



Corales

Mensaje clave

Las olas de calor marinas, especialmente con más de cuatro grados por semana de calentamiento (y aún más cuando esté por encima de ocho grados por semana de calentamiento) están asociados con el blanqueamiento de los corales y, si no se revierten, pueden conducir a disminuciones en la diversidad y abundancia de especies que habitan en los arrecifes.

Descripción general

Las olas de calor marinas se definen como períodos con temperaturas oceánicas más altas de lo normal. Estas temperaturas elevadas pueden tener graves consecuencias para las especies marinas, especialmente para aquellas como los corales, que no pueden alejarse de las aguas más cálidas.

Los corales son animales invertebrados emparentados con las anémonas de mar y las medusas. Los corales duros, que producen esqueletos de carbonato de calcio, forman los arrecifes de coral (NOAA Fisheries, 2022). Estos arrecifes son los lugares con mayor diversidad de especies en el océano y son importantes para la supervivencia de muchas otras especies; se estima que albergan el 25 % de toda la vida marina (NOAA Fisheries, 2020; National Ocean Service, 2022). Los arrecifes de coral se encuentran en diversas partes del mundo, incluyendo el Golfo y el Caribe.

Las olas de calor marinas se asocian con el estrés y el blanqueamiento de los corales. El blanqueamiento de los corales es el proceso por el cual las algas simbóticas, que producen alimento para los corales, son expulsadas y los corales se vuelven blancos (NOAA, 2024). Las olas de calor marinas estresan a los corales y a sus algas simbiontes y, si las temperaturas elevadas son lo suficientemente intensas o prolongadas, los corales se blanquean de forma reversible o, con el tiempo, irreversible (Donner et al., 2017; Gleeson y Strong, 1995; Smale et al., 2019). Hay una medida llamada “grados por semanas de calentamiento” que combina la intensidad y la duración de las olas de calor marinas en un solo número. Se define como la suma de la cantidad en que las temperaturas de la superficie del mar superan un determinado umbral de blanqueamiento por semana durante un período de 12 semanas (NOAA Coral Reef Watch, 2024). Por ejemplo, un valor de cuatro grados por semana de calentamiento podría referirse a cuatro semanas en las que cada una estuvo 1 °C por encima del umbral de blanqueamiento, o una semana en la que estuvo 1,5 °C por encima y una semana en la que estuvo 2,5 °C por encima del umbral de blanqueamiento. En general, valores que superan los ocho grados por semana de calentamiento indican una alta probabilidad de blanqueamiento de los corales y la muerte de especies sensibles. Con cuatro grados por semana de calentamiento, es probable que se produzca un blanqueamiento importante, pero menos extenso (Donner et al., 2017; Eaken et al., 2010; NOAA Coral Reef Watch, 2024). Durante los eventos de blanqueamiento en el Caribe y el Golfo, se han estimado valores de hasta 12-16 grados por semana de calentamiento,



Coral cuerno de alce: Coral cuerno de alce saludable en Horseshoe Reef en los Cayos de Florida antes del evento de blanqueamiento del verano de 2023. Foto: NOAA.



Coral cuerno de ciervo: Una ola de calor marina prolongada en 2023 provocó un blanqueamiento generalizado como el que se observa en estos corales cerebro y cuerno de ciervo en el arrecife Sombrero Key, en los Cayos de Florida. Foto: NOAA.

Conjuntos de datos de temperatura de uso común y umbrales de temperatura pertinentes

Si bien algunos análisis utilizan la temperatura de la superficie del mar obtenida por satélite (por ejemplo, Cetina-Herida et al., 2023; Feng et al., 2023), es importante utilizar también las temperaturas en el arrecife cuando estén disponibles. El blanqueamiento de arrecifes mesofóticos o más profundos puede ocurrir sin blanqueamiento de arrecifes superficiales, porque es posible tener olas de calor marinas subsuperficiales sin una ola de calor marina superficial (por ejemplo, de una capa de mezcla superior más profunda de lo habitual o un flujo hiperpícnic (Riegl et al., 2003; Smith et al., 2016)). Por lo tanto, un análisis basado en la temperatura de la superficie del mar podría subestimar el blanqueamiento en arrecifes mesofóticos o más profundos. Por ello, algunos análisis utilizaron datos a profundidad del arrecife (p. ej., Johnston et al., 2019; Smith et al., 2016).

