

Efectos de la exposición al calor sobre la salud

Dr. Méd. Katarzyna Broczek
especialista en medicina geriátrica,
Sociedad Polaca de Gerontología
2022, DOI: [10.5281/zenodo.7491393](https://doi.org/10.5281/zenodo.7491393)

Original version [ENG]:
Broczek K (2021) Health-Related Effects of Heat Exposure
<https://zenodo.org/record/5798640>

Este informe forma parte del proyecto Embodying Climate Change: Investigación transdisciplinar sobre el sobrecalentamiento urbano (EmCliC).

El proyecto de investigación está financiado por las subvenciones de Noruega y el EEE 2014-2021 en el marco del Programa de Investigación Básica gestionado por el Centro Nacional de Ciencia de Polonia en cooperación con el Consejo de Investigación de Noruega (subvención nº 2019/35/J/HS6/03992).

Lista de contenidos

Resumen.....	3
1. Introducción.....	4
2. Definiciones y glosario.....	4
2.1. Ola de calor	4
2.2. Términos médicos.....	4
3. Termorregulación-principios básicos	7
3.1. Fisiología de la termorregulación	7
3.2. Envejecimiento y termorregulación.....	10
4. Epidemiología de los efectos de la exposición al calor relacionados con la salud	14
4.1. Perspectiva de la salud pública	14
4.2. Mortalidad	14
4.3. Ingresos hospitalarios	17
5. Efectos del calor en el cuerpo humano	19
5.1. Reacciones fisiológicas al calor	19
5.2. Vulnerabilidad al calor y adaptación al sobrecalentamiento	20
5.3. Síntomas relacionados con el calor.....	23
5.4. Enfermedades relacionadas con el calor	25
5.5. Comorbilidades	26
5.6. Exposición al calor y medicamentos	29
5.7. Exposición al calor y el cerebro.....	30
6. El calor y el ejercicio	31
7. Percepción del riesgo de calor.....	32
8. Minimizar los efectos de la exposición al calor: ejemplos de soluciones.....	33
9. Conclusiones	36
Lista de figuras.....	37
Lista de tablas.....	37
Referencias	38

Resumen

El cambio climático ha producido efectos meteorológicos extremos, como olas de calor graves y prolongadas en regiones con un clima tradicionalmente moderado. Una ola de calor se define como un periodo continuado de tiempo inusualmente caluroso, pero no existe una única definición aceptada y en los estudios de investigación se aplican múltiples indicadores de exposición al calor. El proceso de termorregulación es complejo y depende de mecanismos centrales (cerebrales) y periféricos, principalmente la sudoración y la dilatación de los vasos sanguíneos de la piel. El envejecimiento, como proceso fisiológico, puede disminuir la eficacia y la capacidad de control del calor, lo que convierte a las personas mayores en una población vulnerable. Las consecuencias relacionadas con el calor se perciben como un problema de salud pública de gran y creciente importancia y la exposición excesiva al calor contribuye a aumentar la morbilidad y la mortalidad en todo el mundo. El riesgo de sufrir los efectos adversos de la exposición al calor depende de diversos factores, como la edad, las comorbilidades y los factores ambientales, sociales y económicos. Las secuelas del estrés térmico dependen de la gravedad y la duración de la exposición y pueden variar desde síntomas leves hasta los que ponen en peligro la vida. Las enfermedades relacionadas con el calor incluyen edema (hinchazón de piernas), sarpullido, calambres, síncope (casi desmayo o desvanecimiento), agotamiento e insolación. Las enfermedades relacionadas con el calor suelen estar asociadas a la deshidratación y al desequilibrio electrolítico. Las enfermedades crónicas que prevalecen en la mayoría de las personas mayores contribuyen a la vulnerabilidad a la exposición al calor y el estrés térmico puede causar la exacerbación de muchas condiciones. La adaptación al calor es uno de los mecanismos para reducir las enfermedades relacionadas con el calor. El ejercicio y la actividad física realizados en un entorno caluroso suponen un reto especial para la reserva fisiológica. Es muy importante concienciar a los trabajadores sanitarios, a las poblaciones vulnerables, por ejemplo, las personas mayores, y a la sociedad sobre las enfermedades relacionadas con el calor y las estrategias de prevención. Las soluciones se basan en la colaboración local, nacional e internacional. Existen múltiples iniciativas para los entornos urbanos. El cambio climático exige una investigación intensiva para comprender mejor los problemas de exposición al calor y desarrollar estrategias eficaces para minimizar el riesgo para la Tierra y sus habitantes.

1. Introducción.

El cambio climático y, en consecuencia, el aumento de la exposición al calor, suponen importantes riesgos para la salud de las personas en muchas partes del mundo, incluidas las que tradicionalmente se consideran regiones no afectadas por las olas de calor. La vulnerabilidad del cuerpo humano al calor está relacionada con muchos procesos complejos que desempeñan un papel más complejo que simple expresión de las temperaturas brutas. Uno de los factores clave de la vulnerabilidad al calor es el avance de la edad. Las personas mayores son más susceptibles a las peligrosas consecuencias del estrés térmico debido al desvanecimiento del control termorregulador, al equilibrio metabólico menos estable y a las comorbilidades. Los síntomas del estrés térmico pueden variar de leves a graves y se reflejan en muchos términos médicos: enfermedad relacionada con el calor, tensión relacionada con el calor, estrés térmico, etc. La exposición al calor se considera un importante problema de salud pública, ya que conlleva más altas en los servicios de urgencias y hospitalizaciones y aumenta el riesgo de muerte. El análisis multifactorial de los riesgos relacionados con el calor y de los factores individuales que contribuyen al estrés térmico puede facilitar el desarrollo de soluciones eficaces ajustadas a diversos grupos de personas: niños, trabajadores y personas mayores. Las zonas urbanas, especialmente las grandes ciudades, están predispuestas al sobrecalentamiento extremo. Se necesitan soluciones ecológicas transversales, por ejemplo, a nivel nacional y local, para disminuir el riesgo de los efectos perjudiciales de la exposición al calor.

2. Definiciones y glosario

2.1. Ola de calor

La ola de calor (OC) se define en la literatura como un periodo prolongado de temperaturas inusualmente altas. Varios autores han desarrollado múltiples definiciones de OC, algunos de los cuales se presentan en la tabla 1. Las definiciones más sencillas se basan en variables como los umbrales de temperatura y la duración del evento. Además, se pueden utilizar diferentes variables de temperatura: como los valores absolutos de temperatura, las temperaturas máximas diarias, las temperaturas medias diarias; o los valores relativos, por ejemplo los específicos de la ubicación, como los percentiles de las temperaturas mensuales, estacionales o anuales de una región elegida. Además, variables como la humedad relativa, la temperatura del punto de rocío y la velocidad del viento pueden influir en la temperatura percibida. Por ejemplo, el término temperatura aparente estima el efecto combinado del calor y la humedad y se calcula mediante una ecuación matemática (Davis 2018). Del mismo modo, el efecto unido de la temperatura y la humedad podría expresarse como temperatura del globo húmedo, TGH (Chen 2019, Erickson 2019) o temperatura pseudoequivalente (Percic 2018). Para evaluar los efectos de la ola de calor, como por ejemplo, a través de las hospitalizaciones, es necesario aplicar una transformación matemática y una parametrización (Liss 2017).

2.2. Términos médicos

Las olas de calor generan un riesgo significativo de exposición al calor y pueden convertirse en una fuente de problemas de salud importantes. Las consecuencias de la exposición al calor abarcan un amplio espectro de síntomas de diversa intensidad, desde leves hasta graves, o incluso hasta aquellos que ponen en peligro la vida. El vocabulario médico incluye muchos términos relacionados con las consecuencias del sobrecalentamiento. Los términos generales son los siguientes:

- Afecciones relacionadas con el calor
- Enfermedades relacionadas con el calor
- Síntomas relacionados con el calor
- Tensión por calor

- Estrés por calor
- Golpe de calor

Tabla1. Definiciones de exposición al calor (basadas en Bobb 2014, Chen 2019, Davis 2018, Erickson 2019, Hopp 2018, Junk 2019, Li 2019, Percic 2018, Pfeifer 2020, Urban 2017)

Nombre	Abreviación	Definición
Ola de Calor	OC	Temp. max. diaria 27-32 °C por dos días consecutivos
		Temp. max. diaria ≥ 33 °C
		Temp. max. diaria > 27 °C por tres días consecutivos
		Temp. max. diaria > 30 °C por tres días consecutivos
		Temp. max. diaria > 30 °C por 5 días o > 33 °C por tres días
		Temp. max. diaria ≥ 95 th percentil de la distribución anual durante 3 días, incluyendo 1 día ≥ 98 percentil
		Temp. media diaria ≥ 99 th percentil de la distribución de la temp. diaria para la región dada durante 2 días consecutivos
		Temp. media diaria ≥ 97 th o ≥ 98 th o ≥ 99 th percentil durante ≥ 2 días consecutivos o ≥ 4 días consecutivos
		Temperatura aparente ≥ 95 percentil durante 3 días consecutivos
		Temperatura diaria pseudo-equivalente > 56 °C durante 2 días consecutivos
Medición de las olas de calor	OCDs	Días de ola de calor - número de días anuales de ola de calor
	OC-D	Duración de OC más larga (días)
	OC-F	Número de días de contribución a la OC(días)
	OC-M	Temp. media de todas las OC en un año (°C)
	OC-N	Número de OC por año (número)

	WSDI	Número de días que contribuyen a eventos con >6 días consecutivos con temperatura máxima del aire >90º percentil (días)
Temperatura aparente, índice de calor	HI	Efecto combinado del calor y la humedad, a menudo denominado "sensación de temperatura".
Psuedo-equivalente temperatura	-	Suma de la temperatura del aire y 1,5 multiplicada por la presión parcial del vapor de agua
Temperatura de bulbo húmedo	TBH	Efectos conjuntos de la temperatura, la humedad, el movimiento del aire y la temperatura radiante
Temperatura del globo húmedo	TGH	SJoint efectos de la temperatura y la humedad
Días de mucho calor	EHD	Temp. media diaria ≥95 percentil por mes y región específicos

Máx. - máximo; temp. - temperaturas.

La norma mundial para el diagnóstico de la información sanitaria es la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud (CIE). Proporciona un lenguaje común para la notificación y el seguimiento estandarizados de las condiciones de salud. Actualmente, la CIE 10ª Revisión se utiliza en más de 100 países. La nueva 11ª Revisión de la CIE en una presentación totalmente digital fue aceptada por la OMS en mayo de 2019 y entrará en vigor en 2022 con un periodo de 5 años para su traducción e introducción formal en los estados miembros de la OMS. La lista de consecuencias médicas de la exposición al calor según la CIE-10ª Revisión (Versión CIE-10: 2019) se presenta en la tabla 2.

Los términos médicos presentados en la tabla 2 pueden requerir una explicación para los lectores sin formación médica; síncope por calor: casi desmayo o desvanecimiento debido a la exposición excesiva al calor; agotamiento por calor anhidrótico: sobrecalentamiento debido a la disminución de la sudoración; edema por calor: hinchazón de las piernas debido a la exposición prolongada al calor y a la dilatación de los vasos sanguíneos.

Aparte de los problemas causados directamente por el calor, la exposición a altas temperaturas ambientales puede provocar la exacerbación de enfermedades crónicas y la desestabilización del estado de salud, especialmente en poblaciones vulnerables como las personas mayores, las personas con múltiples enfermedades y el deterioro funcional. Las relaciones entre el estrés térmico y las comorbilidades se discutirán en la sección 6.5 del informe.

Tabla 2. Enfermedades y problemas de salud relacionados con la exposición al calor según la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas de Salud Relacionados, 10ª Revisión (CIE-10 Versión 2019)

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
CAPÍTULO XX Causas externas de morbilidad y mortalidad (V01-Y98)	
T67	Efectos del calor y la luz
T67.0	Golpe de calor e insolación
T67.1	Síncope de calor
T67.2	Calambre por calor
T67.3	Agotamiento por calor, anhidrido
T67.4	Agotamiento por calor debido a la falta de sal
T67.5	Agotamiento por calor, no especificado
T67.6	Fatiga por calor, transitoria
T67.7	Edema por calor
T67.8	Otros efectos del calor y la luz
T67.9	Efectos del calor y la luz, sin especificar
X30	Exposición al calor natural excesivo

3. Termorregulación-principios básicos

Para entender los efectos perjudiciales de la exposición al calor en el cuerpo humano y la vulnerabilidad a las olas de calor, es necesario echar un vistazo al proceso de mantenimiento de la temperatura corporal normal por parte de los individuos sanos.

3.1. Fisiología de la termorregulación

Los seres humanos, al igual que otros mamíferos, son endotermos, es decir, organismos que utilizan la termorregulación para mantener una temperatura corporal interna constante, independientemente del entorno externo. Los procesos de termorregulación en el cuerpo humano son complejos y dependen de muchos mecanismos fisiológicos. Mantener la temperatura corporal interna dentro de un rango tolerable (es decir, 36-39 °C) es crucial para el funcionamiento del cuerpo humano. La producción de calor interno relacionada con la actividad metabólica a nivel celular, así como con las contracciones musculares, se contrarrestan con diversos mecanismos de intercambio de calor con el entorno, como la sudoración (evaporación) y el intercambio de calor en seco (conducción, convección y radiación).

- La evaporación tiene lugar cuando las glándulas sudoríparas de la piel producen sudor. El calor se vaporiza durante la transpiración.
- La convección supone el intercambio de calor entre la superficie del cuerpo y el aire más frío. El ensanchamiento de los vasos de la piel (vasodilatación) facilita la convección del calor del cuerpo al aire circundante. El calor interno se transporta en la sangre hasta la piel, donde se produce el intercambio de calor a través de los capilares dilatados. El sistema nervioso autónomo regula el flujo sanguíneo hacia la piel. El intercambio de calor por convección es

mayor cuando hay movimiento del cuerpo en el aire o el agua o movimiento del aire o el agua a través de la piel.

- La conducción se produce por el contacto directo de la piel con un objeto o superficie más fría.
- La radiación se produce cuando el calor se traslada de la piel al aire circundante a través de ondas electromagnéticas (radiación infrarroja).

De los cuatro procesos mencionados, la transpiración y la dilatación de los vasos sanguíneos son los principales mecanismos de intercambio de calor. Además, parte del calor se intercambia a través de las vías respiratorias durante el proceso de respiración. Una termorregulación óptima permite responder adecuadamente a los desafíos térmicos inducidos por el entorno y la actividad física. El sobrecalentamiento (hipertermia) puede tener efectos perjudiciales en el funcionamiento del cuerpo humano y puede conducir a un aumento de la morbilidad y la mortalidad. (Balmain 2018, Oscilla 2018, Tansey 2015).

La hidratación adecuada, así como el correcto funcionamiento del sistema cardiovascular, son cruciales para el intercambio de calor con el medio ambiente. El balance de fluidos corporales es un término utilizado para describir el equilibrio entre la entrada y la salida de fluidos. El fluido corporal está formado por agua y moléculas denominadas electrolitos, como el sodio, el potasio, el cloro y el magnesio. Los fluidos del cuerpo se dividen en dos compartimentos principales: el espacio intracelular y el espacio extracelular. Este último comprende el plasma de la sangre y el líquido intersticial (situado entre las células del cuerpo). La distribución y el movimiento del agua entre los espacios están regulados por leyes físicas, como la presión hidrostática y la presión osmótica. La presencia de moléculas de proteínas en la sangre crea una presión oncótica que mantiene el agua dentro de los vasos sanguíneos.

La ingesta de agua procede de las bebidas y los alimentos de la dieta. Algunos alimentos, especialmente las frutas y verduras, son ricos en agua. Por ejemplo, los pepinos, los tomates, el brócoli y el melón contienen más del 90% de agua, mientras que las naranjas y las manzanas superan el 85% de agua. La pérdida de agua se debe principalmente a la diuresis, la sudoración, la respiración y la defecación. El equilibrio de los fluidos corporales está controlado por complejos mecanismos en los que intervienen principalmente el sistema cardiovascular, la función renal y las hormonas.

