



Sociedad Ambiente Marino, Inc.

Villa Nevárez 1130 Calle 3, San Juan, PR 00927-5133

PO Box 22158 San Juan PR 00931-2158

(939) 642-7264 • [samprorg@sampr.org](mailto:samprorg@sampr.org) <https://www.sampr.org>



## Análisis de los riesgos de calor extremo marino y de blanqueamiento masivo de corales durante el 2026

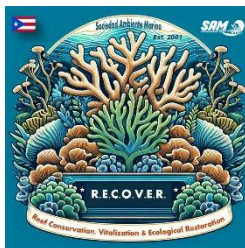
Boletín Técnico Año 4 Núm. 1 – Mayo 2026

Edwin A. Hernández Delgado, Ph.D.

Sociedad Ambiente Marino

[edwinhernandez@sampr.org](mailto:edwinhernandez@sampr.org)

18 de mayo de 2026





Esta es una publicación conjunta de los Programas de Investigación en Ciencia del Clima (C.S.R.P.) y el de Conservación, Vitalización y Restauración Ecológica de los Arrecifes (R.E.C.O.V.E.R.) de la Sociedad Ambiente Marino. El Dr. Edwin A. Hernández Delgado es un Ecólogo de Restauración Certificado (#0670) por la Society for Ecological Restoration [edwinhernandez@sampr.org](mailto:edwinhernandez@sampr.org)



## Resumen

- Puerto Rico y el Caribe continúan enfrentando desde el año 2023 un escenario continuo de alta vulnerabilidad ante eventos recurrentes de calor extremo marino, olas de calor marino y blanqueamiento masivo de corales.
- La evidencia científica recopilada a mediados de mayo de 2026 indica una transición rápida desde condiciones ENSO-neutrales hacia el probable desarrollo de El Niño durante el verano de 2026, con potencial de persistir hasta finales de 2026 e inicios de 2027.
- Aunque El Niño aún no estaba completamente establecido al momento del análisis, el Pacífico tropical ya mostraba señales claras de calentamiento, incluyendo anomalías térmicas superficiales y subsuperficiales, así como un aumento sostenido del contenido de calor oceánico.
- El desarrollo de El Niño representa un factor de preocupación para el Caribe, ya que puede favorecer condiciones más cálidas y secas, debilitamiento de los vientos alisios, menor mezcla de la columna de agua y mayor acumulación de calor superficial en el mar.
- El Atlántico tropical y el Mar Caribe también muestran señales tempranas de calentamiento y expansión de olas de calor marino, incluyendo áreas de alerta térmica que ya comenzaban a afectar sectores alrededor de Puerto Rico para mayo de 2026.
- El riesgo de blanqueamiento coralino no depende únicamente de la temperatura máxima del agua, sino de la duración acumulada del estrés térmico, medida mediante el indicador de la acumulación de semanas consecutivas de calor conducente a blanqueamiento o **Degree Heating Weeks (DHWs)**.
- La recurrencia reciente de eventos severos en 2023, 2024 y parcialmente en el 2025 ha reducido la capacidad de recuperación de los arrecifes coralinos de Puerto Rico y el Caribe, aumentando su susceptibilidad ante un nuevo evento de estrés térmico durante 2026.
- En 2023, Puerto Rico experimentó un evento histórico de blanqueamiento masivo asociado al calor extremo marino y al fortalecimiento de El Niño, alcanzando niveles de alerta sin precedentes y 19.1 DHWs.
- En 2024, la región volvió a experimentar un evento severo de blanqueamiento y mortalidad coralina, alcanzando una alerta 5 de blanqueamiento y una acumulación récord de 21.3 DHWs.
- Aunque 2025 fue relativamente menos severo, Puerto Rico y el noreste del Caribe alcanzaron nuevamente entre 11 y 12 DHWs, valores asociados comúnmente con condiciones muy severas de blanqueamiento y mortalidad significativa.
- La combinación de calentamiento regional, transición hacia El Niño, expansión de olas de calor marino y acumulación temprana de estrés térmico sugiere que el 2026 debe manejarse como un año de vigilancia activa y preparación preventiva.

- Las especies coralinas estructurales y ecológicamente importantes, incluyendo *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis*, podrían estar particularmente en riesgo debido a su exposición acumulada a eventos térmicos recurrentes, enfermedades, pérdida de tejido vivo y reducción en la capacidad de recuperación.
- Los arrecifes degradados pueden perder funciones ecológicas críticas, incluyendo la de provisión de hábitat, crianza de especies marinas, mantenimiento de biodiversidad, protección costera, sostenimiento de pesquerías y valor turístico-recreativo.
- La degradación coralina también puede aumentar la vulnerabilidad socioeconómica de las comunidades costeras, particularmente aquellas dependientes del turismo marino, la pesca, la recreación costera y la protección natural contra el oleaje y marejadas.
- Se recomienda activar medidas preventivas antes de que se alcancen niveles severos de alerta, particularmente desde las fases tempranas de vigilancia y advertencia emitidas por NOAA Coral Reef Watch Program.
- Es prioritario fortalecer el monitoreo de arrecifes naturales, áreas restauradas, viveros de coral y zonas marinas protegidas en las cuatro regiones geográficas principales de Puerto Rico.
- El monitoreo debe incluir al menos la temperatura *in situ*, la severidad de blanqueamiento, mortalidad parcial o total, enfermedades coralinas, pérdida de tejido vivo, cobertura de macroalgas y cianobacterias, sedimentación y condición de las colonias en los viveros y de aquellas restauradas.
- Se recomienda adoptar un sistema de respuesta escalonado basado en los niveles de alerta de NOAA Coral Reef Watch Program y en la acumulación de DHWs, vinculando cada nivel de riesgo con acciones concretas de manejo.
- La reducción inmediata de estresores locales debe ser una prioridad, incluyendo control de sedimentación, escorrentías, aguas usadas, contaminación costera, descargas ilegales, anclaje sobre arrecifes, contacto físico con corales y presión recreativa excesiva.
- Los viveros y proyectos de restauración coralina deben recibir atención especial durante periodos de calor extremo, minimizando la manipulación innecesaria de corales, fortaleciendo la vigilancia de enfermedades y evaluando medidas de protección temporeras cuando sea viable.
- Se recomienda establecer una red de respuesta rápida entre organizaciones científicas, agencias gubernamentales, universidades, comunidades costeras, pescadores, operadores turísticos y científicos ciudadanos para documentar impactos en tiempo casi real.
- La comunicación pública del riesgo debe fortalecerse mediante boletines técnicos y mensajes visuales breves que expliquen el significado de las alertas, las acciones recomendadas y las formas de informar el blanqueamiento o la mortalidad coralina.

- El informe resalta la importancia de mantener publicaciones periódicas durante 2026, integrando actualizaciones mensuales sobre ENSO, anomalías térmicas, acumulación de DHWs, alertas de blanqueamiento, observaciones locales y recomendaciones operacionales.
- En conclusión, aunque todavía existe incertidumbre sobre la intensidad final del evento térmico de 2026, la evidencia disponible justifica una respuesta preventiva, coordinada y adaptativa para reducir riesgos ecológicos y socioeconómicos asociados al calor extremo marino y al blanqueamiento masivo de corales.

## I. Introducción

En las últimas décadas, el Caribe ha experimentado un aumento significativo en la frecuencia, intensidad y duración de las olas de calor marino. Esto ha resultado en un incremento en los riesgos de blanqueamiento y mortalidad de corales a través de toda la región, incluyendo a Puerto Rico.

Una **ola de calor marino** se define como un período prolongado en el que la temperatura de la superficie del mar se eleva significativamente por encima de la media histórica para una región específica. Generalmente, dicho **calor extremo** se prolonga durante varios días o semanas, aunque en algunos casos puede durar meses. Se considera que ocurre cuando la temperatura del agua supera un umbral específico, que suele ser un aumento de al menos 1°C (a veces más) por encima de la media climática de la región durante un período determinado. Las olas de calor marino pueden afectar áreas extensas y tienen el potencial de influir en las condiciones locales del clima, así como en la vida marina y los ecosistemas costeros. Las olas de calor marino tienen efectos significativos en los ecosistemas marinos, como el blanqueamiento de corales, la migración de especies de peces y la alteración de los hábitats. También pueden influir en la salud humana y en las actividades económicas, como la pesca y el turismo.

Las tendencias recientes de incrementos en la frecuencia, intensidad y duración de las olas de calor marino han tenido consecuencias destacables a través del Caribe. Estas han incluido:

1. **Aumento continuo de la temperatura del agua:** Las temperaturas del océano han aumentado debido al calentamiento global, lo que ha llevado a más eventos de olas de calor marino. Según estudios, la temperatura superficial del mar en el Caribe ha aumentado ~0.5 a 1.0 °C en los últimos 50 años.
2. **Aumento en la frecuencia de eventos climáticos extremos:** La variabilidad climática, como El Niño y La Niña, ha influido en estos patrones, contribuyendo a condiciones anómalas que favorecen las olas de calor.
3. **Efectos de la urbanización y las actividades humanas:** La urbanización costera y la contaminación también pueden exacerbar el calentamiento local de las aguas.

El calor extremo marino prolongado ha tenido diversas consecuencias en los ecosistemas marinos y costeros del Caribe:

1. **Arrecifes de coral:** El calor extremo en el agua puede provocar el blanqueamiento de los corales, que afecta su salud y supervivencia. Esto, a su vez, impacta la biodiversidad marina y los servicios ecosistémicos que brindan.
2. **Pesca y recursos marinos:** Las olas de calor pueden alterar la distribución de las especies de peces, lo que afecta la pesca local y la seguridad alimentaria. Algunas especies pueden migrar hacia aguas más frías, dejando a los pescadores sin acceso a sus recursos habituales.
3. **Ecosistemas de hierbas marinas y manglares:** La salud de los ecosistemas de hierbas marinas y manglares también puede verse comprometida ante el calor extremo y la pérdida acelerada de oxígeno disuelto en el agua, lo que afecta la biodiversidad y la protección de las costas.

4. **Impactos en la salud humana:** El aumento de la temperatura del mar puede también influir en la salud humana, ya que se relaciona con la proliferación de patógenos y enfermedades transmitidas por el agua. Las actividades de contacto directo y el consumo de mariscos contaminados pudieran poner en riesgo a la salud humana.

Se anticipa que las olas de calor marino seguirán aumentando en frecuencia y severidad en el futuro, con las siguientes implicaciones:

1. **Mayor frecuencia y/o intensidad de blanqueamiento de corales:** Con el calentamiento continuo, se prevé un aumento en la frecuencia de eventos de blanqueamiento en los corales, lo que puede llevar a una disminución poblacional drástica en numerosas especies de corales, lo que puede causar **puntos de inflexión ecológica** en los arrecifes de coral. Esto es un cambio ecológico de carácter irreversible donde la dominancia de los corales cambia por la dominancia de las macroalgas. Por tanto, se alteran sus funciones ecológicas y servicios, incluyendo su rol de crianza de especies y de amortiguar la energía del oleaje.
2. **Alteraciones en las comunidades de peces:** Las especies de peces pueden cambiar sus patrones de migración y reproducción, lo que afectará la pesca comercial y recreativa, así como numerosos roles ecológicos, principalmente el de la herbivoría.
3. **Aumento de la acidificación del océano:** La combinación del calentamiento del agua y la acidificación del océano puede tener efectos sinérgicos negativos sobre la vida marina, especialmente los organismos calcáreos, debido a la reducción en las tasas de calcificación. Esto debilitaría a largo plazo la estructura física y complejidad espacial de los arrecifes de coral, haciéndolos más vulnerables a los huracanes y a las marejadas invernales en el futuro.
4. **Desafíos para la adaptación costera:** Las comunidades costeras tendrán que enfrentar desafíos relacionados con la erosión, la pérdida de hábitats y los cambios en los recursos marinos, lo que requerirá estrategias de adaptación innovadoras y efectivas.
5. **Impactos socioeconómicos:** La disminución de los recursos pesqueros y la degradación de los ecosistemas marinos pueden tener consecuencias económicas significativas, afectando medios de vida y aumentando la vulnerabilidad de las comunidades costeras a los eventos climáticos extremos en el futuro.

El aumento en la frecuencia, intensidad y duración de las olas de calor marino en el Caribe representa un desafío crítico para la sostenibilidad ambiental y socioeconómica de la región. Es esencial implementar estrategias de mitigación y adaptación para abordar estos impactos y proteger los ecosistemas y comunidades vulnerables. De ahí la importancia de establecer mecanismos de vigilancia de calor extremo marino en Puerto Rico.

La **Sociedad Ambiente Marino (SAM)**, como parte de su rol vital en la educación para la conservación y restauración de los arrecifes de coral en Puerto Rico, inició en mayo del año 2023 la publicación mensual durante los meses del verano y comienzos de otoño un boletín técnico alertando sobre los riesgos que implica el calor extremo en el blanqueamiento y mortalidad de corales en Puerto Rico y el Caribe. En el 2024 la publicación se adelantó para el mes de abril. En el 2025 el primer boletín se publicó en junio debido a que el calor comenzó más tarde que en los dos años previos. Ahora en el 2026 el primer boletín

se está publicando en el mes de mayo debido a que las tendencias de calentamiento han mostrado un incremento gradual desde el mes de abril, como posible consecuencia del fortalecimiento gradual del fenómeno de El Niño.

Puerto Rico, así como la zona del Caribe en general, continúan siendo afectados desde el año 2023 por un evento de calentamiento del mar sin precedentes históricos recientes. Por primera vez en la historia, se emitió en el 2023 una **vigilancia de blanqueamiento** de corales para Puerto Rico tan temprano como en el 10 de mayo. Eventualmente, el 29 junio de ese año se emitió un **aviso de blanqueamiento** de corales. A comienzos de agosto se emitió una **alerta 1 de blanqueamiento** y eventualmente, se emitió una **alerta 2 de blanqueamiento**, lo cual se tradujo en un evento masivo de blanqueamiento y de mortalidad de corales. Este evento fue de tal magnitud, que por primera vez en la historia el Coral Reef Watch Program (CRWP) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) tuvo que crear nuevos niveles de alertas de blanqueamiento de corales, alcanzando Puerto Rico un nivel promedio de **alerta 4 de blanqueamiento**, el cual no tenía precedentes históricos al momento al alcanzarse 19.1 semanas consecutivas de calor estresante conducente al blanqueamiento, lo que se conoce como **Degree Heating Weeks (DHWs)**, lo que discutiremos más adelante en el documento.

El evento de calentamiento del mar y de blanqueamiento masivo de corales del 2023 fue una de las consecuencias directas del calor marino extremo consecuencia del cambio climático, el cual se magnificó ante el fortalecimiento del fenómeno de El Niño. Sin embargo, durante el 2024 ocurrió un cambio significativo al menguar las condiciones de El Niño y cambiar gradualmente hacia condiciones dominantes de La Niña. Esto coincidió nuevamente con unas condiciones de calor marino extremo sin precedentes a través del Caribe, pero en esta ocasión, principalmente en la mitad este del Caribe, el cual resultó en la emisión récord de una **alerta 5 de blanqueamiento** debido a la acumulación récord de 21.3 DHWs y de otro evento masivo de blanqueamiento y mortandad de corales, con potenciales consecuencias ecológicas y socioeconómicas adversas para la región. Y aunque durante el 2025 no ocurrió un evento similar, de todas formas, la zona de Puerto Rico y el noreste del Caribe alcanzaron nuevamente de 11 a 12 DHWs, lo que representa usualmente condiciones muy severas de blanqueamiento y mortalidad significativa de corales.

Ante la preocupación generada por esta situación, la Sociedad Ambiente Marino (SAM) ha publicado su volumen 4, número 1 del boletín técnico titulado: **“Análisis de los riesgos de calor extremo marino y de blanqueamiento masivo de corales durante el 2026”**. Este resume cuáles son los impactos actuales de diversas variables climatológicas y oceanográficas en los ecosistemas marinos y costeros de Puerto Rico y el Caribe que sugieren nuevamente un riesgo elevado de otro evento de blanqueamiento masivo de corales similar a los que la SAM pronosticó con alta precisión para la región utilizando la mejor evidencia científica disponible durante el 2023 y el 2024.

## II. Objetivo

El objetivo de este documento es resumir en español la información actualizada a mediados de mayo de 2026 sobre la evolución de las condiciones oceanográficas potencialmente conducentes al blanqueamiento de los corales y resume gran parte de la evidencia recopilada de las fuentes primarias de monitoreo de las condiciones ambientales, atmosféricas y oceanográficas en el planeta. El análisis se nutre de diversas fuentes, que incluyen información derivada de satélites, boyas y otros sensores meteorológicos operados por agencias gubernamentales e instituciones académicas. Para cada imagen

presentada se ofrece su referencia original, de las cuales se resumen los datos más importantes y relevantes para el Caribe y Puerto Rico. Además, se proveen descripciones generales de cada indicador evaluado que ayudan en su interpretación. En este informe se provee, además, información documental sobre los riesgos del blanqueamiento de corales en 16 localidades de Puerto Rico, cuatro por cada una de las regiones geográficas principales, basada en los análisis que hemos derivado de productos nuevos disponibles por el NOAA-CRWP desde el 2023 y el 2024.

Esta publicación generada conjuntamente por los Programas de Investigación en Ciencia del Clima (C.S.R.P.) y el de Conservación, Vitalización y Restauración Ecológica de los Arrecifes (R.E.C.O.V.E.R.) de la SAM constituye nuestra interpretación técnica de la información oficial hecha pública por agencias como NOAA y otras fuentes similares. Se recomienda al público en general y al personal de las agencias gubernamentales reguladoras y manejadoras de recursos a utilizar este documento como una herramienta adicional útil para sus procesos de toma de decisiones, planificación y para sus respectivas acciones de manejo y respuesta ante la evolución de estas condiciones. Sin embargo, siempre deben hacer referencia a las fuentes oficiales de información, las cuales se citan a lo largo del documento.

En tiempos en donde se han realizado y se vislumbra continúen realizándose cambios significativos en el personal y en las operaciones de numerosos programas en NOAA, NASA, en el Servicio Nacional de Meteorología (NWS, por sus siglas en inglés) y en otras agencias federales, este documento reviste mayor importancia para la comunidad en general, la academia, para los restauradores de arrecifes de coral y para los manejadores de recursos naturales. Dada la incertidumbre en cuanto a la permanencia en operaciones de muchos de dichos programas, no podemos garantizar que en el futuro cercano algunas de estas herramientas de información puedan mantenerse en operaciones y disponibles al público. Esto podría afectar significativamente nuestra capacidad de análisis y de hacer proyecciones en el futuro sobre el impacto del calor marino extremo sobre los riesgos de blanqueamiento de corales.

El valor de este documento recae en proveer en una sola fuente en español de todas las referencias originales de numerosas fuentes de información útiles, muchas de ellas actualizadas a diario, las cuales ayudan a la toma de decisiones informadas con información siempre actualizada. Por ende, el documento es útil también para otros países de habla hispana en el Caribe. Nuestras interpretaciones de la información técnica se basan únicamente en la experiencia y conocimiento técnico de su autor. Cualquier pregunta técnica al respecto, pueden contactar directamente a su autor en la SAM a través de [edwinhernandez@sampr.org](mailto:edwinhernandez@sampr.org).

### III. Proyecciones de El Niño y La Niña

La actualización más reciente de la proyección oficial emitida por el Centro de Predicción Climática de NOAA durante el mes de mayo de 2026 sugiere que existen condiciones neutrales de El Niño, las que van menguando rápidamente y van en transición hacia una condición fuerte de El Niño durante el resto del 2026 (Figura 1). Los hallazgos más importantes de dicho informe sugieren que:

- 1. El Niño tiene alta probabilidad de formarse pronto:** El informe estima una probabilidad de **82%** de que El Niño emerja durante **mayo–julio de 2026**. Además, proyecta una probabilidad aún mayor, **96%**, de que continúe durante el invierno del hemisferio norte, específicamente **diciembre de 2026 a febrero de 2027**.

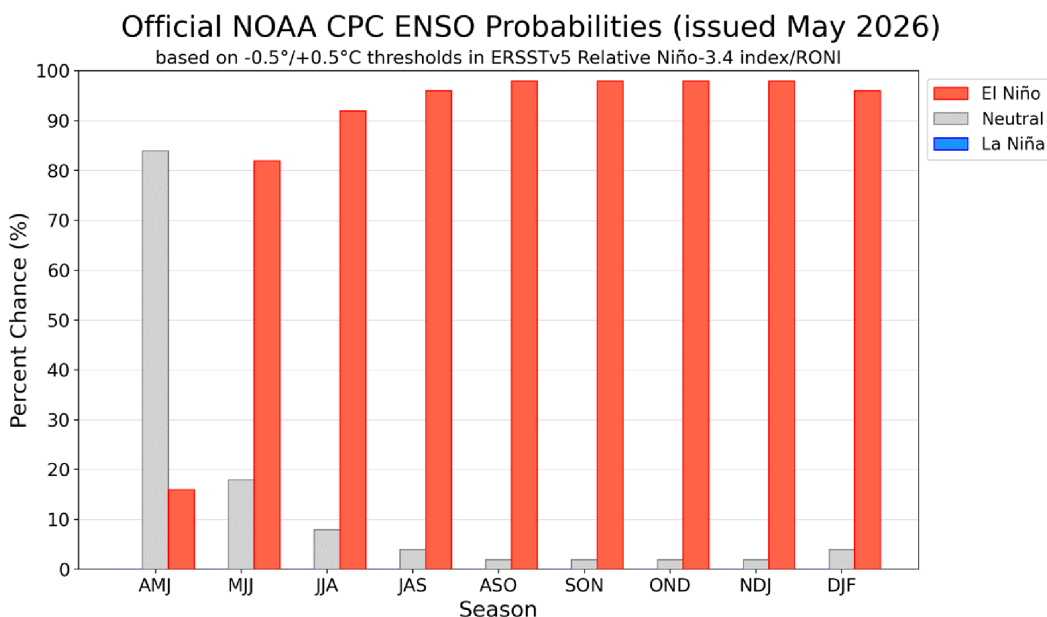


FIGURA 1. Pronóstico oficial del NOAA Climate Prediction Center sobre el desarrollo de las condiciones de El Niño y La Niña durante el 2025 en la zona El Niño 3.4. Fuente: [https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/enso\\_advisory/figure07.gif](https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/figure07.gif) (accedido: 18 de mayo de 2026).

**2. Actualmente todavía había condiciones ENSO-neutrales:** Aunque se espera El Niño, al momento del informe las condiciones seguían clasificadas como **ENSO-neutral**. Esto se debe a que las temperaturas superficiales del mar en el Pacífico ecuatorial centro-oriental estaban cerca del promedio. El índice Niño-3.4 estaba en  $+0.4^{\circ}\text{C}$ , todavía cerca del umbral neutral, aunque otros sectores como Niño-1+2 ya mostraban anomalías más cálidas de  $+1.0^{\circ}\text{C}$ .

**3. El océano ya muestra señales claras de calentamiento:** Un dato clave es que el contenido de calor subsuperficial del Pacífico ecuatorial aumentó por **sexto mes consecutivo**. En la página 4, las figuras 3 y 4 muestran anomalías cálidas importantes bajo la superficie del océano, entre 0 y 300 m de profundidad. Esto sugiere que hay calor acumulado en el sistema oceánico, lo cual puede alimentar el desarrollo de El Niño en los próximos meses.

**4. La atmósfera todavía no está completamente acoplada al océano:** El informe menciona anomalías de vientos del oeste en el Pacífico ecuatorial occidental y señales en niveles altos sobre el Pacífico central y oriental. También se observó convección cerca del promedio cerca de la Línea Internacional de Cambio de Fecha y convección suprimida cerca de Indonesia. Sin embargo, en conjunto, el sistema océano-atmósfera todavía reflejaba condiciones neutrales, no un El Niño completamente establecido.

**5. Los modelos favorecen El Niño hasta el invierno 2026–2027:** El promedio del **North American Multi-Model Ensemble (NMME)**, incluyendo el modelo **NCEP CFSv2**, favorece que El Niño se forme para el próximo mes y persista durante el invierno del hemisferio norte. En la página 5, la figura 6 muestra que las proyecciones del índice Niño-3.4 tienden a subir claramente durante 2026.

**6. Hay mucha incertidumbre sobre la intensidad máxima:** Aunque la probabilidad de que ocurra El Niño es alta, el informe enfatiza que todavía existe **incertidumbre considerable sobre cuán fuerte será**.

Ninguna categoría de intensidad supera el **37% de probabilidad**, lo que significa que todavía no se puede afirmar con seguridad si será débil, moderado, fuerte o muy fuerte.

**7. Un El Niño fuerte no garantiza impactos fuertes:** El informe aclara algo importante: aunque un evento de El Niño más fuerte puede aumentar la probabilidad de ciertos impactos climáticos, **no garantiza automáticamente impactos severos**. Los efectos dependen de cómo evolucione el acoplamiento océano-atmósfera y de otros patrones regionales.

