cambio climático y estrategias de adaptación: Experiencias de los recicladores de Brasil”. Policy brief. Women in Informal Employment: Globalizing and Organizing. <https://www.wiego.org/blog/climate—research—climate—action—climate—change—mapping—impacts—Brazilian—waste—pickers/>.
- 356 McLean, D. 2024. “Jamaican Higglers Feeling the Heat”. *Loop News Jamaica*, 29 de mayo. <https://jamaica.loopnews.com/content/jamaican—higglers—feeling—heat>.
- 357 DW. 2024. “Trabajo y Calor En Ciudad de México: ‘Aquí Uno Se Asfixia’”. 19 de junio. <https://www.dw.com/es/trabajar—con—calor—extremo—en—ciudad—de—m%C3%A9xico—aqu%C3%AD—uno—se—asfixia/a—69416682>.
- 358 Rincón, 2024, “Calor Extremo Amenaza Subsistencia de Trabajadores Informales En Maracaibo”.
- 359 INEGI. 2024. “Producto Interno Bruto Por Entidad Federativa (PIBE) 2023, Preliminar”. Comunicado de prensa 741/24. México, D.F: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2024/PIBEF/PIBEF2023.pdf>.
- 360 Véanse los datos del PIB 2021, por unidad federativa, del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE): <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas—nacionais/9088—produto—interno—bruto—dos—municipios.html> [consultado el 8 de enero de 2025].
- 361 Radiomundo 1170am. 2020. “Análisis Económico: ¿Cuáles Son Los Departamentos Que Aportan Más al PIB Nacional?”. En *Perspectiva*, 30 de enero. <https://enperspectiva.uy/en—perspectiva—programa/analisis—exante/analisis—economico—cuales—los—departamentos—aportan—mas—al—pib—nacional/>.
- 362 MEPyD. 2023. “Ministerio de Economía publica informe sobre PIB regional en RD durante 2015—2022”. Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo (MEPyD). 20 de septiembre. <https://mepyd.gob.do/ministerio—de—economia—publica—informe—sobre—pib—regional—en—rd—durante—2015—2022/>.
- 363 Véase <https://inversiones.quito—turismo.gob.ec> [consultado el 8 de enero de 2025].
- 364 Cascone, J. et al. 2024. “Anticipando los impactos empresariales de la migración climática”. Centro Deloitte de Investigación Integrada. *WSJ Sustainable Business* (blog), 14 de mayo. <https://deloitte.wsj.com/sustainable—business/anticipating—the—business—impacts—of—climate—migration—950363e0>.
- 365 Orlov, A. et al. 2020. “Economic Costs of Heat—Induced Reductions in Worker Productivity Due to Global Warming”. *Global Environmental Change* 63 (julio): 102087. doi:10.1016/j.gloenvcha.2020.102087.
- Tenga en cuenta que, como se indica en el apartado 4.1, los trabajadores pueden sufrir daños físicos a temperaturas inferiores a dichos umbrales.
- 366 Kjellstrom, T. et al. 2019. “Trabajar en un planeta más cálido: El efecto del estrés térmico en la productividad y el trabajo decente”. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo. http://www.ilo.org/global/publications/books/WCMS_711919/.
- 367 Kjellstrom et al, 2019.
- 368 Roberts, M. et al. 2023. *Unlivable: What the Urban Heat Island Effect Means for East Asia’s Cities*. Washington, DC: Banco Mundial.
- 369 Roberts et al, 2023.
- 370 Burke, M., S.M. Hsiang, y E. Miguel. 2015. “Efecto global no lineal de la temperatura en la producción económica”. *Nature* 527 (7577): 235–39. doi:10.1038/nature15725.

