Calor y cambio climático: una matriz de exposición ocupacional a estrés térmico por calor en Costa Rica

Investigadora del IRET-UNA (jennifer.crowe@una.cr)

Académico del CIEMHCAVI-UNA (daniel.rojas.valverde@una.cr)

Investigador del IRET-UNA (Keneth.masis.leandro@una.cr)

Investigador del IRET-UNA (douglas.barraza.ruiz@una.ac.cr)

Académico del CIEMHCAVI-UNA (jose.ugalde.ramirez@una.cr)

Académico del CIEMHCAVI-UNA (randall.gutierrez.vargas@unaalex.cr)

Estudiante de la Escuela de Ciencias Ambientales UNA (alecasanovaq98@gmail.com)

Estudiante de la Maestría en Salud Ocupacional UNA-TEC (maricruz.chavarria.c@gmail.com)

Estudiante de la Maestría en Salud Ocupacional UNA-TEC (fsolano@utn.ac.cr)

Investigadora del IRET-UNA (berendina.vanwendel.dejoode@una.ac.cr)

Jennifer Crowe
Daniel Rojas-Valverde
Keneth Masis Leandro
Douglas Barraza
José Alexis Ugalde Ramírez
Randall Gutiérrez Vargas
Alexandra Casanova Quiroz
Maricruz Chavarría Castrillo
Fidelia Solano Gutiérrez
Berna van Wendel de Joode

La exposición laboral al calor representa riesgos para las personas trabajadoras y atletas, que pueden tener consecuencias relativamente leves como agotamiento, desmayo y calambres; o en algunas ocasiones potencialmente graves como la muerte relacionada con un golpe de calor o el desarrollo de la enfermedad renal crónica no tradicional. Costa Rica ha realizado esfuerzos importantes para mitigar estos riesgos mediante la implementación del *Reglamento para la Prevención y Protección de las Personas Trabajadoras Expuestas a Estrés Térmico por Calor* (Decreto 39147-S-TSS, 2015). Este reglamento clasifica las distintas zonas geográficas del país según el índice de calor y los niveles de riesgo, permitiendo identificar las áreas donde los trabajadores requieren protecciones específicas.

El presente trabajo propone una matriz de riesgo diseñada para comparar la exposición acumulada (crónica) al calor en diferentes tipos de empleo y regiones geográficas de Costa Rica, considerando tanto las condiciones actuales como escenarios de cambio climático utilizando cuatro parámetros clave: duración, carga metabólica, frecuencia y severidad de

Los artículos publicados se distribuyen bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento al autor-No comercial-Compartir igual 4.0 Internacional (CC BY NC SA 4.0 Internacional) basada en una obra en http://www.ambientico.una.ac.cr, lo que implica la posibilidad de que los lectores puedan de forma gratuita descargar, almacenar, copiar y distribuir la versión final aprobada y publicada (post print) de los artículos, siempre y cuando se realice sin fines comerciales, se mencione la fuente y autoría de la obra.

la exposición. Esta matriz se aplicó a seis ocupaciones en dos zonas climáticas (Valle Central y Pacífico Norte). Los resultados indican que los trabajadores en el Pacífico Norte están más expuestos que los del Valle Central y que de los puestos evaluados, los cortadores de caña en Carrillo y peones en arroceras de Bagaces, enfrentan los mayores niveles de riesgo térmico. Proyecciones basadas en aumentos de temperatura entre 1 y 4 °C muestran cómo incrementará el riesgo, afectando más meses del año y más ocupaciones. Esta herramienta epidemiológica permite priorizar sectores y regiones para intervenciones de salud pública y adaptación al cambio climático, subrayando la necesidad de políticas preventivas que consideren la vulnerabilidad específica de la población trabajadora.

El riesgo de calor para un ser humano resulta de la combinación de dos factores principales: 1) la carga ambiental, que depende principalmente en la temperatura y la humedad con influencia de la radiación solar y el viento y 2) la carga metabólica, también conocida como la carga física, generada por la actividad muscular y, en menor grado, procesos metabólicos (p.ej., termorregulación) con influencia de factores individuales como la ropa utilizada, la condición física y medicamentos tomados.