En la Figura 2 se observa el patrón de distribución geográfica de las diversas zonas a través de las cuales desarrolla el fenómeno de El Niño a través de las fluctuaciones de la llamada Circulación de Walker a lo largo del Océano Pacífico tropical. En estas zonas se monitorea la temperatura para desarrollar el Índice de la Oscilación de El Niño, el cual es un indicador de su estado de desarrollo. La Circulación de Walker es un patrón de circulación atmosférica a gran escala que juega un papel crucial en el desarrollo del fenómeno de El Niño. Es un sistema de vientos y presión atmosférica que circulan por la región del Pacífico tropical.

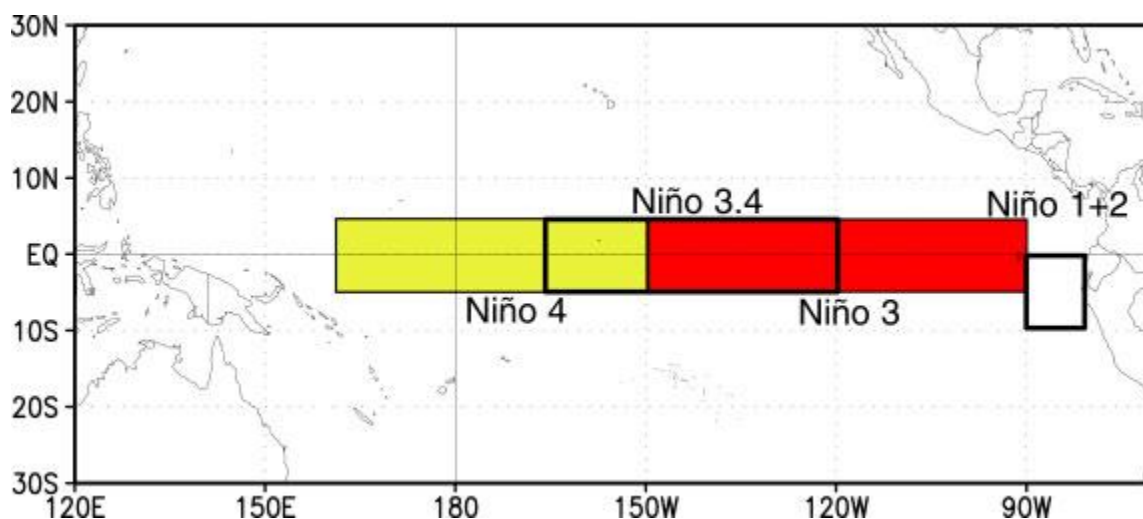


FIGURA 2. A) Mapa de la distribución espacial de las diversas zonas de desarrollo del fenómeno de El Niño a lo largo del Océano Pacífico tropical. Fuente: [https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/nino\\_regions.shtml](https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/nino_regions.shtml) (accedido: 7 de mayo de 2023).

Usualmente, cuando el fenómeno de El Niño se comienza a desarrollar las primeras manifestaciones de aumentos en temperatura de la superficie del mar, así como en los patrones de circulación y de presión atmosférica ocurren en la llamada zona de El Niño 1+2, el oeste de América del Sur. Luego, esta se mueve hacia las zonas de El Niño 3 y el Niño 3.4. Finalmente, se extiende hasta la zona de El Niño 4, en un desplazamiento de las corrientes cálidas hacia el Pacífico tropical central y luego hacia el oeste. Cuando ocurre lo contrario, un patrón de enfriamiento en la temperatura a través de dichas zonas, entonces se desarrolla la condición conocida como La Niña.

Durante los eventos de El Niño, el agua cálida en el Océano Pacífico tropical central y oriental se expande hacia el este, hacia las Américas, provocando cambios en la circulación atmosférica y los

patrones climáticos (llamado el Circulación de Walker). Estos cambios pueden resultar en sequías, inundaciones y otras condiciones climáticas extremas en diferentes regiones del mundo. Dichos patrones varían geográficamente y a través del tiempo, dependiendo de la época del año y de la intensidad de El Niño. Dichos patrones se alteran completamente tras el desarrollo de La Niña.

En el Caribe, El Niño puede generar condiciones más secas en algunas partes de la región, particularmente en las islas del Caribe oriental, donde se localiza Puerto Rico. Esto se debe a que el debilitamiento de los vientos alisios, que son los vientos predominantes del este en los trópicos, puede provocar una reducción de las precipitaciones en algunas zonas, aunque dichas teleconexiones no siempre son homogéneas ni simétricas, lo que significa que puede tener mucha variabilidad. Dicha variabilidad en los efectos de las teleconexiones puede deberse a múltiples factores, incluyendo la estacionalidad y la intensidad o severidad de El Niño. Usualmente, mientras más fuerte es el evento, más fuerte suelen ser los efectos de las teleconexiones y las consecuencias.

La reducción de las precipitaciones ante eventos fuertes de El Niño puede dar lugar a condiciones de sequía, que pueden afectar a la agricultura, los recursos hídricos y otros sectores que dependen de la disponibilidad de agua. Las temperaturas más cálidas de la superficie del mar asociadas con El Niño también pueden afectar los ecosistemas marinos, provocando cambios en la pesca, efectos adversos en los arrecifes de coral y otros hábitats relacionados generalmente asociados al blanqueamiento de los corales.

Sin embargo, es importante señalar que los impactos de El Niño en el Caribe también pueden verse influenciados por otros factores, incluyendo diversas oscilaciones climatológicas, como la Oscilación del Atlántico Norte (NAO, por sus siglas en inglés), que puede interactuar con El Niño para producir diferentes patrones climáticos en el Atlántico tropical y el Caribe. Por lo tanto, es fundamental monitorear y estudiar estos fenómenos climáticos para comprender mejor sus impactos combinados en el Caribe y otras regiones del mundo.

En la Figura 3 se observa el patrón de distribución de las diversas zonas de la llamada Circulación de Walker a lo largo del Océano Pacífico tropical. La Circulación de Walker es un patrón de circulación atmosférica a gran escala que juega un papel crucial en el desarrollo del fenómeno de La Niña y de El Niño. Es un sistema de vientos y presión atmosférica que circulan por la región del Pacífico tropical.

La circulación de Walker consta de dos ramas, los "vientos alisios" hacia el este y los "vientos alisios" hacia el oeste. Los vientos alisios soplan de este a oeste a través del Pacífico tropical, empujando las aguas superficiales cálidas hacia el Pacífico occidental. El agua tibia luego se acumula en el Pacífico occidental, creando un sistema de baja presión que atrae más aire húmedo y genera más lluvia. Los contraataques o la circulación en sentido contrario, también conocidos como la célula de Walker, soplan en dirección opuesta, de oeste a este, en la atmósfera superior. Estos vientos descienden sobre el Pacífico oriental, creando una alta presión y suprimiendo la convección de aguas cálidas y la lluvia.

La Figura 3a muestra la configuración espacial de la Circulación Walker durante la fase conocida como la Circulación de La Niña. La Niña es la contraparte de El Niño y representa la fase fría del patrón climático de la Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés) en el Océano Pacífico tropical. Durante los eventos de La Niña, los vientos alisios en el Océano Pacífico tropical se vuelven más fuertes y las corrientes oceánicas son más vigorosas, lo que conduce a un enfriamiento de la temperatura de la superficie del mar en el Pacífico tropical oriental y central. Este es el tipo de condición que se está

restableciendo rápidamente en el Pacífico tropical durante el 2024 luego del evento fuerte de El Niño del 2023 al 2024.

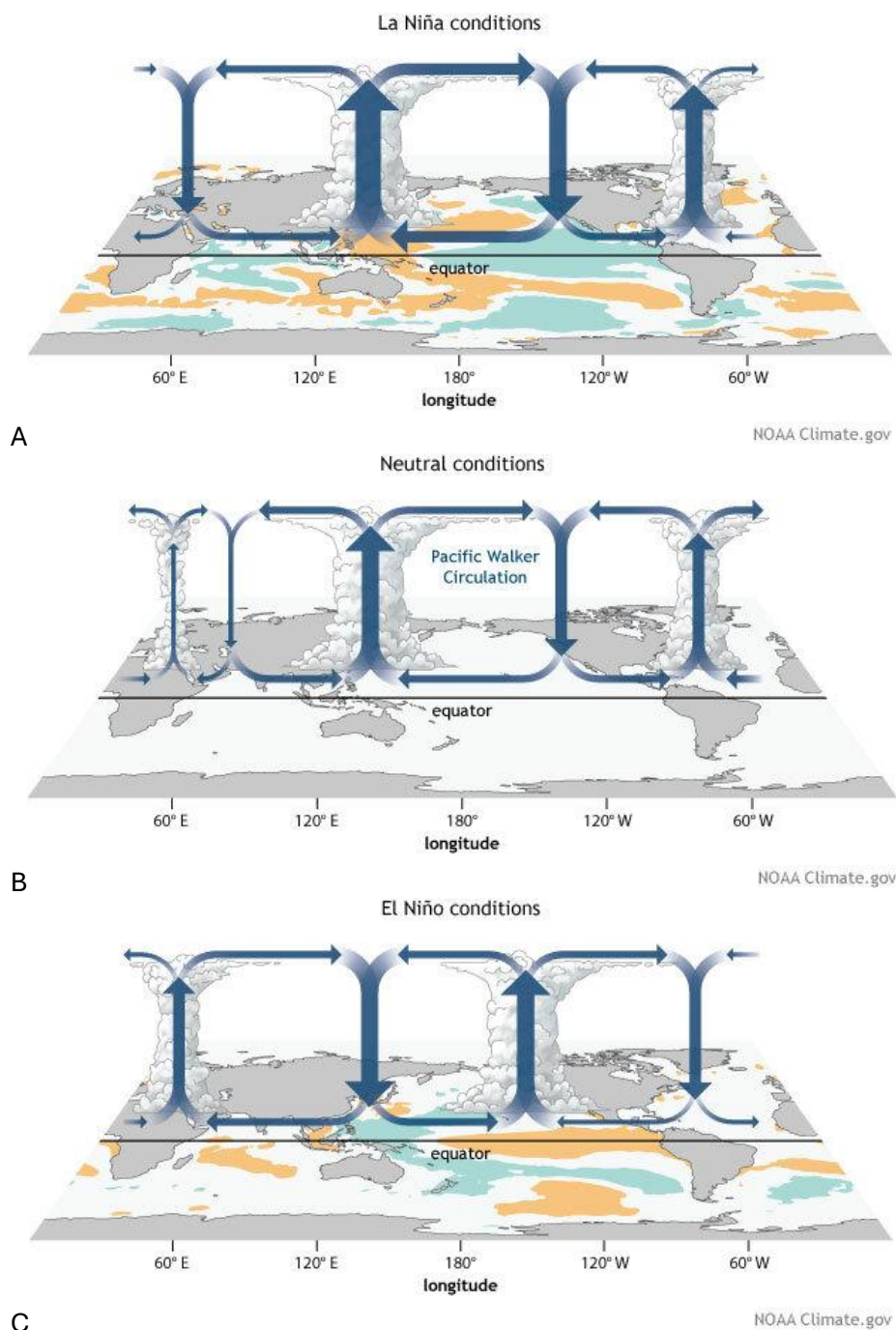


FIGURA 3. Patrones de variación de la Circulación Walker en el Océano Pacífico Tropical entre las condiciones: A) La Niña; B) Condiciones neutrales; y C) el desarrollo del fenómeno de la Oscilación del Sur de El Niño (ENSO). Fuente: <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/walker-circulation-ensos-atmospheric-buddy> (accedido: 7 de mayo de 2023).

Las siguientes son algunas de las características de la circulación de La Niña:

**Vientos alisios más fuertes:** Los eventos de La Niña se asocian con vientos alisios más fuertes que soplan de este a oeste a través del Océano Pacífico tropical. Estos vientos empujan las aguas cálidas de la superficie hacia el Pacífico occidental, lo que provoca un afloramiento de agua fría en el Pacífico oriental. Esto provoca un enfriamiento de la temperatura de la superficie del mar en esa región.

**Afloramiento de agua fría:** Los vientos alisios más fuertes que ocurren durante los eventos de La Niña promueven el afloramiento de agua fría y rica en nutrientes desde las profundidades del océano, lo que puede tener impactos significativos en los ecosistemas marinos y la pesca, sobre todo en la costa oeste de América del Sur.

**Presión atmosférica más baja:** La presión atmosférica sobre el Pacífico occidental es más baja que el promedio durante los eventos de La Niña, mientras que la presión sobre el Pacífico oriental es más alta que el promedio. Esto conduce a cambios en los patrones de circulación atmosférica y las condiciones climáticas en todo el mundo. En el caso del Mar Caribe, las condiciones de La Niña tienden a favorecer mayor humedad, mayor precipitación pluvial, menor incidencia de vientos cortantes (“windshear”) del suroeste y mayor desarrollo ciclónico.

**Aumento de las precipitaciones en algunas áreas:** los eventos de La Niña pueden provocar un aumento de las precipitaciones en algunas regiones, como Indonesia, Australia y partes de América del Sur y el Caribe. Esto puede ocurrir en función de las diversas teleconexiones entre El Niño o La Niña y otras oscilaciones en diversas partes del mundo (Figuras 4a y 4b).

**Aumento de la actividad de los huracanes en el Atlántico:** Los eventos de La Niña también pueden influir en la actividad de los huracanes en el Atlántico al crear condiciones atmosféricas más favorables para la formación e intensificación de los huracanes debido al aumento general de la humedad en la región del Atlántico tropical y el Caribe (Figura 4a)

Comprender las características de la circulación de La Niña es importante para predecir y gestionar sus impactos en los patrones climáticos, los ecosistemas marinos y otros sectores que dependen de las condiciones climáticas, como la agricultura y los recursos hídricos.

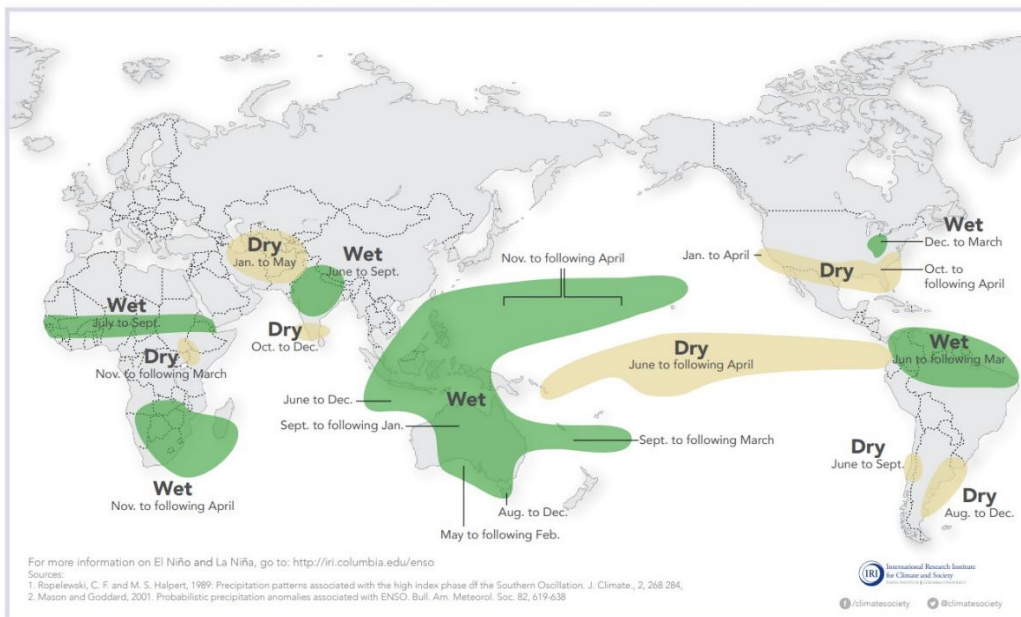
La Figura 3b muestra la configuración de la Circulación Walker durante las condiciones neutrales de El Niño y La Niña. Cuando el patrón climático de ENSO se encuentra en una condición neutral, ni El Niño ni La Niña están presentes. Esto significa que las temperaturas de la superficie del mar en el Océano Pacífico tropical están cerca del promedio y las condiciones atmosféricas son relativamente estables a lo largo de todo el Pacífico tropical.

Algunos de los efectos de esta condición neutral incluyen los siguientes:

**Patrones climáticos más predecibles:** Durante una condición de ENSO neutral, los patrones climáticos tienden a ser más predecibles y menos extremos que durante los eventos de El Niño o La Niña. Esto puede ser beneficioso para los sectores que se ven afectados por la variabilidad climática, como la agricultura, la gestión del agua y la producción de energía. Igualmente, es beneficioso para los ecosistemas marinos, los cuales son particularmente vulnerables, por ejemplo, en la zona del Caribe a las altas temperaturas prolongadas que suelen registrarse durante El Niño.

### La Niña and Rainfall

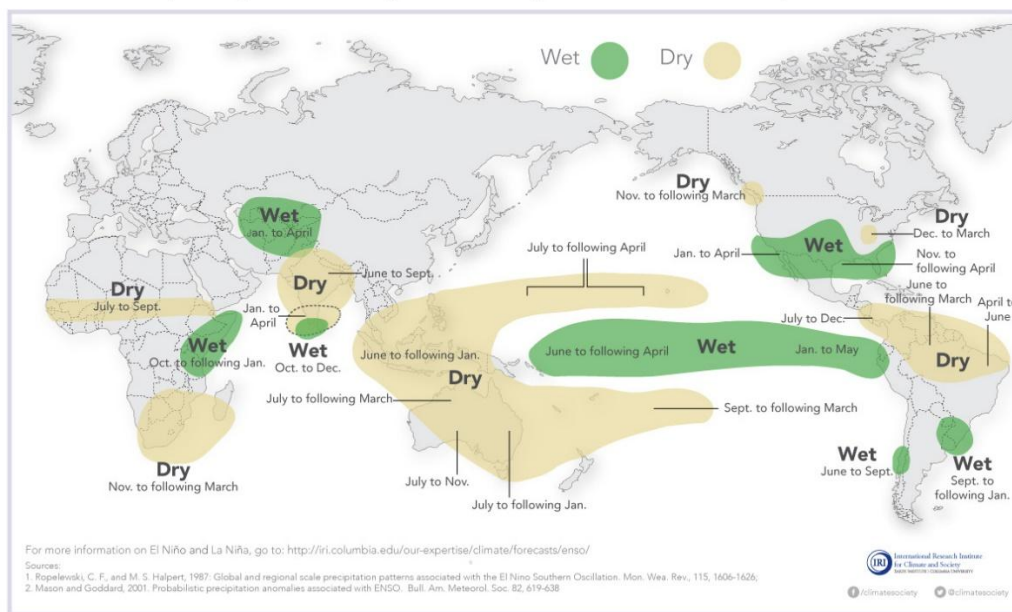
La Niña conditions in the tropical Pacific are known to shift rainfall patterns in many different parts of the world. Although they vary somewhat from one La Niña to the next, the strongest shifts remain fairly consistent in the regions and seasons shown on the map below.



A

### El Niño and Rainfall

El Niño conditions in the tropical Pacific are known to shift rainfall patterns in many different parts of the world. Although they vary somewhat from one El Niño to the next, the strongest shifts remain fairly consistent in the regions and seasons shown on the map below.



B

FIGURA 4. Patrones generales de teleconexiones climatológicas a escalas globales de: A) La Niña; y B) El Niño. Fuente: <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/how-enso-leads-cascade-global-impacts> (accedido: 9 de mayo de 2023).

**Impactos neutrales en la temperatura global:** El impacto general de una condición de ENSO neutral en las temperaturas globales es relativamente pequeño en comparación con los eventos de El Niño y La Niña. Sin embargo, todavía puede tener algunos impactos locales en los patrones de temperatura y precipitación en ciertas regiones.

**Menor actividad de huracanes en el Atlántico:** una condición ENSO neutral tiende a conducir a una menor actividad de huracanes en el Atlántico en comparación con los eventos de La Niña, ya que este último puede crear condiciones atmosféricas más favorables para la formación e intensificación de huracanes.

**Impactos en los ecosistemas marinos:** una condición ENSO neutral aún puede tener algunos impactos en los ecosistemas marinos de algunas regiones del planeta, como alterar los patrones de distribución y abundancia de algunas especies marinas. Sin embargo, los impactos son generalmente menos severos que durante los eventos de El Niño y La Niña.

La Figura 3c ilustra la configuración de la Circulación Walker durante las condiciones de desarrollo fuerte de El Niño. Un evento fuerte de El Niño es una fase particularmente intensa del patrón climático del ENSO, que se caracteriza por temperaturas de la superficie del mar más cálidas que el promedio en el Océano Pacífico tropical oriental y central. Durante los eventos fuertes de El Niño, la circulación de Walker se debilita o incluso se invierte (Figura 3c), lo que provoca una reducción de los vientos alisios y cambios en la presión atmosférica y los patrones de lluvia. Esto puede conducir a la acumulación de agua tibia en el Pacífico central y oriental, y cambios en los patrones climáticos en todo el mundo. Estas son algunas de las características clave de un El Niño fuerte:

**Temperaturas oceánicas más cálidas:** Las temperaturas oceánicas en el Océano Pacífico tropical oriental y central pueden estar hasta 2-3°C por encima del promedio durante un fuerte evento de El Niño, que puede tener un impacto significativo en los patrones climáticos globales. En ocasiones, algunas zonas dentro de la región de El Niño 1+2 han alcanzado a veces temperaturas de +4 a +6°C por encima del promedio, con impactos muy significativos.

**Cambios en la circulación atmosférica:** Durante un El Niño fuerte, los patrones de circulación atmosférica en todo el mundo se ven significativamente afectados, lo que lleva a cambios en los patrones de lluvia, temperatura y viento, aun cuando las relaciones entre El Niño y esas variaciones en los patrones climáticos no sea una lineal, ya que muchos otros factores regionales pueden afectar el clima. Pero, por ejemplo, partes de América del Sur, incluidos Perú y Ecuador, pueden experimentar fuertes lluvias e inundaciones durante El Niño, mientras que las regiones del sudeste asiático y el Caribe pueden experimentar condiciones de sequía. De nuevo, los patrones de teleconexiones globales de El Niño (Figura 4b) generalmente implican un clima cálido y seco en el Caribe y el norte de América del Sur, pero esto puede ser variable en función de la estacionalidad, el grado de desarrollo e intensidad de El Niño y posibles factores geográficos locales.

**Eventos climáticos extremos más frecuentes y severos:** Los eventos fuertes de El Niño pueden aumentar la frecuencia y la gravedad de los eventos climáticos extremos, como inundaciones, sequías, huracanes e incendios forestales en diversas regiones del mundo.

**Impactos en la agricultura y la seguridad alimentaria:** Los impactos de El Niño en la agricultura y la seguridad alimentaria, incluyendo en la productividad de las pesquerías marinas, pueden ser igualmente

significativos, ya que los cambios en los patrones climáticos pueden provocar malas cosechas, pérdidas de ganado y rendimientos reducidos en las pesquerías.

**Cambios en los ecosistemas oceánicos:** los eventos fuertes de El Niño pueden tener impactos significativos en los ecosistemas oceánicos, incluidos cambios en la distribución de algunas especies marinas, reducción de la productividad del plancton, en el rendimiento de las pesquerías y aumento de los eventos de blanqueamiento de corales.

**Impactos en la temperatura global:** Durante un El Niño fuerte, las temperaturas globales tienden a ser más altas que el promedio, ya que la liberación de calor del Océano Pacífico tropical puede conducir a un aumento temporal del calentamiento global. El patrón documentado de tendencias de aumentos en la temperatura del mar en el Pacífico tropical oriental y a través del Mar Caribe y el Atlántico tropical sugieren que estamos ante el desarrollo inequívoco de un evento fuerte de El Niño durante el resto del 2023, con consecuencias potencialmente significativas para la región del Caribe y Puerto Rico.

Comprender las características de un fuerte evento de El Niño es importante para predecir y gestionar sus impactos en varios sectores y regiones del mundo.

## IV. Evidencia documental de los patrones de calentamiento del mar

El informe más reciente sobre la dinámica de El Niño indica que **La Niña terminó, el sistema está en condiciones ENSO-neutrales, pero hay una alta probabilidad muy alta de que El Niño se desarrolle durante 2026**. La temperatura superficial del mar a través del Pacífico tropical ya evidencia una tendencia clara de calentamiento.

La Figura 5 ilustra la variación en los patrones espacio-temporales en las anomalías térmicas en las diversas zonas geográficas de El Niño a través del Pacífico tropical (ver Figura 2). Esta sugiere que la zona El Niño 1+2 se registró entre febrero y mayo de 2026 un cambio rápido en la anomalía térmica del mar fluctuando desde  $-1.2^{\circ}\text{C}$  durante el mes de enero hasta alcanzar  $+1.3^{\circ}\text{C}$  durante abril (Figura 5). En tanto, la zona El Niño 3 cambió durante el mismo período de  $-0.4$  a  $+0.6^{\circ}\text{C}$ . La zona El Niño 3.4 cambió de  $-1.0^{\circ}\text{C}$  en enero de 2026 a  $+0.4^{\circ}\text{C}$  en mayo, mientras que la zona 4 cambió de  $-0.3^{\circ}\text{C}$  en marzo a  $+0.5^{\circ}\text{C}$  en mayo. Esto sugiere una transición gradual y sostenida hacia una neutralidad efímera en todo el Pacífico tropical y eventualmente hacia el desarrollo gradual de condiciones de El Niño a partir del verano de 2026.