- 371 Estas estimaciones se basan en el modelo descrito en: Estrada, F. y W.J.W. Botzen. 2021. "Impactos económicos y riesgos del cambio climático en caso de fracaso y éxito del Acuerdo de París". *Anales de la Academia de Ciencias de Nueva York* 1504 (1): 95–115. doi:10.1111/nyas.14652. Las cifras proporcionadas aquí se basan en la aplicación de la función de daños que incluye tanto los impactos económicos duraderos del cambio climático como el efecto UHI, en un escenario intermedio (SSP2—4.5) y con una tasa de descuento del 1,5%.
- 372 Argentina, Bahamas, Belice, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guyana, Haití, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Surinam, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela.
- 373 Estrada y Calderón (2024) para ALC, basado en Estrada, F. y O. Calderón Bustamante. 2023. "Impactos económicos del cambio climático en México". Reporte técnico, "Estado y perspectivas del cambio climático en México. Un punto de partida". Ciudad de México: Programa de Investigación en Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México. <https://cambioclimatico.unam.mx/cambio-climatico-en-México-impactos/impactos-socioeconomicos/>.

R
1
2
3
4
5
A

SECCIÓN 5

- 374 Para más consejos sobre la adaptación, véase: Banco Mundial. de próxima publicación. "Handbook on Urban Heat Management". Washington, DC: Banco Mundial.
- 375 Según un análisis del Banco Mundial, para mejorar la resiliencia climática general y fomentar un crecimiento urbano con bajas emisiones de carbono en las ciudades de los países de renta baja y media se necesitarán entre 256 000 y 847 000 millones de dólares al año en inversión pública hasta 2050, lo que equivale al 0,8—2,7% del PIB combinado de esos países. \$Los costes de funcionamiento y mantenimiento podrían añadir otros 500—524.000 millones de dólares al año, o el 1,7% del PIB. Véase: Deuskar, C., Murray, S., Leiva Molano, J., Khan, I., and Maria, A. 2025. "Banking on Cities: Investing in Resilient and Low-Carbon Urbanization". Urban Development Series. Banco Mundial.
- 376 Roberts et al., 2023, *Unlivable: What the Urban Heat Island Effect Means for East Asia's Cities*. Se trata del primero de una serie de informes regionales que también incluye el presente informe.
- 377 Roberts et al, 2023.
- 378 Véase, por ejemplo, Wu, X. et al. 2019. "Investigación de islas de calor urbanas superficiales en América del Sur basadas en datos MODIS de 2003—2016". *Teledetección* 11 (10): 1212. doi:10.3390/rs11101212. Estrada et al., 2020, "Un análisis de la sostenibilidad actual de las ciudades mexicanas y su exposición al cambio climático".
- 379 Yañez—Pagans, P. et al. 2019. "Sistemas de transporte urbano en América Latina y el Caribe: lecciones y desafíos". *Revista de economía latinoamericana* 28 (1): 15. doi:10.1186/s40503—019—0079—z.
- 380 UN DESA, 2018, "Perspectivas de la Urbanización Mundial 2018".
- 381 Libertun de Duren, N.R. 2018. "¿Por qué allí? Razones de los desarrolladores para construir vivienda social en la periferia urbana en América Latina." *Cities* 72 (febrero): 411–20. doi:10.1016/j.cities.2017.10.006.
- 382 Véase, por ejemplo, Mukim y Roberts, 2023, *Thriving : Making Cities Green, Resilient, and Inclusive in a Changing Climate*.
Murillo Delgado, C.J. et al. 2023. "El desarrollo urbano sostenible en América Latina". *Universidad, Ciencia y Tecnología* 27 (119): 116–26. doi:10.47460/uct.v27i119.713.
Sharifi, A. 2021. "Co—Benefits and Synergies between Urban Climate Change Mitigation and Adaptation Measures: A Literature Review". *Science of The Total Environment* 750 (enero): 141642. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.141642.
Becerra, L. 2021. "Ciudades planificadas y sostenibles: un desafío para América Latina y el Caribe". *Bloomberg Línea*, 31 de diciembre.
<https://www.bloomberglinea.com/2021/12/30/ciudades-planificadas-y-sostenibles-un-desafio-para-america-latina-y-el-caribe/>.

