

Más allá del “febrero loco”: la respuesta de ríos y lagos ante el calor extremo

Beyond “Crazy February”: The Response of Rivers and Lakes to Extreme Heat

Michael Anai Figueroa-Sánchez y Marco Antonio Jiménez-Santos

Resumen

El calentamiento global se manifiesta hoy a través de fenómenos extremos como las olas de calor, con impactos profundos en ecosistemas terrestres y acuáticos. Si bien gran parte de la investigación se ha centrado en ambientes marinos, la intensidad y duración de estos eventos amenazan de forma acelerada a los sistemas acuáticos continentales: lagos, ríos, presas y humedales. En estos cuerpos de agua, el aumento de la temperatura altera las características físicas, químicas y biológicas fundamentales, lo que pone en riesgo el equilibrio ecológico. Por ello, comprender la magnitud de las olas de calor en el agua dulce es indispensable para fortalecer las estrategias de prevención y conservación de los bienes y servicios que estos ecosistemas proveen. Proteger estos entornos frente a la crisis climática es, en última instancia, asegurar la resiliencia de la biodiversidad y la sociedad ante un clima cada vez más extremo.

Palabras clave: olas de calor, cambio climático, ecosistemas acuáticos continentales, conservación del agua, equilibrio ecológico.

Abstract

Global warming manifests today through extreme phenomena such as heatwaves, with profound impacts on both terrestrial and aquatic ecosystems. While much research has focused on marine environments, the intensity and duration of these events are rapidly threatening inland aquatic systems: lakes, rivers, dams, and wetlands. In these water bodies, rising temperatures alter fundamental physical, chemical, and biological characteristics, jeopardizing ecological balance. Therefore, understanding the magnitude of heatwaves in freshwater is essential for strengthening prevention and conservation strategies for the goods and services these ecosystems provide. Protecting these environments against the climate crisis is, ultimately, about ensuring the resilience of biodiversity and society in the face of an increasingly extreme climate.

Keywords: heatwaves, climate change, inland aquatic ecosystems, water conservation, ecological balance.

CÓMO CITAR ESTE TRABAJO

Figueroa-Sánchez, M. A., y Jiménez-Santos, M. A. (2026, febrero-abril). Más allá del “febrero loco”: la respuesta de ríos y lagos ante el calor extremo. *Revista Digital Universitaria* (RDU), 27(1) <http://doi.org/10.22201/ceide.16076079e.2026.27.1.10>

Michael Anai Figueroa-Sánchez

Universidad de Bohemia del Sur, České Budějovice, República Checa

Es bióloga y maestra en Ciencias del Mar y Limnología por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); posee, además, un doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). Actualmente realiza una estancia posdoctoral en la Universidad de Bohemia del Sur (USB), en la República Checa, dentro del programa de la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación (SECTEI) para el periodo 2023–2025. Su línea de investigación se centra en la ecología acuática; el estudio de la estructura y dinámica del zooplancton; las interacciones tróficas, y las consecuencias del cambio climático, con especial énfasis en las olas de calor. Ha colaborado en proyectos sobre restauración de lagos y diversidad; asimismo, ejerce la docencia universitaria y la divulgación científica para sensibilizar sobre el impacto ambiental en sistemas acuáticos tropicales y templados.

 mafis.19061989@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-9222-7338>

Marco Antonio Jiménez-Santos

Instituto de Biología del Suelo y Biogeoquímica, Centro de Biología de la Academia de Ciencias, České Budějovice, República Checa e Instituto de Fisiología Animal y Genética de la Academia Checa de Ciencias, Liběchov, República Checa

