

CALOR PELIGROSO Y MORTAL: EL NIÑO Y CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PERÚ

Ken Takahashi¹, Andrés Rodríguez¹ y Gustavo De La Cruz²

¹ Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú

² Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

Palabras clave: Golpes de calor, hipertermia, El Niño, cambio climático, *heat index*, sensación térmica, adaptación, salud

Citar como Takahashi, K., Rodríguez, A. & De La Cruz, G. (2025). Calor peligroso y mortal: El Niño y cambio climático en el Perú. *Boletín científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, vol. 12 n.º 01, págs. 11-19.

¿Cuál es la **contribución** de esta investigación para los tomadores de decisiones?*

Con el cambio climático, el calor peligroso y mortal será mucho más frecuente, sobre todo en la región amazónica, donde será prácticamente permanente, y en la costa norte y centro del país durante eventos El Niño. Para mitigar el aumento dramático en los impactos asociados a la salud, incluyendo el número de fallecimientos, es urgente implementar medidas de prevención y de adaptación al cambio climático enfocadas en mitigar los efectos del calor extremo, desde el ámbito local a nacional. Además, se debe fomentar y apoyar la realización de más investigaciones que permitan afinar los resultados de este estudio.

Resumen

El cambio climático está incrementando la frecuencia e intensidad del calor extremo a nivel global, con impactos severos en la salud humana. En Perú, aunque históricamente no se han registrado olas de calor comparables a las de otras regiones, existen reportes de muertes por calor durante los eventos de El Niño en la costa norte. Este estudio estima los efectos del cambio climático y El Niño en la ocurrencia de calor peligroso y mortal en Perú, mediante el empleo del *heat index* como indicador y los datos climáticos observados y proyectados al 2050. Los resultados muestran que, bajo escenarios de cambio climático, la Amazonía experimentaría calor peligroso y mortal de manera casi permanente. Mientras tanto, en la costa norte y central, las condiciones de calor

extremo, que actualmente se presentan durante eventos de El Niño, se exacerbarán fuertemente con el cambio climático, lo cual incrementará los riesgos para la salud pública. Dado el rápido aumento del peligro asociado al calor extremo, es urgente desarrollar estrategias de adaptación para reducir el impacto del peligro rápidamente emergente del calor extremo en la población peruana.

1. Introducción

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2024), aproximadamente 500 000 personas fallecen cada año a causa del calor; de ellas, el 45 % ocurren en Asia y el 36 % en Europa. En 2023, solo en Europa fallecieron 70 000 personas durante una ola de

calor. Afortunadamente, hasta la fecha, el Perú no ha presentado eventos de calor extremo que hayan producido un número de muertes comparable a estos registros. En parte, esto se debe a que, si bien Perú es un país tropical con temperaturas en promedio altas, especialmente en la Amazonía y costa norte, las variaciones de las temperaturas en los trópicos es menos pronunciada que en las latitudes más altas, donde los frentes cálidos y fríos producen grandes fluctuaciones de temperatura en periodos de días a semanas.

Una excepción en el Perú ocurre durante los eventos El Niño, cuando el calor en la costa norte puede aumentar a niveles peligrosos durante varios días consecutivos. Miranda et al. (2003) documentaron 25 casos de golpes de calor en niños menores de cinco años en diferentes departamentos de la costa peruana durante El Niño entre diciembre de 1997 y marzo de 1998. Por su parte Cabezas et al. (2017) indicaron que estos impactos ocurren en la costa norte cuando la temperatura del aire supera los 32 °C por más de dos días. Más aún, durante El Niño en 2016 se reportaron ocho fallecimientos de niños menores de dos años debido a temperaturas extremas que superaron los 35 °C, con una sensación térmica de hasta 46 °C (Aguilar-León y Solano-Zapata, 2016).

Si bien es probable que los registros oficiales subestimen el número de muertes por calor en Perú, estudios recientes han evidenciado su impacto en la mortalidad. Kephart et al. (2022) estimaron que, de 23 ciudades evaluadas en Perú, 11 registraron una fracción de muertes en exceso (EDF) por calor, con respecto a las muertes totales, mayor que cero. Destacan Iquitos (EDF de 16.8 %) y Pucallpa (11.3 %) en la Amazonía. Por su parte, Vicedo-Cabrera et al. (2021) estimaron que el número anual de muertes por calor atribuibles al cambio climático asciende a 351 en 18 departamentos evaluados de Perú, lo que equivale al 73.5 % de todas las muertes por calor en temporada cálida. Esta cifra posiciona al Perú como el tercer país con mayor mortalidad asociada al calor en Sudamérica, después de Colombia y Ecuador.

El cambio climático futuro intensificará esta situación. El estudio a nivel global de Mora et al. (2017) proyecta que, si bien en la actualidad no se presentarán condiciones de calor mortal para los humanos en el Perú, hacia el año 2100 estas condiciones podrían aumentar enormemente. En un escenario de cambio

climático con altas emisiones de gases de efecto invernadero, la Amazonía (Loreto, Ucayali y Madre de Dios) y la costa norte peruana (Tumbes, Piura y Lambayeque) podrían enfrentar más de 200 días al año de calor letal. Sin embargo, este estudio presenta limitaciones importantes, como el uso de datos de modelos climáticos de baja resolución espacial que no representan adecuadamente la geografía del Perú. Dichos modelos presentan sesgos importantes, como que la temperatura simulada es demasiado cálida en la costa y que el escenario al 2100 es demasiado remoto. Además, no considera la variabilidad climática como la asociada a El Niño, además que, con el cambio climático, la frecuencia de eventos El Niño extremo se podría incrementar (Cai et al., 2018)

Ante este panorama, este estudio tiene como objetivo producir una primera estimación de los efectos de El Niño y el cambio climático, así como su interacción en las condiciones de calor peligroso y mortal en el Perú. Los resultados servirán de referencia para el diseño de medidas de prevención y adaptación al cambio climático que permitan evitar la pérdida de vidas humanas por golpes de calor y otras afecciones asociadas.

