

Repensar la prevención de lesiones y enfermedades laborales: Una mirada integral a los trabajadores expuestos al *calor ambiental* en espacios abiertos

Yolanda Viviana Castellanos Romero⁽¹⁾, Brian Johan Bustos-Viviescas⁽²⁾, Carlos Enrique Garcia-Yerena⁽³⁾

¹Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO. Cúcuta, Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0426-0929>

²Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO. Cúcuta, Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4720-9018>

³Universidad del Magdalena. Santa Marta, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9973-552X>

Correspondencia:

Carlos Enrique Garcia-Yerena

Correo electrónico: cgaciaey@unimagdalena.edu.co

La cita de este artículo es: Yolanda Viviana Castellanos Romero et al. Repensar la prevención de lesiones y enfermedades laborales: Una mirada integral a los trabajadores expuestos al *calor ambiental* en espacios abiertos. Rev Asoc Esp Espec Med Trab 2026; 35(2):209-218

RESUMEN.

Introducción: La exposición al calor ambiental en espacios abiertos representa un riesgo creciente para la salud y el desempeño de los trabajadores, especialmente en contextos de cambio climático y actividades al aire libre.

Objetivo: Analizar los factores de riesgo por exposición ocupacional al calor frente al cambio climático, estableciendo lineamientos preventivos fundamentados en métricas internacionales.

Material y Métodos: Se realizó una revisión sistemática exploratoria en ScienceDirect, PubMed (MEDLINE) y Scopus (2019-2024). Mediante descriptores como “estrés térmico” y “exposición ocupacional”, se seleccionaron estudios enfocados en trabajadores que ejecutan su actividad a cielo abierto, excluyendo aquellos que no hacen referencia a Seguridad y Salud en el Trabajo SST.

RETHINKING THE PREVENTION OF OCCUPATIONAL INJURIES AND ILLNESSES: A COMPREHENSIVE LOOK AT WORKERS EXPOSED TO AMBIENT HEAT IN OUTDOOR SPACES

ABSTRACT

Introduction: Exposure to ambient heat in open spaces represents a growing risk to the health and performance of workers, especially in contexts of climate change and outdoor activities.

Objective: To analyze the risk factors for occupational exposure to heat in the face of climate change, establishing preventive guidelines based on international metrics.

Material and Methods: An exploratory systematic review was conducted in ScienceDirect, PubMed (MEDLINE), and Scopus (2019-2024). Using descriptors such as “thermal stress” and

Resultados: Omitir mediciones estandarizadas como el índice WBGT y los límites ACGIH invisibiliza el riesgo real, exacerbando la incidencia de patologías agudas y crónicas (renales y cardiovasculares) afectando desproporcionadamente a sectores críticos como la construcción y la agricultura.

Conclusiones: Es imperativo integrar la norma ISO 7243:2017, y diseñar regímenes de trabajo-descanso a tolerancia de acuerdo con la percepción de estrés térmico y el monitoreo continuo de las condiciones de salud. Lo anterior para garantizar entornos laborales seguros adaptativos y sostenibles.

Palabras clave: estrés térmico; exposición ocupacional; cambio climático; seguridad y salud en el trabajo.

“occupational exposure,” studies focused on workers performing their activity outdoors were selected, excluding those that did not refer to Occupational Safety and Health (OSH).

Results: Omitting standardized measurements such as the WBGT index and ACGIH limits obscures the real risk, exacerbating the incidence of acute and chronic pathologies (renal and cardiovascular) disproportionately affecting critical sectors such as construction and agriculture.

Conclusions: It is imperative to integrate ISO 7243:2017 and design work-rest schedules based on heat stress perception and continuous monitoring of health conditions. This is essential to ensure safe, adaptive, and sustainable work environments.

Keywords: heat stress; occupational exposure; climate change; occupational safety and health.

Fecha de recepción: 20 de noviembre de 2025

Fecha de aceptación: 14 de junio de 2026

Introducción

La identificación de los peligros y valoración de los riesgos en el trabajo es esencial porque permite direccionar la gestión del riesgo con las necesidades propias de la actividad, además de poder anticiparse a relacionar problemas de salud con los factores de riesgo laboral, y de esa forma establecer los controles direccionados a la fuente, al medio y en el individuo⁽¹⁾, esto debido a que las condiciones adversas laborales son una de las principales causas de accidentes y enfermedades, generando discapacidad y muerte en los países en desarrollo y desarrollados⁽²⁾.