- Coalición para las transiciones urbanas. 2019. “Emergencia climática, oportunidad urbana: Cómo los gobiernos nacionales pueden asegurar la prosperidad económica y evitar la catástrofe climática transformando las ciudades.” Washington, DC, y Londres.
<https://urbantransitions.global/en/publication/climate-emergency-urban-opportunity/>.
- 383 Para datos de fuera de América Latina y el Caribe, véase, por ejemplo: Zhou, B., D. Rybski, y J.P. Kropp. 2017. “El papel del tamaño de la ciudad y la forma urbana en la isla de calor urbana superficial”. *Scientific Reports* 7 (1): 4791. doi:10.1038/s41598-017-04242-2.
- Li, Y. et al. 2020. “Sobre la influencia de la densidad y la morfología en la intensidad de la isla de calor urbana”. *Nature Communications* 11 (1): 2647. doi:10.1038/s41467-020-16461-9.
- Li, X., L.C. Stringer y M. Dallimer. 2021. “The Spatial and Temporal Characteristics of Urban Heat Island Intensity: Implications for East Africa’s Urban Development”. *Climate* 9 (4): 51. doi:10.3390/cli9040051.
- Liu, H. et al. 2021. “The Influence of Urban Form on Surface Urban Heat Island and Its Planning Implications: Evidence from 1288 Urban Clusters in China”. *Sustainable Cities and Society* 71 (agosto): 102987. doi:10.1016/j.scs.2021.102987.
- lungman, T. et al. 2024. “The Impact of Urban Configuration Types on Urban Heat Islands, Air Pollution, CO2 Emissions, and Mortality in Europe: A Data Science Approach”. *The Lancet Planetary Health* 8 (7): e489—505. doi:10.1016/S2542-5196(24)00120-7.
- 384 Para un debate en profundidad, véase el capítulo 4 de Mukim y Roberts, 2023, *Thriving: Making Cities Green, Resilient, and Inclusive in a Changing Climate*.
- 385 Pierer, C. y F. Creutzig. 2019. “Las ciudades en forma de estrella alivian el trade-off entre mitigación y adaptación al cambio climático”. *Environmental Research Letters* 14 (8): 085011. doi:10.1088/1748-9326/ab2081.
- 386 Véase https://www.movilidadbogota.gov.co/web/barrios_vitales.
- 387 Banco Mundial. 2021. “Bogotá Low—Carbon Vital Neighborhoods ASA — Estudio de caso: Estrategia de Barrios Vitales de Bogotá”. Washington, DC: World Bank.
<https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099060123135042769/P1778510058dd905808852025216be0f230>.
- 388 Roberts et al., 2023, *Unlivable: What the Urban Heat Island Effect Means for East Asia’s Cities*.
Hong Kong RAE. 2015. “Directrices de diseño urbano”. En *Normas y directrices de planificación de Hong Kong*. Hong Kong: Departamento de Planificación, Gobierno de la Región Administrativa Especial de Hong Kong.
https://www.pland.gov.hk/pland_en/tech_doc/hkpsq/index.html.
- 389 Jamei, E. et al. 2020. “Parámetros de diseño urbano para mitigar el calor en los trópicos”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 134 (diciembre): 110362. doi:10.1016/j.rser.2020.110362.
- Takebayashi, H. y M. Moriyama. 2012. “Relaciones entre las propiedades de un cañón de calle urbano y su entorno radiante: Introducción de Tecnologías Apropriadas de Mitigación de la Isla de Calor Urbana”. *Solar Energy* 86 (9): 2255-62. doi:10.1016/j.solener.2012.04.019.
- 390 Banco Mundial. 2022. “Piloting Nature—Based Urban Cooling Solutions for Urban Regeneration and New Town Development in Guangzhou, China”. Washington, DC: Banco Mundial.
<https://www.esmap.org/node/29563>.
- 391 Akbari, Damon Matthews y Seto, 2012, “The Long—Term Effect of Increasing the Albedo of Urban Areas”.
- 392 Para una descripción detallada con fotografías, véase: Paisajismo Digital. 2019. “Vía Verde: Oxígeno para la CDMX con jardines verticales”. 4 de agosto.
<https://paisajismodigital.com/blog/via-verde-el-proyecto-que-oxigena-la-ciudad-de-México-con-jardines-verticales/>.
- 393 Bakhtsiyarava, Maryia, et al. 2024. “Potenciales impulsores de la disponibilidad de espacios verdes urbanos en ciudades latinoamericanas”. *Nature Cities*: 1—11.
<https://doi.org/10.1038/s44284-024-00162-1>
- 394 Ozment, S. et al. 2021. “Soluciones basadas en la naturaleza en América Latina y el Caribe: Situación regional y prioridades de crecimiento”. *Cities4Forests Issue Brief*. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo e Instituto de Recursos Mundiales. <https://www.wri.org/research/nature-based-solutions-latin-america-and-caribbean-regional-status-and-priorities-growth>.