2. Metodología

En términos generales, el estudio climático del calor extremo y su impacto en la salud humana requiere la elección de un índice de calor, el cual se calcula a partir de datos meteorológicos, además de un criterio para determinar si dicho índice indica condiciones de peligro. Dado que la humedad relativa del aire tiene una fuerte influencia sobre la efectividad de la transpiración, y es uno de los principales mecanismos de la termorregulación humana ante condiciones de calor, se utiliza el *heat index*, el cual combina la temperatura y humedad relativa (Steadman, 1979). El *heat index* es utilizado ampliamente por instituciones meteorológicas, como la NOAA de los EE. UU. (<https://www.weather.gov/safety/heat-index>), la AEMET de España (<https://www.aemet.es/es/conocermas/montana/detalles/sensaciontermica>) y el SENAMHI en Perú para estimar la "sensación térmica".

El cálculo del índice de calor (HI, por sus siglas en inglés) se realizó usando la aproximación polinomial empleada por la NOAA (Rothfus, 1990; NOAA, s. f.) a los resultados de Steadman. Cabe mencionar que la NOAA recomienda adaptar los umbrales del HI

según las condiciones de cada región, momento del día y otros factores o situaciones para la emisión de avisos. Por ejemplo, en los EE. UU., los umbrales de peligro para HI máximo del día varían entre 40.6 °C en el norte y 43.3 °C en el sur de EE. UU., mientras que el HI mínimo en la noche es considerado peligroso a partir de 23.9 °C (NWS, 2024). Sin embargo, para propósitos de este estudio, se considera que usar los mismos umbrales para todo el Perú y mes del año, diferenciando el día y la noche, proporciona una buena primera aproximación. Se debe notar que el *heat index* se refiere solo a condiciones a la sombra, mas no considera la exposición a la radiación solar, ni variables como la velocidad del viento.

Por otro lado, Mora et al. (2017) utilizaron un modelo de *machine learning* desarrollado con datos de fallecimientos por calor y considerando diversas variables meteorológicas. Sus resultados indicaron que la mejor predicción de la probabilidad de muertes por calor se lograba considerando una función que combinaba temperatura y humedad relativa promedio diarias. A partir de este análisis, se definió una frontera para las condiciones de "calor mortal", asociada a la probabilidad del 95 % para clasificar

eventos mortales con alta confianza (zona derecha de la curva morada en Figura 1). Se observa que dicha frontera coincide aproximadamente con el umbral de HI de 33 °C (Figura 1), con la salvedad de que se aplica solo al promedio del día y noche del HI.

En este estudio, se identificaron condiciones de peligro utilizando la sensación térmica calculada a partir de la temperatura máxima del día y la humedad relativa correspondiente (*Heat Index @ Tmax*). Se consideraron valores de 41 °C o más como umbrales de peligro, de acuerdo con los umbrales establecidos por la Agencia Estatal de Meteorología de España (AEMET). Estas condiciones están asociadas a la insolación, el golpe de calor y los calambres, muy posibles por exposición prolongada o actividad física (Figura 1). Asimismo, para la sensación térmica correspondiente a la temperatura mínima de la noche (*Heat Index @ Tmin*), se considera peligroso a partir de 27 °C, umbral que se aproxima al ejemplo de la NOAA indicado arriba. Adicionalmente, se consideran condiciones de calor mortal cuando el promedio de la sensación térmica entre la temperatura máxima del día y la mínima de la noche es igual o superior a 33 °C, en concordancia con el modelo de Mora et al. (2017). Esto considera

TABLA DE VALORES DE SENSACIÓN TÉRMICA POR CALOR (HEAT INDEX)

		TEMPERATURA DEL AIRE EN GRADOS CELSIUS (C)																	
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
HUMEDAD RELATIVA (%)	45	27	28	29	30	32	33	35	37	39	41	43	46	49	51	54	57	61	64
	50	27	28	30	31	33	34	36	38	41	43	46	49	52	55	58	62		
	55	28	29	30	32	34	36	38	40	43	46	48	52	55	59	62			
	60	28	29	31	33	35	37	40	42	45	48	51	55	59	63				
	65	28	30	32	34	36	39	41	44	48	51	55	59	63					
	70	29	31	33	35	38	40	43	47	50	54	58	63						
	75	29	31	34	36	39	42	46	49	53	58	62							
	80	30	32	35	38	41	44	48	52	57	61								
	85	30	33	36	39	43	47	51	55	60	65								
	90	31	34	37	41	45	49	54	58	64									
	95	31	35	38	42	47	51	57	62										
	100	32	36	40	44	49	54	60											

- Precaución 27 a 32 Posible fatiga por exposición prolongada o actividad física.
- Precaución extrema 33 a 40 Insolación, golpe de calor, calambres. Posibles por exposición prolongada o actividad física.
- Peligro 41 a 53 Insolación, golpe de calor, calambres. Muy posibles por exposición prolongada o actividad física.
- Peligro extremo 54 ó más Golpe de calor, insolación inminente.

Permanecer bajo el sol puede incrementar los valores del índice de calor en 8 C.
 Cuando la temperatura es menor que 32 C (temperatura de la piel), el viento disminuye la sensación térmica. Si es mayor de 32 C, la aumenta.

Figura 1. Valores del *heat index* (sensación térmica por calor) según la temperatura y la humedad relativa del aire, y rangos de peligro (Fuente: AEMET, España). La curva morada punteada corresponde al umbral en el promedio diario del *heat index* para eventos de calor mortal con 95 % de probabilidad. Adaptado de Mora et al. (2017).

que la persistencia de condiciones de peligro del día a la noche pueden ser mortales al no permitir a las personas recuperarse en condiciones más frescas durante la noche (Lagadec, 2004; Poumadère et al., 2005; He et al., 2022).