Por otro lado, el planeta tierra está experimentando un calentamiento acelerado, dejando en evidencia que el futuro estará marcado por las repercusiones que puede llegar a tener el incremento de los días

calurosos⁽²⁾, en el que se experimentan cambios climáticos, los cuales han intensificado el impacto negativo a la salud por golpes de calor a nivel mundial, agravando el riesgo a trabajadores expuestos⁽⁴⁾. A partir de ello, la percepción del riesgo limitada acerca de la importancia de la implementación de enfoques en intervención para la prevención de accidentes y enfermedades laborales, específicamente por exposición al calor, crea barreras en una gestión eficaz para todos los niveles que están involucrados en dicha gestión, entre los cuales encontramos: formuladores de políticas, entes de control, empleadores, prevencionistas y defensores de los trabajadores⁽⁵⁾. debido a que, para una eficiente intervención del riesgo, es necesario conocer todas las causas que lo generan, iniciando por la fuente, así lograr minimizarla⁽⁶⁾. Por lo anterior, el presente

estudio se orienta con el objetivo de analizar los factores de riesgo por exposición al calor extremo y establecer un marco técnico preventivo que integre estándares internacionales tales como la ISO 7243:2017, límites de la ACGIH para mitigar los accidentes de trabajo y las enfermedades laborales en trabajadores a cielo abierto.

Material y Métodos

Se realizó una revisión documental orientada a identificar los factores de riesgo y estrategias de intervención frente a la exposición al calor ambiental en espacios abiertos. La búsqueda de información se ejecutó en las bases de datos científicas ScienceDirect, PubMed (MEDLINE) y Scopus. Validando la vigencia frente a la rápida evolución del cambio climático, se establecieron como criterios de inclusión artículos originales y de revisión publicados estrictamente en el periodo comprendido entre 2019 y 2024, disponibles en texto completo en inglés y español. Se empleó la ecuación de búsqueda: (“estrés térmico” OR “heat stress”) AND (“enfermedades laborales” OR “occupational diseases”) AND (“trabajadores al aire libre” OR “outdoor workers”). Se excluyeron estudios enfocados en estrés térmico deportivo, militar, o documentos sin rigor metodológico comprobable, centrando el análisis exclusivamente en artículos originales y revisiones publicados en texto completo (inglés/español), enfocados exclusivamente en población trabajadora a cielo abierto y bajo el alcance de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST). Dos revisores independientes citaron títulos/resúmenes y textos completos, resolviendo discrepancias por consenso. Se extrajeron datos sobre efectos fisiopatológicos, sectores económicos afectados, indicadores técnicos de estrés térmico y medidas preventivas.

Definiciones operativas:

— Estrés térmico: Desequilibrio entre producción y disipación de calor corporal que compromete la termorregulación (ISO 7243:2017)

- Exposición ocupacional: Contacto inevitable con fuentes de calor ambiental en trabajos exteriores (construcción, agricultura, minería) medido por WBGT>26°C (ACGIH TLVs 2024)
- Cambio climático (incremento temperaturas globales +1.1°C (1980-2023) exacerbando olas de calor laborales (IPCC AR6 2023).

Indicadores técnicos evaluado:

WBGT (Índice de Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo, ISO 7243), TLVs-ACGIH (Threshold Limit Values), PHS (Predicted Heat Strain, ISO 7933).

Resultados

Impacto del cambio climático en la salud humana y laboral

El cambio climático puede afectar la salud humana de manera directa como indirecta. Ahora bien, de forma directa pueden presentarse el incremento en la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos, como las olas de calor y aumento de la temperatura ambiente, la cual ha generado sequías prolongadas, llevando a tener golpes de calor, deshidratación, dolores de cabeza fuertes, debilidad física y cognitiva e incluso la muerte en situaciones de emergencia, es relevante mencionar que la fatiga física y cognitiva en los trabajadores genera la disminución de los procesos mentales superiores (atención y concentración), lo que implica baja percepción del riesgo generando accidentes de trabajo. Así mismo se encuentran efectos indirectos del cambio climático, como: el aumento del riesgo biológico determinado en la propagación de enfermedades transmitidas por vectores e infecciosas (como el dengue, el zika o la malaria), no obstante, se suma el deterioro de condiciones sanitarias, generando consecuencias para la salud desencadenadas en enfermedades⁽⁷⁾. ya que, los efectos del clima, como las precipitaciones, las altas temperaturas, la contaminación del aire y agua, pueden elevar el riesgo de adquirir enfermedades, además de la identificación de nuevos síntomas, patologías, lesiones, accidentes e incluso la muerte durante

el trabajo⁽⁸⁾. Situaciones que varía de población a población de acuerdo con su nivel de vulnerabilidad (determinada por la gestión o no del riesgo).