Cuando la carga térmica generada por estos dos factores sobrepasa la capacidad del cuerpo de mantener una temperatura basal normal de aproximadamente 37 °C el cuerpo está en una condición de "estrés térmico", el cual puede provocar efectos negativos en la salud (Cramer & Jay, 2016). Los efectos pueden ser relativamente leves, como calambres o boca seca; moderados, por ejemplo, dolor de cabeza o agotamiento; o más serias como la insolación o el desmayo. En el peor de los casos, la persona puede sufrir condiciones graves o letales como la rabdomiólisis, un golpe de calor. La rabdomiólisis es una condición donde el calor en combinación con ejercicio intenso puede dañar el músculo, resultando en la liberación de proteínas y otras sustancias que pueden perjudicar a los órganos (Tietze & Borchers, 2014). El golpe de calor, es una emergencia médica que resulta cuando la temperatura interna del cuerpo alcanza o excede los 40°C, provocando daño a los órganos y, en algunos casos, la muerte (Bouchama *et al*., 2022; Peiris *et al*., 2017).

La exposición a calor ha recibido más atención en años recientes debido al incremento de las olas de calor en América del Norte, Europa y Australia, las cuales se han convertido en un problema de salud pública importante (D'Ippoliti *et al*., 2010). Al igual que otros riesgos de salud pública, la exposición a calor afecta de forma desproporcional a poblaciones en condiciones de vulnerabilidad como los adultos mayores, personas con condiciones crónicas, en condición sin casa o en condición de pobreza. Sin embargo, diferente a otros riesgos, la exposición a calor también afecta de forma desproporcional a una población que normalmente no se clasifica como vulnerable: personas trabajadoras (Rameezdeen & Elmualim,

2017; Varghese *et al*., 2019). Por ejemplo, investigaciones han documentado que la exposición a calor está asociada con las incapacidades laborales (Xiang *et al*., 2014) y con el aumento en lesiones ocupacionales (Binazzi *et al*., 2019). La exposición laboral a calor también puede traer efectos nocivos a largo plazo. Por ejemplo, un estudio realizado en personas del ejército de los EE. UU. demostró que personas que habían sido hospitalizadas por enfermedades relacionadas con calor, tenían un riesgo de mortalidad 40 % más alto que un grupo de comparación (Wallace *et al*., 2007). De particular preocupación para Centroamérica es la asociación entre la exposición ocupacional a calor y la enfermedad renal crónica no-tradicional (ERCnt), una condición que ha devastado algunas comunidades y retado el sistema de salud en Guanacaste (Johnson *et al*., 2019; Wesseling *et al*., 2020).

En Costa Rica, investigaciones han documentado riesgos importantes para personas trabajadoras (Crowe *et al*., 2015, 2022) y atletas (Rojas-Valverde *et al*., 2019), razón por la cual el Estado ha realizado esfuerzos importantes para enfrentar estos riesgos, por ejemplo mediante la implementación del *Reglamento para la Prevención y Protección de las Personas Trabajadoras Expuestas a Estrés Térmico por Calor* (Decreto No. 39147-S-TSS, 2015), el cual, entre otras cosas, establece niveles de riesgo para diferentes zonas geográficas del país basados en el índice de calor para identificar lugares donde los trabajadores requieren protecciones específicas.

Sin embargo, actualmente no existe una herramienta que permita comparar la exposición acumulada al calor en diferentes tipos de empleo y ubicaciones geográficas. Para comenzar a abordar esta brecha, el presente manuscrito propone una matriz que estima el riesgo de exposición a calor de trabajos en Costa Rica, tanto en las condiciones actuales como bajo escenarios de aumento de temperatura asociados al cambio climático.

La matriz se basa en los resultados de investigaciones realizadas por investigadores de la Universidad Nacional (Chavarría-Castrillo, 2025; Crowe *et al*., 2010, 2015; Masis-Leandro, 2023; Solano-Gutiérrez, 2025) para establecer la carga térmica y riesgo de estrés térmico por calor actual de personas trabajadoras en seis tipos de empleo: caña de azúcar, arroz, construcción, mantenimiento de calles, recolección de residuos sólidos no valorizables y mantenimiento de parques y vías en dos zonas geográficas de Costa Rica: Valle Central (San José y Alajuela y Turrialba) y el Pacífico Norte (Liberia, Bagaces y Carrillo).