- 395 Véase <https://cities4forests.com/about/member—cities/>.
- 396 Ray, S. 2019. “Ciudades latinoamericanas suman sus voces a un creciente movimiento para proteger y restaurar los bosques”. Cities4Forests. 28 de junio. <https://cities4forests.com/story/buenos—aires—2019/>.
- 397 Sancho Rodríguez, J. 2021. “Corredores Biológicos de Costa Rica: Estrategia de Conservación Participativa”. *Ambientico*, nº 280 (octubre): 14—17.
Véase también <https://biocorredores.org/biodiver—city—sanjose/programa—nacional—de—corredores—biologicos>.
- 398 Véase https://www.cali.gov.co/infraestructura/publicaciones/111754/corredor_verde/.
- 399 PNUMA. 2021. “Vencer el calor: Manual de refrigeración sostenible para ciudades”. Nairobi: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
<https://www.unep.org/resources/report/beating—heat—sustainable—cooling—handbook—cities>.
- 400 Schinasi, L. et al. 2023. “Verdor y exceso de muertes por calor en 323 ciudades latinoamericanas: ¿Varían las asociaciones según la zona climática o la configuración de los espacios verdes?”. *Environment International* 180: 108230. doi.org/10.1016/j.envint.2023.108230
- 401 Pena, J.C. et al. 2024. “La distribución del arbolado en un paisaje urbano refleja la desigualdad social de las ciudades latinoamericanas”. *Urban Forestry & Urban Greening* 91 (enero): 128156. doi:10.1016/j.ufug.2023.128156.
- 402 Para un ejemplo en América Latina, véase Ruiz, M.A. et al. 2022. “Parque Isla Fría y Ambiente Construido. Una evaluación de diez años en el Parque Central, Mendoza—Argentina”. *Ciudades y Sociedad Sustentables* 79 (abril): 103681. doi:10.1016/j.scs.2022.103681.
- 403 Martini, A., D. Biondi, y A.C. Batista. 2020. “Confort térmico proporcionado por los árboles de las calles en las ciudades”. *Arboricultural Journal* 42 (3): 153—64. doi:10.1080/03071375.2020.1755187.
- 404 Jones, N. et al. 2024. “Prioritizing Heat Mitigation Actions in Indian Cities: A Cost—Benefit Analysis under Climate Change Scenarios”. Policy Research Working Paper 10960. Washington, DC: Banco Mundial. <https://hdl.handle.net/10986/42350>.
- 405 McDonald, R. et al. 2016. “Planting Healthy Air: Un análisis global del papel de los árboles urbanos en la lucha contra la contaminación por partículas y el calor extremo”. The Nature Conservancy y C40 Cities. <https://global.nature.org/content/healthyair>.
- 406 Ciudades C40. 2019. “Cities100: Corredores Verdes Interconectados de Medellín”. https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Cities100—Medellin—s—interconnected—green—corridors?language=en_US.
- 407 Alcaldía de Medellín. 2024. “Los Corredores Verdes de Medellín siguen generando reconocimientos en el mundo”. Comunicado de prensa. 18 de marzo. <https://www.medellin.gov.co/es/sala—de—prensa/noticias/los—corredores—verdes—de—medellin—siguen—generando—reconocimientos—en—el—mundo/>.
- Moloney, A. 2021. “Medellín planta ‘corredores verdes’ para combatir el calor”. *Thomson Reuters Foundation*, 28 de julio. <https://news.trust.org/item/20210728130018—qufqy/>.
- 408 Banco Mundial. 2024. “The Nature—Based Solutions Opportunity Scan: Leveraging Earth Observation Data to Identify Investment Opportunities in NBS for Climate Resilience in Cities and Coasts across the World”. Washington, DC: Banco Mundial. <https://hdl.handle.net/10986/41725>.
- 409 Jay, O. et al. 2021. “Reducción de los efectos sobre la salud del calor y las temperaturas extremas: De las estrategias de refrigeración personal a las ciudades verdes”. *The Lancet* 398 (10301): 709—24. doi:10.1016/S0140—6736(21)01209—5.
- 410 Naciones Unidas, ONU 2024. “Llamamiento del Secretario General de las Naciones Unidas a la acción contra el calor extremo”. Nueva York: Equipo de Acción Climática del Secretario General de la ONU. <https://www.un.org/en/climatechange/extreme—heat>.
- 411 Véase, por ejemplo: Hess, J.J. et al. 2018. “Construyendo resiliencia al cambio climático: Pilot Evaluation of the Impact of India’s First Heat Action Plan on All—Cause Mortality”. *Revista de salud pública y ambiental* 2018 (1): 7973519. doi:10.1155/2018/7973519.
- Fouillet, A. et al. 2006. “Exceso de mortalidad relacionado con la ola de calor de agosto de 2003 en Francia”. *Archivos Internacionales de Salud Ocupacional y Ambiental* 80 (1): 16—24. doi:10.1007/s00420—006—0089—4.
- 412 Jones et al., 2024, “Prioritizing Heat Mitigation Actions in Indian Cities: A Cost—Benefit Analysis under Climate Change Scenarios”.