Otros riesgos indirectos asociados a la salud se vincula con el aumento del calor, en el cual se incluyen la exposición a sustancias químicas consideradas peligrosas y a la propagación de enfermedades transmitidas por vectores⁽⁹⁾, por ello se prevé, que como consecuencias de las altas y frecuentes olas de calor se aumente la incidencia de enfermedades y muerte relacionadas con dicha exposición en todo el mundo⁽¹⁰⁾. Esto evidencia la necesidad de estrechar y ampliar las estrategias de vigilancia, prevención y adaptación en cada contexto, por todos los organismos de control.

Por ejemplo, se han evidenciado múltiples síntomas de enfermedades causadas por la exposición al calor, siendo la deshidratación la más frecuente, seguida de irritaciones cutáneas, mareos y dolor de cabeza, principalmente en trabajadores de la industria minera y construcción⁽¹¹⁾. De acuerdo con lo anterior, la temperatura ambiente en el lugar de trabajo, puede elevar significativamente el riesgo de padecer enfermedades respiratorias, gastrointestinales, cardiovasculares y dermatológicas, así como de experimentar nuevos signos y síntomas de enfermedades en estudio⁽¹²⁾, por lo que resulta importante estudiar el aumento de las temperaturas directamente con la vigilancia en la salud en el trabajo, ya que se ha demostrado que las altas temperaturas tienen relación estrecha con consecuencias adversas para la salud humana, en donde se destacan las enfermedades cardiovasculares⁽¹³⁾ y las enfermedades renales⁽¹⁴⁾, sin embargo lo que no está muy claro es el agravante que dicha situación tiene en actividades que se ejecutan a cielo abierto, esencialmente en sectores económicos como la agricultura, construcción, transporte, minería, entre otros. En donde se establece la necesidad de implementar estrategias de intervención pertinentes a la exposición en ambientes laborales susceptibles de exposición al altas temperaturas.

Relación de la seguridad y salud en el trabajo con la sostenibilidad

La ocupación y la industria son componentes básicos que, cuando se sintetizan en la investigación de la salud pública son claves para discernir, identificar e investigar comportamientos de enfermedades, del mismo modo para establecer estrategias de prevención primaria y secundaria efectivas⁽¹⁵⁾. Por ello, es importante abordar la salud y la seguridad en el trabajo de manera conjunta y de una forma holística para identificar, conocer y comprender los riesgos⁽¹⁶⁾. Además de gestionarlo de forma pertinente con las necesidades de cada contexto. Dichas intervenciones deben realizarse desde la interdisciplinaridad revisando las políticas públicas, enfoque de prevención, alcance normativo y experiencias de otros países, los cuales sirvan de punto de partida en la implementación de estrategias basadas en la evidencia, disminuyendo así ensayo y error.

Cabe resaltar que la actual situación del cambio climático ha dejado a la luz la prioridad que tiene la humanidad frente al desarrollo sostenible⁽¹⁷⁾, ya que los accidentes industriales tienen un efecto negativo en la sostenibilidad de cualquier país, empresa o individuo⁽¹⁸⁾, debido a que las consecuencias no solo afectan los ecosistemas y la biodiversidad, sino además factores sociales, productividad, sostenibilidad económica desigualdad laboral y no menos importante los entornos familiares, por ello, se debe entender que la gestión de la seguridad y la salud en el trabajo, no puede verse como un elemento aislado, sino como un componente de sostenibilidad y desarrollo⁽¹⁹⁾.

Por otra parte, la oportuna intervención frente a la exposición a temperaturas extremas es una preocupación para las políticas de seguridad y salud en el trabajo, el cual se proyecta como un asunto prioritario en los próximos años, considerando su impacto⁽¹⁹⁾, y la incidencia de dicha situación. Es necesario incluir una adecuada identificación y valoración de las altas temperaturas en la evaluación integral de los factores de riesgo y sus consecuencias⁽²¹⁾, lo

anterior de acuerdo con el nivel de vulnerabilidad de los trabajadores, minimizando la exposición de aquellos que tengan mayor predisposición por factores genéticos, ambientales o de salud, así mismo es vital que los trabajadores estén debidamente informados y ser conscientes de las estrategias de intervención frente al calor extremo⁽²²⁾, promoviendo el autocuidado y percepción del riesgo.