Es investigador posdoctoral en el Instituto de Biología del Suelo y Biogeoquímica del Centro de Biología de la Academia de Ciencias Checa (CAS). Su labor científica se especializa en la ecología, taxonomía y evolución de micrometazoos limnoterrestres, con enfoque en rotíferos, tardígrados y nematodos; asimismo, analiza la adaptación en ecosistemas extremos como glaciares mediante herramientas moleculares, filogenéticas y bioinformáticas. Su trayectoria combina expediciones en regiones árticas y templadas con el desarrollo de proyectos sobre biodiversidad y genómica ante el cambio climático. Paralelamente, realiza una labor activa en la comunicación pública de la ciencia, donde entrelaza el arte y la narrativa para acercar el conocimiento de la vida microscópica a diversos sectores públicos. Su enfoque integra la investigación y la creatividad como pilares de una biología integradora.

 marcoatony@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-1486-9351>

Cuando el pulso del clima pierde el sentido

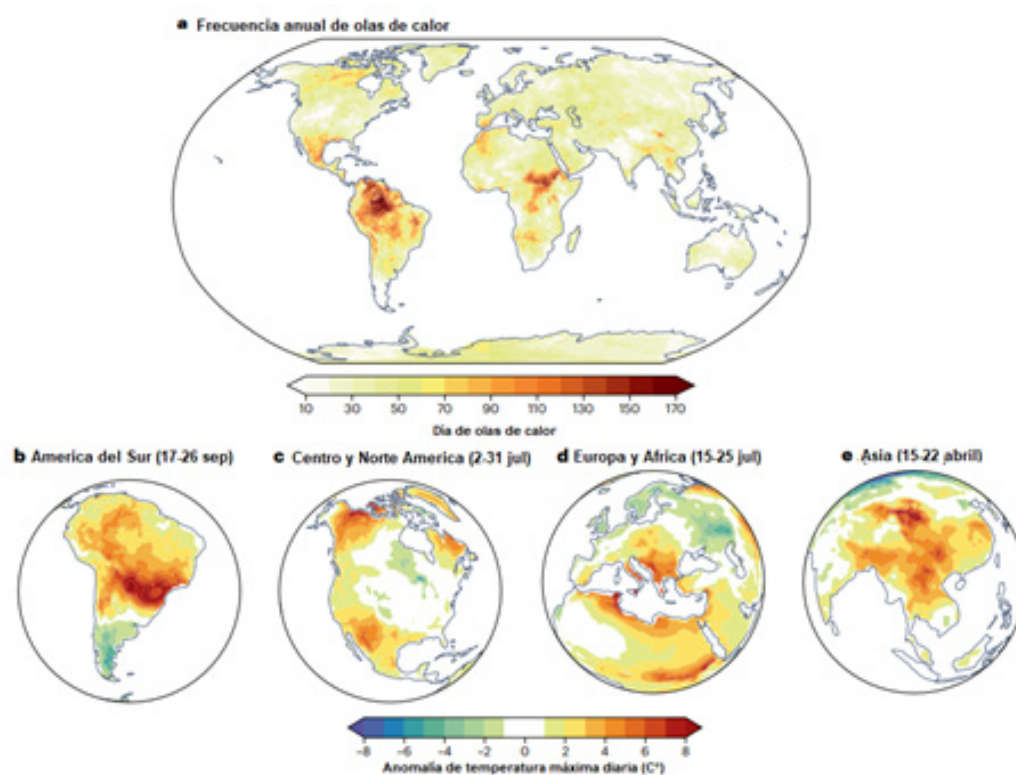
“Febrero loco y marzo otro poco”. Alguna vez, esta frase fue un mantra de la sabiduría popular mexicana para describir el temperamento voluble de la atmósfera; un recordatorio de esos días donde el frío del amanecer obligaba a cargar un suéter que, inevitablemente, terminaba confinado en la mochila bajo el sol implacable del mediodía. Eran tiempos en los que el calor nocturno, ese que entorpece el sueño, se aceptaba como parte de la variabilidad “normal” de la temporada. Sin embargo, lo que antes se entendía como un capricho estacional, hoy se ha transformado en un fenómeno crónico e intenso. El calentamiento global y el cambio climático han reescrito las reglas, convirtiendo la excepción en la norma a través de las olas de calor: un desafío que ya no sólo incomoda, sino que compromete la vida en los ecosistemas.