Los datos meteorológicos usados son el producto PISCOt v1.2 del SENAMHI (Huerta et al., 2023), que proporciona temperaturas máximas y mínimas diarias para el periodo 1981-2020, grilladas para el territorio nacional, con celdas de 0.1°, y del reanálisis de ERA5-Land (Muñoz-Sabater et al., 2021) utilizado para determinar la humedad relativa correspondiente. Dada la fuerte dependencia de la humedad relativa en la temperatura y la fuerte variabilidad de la humedad específica o relación de mezcla con la altitud, se estableció un procedimiento para mejorar su exactitud. Primero, se deriva la humedad específica del reanálisis y se corrige por la diferencia de altitudes con PISCO mediante interpolación lineal vertical del logaritmo de dicha variable, tras lo cual se calcula la presión de vapor. Luego, se corrige la presión de saturación de vapor utilizando la temperatura de PISCO, pero conservando el sesgo de gran escala en la temperatura de ERA5-Land para evitar que la humedad relativa resultante se vea afectada. Finalmente, la humedad relativa se determinó

como el ratio de ambas presiones (Figura 2).

Como una primera aproximación al efecto del cambio climático, se consideró el cambio promedio de las temperaturas máximas y mínimas correspondiente a los escenarios de cambio climático de SENAMHI al 2050 (Llacza et al., 2021) para cada mes del año. Estos cambios promedio se sumaron simplemente a las temperaturas de PISCO para el periodo 1981-2020, y dichas nuevas temperaturas se utilizaron en el cálculo del HI, manteniendo los valores de humedad relativa inalterados (p. ej.: Willett and Sherwood, 2012) y produciendo datos diarios de HI proyectados nominalmente para el periodo 2031-2070.

Como indicador, siguiendo a Mora et al. (2017), se contabilizó el número de días por año promedio en que la sensación térmica es igual o superior a los umbrales indicados arriba sobre los periodos de 40 años del presente y del futuro. Adicionalmente, se hizo el mismo análisis, pero considerando solo los años correspondientes a eventos El Niño Costero fuerte o extraordinario, identificados según el valor del Índice Costero El Niño, para los 12 meses entre agosto y julio de los años 1982-1983, 1997-1998 y 2015-2016 (ENFEN, 2012).

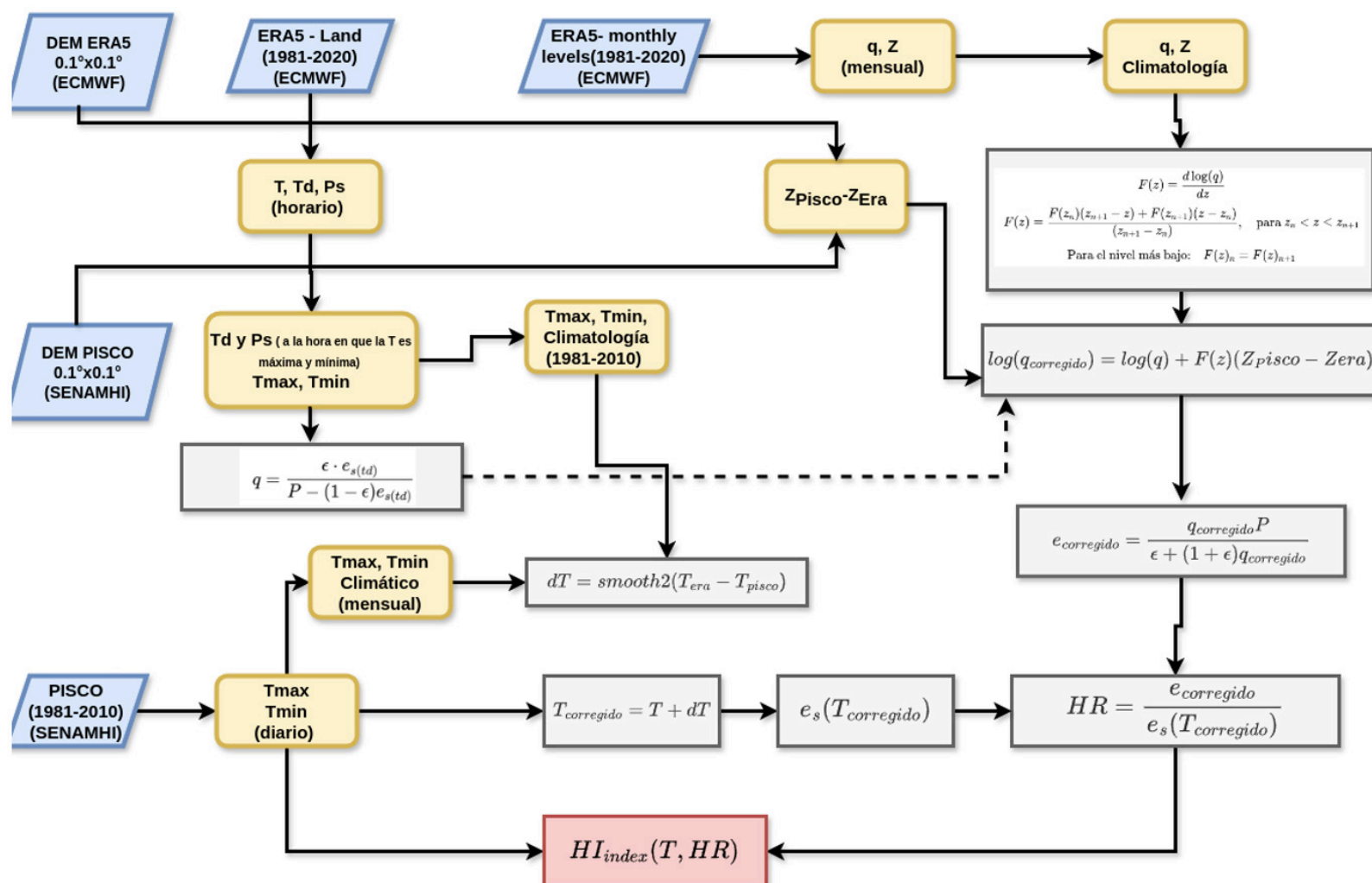


Figura 2. Metodología del cálculo del heat index de este estudio.