El estrés térmico en el entorno laboral, tiene consecuencias para la salud y la productividad, por ello debe reconocerse como un problema y como una necesidad de intervención a nivel laboral y de salud pública⁽²²⁾, porque está directamente relacionado con la disminución de la capacidad del individuo en relación con su capacidad física y cognitiva; de hecho, el número de puestos de trabajo expuestos al calor seguirá aumentando y afectando el desarrollo económico y social en los países⁽⁹⁾.

Poblaciones trabajadoras de alto riesgo y comorbilidades asociadas

El riesgo de sufrir lesiones laborales asociadas con la exposición de calor extremo no se distribuye equitativamente, ya que depende de condiciones como: las climáticas subyacentes, las condiciones individuales de cada trabajador, las características de la tarea y del lugar de trabajo, así como la gestión o no del riesgo⁽¹²⁾, por esto, es apremiante referir que existen otros factores que pueden aumentar la incidencia y prevalencia de enfermedades y/o lesiones en el trabajo.

En este sentido, el envejecimiento de la población se ha convertido en una tendencia global que va en aumento, tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo⁽²⁴⁾, por ello, el aumento de las temperaturas significa un reto sustanciales a nivel mundial en gestión de la salud, puntualmente en poblaciones que envejece rápidamente⁽²⁵⁾, lo anterior por la disminución de la función termorreguladora asociada con factores como la edad y las enfermedades, los trabajadores mayores corren riesgo potencial en relación a los más jóvenes de experimentar sintomatología

y desencadenar lesiones relacionadas con el calor⁽²⁶⁾.

Es importante mencionar que, entre las enfermedades crónicas, como: la enfermedad renal, el asma y el EPOC, ya sea de forma individual, combinadas o simultaneas con otras enfermedades, se vinculan a un mayor riesgo de hospitalización por exposición a altas temperaturas⁽²⁷⁾, adicional a ello, la respuesta de algunas personas a biomarcadores similares con la diabetes tipo 2 y la hipertensión, sumando también factores como el sedentarismo, inadecuados estilos de vida saludable y el bajo consumo de agua, los ubica como individuos que tienen mayor predisposición a la lesión renal aguda inducida por la exposición al calor⁽²⁸⁾.

Se ha identificado que las concentraciones séricas de polipéptido II activador de monocitos endoteliales aumentaron posterior a la exposición de un trabajo prolongado a una intensidad moderada al calor, y, esta respuesta está determinada por factores como la edad, así como la presencia de enfermedades como la hipertensión arterial o diabetes tipo 2,⁽²⁹⁾ de acuerdo con lo anterior, aquellos trabajadores mayores con diagnósticos de hipertensión y diabetes tipo 2 pueden llegar a presentar un mayor riesgo de estrés celular durante la actividad en ambientes calurosos, siendo más vulnerables a sufrir lesiones celulares generadas por el calor⁽³⁰⁾.

Discusión

Principales factores de riesgo

Es pertinente mencionar que existe mayor intervención del riesgo mecánico, que deja como consecuencia lesiones traumáticas como: lesiones por aplastamiento / corte y golpes, son ocasionadas por mecanismos en movimiento, manipulación de herramientas, máquinas etc., por otra parte, las no traumáticas incluyen lesiones debidas a la exposición a productos químicos, electricidad o, calor (temperatura ambiental), entre otras⁽³¹⁾, y son en las que menos gestión

de riesgo se evidencia. Algunas actividades económicas con mayor riesgo de exposición al calor (temperatura ambiental), son el sector de la construcción, en canteras y la industria⁽³²⁾, en este contexto los trabajadores que ejecutan sus tareas al aire libre donde están expuestos a temperatura ambiente, climas cálidos y calientes, o aquellos que realizan tareas de esfuerzo físico como: levantamiento y traslados de cargas con una frecuencia alta durante la jornada laboral, son particularmente susceptibles a enfermedades relacionadas con el calor⁽³³⁾.

Es relevante tener claridad a la carga fisiológica que experimenta el organismo humano cuando se expone a condiciones ambientales extremas de temperatura, ya sea por calor o frío, y cambiantes. En el contexto ocupacional, suele centrarse en el calor excesivo, que varía de persona a persona según como lo experimente (sensación térmica), puede alterar el equilibrio térmico del cuerpo, este equilibrio depende de la capacidad del organismo para disipar el calor mediante mecanismos como la sudoración y la circulación sanguínea. Cuando estos mecanismos son insuficientes frente a factores como estar expuestos a altas temperaturas ambientales o temperaturas cambiantes, humedad elevada, radiación solar o esfuerzo físico intenso, se produce una acumulación de calor corporal. Esto puede derivar efectos adversos para la salud humana, que se determinan desde fatiga física y cognitiva, así como la disminución del rendimiento hasta trastornos más complejos como el golpe de calor.