Según ejemplos similares (Bourbonnais *et al*., 2013; García *et al*., 2011), y utilizando los niveles de riesgo determinados por el Consejo de Salud Ocupacional utilizando datos del Instituto Metrológico de Costa Rica (CSO, 2025) junto con las recomendaciones de salud ocupacional de NIOSH (CDC-NIOSH, 2016), la matriz incluye cuatro parámetros para asignar un

puntaje de riesgo: 1) duración de la exposición, 2) carga metabólica, 3) frecuencia de la exposición y 4) severidad (asignando un puntaje adicional cuando hay al menos una persona con carga "alta" o "muy alta" (**Cuadro 1**).

Los cuatro parámetros fueron combinados utilizando la siguiente fórmula para asignar un puntaje final a cada trabajo en cada ubicación específica:

$$\textit{Puntaje de riesgo} = (DJ \times CM) \times (0.25 \times CA_1 + 0.5 \times CA_2 + 0.75 \times CA_3 + 1 \times CA_4) + S_1 + S_2$$

La aplicación de la fórmula permitió ordenar los trabajos según el riesgo crónico (anual) (**Cuadro 2**) en la región geográfica correspondiente. Aunque el riesgo de manifestaciones clínicas relacionadas con la sobrecarga térmica existe para una amplia gama de trabajos en distintas ubicaciones geográficas, el riesgo es claramente mayor en el Pacífico Norte que en el Valle Central, afectando más personas durante más meses del año. De todas las investigaciones incluidas en el presente análisis, los cortadores de caña en Carrillo, Guanacaste tienen la mayor exposición a calor, seguido por los trabajadores que realizan labores manuales ("peón") en una arrocera en Bagaces, Guanacaste.

Cuadro 1. Parámetros utilizados para clasificar la exposición térmica crónica.

Parámetro	Variable	Abreviación	Unidad	Descripción
Duración de la exposición	Duración Jornada	DJ	Horas de la jornada diaria	Cantidad de horas laborales (diario)
Carga metabólica	Intensidad 1: Carga metabólica para la mayoría de las personas	CM	Número según categorías de carga metabólica de NIOSH: 1 (liviana) 2 (moderado) 3 (pesado) 4 (muy pesado)	Se asigna la categoría según la carga de la mayoría de los trabajadores. En caso de que exista un "empate" para la categoría con más personas (por ejemplo, la misma cantidad de personas tengan una carga "moderada" que "alta"), se hace un promedio (i.e., 2.5)
Riesgo de la Carga ambiental	Número de meses en nivel de riesgo I, II, III o IV	CA_1 CA_2 CA_3 CA_4	Número de meses en cada nivel de riesgo	El grado de probabilidad de que las personas trabajadoras sufran manifestaciones clínicas relacionadas con la sobrecarga térmica según lo publicado por el CSO y el IMN: Guía de Reglamento para la Prevención del Estrés Térmico
Severidad	Severidad 1 ¿Hay al menos una persona con carga "alta"?	S_1	Número: No=0 Sí=20	Se incluye para reconocer que la carga no es la misma para todas las personas y para incluir exposiciones potencialmente muy severas
	Severidad 2 ¿Hay al menos una persona con carga "muy alta"?	S_2	Número: No=0 Sí=20	

Cuadro 2. La matriz de exposición actual según las variables propuestas. El puntaje (columna de tonos rojos) no establece umbrales específicos de riesgo; su intención es solamente comparar las exposiciones para fines epidemiológicos. El texto azul representa una modificación de jornada.