3. Resultados

En la actualidad, el mayor número de días promedio al año en que la sensación térmica durante el día excede el umbral de "peligro" de 41 °C (Figura 3c) se presenta en la región amazónica, donde amplias regiones experimentan más de 100 días al año con estas condiciones extremas. En la costa, esta situación se presenta entre 10 y 40 días al año en Ica, Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad, siendo las dos primeras las zonas más afectadas. En contraste, las condiciones de peligro durante la noche prácticamente

no se observan en el país (Figura 3a). Sin embargo, las condiciones de calor mortal ocurren con más de 60 días en algunas zonas de la Amazonía, especialmente en Loreto, Madre de Dios, el sur de Ucayali y partes de Cusco y Amazonas (Figura 3e).

Bajo el escenario de cambio climático, para un periodo centrado al 2050, el calor peligroso durante el día y las condiciones de calor mortal (promedio de día y noche) podrían afectar toda la Amazonía durante más de 300 días al año, alcanzando los 350 días al año en gran parte de Loreto, la selva alta de San Martín, el sur de

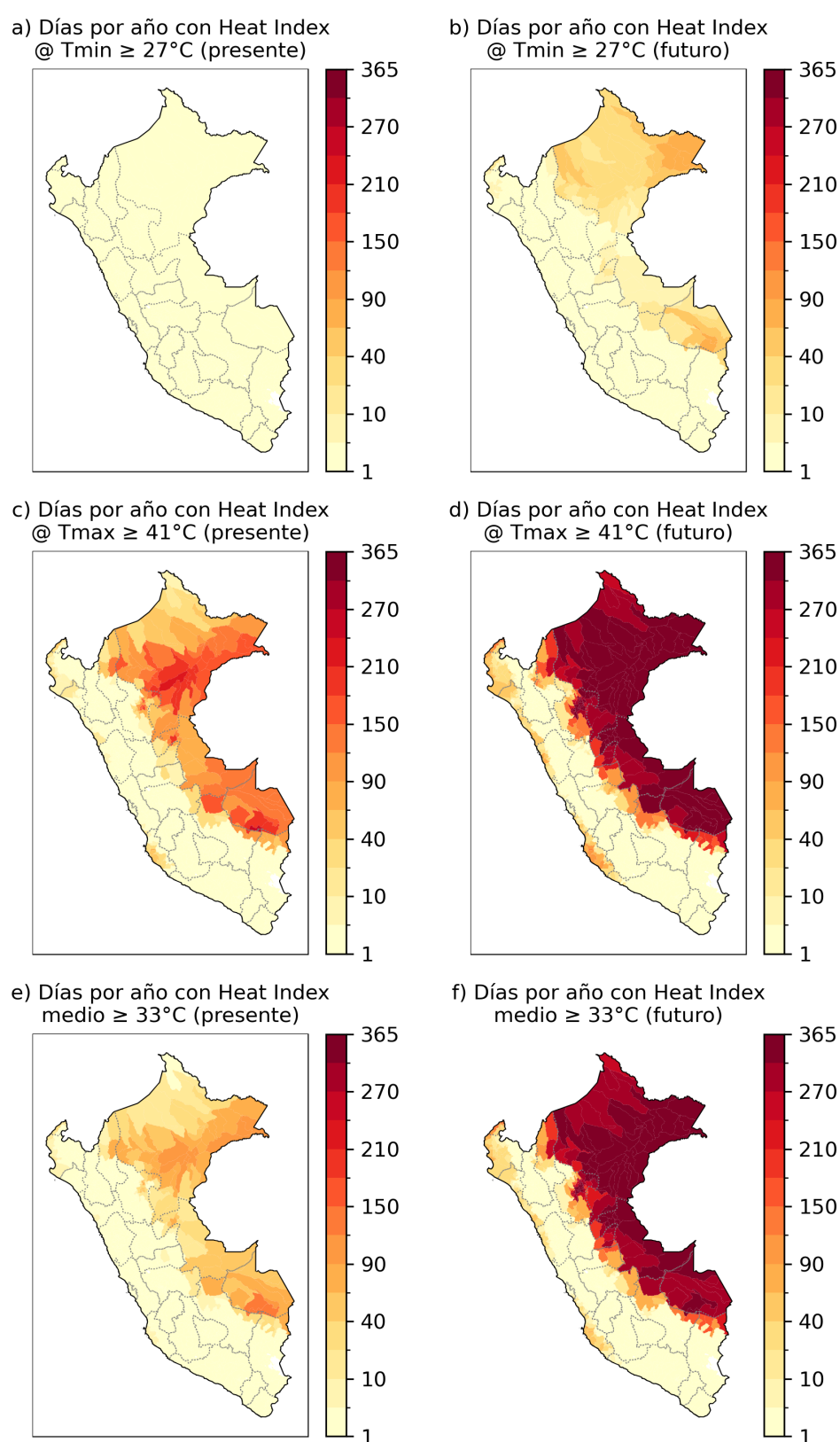


Figura 3. Número promedio de días con sensación térmica correspondiente a las temperaturas (a-b) mínimas, (c-d) máximas, y (e-f) promedio, que son iguales o mayores a los umbrales de (a-d) peligro y (e-f) condiciones mortales para el periodo (a,c,e) presente (1981-2020) y (b,d,f) el escenario futuro (2031-2070).