El estrés térmico, por tanto, no solo tiene implicaciones fisiológicas, sino también en la seguridad, productividad y bienestar de las personas, por lo cual requiere de una pertinente gestión del riesgo, derivada desde su identificación, puesta en marcha de estrategias y seguimiento de la mismas, lo anterior teniendo en cuenta las necesidades individuales de cada trabajador frente a la exposición y contexto del lugar de trabajo.

En la actualidad nos estamos enfrentando a cambios climáticos bruscos, los cuales dejan

como consecuencias alteraciones significativas y sostenidas en los patrones climáticos globales, principalmente atribuidas a la actividad humana, en especial a la emisión de gases de efecto invernadero. Estas alteraciones incluyen el aumento de la temperatura media global, la mayor frecuencia e intensidad de olas de calor, cambios en los regímenes de precipitación y eventos climáticos, dejando como consecuencia exposiciones y consecuencias extremas.

En relación a seguridad y salud en el trabajo, el cambio climático actúa como un factor amplificador del riesgo de estrés térmico, especialmente en regiones tropicales y subtropicales. El incremento de las temperaturas ambientales y la variabilidad climática intensifican las condiciones de exposición ocupacional, afectando tanto la salud de los trabajadores como su desempeño productivo, materialización de accidentes de trabajo. Por lo anterior el cambio climático no solo es un fenómeno ambiental, sino también un desafío crítico para la salud pública y la seguridad laboral, que debe ser intervenido desde las organizaciones, políticas públicas y los diferentes entes de control, a través de estrategias de intervención.

En diferentes actividades del sector laboral se identifica el concepto de "exposición ocupacional", la cual se define como el contacto que tienen los trabajadores con agentes físicos, químicos, psicosociales, condiciones ambientales, biológicos o ergonómicos presentes en su entorno laboral, los cuales pueden afectar su salud. En el caso del estrés térmico, esta exposición está relacionada con las condiciones ambientales del lugar de trabajo, como temperatura, humedad, ventilación y radiación, derivadas de la naturaleza propia de las tareas realizadas o del lugar donde se ejecuta la actividad.

La evaluación de la exposición ocupacional implica analizar la intensidad, frecuencia y duración del contacto con estos factores de riesgo. Este concepto es clave en la salud y seguridad en el trabajo, ya que permite identificar poblaciones vulnerables, establecer límites permisibles y

diseñar medidas de control efectivas, medibles y permanentes.

Por otro lado, es indispensable establecer sistemas de alerta dentro de los entornos laborales específicos, garantizar condiciones térmicas que disminuyan las altas temperaturas, reducir la intensidad de la actividad física a través de descansos, utilizar ropa protectora cuyas características del material ayude a regular la temperatura, suministrar hidratación y disponer de espacios de refrigeración, así como de fortalecer la investigación sobre el control de la exposición al calor, el estrés térmico fisiológico y el control y seguimiento de las medidas preventivas⁽³⁴⁾, también se sugiere implementar pausas periódicas durante la jornada laboral para disminuir la generación del calor corporal y facilitar su disipación mediante evaporación del sudor acumulado en la piel⁽³⁵⁾, reporte de condiciones de salud por parte de los trabajadores..

Otro aspecto relevante es la notificación de sintomatología, enfermedades o lesiones asociadas al calor, las cuales varían de acuerdo con el tipo de trabajo, las condiciones del trabajador y lugar de trabajo, entre otros factores. Los resultados de una revisión indicaron que los trabajadores con salarios bajos, trabajadores de minorías raciales o étnicas y los trabajadores que perciben un entorno laboral psicosocial deficiente, encuentran mayores dificultades para reportar una lesión o enfermedad relacionada con el trabajo⁽¹⁾, como resultados varias de estas consecuencias podrían no ser detectadas, por ende, no se intervienen por empleadores ni profesionales de la salud, limitando la intervención preventiva lo que lleva la gestión hacer correctiva.