La Figura 6a presenta una zona que se extiende por unos 6,000 km desde América del Sur a través del Pacífico tropical con aguas superficiales mostrando anomalías térmicas de  $+1$  a  $+3^{\circ}\text{C}$ , evidenciando la formación gradual de el fenómeno de El Niño. La Figura 6b evidencia que el Pacífico tropical ha alcanzado en los últimos meses una anomalía térmica de hasta  $+2.3^{\circ}\text{C}$ , condiciones conducentes al desarrollo de El Niño. La Figura 6c sugiere anomalías superiores a  $+6^{\circ}\text{C}$  en un lente de agua muy extenso entre 60 y 160 m de profundidad, así como de  $+4$  a  $+6^{\circ}\text{C}$  en zonas que se extienden desde la superficie hasta 170 m. Además, existen zonas amplias de anomalías de al menos  $+1$  a  $+2^{\circ}\text{C}$  en la zona El Niño 1+2 que superan los 300 m de profundidad. Igual zonas de temperaturas similares a profundidades de 200 a 250 m a través del Pacífico tropical. Esto es una indicación clara del desarrollo rápido de condiciones conducentes a El Niño.

La evidencia en tiempo real de los patrones de distribución de temperatura en el este al centro del Pacífico tropical muestra una leve anomalía térmica positiva frente a las costas de Perú, Ecuador y Colombia, alcanzando hasta +3.3°C alrededor de las Islas Galápagos (Figura 7). El resto del Pacífico tropical muestra condiciones de neutralidad.

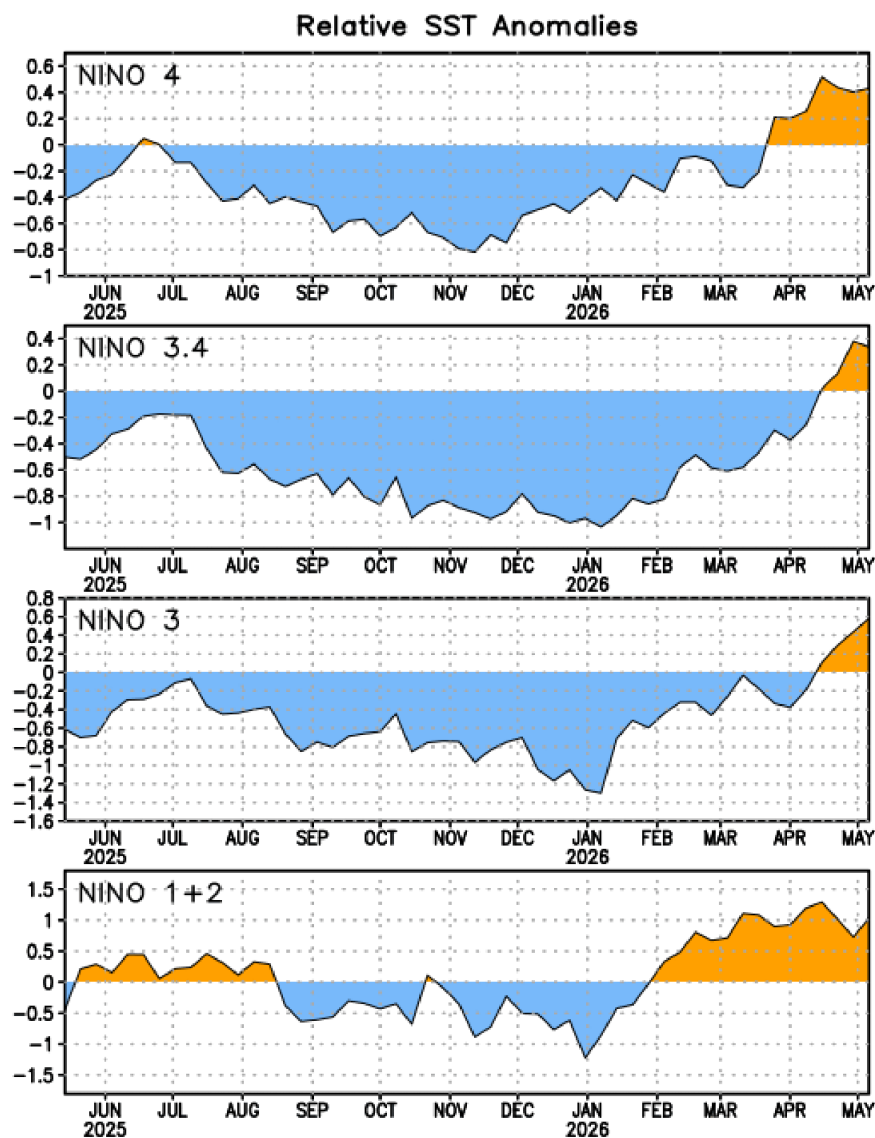


FIGURA 5. Series de tiempo de los promedios de área de las anomalías térmicas (°C) de las regiones de El Niño en el Océano (Pacífico). Las anomalías se calcularon contra la base histórica de datos de 1991-2020 utilizando los promedios semanales.

[https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/enso\\_advisory/figure02.gif](https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/figure02.gif)

(Accedido: 18 de mayo de 2026).

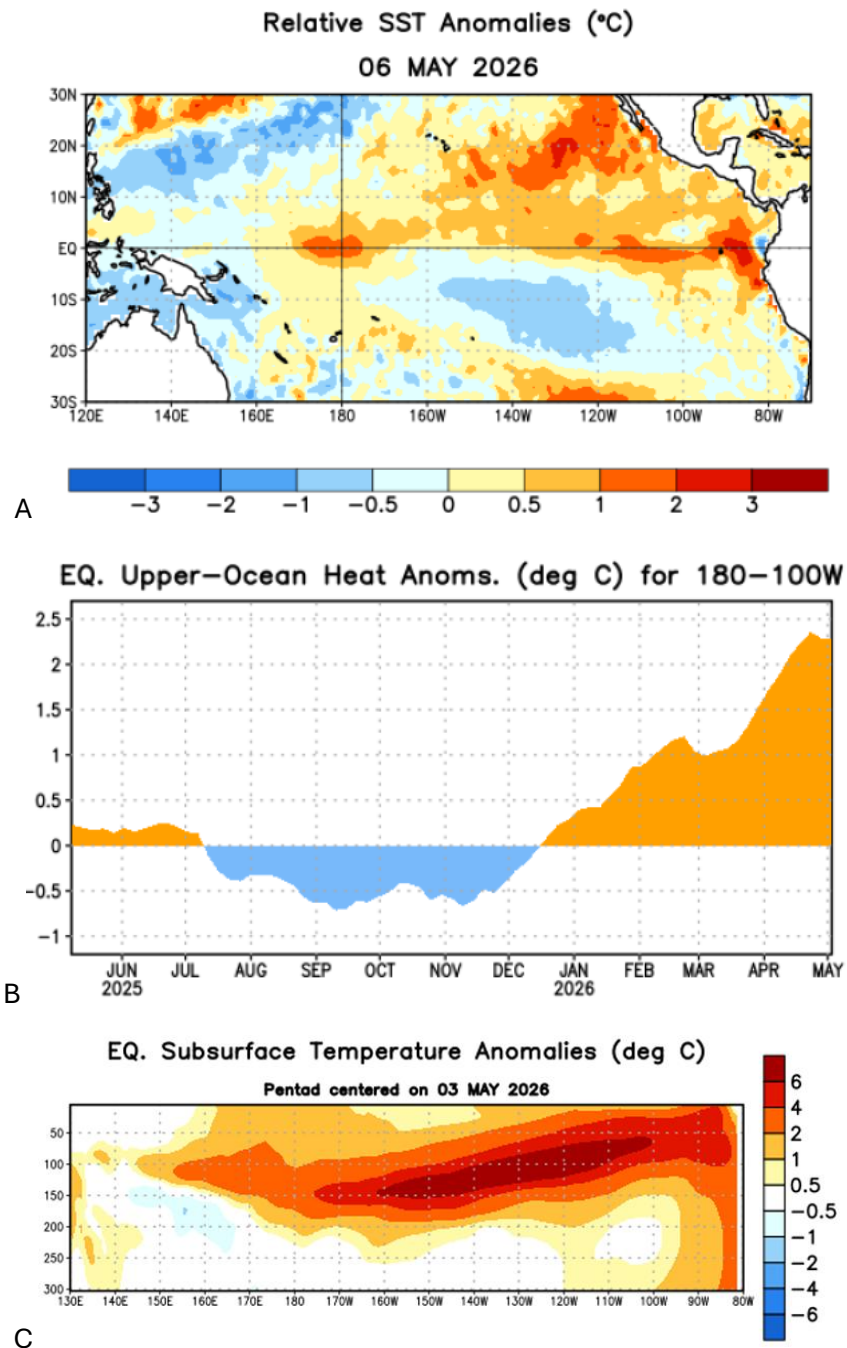


FIGURA 6. A) Anomalías térmicas (°C) en la superficie del mar en el Pacífico Tropical; B) Anomalías térmicas (°C) subsuperficiales (0-300 m) de las regiones de El Niño en el Océano Pacífico; C) Variación longitudinal en las anomalías térmicas (°C) subsuperficiales (0-300 m) de las regiones de El Niño en el Océano Pacífico. Las anomalías se calcularon contra la base histórica de datos de 1991-2020 utilizando los promedios semanales. Fuente: [https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/enso\\_advisory/](https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/) (Accedido: 18 de mayo de 2026).

La evidencia en tiempo real de los patrones de distribución de temperatura en el este al centro del Pacífico tropical mostraba durante octubre de 2025 la influencia de aguas con anomalías negativas (hasta  $-1.6^{\circ}\text{C}$  o mayores) dominaba el resto del Pacífico tropical y subtropical, mostrando condiciones que fluctuaban entre la neutralidad y el desarrollo leve de un fenómeno de La Niña (Figura 7b). Sin embargo, durante mediados de mayo de 2026 se observaba una anomalía térmica positiva significativa frente a las costas de Perú, Ecuador y Colombia (zona El Niño 1+2), alcanzando hasta  $+3.9^{\circ}\text{C}$  y alrededor de las Islas Galápagos (Figura 7b). Esto evidencia una transición rápida hacia condiciones de El Niño.

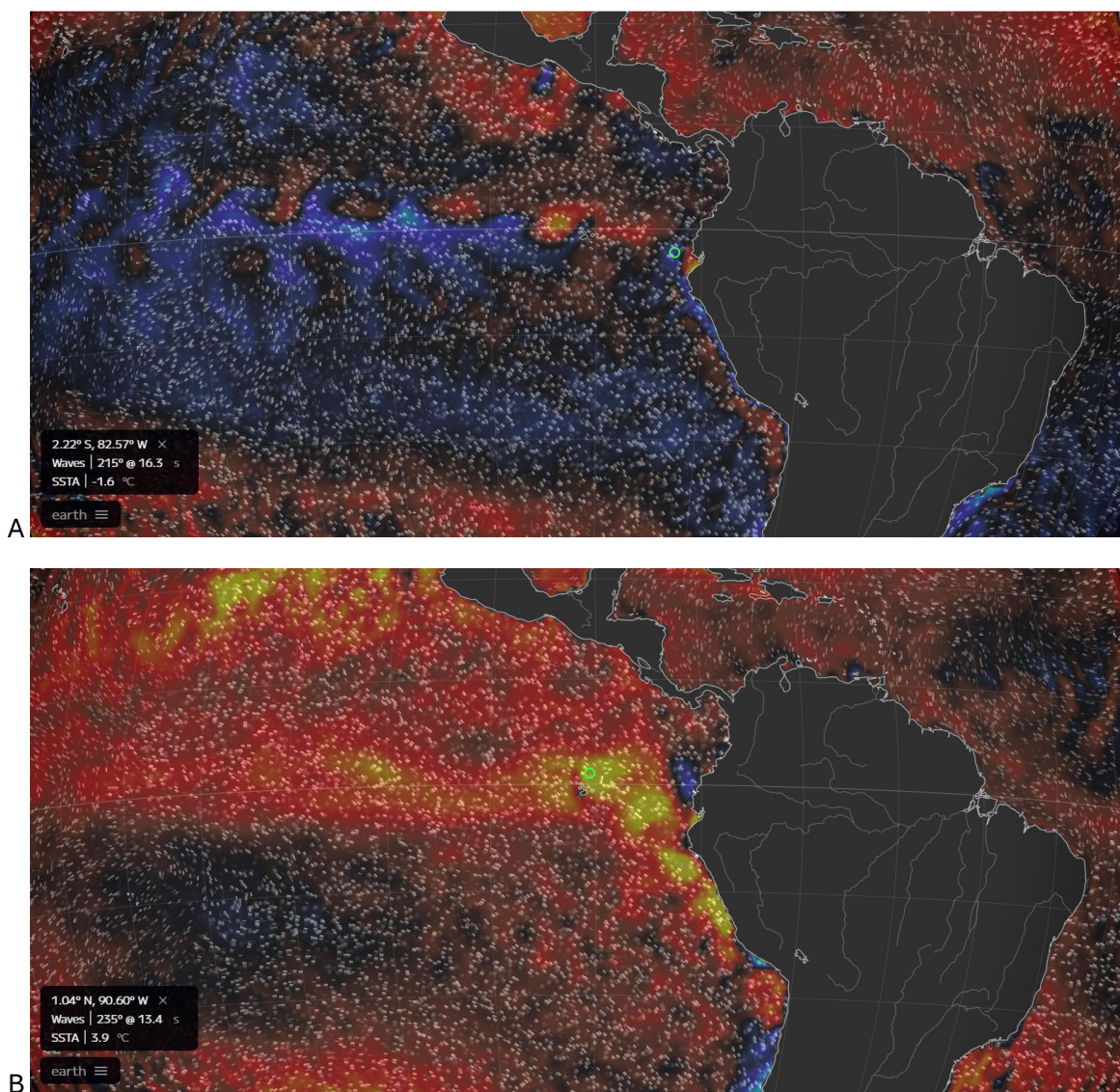


FIGURA 1. Imagen en tiempo real de las anomalías térmicas de la superficie del mar en zona este del Pacífico tropical, en la costa oeste de Sur América. Accedido: A) 1 de noviembre de 2025; B) 13 de mayo de 2026. Fuente: [https://earth.nullschool.net/#current/ocean/primary/waves/overlay=sea\\_surface\\_temp\\_anomaly/orthographic=-91.89,-4.38,894/loc=-83.649,-2.865](https://earth.nullschool.net/#current/ocean/primary/waves/overlay=sea_surface_temp_anomaly/orthographic=-91.89,-4.38,894/loc=-83.649,-2.865)

Un análisis similar de los patrones en tiempo real de las temperaturas del mar evidenciaba durante octubre de 2025 que en la zona del Golfo de México y el Caribe se observaban anomalías superiores de +1.0 a +1.5°C (Figura 8a), con extensas zonas a través del centro del Caribe en donde en aquel momento se habían neutralizado totalmente las anomalías térmicas positivas debido al efecto de enfriamiento generado por el Huracán Melissa de categoría 5 durante el mes de octubre. Sin embargo, en mayo de 2026 se aprecia ya una anomalía térmica positiva generalizada a través del Golfo de México entre +0.5 y +3°C, y de neutralidad a +1.0°C a través de la mayoría del resto del Caribe (Figura 8b).

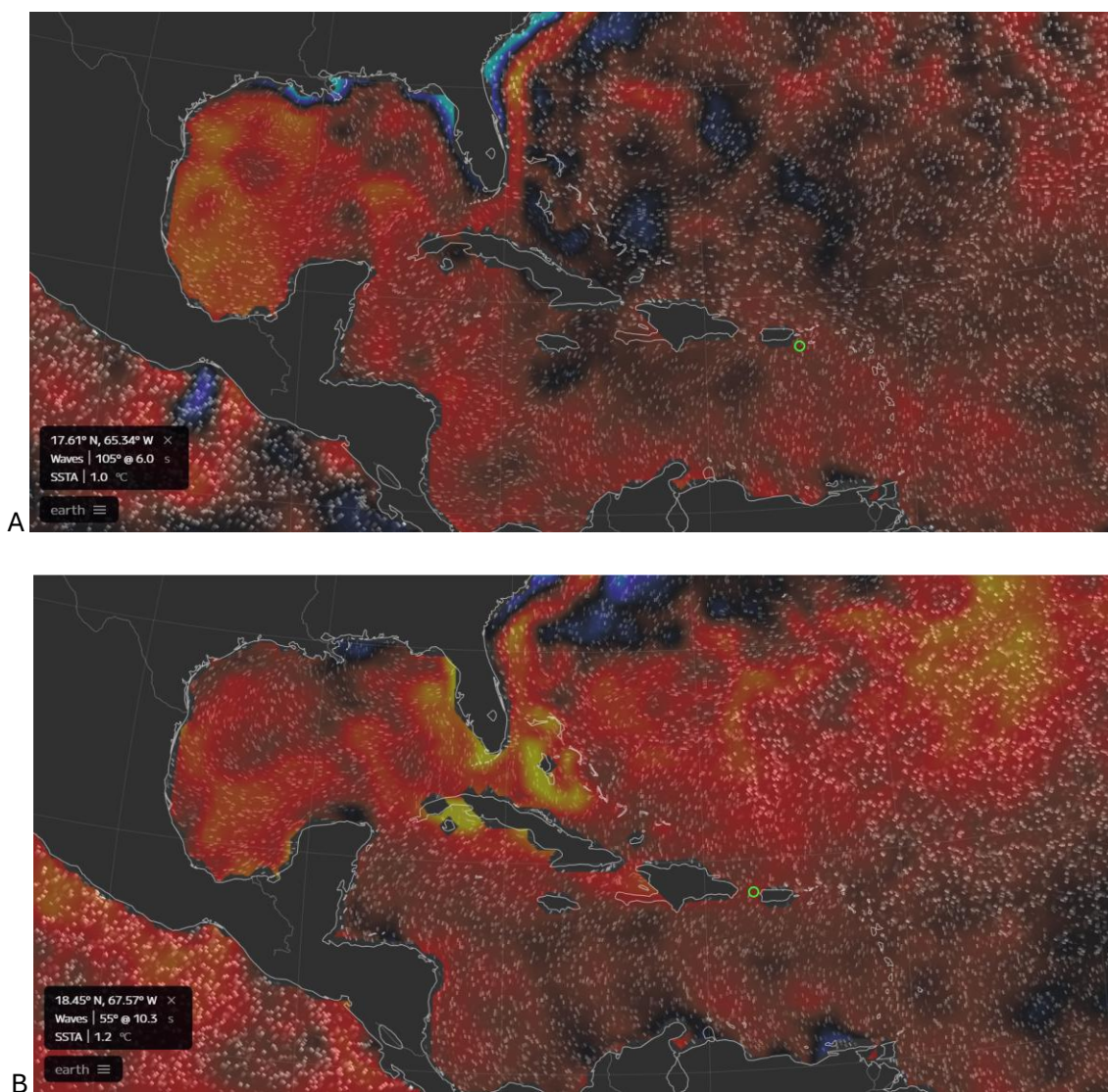


FIGURA 2. Imagen en tiempo real de las anomalías térmicas de la superficie del mar en zona del Caribe. Accedido: A) 1 de noviembre de 2025; B) 13 de mayo de 2026. Fuente: [https://earth.nullschool.net/#current/ocean/primary/waves/overlay=sea\\_surface\\_temp\\_anomaly/orthographic=-76.54,19.90,1797/loc=-65.389,18.208](https://earth.nullschool.net/#current/ocean/primary/waves/overlay=sea_surface_temp_anomaly/orthographic=-76.54,19.90,1797/loc=-65.389,18.208)

A mediados de octubre de 2025 las temperaturas superficiales del mar en el este del Pacífico oscilaban entre 20 y 27°C, con apenas algunas zonas al oeste de México alcanzando 28 a 30°C (Figura 9a). Entonces, el Caribe centroamericano aun sostenía temperaturas de 29 a 30°C. Sin embargo, en mayo de 2026 el este del Pacífico presenta temperaturas superficiales de 27 a 31°C, mientras que el Caribe centroamericano muestra ya temperaturas de 28 a 29°C (Figura 9b). Las Figuras 10a y 10b evidencian un contraste muy notable en las anomalías térmicas del este del Pacífico, sugiriendo el desarrollo rápido de condiciones de El Niño en la zona. Además, se observa claramente la extensión espacial de una ola significativa de calor marino al oeste de México y de Baja California.

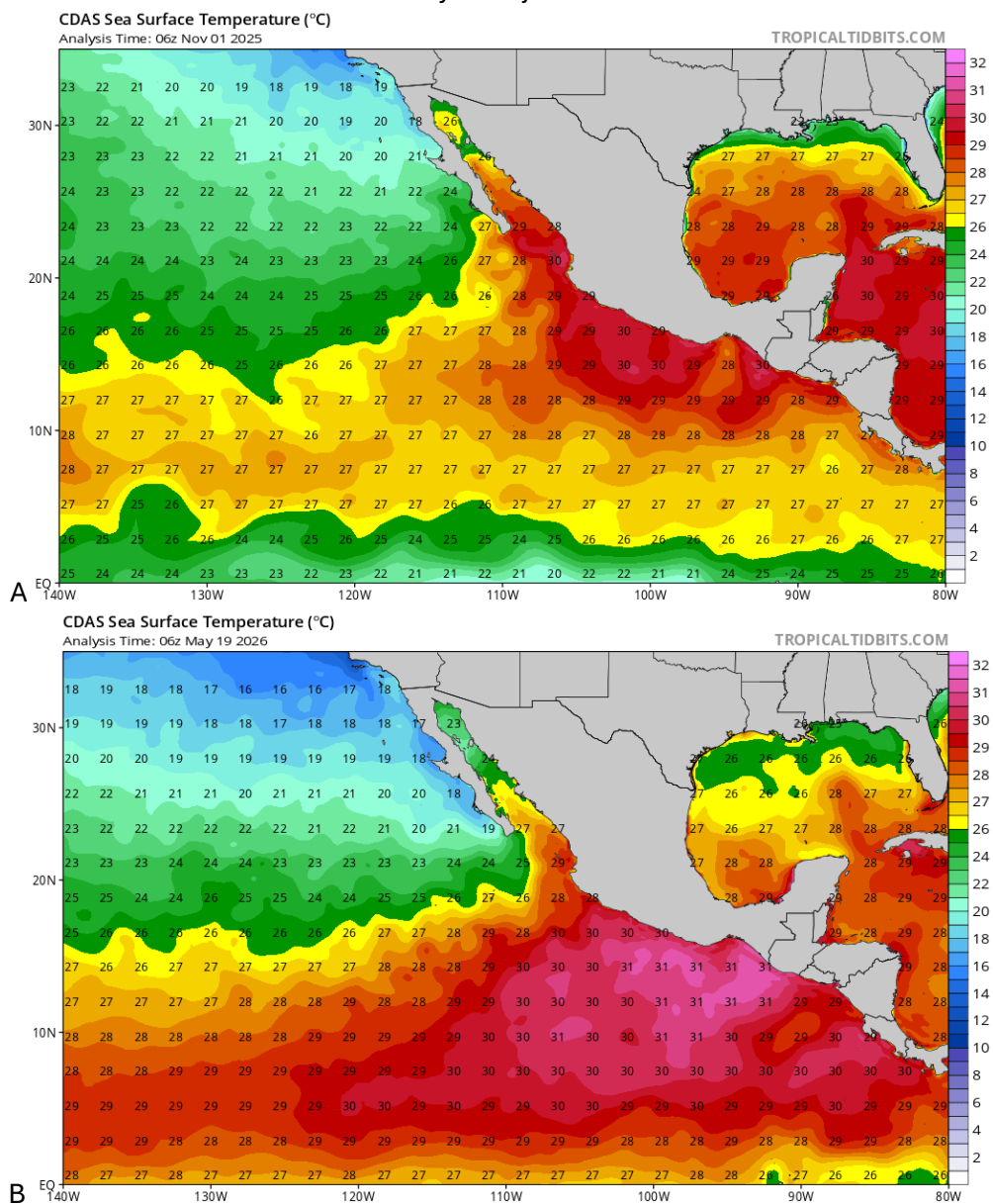


FIGURA 9. Patrones de distribución de temperaturas superficiales del mar en el este del Pacífico tropical. Accedido: A) 1 de noviembre de 2025; B) 19 de mayo de 2026. Fuente: [https://www.tropicaltidbits.com/analysis/ocean/cdas-sflux\\_sst\\_epac\\_1.png](https://www.tropicaltidbits.com/analysis/ocean/cdas-sflux_sst_epac_1.png)