- 413 Este recuadro se basa en un estudio de caso presentado en: OMM. 2023. “2023 Estado de los Servicios Climáticos: Salud”. OMM—N° 1335. Ginebra: Organización Meteorológica Mundial. <https://library.wmo.int/records/item/68500—2023—state—of—climate—services—health>. Véase también el video adjunto: https://www.youtube.com/watch?v=LOfcD__730k.
- 414 Almeida, G., M. Rusticucci y M. Suaya. 2016. “Relación Entre Mortalidad y Temperaturas Extremas En Buenos Aires y Rosario”. *Meteorológica* 41 (2): 65–79.
- 415 Véase https://www.smn.gob.ar/sistema_temp_extremas_calor.
- 416 Véase <https://www.ilo.org/resource/ambient—factors—workplace> y la sección 3 de Flouris et al., 2024, “Heat at Work: Implications for Safety and Health. A Global Review of the Science, Policy and Practice”.
- 417 Véase <https://www.ilo.org/resource/ambient—factors—workplace> y la sección 3 de Flouris et al., 2024.
- 418 Flouris et al., 2024. Para más detalles, véase Gourzoulidis, G. et al. 2023. “Developing a Feasible Integrated Framework for Occupational Heat Stress Protection: A Step Towards Safer Working Environments”. *La Medicina Del Lavoro* 114 (5): e2023043. doi:10.23749/mdl.v114i5.14504.
- 419 Flouris et al., 2024, “Heat at Work: Implications for Safety and Health. A Global Review of the Science, Policy and Practice”.
- 420 La intensidad de la actividad física se mide en vatios (W). En la tabla 1 de Flouris et al, 2024 , identifica cinco categorías: (1) reposo, como estar sentado en un trabajo de oficina, 100–125 W; (2) ligera, como el trabajo de oficina con más actividad, o muchos trabajos de personal sanitario, 125–235 W; (3) moderada, como caminar y levantar objetos de forma moderada en trabajos de fábrica, venta al por menor, restauración y jardinería, 235–360 W; (4) pesado, como la manipulación o el levantamiento de materiales pesados u otras tareas en la construcción, la agricultura o el trabajo en almacenes, 360–465 W; y (5) muy pesado, como el trabajo de pico y pala, la minería física y el mantenimiento de carreteras (más de 465 W).
- 421 Flouris et al, 2024. Para más detalles, véase: República Federativa de Brasil. 2019. “NR 15 — Atividades e Operações Insalubres. Anexo No. 3. Limites de Tolerancia a la Exposición al Calor. Alterado Pela Portaria SEPRT No. 1.359, de 09 de Dezembro de 2019 [NR15 — Atividades y Operaciones Insalubres. Anexo 3. Limites de Tolerancia para la Exposición al Calor. Modificado por la Ordenanza N° 1359 de 09 de diciembre de 2019]”. Brasilia: Ministerio de Trabajo y Empleo. <https://www.gov.br/trabalho—e—emprego/pt—br/aceso—a—informacao/participacao—social/conselhos—e—orgaos—colegiados/comissao—tripartite—partitaria—permanente/arquivos/normas—regulamentadoras/nr—15—anexo—03.pdf>.