- Mayor riesgo de blanqueamiento con más de cuatro grados por semana de calentamiento e impactos aún más amplios con más de ocho

grados por semana de calentamiento (Donner et al., 2017; Eaken et al., 2010)

- En el Santuario Nacional Marino Flower Garden Banks, con variaciones entre las secciones este y oeste, generalmente se observa blanqueamiento después de 2-3 meses a temperaturas de 29 °C o 3-4 semanas a 30 °C (Johnston et al., 2019).
- En el canal Packery, Texas, los corales crípticos podrían tolerar temperaturas de hasta al menos 31,5 °C (Epps et al., 2024).
- En las Islas Vírgenes de los Estados Unidos, se desarrolló una versión local de la medida de grados por semana de calentamiento, y se utilizó un umbral (la línea base por encima de la cual se calculan los grados por semana de calentamiento) de 29,5 °C a 30 m, y este disminuyó aproximadamente 0,26 °C por cada 10 m de profundidad. Dicho de otro modo, los corales más profundos mostraron signos de blanqueamiento a temperaturas más bajas (Smith et al., 2016).

asociados con una mortalidad más generalizada (Eakin et al., 2010; Feng et al., 2023).

En ocasiones, el blanqueamiento es reversible, y la exposición a temperaturas moderadamente altas puede aumentar la resistencia de los corales ante olas de calor marinas moderadas en el futuro (Li, 2023; Smith et al., 2023). El estrés por calor también puede aumentar la susceptibilidad a enfermedades, lo que puede reducir aún más la cobertura coralina junto con el blanqueamiento provocado por otras causas (p. ej., la enfermedad blanca en especies de *Orbicella* — Smith et al., 2016). Generalmente, los impactos de las olas de calor marinas pueden verse agravados por otras condiciones, como la exposición prolongada a la luz, las enfermedades o la contaminación (Gonzalez-Espinosa et al., 2021; Riegl et al., 2003; Smith et al., 2016; Smith et al., 2023).

Algunas especies de corales son más susceptibles al calor extremo que otras, y existe evidencia de adaptación local, de modo que la misma especie de coral de aguas poco profundas pueden tolerar temperaturas más altas que individuos de aguas más profundas (Smith et al., 2016). Los corales en aguas más profundas pueden estar expuestos a temperaturas y condiciones de luz más bajas, lo que puede resultar en menores tasas de mortalidad, pero también en un crecimiento más lento y una mayor vulnerabilidad a las altas temperaturas (Ruiz-Díaz et al., 2020; Smith et al., 2016). Por otro lado, existen algunos corales costeros y poco profundos en el Canal Packery de Texas que pueden tolerar temperaturas de hasta 31,5 °C (Epps et al., 2024). Además, los individuos que se encuentran en el límite más cálido del área de distribución de su especie tienen mayor probabilidad de sufrir estrés por las olas de calor marinas. Esto es porque se encuentran más cerca de un límite térmico de la especie que aquellos en el centro o el límite frío del área de distribución (Smith et al., 2023). Existe cierta evidencia de que los umbrales de blanqueamiento están aumentando con el tiempo, lo que podría ser una señal de aclimatación de los corales o de adaptación a largo plazo al aumento de las temperaturas oceánicas,

pero también podría deberse a la pérdida de especies más susceptibles (Donner et al., 2017; Sully et al., 2019).

Es crucial monitorear la intensidad y duración de las olas de calor marinas para detectar el riesgo potencial de blanqueamiento, así como para reducir otros factores de estrés que podrían agravar el estrés coralino (p. ej., la contaminación). Existen intentos de aumentar la tolerancia térmica de los corales y reducir su exposición a la luz durante las olas de calor marinas usando técnicas de geoingeniería y genética, pero estas estrategias aún son objeto de investigación y debate (Australian Institute of Marine Science, 2024; Miller et al., 2024; Tollefson, 2021). Cabe destacar que, si bien las áreas marinas protegidas pueden ser útiles para la conservación de los corales en general, podrían ser menos efectivas para reducir los impactos de las olas de calor marinas (Bruno et al., 2019).