Así mismo, los trabajadores que ya han sufrido alguna lesión tienen mayor probabilidad de depresión y ansiedad en función del uso de la atención en salud mental⁽³⁶⁾, como confirman guías europeas sobre riesgos psicosociales agravados por estrés térmico⁽³⁸⁾, por lo que, no se puede desligar el impacto de la salud mental con las enfermedades y lesiones laborales

ocasionadas por el calor, ya que pueden llegar a afectar considerablemente.

De igual forma los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) estructuran una estrategia global que busca construir a un mundo más equitativo y justo⁽³⁷⁾, integrando la prevención psicosocial en la SST como ODS 3 y 8⁽³⁶⁾; entre las cuales disciplinas como la educación física, terapia ocupacional y fisioterapia, juegan un papel clave para su cumplimiento, por esto, la implementación de pausas activas, rutinas de movilidad, ejercicios de respiración y fortalecimiento de la condición física, es posible preparar al cuerpo para responder de manera eficiente ante condiciones de calor extremo, así como la promoción de hábitos saludables enfocando en adecuada alimentación y calidad del sueño, puede contribuir a disminuir la tasa de trabajadores con sintomatología y diagnósticos derivados por la exposición al calor, ayudando así a reducir los efectos adversos y su impacto social.

Necesidad de un enfoque educativo a líderes SST y trabajadores

Como consecuencia al incremento que se experimenta de altas temperaturas a causa del cambio climático global y su impacto directo en la salud laboral, se precisa la necesidad de promover un enfoque educativo integral y direccionado a los trabajadores que se encuentran expuestos a altas temperaturas derivadas de la actividad que desempeñan así como de la temperatura ambiente, como por ejemplo aquellos que desempeñan sus funciones a cielo abierto; igualmente dirigido a los profesionales quienes son responsables de diseñar e implementar estrategias de prevención en seguridad y salud en el trabajo^(4,12). La formación y sensibilización de estos actores resulta esencial para gestionar adecuadamente los factores de riesgo térmico y fomentar conductas de autoprotección basadas en un nivel de consciencia que pueda gestar percepción del riesgo y la consideración de seguir recomendaciones, todo enmarcado en un nivel de intervención primaria.

PROTOCOLO PREVENTIVO CUANTIFICADO POR JERARQUÍA DE CONTROLES (FUENTE: ELABORADO A PARTIR DE ACGIH/ISO/NIOSH)[43]

Nivel de Control	Medida específica	Indicador técnico / Límite
Ingeniería	Chalecos de enfriamiento de fase de cambio	Reduce Tc en 1.2 °C (máx. 36.8 °C)
Administrativo	Regímenes de trabajo-descanso	WBGT 30 °C: 45 min trabajo / 15 min descanso (300W)
EPP	Gorras ventiladas + protocolo de hidratación	0.25 L/h + Na 20 mmol/L
Administrativo	Aclimatación progresiva (Regla NIOSH)	20% de incremento/día × 5 días
Autocuidado	Matriz de síntomas y reporte temprano	Escala de esfuerzo de Borg < 4

Tc: temperatura corporal. W: Vatios metabólicos

Los líderes en seguridad y salud en el trabajo deben ser capacitados no solo en la identificación del riesgo por la exposición a altas temperaturas, sino también en su contextualización frente a la sostenibilidad y el cambio climático, identificando el calor como una fuente potencial de daño a la salud, que amenaza la productividad, eficacia y la salud pública^(23,9). Como afirman Dyreborg y otros las barreras institucionales, además del desconocimiento sobre las consecuencias a la salud y condiciones individuales de base que pueden llegar a predisponer a un individuo, así como los enfoques de intervención dificultan la implementación de medidas eficaces e incrementa la vulnerabilidad de la población expuesta⁽⁵⁾.

Por tanto, se precisa que los programas educativos en el entorno institucional y laborales deben ir más allá de la simple instrucción técnica, promoviendo el empoderamiento del trabajador, el desarrollo de percepciones adecuadas del riesgo y la participación conjunta en la construcción de entornos laborales seguros⁽²²⁾. De esta manera, promover acciones como las pausas activas a tolerancia y de acuerdo con las características propias de la actividad así como de la ubicación geográfica, la hidratación frecuente, la identificación de síntomas tempranos, el uso de ropa adecuada (transpirable, telas que absorban y liberen la humedad, liviana, ajustables,

holgada, colores claros y compatibles con otros elementos de protección personal EPP), además de la notificación oportuna de sintomatología y enfermedades relacionadas con el calor deben formar parte de los contenidos educativos^(34,37).