- 422 Flouris et al., 2024, “Heat at Work: Implications for Safety and Health. A Global Review of the Science, Policy and Practice”. Para más detalles, véase: Estados Unidos Mexicanos. 2014. “Reglamento Federal de Seguridad y Salud En El Trabajo”. Ciudad de México: Secretaría del Trabajo y Previsión Social. <https://www.gob.mx/indesol/documentos/reglamento—federal—de—seguridad—y—salud—en—el—trabajo>.
- 423 Este recuadro se basa en un resumen publicado en: Noronha Farinelli, B.C. 2024. “P504033 — Borrador de la Evaluación de Sistemas Ambientales y Sociales (ESSA) — Programa para una Agricultura Sostenible y Competitiva en Costa Rica”. Washington, DC: Banco Mundial. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents—reports/documentdetail/099111224084042840/P50403317cdd74021843313d5cc48e525c>.
- 424 Tisei, F. y M. Ed. 2024. “Liberando el Potencial Adaptativo de la Protección Social: Buenas Prácticas de Protección Social Adaptativa en América Latina y el Caribe”. Washington, DC: Banco Mundial. <https://hdl.handle.net/10986/41529>.
- 425 Ed, M. y M. Petrovic. 2024. “Navegando la Vulnerabilidad Climática: Lessons from Adaptive Social Protection Practices in Latin America and the Caribbean”. Banco Mundial. *América Latina y el Caribe* (blog), 30 de mayo. <https://blogs.worldbank.org/en/latinamerica/lecciones—practicas—proteccion—social—adaptativa—america—latina>.
- 426 Tisei y Ed, 2024, “Unleashing Adaptive Potential for Social Protection: Buenas Prácticas de Protección Social Adaptativa en América Latina y el Caribe”.
Tejerina, L. y A. Bagolle. 2024. “Protección social adaptativa: Una prioridad para la región”. Banco Interamericano de Desarrollo. *Gente Saludable* (blog), 4 de noviembre. <https://blogs.iadb.org/salud/es/proteccion—social—adaptativa—una—prioridad—para—la—region/>.
- 427 Jessop, S. y K. Daigle. 2024. “El calor extremo desencadena un novedoso pago para 50.000 mujeres en la India”. Reuters, 12 de junio. <https://www.reuters.com/world/india/extreme—heat—triggers—novel—payout—50000—women—india—2024—06—12/>.