Sector	Ubicación geográfica	Duración Jornada (Horas) (DJ)	Carga metabólica (CM) de la mayoría de las personas	Carga ambiental (CA)				Severidad (S)		Puntaje de riesgo	Referencia	Cuadro de referencia del CSO[A]
				Cantidad de meses que de cada nivel de riesgo según el CSO en nivel de riesgo[A]				Al menos una persona con carga**				
				1	2	3	4	Alta?	Muy alta?			
Recolección de residuos sólidos (todos los puestos)*	San José: Escazú	5	3	12	0	0	0	20	20	**85**	Solano-Gutiérrez (2025)	1
Recolección de residuos sólidos (todos los puestos)*	San José: Escazú	8	3	12	0	0	0	20	20	**112**	Solano-Gutiérrez (2025)	1
Mantenimiento de calles (todos los puestos)	San José: Centro	8	2	12	0	0	0	20	20	**88**	Chavarría-Castrillo (2025)	1
Limpieza de calles y parques (todos los puestos)	Alajuela: Centro	8	2	9	3	0	0	20	20	**100**	Solano-Gutiérrez (2025)	5
Caña (aplicación de agroquímicos a mano)	Cartago: Turrialba	8	3	12	0	0	0	20	20	**112**	Crowe *et al.* (2010)	X*
Caña (cortar semilla (verde, no-zafra)	Cartago: Turrialba	8	3.5	12	0	0	0	20	20	**124**	Crowe et al. (2010)	X*
Construcción (Todos los puestos)	Alajuela: El Coyol	8	2	1	8	3	0	20	20	**144**	Masis Leonardo (2023)	6
Arroz (no-peón)	Pacífico Norte: Bagaces	8	1.5	0	0	6	6	0	0	**126**	Crowe *et al.* (2022)	23
Recolección de residuos sólidos (todos los puestos)*	Pacífico Norte: Liberia	5	3	0	0	8	4	20	20	**190**	Solano-Gutiérrez (2025)	22
Recolección de residuos sólidos (todos los puestos)*	Pacífico Norte: Liberia	8	3	0	0	8	4	20	20	**280**	Solano-Gutiérrez (2025)	22
Calles y parques (todos los puestos)	Pacífico Norte: Liberia	8	2	0	0	8	4	20	20	**200**	Masis Leonardo (2023)	20

Sector	Ubicación geográfica	Duración Jornada (Horas) (DJ)	Carga metabólica (CM) de la mayoría de las personas	Carga ambiental (CA)				Severidad (S)		Puntaje de riesgo	Referencia	Cuadro de referencia del CSO[A]
				Cantidad de meses que de cada nivel de riesgo según el CSO en nivel de riesgo[A]				Al menos una persona con carga**				
				1	2	3	4	Alta?	Muy alta?			
Mantenimiento de calles (todos los puestos)	Pacífico Norte: Liberia	8	2	0	0	8	4	20	20	**200**	Masis Leonardo (2023)	20
Construcción (todos los puestos)*	Pacífico Norte: Carrillo	8	2	0	0	8	4	20	0	**180**	Solano (2025)	22
Construcción (todos los puestos)*	Pacífico Norte: Carrillo	12	2	0	0	8	4	20	0	**260**	Chavarría-Castrillo (2025)	22
Arroz (peón)	Pacífico Norte: Bagaces	8	2.5	0	0	6	6	20	0	**230**	Crowe *et al.* (2022)	23
Caña (cortador)	Pacífico Norte: Carrillo	8	3.5	0	0	8	4	20	20	**320**	Crowe *et al.* (2013)	20

*Con recolectores se observó una jornada de aproximadamente 5 horas a esta carga metabólica, sin embargo también se calcula por una jornada de 8 horas para demostrar el efecto de una doble jornada o una jornada más extensa. En el caso de construcción, la jornada normal fue de 8 horas, sin embargo, un día se observó una jornada de 12 horas.

** Según lo publicado feb 2025 (Consejo de Salud Ocupacional, 2025)

Para la proyección de riesgo con cambio climático, se realizaron dos ejercicios diferentes. Primero, se utilizó como base los cuadros publicados por el Consejo de Salud Ocupacional (Consejo de Salud Ocupacional, 2025), los cuales utilizan la temperatura (bulbo seco) y la humedad relativa promedio para estimar el nivel de riesgo (1-4 de menor a mayor) por mes en diferentes regiones geográficas del país. En los cuadros de proyección, se registró el nivel de riesgo asumiendo los diferentes aumentos de temperatura (1, 2, 3 y 4 °C) en las ubicaciones más cercanas a los sitios estudiados. No se modificó la humedad relativa para este análisis (**Figura 1**).

Este ejercicio señala la gran diferencia que puede generar un aumento relativamente pequeño de temperatura. Por ejemplo, con un aumento de solo 2 °C, trabajadores en Liberia pasan de tener 4 meses del año con nivel 4 (máximo riesgo) a tener 7 meses del año a este nivel. En el mismo sentido, un aumento de 4 °C significaría que personas trabajadoras en Liberia estarán con el máximo nivel de riesgo durante todo el año. De igual forma, trabajadores en El Coyol de Alajuela, que en la actualidad están con riesgos entre niveles 1 y 3, llegarían a estar con riesgo nivel 3 durante 7 meses del año con un aumento de 2 °C.