El pulso febril del planeta

Durante el último siglo, el termómetro global ha subido con una celeridad sin precedentes. La mano humana —a través de la quema de combustibles fósiles como el petróleo, el carbón y el gas, sumada a la deforestación— ha inyectado a la atmósfera volúmenes masivos de gases de efecto invernadero que atrapan el calor. Este motor del calentamiento global ha desarticulado los patrones climáticos conocidos (Barrera-Hernández et al., 2020). Actualmente, la manifestación más tangible de esta crisis se presenta bajo la forma de eventos meteorológicos extremos: lluvias torrenciales, sequías prolongadas y, de manera asfixiante, las olas de calor (Van Aaslt, 2006).

Pero ¿qué define técnicamente a estos eventos? Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), una ola de calor es un período de al menos tres días consecutivos en los que las temperaturas superan por 5 °C el promedio histórico registrado para esa fecha específica (IPCC, 2007). No se trata de una advertencia para el futuro; es nuestra realidad inmediata. El año 2024 se coronó como el más caluroso en la historia del registro planetario, al alcanzar un aumento de 1.55 °C por encima de la media histórica y superar el récord apenas establecido en 2023 (WMO, 2024). Para dimensionar la magnitud del problema: el 23 % de las regiones terrestres fracturaron sus propios récords de calor extremo (Perkins-Kirkpatrick et al., 2024; figura 1).

Figura 1. Número de días que fueron olas de calor en un año. Imagen satelital (ERA5): a) Frecuencia anual de olas de calor, b) Anomalías de temperatura máxima diaria media para América del Sur durante el 17–26 de septiembre de 2023, c) Centro y Norte América durante el 2–31 de julio de 2023, d) Europa y el norte de África durante el 15–25 de julio de 2023, e) Asia durante el 15–22 de abril de 2023.



Créditos: modificado de Perkins-Kirkpatrick et al., 2024.

Esta fiebre global trasciende la incomodidad física; es una amenaza directa a la salud y un factor de alteración profunda para los ecosistemas. En el verano de 2022, las temperaturas extremas cobraron la vida de más de cinco mil personas en ciudades de Italia, España y Alemania (Ballester et al., 2023). En Australia, el calor intenso se ha vinculado con un incremento en las enfermedades renales (Borg et al., 2017). Mientras tanto, en las regiones tropicales se anticipa un aumento anual de hasta 2 °C, lo que agravará la vulnerabilidad ante estos fenómenos (Perkins-Kirkpatrick y Gibson et al., 2017). México no es la excepción: durante 2024, el país enfrentó hasta seis olas de calor; tan sólo en la Ciudad de México, el termómetro alcanzó una cifra histórica de 34.7 °C (Herrera, 2025).

Aguas quietas, espejos vulnerables

Los sistemas acuáticos continentales —lagos, ríos, humedales y estanques— actúan como centinelas del cambio climático. Debido a su alta sensibilidad, responden con rapidez a cualquier alteración ambiental (Adrian et al., 2009). Aunque estas reservas de agua dulce representan menos del 1 % del agua total del planeta, su valor es inconmensurable; de ellas dependen servicios ambientales, económicos y culturales vitales para nuestra especie (Dudgeon et al., 2006).

México resguarda tesoros acuáticos fundamentales. La presa Valle de Bravo, por ejemplo, es una pieza clave del Sistema Cutzamala que hidrata a millones en la capital del país. El lago de Pátzcuaro no es sólo un cuerpo de agua, sino el alma de la identidad cultural en las celebraciones del Día de Muertos. De igual forma, los ríos de Veracruz y San Luis Potosí, o el emblemático lago de Chapultepec, ofrecen refugios de recreación y biodiversidad. En Xochimilco, los canales sirven como último bastión para especies únicas y amenazadas, como el tan querido ajolote (*Ambystoma mexicanum*). A pesar de su importancia, el estudio de estos entornos frente a las olas de calor es todavía incipiente; no obstante, la evidencia científica global ya advierte sobre su extrema fragilidad (Perkins-Kirkpatrick y Gibson et al., 2017).