Ucayali, Cusco y Madre de Dios (Figuras 3d, f). En la costa, estas condiciones peligrosas aumentarían hasta los 250 días al año en Ica, mientras que, en regiones de la costa entre Tumbes y Lima, el número de días al año con calor extremo oscilaría entre 150 y 200 (Figura 3d), además que los días con condiciones de calor mortal también se incrementarían ligeramente en menor grado (Figura 3f). Un cambio particularmente preocupante es el aumento de las condiciones de peligro durante la noche que, en la actualidad, son prácticamente inexistentes, pero que en 2050 podrían aumentar notablemente y estarían presentes en 30 o más días al año en partes de Loreto y Madre de Dios

(Figura 3b). En contraste, en la región andina, desde las cuencas medias en la vertiente occidental hasta la selva alta, con algunas excepciones, aún no se presentarían condiciones de peligro por calor bajo este escenario futuro.

El número de días con calor peligroso o mortal en la costa durante años de El Niño fuerte o extraordinario en el presente (Figuras 4b, f, j) es muy similar al de un año promedio con el cambio climático (Figuras 4c, g, k). En ese sentido, los efectos del calor extremo que se han observado durante El Niño en 1982-1983, 1997-1998 y 2015-2016 pueden dar una idea de

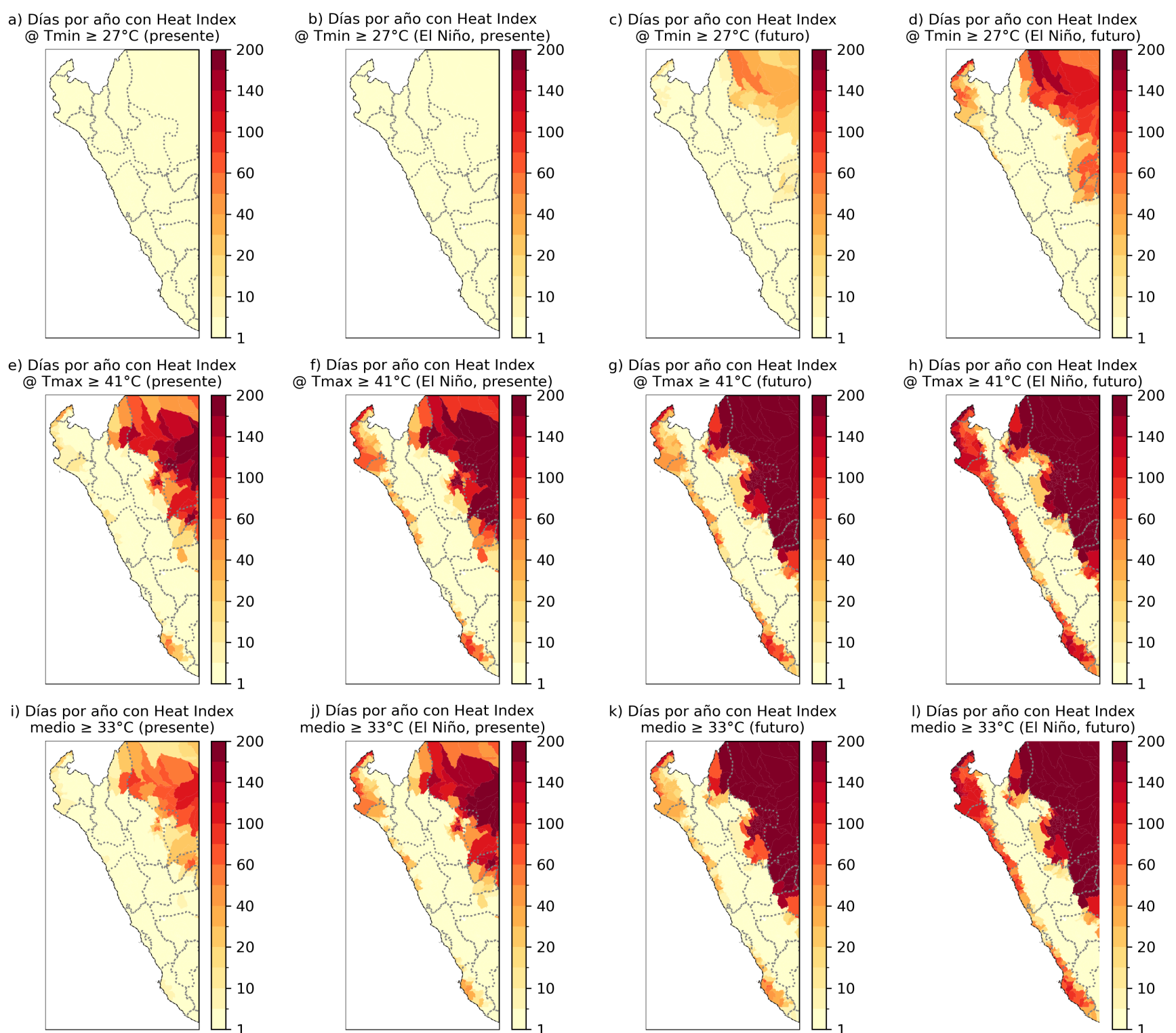


Figura 4. Número promedio de días con sensación térmica correspondiente a las temperaturas (a-d) mínimas, (e-h) máximas y (i-l) promedio, que son iguales o mayores a los umbrales de (a-h) peligro y (i-l) condiciones mortales para el periodo (a, b, e, f, i, j) presente (1981-2020) y (c, d, g, h, k, l) el escenario futuro (2031-2070), considerando (a, c, e, g, k) todos los años y (b, d, f, h, j, l) solo años El Niño Costero fuertes y extraordinarios.

lo que se podría esperar en un año normal bajo el escenario futuro hacia el 2050. Sin embargo, si se consideran los eventos El Niño junto con el cambio climático, la combinación de ambos factores aumentaría sustancialmente el peligro. En este contexto, podrían presentarse más de 100 días al año con calor peligroso durante el día y condiciones de calor mortal en varias zonas de la costa entre Tumbes e Ica (Figuras 4h, l). Asimismo, la sensación térmica peligrosa durante la noche podría alcanzar niveles peligrosos en hasta 60 días al año en Piura y Tumbes (Figura 4d).