Recursos y comunidades de práctica

- Coral Reef Alliance (<https://coral.org/en/where-we-work/western-caribbean/>)
- Coral Reef Watch (<https://www.coralreefwatch.noaa.gov/main/>)
- Coral Restoration Consortium (<https://www.crc.world/>)
- El Programa Nacional de Vigilancia de Arrecifes de Coral (<https://www.aoml.noaa.gov/es/nrmp/>)
- Gulf of America Alliance (<https://gulfofamericaalliance.org/>)
- IFAS Coral Reef Resources (https://edis.ifas.ufl.edu/topics/coral_reefs)
- Santuarios Marinos Nacionales (<https://sanctuaries.noaa.gov/espanol/>)
- Regional Sea Grant offices (<https://seagrant.noaa.gov/our-story/about-sea-grant/>)
- U.S. Marine Biodiversity Observation Network (<https://marinebon.org/us-mbon/>)



Blanqueamiento de los corales: Serie de tiempo que muestra el blanqueamiento y la muerte del coral cuerno de alce en 2023. La última imagen muestra el esqueleto del coral siendo colonizado por algas filamentosas. Foto: NOAA.

Referencias

- Australian Institute of Marine Science. 2024. "Assisted Evolution." 2024. <https://www.aims.gov.au/research-topics/environmental-issues/climate-change/assisted-evolution>.
- Bruno, John F., Isabelle M. Côté, and Lauren T. Toth. 2019. "Climate Change, Coral Loss, and the Curious Case of the Parrotfish Paradigm: Why Don't Marine Protected Areas Improve Reef Resilience?" *Annual Review of Marine Science* 11 (Volume 11, 2019): 307–34. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010318-095300>
- Cetina-Heredia, P, and M E Allende-Arandía. 2023. "Caribbean Marine Heat Waves, Marine Cold Spells, and Co-Occurrence of Bleaching Events." *Journal of Geophysical Research: Oceans* 128 (10): e2023JC020147. <https://doi.org/10.1029/2023JC020147>.
- Donner, Simon D, Gregory J M Rickbeil, and Scott F Heron. 2017. "A New, High-Resolution Global Mass Coral Bleaching Database." *PLOS ONE* 12 (4): e0175490-. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175490>.
- Eakin, C Mark, Jessica A Morgan, Scott F Heron, Tyler B Smith, Gang Liu, Lorenzo Alvarez-Filip, Bart Baca, et al. 2010. "Caribbean Corals in Crisis: Record Thermal Stress, Bleaching, and Mortality in 2005." *PLOS ONE* 5 (11): e13969-. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0013969>.
- Epps, Ashleigh M., Morgan N. Bruce, Maryssa Dailey, and Keisha D. Bahr. 2024. "Cryptic Corals Thriving in Dynamic Environments May Hold Key Insights into Future Coral Reef Habitats." *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 299 (April): 108659. <https://doi.org/10.1016/J.ECSS.2024.108659>.
- Feng, Yu-Ting, Brandon J Bethel, Yuan Tian, Chang-Ming Dong, Junhong Liang, Yu-Long Yao, Jianguo Yuan, Ying Chen, Si-Jie Chen, and Yang Yu. 2023. "Marine Heat Waves in the Gulf of Mexico 1983–2021: Statistics, Recent Intensifications, and Threats on Coral Reefs." *Advances in Climate Change Research* 14 (4): 560–72. <https://doi.org/10.1016/j.accre.2023.08.006>.
- Gleeson, M W, and A E Strong. 1995. "Applying MCSST to Coral Reef Bleaching." *Advances in Space Research* 16 (10): 151–54. [https://doi.org/10.1016/0273-1177\(95\)00396-V](https://doi.org/10.1016/0273-1177(95)00396-V).
- Johnston, Michelle A, Emma L Hickerson, Marissa F Nuttall, Raven D Blakeway, Travis K Sterne, Ryan J Eckert, and George P Schmahl. 2019. "Coral Bleaching and Recovery from 2016 to 2017 at East and West Flower Garden Banks, Gulf of Mexico." *Coral Reefs* 38 (4): 787–99. <https://doi.org/10.1007/s00338-019-01788-7>.