Las fluctuaciones en el volumen de líquidos pueden causar deshidratación o sobrecarga de líquidos. Las principales causas de deshidratación son la ingesta insuficiente de líquidos y la pérdida excesiva de los mismos. La exposición al calor provoca sudoración y, por lo tanto, puede conducir a la deshidratación si no se aumenta adecuadamente la ingesta de agua. Algunas medidas sencillas del estado de hidratación son el cambio de masa corporal, la diuresis, la evaluación de la elasticidad de la piel y la sequedad de la mucosa oral. Es importante señalar que la elasticidad de la piel no es una medida válida en personas de edad avanzada debido a los cambios cutáneos asociados a la edad. En el estado de deshidratación moderada, la presión arterial baja y la frecuencia cardíaca en reposo rápida (taquicardia) definida como pulso >100 por minuto suelen estar presentes en el examen clínico. Otro rasgo característico es la caída de la presión arterial en posición de pie, denominada hipotensión postural. Puede provocar mareos y caídas, especialmente peligrosas para las personas mayores. La figura 1 presenta un esquema simplificado de los factores importantes en la respuesta al estrés térmico.

Una parte del cerebro llamada hipotálamo controla la termorregulación. Un punto de ajuste termogénico, que se refiere a un ajuste del centro de termorregulación a un rango fisiológico de temperatura corporal interna, es responsable de mantener la temperatura corporal óptima. Si la

temperatura interna del cuerpo aumenta debido a las condiciones ambientales o al ejercicio vigoroso, los receptores cerebrales perciben la temperatura a través de señales aferentes y producen señales eferentes a las células de la piel para que produzcan sudor. En caso de fiebre, los agentes inflamatorios o infecciosos desencadenan la producción de pirógenos (citoquinas, prostaglandinas y tromboxano), lo que provoca un aumento del punto de ajuste termogénico en el hipotálamo y da lugar a una temperatura corporal elevada. Esta es una función adaptativa de la termorregulación en la reacción del cuerpo humano a las infecciones con agentes bacterianos y virales patógenos. La fiebre, como signo de reactividad del sistema inmunológico, es una prueba del buen funcionamiento del organismo. En un ambiente frío, el cuerpo desencadena un reflejo de escalofrío porque la contracción de los músculos esqueléticos produce calor (Osilla 2020).

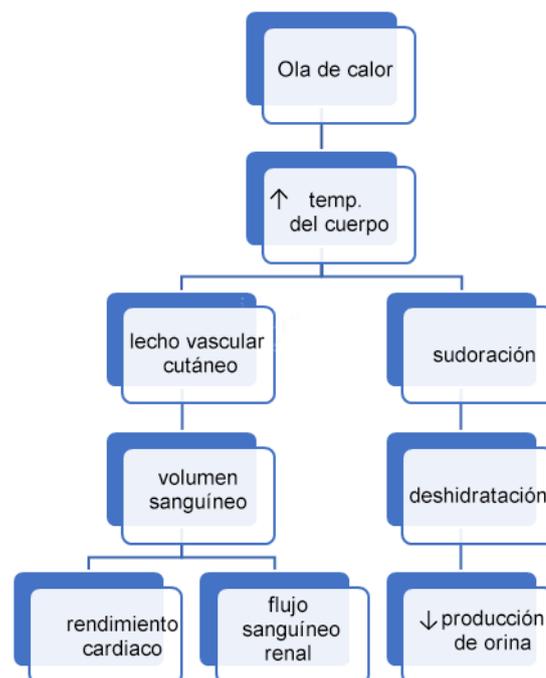


Figura 1. Factores implicados en la respuesta al estrés térmico (adaptado y simplificado de Meade 2020). Significado de las flechas: ↑ - aumento; ↓ - disminución.

El hipotálamo, como centro de termorregulación, recibe entradas de termorreceptores periféricos y centrales de dos tipos, que responden al frío y al calor. Los termorreceptores periféricos se localizan en la piel, donde los receptores de frío son más numerosos. Los termorreceptores centrales se sitúan en el hipotálamo, la médula espinal, las vísceras y las grandes venas y los receptores de calor superan en número a los de frío. También existe una interacción entre la actividad de dos tipos de termorreceptores (Tansey 2015). La acetilcolina es el principal transmisor implicado en la respuesta vasodilatadora al calentamiento del cuerpo, así como en la regulación de la sudoración. Se han identificado varios cotransmisores, como el péptido intestinal vasoactivo (VIP), la sustancia P, la histamina, las prostaglandinas y el óxido nítrico. El esquema del control sanguíneo de la piel, así como otros detalles, pueden encontrarse en la literatura científica (Tansey 2015).

La producción de sudor que permite la evaporación es el principal mecanismo de intercambio de calor durante el ejercicio y cuando la temperatura ambiente aumenta. Es importante señalar que la pérdida de calor por evaporación es el único mecanismo fisiológico posible cuando la temperatura ambiente supera la temperatura corporal. Hay varios millones de glándulas sudoríparas en toda la superficie del

cuerpo. En ambientes húmedos, se puede evaporar menos sudor de la superficie de la piel y, por lo tanto, el clima cálido y húmedo crea un desafío particular para la termorregulación.

En las últimas décadas se han producido avances en la comprensión de la termorregulación en relación con los circuitos centrales de control termorregulador y los mecanismos sensoriales periféricos de transducción de la temperatura (Tansey 2015). Es importante diferenciar dos tipos de temperatura corporal: la del núcleo central y la de la envoltura periférica. La temperatura central se refiere a los órganos internos y a los tejidos profundos, por ejemplo, el hígado, el corazón o el cerebro, mientras que la temperatura periférica se refiere a la temperatura externa, medida a nivel de la piel, de las manos o los pies. La diferencia entre las temperaturas del núcleo y de la envoltura periférica puede alcanzar los 4 °C, siendo la temperatura de la envoltura más baja. La relación superficie-masa de las manos es varias veces mayor que el mismo parámetro para todo el cuerpo y explica por qué las manos se enfrían (intercambian calor) mucho más rápido que el torso.

El equilibrio hormonal es importante para mantener una termorregulación óptima. Un buen ejemplo son las hormonas tiroideas. Desempeñan un papel importante en la producción de energía en el cuerpo, aumentan el metabolismo, incrementan la termogénesis y pueden influir en los mecanismos centrales y periféricos de la termorregulación. Sin embargo, la influencia exacta de las hormonas tiroideas en la regulación de la temperatura corporal en los seres humanos no se ha dilucidado (Iwen 2018). Se calculó que la temperatura corporal central humana había disminuido 0,03°C por década desde el comienzo de la era de la industrialización (Protsiv 2020). Los autores sugieren que este fenómeno podría deberse a la disminución de las enfermedades infecciosas y los procesos inflamatorios crónicos a lo largo del tiempo. También se especula con la hipótesis de que factores ambientales como el contacto con sustancias químicas debido a la industrialización pueden tener un efecto perturbador en la termorregulación dependiente de la hormona tiroidea (Vancamp 2020).

3.2. Envejecimiento y termorregulación

El proceso fisiológico del envejecimiento puede influir en la eficacia de la termorregulación. Además, muchos factores relacionados con el estado de salud de una persona mayor pueden afectar al control de la misma. Como se ha mencionado anteriormente, la evaporación durante la transpiración y el aumento del flujo sanguíneo de la piel son dos mecanismos que permiten que el cuerpo se enfríe. Las personas mayores tienen una tasa de sudoración general más baja que los individuos más jóvenes debido a la atrofia de las glándulas sudoríparas y a la alteración de su función, expresada como una menor sensibilidad de las glándulas sudoríparas. Además, los cambios en la piel asociados al envejecimiento pueden alterar la función fisiológica del lecho vascular de la piel debido a su adelgazamiento o atrofia. Por lo tanto, en las personas mayores los mecanismos de refrigeración del cuerpo funcionan con menos eficacia que en los individuos más jóvenes.

La disminución de las reservas funcionales del sistema cardiovascular y los riñones son factores importantes que limitan la eficacia de la termotolerancia en las personas mayores. La figura 2 presenta los principales mecanismos fisiológicos asociados al envejecimiento que conducen a un deterioro de la termorregulación en las personas mayores. La respuesta termorreguladora central al estrés térmico puede ser más lenta y menos eficaz en las personas mayores en comparación con los jóvenes. Las consecuencias del deterioro relacionado con la edad tienen poca importancia clínica en condiciones climáticas normales, pero cuando se producen olas de calor prolongadas e intensas, la respuesta fisiológica de las personas mayores podría fallar en su intento de contrarrestar las condiciones extremas.

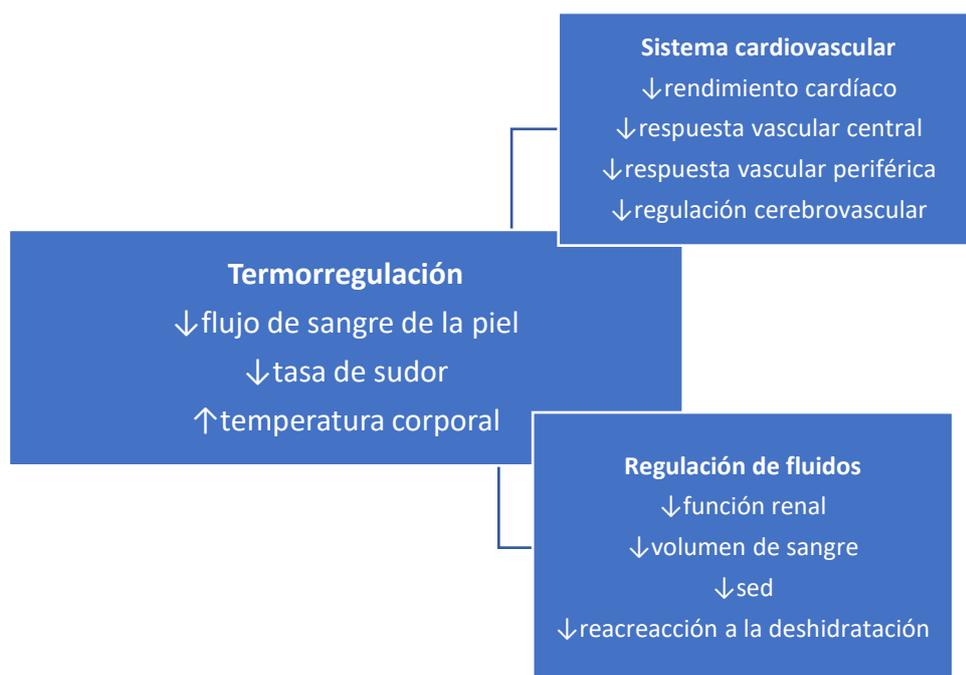


Figura 2. Cambios fisiológicos relacionados con la edad que contribuyen a una termorregulación menos eficaz en las personas mayores (adaptado y simplificado de Maede 2020).

Significado de las flechas: ↓ - disminución; ↑ - aumento.

El envejecimiento normal como proceso fisiológico, aunque sea universal, es a menudo heterogéneo. Esta heterogeneidad está representada por el diferente ritmo de envejecimiento entre los individuos y demuestra una observación bien conocida de que la edad cronológica no es paralela a la edad biológica. Además, un individuo puede envejecer de forma heterogénea en términos de diferencias en el envejecimiento de los sistemas de órganos. Por ejemplo, los cambios relacionados con la edad en los riñones pueden avanzar más rápido que el envejecimiento del corazón en un determinado individuo.

El envejecimiento normal va acompañado de una pérdida gradual de la reserva funcional de los órganos y sistemas del cuerpo humano a lo largo del tiempo. La mayoría de las personas representan este tipo de envejecimiento. Otra trayectoria frecuente es el llamado envejecimiento patológico o acelerado, cuando factores adicionales intensifican el proceso de declive relacionado con la edad. Dos ejemplos explícitos de envejecimiento patológico son: el aumento de la pérdida de fuerza y masa muscular en individuos físicamente inactivos y los cambios en las vías respiratorias de los fumadores y los pulmones, cuya pérdida de capacidad vital puede progresar cinco veces más rápido que en los no fumadores. Por ejemplo, los resultados de las pruebas de función respiratoria de un fumador de 60 años pueden ser peores que los de un no fumador de 90 años. Las personas que muestran signos de envejecimiento acelerado alcanzan el nivel de insuficiencia de la función orgánica y la incapacidad de mantener la estabilidad metabólica mucho más rápido que los demás y se vuelven vulnerables a los factores de estrés externos, incluida la exposición al calor.

Sólo un 10% de la población puede beneficiarse de un envejecimiento satisfactorio. En estas personas los cambios relacionados con la edad son más lentos y su edad biológica es menor que su edad real cronológica. La preservación de la termorregulación efectiva puede ser un signo de envejecimiento exitoso. Las personas mayores que responden con fiebre a las infecciones se perciben como fuertes en cuanto a su estado inmunológico, mientras que las que no reaccionan con fiebre tienen mayor riesgo de complicaciones y muerte.

El envejecimiento suele ir acompañado de enfermedades crónicas, ya que la mayoría de las personas de 65 años o más tienen al menos una enfermedad crónica y la multimorbilidad no es infrecuente. Los trastornos más prevalentes son:

- enfermedades cardiovasculares (ECV), como hipertensión arterial, arritmias, síndrome coronario crónico, insuficiencia cardíaca, aterosclerosis
- artritis degenerativa (por ejemplo, cadera, rodillas y columna vertebral),
- diabetes de tipo 2 o estados prediabéticos,
- pérdida visual por cataratas, degeneración macular asociada a la edad (DMAE), retinopatía diabética,
- discapacidades auditivas,
- enfermedades respiratorias: enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC),
- enfermedad renal crónica (ERC) debido a la pérdida gradual de la tasa de filtración renal,
- problemas urinarios e incontinencia urinaria que afectan al 30-50% de las mujeres mayores y al 10-30% de los hombres mayores.

La presencia de comorbilidades suele conducir a la polifarmacia y a las interacciones farmacológicas, especialmente en los pacientes tratados por varios especialistas. Algunos medicamentos pueden interactuar con los mecanismos de intercambio térmico (véase la sección 6.6). Por otra parte, las enfermedades relacionadas con la edad suelen estar infradiagnosticadas hasta fases clínicas más avanzadas. Algunos ejemplos son los trastornos cognitivos y la demencia o la depresión y el deterioro de la función renal. La presencia de enfermedades comórbidas (incluso las no diagnosticadas) puede alterar aún más el proceso de termorregulación. Especialmente en el caso de las ECV, el calor ambiental puede tener efectos más nocivos que en los individuos sanos. Por ejemplo, la aceleración del ritmo cardíaco que acompaña al estrés térmico puede desencadenar una arritmia o un infarto de miocardio en un individuo con hipertensión arterial, síndrome coronario crónico o insuficiencia cardíaca.

La termorregulación es un ejemplo perfecto de lo importante que es mantener ciertos parámetros fisiológicos en el rango normal. La capacidad de mantener la estabilidad metabólica se denomina homeostasis. Teniendo en cuenta que la homeostasis se alcanza mediante procesos reguladores dinámicos, resulta útil utilizar los términos homeodinámica, espacio homeodinámico o estabilidad homeodinámica. Muchos autores consideran que este concepto describe adecuadamente la idea de mantener el equilibrio metabólico. La reserva funcional del cuerpo humano disminuye con la edad y, en consecuencia, el espacio homeodinámico se reduce. Los mecanismos que funcionan eficazmente en condiciones ambientales casi normales pueden fallar cuando el organismo mayor se expone a condiciones más exigentes, por ejemplo, durante una ola de calor prolongada. Las consecuencias de la exposición al calor en las personas mayores abarcan no sólo una termorregulación sub-óptima, sino que, con mayor frecuencia, revelan una desregulación grave del equilibrio de líquidos y electrolitos, incluida la deshidratación, la hiponatremia (baja concentración de sodio en el suero) o la hipernatremia (alta concentración de sodio en el suero), una presión arterial baja o, por el contrario, una reacción hipertensiva. Es importante recordar que el contenido de agua en el cuerpo humano se reduce con la edad: de aproximadamente el 80% en la infancia al 40% en la edad avanzada. En la práctica clínica, los signos visibles de la enfermedad relacionada con el calor suelen retrasarse y pueden aparecer después de varios días de exposición al calor, cuando los mecanismos de compensación se vuelven insuficientes. Teniendo en cuenta todo lo anterior, resulta evidente que los individuos de edad avanzada son más susceptibles a los efectos nocivos de la exposición al calor, pero los signos y síntomas

del estrés térmico podrían estar enmascarados por los síntomas de enfermedades comórbidas y el deterioro del rendimiento funcional debido al envejecimiento.