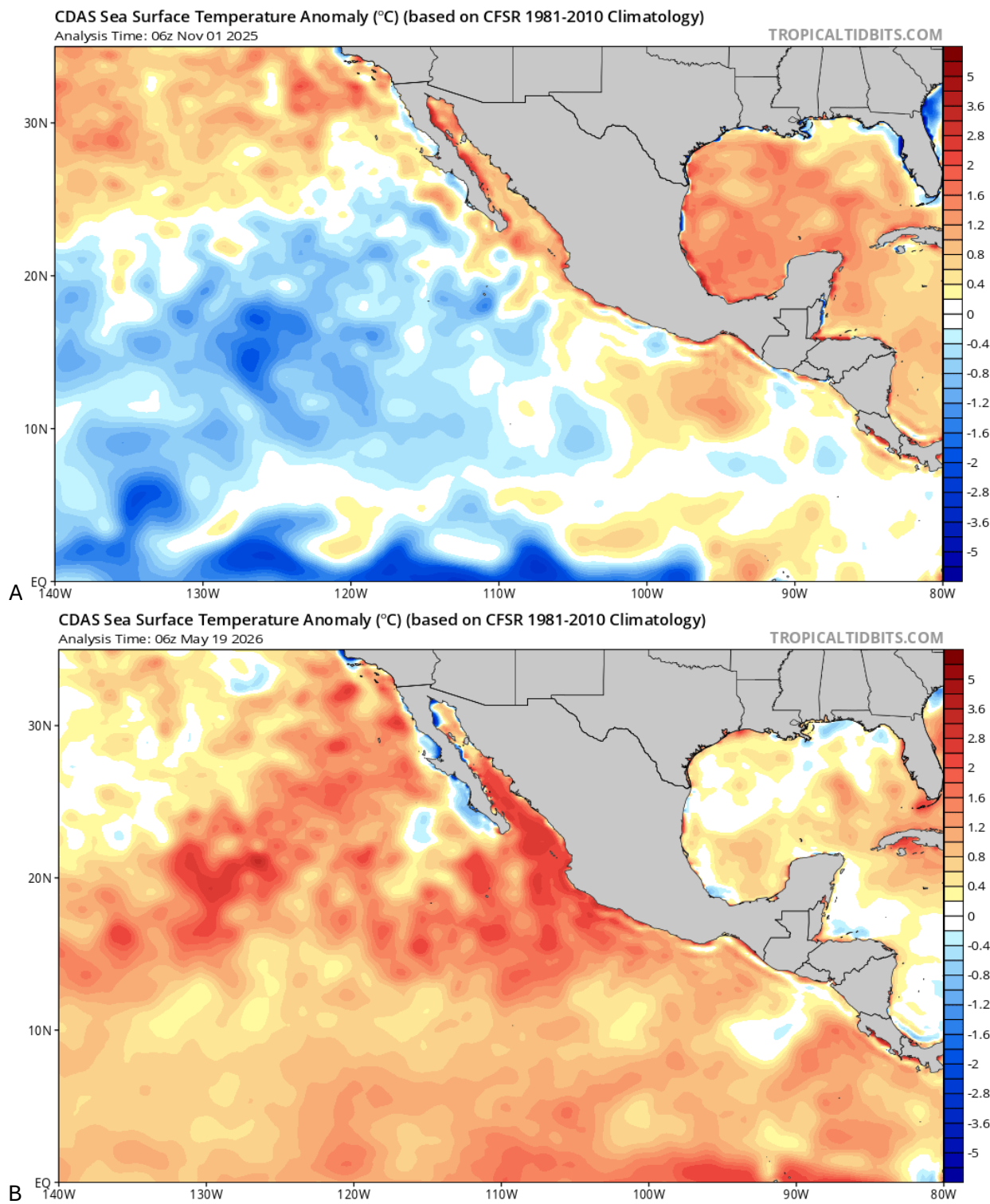


FIGURA 10. Patrones de distribución de las anomalías térmicas en la superficie del mar en el este del Pacífico tropical. Accedido: A) 1 de noviembre de 2025; B) 19 de mayo de 2026. Fuente: [https://www.tropicaltidbits.com/analysis/ocean/cdas-sflux\\_ssta\\_epac\\_1.png](https://www.tropicaltidbits.com/analysis/ocean/cdas-sflux_ssta_epac_1.png)

En la región del Golfo de México y partes del oeste del Caribe existían en octubre de 2025 temperaturas superficiales del mar de 27 a 29°C, mientras que en el resto del Caribe fluctuaban entre 29 y 30°C (Figura 11a). Sin embargo, en mayo de 2026 el Golfo de México aun mantiene temperaturas frescas de 25 a 28°C, mientras que el Caribe se encuentra entre temperaturas de 27 a 29°C, con una pequeña zona al sur de Cuba ya alcanzando 30°C (Figura 11b). Las Figuras 12a y 12b evidencian igualmente un gran contraste entre las anomalías térmicas regionales del Golfo de México y el Caribe entre octubre de 2025 y mayo de 2026. Sin embargo, resulta preocupante la extensión espacial de una extensa ola de calor marino que se extiende desde el centro del Atlántico hacia el oeste del Caribe.

## V. Evidencia documental de olas de calor marino

Una **ola de calor marino** es un período prolongado de temperaturas del agua inusualmente cálidas en una región oceánica específica, usualmente excediendo 1°C o más sobre el promedio histórico en cualquier momento determinado en cualquier localidad. Es un fenómeno natural que puede ocurrir como resultado de varios factores, como los cambios en la circulación del viento y las condiciones atmosféricas, en la circulación de las corrientes oceánicas, y debido la influencia de patrones climáticos como El Niño. Las olas de calor marino pueden tener impactos significativos en los ecosistemas marinos, incluidos los siguientes:

**Cambios en la distribución de algunas especies:** las olas de calor marino pueden hacer que algunas especies marinas cambien su distribución a aguas más frías, lo que puede afectar su supervivencia, reproducción e interacciones con otras especies.

**Blanqueamiento y mortandad de los corales:** las altas temperaturas del agua durante períodos prolongados pueden provocar el blanqueamiento de los corales, un fenómeno en el que los corales expulsan las algas simbióticas que les proporcionan su color vibrante, sus nutrientes, le ayudan en su calcificación y les proporcionan parte del oxígeno que respiran. El blanqueamiento de corales puede tener graves consecuencias para los arrecifes de coral y los diversos ecosistemas que dependen de ellos, sobre todo luego de periodos prolongados de calentamiento, resultado en mortandades masivas de corales, afectando adversamente nuestra economía.

**Floraciones de algas nocivas:** las olas de calor marino también pueden promover el crecimiento de floraciones de algas nocivas (“harmful algal blooms”, o HABs, por sus siglas en inglés) y de cianobacterias, que pueden producir toxinas o acabar con el oxígeno disuelto en el agua que pueden dañar la vida marina y afectar a los seres humanos que consumen mariscos contaminados o que se exponen al contacto con las aguas costeras afectadas.

**Cambios en la productividad de los océanos:** las olas de calor marino pueden afectar la productividad de los océanos al contribuir a alterar la cantidad de nutrientes disponibles y el oxígeno disuelto para los organismos marino al limitar o impedir la mezcla de diversas capas de agua en el mar debido al aumento en la estratificación térmica y por densidad, lo que puede afectar las redes alimentarias y la pesca.

**Impactos socioeconómicos:** las olas de calor marino pueden tener impactos socioeconómicos significativos en las industrias que dependen de los ecosistemas marinos saludables, como la pesca, el turismo y la recreación.

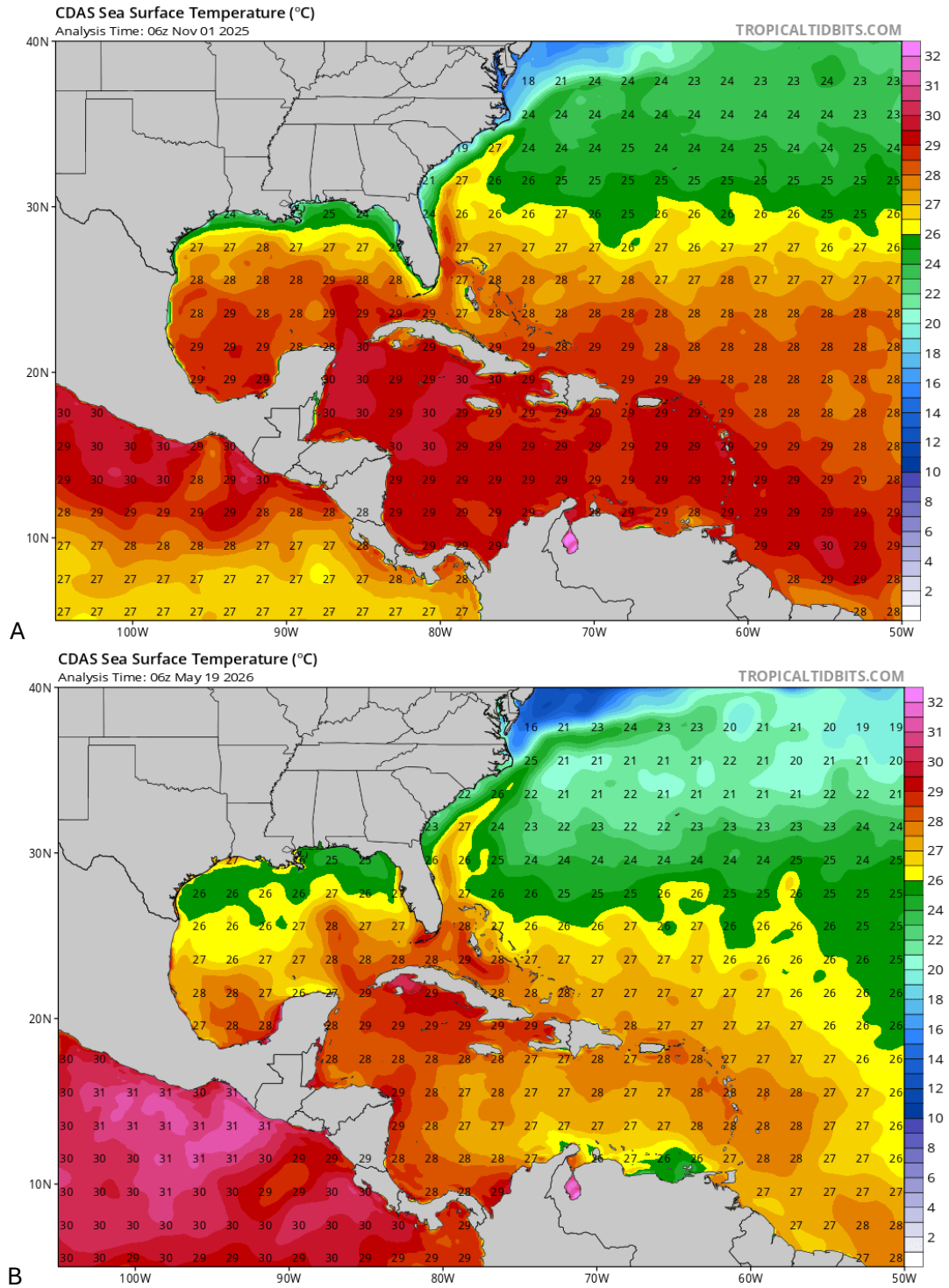


FIGURA 11. Patrones de distribución de temperaturas superficiales del mar a través del Mar Caribe. Accedido: A) 1 de noviembre de 2025; B) 19 de mayo de 2026. Fuente: [https://www.tropicaltidbits.com/analysis/ocean/cdas-sflux\\_sst\\_watl\\_1.png](https://www.tropicaltidbits.com/analysis/ocean/cdas-sflux_sst_watl_1.png)

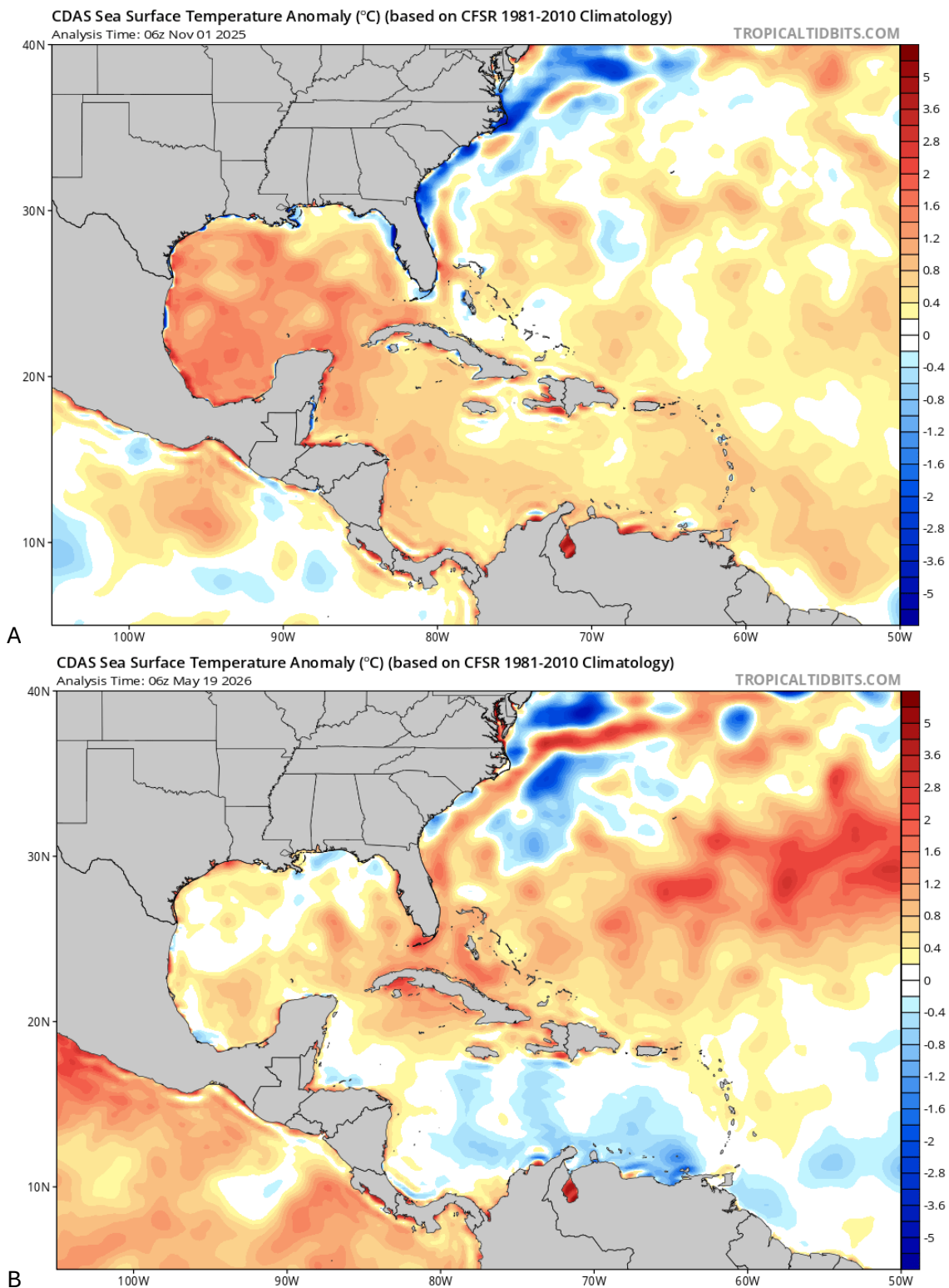


FIGURA 12. Patrones de distribución de las anomalías térmicas en la superficie del mar a través del Mar Caribe. Accedido: A) 1 de noviembre de 2025; B) 19 de mayo de 2026. Fuente: [https://www.tropicaltidbits.com/analysis/ocean/cdas-sflux\\_ssta\\_watl\\_1.png](https://www.tropicaltidbits.com/analysis/ocean/cdas-sflux_ssta_watl_1.png)

Los impactos de las olas de calor marino pueden variar según su intensidad, duración y ubicación. Es fundamental monitorear y estudiar este tipo de fenómenos para comprender mejor sus impactos en los ecosistemas marinos y los servicios que brindan a las comunidades humanas. En toda la región noreste del Caribe, incluyendo a Puerto Rico, nos enfrentamos durante el 2023 y el 2024 a una ola prolongada y significativa de calor marino casi de forma continua, sin haber estado preparados apropiadamente para estudiar su posible impacto. Durante el 2025 se repitió el fenómeno, pero con menor severidad. Pero durante el 2026 desde los primeros meses del año se ha notado el desarrollo gradual de varias zonas significativas de olas de calor marino alrededor del planeta, resultado la más notable la del Pacífico tropical marcando las etapas tempranas del desarrollo rápido del fenómeno de El Niño. Igualmente, destaca la ola de calor marino del Atlántico tropical hacia el oeste del Caribe. Resulta vital comprender mejor sus consecuencias a corto, mediano y largo plazo.

La Figura 13a muestra la extensión espacial a través del este y oeste del Caribe y a través de Puerto Rico de la ola de calor marino de **nivel de alerta 1**, con algunos segmentos de **nivel de alerta 2** durante octubre de 2025, al final del período de mayor calor. El centro del Caribe entonces mostraba una zona neutral generada por el efecto de enfriamiento por el Huracán Melissa (categoría 5). Es destacable la condición de neutralidad o de un fenómeno muy débil de La Niña en el Pacífico tropical. La Figura 13b evidencia en mayo de 2026 una extensa ola de calor marino de **nivel de alerta 1 al 3** desarrollándose desde el centro del Atlántico hacia al Caribe y afectando poco más de la mitad de Puerto Rico. También resulta destacable la extensión espacial de la ola de calor marino en desarrollo en el Pacífico tropical, la cual evidencia el desarrollo acelerado de las condiciones de El Niño.

El Coral Reef Watch Program de NOAA (CRWP) clasifica las olas de calor marino en categorías del 0 al 5, cada una indicando la severidad y el potencial impacto en los corales:

- **Nivel 0: Sin Olas de Calor**

- Temperaturas del agua normales en relación a la climatología regional, sin riesgo para los corales.

- **Nivel 1: Olas de Calor Leves**

- Temperaturas superiores a la media, pero no se espera un impacto significativo en los corales. Este se considera una señal de alerta temprana que sugiere la necesidad de monitoreo continuo de las temperaturas del mar. Este nivel amerita revisar y comenzar a implementar medidas de manejo para mitigación de impactos.

- **Nivel 2: Olas de Calor Moderadas**

- Temperaturas elevadas que pueden comenzar a causar estrés y blanqueamiento en los corales, dependiendo de la duración del evento, especialmente en las especies más sensibles. Este nivel de alerta amerita la implementación inmediata de estrategias de mitigación de impactos del calor.

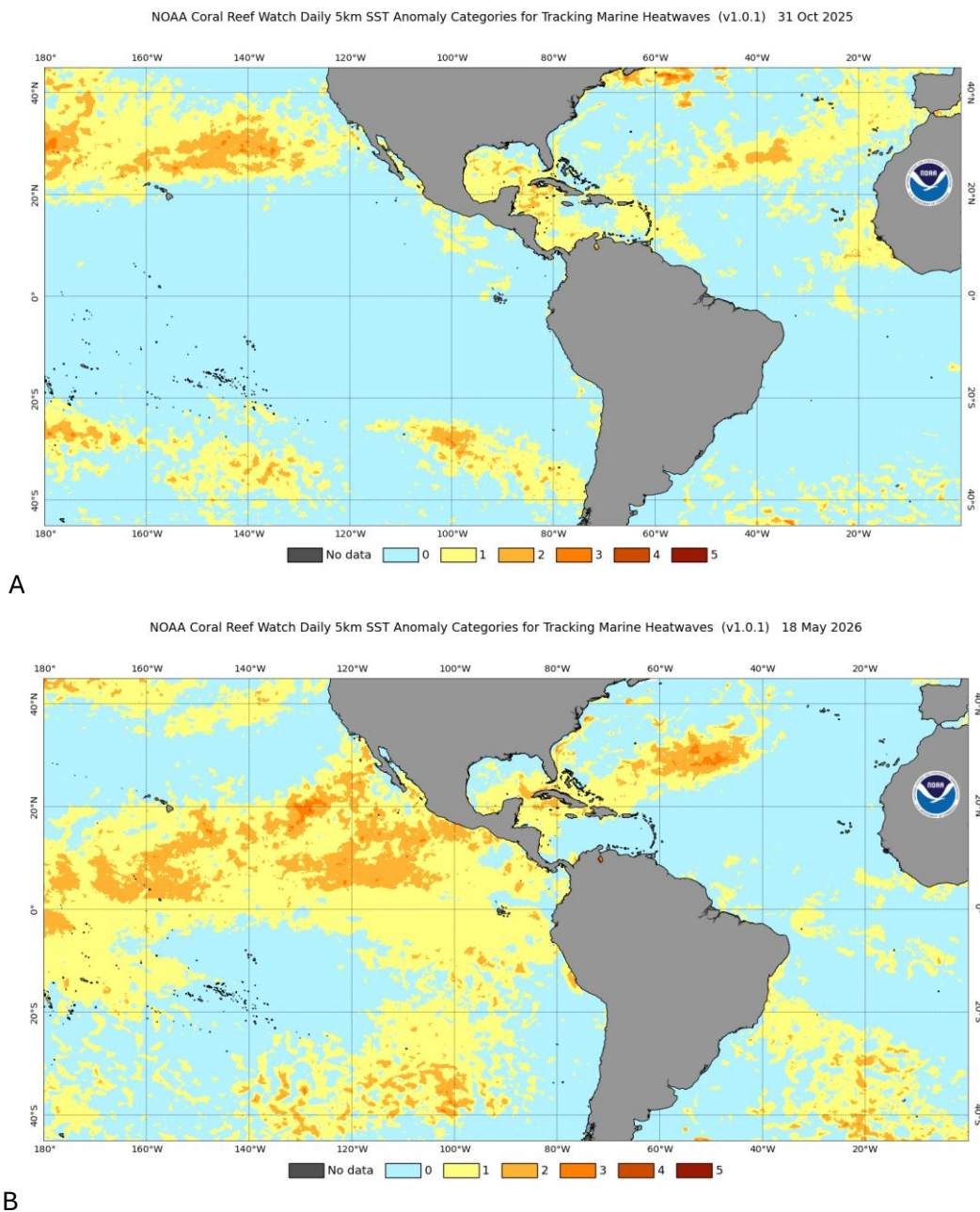


FIGURA 13. Clasificación actual del NOAA Coral Reef Watch Program de la ola de calor marino atravesando la zona del Océano Atlántico. Accedido: A) 1 de noviembre de 2025; B) 19 de mayo de 2026. Fuente: [https://coralreefwatch.noaa.gov/data\\_current/marine\\_heatwave/v1.0.1/daily/png/noaa-crw\\_mhw\\_v1.0.1\\_category\\_west\\_current.png](https://coralreefwatch.noaa.gov/data_current/marine_heatwave/v1.0.1/daily/png/noaa-crw_mhw_v1.0.1_category_west_current.png)

- **Nivel 3: Olas de Calor Fuertes**

- Temperaturas significativamente altas, con un alto riesgo de blanqueamiento coralino, mortalidad de corales y daño a los ecosistemas de coral. Este nivel de alerta amerita la implementación inmediata de estrategias de mitigación de impactos del calor.

- **Nivel 4: Olas de Calor Críticas**
  - Temperaturas extremas que pueden resultar en un blanqueamiento masivo de corales, en gran mortalidad, afectando gravemente la salud de los arrecifes.
  
- **Nivel 5: Olas de Calor Extrema**
  - Temperaturas muy altas que pueden causar la muerte masiva de corales a través de grandes áreas, llevando a un colapso del ecosistema arrecifal.

Estas categorías ayudan a los científicos y gestores del medio ambiente a monitorear y responder a los cambios en la temperatura del mar, lo que es crucial para la conservación de los ecosistemas de coral. También, el monitoreo continuo de la progresión espacial y temporal de las olas de calor marino a través de las diversas estaciones del año resulta vital para poder anticipar los posibles riesgos de exposición a estrés fisiológico prolongado de los corales y su pre-disposición al blanqueamiento y mortandad durante los períodos de mayor temperatura durante el verano tardío y el otoño.

La Figura 14a muestra un detalle del **nivel de alerta 1** de la ola de calor marino que predominaba en octubre de 2025 a través del oeste del Atlántico subtropical, incluyendo a Puerto Rico, de toda la parte oeste-noroeste del Caribe y el Golfo de México, con algunas zonas bajo **nivel de alerta 2**. La Figura 14b muestra el desarrollo y extensión gradual de dicha ola en mayo de 2026, la cual ya comienza a afectar gran parte de las aguas al norte, oeste y este de Puerto Rico.

La Figura 15a muestra que todas las aguas alrededor de la isla se encontraban en octubre de 2025 bajo una ola de calor marino de **nivel de alerta 1**, o de carácter leve, condición suficiente para generar un riesgo significativo de blanqueamiento de corales. De forma preocupante, a mediados de mayo de 2026 ya aproximadamente el 80% de las aguas alrededor de Puerto Rico se encuentran ya afectadas por el desarrollo y expansión de otra ola de calor marino de **nivel de alerta 1**, comenzando nuevamente temprano en el año el potencial riesgo de condiciones de blanqueamiento para los corales en Puerto Rico y a través de algunas zonas del Caribe.