- Li, Xinru. 2023. "Dynamics of Warm-Season Marine Heat Waves and Their Ecological Impacts." Vancouver. <https://open.library.ubc.ca/collections/24/items/1.0433096>.
- Miller, Margaret W, Sandra Mendoza Quiroz, Liam Lachs, Anastazia T Banaszakid, Valé Rie, F Chamberland, James R Guest, et al. 2024. "Assisted Sexual Coral Recruits Show High Thermal Tolerance to the 2023 Caribbean Mass Bleaching Event." Edited by Erik v. Thuesen. *PLOS ONE* 19 (9): e0309719. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0309719>.
- National Ocean Service. 2022. "Coral Reefs." November 1, 2022. <https://oceanservice.noaa.gov/ocean/corals/>.
- NOAA. 2024. "What Is Coral Bleaching?" June 16, 2024. https://oceanservice.noaa.gov/facts/coral_bleach.html.
- NOAA Coral Reef Watch. 2024. "Satellites & Bleaching | 5km Degree Heating Week (DHW) Product." 2024. https://coralreefwatch.noaa.gov/product/5km/tutorial/crw10a_dhw_product.php.
- NOAA Fisheries. 2022. "Corals." May 23, 2022. <https://www.fisheries.noaa.gov/corals>.
- Riegl, B, and W E Piller. 2003. "Possible Refugia for Reefs in Times of Environmental Stress." *International Journal of Earth Sciences* 92 (4): 520–31. <https://doi.org/10.1007/s00531-003-0328-9>.
- Ruiz-Díaz, Claudia Patricia, Carlos Toledo-Hernández, Juan Luis Sánchez-González, and Brenda Betancourt. 2022. "The Effects of Depth-Related Environmental Factors on Traits in *Acropora Cervicornis* Raised in Nurseries." *Water* 2022, Vol. 14, Page 212 14 (2): 212. <https://doi.org/10.3390/W14020212>.
- Smale, Dan A, Thomas Wernberg, Eric C J Oliver, Mads Thomsen, Ben P Harvey, Sandra C Straub, Michael T Burrows, et al. 2019. "Marine Heat Waves Threaten Global Biodiversity and the Provision of Ecosystem Services." *Nature Climate Change* 9 (4): 306–12. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0412-1>.
- Smith, Tyler B, Joanna Gyory, Marilyn E Brandt, William J Miller, Jonathan Jossart, and Richard S Nemeth. 2016. "Caribbean Mesophotic Coral Ecosystems Are Unlikely Climate Change Refugia." *Global Change Biology* 22 (8): 2756–65. <https://doi.org/10.1111/gcb.13175>.
- Smith, Kathryn E., Michael T. Burrows, Alistair J. Hobday, Nathan G. King, Pippa J. Moore, Alex sen Gupta, Mads S. Thomsen, Thomas Wernberg, and Dan A. Smale. 2023. "Biological Impacts of Marine Heat Waves." *Annual Review of Marine Science* 15 (Volume 15, 2023): 119–45. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-032122-121437>.
- Sully, S., D. E. Burkepile, M. K. Donovan, G. Hodgson, and R. van Woesik. 2019. "A Global Analysis of Coral Bleaching over the Past Two Decades." *Nature Communications* 2019 10:110 (1): 1–5. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09238-2>.
- Tollefson, Jeff. 2021. "Can Artificially Altered Clouds Save the Great Barrier Reef?" *Nature*, August 1, 2021. <https://doi.org/10.1038/D41586-021-02290-3>.

Sobre los autores: Le Dr. Renata Poulton Kamakura recibió una Beca de Investigación y Política Científica del Golfo de la Academia Nacional de Ciencias, siendo GCOOS la oficina anfitriona. La Dra. Chris Simonello es gerente de Difusión y Educación del Sistema de Observación Oceanográfica y Costera del Golfo de América (GCOOS por sus siglas en inglés). Con sede en el Departamento de Oceanografía de la Universidad Texas A&M, GCOOS es el componente regional del Sistema Integrado de Observación Oceánica de Estados Unidos dedicado al Golfo de América.