- 428 IFRC. 2023. “Bangladesh Early Action Protocol Summary: Heatwave EAP”. Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja. Global Heat Health Information Network, 17 de agosto. <https://ghhin.org/resources/bangladesh-early-action-protocol-summary-heatwave-eap/>.
- 429 Banco Mundial, de próxima publicación, “Handbook on Urban Heat Management”.
- 430 Banco Mundial. 2023. “Análisis de los planes de acción climática de las ciudades en América Latina y el Caribe”. Washington, DC: World Bank Group. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099111023105528911/P1747641ceec200a117c53145441ba53147087101fb15>.
- 431 Deuskar, C., Murray, S., Leiva Molano, J., Khan, I., and Maria, A. 2025. “Banking on Cities: Investing in Resilient and Low-Carbon Urbanization”. Urban Development Series. Banco Mundial.
- 432 Whiting, K. y L. Lacina. 2023. “Q&A with Jane Gilbert: The Rise of the Chief Heat Officer and Why It Matters”. Foro Económico Mundial. Cumbre sobre el Crecimiento: Jobs and Opportunity for All, 1 de mayo. <https://www.weforum.org/stories/2023/05/chief-heat-officer/>.
- 433 Whiting y Lacina, 2023.
- 434 Kotharkar, R. y A. Ghosh. 2022. “Progresos en la gestión del calor extremo y los sistemas de alerta: A Systematic Review of Heat—Health Action Plans (1995—2020)”. *Ciudades y Sociedad Sostenibles* 76 (enero): 103487. doi:10.1016/j.scs.2021.103487.
- 435 Uejio, C.K. et al. 2024. “Rapidly Developing a Community— and Evidence—Based Heat Action Plan”, mayo. doi:10.1175/BAMS—D—23—0055.1.
- 436 Véase <https://buenosaires.gob.ar/adaptacion/red-de-refugios-climaticos-de-la-ciudad-de-buenos-aires>.
- 437 Véase Banco Mundial, de próxima publicación, “Handbook on Urban Heat Management”.
La Plataforma de Acción contra el Calor cuenta con un módulo de aprendizaje para la creación de planes de acción contra el calor, también disponible en español: <https://heatactionplatform.onebillionresilient.org/modules/create-a-heat-action-plan/>.
La biblioteca de recursos de la Global Heat Health Information Network incluye ejemplos de planes de acción contra el calor para ciudades de Estados Unidos, Europa y Asia, así como revisiones de algunos planes: <https://ghhin.org/resource-library/>.
Véase también OPS. 2021. “Olas de calor: Una guía para acciones basadas en la salud”. Washington, DC: Organización Panamericana de la Salud. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/54979>.
- 438 Kotharkar y Ghosh, 2022, “Progress in Extreme Heat Management and Warning Systems: A Systematic Review of Heat—Health Action Plans (1995—2020)”.
- 439 Banco Mundial, de próxima publicación, “Handbook on Urban Heat Management”.
- 440 Deuskar, C., Murray, S., Leiva Molano, J., Khan, I., and Maria, A. 2025. “Banking on Cities: Investing in Resilient and Low-Carbon Urbanization”. Urban Development Series. Banco Mundial.

ANEXOS

- 441 Para una orientación más detallada, paso a paso, que incluya consejos sobre cómo adaptar las acciones al contexto de cada ciudad, véase: Banco Mundial, de próxima publicación, “Handbook on Urban Heat Management”.
- 442 Roberts et al., 2023, *Unlivable: What the Urban Heat Island Effect Means for East Asia's Cities*.
- 443 Banco Mundial, de próxima publicación, “Handbook on Urban Heat Management”.
- 444 Banco Mundial, de próxima publicación.
- 445 Banco Mundial, de próxima publicación.
- 446 Banco Mundial, de próxima publicación.

INHABITABLE

ENFRENTANDO EL CALOR URBANO EXTREMO EN
AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE



WORLD BANK GROUP



GFDRR

Global Facility for Disaster Reduction and Recovery
Administered by the World Bank