Recomendaciones prácticas

Los hallazgos confirman que la ausencia sistemática de medición WBGT (>26°C riesgo moderado; ISO 7243) invisibiliza el estrés térmico ocupacional, coincidiendo con revisiones europeas (NTP 1189 INSST) [43]. Tabla 1

La creciente exposición al calor extremo derivada del calentamiento global representa una amenaza inminente para la Seguridad y Salud en el Trabajo y la productividad. Esta revisión evidencia que la gestión tradicional del riesgo térmico es insuficiente y, en muchos casos, negligente al omitir la medición estandarizada de la carga térmica. La adaptación de los entornos laborales exige políticas públicas y corporativas que integren obligatoriamente indicadores como el índice WBGT y las directrices de la ACGIH. Finalmente, garantizar la sostenibilidad y seguridad de los trabajadores a cielo abierto dependerá de la capacidad de la industria para implementar controles de ingeniería viables, protocolos de aclimatación estrictos y tecnologías

de monitoreo fisiológico que anticipen el daño celular antes de que se materialice el accidente o la enfermedad laboral.

Conflicto de interés

Ninguno.

Bibliografía

1. Kyung M, Lee S-J, Dancu C, Hong O. Underreporting of workers' injuries or illnesses and contributing factors: a systematic review. *BMC Public Health*. 2023;23(1):558.
2. Saranjam B, Shirinzadeh I, Davoudi K, Moammeri Z, Babaei-Pouya A, Abbasi-Ghahramanloo A. Latent class analysis of occupational accidents patterns among Iranian industry workers. *Sci Rep*. 2022;12(1):7512.
3. Deshayes TA, Sodabi DGA, Dubord M, Gagnon D. Shifting focus: Time to look beyond the classic physiological adaptations associated with human heat acclimation. *Exp Physiol*. 2024;109(3):335–49.
4. Spector JT, Masuda YJ, Wolff NH, Calkins M, Seixas N. Heat exposure and occupational injuries: Review of the literature and implications. *Curr Environ Health Rep*. 2019;6(4):286–96.
5. Dyreborg J, Lipscomb HJ, Nielsen K, et al. Safety interventions for the prevention of accidents at work: A systematic review. *Campbell Syst Rev*. 2022;18(2):e1234.
6. Kucuk H, Acar N, Ünsal A, Kılınc A. Evaluation of the relationship between occupational accidents and obstructive sleep apnea risk among employees of a university hospital. *Indian J Occup Environ Med*. 2022;26(1):3–8.
7. Leal Filho W, Dinis MAP, Lange Salvia A, et al. Assessing climate change and health provisions among staff in higher education institutions: A preliminary investigation. *PLoS One*. 2024;19(5):e0304019.
8. Ferrari GN, Leal GCL, Thom de Souza RC, Galdamez EVC. Impact of climate change on occupational health and safety: A review of methodological approaches. *Work*. 2023;74(2):485–99.
9. Moda HM, Filho WL, Minhas A. Impacts of climate change on outdoor workers and their safety: Some research priorities. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(18):3458.
10. Gibb K, Beckman S, Vergara XP, Heinzerling A, Harrison R. Extreme heat and occupational health risks. *Annu Rev Public Health*. 2024;45(1):315–35.
11. Taggart SM, Girard O, Landers GJ, Wallman KE. Heat exposure as a cause of injury and illness in mine industry workers. *Ann Work Expo Health*. 2024;68(3):325–31.
12. Fatima SH, Rothmore P, Giles LC, Bi P. Intra-urban risk assessment of occupational injuries and illnesses associated with current and projected climate: Evidence from three largest Australian cities. *Environ Res*. 2023;228(115855):115855.
13. Gostimirovic M, Novakovic R, Rajkovic J, et al. The influence of climate change on human cardiovascular function. *Arch Environ Occup Health*. 2020;75(7):406–14.
14. Chang T-H, Lin C-Y, Wei Lee JK, Che-Jui Chang J, Chen W-C, Yang H-Y. Mobile COVID-19 screening units: Heat stress and kidney function among health care workers. *Am J Kidney Dis*. 2022;80(3):426–8.
15. Wuellner S, Levenson C. Occupation and industry data quality among select notifiable conditions in Washington state. *J Public Health Manag Pract*. 2024;30(1):36–45.
16. Wuersch L, Neher A, Marino FE, Bamberry L, Pope R. Impacts of climate change on work health and Safety in Australia: A scoping literature review. *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20(21):7004.
17. Mikulčić H, Baleta J, Wang X, Duić N, Dewil R. Sustainable development in period of climate crisis. *J Environ Manage*. 2022;303(114271):114271.
18. Kim KW. Costs of injuries and ill health in the workplace in South Korea. *Int J Occup Saf Ergon*. 2020;26(4):772–9.
19. Marinaccio A, Scortichini M, Gariazzo C, et al. Nationwide epidemiological study for estimating the effect of extreme outdoor temperature