Posteriormente, se aplicó la matriz de calor (fórmula) utilizando las cuatro proyecciones de aumentos de temperatura con el fin de comparar diferentes tipos de

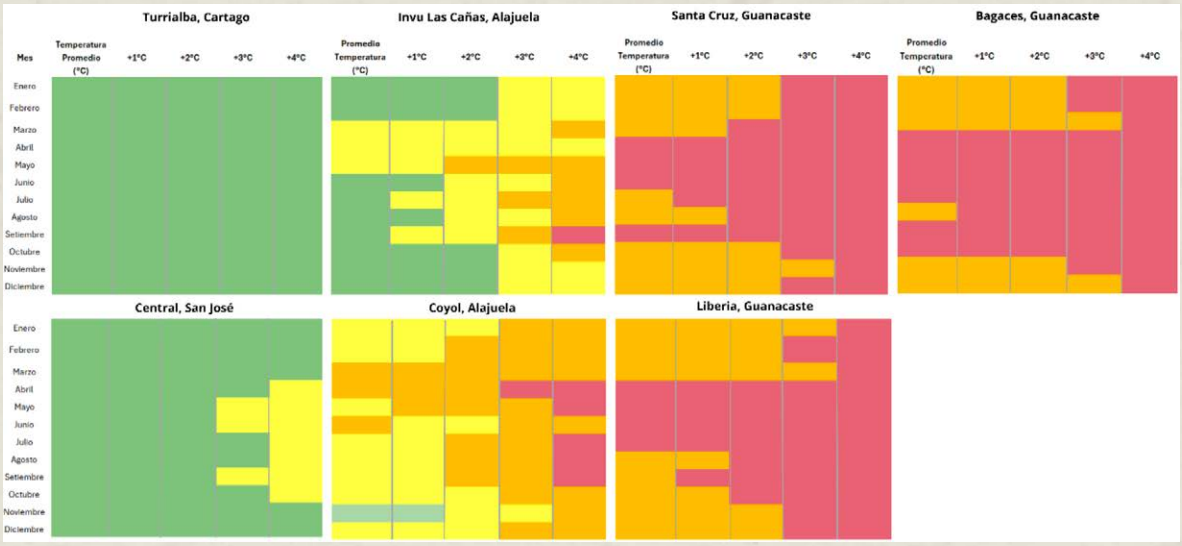

Figura 1. Proyecciones del nivel de riesgo con aumentos de temperatura en los sitios de estudio. Para efectos del análisis, se mantiene la humedad relativa constante. El nivel actual se toma de lo publicado por el Consejo de Salud Ocupacional (Consejo de Salud Ocupacional, 2025) con aumentos de temperatura de 1, 2, 3 o 4 °C. El nivel de riesgo en este análisis es general y no toma en cuenta la carga térmica de la persona.

trabajo. El **Cuadro 3** demuestra cómo un trabajador de construcción en El Coyol de Alajuela con un aumento de 3 °C, pasaría a tener una exposición similar al actual riesgo en Carrillo, Guanacaste. De igual forma, se puede apreciar la diferencia de las jornadas de trabajo como es representado por el texto azul.

Este análisis permite visualizar escenarios de exposición ocupacional correspondientes a los aumentos de temperatura que se proyectan para Costa Rica. El IPCC estima cambios en las próximas décadas de temperatura en promedio entre 1° y 4 °C (IPCC, 2023). Aunque

Cuadro 3. Matriz de exposición bajo aumentos de 1, 2, 3 o 4 grados Celsius respectivamente. Es importante notar que el puntaje no establece umbrales específicos de riesgo; su intención es solamente comparar las exposiciones para fines epidemiológicos.