Los factores conductuales podrían incrementar el riesgo de enfermedades relacionadas con el calor en las personas mayores. Durante el proceso de envejecimiento se suprime la sensación de sed y, por lo tanto, las personas mayores que no controlan su ingesta de líquidos no beben lo suficiente y pueden deshidratarse fácilmente. La ingesta mínima de líquidos debe ser de 1,5 litros al día y, en épocas de calor, esta cantidad debe aumentarse al menos a dos litros diarios. La deshidratación puede ir acompañada de síntomas inespecíficos, como debilidad, somnolencia, sensación de casi desmayo, caídas o delirio. La disminución de la producción de orina en un individuo deshidratado es un proceso activo realizado por los riñones para proteger el volumen de líquido corporal y está controlado por complejos mecanismos fisiológicos. La deshidratación prolongada es un factor de riesgo de infecciones del tracto urinario, insuficiencia renal, desequilibrio electrolítico, insuficiencia cardíaca, complicaciones tromboticas y muerte.

Las olas de calor prolongadas y severas provocadas por el cambio climático en países considerados como regiones con condiciones climáticas moderadas pueden resultar imprevistas para las personas mayores. Las personas que no estaban acostumbradas al clima cálido en el pasado, no adquieren comportamientos que les protejan de la exposición excesiva al calor. Si se combina con una sobreestimación de las capacidades funcionales de la persona, es fácil que se produzca un estrés térmico adicional innecesario y un mayor riesgo de complicaciones. No es raro ver a personas mayores caminando al aire libre o trabajando en el jardín durante el mediodía de una ola de calor. Las sugerencias de quedarse en casa cuando hace calor pueden no aplicarse fácilmente porque a las personas mayores (al igual que a la mayoría de los jóvenes) les gusta mantener su horario habitual y no les gusta que se les restrinjan sus actividades.

Otro aspecto importante es el deterioro funcional asociado al envejecimiento. Las personas que tienen problemas para caminar o trasladarse en casa pueden ser muy reacias a beber agua, porque les resulta difícil ir al baño. Las personas que tienen incontinencia urinaria suelen evitar beber en casa, así como al aire libre, debido a la vergonzosa necesidad de usar el retrete y al limitado número de aseos públicos de libre acceso. Una cuestión importante relacionada con el estrés térmico en las personas mayores es el riesgo de caídas y lesiones. Las caídas forman parte de los principales problemas geriátricos y a menudo dan lugar a lesiones, fracturas y complicaciones que pueden poner en peligro la vida. El riesgo de desnutrición también aumenta durante los periodos prolongados de calor.

La combinación de exposición al calor y deterioro funcional es especialmente peligrosa para las personas mayores que viven solas. Cabe destacar que, en el proceso de envejecimiento de la población, el número de personas en edad avanzada crece rápidamente y la feminización, así como la singularización de las sociedades (porcentaje creciente de mujeres mayores viudas) se hace cada vez más evidente.

Cuando se compararon experimentalmente las reacciones al calor entre individuos jóvenes y mayores, se puso de manifiesto que las personas mayores almacenan más calor en el cuerpo después de estar sentados durante dos horas en un entorno cálido y seco o cálido y húmedo (Stapleton 2014). Esto implica que las personas mayores pueden experimentar un mayor nivel de estrés térmico que los jóvenes en las mismas condiciones térmicas.

4. Epidemiología de los efectos de la exposición al calor relacionados con la salud

4.1. Perspectiva de la salud pública

Desde el punto de vista de la salud pública, las olas de calor suponen un reto que probablemente aumentará en las próximas décadas. Las olas de calor suelen ir asociadas a otros peligros para la salud, como el aumento de la contaminación atmosférica, la escasez de agua, la pérdida de suministro eléctrico y los incendios forestales (Kovats 2008). La intensa ola de calor que duró varias semanas en muchos países de Europa en 2003 provocó la muerte de decenas de miles de personas. Esto desencadenó la investigación en el área de los efectos de la exposición al calor sobre la salud y el análisis de los factores que contribuyen y previenen a nivel de la población y del individuo. La cadena de efectos del calor incluye la exposición al calor, el estrés térmico, la enfermedad por calor y, finalmente, la muerte por calor. La transición de estas fases depende de los factores que afectan a la exposición, la susceptibilidad individual a una determinada exposición y el acceso al tratamiento (Kovats 2008).

En general, el riesgo de calor es mayor en los niños pequeños y las personas mayores, así como en las personas que viven solas o sin contactos sociales. Hay un debate en curso sobre el papel del género en la vulnerabilidad al estrés térmico, algunos estudios indican mayores efectos adversos en las mujeres, mientras que otros señalan que los hombres son más a menudo víctimas de la exposición al calor. Las personas mayores que viven en residencias de ancianos, centros de atención o residencias de ancianos corren un mayor riesgo de sufrir complicaciones relacionadas con el calor y de morir, pero esto se debe más bien a sus comorbilidades y a su bajo estado funcional.

Los habitantes de las ciudades también pueden experimentar un aumento del calor durante los veranos debido a las islas de calor urbanas (ICUs), ya que las áreas metropolitanas pueden estar entre 1 y 3 °C más calientes que las zonas rurales circundantes. Las islas de calor no son necesariamente estables en el espacio y en el tiempo y pueden cambiar en sucesivas olas de calor. Las razones de la formación de las ICU son complejas e incluyen el aislamiento causado por los edificios construidos a poca distancia, la densidad de población y el calor residual de los coches, las fábricas, etc. Las ICUs son objeto de modelización estadística (Gawuc 2020). Una de las características importantes del calor urbano es el fenómeno de las altas temperaturas nocturnas debido a la escasa refrigeración (Kovats 2008). Puede influir negativamente en la calidad del sueño y sumarse a la disminución fisiológica de la estructura del sueño relacionada con la edad, lo que da lugar a múltiples situaciones de vigilia.

4.2. Mortalidad

La exposición al calor puede contribuir al riesgo de muerte a través de mecanismos directos e indirectos. La codificación de las estadísticas vitales incluye las causas principales, subyacentes y coadyuvantes de la muerte, así como las enfermedades comórbidas. Las muertes relacionadas con el calor excesivo rara vez se atribuyen al calor en sí, sino que suelen registrarse como causadas por la exacerbación de enfermedades crónicas, incluidas las cardiovasculares, especialmente en las personas mayores (an der Heiden 2020). Por lo tanto, es necesario aplicar modelos matemáticos de procesamiento de datos para calcular la mortalidad excesiva en períodos de calor y las muertes relacionadas. La tabla 3 presenta los resultados de los estudios epidemiológicos sobre la mortalidad relacionada con el calor publicados en los últimos años. Se pueden encontrar más datos en la literatura (Kovats 2008).

Tabla 3. Mortalidad relacionada con la exposición al calor

No.	Año	Autor	Lugar de investigación	Periodo de investigación	Población del estudio	Criterios relacionados con el calor	Resultados
1.	2016	Chung	Taiwan Korea Japón	1994-2007 1992-2010 1972-2009	Población de 15 ciudades en 3 países	Modelos matemáticos para el análisis de la temperatura	Las tasas de mortalidad relacionadas con el calor han disminuido con el tiempo, incluyendo a las personas mayores
2.	2016	Joe	EE.UU	2006	Población de California	Ola de calor de 12 días + 6 días siguientes en julio de 2006	Exceso de mortalidad 5%, sobre todo por causas externas en el hogar
3.	2017	Urban	República Checa	2015 vs 1994	Población de República Checa	Temp. media diaria >95 percentil de distribución anual durante 3 días	Exceso de mortalidad: 265% (2015) frente a 240% (1994), exceso de mortalidad mayor para las personas mayores en 2015.
4.	2018	Percic	Eslovenia	2015 vs 2003	Población de Eslovenia	Temp. diaria pseudoequivalente > 56 °C durante 2 días	Aumento de la mortalidad en el grupo de edad ≥75 años y por ECV.
5.	2019	Can	Turquia	2013-2017	Estambul	Temperatura media diaria >95 percentil durante 3 días	Aumento de la mortalidad en 2015 (11%), 2016 (6%) y 2017 (21%).
6.	2020	an der Heiden	Alemania	1992-2015	Población total de Alemania	Temperaturas medias semanales incluidas en los modelos matemáticos	Número estimado de muertes anuales relacionadas con el calor: mín. 0 (1993),

							máx. 10 200 (1994) y 9 600 (2003)
7.	2020	Kang	Corea del sur	2011-2017	Población de Corea del sur	Temp. media diaria superior a los percentiles 85-99 durante 2 días	Mortalidad asociada al calor RR 1,1, ligeramente superior en zonas urbanas RR 1,23
8.	2020	O'Lenick	EE.UU.	2000-2015	Población Houston, Texas	Condiciones interiores, modelos energéticos de edificios	Aumento de la mortalidad debida principalmente a las ECV
9.	2020	Pfeifer	Letonia	2009-2015	Población de Riga	Varias definiciones de OC según los HWS letón y sueco	Aumento de la mortalidad: por todas las causas 10-20%, personas mayores 12-22%, por ECV 15-26%.
10.	2020	Vaidyanathan	EE.UU.	2004-2018	Población de EE:UU.	Exposición a condiciones relacionadas con el calor no especificadas	10 527 muertes, 70% en varones, 39% en personas ≥ 65 años, tasa de mortalidad por 100 000 aumentando con la edad: 65-74 años: 0,2, 75-84 años: 0,4, ≥85 años: 0,7
11.	2021	Jacobson	Brasil	2000-2017	Personas mayores ≥60 años en 27 ciudades brasileñas	Temp. media diaria	Aumento del riesgo de mortalidad por enfermedades respiratorias en un 27%, total de muertes

							atribuibles al calor 2,8%.
--	--	--	--	--	--	--	----------------------------

Temp. – temperaturas; min. – mínimas; max. – máximas; ECV-enfermedades cardiovasculares; OC – Olas de calor; HWS – sistema de alerta de calor , por sus siglas en inglés *heat warning system*.

4.3. Ingresos hospitalarios

Muchos estudios muestran un impacto sanitario a corto plazo de las olas de calor expresado como un aumento de la morbilidad y un mayor uso de la asistencia sanitaria (Li 2015). La magnitud y la duración de la exposición al calor pueden tener un efecto directo en las hospitalizaciones. En la tabla 4 se presentan las publicaciones seleccionadas que analizan los ingresos en urgencias y en el hospital por causas relacionadas con el calor. En general, durante y después de una ola de calor aumenta el número de visitas a urgencias y hospitalizaciones por diversas razones. Algunos estudios mostraron un aumento del total de ingresos independientemente de la edad, otros indicaron un aumento del riesgo para las personas mayores, mientras que un estudio mostró la mayor tasa de ingresos en urgencias para el grupo de edad de 20 a 49 años (Davis et al. 2018). Los autores de este estudio hablan de un riesgo sorprendentemente menor para las personas mayores y explican que este resultado podría deberse al aislamiento de las personas mayores y al acceso inadecuado a la ayuda inmediata, así como a la limitada percepción de riesgo de los mayores.

El análisis de los indicadores de morbilidad relacionados con el calor podría ser útil para los sistemas de alerta temprana de olas de calor y contribuir al desarrollo de directrices y políticas eficaces en el ámbito de la salud pública. Las cuestiones de salud deberían desempeñar un papel central en las negociaciones sobre el cambio climático (Rosati 2017).

Tabla 4. Ingresos en las salas de emergencia y en los hospitales relacionados con la exposición al calor

No.	Año	Autor	Lugar	Período de investigación	Población del estudio	Criterios relacionados con el calor	Resultados
1.	2014	Bobb et al.	EE.UU.	1990-2010	23.7 millones ≥65 año	Tasa de hospitalización tras 2 días de fiebre alta.	Mayor riesgo de hospitalización debido a: trastornos de líquidos y electrolitos, insuficiencia renal, infección urinaria, septicemia, insolación PERO el riesgo absoluto es pequeño
2.	2015	Ghirardi et al.	Italia	2012	Toda la población	Umbral de temp. 28-29 °C	Aumento de las visitas a urgencias 3,75% por 1 °C, visitas de alta prioridad: niños: 34/10000, 15-64 años 30/10000,

							≥65 años 37/10000
3.	2017	Liss et al.	EE.UU.	1991-2006	Población de Boston	Temperatura nocturna >65,5 °F durante 3 noches consecutivas	701 hospitalizaciones debidas a: agotamiento por calor no especificado, insolación y golpe de calor, agotamiento por calor, anhidrótico
4.	2018	Davis et al.	EE.UU.	2005-2016	Estado de Virginia, 720.000 admisiones analizadas	Temp. >35 °C por 3 días	Aumento de los ingresos totales y de los ingresos de mujeres, hombres, blancos, negros y personas de 20 a 49 años.
5.	2018	Hopp et al.	EE.UU.	1999-2010	23.7 millones, edad ≥65 años.	Temperatura alta durante 2 días consecutivos	Aumento de hospitalizaciones por insolación, desequilibrio electrolítico, edad ≥85 años por agotamiento de volumen, agotamiento por calor.
6.	2018	van Loenhot et al.	Noruega	2002-2007	Población de Norway	Temp. ≥ 21 °C	Aumento de los ingresos en urgencias
7.	2019	Li et al.	EE.UU.	2005-2013	Estado de Nueva York, 416 707 visitas a urgencias analizadas	Día extremadamente caluroso	Mayor riesgo de ingreso por ECV: cardiopatía isquémica el día 1, así como hipertensión y arritmias los días 5 y 6 tras un día caluroso.
8.	2019	Xu et al.	Brasil	2000-2015	1814 ciudades brasileñas	Exposición al calor y hospitalización por desnutrición	15,6% de los casos de desnutrición relacionados con la exposición al calor, mayor riesgo en

							personas de ≥80 años.
9.	2020	O'Lenick et al.	EE.UU	2003-2014	Población de Houston, Texas	Exposición al calor en interiores	Aumento de los ingresos hospitalarios debidos principalmente a enfermedades cardiovasculares

Temp. – temperaturas; ECV – enfermedades cardiovasculares.

5. Efectos del calor en el cuerpo humano

5.1. Reacciones fisiológicas al calor

La fisiología de la termorregulación se ha descrito con detalle en el apartado 4. Los dos principales mecanismos de intercambio de calor entre el cuerpo humano y el entorno son la transpiración (producción y evaporación del sudor) y la dilatación de los vasos sanguíneos de la piel (vasodilatación). El calor afecta a múltiples sistemas orgánicos (presentados en la tabla 5), incluidos los sistemas cardiovascular, respiratorio, gastrointestinal, urinario y nervioso, así como a cada órgano por separado y a la regulación metabólica general. Se pueden encontrar diferencias entre las respuestas al calor y al frío en la literatura (Beker 2018), pero tanto el frío como el calor pueden impactar negativamente en el cuerpo humano.