4. Discusión y conclusiones

En Perú, el peligro por calor extremo aún no es considerado un problema prioritario. Sin embargo, los resultados de este estudio indican que este se convertirá rápidamente en un importante problema para la salud en gran parte de nuestro territorio debido al cambio climático. Lo abrupto del aumento del peligro se debería a que las zonas más cálidas y húmedas del país ya se encuentran cerca del límite de las condiciones de calor peligroso, por lo que pequeños aumentos de temperatura pueden llevarlas a niveles críticos.

Este estudio estima que la frecuencia de días con calor peligroso y mortal en el Perú probablemente

aumentará fuertemente con el calentamiento asociado al cambio climático, incluso sin considerar factores como el efecto de "isla de calor" urbano o la exposición al sol. En la Amazonía, las condiciones de calor peligroso y mortal dejarían de ser fenómenos esporádicos u "olas" de calor para convertirse en un fenómeno permanente, lo que representará un gran desafío para la adaptación.

En la costa norte y centro, los eventos El Niño son los periodos en los que se presenta mayor frecuencia de calor peligroso para la salud, similares a una "ola" de calor de larga duración. Con el cambio climático, se harán más intensas y peligrosas. Además, si bien no se consideró explícitamente en este estudio, es probable que la frecuencia de los eventos El Niño fuertes y extraordinarios aumentará con el cambio climático (Cai et al., 2018), lo que incrementaría aún más el número de días promedio con calor peligroso y mortal en esta región. Un hallazgo interesante es que el aumento en la sensación térmica durante los eventos El Niño no se debió necesariamente al aumento de la temperatura, sino de la humedad. Como se observa en la Figura 5, durante los eventos extraordinarios de 1982-1983 y 1997-1998, la temperatura máxima no aumentó apreciablemente durante el verano con respecto a otros años, lo cual podría explicarse posiblemente por un efecto compensatorio del aumento de la nubosidad; no obstante, la humedad

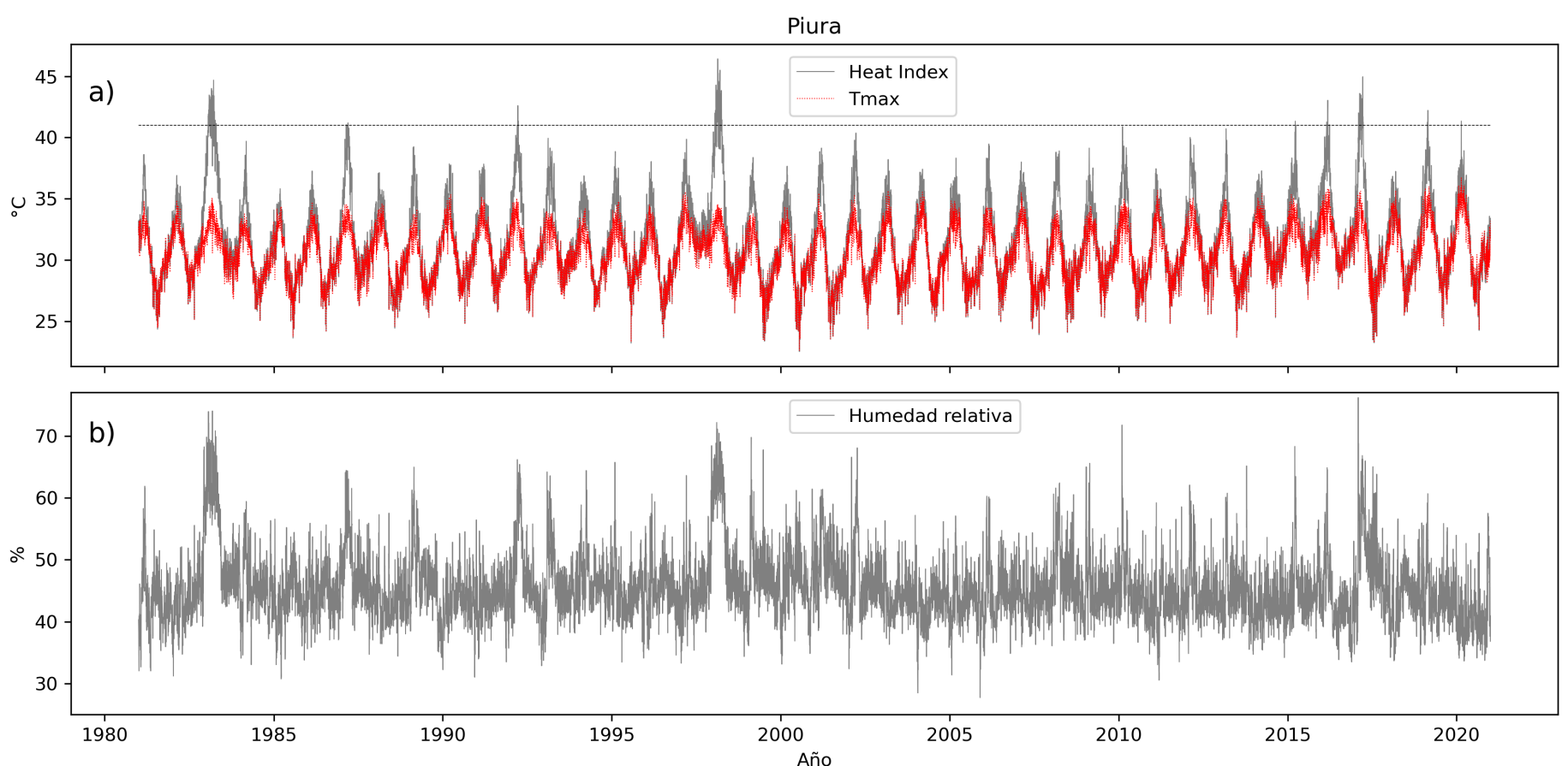


Figura 5. Serie diaria de (a) temperatura máxima (rojo), así como de la sensación térmica (gris) y (b) humedad relativa, correspondientes para un punto de grilla concerniente a la ciudad de Piura (5.2° S, 80.7° O). El umbral de 41 °C para el calor peligroso se indica punteado en (a).