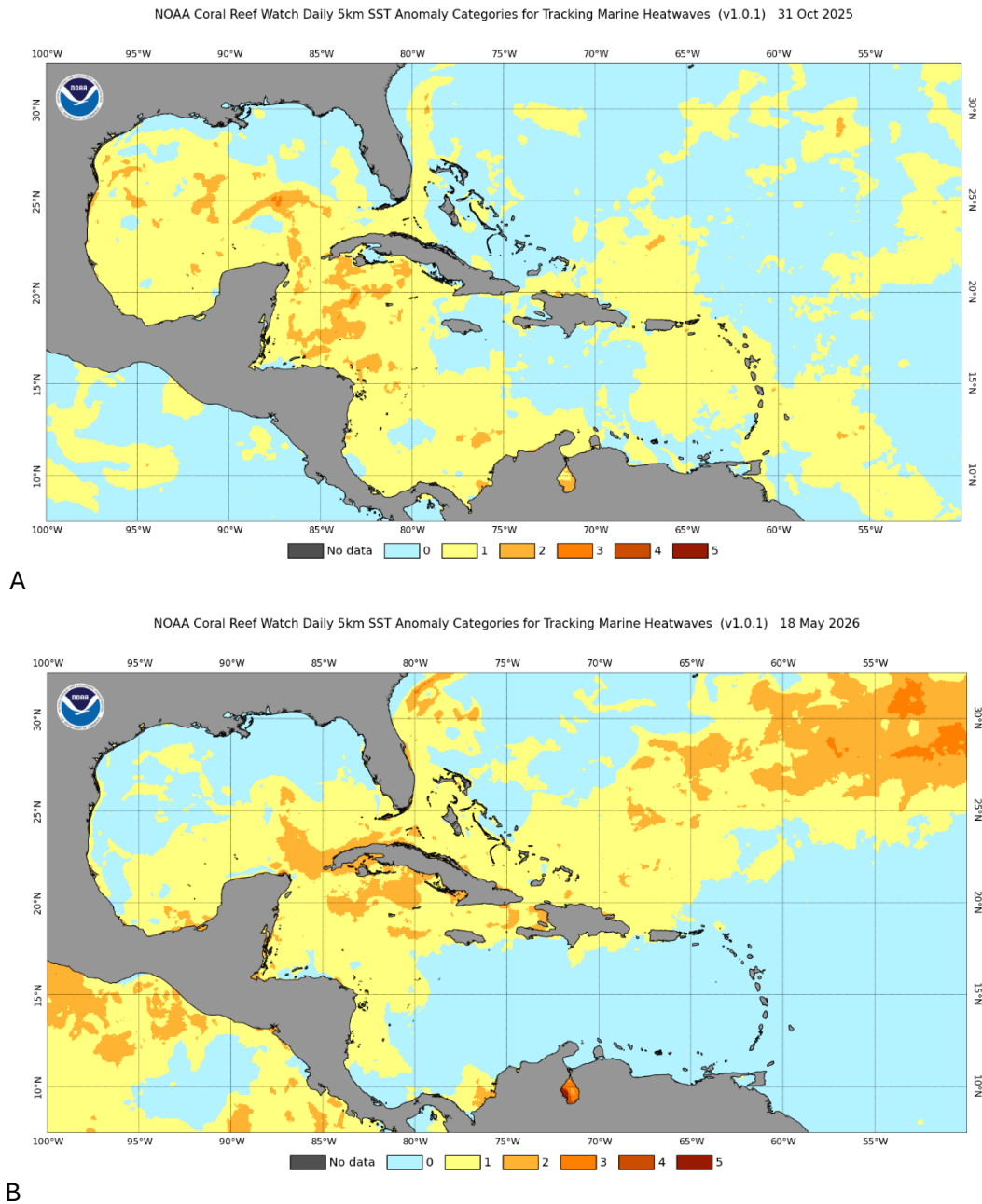


FIGURA 14. Clasificación actual del NOAA Coral Reef Watch Program de la ola de calor marino atravesando la zona del Caribe. Accedido: A) 1 de noviembre de 2025; B) 19 de mayo de 2026. Fuente: [https://coralreefwatch.noaa.gov/data\\_current/marine\\_heatwave/v1.0.1/daily/png/noaa-crw\\_mhw\\_v1.0.1\\_category\\_caribbean\\_current.png](https://coralreefwatch.noaa.gov/data_current/marine_heatwave/v1.0.1/daily/png/noaa-crw_mhw_v1.0.1_category_caribbean_current.png)

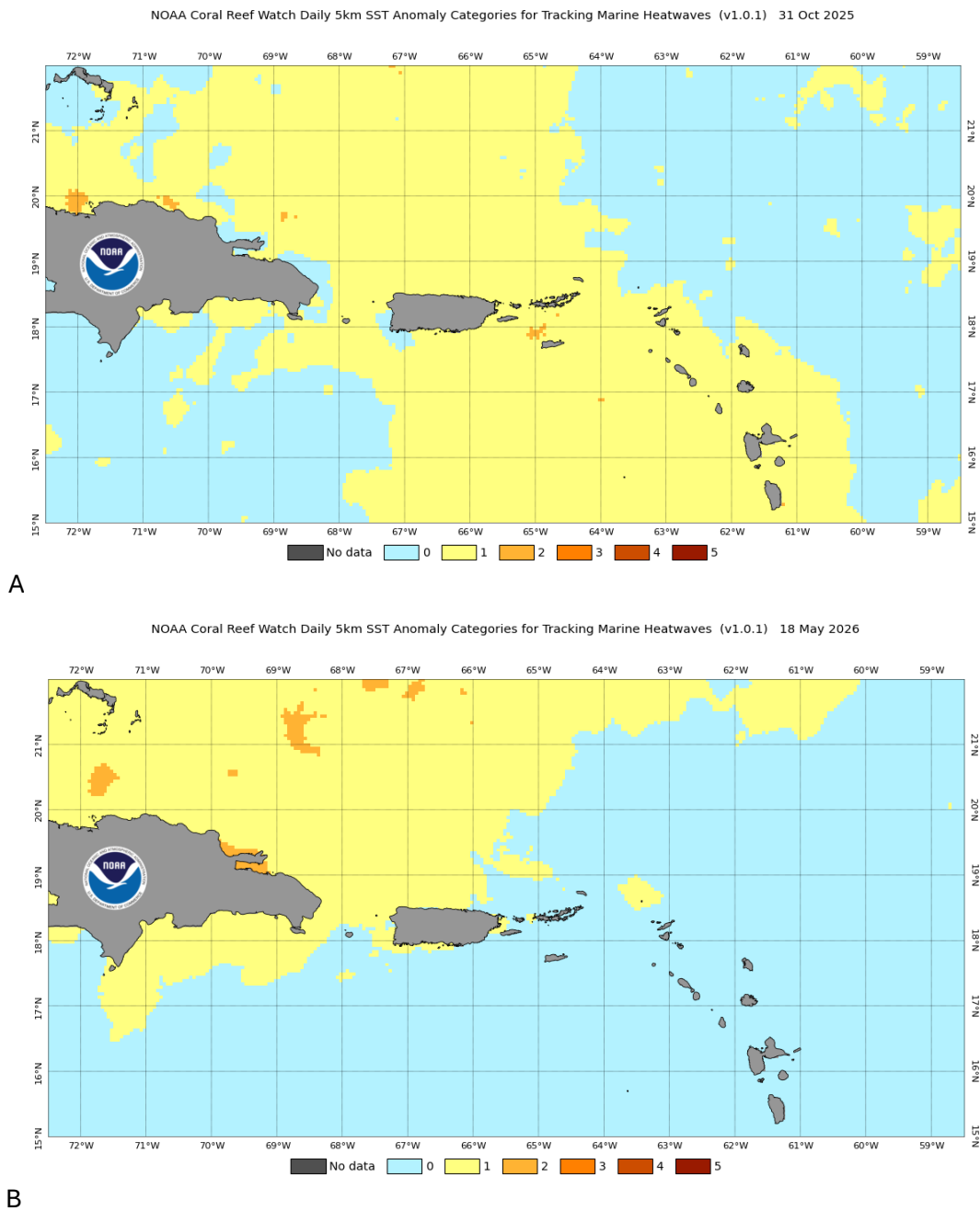


FIGURA 15. Clasificación actual del NOAA Coral Reef Watch Program de la ola de calor marino atravesando la zona de Puerto Rico. Accedido: A) 1 de noviembre de 2025; B) 19 de mayo de 2026. Fuente: [https://coralreefwatch.noaa.gov/data\\_current/marine\\_heatwave/v1.0.1/daily/png/noaa-crw\\_mhw\\_v1.0.1\\_category\\_prusvi\\_current.png](https://coralreefwatch.noaa.gov/data_current/marine_heatwave/v1.0.1/daily/png/noaa-crw_mhw_v1.0.1_category_prusvi_current.png)

## VI. La evolución rápida de El Niño durante el 2026: Implicaciones para las olas de calor marino del Caribe y el blanqueamiento de corales

El desarrollo de El Niño 2026 podría actuar como un **amplificador climático** de la ola de calor marino que ya se observa en el Atlántico occidental y el Caribe, especialmente si el calentamiento del Pacífico se acopla bien con la atmósfera durante verano–otoño. No sería la única causa, porque el Atlántico ya viene con un “trasfondo térmico” elevado, pero sí podría aumentar la **persistencia, intensidad y expansión espacial** del evento. Al 14 de mayo de 2026, NOAA mantenía una **Vigilancia de El Niño** e indica que probablemente emerja pronto, con **82% de probabilidad para mayo–julio de 2026** y **96% de probabilidad de continuar durante diciembre 2026–febrero 2027**. También advierte que todavía hay incertidumbre sobre la intensidad máxima del evento.

El mayor riesgo es que El Niño se desarrolle sobre un Atlántico que ya está anormalmente cálido. En marzo de 2026, Mercator/Copernicus reportó que el océano global tuvo el **segundo marzo más cálido registrado**, que el Atlántico Norte estuvo por encima del promedio en gran parte de su extensión, y que se alcanzaron temperaturas récord en la región subtropical desde el Caribe hacia el centro de la cuenca. Eso significa que el sistema ya parte desde una línea base alta. Si El Niño añade condiciones atmosféricas favorables para menor enfriamiento superficial, la ola de calor marino podría expandirse más fácilmente desde focos regionales hacia una señal más amplia en el **Mar Caribe, Bahamas, Antillas Mayores, Golfo de México y Atlántico subtropical occidental**.

Existen varios mecanismos por los cuales El Niño puede intensificar la ola de calor regional del Caribe. Primero, El Niño puede alterar la **circulación atmosférica tropical**. En el Atlántico y el Caribe, esto puede traducirse en cambios en los vientos alisios, nubosidad, evaporación y mezcla vertical. Si los vientos se debilitan regionalmente, hay menos mezcla de aguas superficiales con aguas más frías de profundidad y menos enfriamiento por evaporación. El resultado es una capa superficial más estable y más cálida.

Segundo, El Niño puede favorecer una reorganización de los **patrones de lluvia y convección tropical**. En algunas fases, esto puede modificar la cobertura de nubes y la radiación solar que llega al océano. Si hay periodos de cielos más despejados sobre sectores del Caribe, aumenta el calentamiento superficial.

Tercero, el efecto de El Niño no necesariamente aparece de forma instantánea en el Caribe. El Coral Reef Watch Program de NOAA (CRWP) ha señalado que, históricamente, el calentamiento de blanqueamiento en el **Atlántico occidental/Golfo/Caribe** suele observarse más comúnmente en el **año posterior al inicio de un El Niño**; durante el evento 1997–1998, el estrés térmico más alto en el Golfo y Caribe culminó entre **julio y octubre de 1998**. Por eso, el riesgo no debe evaluarse solo para las próximas semanas. El periodo crítico sería **verano–otoño de 2026**, con posible persistencia o efectos acumulados hacia finales de 2026 e incluso 2027, dependiendo de la evolución del ENSO.

Estas condiciones presuponen un incremento notable en el riesgo ecológico para los arrecifes de coral y otros ecosistemas marinos. Para los arrecifes de coral, el peligro no es solo la temperatura máxima, sino la **duración acumulada del estrés térmico**. El indicador clave es el **Degree Heating Weeks, DHW**, que combina intensidad y duración del calor sobre el umbral de blanqueamiento. Un DHW de 4 ya se asocia con blanqueamiento sustancial, mientras que valores sobre 8 indican alta probabilidad de blanqueamiento severo y mortalidad de especies sensibles.

Si la ola de calor marina se intensifica temprano en la temporada, los corales entrarían al pico térmico del verano con estrés acumulado. Eso aumentaría el riesgo de:

- blanqueamiento coralino más temprano;
- mortalidad en colonias restauradas y silvestres;
- pérdida de tejido vivo en especies sensibles como *Acropora palmata* y *A. cervicornis*;
- mayor susceptibilidad a enfermedades;
- reducción de crecimiento, reproducción y reclutamiento;
- cambios en composición bentónica, con ventaja para las macroalgas, cianobacterias u organismos oportunistas.

La NOAA también documenta que las olas de calor marinas pueden afectar el metabolismo, crecimiento, salud, supervivencia y distribución de especies, y que organismos con poca capacidad de desplazamiento, como los corales y las hierbas marinas, son particularmente vulnerables.

Para el Caribe, el pronóstico del posible impacto de EL Niño durante el 2026 no es alentador. **El Niño podría convertir una anomalía cálida regional en un evento de estrés térmico más persistente, amplio y ecológicamente peligroso.** El riesgo aumenta porque el Atlántico ya muestra calor acumulado, y porque las olas de calor marino no necesitan ser extremadamente intensas por pocos días; pueden ser devastadoras si se mantienen varias semanas o meses.

El escenario más preocupante sería una combinación de:

1. Atlántico tropical y Caribe ya cálidos antes del verano;
2. desarrollo rápido de El Niño durante mayo–julio de 2026;
3. debilitamiento regional de vientos o menor mezcla superficial;
4. baja frecuencia de eventos de enfriamiento, como tormentas que mezclen la columna de agua;
5. acumulación progresiva de DHW desde temprano en la temporada.

En ese escenario, la ola de calor podría expandirse espacialmente desde el Atlántico tropical o subtropical hacia el Caribe insular, y no quedarse como parches aislados. También podría aumentar la probabilidad de que el calor superficial penetre más en la columna de agua somera, incrementando el **contenido de calor oceánico**, afectando arrecifes, praderas de hierbas marinas, manglares, lagunas arrecifales y zonas de restauración coralina.

En síntesis, el desarrollo de El Niño representa un **factor de alto riesgo** para la intensificación de la ola de calor marino en el Atlántico occidental y el Caribe, pero no de forma aislada. Su impacto dependerá de cuán fuerte sea el acoplamiento océano–atmósfera, cómo evolucionen los vientos alisios y la nubosidad, y si la región recibe eventos de mezcla o enfriamiento durante el verano.

Dicho de forma más directa: **si El Niño se consolida mientras el Atlántico permanece anormalmente cálido, el Caribe podría enfrentar una temporada de estrés térmico marino más extensa, con mayor probabilidad de blanqueamiento coralino severo y efectos ecológicos acumulativos, potencialmente parecidos a los eventos de 2023 y 2024.**

## VII. Patrones globales de la temperatura del mar y la dinámica de El Niño

El índice del Sistema de Asimilación de Datos Climáticos o el “Climate Data Assimilation System” (CDAS, por sus siglas en inglés) para la región de El Niño 1+2 en el Pacífico tropical justo al oeste de América del Sur para las primeras dos semanas de mayo de 2026 mostró una tendencia de incremento notable de condiciones conducentes a El Niño, con una anomalía térmica de +1.86°C (Figura 16).

El índice CDAS es una medida comúnmente utilizada de la fuerza del patrón climático de la circulación del ENSO. Se calcula con base en las anomalías de la temperatura superficial del mar en la región Niño 3.4 del Océano Pacífico tropical (ver Figura 2), que es un área ubicada entre los 120°W y 170°W de longitud y los 5°N y 5°S de latitud en medio del Océano Pacífico tropical. El índice CDAS se deriva de un análisis de datos atmosféricos y oceánicos globales, incluidas mediciones satelitales, boyas oceánicas y otras fuentes de datos de observación. Se calcula tomando el promedio de las anomalías térmicas en la región Niño 3.4 durante un período de tres meses y comparándolo con la anomalía promedio a largo plazo para el mismo período en la región de interés.

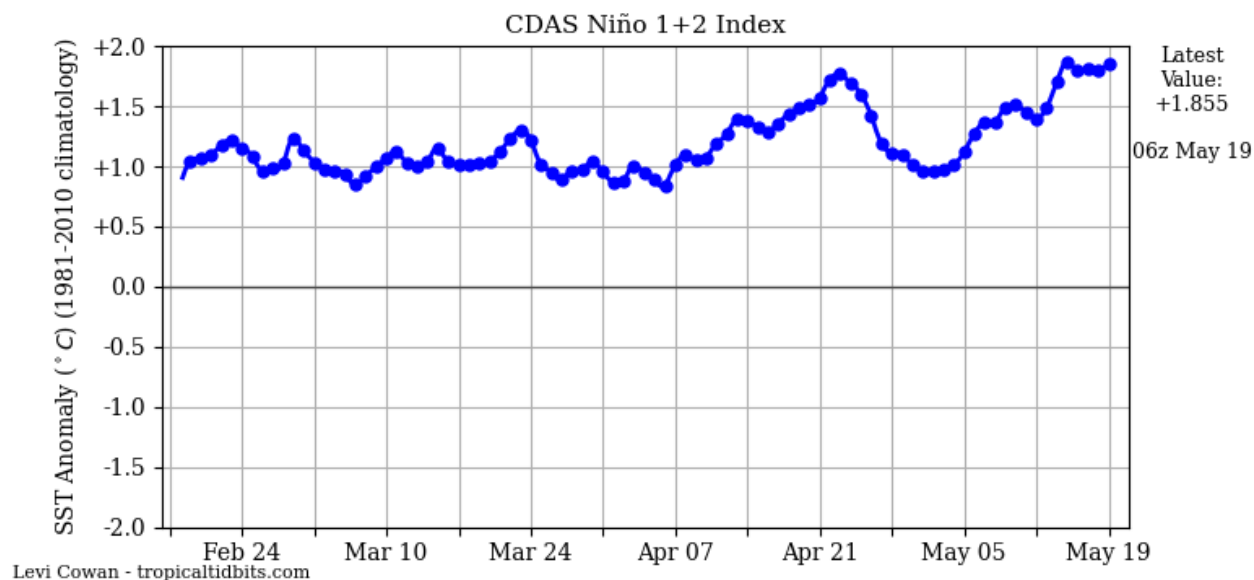


FIGURA 16. Patrones de variación reciente en la anomalía térmica del mar en las regiones 1 y 2 de El Niño a través del Océano Pacífico en la circulación Walker. Fuente: <https://www.tropicaltidbits.com/analysis/ocean/nino12.png> (accedido: 19 de mayo de 2026).

El índice CDAS se aplica en la actualidad a muchas otras zonas de los océanos tropicales del planeta bajo el mismo principio. Cuando las anomalías térmicas en la región de interés superan en más de +0.5°C el promedio a largo plazo durante al menos cinco períodos consecutivos de tres meses, se considera que está ocurriendo un evento de El Niño. La fuerza del evento El Niño está determinada por la magnitud y duración de las anomalías térmicas en la región de interés. En la Figura 16 se evidencia una transición hacia condiciones de neutralidad.

El índice CDAS se utiliza ampliamente por meteorólogos, climatólogos y otros investigadores para monitorear y predecir los impactos de los eventos de El Niño en los patrones climáticos globales y la

variabilidad climática. Es uno de varios índices utilizados para rastrear las condiciones de ENSO y se considera una medida confiable y precisa de la actividad de El Niño.

El índice CDAS para la región de El Niño 3 en la zona justo al oeste de las Islas Galápagos hacia el centro del Pacífico tropical para las primeras dos semanas de mayo de 2026 mostró una anomalía sostenida positiva de  $+0.96^{\circ}\text{C}$ , tendiendo hacia el desarrollo de El Niño (Figura 17).

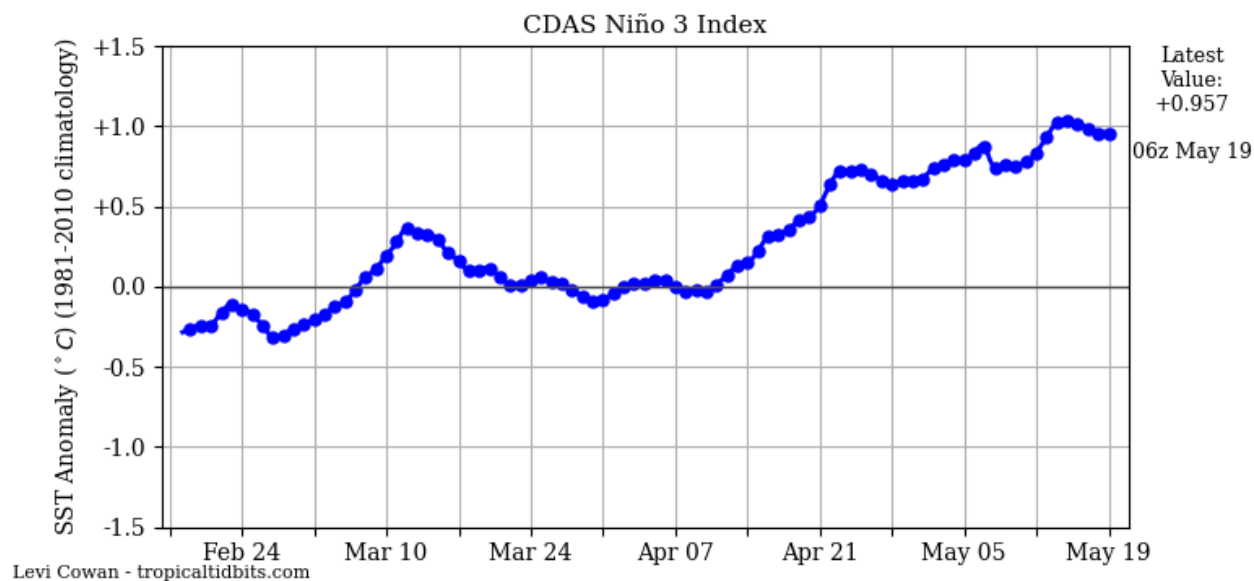


FIGURA 17. Patrones de variación reciente en la anomalía térmica del mar en la región 3 de El Niño a través del Océano Pacífico en la circulación Walker. Fuente: <https://www.tropicaltidbits.com/analysis/ocean/nino3.png> (accedido: 19 de mayo de 2026).

El índice CDAS para la región de El Niño 4 en la zona del centro del Pacífico tropical para el mismo período mostró también un incremento reciente de la anomalía, alcanzando  $+1.06^{\circ}\text{C}$  durante mayo de 2026, típico de condiciones de El Niño. (Figura 18).

Por el contrario, el índice CDAS evidenció para la región del Caribe durante la última semana de abril de 2026 una tendencia de anomalía térmica de  $+0.50^{\circ}\text{C}$ , la cual ha descendido a una de  $-0.11^{\circ}\text{C}$  durante mediados de mayo (Figura 19). Estas condiciones, por el momento son de neutralidad.

El índice CDAS para la región de las latitudes medias del Océano Atlántico para el mismo período ha mostrado también una anomalía térmica positiva desde alrededor  $+0.25^{\circ}\text{C}$  durante mayo de 2026 (Figura 20), tendencia ubicada entre neutralidad y el inicio de El Niño.

Sin embargo, el índice CDAS para la región del Océano Atlántico tropical del este para el mismo período ha mostrado una tendencia sostenida en la anomalía térmica de  $-0.65^{\circ}\text{C}$  (Figura 21).