Tabla 5. Efectos del calor en los sistemas de órganos del cuerpo humano (Osilla 2018)

Sistema orgánico	Efecto del estrés térmico
Cardiovascular	El aumento de la frecuencia cardiaca y del gasto cardiaco supone una carga de trabajo adicional para el corazón. Posible disminución del volumen intravascular
Respiratorio	Hiperventilación, hiperpnea (aumento de la frecuencia respiratoria). En casos graves, la vasodilatación pulmonar puede provocar insuficiencia respiratoria aguda.
Gastrointestinal	Aumento de la permeabilidad de la mucosa intestinal que incrementa el riesgo de hemorragias gastrointestinales e infecciones.
Urinario	Mayor riesgo de insuficiencia renal aguda debido a la depleción de volumen y a la deshidratación, así como al deterioro de la circulación renal. Mayor riesgo de infecciones urinarias.
Sistema central nervioso	El cerebro corre el riesgo de sufrir isquemia o edema
Varios órganos	Riesgo de trombosis y coagulación intravascular diseminada (CID)
Regulación metabólica global	Riesgo de deshidratación, desequilibrio electrolítico incluyendo sodio (hipernatremia, hiponatremia) y potasio (hiperpotasemia, hipopotasemia), desequilibrio de glucosa (hiperglucemia, hipoglucemia), desregulación ácido-base (acidosis metabólica, alcalosis respiratoria).

5.2. Vulnerabilidad al calor y adaptación al sobrecalentamiento

La vulnerabilidad al estrés térmico como fenómeno multifactorial especialmente complejo en las personas mayores se ha descrito con detalle en la sección 4.2. La adaptación fisiológica al calor se entiende como una aclimatación en las personas que permanecen en entornos calurosos durante períodos de tiempo prolongados. Incluye una mayor tasa de sudoración que puede aumentar de un máximo de 1 litro por hora en condiciones normales a 2-3 l/h en individuos aclimatados. Esto es posible gracias a la reducción del umbral de temperatura para la sudoración y al aumento de la sensibilidad y la capacidad de las glándulas sudoríparas. Además, los cambios hormonales en los niveles de renina y aldosterona contribuyen a reducir la concentración de sodio en el sudor y, por tanto, a evitar la pérdida de natrio y la hiponatremia (Tansey 2015). La adaptación conductual desempeña un papel importante en el proceso de aclimatación, ya que abarca actividades intencionadas que modifican el intercambio de calor, como permanecer a la sombra, buscar refugio o beber cantidades adecuadas de agua y electrolitos.

En una revisión publicada por investigadores de Irlanda, los autores mostraron la escasez de artículos científicos sobre la salud por el calor y, al mismo tiempo, el aumento significativo del interés del público por las cuestiones relacionadas con el calor, según el análisis de las tendencias de Google (Paterson 2020). El número de búsquedas en Internet de términos como "golpe de calor" y "agotamiento por calor" estaba estrechamente correlacionado con las temperaturas exteriores y alcanzó valores máximos en el verano de 2018.

Las investigaciones confirman la necesidad de concienciar a la población sobre el problema de la exposición al calor y el sobrecalentamiento. En particular, encontramos un interesante estudio en 10 ciudades de Quebec (Canadá) con más de 3000 participantes (Valois 2017) donde se contactó con los participantes por teléfono y se les preguntó acerca de los siguientes 18 comportamientos adaptativos:

1. Cubrirse la cabeza cuando dé el sol fuerte;
2. Pasarse una esponja o rociarse la cara o el cuello con agua fría;
3. Ducharse o bañarse con más frecuencia de lo habitual;
4. Beber principalmente agua corriente para refrescarte;
5. Consumir alimentos congelados para refrescarse;
6. Nadar en una piscina pública, lago o río para refrescarse;
7. Nadar en una piscina privada para refrescarse;
8. Adoptar conductas preventivas según los boletines meteorológicos en los medios de comunicación o en Internet;
9. Permanecer en casa durante las olas de calor para evitar efectos adversos para la salud;
10. Tener a mano una lista de teléfonos de emergencia;
11. Utilizar el aire acondicionado durante las olas de calor;
12. Utilizar las persianas de las ventanas para bloquear la luz solar fuerte y mantener la casa fresca;
13. Utilizar menos la secadora para reducir las fuentes de calor en casa;
14. Apagar el ordenador cuando no lo utilice para reducir las fuentes de calor en casa;
15. Utilizar menos la estufa para reducir las fuentes de calor en casa;
16. Pasar tiempo en espacios climatizados fuera de casa para refrescarse;
17. Utilizar el balcón para refrescarse por la noche;
18. Utilizar el patio para refrescarse por la noche.

A partir del análisis factorial, se elaboró un índice de adaptación al calor de 12 ítems. El número de ítems finales fue menor que el inicial debido a que algunas de las estrategias mostraban una relación

demasiado alta con otro comportamiento. Los resultados mostraron que los individuos que percibían más efectos adversos del calor sobre la salud, adoptaron más conductas preventivas (Valois 2017).

La vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático pueden percibirse no solo a nivel individual, sino también a nivel poblacional o regional. La Organización Mundial de la Salud (OMS) propone las siguientes definiciones (OMS 2017):

- Vulnerabilidad - Propensión o predisposición a verse afectado negativamente. La vulnerabilidad abarca una serie de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad para hacer frente y adaptarse.
- Adaptación - Proceso de ajuste al clima real o esperado y a sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación busca moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar la adaptación al clima previsto y a sus efectos.

Las evaluaciones de vulnerabilidad y adaptación (V&A) son importantes instrumentos de salud pública para evaluar el impacto multifactorial del cambio climático a nivel nacional y regional (Berry 2018). Las autoridades sanitarias las llevan a cabo a escala local o nacional con el objetivo de identificar e interpretar los datos necesarios para preparar los sistemas sanitarios para los retos del cambio climático. Los objetivos específicos de estos estudios incluyen: dilucidar las asociaciones entre el clima y los resultados de salud (incluidas las poblaciones vulnerables), proporcionar información sobre los riesgos para la salud, identificar las vulnerabilidades en el sistema de atención de la salud, describir las oportunidades para incluir las preocupaciones sobre el cambio climático en las políticas existentes y desarrollar nuevos programas, servir como análisis de referencia para el seguimiento futuro y promover colaboraciones e inversiones para la protección de la salud. En los últimos años, se han realizado 34 V&A del cambio climático, incluyendo 16 dedicados a cuestiones de salud relacionadas con el calor y el frío (Berry 2018).

Otro término importante en el análisis de los efectos relacionados con el calor a nivel de salud pública es la resiliencia, definida como la capacidad del sector sanitario y de las poblaciones para prepararse y responder eficazmente a las crisis. Los requisitos para los estudios sobre el cambio climático incluyen la incorporación de los siguientes temas: 1) indicadores de vulnerabilidad, exposición y riesgo para la salud, 2) indicadores de impactos en la salud de la población y en los sistemas de salud, 3) indicadores de adaptación, resiliencia de los sistemas de salud, coordinación y colaboración con otros sectores. Los indicadores para el seguimiento, la evaluación y el aprendizaje deben ajustarse rápidamente a los cambiantes riesgos ambientales y a los nuevos retos relacionados con las temperaturas extremas y otros problemas del cambio climático. Una revisión de los indicadores de riesgo para la salud y de las estrategias de adaptación desarrolladas por instituciones sanitarias, organizaciones internacionales y coaliciones académicas fue propuesta recientemente por Ebi et al. (2018).

El estudio de Levison et al. analizó los riesgos para la salud en una región geográfica de Simcoe-Muskoka en Ontario, Canadá. Los resultados muestran claramente que la exposición al calor está relacionada con otros procesos de cambio climático y que existen complejas interrelaciones de consecuencias para la salud. Los autores identificaron seis categorías de vulnerabilidades sanitarias sensibles al clima, como se muestra en la figura 3. Desde el punto de vista médico, las posibles consecuencias para la salud de las temperaturas extremadamente altas en esta región incluyen las enfermedades relacionadas con el calor, las enfermedades transmitidas por los alimentos y las enfermedades transmitidas por el agua debido a la contaminación bacteriana, así como las

enfermedades transmitidas por vectores, como las transmitidas por mosquitos y garrapatas (Levison 2018). Las acciones de adaptación propuestas en este estudio incluyen las siguientes:

- Implantación de un sistema de notificación de temperaturas extremas,
- Promoción de políticas públicas saludables,
- Mensajes públicos sobre los impactos en la salud,
- Planificación de la respuesta municipal a las emergencias,
- Acceso y conservación de zonas verdes,
- Vigilancia de las sensibilidades sanitarias y la carga de la enfermedad,
- Inclusión de estrategias de adaptación al calor y al cambio climático en la planificación municipal.

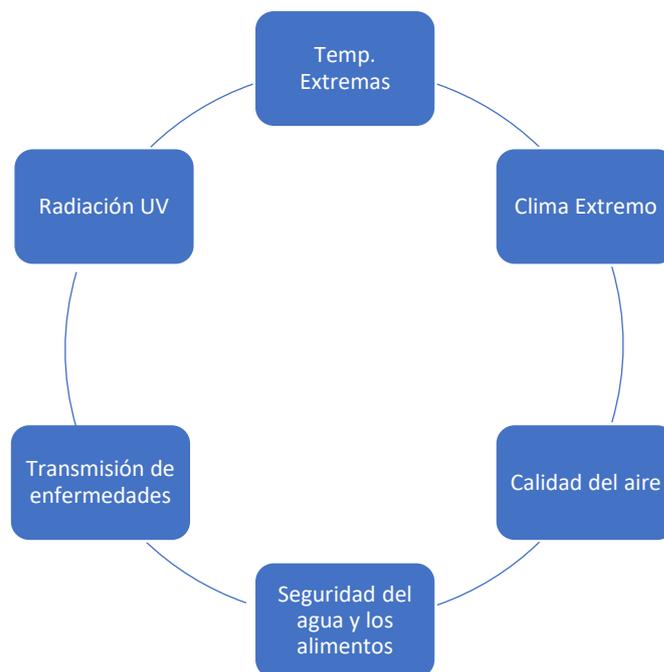


Figura 3. Vulnerabilidades sanitarias relacionadas con la exposición al calor en relación con el cambio climático (adaptado de Levison 2018). Abreviatura: temp. - temperaturas.

A la luz de los análisis globales y los estudios particulares, es necesario considerar la justicia ambiental como un aspecto importante de la exposición al calor excesivo. Debe tenerse en cuenta no solo en los países en desarrollo, donde la pobreza determina muchos de los indicadores de salud de la población, sino también en los países desarrollados con poblaciones relativamente ricas y un buen crecimiento económico. Por ejemplo, un estudio realizado en Portland (Oregón, EE. UU.) demostró que los grupos con una capacidad de adaptación limitada, incluidos los que viven en la pobreza, las poblaciones no blancas y las personas con poca educación, corren un riesgo mucho mayor de sufrir un estrés térmico excesivo (Voelkel 2018). Los impactos del clima extremadamente cálido tienen el potencial de ampliar las disparidades existentes en las poblaciones económicamente desfavorecidas y con problemas de salud. Un estudio realizado en un conjunto de personas mayores de bajos ingresos que viven en viviendas públicas en Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos, mostró que la calidad del sueño

disminuyó en las personas mayores que viven en apartamentos con una temperatura interior más alta debido a la falta de aire acondicionado central (Williams 2019). Un hallazgo adicional interesante de este estudio fue que, a pesar de reportar condiciones de calor, las personas mayores no aumentaron su consumo de agua. Esto demuestra claramente que las campañas de concienciación deberían dedicarse a los residentes de la tercera edad, especialmente en climas históricamente más fríos.

5.3. Síntomas relacionados con el calor

La exposición al calor puede causar una variedad de síntomas que van de leves a graves, siendo el golpe de calor la condición definitiva y potencialmente mortal. La acumulación de calor en el cuerpo es el resultado de una compleja interacción entre la exposición ambiental, las necesidades metabólicas y el deterioro de la eficacia de los mecanismos de intercambio de calor. El mayor riesgo de sufrir síntomas relacionados con el calor se da en los trabajadores al aire libre, los deportistas, el personal militar, las personas mayores y las personas afectadas por enfermedades crónicas. La alta humedad es un factor de riesgo importante, así como la falta de aclimatación (Gauer 2019).

La secuencia de los síntomas relacionados con el calor se presenta en la figura 4 y se describe a continuación (Los síntomas se enumeran siguiendo a Gauer 2019).

- Edema por calor: hinchazón de los tejidos blandos de las extremidades inferiores causada por una fuga vascular relacionada con la dilatación de los vasos de la piel. La intervención incluye la elevación de las extremidades inferiores y el reposo. El diagnóstico diferencial del edema de piernas incluye una serie de condiciones médicas.
- Erupción por calor: pápulas o pústulas rojas en el cuello, los brazos, el tronco y la ingle causadas por la obstrucción de los poros sudoríparos. La intervención incluye la retirada de paños y el enfriamiento por evaporación, se recomienda evitar la aplicación de emolientes tópicos. La infección de la piel es posible y requiere tratamiento.
- Calambres por calor: espasmos musculares asociados al ejercicio. Los posibles mecanismos incluyen el deterioro del control neuromuscular y el desequilibrio de fluidos/electrolitos en los músculos sobrecargados. La intervención incluye la reposición de líquidos y electrolitos, el descanso, la elevación de las piernas, los estiramientos y el masaje.
- Síncope por calor: suele estar asociado al ejercicio. Puede manifestarse como presíncope (casi desmayo) o síncope (desmayo). Los síntomas incluyen: mareo, aturdimiento, reacción ortostática (los síntomas aumentan en la posición de pie debido a la caída de la presión arterial), desmayo, pérdida transitoria de la conciencia. Los síntomas siguen directamente al cese de la actividad física. Los mecanismos fisiopatológicos incluyen: vasodilatación periférica profunda, agotamiento del volumen sanguíneo, disminución del tono vasomotor que da lugar a una presión arterial baja. La intervención incluye el reposo en posición supina, la elevación de las piernas, el enfriamiento por evaporación y la administración de líquidos por vía oral o intravenosa (rehidratación). En caso de factores de riesgo cardiovascular conocidos o si los síntomas persisten en un individuo sano, es necesario realizar una evaluación médica adicional.
- Agotamiento por calor: estado de disfunción termorreguladora moderada. Los síntomas incluyen debilidad, fatiga, taquicardia (frecuencia cardíaca >100/min.), presión arterial baja, piel fría y húmeda, náuseas y vómitos, diarrea, síncope. La temperatura central se eleva a 38-40 °C (se recomienda la medición rectal, otras opciones son la medición de la temperatura oral o del oído (timpánica). Los mecanismos que conducen al agotamiento por calor incluyen la hipovolemia (bajo volumen de líquido en los vasos sanguíneos), la hipotensión (baja presión sanguínea), la constricción de los vasos de la piel y de los órganos internos para mantener la volemia, el daño temprano de los órganos. Los tratamientos incluyen reposo en posición

supina con elevación de las piernas, rehidratación intravenosa y oral, observación y monitorización prolongadas.

- Golpe de calor: estado de disfunción termorreguladora grave. Los síntomas incluyen alteración del estado mental, pérdida de conciencia, coma, convulsiones, taquicardia (frecuencia cardíaca $>100/\text{min.}$), hipotensión (presión arterial sistólica $<90 \text{ mmHg}$), hiperventilación e hiperpnea (frecuencia respiratoria $>25/\text{min}$), la piel puede estar húmeda o seca, la temperatura central se eleva por encima de los 40°C (se recomienda la medición rectal, otras opciones incluyen la medición de la temperatura oral o del oído (timpánica)). La fisiopatología incluye una respuesta inflamatoria sistémica aguda, fuga de endotoxina, muerte celular, disfunción multiorgánica. El tratamiento incluye el ingreso inmediato en el hospital, el manejo de las vías respiratorias, la respiración y la circulación según los protocolos y las directrices de reanimación, la monitorización constante, la rehidratación intravenosa, la inmersión en agua fría o en agua helada y el tratamiento especializado.

En todos los casos, la primera acción en el tratamiento de los síntomas relacionados con el calor es apartar al individuo afectado del calor.