La física y biología del calor

La temperatura es la directora de orquesta en la vida acuática; ella marca el compás de los procesos físicos, químicos y biológicos que mantienen el equilibrio. El agua posee una virtud física extraordinaria: su capacidad calorífica, que le permite absorber y liberar calor de forma gradual, funcionando como un amortiguador térmico (Stern et al., 2020). Pero incluso este escudo tiene límites. Diversas investigaciones sugieren que la temperatura superficial de los lagos podría elevarse entre 3 y 5 °C en las próximas décadas debido a olas de calor más frecuentes y prolongadas (Woolway et al., 2021; figura 2). Para un ser humano, un par de grados parece poco; para un pez o un anfibio, ese cambio en su escala fisiológica representa la frontera entre la vida y la muerte.

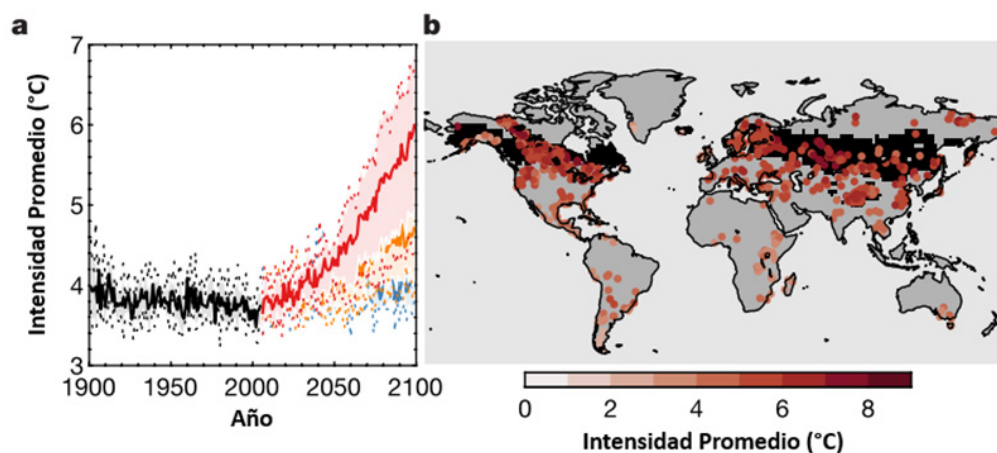


Figura 2. a) Proyecciones históricas y futuras de la intensidad de olas de calor en lagos de 1901 a 2099. b) Patrones temporales y espaciales de la intensidad promedio de olas de calor lacustres.

Créditos: modificado de Woolway et al., 2021.

El impacto en la red trófica

Cada ola de calor es una prueba de resistencia. El calor excesivo acelera la evaporación y reduce los niveles de los cuerpos de agua. Simultáneamente, se

intensifica la estratificación térmica: se forman capas de distinta temperatura que impiden la mezcla natural de nutrientes y oxígeno (Bartosiewicz et al., 2016). Esto provoca una caída progresiva de hasta el 7.7 % en el oxígeno disuelto, creando zonas asfixiantes para muchas especies (Zhang et al., 2025).

En la base de la cadena alimenticia, el plancton sufre las consecuencias de manera silenciosa. Se ha observado que, durante una ola de calor de diez días, las microalgas pierden más valor nutricional que en cincuenta días de calor constante, lo cual debilita a todo el sistema que se alimenta de ellas (Kim et al., 2024). El zooplancton —específicamente los microcrustáceos— también disminuye su población (Caroni et al., 2025), lo que desata un efecto dominó: ante la falta de sus depredadores naturales, las cianobacterias proliferan sin control. Muchas de estas bacterias producen toxinas peligrosas para la fauna y para el ser humano (Li et al., 2023).