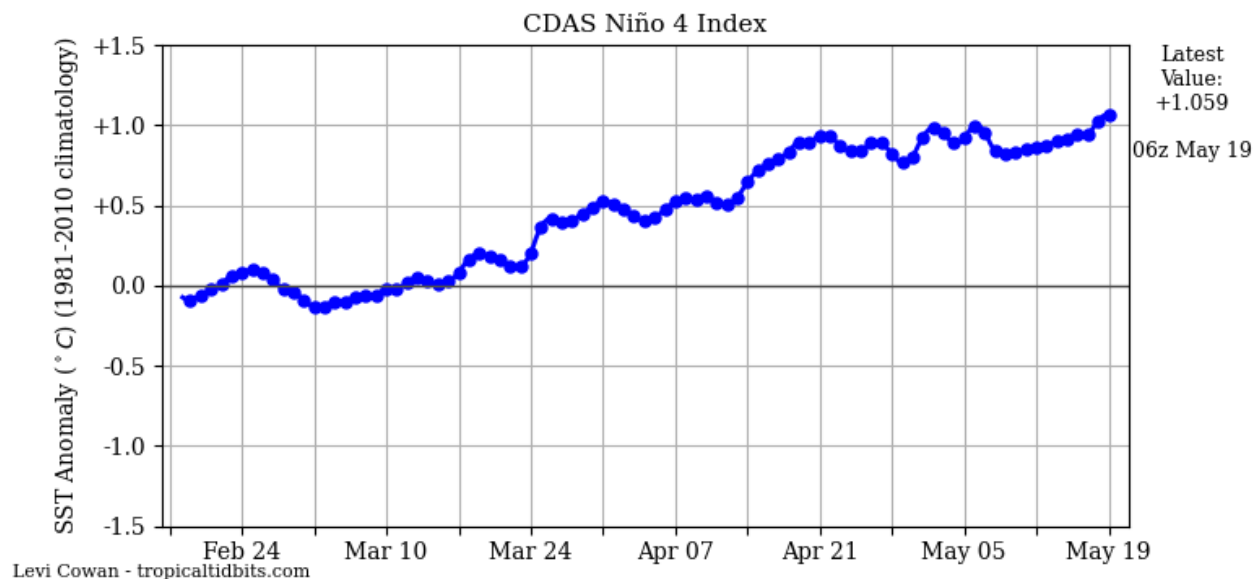


FIGURA 18. Patrones de variación reciente en la anomalía térmica del mar en la región 4 de El Niño a través del Océano Pacífico en la circulación Walker. Fuente: <https://www.tropicaltidbits.com/analysis/ocean/nino4.png> (accedido: 19 de mayo de 2026).

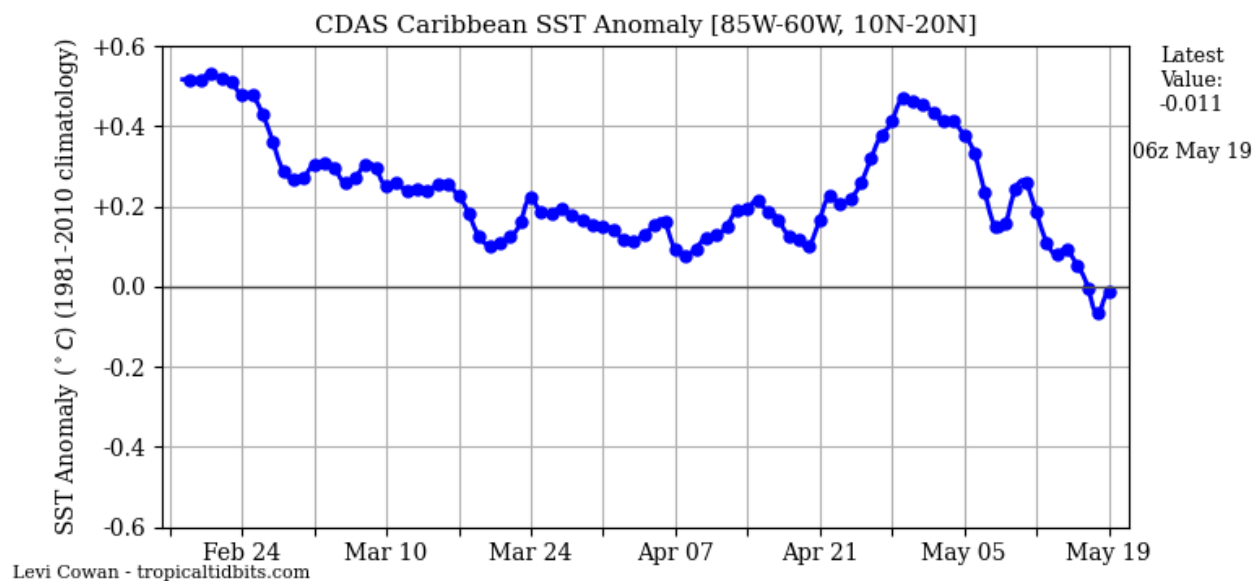


FIGURA 19. Patrones de variación reciente en la anomalía térmica del mar en la región del Mar Caribe. Fuente: <https://www.tropicaltidbits.com/analysis/ocean/carssta.png> (accedido: 19 de mayo de 2026).

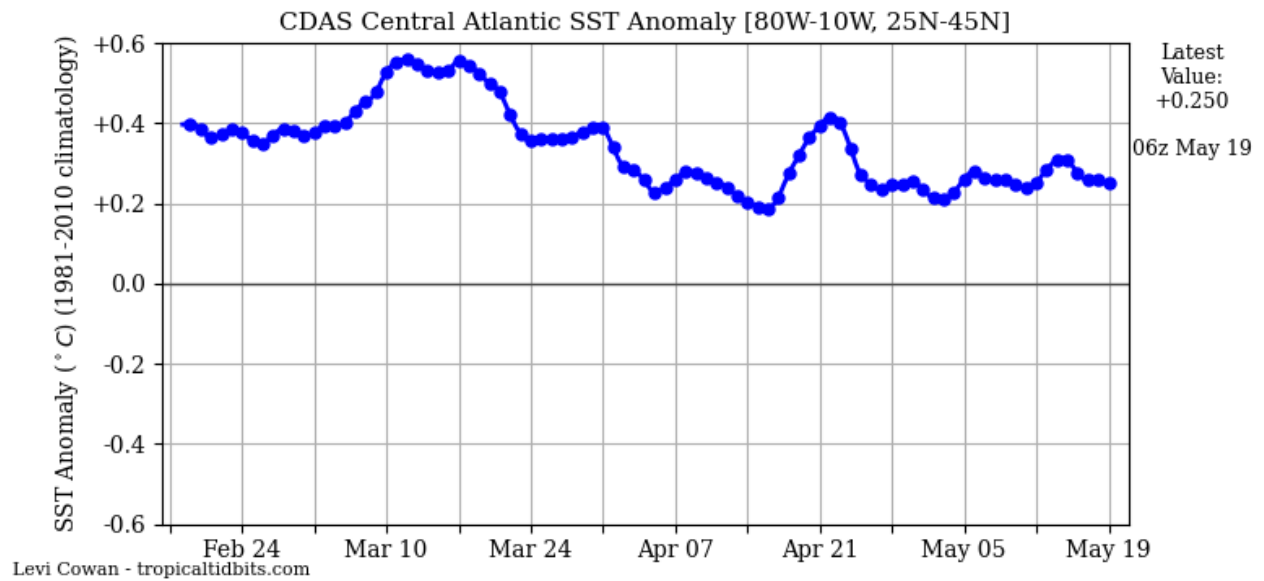


FIGURA 20. Patrones de variación reciente en la anomalía térmica del mar en la región de las latitudes medias del Atlántico norte. Fuente: <https://www.tropicaltidbits.com/analysis/ocean/catlssta.png> (accedido: 19 de mayo de 2026).

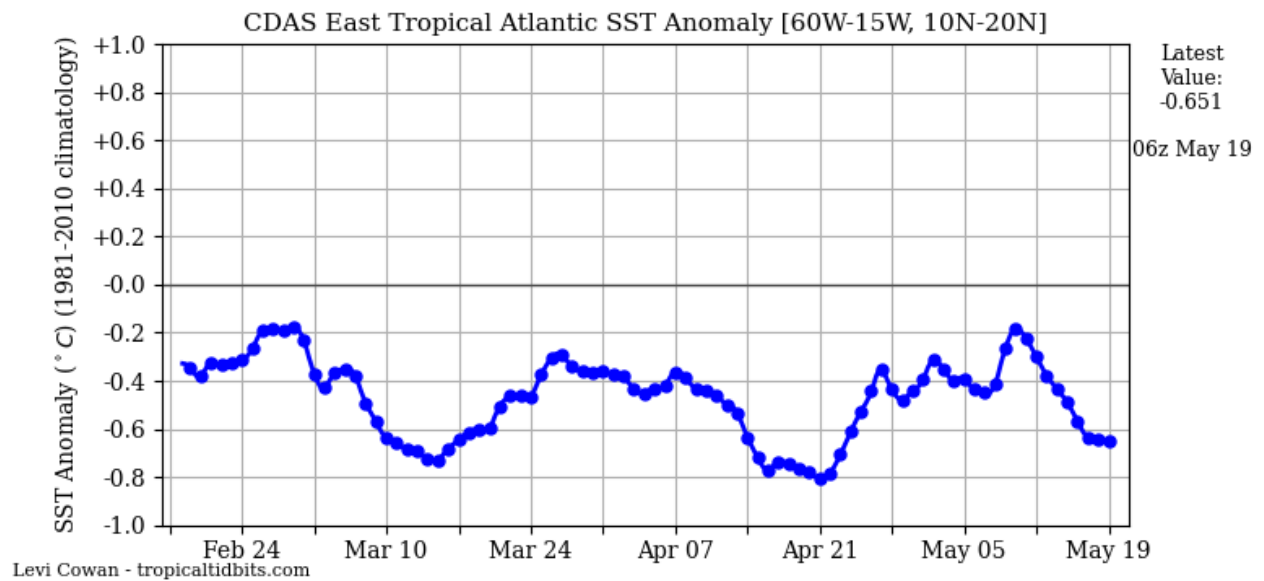


FIGURA 21. Patrones de variación reciente en la anomalía térmica del mar en la región del Atlántico tropical del este. Fuente: <https://www.tropicaltidbits.com/analysis/ocean/eatlssta.png> (accedido: 19 de mayo de 2026).

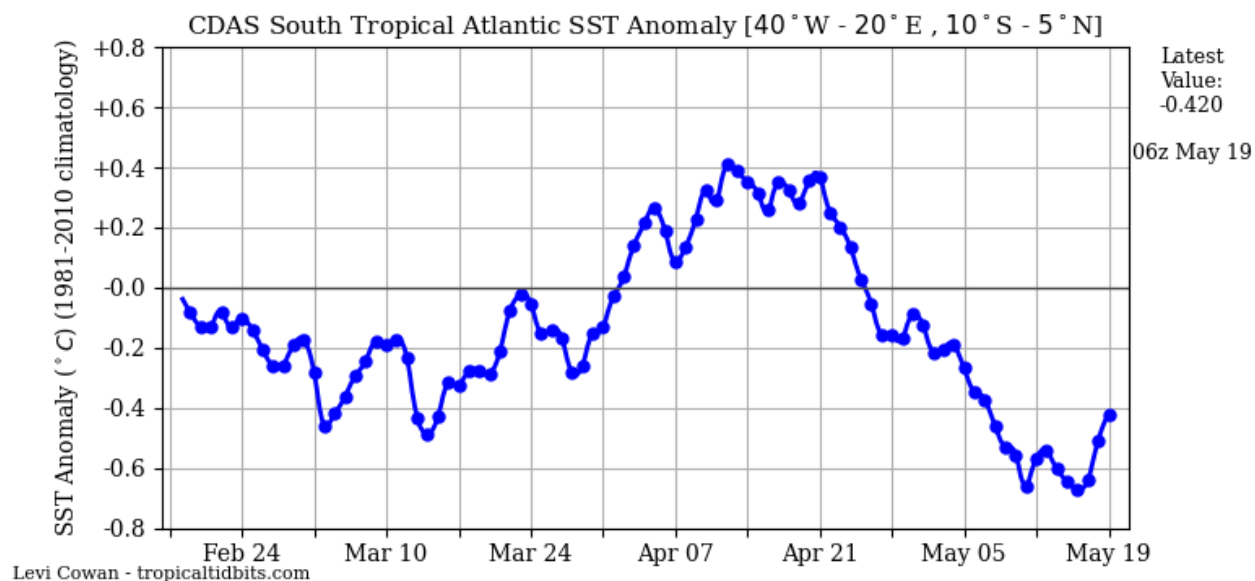


FIGURA 22. Patrones de variación reciente en la anomalía térmica del mar en la región del Atlántico tropical del sur. Fuente: <https://www.tropicaltidbits.com/analysis/ocean/satlssta.png> (accedido: 19 de mayo de 2026).

La región del Océano Atlántico tropical del sur para las primeras dos semanas de abril de 2026 mostró una reducción notable en la anomalía térmica desde valores de +0.42°C hasta un valor de -0.42°C a mediados de mayo (Figura 22).

## VIII. Definiciones de las categorías de alertas de blanqueamiento de corales

El Coral Reef Watch Program (CRWP) de NOAA define los diversos niveles de estrés térmico en los océanos en función de los riesgos de blanqueamiento de los corales (Tabla 1). Estos riesgos se definen en función de la elevación de las temperaturas del mar en base a la temperatura media máxima anual establecida para cada región o localidad (en el caso de las estaciones virtuales puntuales) a través de al menos 30 años de información climatológica. Dicha media máxima anual se conoce en inglés como el “maximum monthly mean” o MMM, por sus siglas en inglés. Cuando la temperatura del mar alcanza el MMM o excede por menos de +1°C automáticamente se declara una **vigilancia de blanqueamiento** de corales. Cuando la temperatura del mar alcanza o excede la máxima anual (MMM) por 1°C o más se le conoce como “hot spot” o punto caliente. Por definición, el “Hot Spot”= la diferencia entre la temperatura medida en el mar en determinado momento y la media máxima anual (MMM) y que la exceda por +1°C o más.

TABLA 1. Definiciones de los diversos niveles de estrés térmico en los océanos, según desarrollado por el NOAA Coral Reef Watch Program (CRWP).

Nivel de estrés	Definición	Efecto
<b>No estrés</b>	Hot spot $\leq 0^{\circ}\text{C}$	Ninguno
<b>Vigilancia de blanqueamiento</b>	$0^{\circ}\text{C} < \text{Hot spot} \leq 1^{\circ}\text{C}$	Ninguno
<b>Aviso de blanqueamiento</b>	$1^{\circ}\text{C} \leq \text{Hot Spot}$ y $0 < \text{DHW} < 4$	Posible blanqueamiento
<b>Alerta 1 de blanqueamiento</b>	$1^{\circ}\text{C} \leq \text{Hot Spot}$ and $4 \leq \text{DHW} < 8$	Blanqueamiento significativo probable
<b>Alerta 2 de blanqueamiento</b>	$1^{\circ}\text{C} \leq \text{Hot Spot}$ and $8 \leq \text{DHW} < 12$	Blanqueamiento severo y mortandad significativa
<b>Alerta 3 de blanqueamiento</b>	$1^{\circ}\text{C} \leq \text{Hot Spot}$ and $12 \leq \text{DHW} < 16$	Blanqueamiento muy severo, prolongado y mortandad muy significativa
<b>Alerta 4 de blanqueamiento</b>	$1^{\circ}\text{C} \leq \text{Hot Spot}$ and $16 \leq \text{DHW} < 20$	Blanqueamiento muy severo, prolongado y mortandad catastrófica
<b>Alerta 5 de blanqueamiento</b>	$1^{\circ}\text{C} \leq \text{Hot Spot}$ and $20 \leq \text{DHW} < 24$	Blanqueamiento catastrófico, prolongado, mortandad catastrófica

\*Fuente: <https://www.coralreefwatch.noaa.gov/product/5km/methodology.php#dhw> Las categorías de **alertas 3, 4 y 5** son categorías experimentales desarrolladas por NOAA CRWP a partir del blanqueamiento de corales sin precedentes históricos ocurrido durante el 2023.

En la actualidad, NOAA estima el MMM de las aguas de Puerto Rico y esta zona del Caribe es de aproximadamente 28.6°C. Por ende, la temperatura del “Hot Spot” en nuestra región es 29.6°C. Cuando la temperatura medida del mar alcanza el MMM y se mantiene entre 0°C y +1°C por arriba del este se emite una **vigilancia de blanqueamiento** de corales. Esto significa que la temperatura oceánica está acercándose al llamado punto caliente o “Hot Spot”. La **vigilancia** no tiene ningún efecto inmediato sobre los corales, pero presupone que el nivel de estrés por calor ya ha aumentado significativamente.

*La emisión de una **vigilancia de blanqueamiento** sugiere la necesidad **urgente** de revisar y completar el repaso de todos los planes para tomar medidas de precaución para minimizar o evitar el impacto de otros posibles factores ambientales humanos en las costas. Y en el caso de los proyectos de restauración y de conservación de corales es **urgente** revisar y completar todos los planes para implementar las precauciones prácticas para minimizar el impacto combinado de la temperatura alta y de la luz solar sobre los corales mediante la implementación de estrategias de sombras en los corales.*

Cuando las temperaturas alcanzan o superan el MMM +1°C o más entonces se alcanza el **Hot Spot**, se emite un **aviso de blanqueamiento** de corales y se comienza a contabilizar las semanas consecutivas de temperaturas estresantes para los corales, conocidas como “**Degree Heating Weeks**” (DHWs, por sus siglas en inglés). El **aviso de blanqueamiento** se mantiene mientras DHWs se mantengan entre 0 y 4 semanas. Estas condiciones pueden resultar en un blanqueamiento de corales inminente, en esta etapa usualmente moderado, afectando inicialmente a las especies más vulnerables y a los arrecifes en las aguas más someras.

*La emisión de un **aviso de blanqueamiento** sugiere la necesidad **inminente** de comenzar a implementar **inmediatamente** medidas de precaución para minimizar o evitar el impacto de otros posibles factores ambientales humanos en las costas. Y en el caso de los proyectos de restauración y de conservación de corales ya es **inminente** implementar precauciones prácticas para minimizar el impacto combinado de la temperatura alta y de la luz solar sobre los corales. Esto debe incluir medidas como: 1) Establecer mecanismos de crear sombras en las guarderías de corales, corales trasplantados o corales con algún tipo de interés de conservación en particular; 2) Implementar la posible relocalización de guarderías de corales hacia profundidades mayores para reducir la exposición a calor y luz solar; 3) El trasplante de fragmentos representativos de corales de diversas especies y diversidad genética hacia localidades con buena calidad de agua, sujetas a corrientes fuertes y buena circulación marina; 4) La relocalización de fragmentos representativos de diversos clones genéticos de diversas especies hacia guarderías en diversas zonas geográficas de la isla; y 5) La recolección de fragmentos representativos de diversos clones genéticos de corales de diversas especies y su protección en guarderías terrestres (“land-based nurseries”).*

Cuando las temperaturas alcanzan o superan el MMM + 1°C, en combinación con una acumulación de DHWs de 4 a 8 semanas, entonces se emite una **alerta 1 de blanqueamiento** de corales. Estas condiciones pueden resultar en un blanqueamiento significativo y extenso de corales, afectando a numerosas especies y arrecifes a diversas profundidades.

Cuando las temperaturas alcanzan o superan el MMM + 1°C, en combinación con una acumulación de DHWs de 8 a 12 semanas, entonces se emite una **alerta 2 de blanqueamiento** de corales. Estas condiciones pueden resultar en un blanqueamiento severo y en una mortandad significativa de corales.

*La emisión de una **alerta 1 o 2 de blanqueamiento** sugiere que ya todas las medidas de precaución para minimizar o evitar el impacto de otros posibles factores ambientales humanos en las costas deben estar implementadas. También deben implantarse medidas especiales para minimizar posibles impactos adicionales, como ciertas actividades recreacionales.*

Durante el 2023 y el 2024 se desarrollaron a través de muchas partes del mundo, pero con particular efecto en el Caribe, dos eventos de blanqueamiento de corales tan severos y sin precedentes históricos, que la NOAA tuvo que modificar la clasificación de alertas de blanqueamiento de corales para poder documentar con mayor precisión y diferenciar el tipo de impactos observados en los arrecifes de coral. Para ello, cuando las temperaturas alcanzan el MMM + 1°C o más, en combinación con una acumulación de DHWs de 12 a 16 semanas se emite una **alerta 3 de blanqueamiento** de corales. Estas condiciones pueden resultar en un blanqueamiento muy severo, prolongado y en una mortandad significativa de corales. Cuando las temperaturas alcanzan el MMM + 1°C o más, en combinación con una acumulación de DHWs de 16 a 20 semanas se emite una **alerta 4 de blanqueamiento** de corales, mientras que con una acumulación de DHWs de 20 a 24 semanas se emite una **alerta 5 de blanqueamiento** de corales. Estas condiciones pueden resultar en un blanqueamiento muy severo, prolongado y en una mortandad catastrófica de corales. En Puerto Rico en el 2023 se llegó a emitir una **alerta 4 de blanqueamiento** debido a la acumulación récord de 19.20 DHWs. En el 2024 se emitió una **alerta 5 de blanqueamiento**, al alcanzarse 21.25 DHWs.

## IX. Evidencia documental de los riesgos de blanqueamiento de corales para Puerto Rico y el Caribe durante el 2026 – Coral Reef Watch Program (NOAA)

El registro de la temperatura superficial del mar en la estación virtual de monitoreo de Puerto Rico, localizada en el Canal de La Mona, evidencia la tendencia de incremento sostenido de temperatura por encima del promedio de la época durante mediados de mayo de 2026 (Figura 23). Esta mostraba entonces una temperatura promedio de 28.60°C, con una anomalía térmica de +0.98°C, lo que equivale a haber alcanzado en mayo la temperatura equivalente al **MMM**, o la máxima anual típica de comienzos de octubre. Al momento, aún no hay acumulación de hot spot, ni de semanas consecutivas de calor estresante o Degree Heating Weeks (DHWs). Pero resulta preocupante la anomalía térmica tan temprano en el año, lo que gradualmente va aumentando el estrés en los corales.

Igualmente, la boya de las Islas Vírgenes Americanas, la cual es más representativa de las condiciones al este de Puerto Rico, mostraba una temperatura promedio de 28.15°C, con una anomalía térmica de +0.84°C durante mediados de mayo de 2026, sin acumulación aún de hot spot o de DHWs (Figura 24).

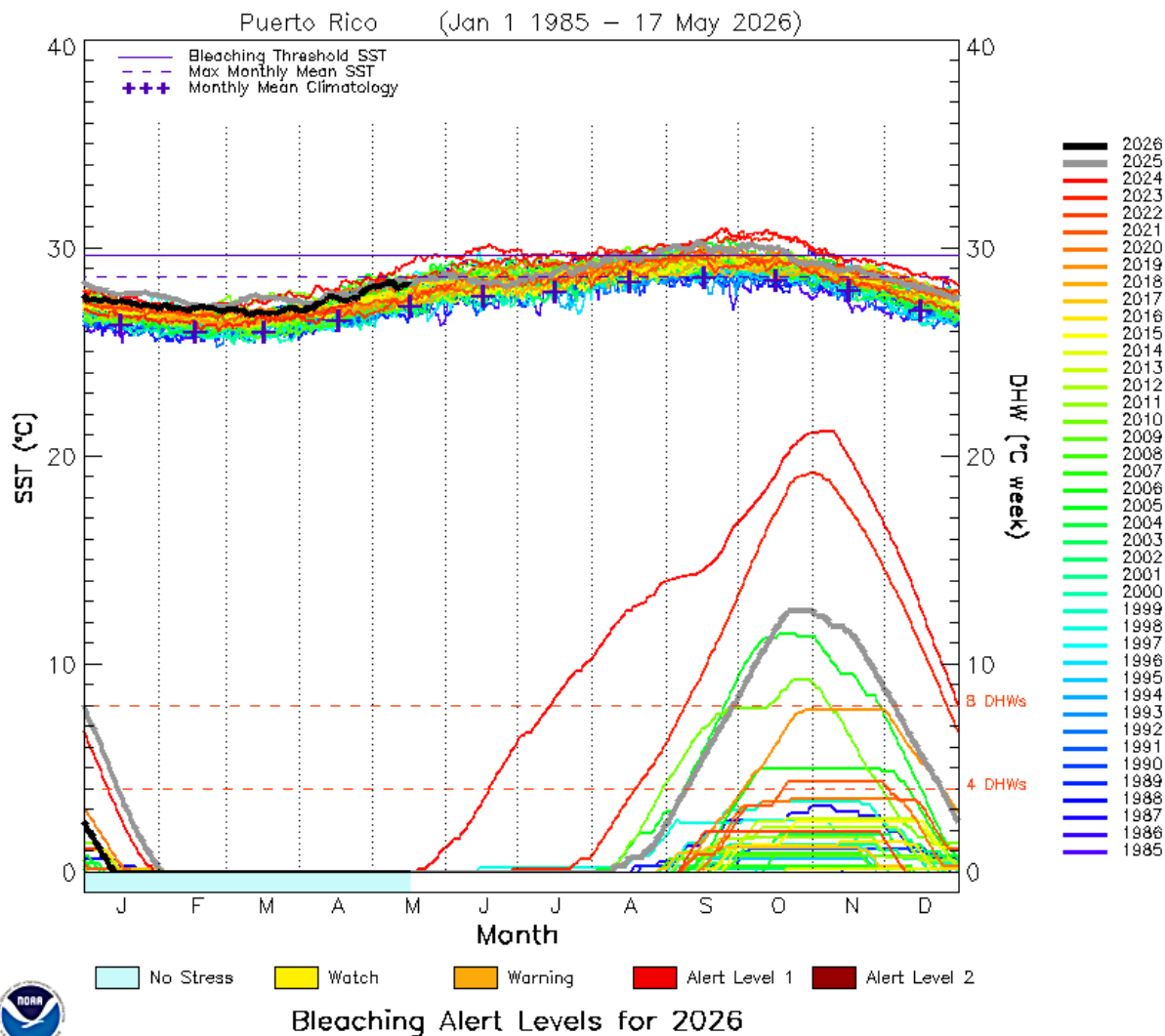


FIGURA 23. Variación anual en la temperatura promedio diaria del mar (1985-2024) y en la acumulación de semanas consecutivas de calor o “degree heating weeks” (DHWs) en Puerto Rico. Fuente: [https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs/timeseries/caribbean.php#puerto\\_rico](https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs/timeseries/caribbean.php#puerto_rico) (accedido: 19 de mayo de 2026).