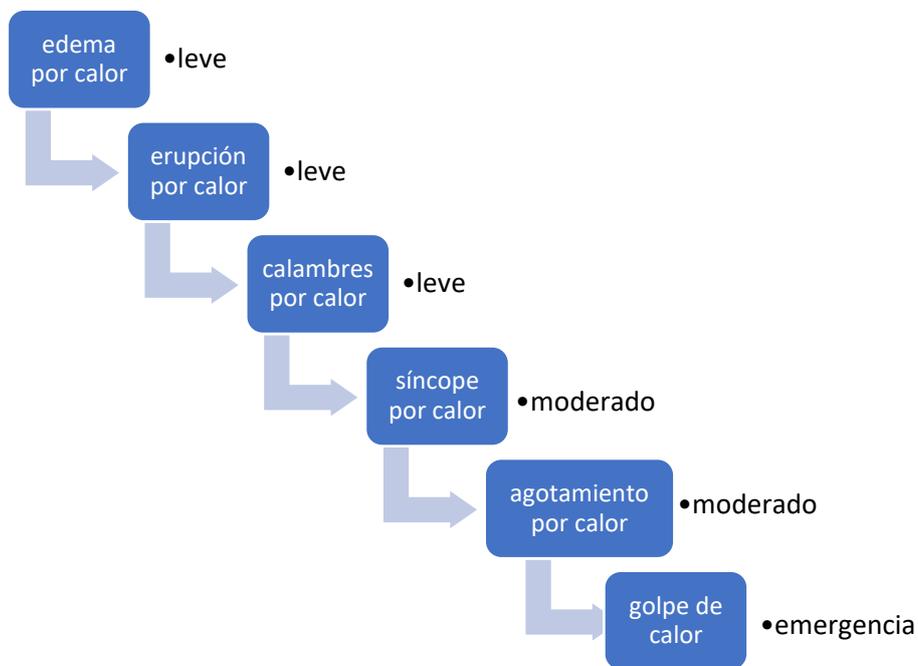


Figura 4. Síntomas relacionados con el calor (adaptado de Gauer 2019)

Otra manifestación bastante común del exceso de calor relacionado con la exposición solar es la quemadura solar definida como una piel dolorosa, roja y caliente con posibles ampollas. El tratamiento de esta condición incluye mantenerse alejado del sol y la aplicación tópica de lociones hidratantes.

El diagnóstico diferencial de los síntomas relacionados con el calor requiere una evaluación cuidadosa, especialmente en las personas mayores y en caso de multimorbilidad, ya que el cuadro clínico puede ser borroso y los síntomas causados por el sobrecalentamiento pueden solaparse con otros hallazgos patológicos. Un ejemplo de desafío diagnóstico puede ser la debilidad y la sensación de agotamiento o el síncope durante una ola de calor. Los síntomas pueden deberse directamente a la exposición al calor o a la deshidratación, pero también pueden acompañar a dolencias como la arritmia, la

hemorragia interna o la infección. En caso de duda diagnóstica, se justifica la observación prolongada, la monitorización y los procedimientos de diagnóstico adicionales. La presentación clínica de la hipertermia puede incluir una alteración del estado mental. En estos casos, el diagnóstico diferencial debe abarcar las siguientes entidades clínicas: afecciones asociadas a las drogas y el alcohol, infecciones, incluidas las neuroinfecciones, afecciones neurológicas (ictus), tromboembolismo venoso y trastornos endocrinos (Gauer 2019).

5.4. Enfermedades relacionadas con el calor

Las enfermedades relacionadas con el calor (HRI, por sus siglas en inglés *heat related illnesses*) son un espectro de afecciones y tienen el mismo significado que los síntomas relacionados con el calor, pero se utilizan con más frecuencia para describir las consecuencias de la exposición al calor en el contexto de la evaluación médica y la salud pública. Se han dedicado muchos estudios a los efectos de la exposición profesional al calor en personas que trabajan al aire libre en entornos calurosos. La noción general es que las enfermedades relacionadas con el calor están subestimadas y subdiagnosticadas. A continuación, se resumen algunos de los resultados de investigaciones recientes.

Los trabajadores de la caña de azúcar en Tailandia trabajan a alta intensidad porque la caña de azúcar debe cortarse rápidamente en el momento de máxima madurez durante la temporada de cosecha (Boonruksa 2020). Se examinaron dos grupos de trabajadores: cortadores de caña de azúcar que trabajan al aire libre en los campos (N=90, 58,9% hombres) y empleados de fábricas de caña de azúcar (N=93, 94,6% hombres). La exposición al calor ambiental se evaluó mediante la temperatura de bulbo húmedo, TBH (descrita en la sección 3.1, tabla 1). Se realizaron varias mediciones fisiológicas durante el turno de trabajo, incluyendo la presión arterial, la frecuencia cardíaca y la temperatura. Además, se realizó un análisis de muestras de orina y se pidió a los trabajadores que realizaran una encuesta sobre los síntomas relacionados con el calor. Después de un turno de trabajo, se encontraron signos de tensión por calor en los cortadores de caña de azúcar: la temperatura aumentó en 0,5 °C, la presión arterial sistólica y la frecuencia cardíaca aumentaron. Además, la mitad de los trabajadores al aire libre estaban deshidratados después del turno, en comparación con uno de cada siete antes del turno, según la medición de la densidad de la orina. Casi todos los cortadores de caña de azúcar experimentaron debilidad/fatiga y sudoración intensa, mientras que más de la mitad informaron de dolor de cabeza, calambres musculares y erupciones cutáneas. La prevalencia de los síntomas fue significativamente mayor en los trabajadores al aire libre que en los de la fábrica.

Un estudio interesante, aunque limitado por el reducido número de participantes, se llevó a cabo entre trabajadores agrícolas hispanos en Iowa, Estados Unidos (Culp 2019). Se encuestó a un grupo de 148 trabajadores estacionales sobre los síntomas de HRI (siglas en inglés, *Heat Related illnesses*, enfermedades relacionadas con el calor) y 20 participantes se sometieron a pruebas de campo repetidas con el uso de sensores portátiles de monitorización multiparamétrica (MPMWS, siglas en inglés *multi-platform Mann–Whitney statistics*) que permitían calcular la puntuación de intensidad física (PI). El síntoma más importante fue la sed extrema, declarada por uno de cada cinco trabajadores, mientras que menos del 10 por ciento de los participantes declararon tener calambres musculares y sentirse mareados durante el trabajo. Las pruebas de campo revelaron un aumento de la temperatura, la frecuencia cardíaca y la frecuencia respiratoria en los trabajadores de alta intensidad. Curiosamente, el estudio mostró una taquicardia significativa (frecuencia cardíaca superior a 115/min) en tres participantes, una situación que podría requerir una consulta médica. Además, se demostró un consumo relativamente alto de pastillas saladas, bebidas carbonatadas y bebidas deportivas por parte de los trabajadores agrícolas. Los autores concluyeron con implicaciones para que los profesionales de la salud laboral desarrollen estrategias para prevenir la HRI en la práctica.

Recientemente se llevó a cabo en Eslovenia un estudio sobre los efectos de una ola de calor simulada en la productividad laboral y la tensión fisiológica (Ioannou 2021). Siete hombres realizaron turnos de trabajo durante 10 días experimentando tres olas de calor en un entorno controlado en el Centro Deportivo Olímpico de Planica. La tensión relacionada con el calor expresada en múltiples parámetros aumentó, así como el número de errores cometidos por los sujetos. Curiosamente, los trabajadores mostraron adaptaciones tempranas en el segundo y tercer día de la ola de calor. El estrés térmico provocó un mayor número de descansos no planificados por parte de los participantes y los autores interpretan este hallazgo como una termorregulación del comportamiento.

En abril de 2010, la plataforma petrolífera Deep Water Horizon de BP explotó cerca de la costa de Luisiana (EE.UU.), provocando el mayor vertido de petróleo de la historia de Estados Unidos. La respuesta a la catástrofe fue dirigida por los guardacostas de EE.UU. con la participación de 47 mil socorristas y los esfuerzos más intensos tuvieron lugar durante el verano de 2010, considerado uno de los más calurosos del siglo. Un estudio evaluó los síntomas relacionados con el calor en 3.648 socorristas (84% hombres) que estuvieron expuestos al estrés térmico (Erickson 2018). La exposición al calor se basó en las mediciones de la temperatura global del bulbo húmedo (TBH) y del índice de calor (HI) (véase la sección 3.1, tabla 1 para la explicación). Los síntomas relacionados con el calor se correlacionaron con la intensidad de la exposición al calor y los resultados fueron similares para las métricas TBH y HI. Los encuestados que utilizaron equipos de protección personal (EPP) informaron de una mayor prevalencia de síntomas relacionados con el calor. En conclusión, los autores recomiendan el perfeccionamiento imperativo de las directrices de protección existentes y sugieren la introducción de directrices basadas en la temperatura, como el TBH y el HI, para proporcionar medidas de seguridad óptimas a los intervinientes en catástrofes.

El verano de 2018 fue el más caluroso en más de un siglo en Corea. Se realizó una investigación con 1000 coreanos adultos, de los cuales el 24,8% tenía 60 años o más, para evaluar los síntomas autodeclarados en correlación con el uso del aire acondicionado (Lee 2020). La mitad de los encuestados informaron de problemas de salud inducidos por la ola de calor y los más frecuentes fueron los trastornos del sueño, los trastornos gastrointestinales, los problemas de la piel y los trastornos neurológicos. Sólo el 4,3% de los participantes faltó a la escuela o al trabajo, pero el 51,3% canceló sus citas debido al calor. El uso del aire acondicionado se correlacionó con una menor prevalencia de algunos de los problemas de salud, como los trastornos neurológicos y cardiovasculares, pero contribuyó a aumentar la frecuencia de la "condicionitis", definida como los siguientes síntomas durante o después del uso del aire acondicionado: dolor de cabeza, mialgia, sequedad de las membranas mucosas del ojo, la nariz, la boca o la garganta.

Los ejemplos de estudios presentados anteriormente indican que el estrés relacionado con el calor está presente en varios entornos: el lugar de trabajo, el hogar y las situaciones extremas. El estudio de las complejas relaciones entre la exposición al calor y las dolencias de salud es valioso para el desarrollo de estrategias más eficaces para prevenir las consecuencias para la salud del golpe de calor.

5.5. Comorbilidades

El estado de salud general y las enfermedades crónicas son factores importantes que influyen en la susceptibilidad individual a los efectos nocivos de la exposición al calor. En las personas con enfermedades crónicas o con una baja reserva funcional asociada a la edad avanzada, el estrés térmico se presentará muy probablemente como una exacerbación de las enfermedades crónicas o de los estados agudos de la enfermedad, por ejemplo, caídas, deshidratación y desequilibrio electrolítico, en lugar de los síntomas relacionados con el calor descritos anteriormente (sección 6.3). La multimorbilidad es característica de las personas mayores y, en esta población, las secuelas del golpe

de calor dependen de complejas cuestiones sanitarias, sociales, organizativas y ambientales que se describen en detalle en la sección 4.2.

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) son la principal causa de morbilidad y mortalidad en todo el mundo e incluyen principalmente: la hipertensión arterial (HTA), el síndrome coronario crónico (SCC), el infarto de miocardio (IM), la insuficiencia cardíaca crónica (IC) y las enfermedades cerebrovasculares, incluido el ictus. La relación entre las ECV y las enfermedades relacionadas con el calor puede considerarse una influencia recíproca. Las personas con ECV son más propensas a los efectos nocivos del calor debido al deterioro de la función cardíaca y la circulación sanguínea, es decir, desarrollarán síntomas relacionados con el calor antes que los individuos sanos. Por otra parte, el estrés térmico puede inducir una exacerbación de las ECV que se manifiesta en forma de hipertensión grave o insuficiencia cardíaca aguda. En las tablas 3 y 4 se presentan ejemplos de estudios que evalúan los efectos de la exposición al calor sobre la mortalidad (Percic 2018, Pfeifer 2018) y los ingresos hospitalarios por ECV (Li 2019, O'Lenick 2020), respectivamente (secciones 5.2, y 5.3).

Científicos canadienses presentaron un útil análisis del riesgo relativo (RR) u *odds ratio*(OD) para los ingresos hospitalarios y la mortalidad comparando la ola de calor y las condiciones normales (Kenny 2010). Se encontró un mayor riesgo para las enfermedades respiratorias, las ECV, la diabetes, la hipertensión, la obesidad y el aumento de la edad. El factor de riesgo más importante entre las características sociales era vivir solo.

Un estudio comunitario llevado a cabo en Detroit, Michigan, EE.UU., examinó los antecedentes de enfermedades relacionadas con el calor en relación con la salud autodeclarada (SSR), el aire acondicionado (AC) y diversos factores del entorno construido (Cardoza 2020). Los residentes con una SSR pobre/precaria sufrían de HRI con una frecuencia significativamente mayor que los que tenían una SSR buena/excelente (OR = 3,15), al igual que los que no utilizaban CA (OR 10,39). Curiosamente, el estudio encontró una serie de factores de confusión relacionados con las características de la vivienda y del barrio. Por lo tanto, es importante recordar que las medidas objetivas de salud (número y tipo de enfermedades crónicas diagnosticadas por los profesionales de la salud), así como la evaluación subjetiva de la propia salud, pueden influir en la susceptibilidad a los efectos nocivos de las altas temperaturas ambientales.

El cambio climático y el calentamiento global pueden influir en la salud respiratoria y contribuir a las infecciones bacterianas y virales del tracto respiratorio (Mirzaei 2016). Aunque la gripe y la neumonía bacteriana son más frecuentes en los meses de invierno, se ha demostrado que las oscilaciones significativas de la temperatura durante otras estaciones pueden aumentar el riesgo. Los brotes de gripe son más graves después de los inviernos suaves. El aumento de las temperaturas también puede facilitar el crecimiento de los vectores animales necesarios para la transmisión de algunas enfermedades, como la leptospirosis. Los cambios de temperatura suelen ir acompañados de cambios en la humedad, las precipitaciones y la contaminación del aire, y todos estos factores pueden estar relacionados con la vulnerabilidad del sistema respiratorio. Por ejemplo, la incidencia de casos humanos de gripe aviar se relacionó con los cambios en la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en el aire (Mirzaei 2016). Las complejas relaciones mencionadas demuestran que los efectos de las olas de calor abarcan una amplia gama de consecuencias potencialmente imprevisibles y van mucho más allá del estrés relacionado con el calor. El calentamiento global debe interpretarse en el contexto más amplio del cambio climático y su influencia en el ecosistema terrestre.

La enfermedad renal crónica (ERC) se está convirtiendo en uno de los principales problemas de salud de las personas mayores y suele acompañar a la HTA, la diabetes y la obesidad. Además, las personas no suelen ser conscientes del deterioro de la función renal, a pesar de que éste puede revelarse

fácilmente mediante análisis de sangre (creatinina sérica). La disminución de la reserva renal relacionada con la edad y la reducción de la tasa de filtración glomerular (TFG) hacen que los riñones sean especialmente susceptibles a las disfunciones relacionadas con el calor. En los adultos, una rehidratación inadecuada durante el trabajo en exteriores puede ser un factor de riesgo importante para la pérdida progresiva de la función renal. Aunque los mecanismos que conducen a la ERC son multifactoriales, las soluciones para el cribado y la protección de la función renal podrían ser similares para las poblaciones más jóvenes y las de mayor edad, y son de especial importancia a la luz del cambio climático (Flatharta 2019).

Un estudio de muestra longitudinal en Taiwán mostró un mayor riesgo de desarrollar ERC en pacientes que sufrieron un golpe de calor (Tseng 2020). Durante el período de observación de 13 años, el riesgo de ERC y el riesgo de ERC terminal aumentaron significativamente en comparación con el grupo de control, según se calculó con cocientes de riesgo (HR=4,346 y HR=9,078, respectivamente). Los autores concluyen que la ERC relacionada con las lesiones por calor puede ser una de las futuras epidemias debidas al calentamiento global. Otro estudio realizado en Taiwán que incluía la observación a largo plazo (14 años) de pacientes que sufrieron enfermedades relacionadas con el calor mostró un aumento significativo del riesgo de ERC, así como de ECV, incluidos el infarto de miocardio y el accidente cerebrovascular isquémico (Wang 2019). Podría concluirse que las olas de calor pueden dar lugar no solo a síntomas agudos tras la exposición directa al calor, sino que también pueden contribuir a cambios progresivos a largo plazo en la función de los sistemas de órganos, específicamente el sistema cardiovascular y los riñones.