Sector	Ubicación geográfica	Puntaje actual	Puntaje con Incremento 1 grado	Puntaje con Incremento 2 grados	Puntaje con Incremento 3 grados	Puntaje con Incremento 4 grados
Recolección de residuos sólidos (todos los puestos)*	San José: Escazú	85	85	85	96	111
Recolección de residuos sólidos (todos los puestos)*	San José: Escazú	112	112	112	130	154
Mantenimiento de calles (todos los puestos)	San José: Centro	88	88	88	100	116
Calles y parques (todos los puestos)	Alajuela: Centro	100	108	120	148	168
Caña (aplicación de agroquímicos a mano)	Cartago: Turrialba	112	112	112	112	112
Caña (cortar semilla (verde, no-zafra)	Cartago: Turrialba	124	124	124	124	124
Construcción (todos los puestos)	Alajuela: El Coyol	144	144	164	184	204
Arroz (no-peón)	Pacífico Norte: Bagaces	126	129	129	138	144
Recolección de residuos sólidos (todos los puestos)*	Pacífico Norte: Liberia	190	194	201	213	220
Recolección de residuos sólidos (todos los puestos)*	Pacífico Norte: Liberia	280	286	298	316	328
Calles y parques (todos los puestos)	Pacífico Norte: Liberia	200	204	212	224	232
Mantenimiento de calles (todos los puestos)	Pacífico Norte: Liberia	200	204	212	228	232
Construcción (todos los puestos)**	Pacífico Norte: Carrillo	180	184	192	204	212
Construcción (todos los puestos)**	Pacífico Norte: Carrillo	260	266	278	296	308
Arroz (peón)	Pacífico Norte: Bagaces	230	235	235	250	260
Caña (cortador)	Pacífico Norte: Carrillo	320	327	341	369	376

estos aumentos tal vez sean imperceptibles para poblaciones que pueden adaptarse mediante prácticas como el uso de aire acondicionado, cambios de horario o aumento de consumo de líquidos, un aumento de esta magnitud puede representar un riesgo inmediato para poblaciones que están en sus límites fisiológicos para poder manejar la exposición a calor, o bien, quienes no tienen control sobre su jornada de laboral o su hidratación o en el ámbito laboral. Desde este punto de vista, las personas trabajadoras de algunos sectores se encuentran más vulnerables y muchas veces olvidados en los planes de adaptación al cambio climático tanto a nivel empresarial como al nivel nacional.

La exposición al calor en los seres humanos varía diariamente debido a factores climáticos (como la radiación solar, el viento, la temperatura y la humedad), las tareas asignadas y características individuales, como la edad, nivel de hidratación, el uso de medicamentos y la presencia de enfermedades crónicas. Por esta razón, las normas y recomendaciones están diseñadas para proteger a todas las personas presentes en el lugar de trabajo.

La matriz descrita en este manuscrito no tiene como objetivo evaluar el riesgo diario individual de las personas trabajadoras. Por el contrario, propone una herramienta para comparar las exposiciones al calor según el tipo de trabajo y la zona geográfica, con fines epidemiológicos. Esto permite identificar y priorizar ocupaciones y regiones para la implementación de políticas públicas y estrategias de adaptación, tanto en las condiciones actuales como frente al cambio climático.

Los resultados obtenidos resaltan la necesidad de fortalecer las estrategias de adaptación para proteger a las personas trabajadoras ahora y en el futuro. Si bien es cierto, ninguna herramienta puede sustituir la medición directa del estrés térmico en el entorno laboral específico de cada persona, se espera que esta matriz sirva como una base útil para seguir comprendiendo el riesgo asociado a la exposición al calor, con el fin de garantizar condiciones laborales seguras para la población costarricense.

Referencias

Binazzi, A., Levi, M., Bonafede, M., Bugani, M., Messeri, A., Morabito, M., Marinaccio, A., & Baldasseroni, A. (2019). Evaluation of the impact of heat stress on the occurrence of occupational injuries: Meta-analysis of observational studies. *American Journal of Industrial Medicine*, *62*(3), 233–243. https://doi.org/10.1002/ajim.22946

Bouchama, A., Abuyassin, B., Lehe, C., Laitano, O., Jay, O., O'Connor, F. G., & Leon, L. R. (2022). Classic and exertional heatstroke. *Nature Reviews. Disease Primers*, *8*(1). https://doi.org/10.1038/S41572-021-00334-6