- on occupational injuries in Italy. *Environ Int.* 2019;133(Pt A):105176.
19. Zhou L, Liu C, He C, et al. Quantification of the heat-related risk and burden of hospitalizations for cause-specific injuries and contribution of human-induced climate change: A time-stratified case-crossover study in China. *Environ Health Perspect.* 2024;132(5):57005.
20. Xu Z. Heat and health of occupational workers: a short summary of literature. *J Occup Health.* 2024;66(1):uia018.
21. Bravo G, Viviani C, Lavallière M, et al. Do older workers suffer more workplace injuries? A systematic review. *Int J Occup Saf Ergon.* 2022;28(1):398–427.
22. Liu J, Varghese BM, Hansen A, et al. Heat exposure and cardiovascular health outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Planet Health.* 2022;6(6):e484–95.
23. Goulet N, McCormick JJ, King KE, et al. Elevations in serum brain-derived neurotrophic factor following occupational heat stress are not influenced by age or common chronic disease. *Temperature (Austin).* 2023;10(4):454–64.
24. Xu Z, Yi W, Bach A, et al. Multimorbidity and emergency hospitalisations during hot weather. *EBioMedicine.* 2024;104(105148):105148.
25. Lee BJ, Flood TR, Russell SL, McCormick JJ, Fujii N, Kenny GP. Impacts of age, type 2 diabetes, and hypertension on circulating neutrophil gelatinase-associated lipocalin and kidney injury molecule-1 after prolonged work in the heat in men. *Eur J Appl Physiol.* 2024;124(10):2923–39.
26. Journey WS, McCormick JJ, King KE, et al. Impacts of age, diabetes, and hypertension on serum endothelial monocyte-activating polypeptide-II after prolonged work in the heat. *Am J Ind Med.* 2023;66(7):610–9.
27. McCormick JJ, King KE, Notley SR, et al. The serum irisin response to prolonged physical activity in temperate and hot environments in older men with hypertension or type 2 diabetes. *J Therm Biol.* 2022;110(103344):103344.
28. Regina DL, Kanagalakshmi V, Alex RG. Profile, risk factors and outcome of occupational injuries reported to the emergency department in a tertiary care hospital in South India. *J Family Med Prim Care.* 2020;9(11):5684–8.
29. Gariazzo C, Taiano L, Bonafede M, et al. Association between extreme temperature exposure and occupational injuries among construction workers in Italy: An analysis of risk factors. *Environ Int.* 2023;171(107677):107677.
30. Heinzerling A, Laws RL, Frederick M, et al. Risk factors for occupational heat-related illness among California workers, 2000–2017. *Am J Ind Med.* 2020;63(12):1145–54.
31. Di Blasi C, Marinaccio A, Gariazzo C, et al. Effects of temperatures and heatwaves on occupational injuries in the agricultural sector in Italy. *Int J Environ Res Public Health.* 2023;20(4):2781.
32. Bachraty JP, Qiao J, Powers ES, Vandermark LW, Pryor JL, Pryor RR. Plateau in core temperature during shorter but not longer work/rest cycles in heat. *Int J Environ Res Public Health.* 2024;21(3):371.
33. López Gómez MA, Williams JAR, Boden L, et al. The relationship of occupational injury and use of mental health care. *J Safety Res.* 2020;74:227–32.
34. Baena-Morales S, Jerez-Mayorga D, Delgado-Floody P, Martínez-Martínez J. Sustainable Development Goals and physical education. A proposal for practice-based models. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(4):2129.
35. Fatima SH, Rothmore P, Giles LC, Varghese BM, Bi P. Extreme heat and occupational injuries in different climate zones: A systematic review and meta-analysis of epidemiological evidence. *Environ Int.* 2021;148(106384):106384.
36. INSST. NTP 1189: Evaluación del riesgo de estrés térmico. Índice WBGT. Madrid: INSST; 2023.
37. ACGIH. 2024 TLVs and BEIs. Threshold Limit Values for Heat Stress. Cincinnati: ACGIH; 2024.
38. ISO 7243:2017. Ergonomics of the thermal environment. Assessment of heat stress using WBGT. Ginebra: ISO; 2017.