La diabetes, como trastorno metabólico más prevalente relacionado con el control de la glucemia, aumenta el riesgo de enfermedades relacionadas con el sobrecalentamiento durante las olas de calor. La disminución de la capacidad para disipar el calor está relacionada con un menor flujo sanguíneo de la piel y una respuesta inadecuada de la sudoración (Kenny 2016). Uno de los mecanismos que conducen al deterioro de la termorregulación es la neuropatía diabética, la complicación más común de la diabetes a largo plazo, que se manifiesta como un daño a los nervios periféricos causado por los altos niveles de glucosa. Las alteraciones en la regulación del flujo sanguíneo de la piel pueden deberse a múltiples factores relacionados con la disfunción del endotelio vascular, el nivel celular interno de los vasos sanguíneos que libera sustancias vasoactivas que controlan la dilatación de los vasos sanguíneos. No obstante, los autores subrayan que aún quedan por dilucidar los mecanismos específicos que subyacen a las alteraciones del intercambio térmico en la diabetes (Kenny 2016). Cabe destacar que las personas con diabetes son más propensas a desarrollar eventos cardiovasculares durante la exposición excesiva al calor. Por otra parte, es bien sabido que el ejercicio físico regular y el mantenimiento de la aptitud aeróbica ayudan a los individuos diabéticos a lograr efectos metabólicos beneficiosos y, en cierta medida, a desarrollar resiliencia contra los factores de estrés ambiental.

Las hormonas tiroideas desempeñan un papel importante en el mantenimiento del equilibrio metabólico y la producción de energía. Por lo tanto, los cambios en el nivel de hormonas tiroideas pueden afectar en cierta medida al proceso de termorregulación. En la práctica clínica, el hipertiroidismo leve o moderado (aumento de los niveles de hormonas tiroideas) y el hipotiroidismo (disminución de los niveles de hormonas tiroideas) pueden causar una menor tolerancia a los cambios de temperatura ambiental, pero no causan problemas graves de termorregulación. Sin embargo, en casos de disfunción tiroidea grave, puede producirse hipertermia en pacientes con crisis hipertiroides (tormenta tirotóxica), y la hipotermia puede asociarse a un hipotiroidismo grave. Estos raros casos requieren una hospitalización de emergencia y cuidados intensivos.

5.6. Exposición al calor y medicamentos

Los grupos más comunes de medicamentos utilizados frecuentemente en el tratamiento de enfermedades crónicas que podrían aumentar el riesgo de enfermedades relacionadas con el calor incluyen (Gauer 2019):

- Anticolinérgicos
- Antidepresivos
- Antihistamínicos
- Antipsicóticos
- Betabloqueadores
- Benzodiazepinas
- Bloqueadores de los canales de calcio
- Diuréticos
- Laxantes
- Neurolépticos

Además, el alcohol, las anfetaminas y las drogas ilícitas pueden tener efectos nocivos sobre el riesgo relacionado con el calor.

Hay varias formas en las que los medicamentos pueden predisponer a las personas con enfermedades crónicas a las complicaciones relacionadas con el calor (Layton 2020). Las respuestas termorreguladoras pueden verse alteradas por medicamentos que actúan en el cerebro (antidepresivos, antipsicóticos, neurolépticos, benzodiazepinas), así como por los que afectan al sistema nervioso autónomo (betabloqueantes). Los medicamentos con propiedades anticolinérgicas (que suprimen la transmisión de la acetilcolina en el sistema nervioso), incluidos los antihistamínicos, pueden alterar la reacción fisiológica al calor. Varios grupos de medicamentos pueden interferir en el equilibrio de líquidos y electrolitos (diuréticos y laxantes). Además, muchas sustancias pueden alterar los procesos cognitivos y causar sedación, ralentizando las reacciones al calor ambiental (benzodiazepinas, alcohol y drogas ilícitas).

Varios centenares de medicamentos tienen propiedades fotosensibilizantes y pueden causar reacciones adversas cutáneas, por ejemplo, enrojecimiento de la piel, hinchazón, ampollas, picor, hiperpigmentación tras la exposición a la luz solar (algunos antibióticos, diuréticos y preparados botánicos). La fotosensibilidad inducida por medicamentos se debe a la fotoalergia y a la fototoxicidad (Kowalska 2021). Las personas que toman medicamentos para enfermedades crónicas deben evitar la exposición directa a la luz solar y pueden beneficiarse de la lectura cuidadosa de los prospectos de los medicamentos, así como de la consulta a sus proveedores de atención médica.

En el estudio de Layton et al., se siguieron durante 5 años las historias clínicas de más de 377 mil personas mayores (≥ 65 años) dados de alta del hospital y se identificaron hospitalizaciones posteriores relacionadas con el calor en verano en 9721 casos (2,6%). Durante las olas de calor, hubo un aumento del 21-33% en la tasa de hospitalizaciones de personas mayores con enfermedades crónicas, pero no se encontraron correlaciones directas con sus regímenes de medicación. Sin embargo, varias clases de medicamentos se relacionaron con una mayor frecuencia de hospitalizaciones durante el verano, incluso en periodos sin olas de calor; por ejemplo, el uso de diuréticos se asoció con hospitalizaciones en personas con demencia o insuficiencia cardíaca. Los autores se refirieron a estos medicamentos como "sensibilizadores al calor" (Layton2020).

Se realizó una encuesta a casi quinientas personas de edad ≥ 65 años después de una ola de calor masiva que ocurrió en 2009 en Australia (Nitschke 2013). Tres de cada cuatro participantes tomaban

medicamentos de forma regular y uno de cada cuatro evaluaba su salud como regular o mala. Los factores asociados con los resultados de la salud por el calor incluían medicamentos para las siguientes condiciones: salud mental, insuficiencia cardíaca, diabetes y salud respiratoria. Además, el estado de salud regular o malo, el sexo femenino y el uso de ayudas para la movilidad aumentaron el riesgo de padecer el calor.

Los estudios mencionados indican que el estado de la medicación debe incluirse siempre cuando se intente analizar la posible vulnerabilidad al calor. La aplicación de la atención farmacéutica proporcionada por los farmacéuticos y definida como la evaluación directa y completa de las necesidades de medicación y la calidad de vida tiene la máxima prioridad en la salud pública. La participación de los farmacéuticos puede desempeñar un papel importante en la evaluación de los riesgos relacionados con la exposición al calor en personas con enfermedades crónicas y regímenes de medicación complicados.

5.7. Exposición al calor y el cerebro

Como se ha mencionado anteriormente, el hecho de vivir solo y el aislamiento social contribuyen a aumentar el riesgo de exposición al calor y a retrasar la respuesta a los síntomas relacionados con este, especialmente en poblaciones vulnerables como las personas mayores, con discapacidades funcionales o enfermedades neurológicas. Diversas enfermedades neurológicas pueden aumentar el riesgo relacionado con el calor, como las discapacidades funcionales posteriores a un accidente cerebrovascular, la enfermedad de Alzheimer y otros tipos de demencia, la enfermedad de Parkinson y la esclerosis múltiple. Los mecanismos fisiopatológicos incluyen la inestabilidad del sistema nervioso autónomo, la alteración de los mecanismos de termorregulación central y periférica, la alteración de la sudoración, el deterioro de la sensación térmica, la hipotensión postural (ortostática), los trastornos previos del equilibrio y la marcha, el deterioro cognitivo, los problemas de comportamiento y la disminución de la capacidad para realizar las actividades cotidianas.

Las olas de calor pueden tener un efecto negativo y prolongado sobre el estado mental, sin embargo, los estudios dedicados exclusivamente a las consecuencias psicológicas de la exposición al calor son escasos, especialmente en Europa. Se realizó una revisión sistemática de 17 estudios para evaluar la prevalencia y las causas de los problemas de salud mental en la población expuesta a fenómenos meteorológicos extremos en el Reino Unido (Cruz 2020). Aunque sólo una de las publicaciones analizadas estaba directamente relacionada con la exposición al calor y la mayoría describía las consecuencias psicológicas de las inundaciones, puede ser interesante reconocer los resultados como una manifestación de las reacciones humanas al clima extremo. Los trastornos más prevalentes fueron la ansiedad (19,8%), la depresión (21,3%) y el trastorno de estrés postraumático, TEPT (30,4%). Estas dolencias pueden afectar potencialmente a las personas expuestas a temperaturas extremas, ya que las olas de calor se asocian a menudo con inundaciones y otros acontecimientos intempestivos.

Un estudio realizado en más de 500 pacientes de atención primaria en Wisconsin, Estados Unidos, mostró que los pacientes expresaban frecuentemente su preocupación por el cambio climático y este hallazgo se correlacionaba con la disforia experimentada por el 22,5% de la población encuestada (Temte 2019). Un grupo de Australia y China llevó a cabo una revisión sistemática y un meta-análisis circunscrito a las altas temperaturas ambientales y las olas de calor y su relación con los problemas de salud mental, e incluyó el análisis de 57 artículos (Liu 2021). Este enorme análisis incluyó 1,9 millones de casos de morbilidad en salud mental y 1,7 millones de casos de mortalidad relacionados con la salud mental. Se encontró una asociación positiva entre el aumento de las temperaturas y el suicidio, así como las visitas a los servicios de urgencias de salud mental. Las personas con trastornos mentales y conductuales subyacentes mostraron una mayor vulnerabilidad durante el calor extremo.

Un grupo internacional de autores observó que el autoaislamiento debido a las restricciones relacionadas con la pandemia COVID-19 puede aumentar significativamente el riesgo de estrés relacionado con el calor en pacientes con afecciones neurológicas (Buoite Stella 2020). Propusieron un protocolo para la prevención de los síntomas relacionados con el calor que incluía la recogida de datos fisiológicos y ambientales a través de un sistema de e-salud y la teleasistencia en caso de aumento del riesgo relacionado con el calor.

6. El calor y el ejercicio

El ejercicio provoca un aumento de la temperatura central del cuerpo y, cuando se realiza en un entorno caluroso, puede suponer un serio desafío para los mecanismos de termorregulación. El ejercicio durante el calor provoca una menor capacidad de esfuerzo y una fatiga más temprana. Se produce un conflicto circulatorio entre los músculos y el lecho vascular de la piel, porque durante el ejercicio una vasoconstricción de los vasos que conducen a órganos distintos de los músculos esqueléticos proporciona el máximo flujo sanguíneo al tejido muscular activo y, por el contrario, la vasodilatación de la piel es necesaria para un intercambio de calor eficiente (Tansey 2015). El entrenamiento regular junto con la aclimatación puede mejorar la respuesta del sistema cardiovascular al ejercicio en el calor y aumentar el rendimiento. Estos mecanismos de adaptación se desarrollan con el tiempo, por lo que iniciar un programa de ejercicio durante el calor está contraindicado.

El control termorregulador en las personas mayores puede ser menos eficiente que en las poblaciones más jóvenes. Las personas mayores tienen una menor capacidad de pérdida de calor por evaporación debido a la alteración de la morfología y la función de las glándulas sudoríparas. Además, el inicio de la sudoración a la temperatura central puede retrasarse y la tasa de sudoración local puede disminuir en respuesta al ejercicio. El deterioro de la respuesta vascular cutánea es otro factor que limita la capacidad de las personas mayores para contrarrestar las consecuencias del sobrecalentamiento. El mecanismo propuesto es la disminución de la sensibilidad del sistema colinérgico de vasodilatación activa. Además, las personas mayores tienen un menor gasto cardíaco en respuesta al ejercicio y una menor capacidad de redistribución eficaz del flujo sanguíneo entre los órganos internos y la piel. Todo lo anterior puede conducir a la acumulación de calor corporal y al aumento de la temperatura corporal central hasta niveles peligrosos. La baja ingesta de líquidos y la deshidratación pueden exacerbar los efectos perjudiciales del calor combinado con el ejercicio o la actividad física en las personas mayores. Aunque la actividad física se promueve como un componente importante de un estilo de vida saludable, no existen recomendaciones de salud pública para las personas mayores sobre la realización de actividades físicas en el calor. Los estudios de investigación demuestran que el ejercicio regular puede prevenir el deterioro del control termorregulador asociado a la edad. Las personas mayores que están en forma mantienen una producción de glándulas sudoríparas más eficiente que las personas que no están en forma, y este hallazgo es importante teniendo en cuenta que 1 gramo de sudor libera 2426 J de energía térmica en el proceso de evaporación. Las personas mayores habitualmente activas pueden alcanzar un nivel de aclimatación similar al de las personas más jóvenes. (Balmain 2018).

En los individuos mayores con enfermedades crónicas, el control termorregulador y la eficacia del proceso de intercambio de calor pueden estar deteriorados debido a múltiples factores. Es importante recordar que la mayoría de las personas de 65 años o más tienen al menos una enfermedad crónica y muchas sufren varias enfermedades. La multimorbilidad está casi siempre asociada a la polifarmacia. Las enfermedades crónicas pueden disminuir la reacción fisiológica al estrés térmico y la exposición al calor puede aumentar el riesgo de exacerbaciones y complicaciones de la enfermedad, así como los efectos secundarios de la medicación y las interacciones entre medicamentos. Los estudios sobre personas con insuficiencia cardíaca mostraron un mayor riesgo de enfermedades relacionadas con el

calor. Una de las posibles razones es el deterioro del flujo sanguíneo de la piel, que limita el intercambio de calor. Los pacientes que padecen enfermedades pulmonares, incluida la enfermedad pulmonar obstructiva crónica más prevalente, también tienen un mayor riesgo de padecer HRI (Balmain 2018). Un ejemplo de la diabetes se analizó anteriormente en la sección 6.5. Por lo tanto, es aconsejable que las personas mayores con enfermedades crónicas disminuyan en cierta medida su actividad física durante la ola de calor y se mantengan alejadas del calor exterior e interior. Sin embargo, no basta con prevenir los síntomas relacionados con el calor, ya que la multimorbilidad hace que sean susceptibles a los efectos nocivos del calor de muchas maneras. La prevención de la deshidratación y el desequilibrio electrolítico debe considerarse una prioridad en este grupo.

Existen varias definiciones de hipertermia, puede describirse como el aumento de la temperatura corporal por encima de un determinado punto cuando los mecanismos de disipación del calor están deteriorados, o de un determinado nivel, por ejemplo, $\geq 40,5$ °C (hipertermia grave), o >37 °C en reposo y >38 °C durante el ejercicio de intensidad moderada (Beker 2018, Douzi 2020). En los atletas, un aumento de la temperatura muscular puede mejorar la potencia muscular durante el ejercicio de corta duración, pero este efecto no se observa si el ejercicio se repite, por lo que la hipertermia tiene un efecto negativo en el rendimiento. Además, una temperatura ambiental elevada puede perjudicar las funciones cognitivas como la memoria, la atención, la vigilancia y los tiempos de reacción. Un menor rendimiento cognitivo podría deberse a cambios transitorios en el suministro de oxígeno al cerebro y a anomalías en los neurotransmisores (Douzi 2020).

Se llevó a cabo un interesante estudio en mujeres de ≥ 70 años tras una breve exposición de 1 hora a temperaturas interiores de 20 °C y 30 °C (Stotz 2014). Se tomaron mediciones repetidas de la presión arterial y las participantes realizaron una prueba de 6 minutos de caminata. Las mujeres que permanecieron en condiciones de mayor calor experimentaron una mayor caída de la sangre sistólica y tuvieron una menor capacidad aeróbica. Los autores concluyen que estos resultados deben tenerse en cuenta a la hora de recomendar el ejercicio a las personas mayores en los meses de verano.