Bourbonnais, R., Zayed, J., Lévesque, M., Busque, M.-A., Duguay, P., & Truchon, G. (2013). Identification of Workers Exposed Concomitantly to Heat Stress and Chemicals. *Industrial Health*, *51*(1), 25–33. https://doi.org/10.2486/indhealth.2012-0095

CDC-NIOSH. (2016). Criteria for a Recommended Heat Standard: Occupational Exposure to Heat and Hot Environments. In B. Jacklitsch, W. Williams, K. Musolin, A. Coca, K. J_H, & N. Turner (Eds.), *CDC-NIOSH US Department of Health*

and Human Services. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication 2016-106. https://www.cdc.gov/niosh/docs/2016-106/

Chavarría-Castrillo, M. (2025). *Carga térmica, salud y percepción del riesgo en trabajadores del mantenimiento y conctrucicón de vías: Un estudio de caso en una empresa con operaciones en el Valle Central y el Pacífico Norte de Costa* Rica [Tesis de maestría en proceso de publicación]. Universidad Nacional de Costa Rica- Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Consejo de Salud Ocupacional Ministerio de Trabajo de Costa Rica. (2025). *Procedimiento para la elaboración del protocolo: Hidratación, sombra, descanso y protección. Cuadros de índice de calor 2024-2026*. Disponible en: https://www.cso.go.cr/legislacion/decretos_normativa_reglamentaria/Decreto%20N°%2039147%20S%20TSS%20Reglamento%20para%20la%20Prevencion%20Proteccion%20de%20las%20Personas%20Trabajadoras%20Expuestas%20a%20Estres%20Termico%20por%20calor.pdf

Cramer, M. N., & Jay, O. (2016). Biophysical aspects of human thermoregulation during heat stress. In *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical* (Vol. 196). https://doi.org/10.1016/j.autneu.2016.03.001

Crowe, J., Moya-Bonilla, J. M., Román-Solano, B., & Robles-Ramírez, A. (2010). Heat exposure in sugarcane workers in Costa Rica during the non-harvest season. *Global Health Action*, *3*. https://doi.org/10.3402/gha.v3i0.5619

Crowe J, Wesseling C, Solano BR, Umaña MP, Ramírez AR, Kjellstrom T, Morales D, Nilsson M. (2013) Heat exposure in sugarcane harvesters in Costa Rica. *Am J Ind Med*. Oct;56(10):1157-64. doi: https://doi.org/10.1002/ajim.22204.

Crowe, J., Nilsson, M., Kjellstrom, T., & Wesseling, C. (2015). Heat-related symptoms in sugarcane harvesters. *American Journal of Industrial Medicine*, *58*(5), 541–548. https://doi.org/10.1002/ajim.22450

Crowe, J., Rojas-Valverde, D., Rojas-Garbanzo, M., Gutiérrez-Vargas, R., Ugalde-Ramírez, J. A., Ledezma-Rojas, J. P., Cabrera-Alpizar, W., Salazar-Salazar, M., Mauricio-La Torre, R., Valera-Amador, L., & de Joode, B. van W. (2022). Kidney Function in Rice Workers Exposed to Heat and Dehydration in Costa Rica. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(9). https://doi.org/10.3390/IJERPH19094962

Decreto No. 39147-S-TSS: Reglamento para la prevención y protección de las personas trabajadoras expuestas a estrés térmico por calor (pp. 2–6). (2015). Ministerio de Salud y Ministerio de Trabajo y Seguro Social de Costa Rica. Disponible en: https://www.cso.go.cr/divulgacion/noticias/Decreto%20N°%2039147-s-tss%20Reglamento%20para%20la%20prevencion%20proteccion%20de%20las%20personas%20trabajadoras%20expuestas%20a%20estres%20termico%20por%20calor.pdf

D'Ippoliti, D., Michelozzi, P., Marino, C., de'Donato, F., Menne, B., Katsouyanni, K., Kirchmayer, U., Analitis, A., Medina-Ramón, M., Paldy, A., Atkinson, R., Kovats, S., Bisanti, L., Schneider, A., Lefranc, A., Iñiguez, C., & Perucci, C. A. (2010). The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project. *Environmental Health : A Global Access Science Source*, *9*, 37. https://doi.org/10.1186/1476-069X-9-37