Finalmente, los peces y anfibios, al ser animales ectotermos, quedan a merced del termómetro externo para regular su calor corporal. Cuando el agua supera sus límites de tolerancia, entran en un estado de estrés térmico que compromete su supervivencia (Kazmi et al., 2022; Bayat et al., 2025). Aunque algunas especies han desarrollado cierta resiliencia a lo largo del tiempo, la velocidad y duración de los eventos actuales reducen drásticamente su margen de adaptación, poniendo en riesgo la biodiversidad en plazos mucho más breves de lo que se esperaba (figura 3).



Figura 3. Ejemplo de un sistema acuático (humedal).

Imagen generada con asistencia de IA mediante ChatGPT de OpenAI.

Créditos: elaboración propia.

Manos al agua: la brújula de la conservación

Reconocer el valor de nuestros ecosistemas acuáticos es el primer paso para su defensa. Estos paisajes no son sólo postales estéticas; son refugios de vida y fuentes de identidad que hoy se encuentran bajo asedio. La educación y la conciencia social se presentan como las herramientas más poderosas para tender puentes entre la ciudadanía, la comunidad científica y quienes toman las decisiones políticas. Es urgente que las normativas ambientales dejen de ser letra muerta para convertirse en soluciones tangibles.

La participación individual es el motor del cambio colectivo. Existen vías institucionales para sumarse, como el Programa del Manejo, Uso y Reúso del Agua (PUMAGUA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), las iniciativas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) o los proyectos de conservación de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Acciones que podrían parecer mínimas — reducir el consumo, reforestar o difundir información— son, en realidad, las que construyen la conciencia necesaria para mitigar los efectos del cambio climático. Sumar esfuerzos es la única forma de restaurar el ritmo natural de nuestro mundo.

Agradecimientos

Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México (SECTEI).

Referencias

- ❖ Adrian, R., O'Reilly, C. M., Zagarese, H., Baines, S. B., Hessen, D. O., Keller, W., Livingstone, D. M., Sommaruga, R., Straile, D., Van Donk, E., Weyhenmeyer, G. A., y Winder, M. (2009). Lakes as sentinels of climate change. *Limnology and Oceanography*, 54(6), 2283–2297. https://doi.org/10.4319/lo.2009.54.6_part_2.2283
- ❖ Ballester, J., Quijal-Zamorano, M., Turrubiates, M. R. F., Robine, J. M., Basagaña, X., Tonne, C., Antó, J. M., y Achebak, H. (2023). Heat-related mortality in Europe during the summer of 2022. *Nature Medicine*, 29, 1857–1866. <https://doi.org/10.1038/s41591-023-02419-z>
- ❖ Barrera-Hernández, L. F., Murillo-Parra, L. D., Ocaña-Zúñiga, J., Cabrera-Méndez, M., Echeverría-Castro, S. B., y Sotelo-Castillo, M. (2020). Causas, consecuencias y qué hacer frente al cambio climático: análisis de grupos focales con estudiantes y profesores universitarios. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 25, 1103–1122.