relativa sí se elevó sustancialmente, lo que dio lugar al fuerte aumento en la sensación térmica de calor. En contraste, durante El Niño 2015-2016, el incremento de la humedad relativa y la sensación térmica no fue tan pronunciado, consistente con la ausencia de las precipitaciones extremas observadas en los otros dos eventos (L'Heureux et al., 2016). Por otro lado, aun cuando el evento El Niño Costero de 2017 no fue clasificado como fuerte o extraordinario, tanto la humedad relativa como la sensación térmica sí aumentaron (Figura 5), consistente con las fuertes lluvias que se presentaron en ese periodo (ENFEN, 2017).

Si bien se puede argumentar la necesidad de tener un estudio mejor ajustado a las condiciones reales de nuestro país, esto requerirá mejorar el registro de los impactos del calor en la salud de las personas, además de que implicaría esperar algunos años hasta tener suficientes casos de golpes de calor y fallecimientos como para poder contar con una estadística adecuada. No obstante, no podemos aguardar hasta entonces para empezar a evaluar esta creciente y emergente amenaza. Esperamos que los alarmantes resultados de este análisis sean suficientes para impulsar la toma de acciones ante el riesgo creciente de calor extremo.

Referencias

Aguilar-León, P., Solano-Zapata, F. (2016). Heatwaves and health: reflections on the El Niño phenomenon in Piura, Peru, *Cad. Saúde Pública*, <https://doi.org/10.1590/0102-311x00046816>. Interpretado por Takahashi Guevara, Ken, 2024 en el Observatorio de Conocimiento Científico sobre Cambio Climático del Perú, IGP, <https://cienciaclimatica.igp.gob.pe/entities/interpretation/9b989ffe-8d94-490b-8bd0-ce82c6da6dc6>

Armstrong McKay, D., Staal, A., Abrams, J., Winkelmann, R., Sakschewski, B., Loriani, S., Fetzer, I., Cornell, S., Rockström, J., Lenton, T. (2022). Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points, *Science*, <https://doi.org/10.1126/science.abn7950>. Interpretado por Takahashi Guevara, Ken, 2024 en el Observatorio de Conocimiento Científico sobre Cambio Climático del Perú, IGP, <https://cienciaclimatica.igp.gob.pe/entities/interpretation/1b3b4fbf-4227-4d05-a7df-3e5308e9320e>

Cai, W., Wang, G., Dewitte, B., Wu, L., Santoso, A., Takahashi, K., Yang, Y., Carréric, A., McPhaden, M. (2018). Increased variability of eastern Pacific El Niño under greenhouse warming, *Nature*, 564, 201-206, <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0776-9>. Interpretado por Takahashi Guevara, Ken, 2023 en el Observatorio de Conocimiento Científico sobre Cambio Climático del Perú, IGP, <https://cienciaclimatica.igp.gob.pe/entities/interpretation/63ba5caa-cd5d-47c2-b59e-6e09f3184a65>

Cissé, G., R. McLeman, H. Adams, P. Aldunce, K. Bowen, D. Campbell-Lendrum, S. Clayton, K.L. Ebi, J. Hess, C. Huang, Q. Liu, G. McGregor, J. Semenza, and M.C. Tirado (2022). Health, Wellbeing, and the Changing Structure of Communities. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pp. 1041–1170, <https://doi:10.1017/9781009325844.009>. Interpretado por Takahashi Guevara, K., 2024 en el Observatorio de Conocimiento Científico sobre Cambio Climático del Perú, IGP, <https://cienciaclimatica.igp.gob.pe/entities/interpretation/9bb46877-33d7-4b66-ba9b-143c0e41de24>

Comité Multisectorial Encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño - [Comité ENFEN]. (2012). *Definición Operacional de los Eventos El Niño y La Niña y sus Magnitudes en la Costa del Perú*. Nota Técnica ENFEN. <https://hdl.handle.net/20.500.12542/3229>

Comité Multisectorial Encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño - [Comité ENFEN]. (2017). *El Niño costero de 2017*. Informe técnico extraordinario. <https://enfen.imarpe.gob.pe/download/informe-tecnico-el-nino-costero-2017/>

He, C., Kim, H., Hashizume, M., Lee, W., Honda, Y., Kim, S. E., Kinney, P. L., Schneider, A., Zhang, Y., Zhu, Y., Zhou, L., Chen, R., & Kan, H. (2022). The effects of night-time warming on mortality burden under future climate change scenarios: a modelling study. *The Lancet Planetary Health*, 6(8), e648-e657. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00139-5](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00139-5)

Huerta, A., Aybar, C., Imfeld, N., Correa, K., Felipe-Obando, O., Rau, P., Drenkhan, F., & Lavado-Casimiro, W. (2023). High-resolution grids of daily air temperature for Peru - the new PISCOt v1.2 dataset. *Scientific Data*, 10(1), 847. <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02777-w>

Kephart, J., Sánchez, B., Moore, J., Schinasi, L., Bakhtsiyarava, M., Ju, Y., Gouveia, N., Caiiffa, W., Dronova, I., Arunachalam, S., Diez Roux, A., Rodríguez, D. (2022). City-level impact of extreme temperatures and mortality in Latin America, *Nat Med*, 28, 1700-1705, <https://doi.org/10.1038/s41591-022-01872-6>. Interpretado por Takahashi Guevara, Ken, 2024 en el Observatorio de Conocimiento Científico sobre Cambio Climático del Perú, IGP, <https://cienciaclimatica.igp.gob.pe/entities/interpretation/9bbab1a5-a762-4ddc-b5f9-8d0fc74b85ae>