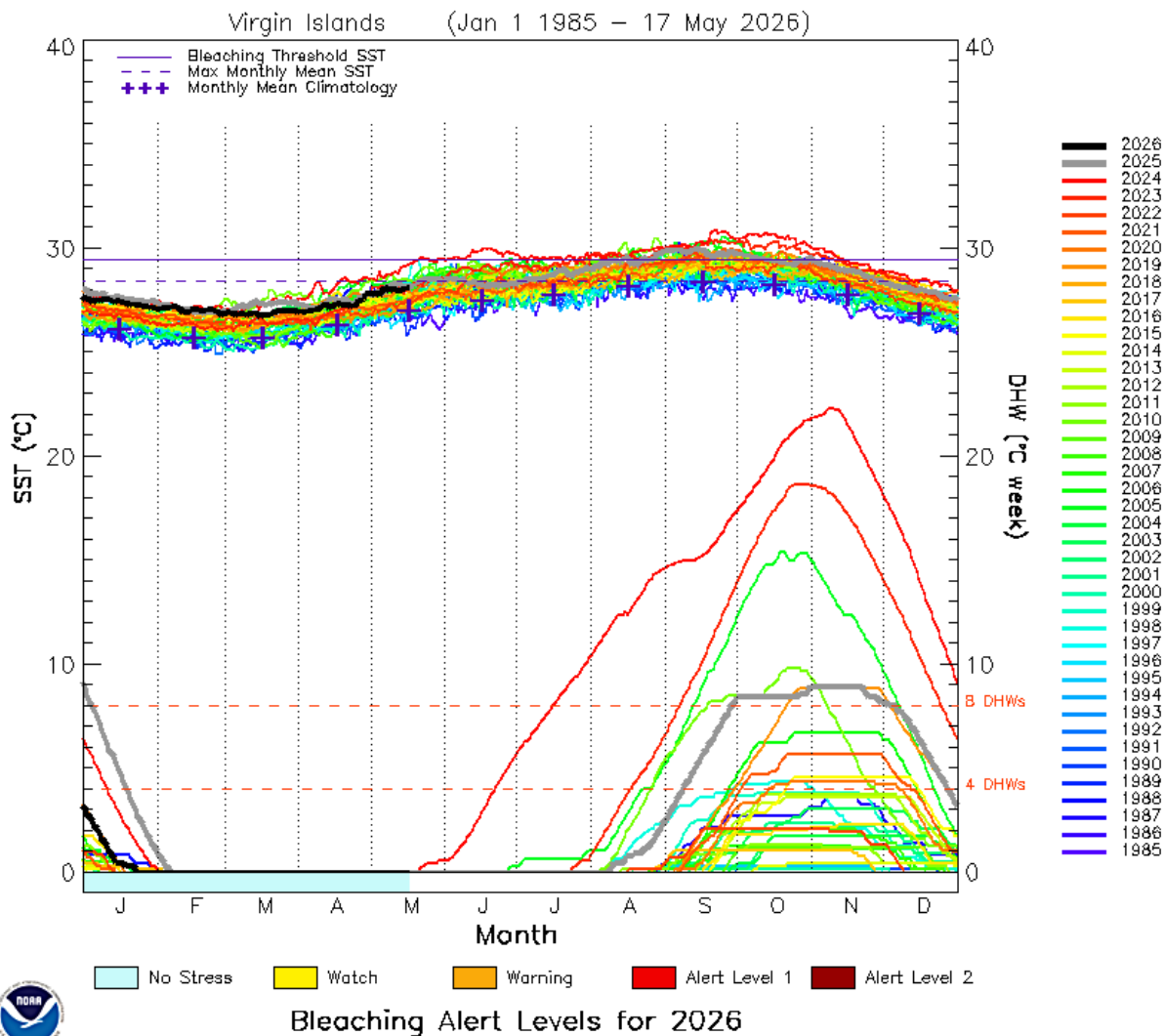


FIGURA 24. Variación anual en la temperatura promedio diaria del mar (1985-2024) y en la acumulación de semanas consecutivas de calor o “degree heating weeks” (DHWs) en las Islas Vírgenes Estadounidenses. Fuente: [https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs/timeseries/caribbean.php#virgin\\_islands](https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs/timeseries/caribbean.php#virgin_islands) (accedido: 19 de mayo de 2026).

La Figura 25 ilustra la localización de las nuevas estaciones virtuales de monitoreo de temperatura del mar en Puerto Rico establecidas por el CRWP de NOAA durante el 2023, incluyendo las tres estaciones añadidas durante mayo de 2024. Estas permiten un análisis mucho más fino y detallado de diversas localidades arrecifales representativas en Puerto Rico, permitiendo medir la variabilidad regional.

Durante mediados de mayo de 2026, ninguna de las 16 estaciones virtuales de Puerto Rico mostraba señal alguna de estrés térmico. Las temperaturas promedio fluctuaban entre 27.7 y 28.4°C, mientras que la anomalía térmica fluctuaba entre +0.70 y +1.10°C (Tabla 2).

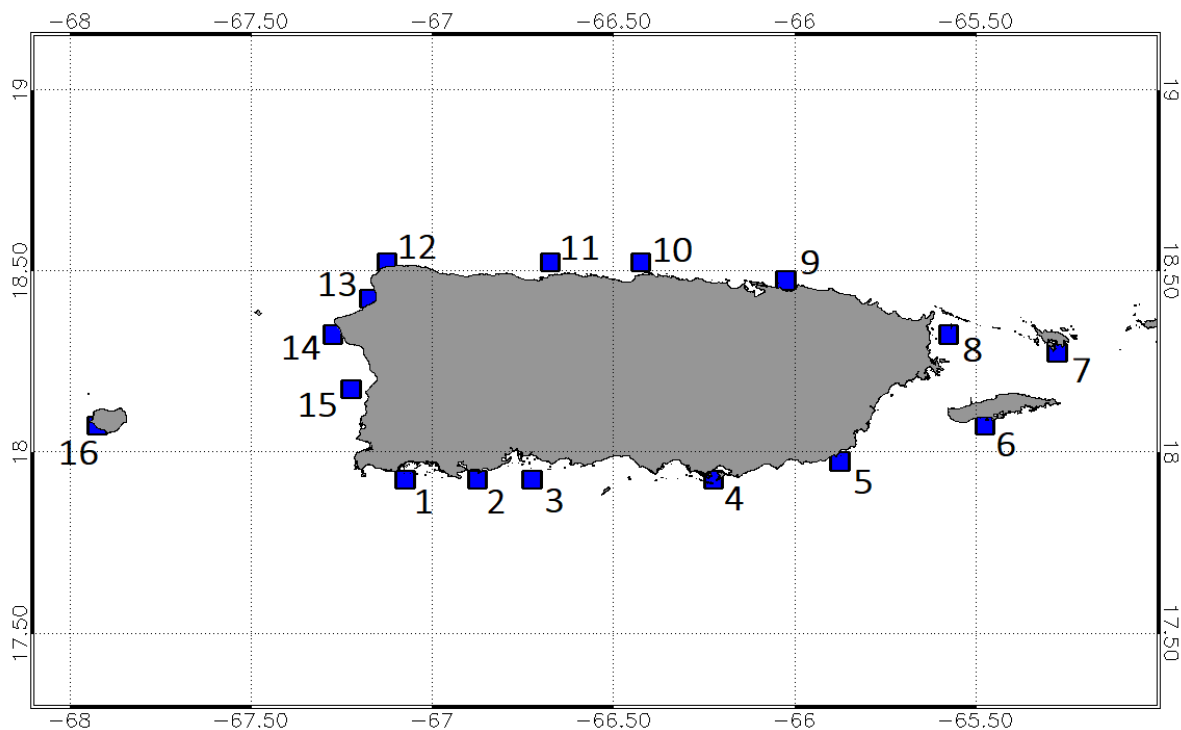


FIGURA 25. A) Estaciones virtuales del NOAA Coral Reef Watch Program en Puerto Rico del nuevo producto experimental de para el monitoreo de la acumulación de semanas consecutivas de calor o “degree heating weeks” (DHWs) en estaciones selectas (1. La Parguera; 2. Guánica; 3. Guayanilla; 4. Salinas; 5. Maunabo; 6. Vieques; 7. Culebra; 8. Fajardo, 9. San Juan; 10. Vega Baja; 11. Arcibo; 12. Isabela; 13. Aguadilla; 14. Rincón; 15. Cabo Rojo; 16. Isla de Mona. Fuente: [https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs\\_single\\_pixel\\_exp/puerto\\_rico.php?fbclid=IwAR3pxz6NA-cAKtSUWOT5Q4Yr6JIMxZ6zNBzGF1TiSaCkOGdyanZWMMbZK4k](https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs_single_pixel_exp/puerto_rico.php?fbclid=IwAR3pxz6NA-cAKtSUWOT5Q4Yr6JIMxZ6zNBzGF1TiSaCkOGdyanZWMMbZK4k)

Las estaciones virtuales también evidenciaron un leve gradiente espacial en la distribución de temperaturas y anomalías térmicas. Por ejemplo, las estaciones virtuales de la costa sur evidenciaban la mayor temperatura promedio del mar a mediados de mayo de 2026 con 28.3°C, seguida de la costa oeste con 28.2°C (Tabla 2). Sin embargo, la mayor anomalía térmica promedio se documentó en las costas sur y este con +0.96°C, seguida de la costa oeste con +0.81°C. Al momento, no existe acumulación de puntos calientes (“hot spot”), ni de DHWs, manteniendo el riesgo de estrés térmico en mayo aun a un nivel mínimo.

TABLA 2. Resumen de las temperaturas superficiales del mar, anomalía térmica y condición de riesgos de blanqueamiento de corales en Puerto Rico\*.

Localidad	Temp. °C	Temp. A °C	MMM °C	MMM-A °C	Clasificación	DHWs
1 La Parguera	28.31	+0.96	28.78	0.00	No estrés	0
2 Guánica	28.24	+0.94	28.73	0.00	No estrés	0
3 Guayanilla	28.33	+1.05	28.69	0.00	No estrés	0
4 Salinas	28.10	+0.90	28.63	0.00	No estrés	0
5 Maunabo	28.03	+0.90	28.58	0.00	No estrés	0
6 Vieques	28.01	+0.95	28.53	0.00	No estrés	0
7 Culebra	27.88	+0.88	28.44	0.00	No estrés	0
8 Fajardo	28.12	+1.10	28.55	0.00	No estrés	0
9 San Juan	27.67	+0.79	28.52	0.00	No estrés	0
10 Vega Baja	27.69	+0.70	28.52	0.00	No estrés	0
11 Arecibo	27.92	+0.84	28.54	0.00	No estrés	0
12 Isabela	28.08	+0.83	28.69	0.00	No estrés	0
13 Aguadilla	28.14	+0.79	28.74	0.00	No estrés	0
14 Rincón	28.24	+0.77	28.81	0.00	No estrés	0
15 Cabo Rojo	28.38	+0.83	28.88	0.00	No estrés	0
16 Mona	28.03	+0.85	28.64	0.00	No estrés	0
Promedio Isla	28.07	+0.88	28.64	0.00	No estrés	0
Sur	28.25	+0.96	28.71	0.00	No estrés	0
Este	28.01	+0.96	28.53	0.00	No estrés	0
Norte	27.84	+0.79	28.57	0.00	No estrés	0
Oeste	28.20	+0.81	28.77	0.00	No estrés	0

\*A= anomalía; MMM= monthly maximum mean (temperatura promedio mensual máxima= máxima anual). Fecha: 13 de mayo de 2026.

Las Figuras 26 a la 41 ilustran las variaciones históricas en la temperatura del mar y en la acumulación de DHWs a través de las 16 estaciones virtuales del CRWP en Puerto Rico. Las temperaturas del mar a través de todas las estaciones virtuales se mantienen en mayo de 2026 aun a niveles por debajo del estrés térmico conducente a blanqueamiento. De todas formas, se documentaron anomalías térmicas positivas en todas las estaciones virtuales, alcanzándose temperaturas promedio aproximándose o muy cercanas al **MMM**.



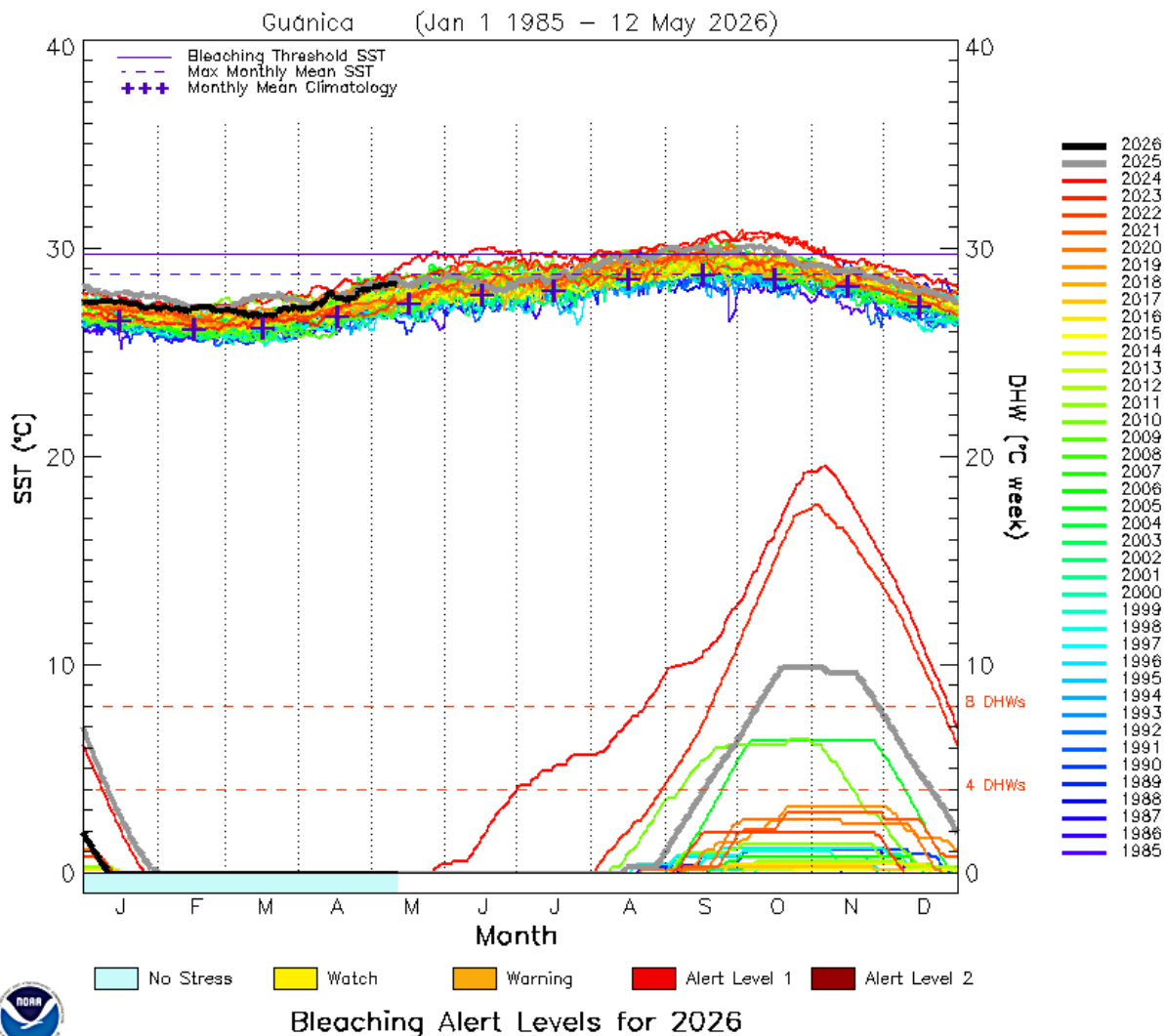


FIGURA 27. Variación anual en la temperatura promedio diaria del mar (1985-2024) y en la acumulación de semanas consecutivas de calor o “degree heating weeks” (DHWs) en la costa de Guánica (accedido el 13 de mayo de 2026).

[https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs\\_single\\_pixel\\_exp/puerto\\_rico.php#Guanica](https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs_single_pixel_exp/puerto_rico.php#Guanica)

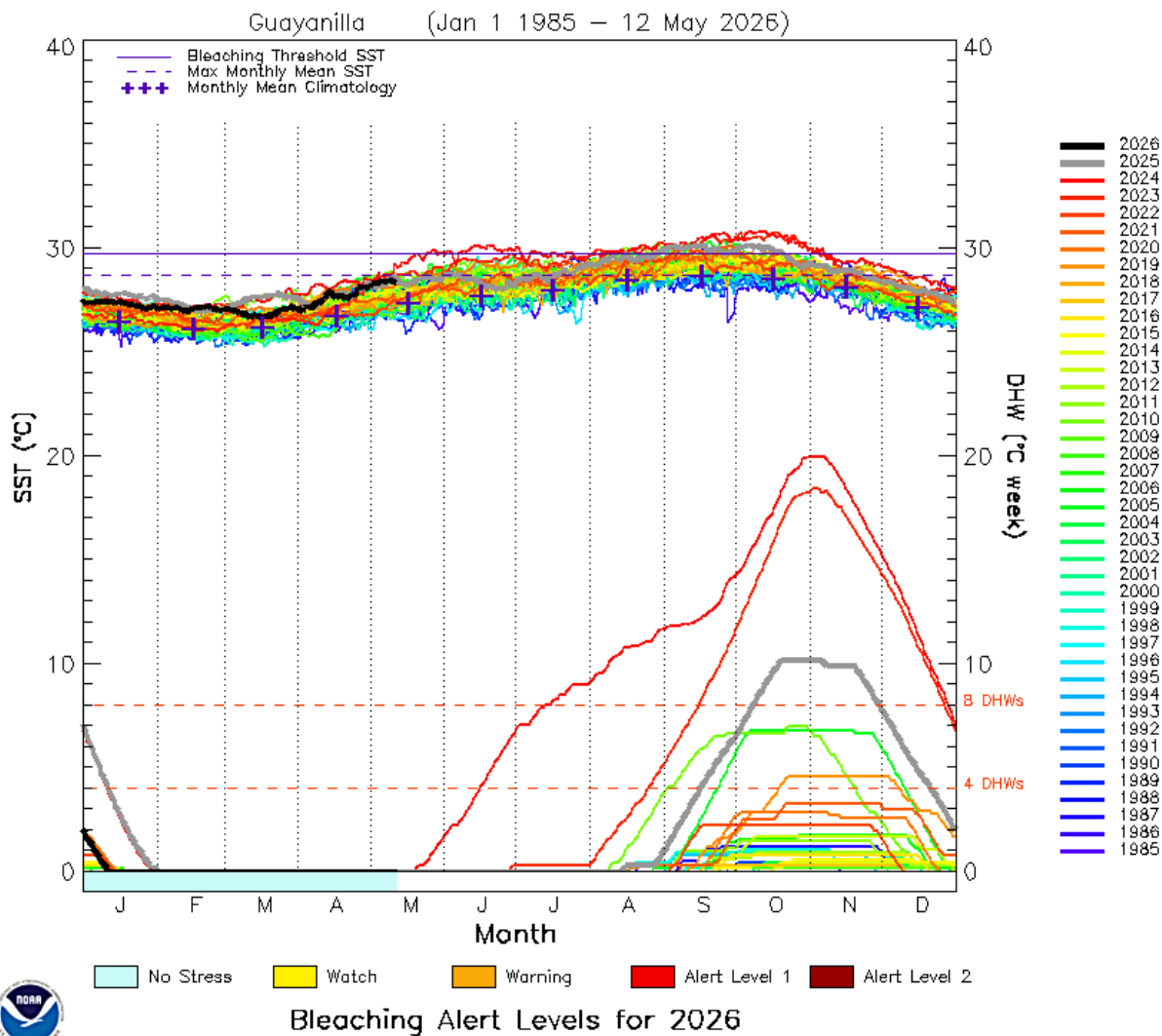


FIGURA 28. Variación anual en la temperatura promedio diaria del mar (1985-2024) y en la acumulación de semanas consecutivas de calor o “degree heating weeks” (DHWs) en la costa de Guayanilla (accedido el 13 de mayo de 2026).  
[https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs\\_single\\_pixel\\_exp/puerto\\_rico.php#Guayanilla](https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs_single_pixel_exp/puerto_rico.php#Guayanilla)

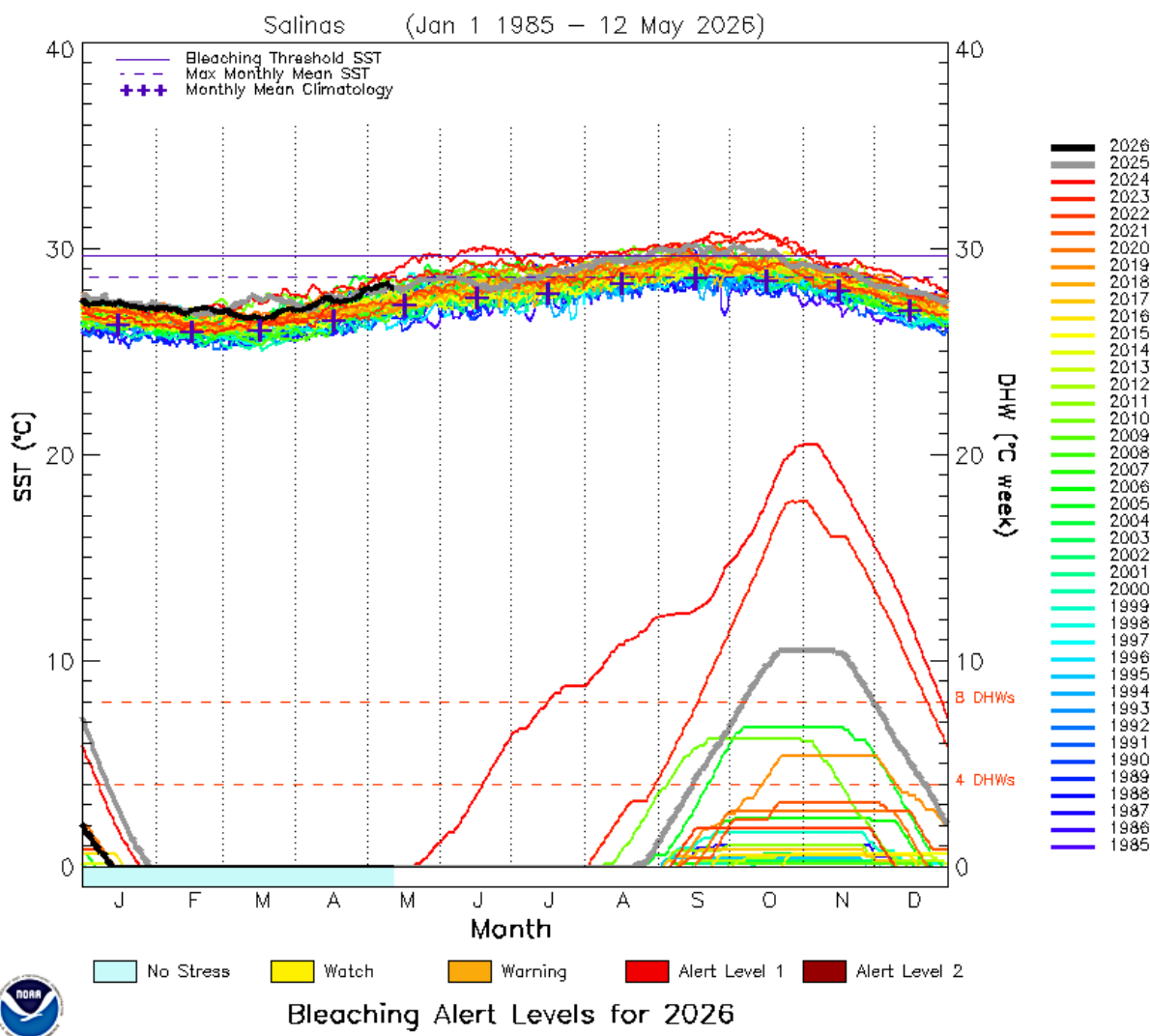


FIGURA 29. Variación anual en la temperatura promedio diaria del mar (1985-2024) y en la acumulación de semanas consecutivas de calor o “degree heating weeks” (DHWs) en la costa de Salinas (accedido el 13 de mayo de 2026).  
[https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs\\_single\\_pixel\\_exp/puerto\\_rico.php#Salinas](https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs_single_pixel_exp/puerto_rico.php#Salinas)