García, A. M., González Galarzo, M. C., Alba, M. A., Gordo, J., Briceño, F., Gadea, R., López, M., & Benavides, F. (2011). A job-exposure matrix for Spanish workers. *Seguridad y Medio Ambiente*, *123*(31), 1. https://doi.org/10.1002/ajim.22213

IPCC. (2023). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001

Johnson, R. J., Wesseling, C., & Newman, L. S. (2019). Chronic kidney disease of unknown cause in agricultural communities. *New England Journal of Medicine*, *380*(19), 1843–1852. https://doi.org/10.1056/NEJMra1813869

Masis-Leandro, K. J. (2023). *Carga térmica, salud y percepción del riesgo en trabajadores de la construcción: un estudio de caso en una empresa con operaciones en el Valle Central y el Pacífico Norte de Costa Rica*. Universidad Nacional de Costa Rica - Instituto Tecnológico de Costa Rica. Disponible en: http://hdl.handle.net/11056/26606

Peiris, A. N., Jaroudi, S., & Noor, R. (2017). Heat Stroke. *JAMA*, *318*(24), 2503. https://doi.org/10.1001/jama.2017.18780

Rameezdeen, R., & Elmualim, A. (2017). The impact of heat waves on occurrence and severity of construction accidents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *14*(1). https://doi.org/10.3390/ijerph14010070

Rojas-Valverde, D., Olcina, G., Gutiérrez-Vargas, R., & Crowe, J. (2019). Heat Strain, External Workload, and Chronic Kidney Disease in Tropical Settings: Are Endurance Athletes Exposed? *Frontiers in Physiology*, *10*. https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01403

Solano-Gutiérrez, F. (2025). *Carga térmica, salud y percepción del riesgo en trabajadores de limpieza de vías y recolección de desechos sólidos: Un estudio de caso en una empresa con operaciones en el Valle Central y el Pacífico Norte de Costa Rica*. [Tesis de maestría en proceso de publicación]. Universidad Nacional de Costa Rica- Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Tietze, D. C., & Borchers, J. (2014). Exertional rhabdomyolysis in the athlete: a clinical review. *Sports Health*, *6*(4), 336–339. https://doi.org/10.1177/1941738114523544

Varghese, B. M., Barnett, A. G., Hansen, A. L., Bi, P., Nairn, J., Rowett, S., Nitschke, M., Hanson-Easey, S., Heyworth, J. S., Sim, M. R., & Pisaniello, D. L. (2019). Characterising the impact of heatwaves on work-related injuries and illnesses in three Australian cities using a standard heatwave definition- Excess Heat Factor (EHF). *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 1. https://doi.org/10.1038/s41370-019-0138-1

Wallace, R. F., Kriebel, D., Punnett, L., Wegman, D. H., & Amoroso, P. J. (2007). Prior heat illness hospitalization and risk of early death. *Environmental Research*, *104*(2), 290–295. https://doi.org/10.1016/j.envres.2007.01.003

Wesseling, C., Glaser, J., Rodríguez-Guzmán, J., Weiss, I., Lucas, R., Peraza, S., Soares Da Silva, A., Hansson, E., Johnson, R. J., Hogstedt, C., Wegman, D. H., Jakobsson, K., Salvador, E., Salvador, S., da Silva, A. S., Hansson, E., Johnson, R. J., Hogstedt, C., Wegman, D. H., … Salvador, S. (2020). Chronic kidney disease of non-traditional origin in Mesoamerica: a disease primarily driven by occupational heat stress. *Pan American Journal of Public Health Rev Panam Salud Publica*, *43*, 1. https://doi.org/10.26633/RPSP.2020.15

Wesseling C, van Wendel de Joode B, Crowe J, Rittner R, Sanati NA, Hogstedt C, Jakobsson K. (2015) Mesoamerican nephropathy: geographical distribution and time trends of chronic kidney disease mortality between 1970 and 2012 in Costa Rica. *Occup Environ Med*. Oct;72(10):714-21. doi: https://doi.org/10.1136/oemed-2014-102799. Epub 2015 Jul 21. PMID: 26199395.

Xiang, J., Bi, P., Pisaniello, D., Hansen, A., & Sullivan, T. (2014). Association between high temperature and work-related injuries in Adelaide, South Australia, 2001–2010. *Occupational and Environmental Medicine*, *71*(4), 246–252. https://doi.org/10.1136/oemed-2013-101584