L'Heureux, M. L, Takahashi, K., Watkins, A. B., Barnston, A. G., Becker, E. J., Di Liberto, T. E., Gamble, F., Gottschalck, J., Halpert, M. S., Huang, B., Mosquera-Vásquez, K., & Wittenberg, A. T. (2016). Observing and Predicting the 2015-16 El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98(7), 1363-1382. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0009.1>

Lagadec, P. (2004). Understanding the French 2003 heat wave experience: Beyond the heat, a multi-layered challenge. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 12(4), 160-169. <https://doi.org/10.1111/j.0966-0879.2004.00446.x>

Lanzante, John R. (2024). A New Heat Stress Index for Climate Change Assessment. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 105(12), E2482–E2495. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-24-0030.1>

- Llacza, A., Acuña, D., Jácome, G., De la Cruz, G., Paredes, J., Bruno, J., Alvarez, E., Flores, W., Urdanivia, F., & Sulca, S. (2021). Escenarios climáticos al 2050 en el Perú: Cambios en el clima promedio. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - [SENAMHI]. <https://hdl.handle.net/20.500.12542/1470>
- Lu, Y.-C., & Romps, D. M. (2022). Extending the Heat Index. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 61(10), 1367–1383. <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-22-0021.1>
- Miranda, J., Cabezas, C. Maguiña, C. & Valdivia, J. (2021). Hipertermia durante el Fenómeno de El Niño, 1997-98. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 20(4), 200–205. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-46342003000400005&script=sci_arttext&lng=en
- Mora, C., Dousset, B., Caldwell, I., Powell, F., Geronimo, R., Bielecki, C., Counsell, C., Dietrich, B., Johnston, E., Louis, L., Lucas, M., McKenzie, M., Shea, A., Tseng, H., Giambelluca, T., Leon, L., Hawkins, E., & Trauernicht, C. (2017). Global risk of deadly heat. *Nature Climate Change*, 7, 501–506, <https://doi.org/10.1038/nclimate3322>. Interpretado por Takahashi Guevara, Ken, 2024 en el Observatorio de Conocimiento Científico sobre Cambio Climático del Perú, IGP, <https://cienciaclimatica.igp.gob.pe/entities/interpretation/9b584f2a-42e9-4c34-9149-f41346cc0b1a>
- Muñoz-Sabater, J., Dutra, E., Agustí-Panareda, A., Albergel, C., Arduini, G., Balsamo, G., Boussetta, S., Choulga, M., Harrigan, S., Hersbach, H., Martens, B., Miralles, D. G., Piles, M., Rodríguez-Fernández, N. J., Zsoter, E., Buontempo, C., & Thépaut, J. N. (2021). ERA5-Land: A state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications. *Earth System Science Data*, 13(9), 4349–4383. <https://doi.org/10.5194/essd-13-4349-2021>
- National Oceanic and Atmospheric Administration - [NOAA]. (s. f.). *Heat Index Calculation*. Weather Prediction Center, National Weather Service. https://www.wpc.ncep.noaa.gov/heat_index/hi_equation.html
- Organización Mundial de la Salud - [OMS] (2024). *Calor y salud*. Notas descriptivas. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-heat-and-health>
- Poumadère, M., Mays, C., Le Mer, S., & Blong, R. (2005). The 2003 heat wave in France: dangerous climate change here and now. *Risk Analysis*, 25(6), 1483–1494. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2005.00694.x>
- Rothfusz, Lans P. (1990). *The Heat Index "Equation" (or, More Than You Ever Wanted to Know About Heat Index)*. National Weather Service - [NWS]. Technical Attachment (SR 90-23). https://www.weather.gov/media/ffc/ta_htindx.PDF
- Steadman, R. G. (1979). The assessment of sultriness. Part I: A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 18(7), 861–873, [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1979\)018<0861:TAOSPI.2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1979)018<0861:TAOSPI.2.0.CO;2)
- Vicedo-Cabrera, A., Scovronick, N., Sera, F., Royé, D., Schneider, R., Tobias, A., Astrom, C., Guo, Y., Honda, Y., Hondula, D., Abrutzky, R., Tong, S., Coelho, M., Saldiva, P., Lavigne, E., Correa, P., Ortega, N., Kan, H., Osorio, S., Kysely, J., Urban, A., Orru, H., Indermitte, E., Jaakkola, J., Ryti, N., Pascal, M., Schneider, A., Katsouyanni, K., Samoli, E., Mayvaneh, F., Entezari, A., Goodman, P., Zeka, A., Michelozzi, P., de' Donato, F., Hashizume, M., Alahmad, B., Diaz, M., Valencia, C., Overcenco, A., Houthuijs, D., Ameling, C., Rao, S., Di Ruscio, F., Carrasco-Escobar, G., Seposo, X., Silva, S., Madureira, J., Holobaca, I., Fratianni, S., Acquafredda, F., Kim, H., Lee, W., Iniguez, C., Forsberg, B., Ragettli, M., Guo, Y., Chen, B., Li, S., Armstrong, B., Aleman, A., Zanobetti, A., Schwartz, J., Dang, T., Dung, D., Gillett, N., Haines, A., Mengel, M., Huber, V., Gasparrini, A (2021). The burden of heat-related mortality attributable to recent human-induced climate change. *Nature Climate Change*, 11, 492–500, <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01058-x>, interpretado por Takahashi Guevara, Ken, 2024 en el Observatorio de Conocimiento Científico sobre Cambio Climático del Perú, IGP, <https://cienciaclimatica.igp.gob.pe/entities/interpretation/9b584f2a-42e9-4c34-9149-f41346cc0b1a>
- Willett, K. M., & Sherwood, S. (2012). Exceedance of Heat Index Thresholds for 15 Regions under a Warming Climate Using the Wet-bulb Globe Temperature. *International Journal of Climatology*, 32(2), 161–77. <https://doi.org/10.1002/joc.2257>.