- ❖ Bartosiewicz, M., Laurion, I., Clayer, F., y Maranger, R. (2016). Heat-wave effects on oxygen, nutrients, and phytoplankton can alter global warming potential of gases emitted from a small shallow lake. *Environmental Science & Technology*, 50(12), 6267–6275. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b06312>
- ❖ Bayat, H. S., He, F., Medina Madariaga, G., Escobar-Sierra, C., Prati, S., Peters, K., Jupke, J. F., Spaak, J. W., Manfrin, A., Juvigny-Khenafou, N. P. D., Chen, X., y Schäfer, R. B. (2025). Global thermal tolerance compilation for freshwater invertebrates and fish. *Scientific Data*, 12, 1488. <https://doi.org/10.1038/s41597-025-05832-w>
- ❖ Borg, M., Bi, P., Nitschke, M., Williams, S., y McDonald, S. (2017). The impact of daily temperature on renal disease incidence: an ecological study. *Environmental Health*, 16(114). <https://doi.org/10.1186/s12940-017-0331-4>
- ❖ Caroni, R., Piscia, R., y Manca, M. (2025). Indicators of Climate-Driven Change in Long-Term Zooplankton Composition: Insights from Lake Maggiore (Italy). *Water*, 17(4), 511. <https://doi.org/10.3390/w17040511>
- ❖ Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z., Knowler, D. J., Lévêque, C., Naiman, R. J., Prieur-Richard, A. H., Soto, D., Stiassny, M. L., y Sullivan, C. A. (2006). Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81(2), 163–182. <https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>
- ❖ Herrera, P. (2025, 13 de febrero). Olas de calor, desafío creciente en el ámbito mundial. *Gaceta UNAM*. <https://www.gaceta.unam.mx/olas-de-calor-desafio-creciente-en-el-ambito-mundial/>
- ❖ Kazmi, S. S. U. H., Wang, Y., Cai, Y.-E., y Wang, Z. (2022). Temperature effects in single or combined with chemicals to the aquatic organisms: An overview of thermo-chemical stress. *Ecological Indicators*, 143, 109354. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109354>
- ❖ Kim, J. O., Dimitriou, A., Forster, I., y Tseng, M. (2024). Heatwave-mediated decreases in phytoplankton quality negatively affect zooplankton productivity. *Functional Ecology*, 38(4), 778–791. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.14530>
- ❖ Li, X., Ma, D., Chen, Y., Li, K., Xu, B., Shi, X., Zhang, Y., Zeng, Y., y Hu, W. (2023). The unprecedented 2022 extreme summer heatwaves increased harmful cyanobacteria blooms. *Science of the Total Environment*, 882, 163853. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163853>
- ❖ Organización Meteorológica Mundial [WMO]. (2024). WMO confirms 2024 as warmest year on record at about 1.55°C above pre-industrial level. Recuperado de <https://wmo.int/news/media-centre/wmo-confirms-2024-warmest-year-record-about-155degc-above-pre-industrial-level>
- ❖ Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático [IPCC]. (2007). *Climate change 2007: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team; R. K. Pachauri y A. Reisinger, eds.]. IPCC, Ginebra, Suiza.



- ❖ Perkins-Kirkpatrick, S. E., y Gibson, P. B. (2017). Changes in regional heatwave characteristics as a function of increasing global temperature. *Scientific Reports*, 7, 12256. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12520-2>
- ❖ Perkins-Kirkpatrick, S., Barriopedro, D., Jha, R., y Kornhuber, K. (2024). Extreme terrestrial heat in 2023. *Nature Reviews Earth Environment*, 5, 244–246. <https://doi.org/10.1038/s43017-024-00536-y>
- ❖ Sterner, R. W., Keeler, B., Polasky, S., Poudel, R., Rhude, K., y Rogers, M. (2020). Ecosystem services of Earth’s largest freshwater lakes. *Ecosystem Services*, 41, 101046. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.101046>
- ❖ Van Aalst, M. K. (2006). The impact of climate change on the risk of natural disasters. *Disasters*, 30(1), 5–18. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9523.2006.00303.x>
- ❖ Woolway, R. I., Anderson, N. J., Jennings, E., Shatwell, T., Golub, M., Pierson, D. C., y Maberly, S. C. (2021). Lake heatwaves under climate change. *Nature*, 589, 402–407. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-03119-1>
- ❖ Zhang, Y., Shi, K., Woolway, R. I., Wang, X., y Zhang, Y. (2025). Climate warming and heatwaves accelerate global lake deoxygenation. *Science Advances*, 11(12), artículo eadt5369. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adt5369>