7. Percepción del riesgo de calor

El cambio climático, con temperaturas extremas y olas de calor más largas en lugares tradicionalmente más fríos, es un reto dinámico para los individuos, las sociedades y los gobiernos. Las enfermedades relacionadas con el calor pueden evitarse en gran medida si se proponen y aceptan medidas de protección adecuadas. Por lo tanto, la percepción del riesgo parece un requisito previo inevitable para la introducción eficaz de normas de comportamiento durante las olas de calor. Es especialmente importante en las grandes ciudades, donde las ICUs pueden aumentar los riesgos del calor y la vida de la ciudad puede estar regulada en cierta medida por las medidas públicas de adaptación al calor. Varios estudios abordaron esta cuestión en el contexto de los habitantes de las ciudades, así como en el eje paciente-sistema sanitario.

Se pidió a los ciudadanos urbanos de Augsburgo (Alemania) que participaran en una encuesta en línea para evaluar su percepción del riesgo térmico (Beckman 2020), que se relacionó con el nivel de conocimiento de los riesgos térmicos, la sensibilidad subjetiva al riesgo térmico y el locus de control externo, definido como la medida en que un individuo piensa que todo lo que sucede en su vida depende del destino o la suerte, o está bajo el control de otros. No se encontró ninguna asociación con la percepción del riesgo de calor para factores como el género, los ingresos, la educación, el hecho de vivir solo y las enfermedades crónicas. Los más jóvenes tuvieron la mayor percepción de riesgo por calor y, por tanto, los autores concluyen que las personas mayores son un grupo objetivo importante en la comunicación del riesgo por calor.

El Departamento de Medicina Familiar de la Universidad de Wisconsin (EE.UU.) realizó un interesante estudio. Se preguntó a los pacientes de las clínicas de salud comunitarias y a los médicos sobre el cambio climático y la salud en el ámbito de la medicina familiar (Boland 2019). Entre los pacientes, el 95% creía que el cambio climático está ocurriendo, el 57% estaba convencido de que está afectando a su comunidad y el 44% estaba de acuerdo con que tiene impacto en la salud de la comunidad. Los pacientes expresaron su confianza en sus médicos con respecto a la salud ambiental. Entre los médicos de familia encuestados, el 98% confirmó creer en el cambio climático, el 89% ha visto sus efectos en sus comunidades y el 64% informó de que afectaba a la salud de sus pacientes. Además, el 33% de los médicos consideraba que estaba bien informado sobre el cambio climático, pero sólo el 17% se sentía cómodo asesorando a los pacientes sobre la salud en el contexto del mismo. Los autores subrayan las oportunidades que tienen los médicos de familia para educar a los pacientes en el ámbito de la atención primaria.

Otro estudio realizado en el mismo entorno universitario, incluyó a más de 500 pacientes de las clínicas de atención primaria (Temte 2019). Los pacientes respondieron a una encuesta sobre las actitudes hacia el cambio climático y el calentamiento global. Aproximadamente la mitad de los participantes estaban preocupados por el cambio climático global, estaban preocupados por la falta de acción por parte de los líderes y expresaron la convicción de que este tema requiere más atención. Cuando se les preguntó por las repercusiones locales del cambio climático, el 27% de los pacientes encuestados eran conscientes de los cambios medioambientales en sus comunidades y el 17% había observado efectos sanitarios en relación dentro de sus familias. Hubo una correlación significativa entre las preocupaciones de los pacientes y los síntomas de disforia.

El Real Colegio Australiano de Medicina de Familia publicó una justificación para la participación activa de los médicos de atención primaria en el contexto del cambio climático (Tait 2018). El reconocimiento de la responsabilidad de acción del médico de cabecera debería dar lugar a la prevención del estrés térmico en varios niveles, incluyendo los siguientes:

- Nivel del paciente
 - prevención primordial: mejorar la aclimatación mediante la promoción del ejercicio y la aptitud física, proporcionando información y educación.
 - prevención primaria: desarrollar planes de cuidado personal para eventos de calor para reducir la exposición al calor, minimizar los factores relacionados con la respuesta al calor, por ejemplo, evaluación previa a la ola de calor o revisión de la medicación.
 - Prevención secundaria: reducción de los efectos del calor mediante una hidratación adecuada, enfoque de comprobación y evaluación.
- Nivel social
 - Abogar ante los gobiernos locales y territoriales por una buena planificación urbana y un diseño de edificios adaptado al calor
 - Participación en el desarrollo de sistemas de alerta de olas de calor y planes de respuesta locales

8. Minimizar los efectos de la exposición al calor: ejemplos de soluciones

Las intervenciones de salud pública para reducir las consecuencias de la exposición al calor incluyen actividades multidireccionales, como la divulgación entre las poblaciones vulnerables, el aumento de la concienciación sobre los riesgos y los síntomas relacionados con el calor, y el suministro de directrices sobre la hidratación adecuada y los métodos para mantenerse fresco en un entorno

caluroso. La mejora de la coordinación entre los distintos sectores sanitarios es de gran importancia y algunos ejemplos de soluciones son el desarrollo y la aplicación de planes de respuesta al calor, la facilitación de la comunicación y la realización de actividades educativas (Vaidyanathan 2020). Desde la enorme ola de calor de 2003, que causó la muerte de decenas de miles de personas, la mayoría de los países de Europa introdujeron algunas medidas de salud pública, como los sistemas de alerta sanitaria por calor (Kovats 2008). En países grandes como la India, las alertas por calor deben basarse en la vigilancia meteorológica regional y local (Nori-Sarma 2019).

El enfoque más importante para prevenir las enfermedades relacionadas con el calor es concienciar y educar al público sobre medidas sencillas para disminuir el riesgo de sobrecalentamiento. Estos métodos incluyen la aclimatación, la hidratación adecuada, la ropa apropiada (de color claro y holgada) o evitar las actividades al aire libre durante los eventos de temperaturas extremas (Gauer 2019). Aunque sean sencillas, estas directrices podrían ser difíciles de introducir debido a la escasa aceptación de las medidas que requieren un cambio en el estilo de vida y el funcionamiento diario. Un ejemplo de mensaje orientado al público es un póster en línea desarrollado por el Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades que aborda preguntas sencillas de "¿Qué buscar?" y "¿Qué hacer?" en el contexto de las enfermedades relacionadas con el calor que se presenta en la tabla 6 (CDC 2017).

Un aspecto importante es la concienciación y preparación del sistema sanitario para reaccionar ante las olas de calor y prevenir la evolución de los síntomas relacionados con el calor. El protocolo citado anteriormente para la prevención de los síntomas del calor en pacientes con trastornos neurológicos propone la monitorización remota de las condiciones fisiológicas y ambientales mediante sistemas de e-salud (Buote Stella 2020). El protocolo de teleasistencia facilita el contacto con un operador o un médico que puede activar el sistema de emergencia o indicar al paciente que introduzca intervenciones para reducir la temperatura central, por ejemplo, utilizando un ventilador, mojando la piel, bebiendo agua fría y utilizando chalecos refrigerantes.

La política de salud ambiental puede aprovechar las aplicaciones móviles para informar digitalmente sobre el comportamiento y la actividad adecuados en respuesta a los factores de estrés ambiental, incluidas las olas de calor. Sin embargo, hay muy pocos estudios publicados que examinen las aplicaciones móviles en el contexto de las enfermedades crónicas y el cambio climático (Black 2018).

En Japón se obtuvieron resultados interesantes relacionados con la prevención de enfermedades relacionadas con el calor. Se llevó a cabo una alerta de salud por calor y entrega de agua (HHW+W) para personas mayores de entre 65 y 84 años en Nagasaki (Takahashi 2015). Este enfoque dio lugar a mejoras en el uso del aire acondicionado nocturno, una mayor ingesta de agua, una refrigeración corporal eficaz y una reducción de las actividades en el calor.

Las reacciones al calentamiento global y a las temperaturas extremas deberían tener siempre en cuenta una perspectiva más amplia del cambio climático y, por tanto, incluir iniciativas orientadas a reducir el calor urbano, así como a preservar los suministros de agua y prevenir las inundaciones. Entre las soluciones a mayor escala que implementan la arquitectura y el diseño paisajístico se encuentra el concepto de ciudad esponja introducido en muchas ciudades de China (Zevenbergen 2018, Frontiers Forum - Healing the world's cities 2021, World Economic Forum 2020). También se han desarrollado soluciones basadas en la naturaleza (NBS, por sus siglas en inglés *Nature-based solutions*) en la Unión Europea, Estados Unidos y Australia. Otros proyectos a gran escala y enfoques integradores son: Gestión Integrada del Agua Urbana (GIAU), Diseño Urbano Sensible al Agua (WSUD, por sus siglas en inglés *Water-sensitive urban*), Infraestructura Verde (IG, por sus siglas en inglés *Green infrastructure*) y muchos otros (Zevenbergen 2018). La idea de plantar árboles para salvar el planeta ha demostrado ser menos una metáfora poética y más una solución necesaria para prevenir los resultados relacionados con el calor en zonas privadas de árboles.

La participación de la comunidad científica en los debates sobre el cambio climático puede facilitar la colaboración multidimensional con el objetivo de lograr una mejor salud y un desarrollo sostenible. El Foro Fronteras es un ejemplo de estos esfuerzos, ya que crea una plataforma para el intercambio y los debates científicos. En los últimos tres años, varias charlas de eminentes ponentes estuvieron dedicadas al cambio climático y a las soluciones para una vida más saludable (Foro Fronteras 2021).

Tabla 6. Directrices del Centro de Control de Enfermedades sobre las enfermedades relacionadas con el calor (adaptadas de las recomendaciones de los CDC de 2017)

Síntomas de la enfermedad por calor ¿QUÉ BUSCAR?	Reacciones recomendadas ¿QUÉ HACER?
GOLPE DE CALOR	
Temperatura corporal elevada (103°F o 39,5°C o más) Piel caliente, roja, seca o húmeda Pulso rápido y fuerte Dolor de cabeza Mareo Náuseas Confusión Pérdida de conocimiento (desmayo)	Llame inmediatamente al número de EMERGENCIA (911 en EE.UU., 112 en Europa) - el golpe de calor es una emergencia médica Traslade a la persona a un lugar más fresco Ayude a bajar la temperatura de la persona con ropa fresca o un baño fresco No le de nada de beber a la persona
AGOTAMIENTO POR CALOR	
Sudoración abundante Piel fría, pálida y húmeda Pulso rápido y débil Náuseas o vómitos Calambres musculares Cansancio o debilidad Mareos Dolor de cabeza Desmayo	Muévase a un lugar fresco Aflójese la ropa Póngase ropa fresca y húmeda en el cuerpo o tome un baño fresco Beba agua a sorbos BUSQUE AYUDA MÉDICA DE INMEDIATO SI: Vomita Sus síntomas empeoran Sus síntomas duran más de 1 hora
CALAMBRES POR CALOR	

Sudoración abundante durante el ejercicio intenso	Detenga la actividad física y trasládese a un lugar fresco
Dolor o espasmos musculares	BUSQUE AYUDA MÉDICA DE INMEDIATO SI: Los calambres duran más de 1 hora Sigue una dieta baja en sodio Tiene problemas de corazón
QUEMADURA DE SOL	
Piel dolorosa, roja y caliente Ampollas en la piel	Manténgase alejado del sol hasta que las quemaduras se curen Póngase ropa fresca en las zonas quemadas por el sol o dese un baño fresco Póngase loción hidratante en las zonas quemadas por el sol No rompa las ampollas
SARPULLIDO POR CALOR	
Grupos rojos de pequeñas ampollas que parecen granos en la piel, generalmente en el cuello, el pecho, la ingle, en los pliegues de los codos	Permanezca en un lugar fresco y seco Mantenga el sarpullido seco Utilice polvos (como los de bebé) para calmar la erupción

9. Conclusiones

La exposición al calor ha sido reconocida como un problema de salud pública durante décadas, pero en los últimos años el impacto negativo del cambio climático ha ido en aumento y los análisis meteorológicos describen el calentamiento global como un proceso que avanza y se acelera. El envejecimiento de la población en muchas partes del mundo aumenta la importancia de las enfermedades relacionadas con el calor como reto de salud pública. Los últimos análisis publicados por un grupo internacional de expertos muestran que la tendencia aproximadamente lineal del calentamiento global de 0,2 °C/década da lugar a un aumento no lineal del número de fenómenos meteorológicos extremos (Robinson 2021). Los extremos de calor se multiplicaron por 90 en el período 2011-2020 en comparación con el período de referencia 1951-1980. Las numerosas pruebas publicadas recientemente confirman el impacto de las olas de calor en la salud y apoyan las actividades de prevención a nivel local, nacional y mundial. Sin embargo, se necesita más investigación para dilucidar los factores específicos que subyacen al estrés térmico y orientar las soluciones adecuadas. El cambio climático y el calentamiento global se deben en su mayor parte a la actividad humana y las posibles soluciones deben abordar los complejos problemas relacionados con la vida humana en la Tierra. El proyecto EmCliC (Embodying Climate Change - Transdisciplinary Research on Urban Overheating) puede contribuir en gran medida a nuestra comprensión de los efectos del calor excesivo en la vida de las personas.

Lista de figuras

Figura 1. Factores que intervienen en la respuesta al estrés térmico.....	8
Figura 2. Cambios fisiológicos relacionados con la edad que contribuyen a una termorregulación menos eficaz en las personas mayores	9
Figura 3. Vulnerabilidades sanitarias relacionadas con la exposición al calor en relación con el cambio climático	18
Figura 4. Síntomas relacionados con el calor	20

Lista de tablas

Tabla 1. Definiciones de la exposición al calor	5
Tabla 2. Enfermedades y problemas de salud relacionados con la exposición al calor según la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas de Salud Relacionados, 10ª Revisión.....	6
Tabla 3. Mortalidad relacionada con la exposición al calor	13
Tabla 4. Ingresos en urgencias y hospitales relacionados con la exposición al calor	14
Tabla 5. Efectos del calor en los sistemas de órganos del cuerpo humano	15
Tabla 6. Directrices del Centro de Control de Enfermedades sobre las enfermedades relacionadas con el calor	30

Referencias

1. an der Heiden M, Muthers S, Niemann H, Buchholz U, Grabenhenrich L, Matzarakis A: Heat-related mortality. An analysis of the impact of heatwaves in Germany between 1992 and 2017. *Dtsch Arztebl Int* 2020; 117: 603-609; doi:10.3238/arztebl.2020.0603
2. Balmain BN, Sabapathy S, Louis M, Morris NR. Aging and thermoregulatory control: The clinical implications of exercising under heat stress in older individuals. *BioMed Res Int* 2018, art. ID 8306154; doi:10.1155/2018/8306154
3. Beckman SK, Hiete M. Predictors associated with health-related heat risk perception of urban citizens in Germany. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17, 874; doi:10.3390/ijerph1703087
4. Beker BM, Cervellera C, De Vito A, Musso CG. Human physiology in extreme heat and cold. *Int Arch Clin Physiol* 2018; 1:001
5. Berry P, Enright PM, Shumake-Guillemot J, Villalobos Prats E, Campbell-Lendrum D. Assessing health vulnerabilities and adaptation to climate change: A review of international progress. *Int J Environ Res Public Health* 2018; 15, 2626; doi:10.3390/ijerph15122626
6. Black DA, O'Loughlin K, Wilson LA. Climate change and the health of older people in Australia: A scoping review on the role of mobile applications (apps) in ameliorating impact. *Australasian J Ageing* 2018; 37(2):99-106; doi:10.1111/ajag.12522
7. Bobb JF, Obermeyer Z, Wang Y, Dominici F. Cause-specific risk of hospital admission related to extreme heat in older adults. *JAMA* 2014; 312:1659-2667; doi:10.1001/jama.2014.15715
8. Boland TM, Temte JL. Family medicine patient and physician attitudes toward climate change and health in Wisconsin. *Wilderness Environ Med.* 2019; 30(4):386-93
9. Boonruksa P, Maturachon T, Kongtip P, Woskie S. Heat stress, physiological response, and heat-related symptoms among Thai sugarcane workers. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17, 6363; doi:10.3390/ijerph17176363
10. Buoite Stella A, Filingeri D, Ravanelli N et al. Heat risk exacerbation potential for neurology patients during the COVID-19 pandemic and related isolation. *Int J Biometeorol* 2020; doi:10.1007/s00484-020-02044-2
11. Can G, Sahin U, Sayaili U et al. Excess mortality in Istanbul during extreme heat waves between 2013 and 2017. *Int J Environ Res Public Health* 2019; 16, 4348; doi:10.3390/ijerph16224348
12. Cardoza JE, Gronlund CJ, Schott J, Ziegler T, Stone B, O'Neill MS. Heat-related illness is associated with lack of air conditioning and pre-existing health problems in Detroit, Michigan, USA: A community-based participatory co-analysis of survey data. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17, 5704; doi:10.3390/ijerph17165704
13. Center for Disease Control and Prevention. Warning signs and symptoms of heat-related illness. <https://www.cdc.gov/disasters/extremeheat/warning.html> Page last reviewed September 1, 2017; Access on September 30, 2021
14. Chen X, Li N, Liu J, Zhang Z, Liu Y. Global heat wave hazard considering humidity effects during the 21st century. *Int J Environ Res Public Health* 2019; 16, 1513; doi:10.3390/ijerph16091513
15. Chung Y, Noh H, Hond Y et al. Temporal changes in mortality related to extreme temperatures for 15 cities in Northeast Asia: Adaptation to heat and maladaptation to cold. *Am J Epidemiol* 2017; 185:907-913; doi:10.1093/aje/kww199

16. Cruz J, White PCL, Bell A, Coventry PA. Effect of extreme weather events on mental health: A narrative synthesis and meta-analysis for the UK. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17, 8581; doi:10.3390/ijerph17228581
17. Culp K, Tonelli S. Heat-related illness in midwestern Hispanic farmworkers: A descriptive analysis of hydration status and reported symptoms. *Workplace Health Saf* 2019; 67(4):168-178; doi:10.1177/2165079918813380
18. Davis RE, Novicoff WM. The impact of heat waves on emergency department admissions in Charlottesville, Virginia, U.S.A. *Int J Environ Res Public Health* 2018; 15, 1436; doi:10.3390/ijerph15071436
19. Douzi W, Dupuy O, Theurot D, Smolander J, Dugue B. Per-Cooling (Using cooling systems during physical exercise) enhances physical and cognitive performance in hot environments. A narrative review. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17, 1031; doi:10.3390/ijerph17031031
20. Ebi KL, Boyer C, Bowen KJ, Frumkin H, Hess J. Monitoring and evaluation indicators for climate change-related health impacts, risks, adaptation, and resilience. *Int J Environ Res Public Health* 2018; 15, 1943; doi:10.3390/ijerph15091943
21. Erickson EA, Engel LS, Christenbury K, Weems L, Schwartz EG, Rusiecki JA. Environmental heat exposure and heat-related symptoms in United States Coast Guard Deepwater Horizon Disaster Responders. *Disaster Med Public Health Prep* 2019; 13(3):561-569; doi:10.1017/dmp.2018.120
22. Flatharta TO, Flynn A, Mulkerrin EC. Heat-related chronic kidney disease mortality in the young and old: differing mechanisms, potentially similar solutions? *BMJ Evidence-Based Medicine* 2019; 24:45-47; doi:10.1136/bmjebm-2018-110971
23. Gauer R, Meyers BK Heat-related illness. *Am Fam Physician* 2019; 99(8):482-489
24. Gawuc L, Jefimow M, Szymankiewicz K, Kuchcik M, Sattari A, Struzewska J. Statistical modelling of urban heat island intensity in Warsaw, Poland using simultaneous air and surface temperature observations. *IEEE J Sel Top Appl Earth Obs Remote Sens* 2020; 13:2716-2728; doi:10.1109/JSTARS.2020.2989071
25. Ghirardi L, Bisoffi G, Mirandola R, Ricci G, Baccini M. The impact of heat on an emergency department in Italy: Attributable visits among children, young adults and the elderly during the warm season. *PLoS ONE* 2015; 10: e0141054; doi:10.1371/journal.pone.0141054
26. Hopp S. Medical diagnoses of heat wave-related hospital admissions in older adults. *Prev Med* 2018; 110:81-85; doi:10.1016/j.yjmed.2018.02.001
27. International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems 10th Revision (ICD-10 Version:2019). <https://icd.who.int/browse10/2019/en#/> Access: Sept 30, 2021
28. International Statistical Classification of Diseases 11th Revision. <https://icd.who.int/en> Access: Dec. 30, 2021
29. Ioannou LG, Mantzios K, Tsoutsoubi L et al. Effect of a simulated heat wave on physiological strain and labour productivity. *Int J Environ Res Public Health* 2021, 18, 3011; doi:10.3390/ijerph18063011
30. Iwen KA, Oelkrug R, Brabant G. Effects of thyroid hormones on thermogenesis and energy partitioning. *J Mol Endocrinol* 2018; 60, R157-R170; doi:10.1530/JME-17-0319
31. Jacobson LdSV, Oliveira BFAd, Schneider R, Gasparrini A, Hacon SdS. Mortality risk from respiratory diseases due to non-optimal temperature among Brazilian elderlies. *Int J Environ Res Public Health* 2021; 18, 555; doi:10.3390/ijerph18115550
32. Joe L, Hoshiko S, Dobraca D et al. Mortality during a large-scale heat wave by place, demographic group, internal and external causes of death, and building climate zone. *Int J Environ Res Public Health* 2016; 13, 299; doi:10.3390/ijerph13030299

33. Junk J, Goergen K, Krein A. Future heat waves in different European capital based on climate change indicators. *Int J Environ Res Public Health* 2019; 16, 3959; doi:10.3390/ijerph16203959
34. Kang C, Park C, Lee W et al. Heatwave-related mortality risk and the risk-based definitions of heat wave in South Korea: A Nationwide Time-Series Study for 2011-2017. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17, 5720; doi:10.3390/ijerph17165720
35. Kenny GP, Yardley J, Brown C, Sigal RJ, Jay O. Heat stress in older individuals and patients with common chronic diseases. *CMAJ* 2010; 182(10):1053-1060; doi:10.1503/cmaj.081050
36. Kenny GP, Sigal RJ, Mc Ginn R. Body temperature regulation in diabetes. *Temperature* 2016; 3: 119-145; doi:10.1080/23328940.2015.1131506
37. Kovats RS, Shikoor H. Heat stress and public health: A critical review. *Ann Rev Public Health* 2008; 29:41-55.
38. Kowalska J, Rok J, Rzepka Z, Wrzesniok D. Drug-induced photosensitivity – from light and chemistry to biological reactions and clinical symptoms. *Pharmaceuticals* 2021; 14, 723; doi:10.3390/ph14080723
39. Layton JB, Li W, Yuan J, Gilman JP, Horton DB, Setoguchi S. Heatwaves, medications, and heat-related hospitalization in older Medicare beneficiaries with chronic conditions. *PLoS ONE* 2020; 15(12): e0243665; doi:10.1371/journal.pone.0243665
40. Lee YH, Bae S, Hwang SS et al. Association between air conditioning use and self-reported symptoms during the 2018 heat wave in Korea. *J Prev Med Public Health* 2020; 53:15-25; doi:10.3961/jpmph.19.171
41. Levison MM, Butler AJ, Rebellato S, Armstrong B, Whelan M, Gardner C. Development of a climate change vulnerability assessment using a public health lens to determine local health vulnerabilities: An Ontario health unit experience. *Int J Environ Res Public Health* 2018; 15, 2237; doi:10.3390/ijerph15102237
42. Li M, Gu S, Bi P, Yang J, Liu Q. Heat waves and morbidity: Current knowledge and further direction – a comprehensive literature review. *Int J Environ Res Public Health* 2015; 12:5256-5283; doi:10.3390/ijerph120505256
43. Li M, Shaw BA, Zhang W, Vasquez E, Lin S. Impact of extremely hot days on emergency departments visits for cardiovascular disease among older adults in New York State. *Int J Environ Res Public Health* 2019; 16:2119; doi:10.3390/ijerph16122119
44. Liss A, Wu R, Kwan Ho Chui K, Naumova EN. Heat-related hospitalizations in older adults: An amplified effect of the first seasonal heatwave. *Sci Reports* 2017; 7:39581; doi:10.1038/srep39581
45. Liu J, Vargese BM, Hansen A et al. Is there an association between hot weather and poor mental health outcomes? A systematic review and meta-analysis. *Environ Int* 2021; 153, 106533; doi:10.1016/j.envint.2021.106533
46. Meade RD, Akerman AP, Notley SR et al. Physiological factors characterizing heat-vulnerable older adults: A narrative review. *Environ Int* 2020; 144, 105909; doi:10.1016/j.envint.2020.105909
47. Mirsaeidi M, Motahari H, Khamesi MT, Sharifi A, Campos M, Schraufnagel DE. Climate change and respiratory infections. *Ann Am Thorac Soc* 2016; 13(8): 1223-1230; doi:10.1513/AnnalsATS.201511-729PS
48. Nitschke M, Hansen A, Bi P et al. Risk factors, health effects and behaviour in older people during extreme heat: A survey in South Australia. *Int J Environ Res Public Health* 2013; 10, 6721-6733; doi:10.3390/ijerph10126721

49. Nori-Sarma A, Benmarhnia T, Rajiva A et al. Advancing our understanding of heat wave criteria and associated health impacts to improve heat wave alerts in developing country settings. *Int J Environ Res Public Health* 2019; 16, 2089; doi:10.3390/ijerph16122089
50. O'Lenick CR, Baniassadi A, Michael R et al. A case-crossover analysis of indoor heat exposure on mortality and hospitalizations among the elderly in Houston, Texas. *Environ Health Perspect* 2020; 128:12707-1-17; doi:10.1289/EHP6340
51. Osilla EV, Marsidi JL, Sharma S. Physiology, Temperature Regulation. 2021 May 7. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan-. PMID: 29939615
52. Paterson SK, Godsmark CN. Heat-health vulnerability in temperate climates: lessons and response options from Ireland. *Glob Health* 2020; 16:29; doi:10.1186/s12992-020-00554-7
53. Percic S, Kukec A, Cegnar T, Hojs A. Number of heat wave deaths by diagnosis, sex, age groups and area, in Slovenia, 2015 vs. 2003. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 15, 173; doi:10.3390/ijerph15010173
54. Pfeifer K, Astrom DU, Martisone Z, Kaluznaja D, Oudin A. Evaluating mortality response associated with two different Nordic Heat Warning Systems in Riga, Latvia. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17, 7719; doi:10.3390/ijerph17217719
55. Protsiv M, Ley C, Lankester J, Hastie T, Parsonnet J. Decreasing human body temperature in the United States since the industrial revolution. *eLife* 2020; 9: e49555; doi:10.7554/eLife.49555
56. Robinson A, Lehmann J, Barriopedro D et al. Increasing heat and rainfall extremes now far outside the historical climate. *npj Clim Atmos Sci* 2021; 4, 45; doi:10.1038/s41612-021-00202-w
57. Rossati A. Global Warming and its health impact. *Int J Occup Environ Med*. 2017; 8-7-20; doi:1015171/ijoem.2017.963
58. Stapleton JM, Larose J, Simpson C, Flouris AD, Sigal RJ, Kenny GP. Do older adults experience greater thermal strain during heat waves? *Appl Physiol Nutr Metab* 2014; 39:292-298; doi:10.1139/apnm-2013-0317
59. Stotz A, Rapp K, Oksa J et al. Effect of a brief heat exposure on blood pressure and physical performance of older women living in the community – A pilot-study. *Int J Environ Res Public Health* 2014; 11, 12623-12631; doi:10.3390/ijerph111212623
60. Tait PW, Allan S, Katelaris AL. Preventing heat-related disease in general practice. *Aust J Gen Pract* 2018; 47(12): 835-840
61. Takahashi N, Nakao R, Ueda K. Community trial on heat-related illness prevention behaviors and knowledge for the elderly. *Int J Environ Res Public Health* 2015; 12, 3188-3214; doi:10.3390/ijerph120303188
62. Tansey EA, Johnson CD. Recent advances in thermoregulation. *Adv Physiol Educ* 2015; 39:39-148; doi:10.1152/advan.00126.2014
63. Temte JL, Holzhauer JR, Kushner KP. Correlation between climate change and dysphoria in primary care. *WMJ* 2019; 2:71-74.
64. Tseng MF, Chou CL, Chung CH et al. Risk of chronic kidney disease in patients with heat injury: A nationwide longitudinal cohort study in Taiwan. *PLoS One* 2020; 15(7): e0235607; doi: 10.1371/journal.pone.0235607.
65. Urban A, Hanzlikova H, Kysely J, Plavcova E. Impacts of the 2015 heat waves on mortality in the Czech Republic – A comparison with previous heat waves. *Int J Environ Res Public Health* 2017; 14, 1562; doi:10.3390/ijerph14121562
66. Vaidyanathan A, Malilay J, Schramm P, Shubhayu S. Heat-related deaths – United States, 2004-2018. *Morb Mortal Wkly Rep* 2020; 69(24):729-734

67. Valois P, Talbot D, Caron M et al. Development and validation of a behavioural index for adaptation to high summer temperature among urban dwellers. *Int J Environ Res Public Health* 2017; 14, 820; doi:10.3390/ijerph14070820
68. Vancamp P, Demeneix BA. Is the observed decrease in body temperature during industrialization due to thyroid hormone-dependent thermoregulation disruption? *Front Endocrinol* 2020; 11, 470; doi:10.3389/fendo.2020.00470
69. van Loenhout JAF, Delbiso TD, Kiriliouk A, Rodriguez-Llanes JM, Segers J, Guha-Sapir D. Heat and emergency room admissions in the Netherlands. *BMC Public Health* 2018; 18:108; doi:10.1186/s12889-017-5021-1
70. Volkel J, Hellman D, Sakuma R, Shandas V. Assessing vulnerability to urban heat: a study of disproportionate heat exposure and access to refuge by socio-demographic status in Portland, Oregon. *Int J Environ Res Public Health* 2018; 15, 640; doi:10.3390/ijerph15040640
71. Wang JC, Chien WC, Chu P, Chung CH, Lin CY, Tsai SH. The association between heat stroke and subsequent cardiovascular diseases. *PLoS ONE* 2019; 14(2): e0211386; doi:10.1371/journal.pone.0211386
72. Williams AA, Spengler JD, Allen JG, Cedeno-Laurent JG. Building vulnerability in a changing climate: Indoor temperature exposures and health outcomes in older adults living in public housing during an extreme heat event in Cambridge, MA. *Int J Environ Res Public Health* 2019; 16, 2373; doi:10.3390/ijerph16132373
73. World Health Organization. Regional Office for Europe. Protecting health in Europe from climate change: 2017 update.
https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/355792/ProtectingHealthEuropeFromClimateChange.pdf Access on September 30, 2021
74. Xu R, Zhao Q, Coelho MSZS et al. The association between heat exposure and hospitalizations for undernutrition in Brazil during 2000-2015: A nationwide case-crossover study. *PLoS Med.* 2019; 16: e1002950; doi:10.1371/journal.pmed.1002950
75. Zevenbergen C, Fu D, Pathirana A. Transitioning to Sponge Cities: Challenges and opportunities to address urban water problems in China. *Water* 2108; 10, 1230; <http://dx.doi.org/10.3390/w10091230>
76. Frontiers Forum. Healing the world's cities 2021; <https://www.youtube.com/watch?v=g2tl3zC6wX4> Access on September 30, 2021
77. World Economic Forum. Pioneers for our planet. This man is turning cities into giant sponges to save lives 2020; <https://www.weforum.org/videos/this-man-is-turning-cities-into-giant-sponges-to-save-lives> Access on September 30, 2021
78. Frontiers Forum. Accelerating science-led solutions for healthy lives on a healthy planet 2021; <https://forum.frontiersin.org/> Access on September 30, 2021