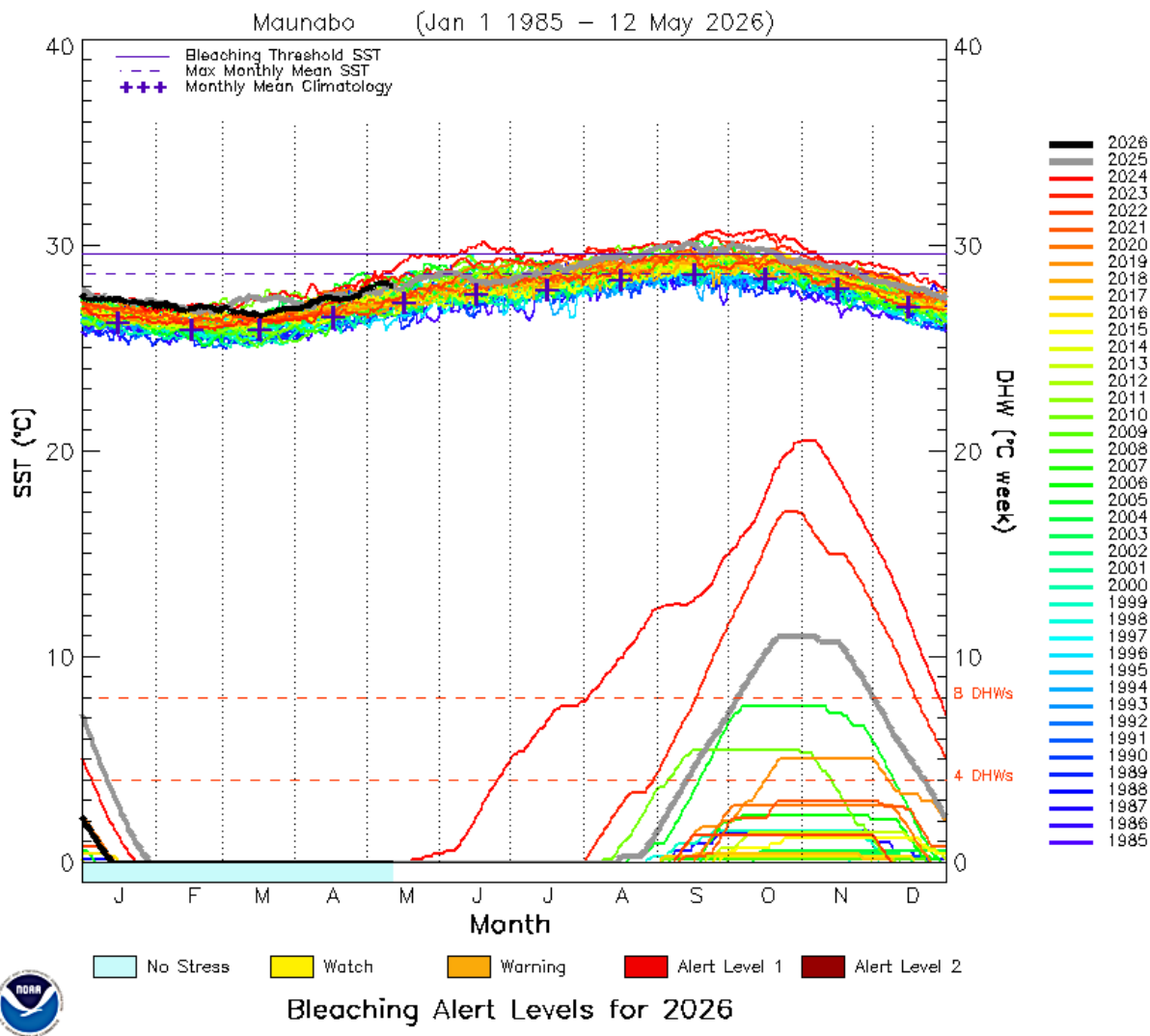


FIGURA 30. Variación anual en la temperatura promedio diaria del mar (1985-2024) y en la acumulación de semanas consecutivas de calor o “degree heating weeks” (DHWs) en la costa de Maunabo (accedido el 13 de mayo de 2026).  
[https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs\\_single\\_pixel\\_exp/puerto\\_rico.php#Maunabo](https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs_single_pixel_exp/puerto_rico.php#Maunabo)

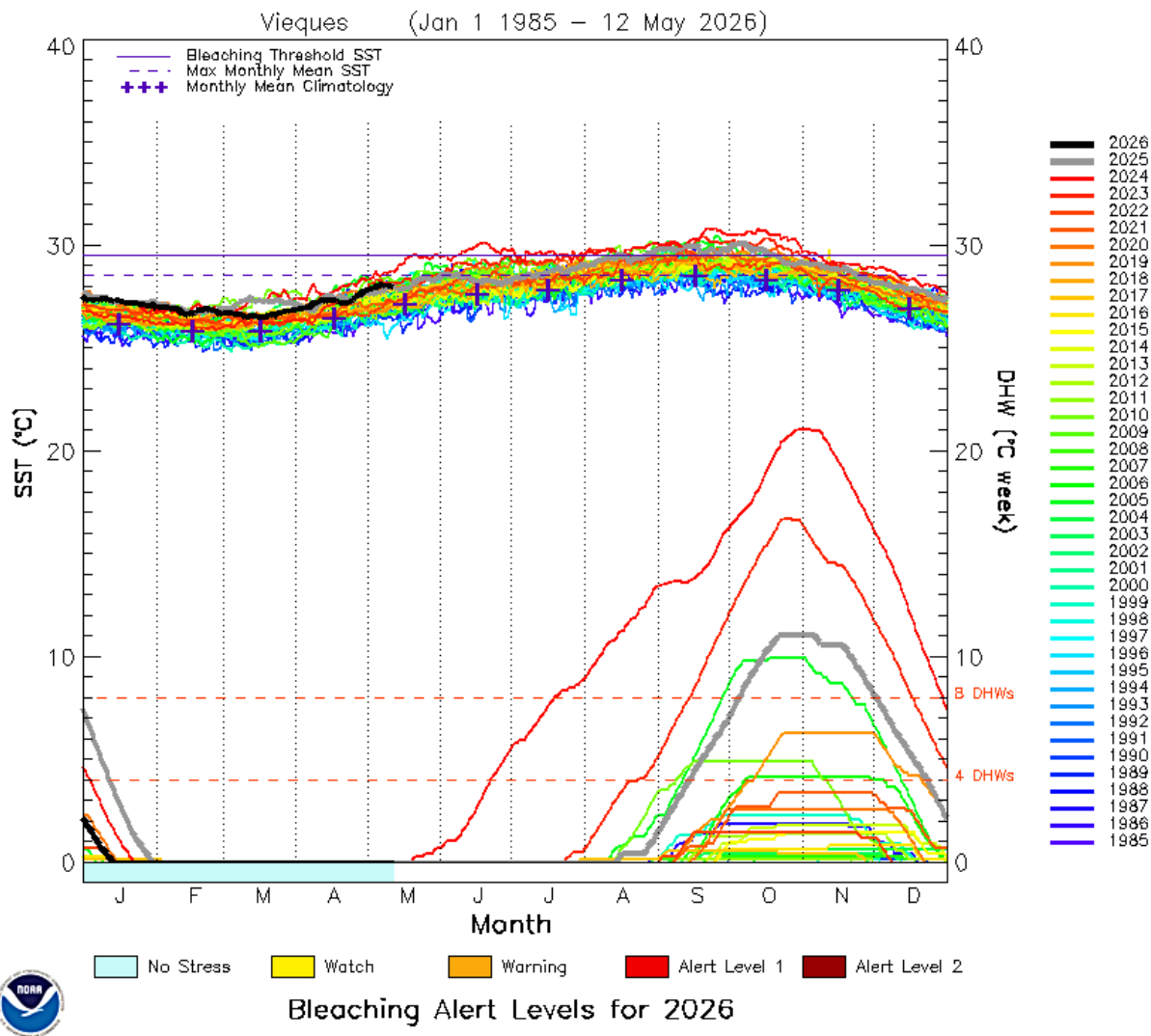


FIGURA 31. Variación anual en la temperatura promedio diaria del mar (1985-2024) y en la acumulación de semanas consecutivas de calor o “degree heating weeks” (DHWs) en la costa de Vieques (accedido el 13 de mayo de 2026).  
[https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs\\_single\\_pixel\\_exp/puerto\\_rico.php#Vieques](https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs_single_pixel_exp/puerto_rico.php#Vieques)

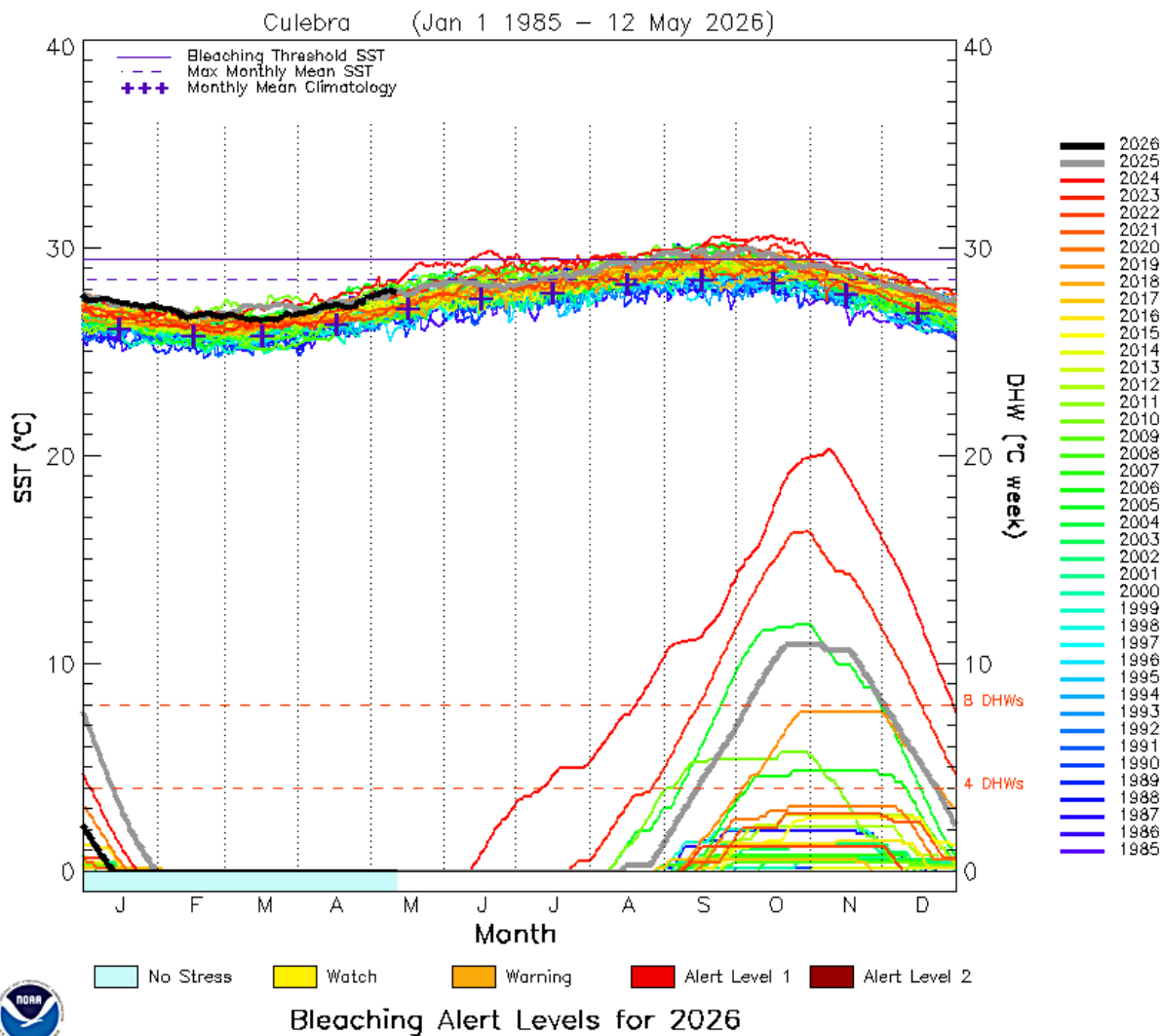


FIGURA 32. Variación anual en la temperatura promedio diaria del mar (1985-2024) y en la acumulación de semanas consecutivas de calor o “degree heating weeks” (DHWs) en la costa de la Isla de Culebra (accedido el 13 de mayo de 2026).  
[https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs\\_single\\_pixel\\_exp/puerto\\_rico.php#Culebra](https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs_single_pixel_exp/puerto_rico.php#Culebra)

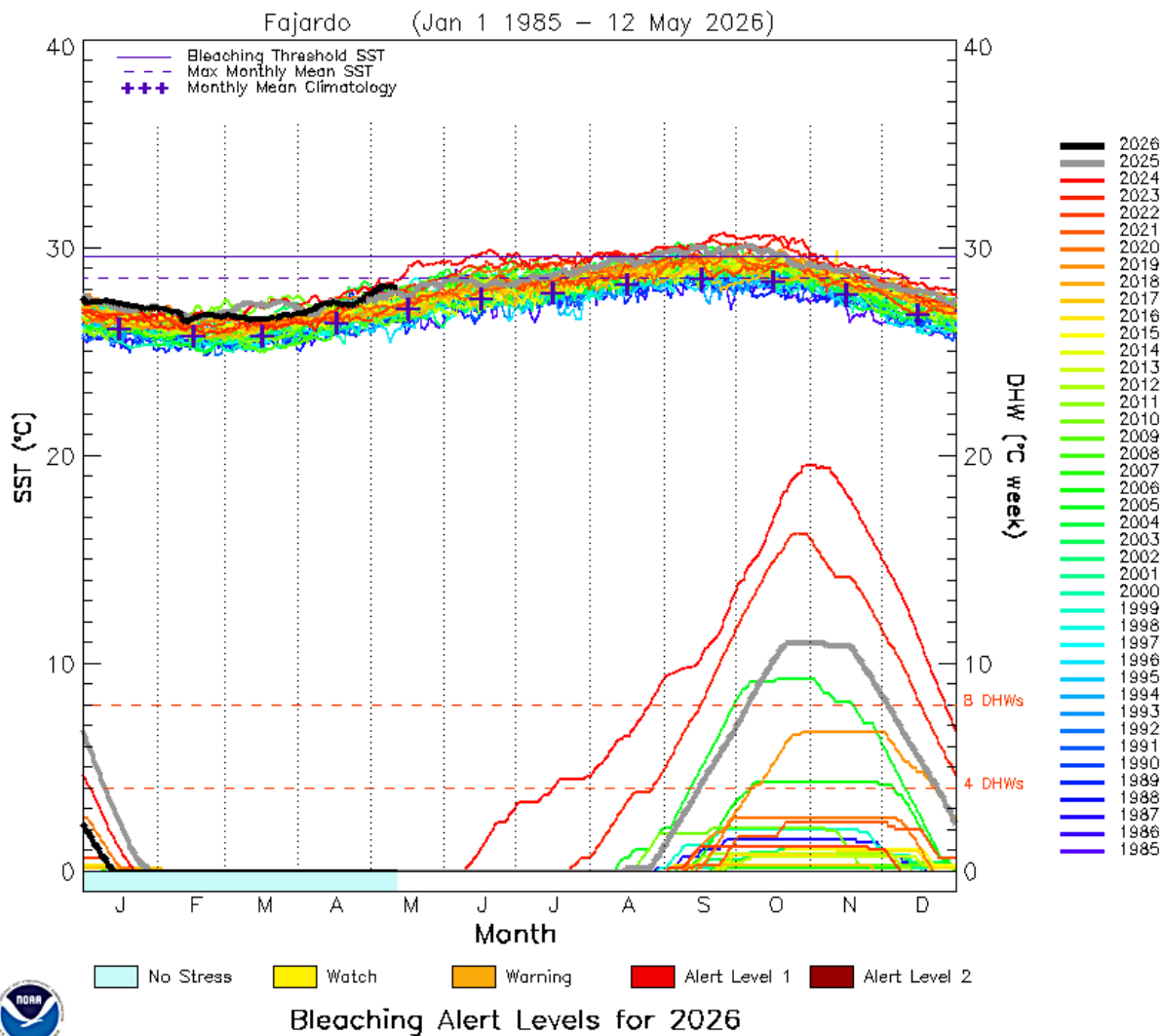


FIGURA 33. Variación anual en la temperatura promedio diaria del mar (1985-2024) y en la acumulación de semanas consecutivas de calor o “degree heating weeks” (DHWs) en la costa de Fajardo (accedido el 13 de mayo de 2026).

[https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs\\_single\\_pixel\\_exp/puerto\\_rico.php#Fajardo](https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs_single_pixel_exp/puerto_rico.php#Fajardo)

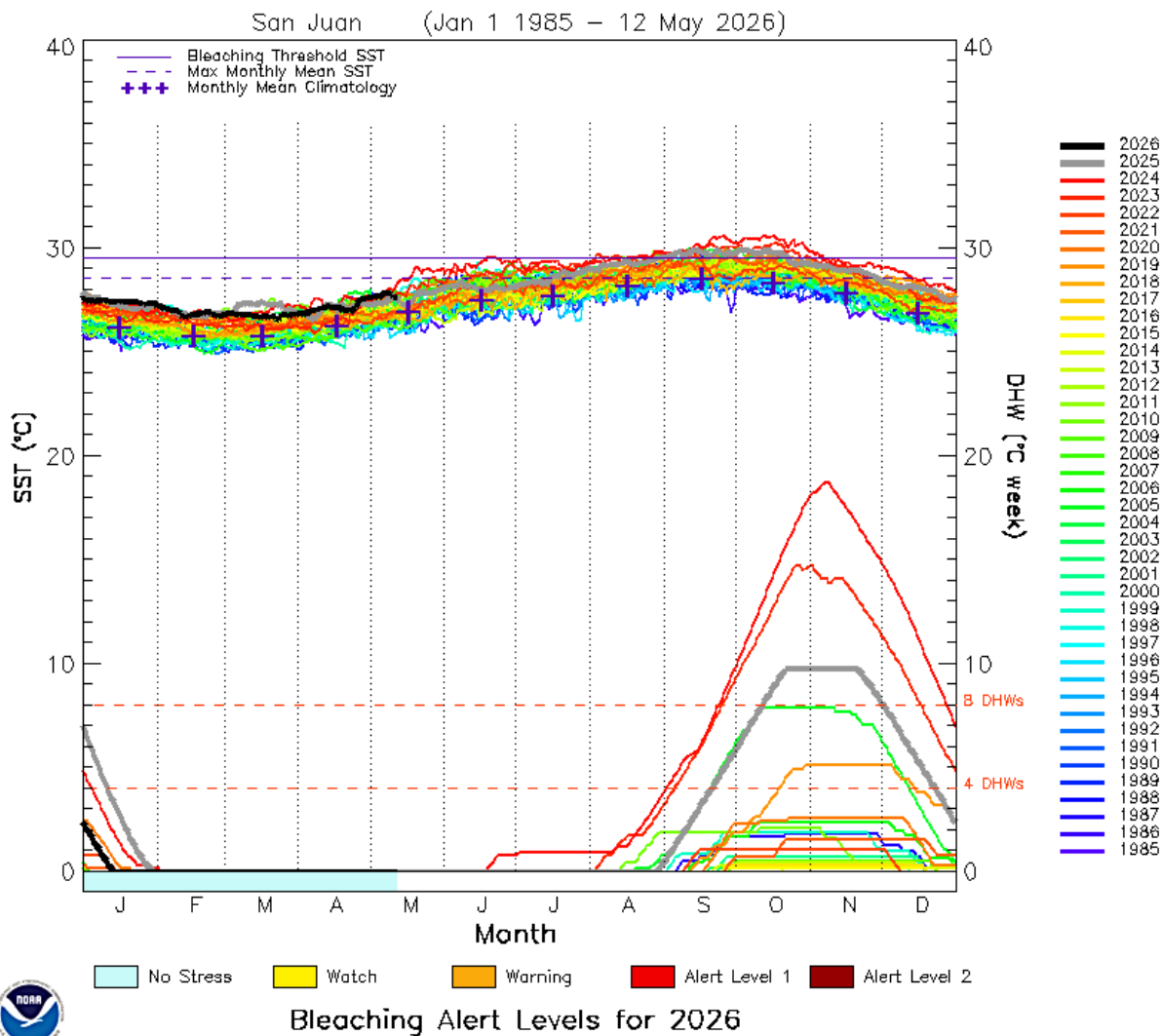


FIGURA 34. Variación anual en la temperatura promedio diaria del mar (1985-2024) y en la acumulación de semanas consecutivas de calor o “degree heating weeks” (DHWs) en la costa de San Juan (accedido el 13 de mayo de 2026).

[https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs\\_single\\_pixel\\_exp/puerto\\_rico.php#SanJuan](https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs_single_pixel_exp/puerto_rico.php#SanJuan)

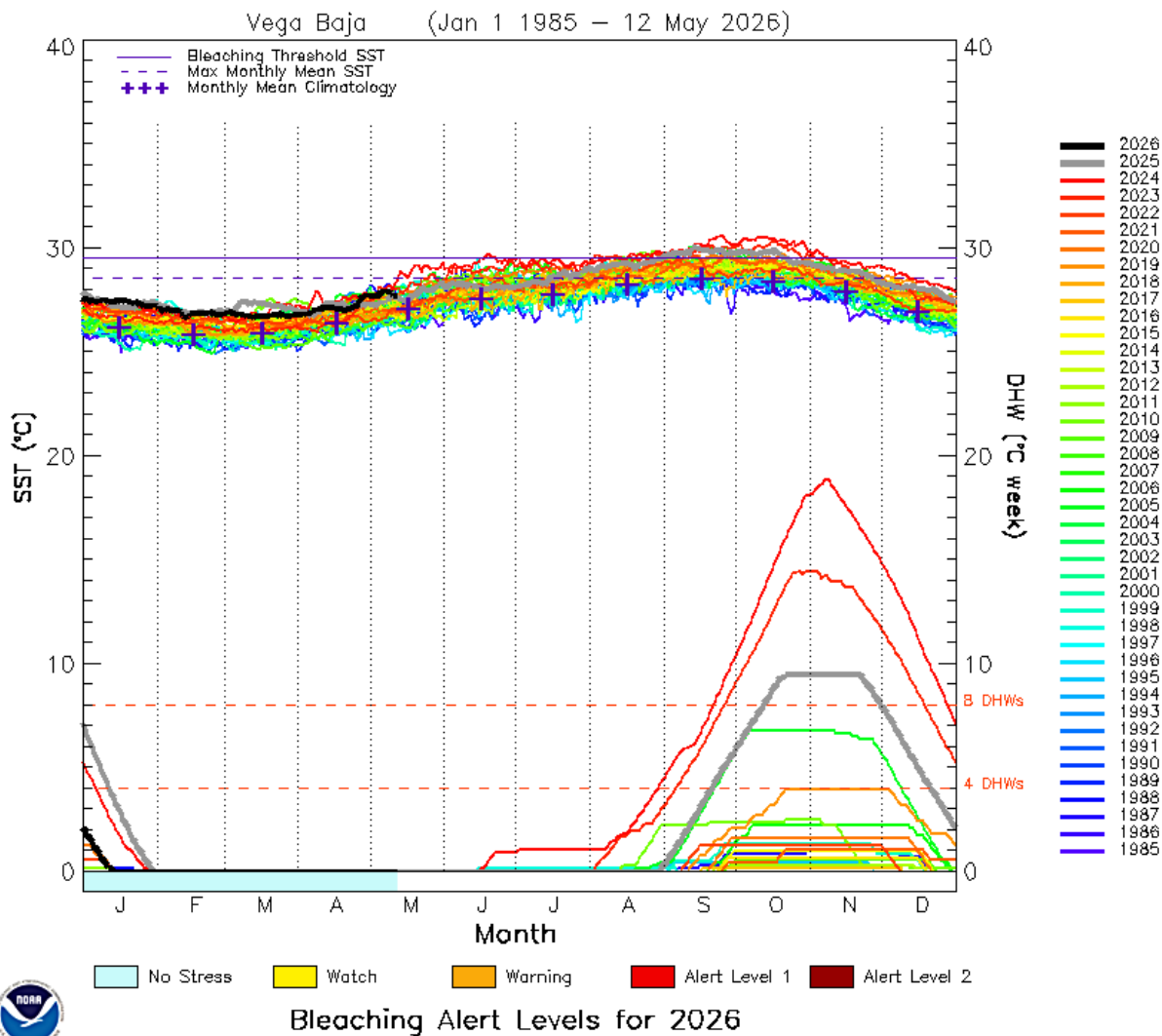


FIGURA 35. Variación anual en la temperatura promedio diaria del mar (1985-2024) y en la acumulación de semanas consecutivas de calor o “degree heating weeks” (DHWs) en la costa de Vega Baja (accedido el 13 de mayo de 2026).  
[https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs\\_single\\_pixel\\_exp/puerto\\_rico.php#VegaBaja](https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs_single_pixel_exp/puerto_rico.php#VegaBaja)

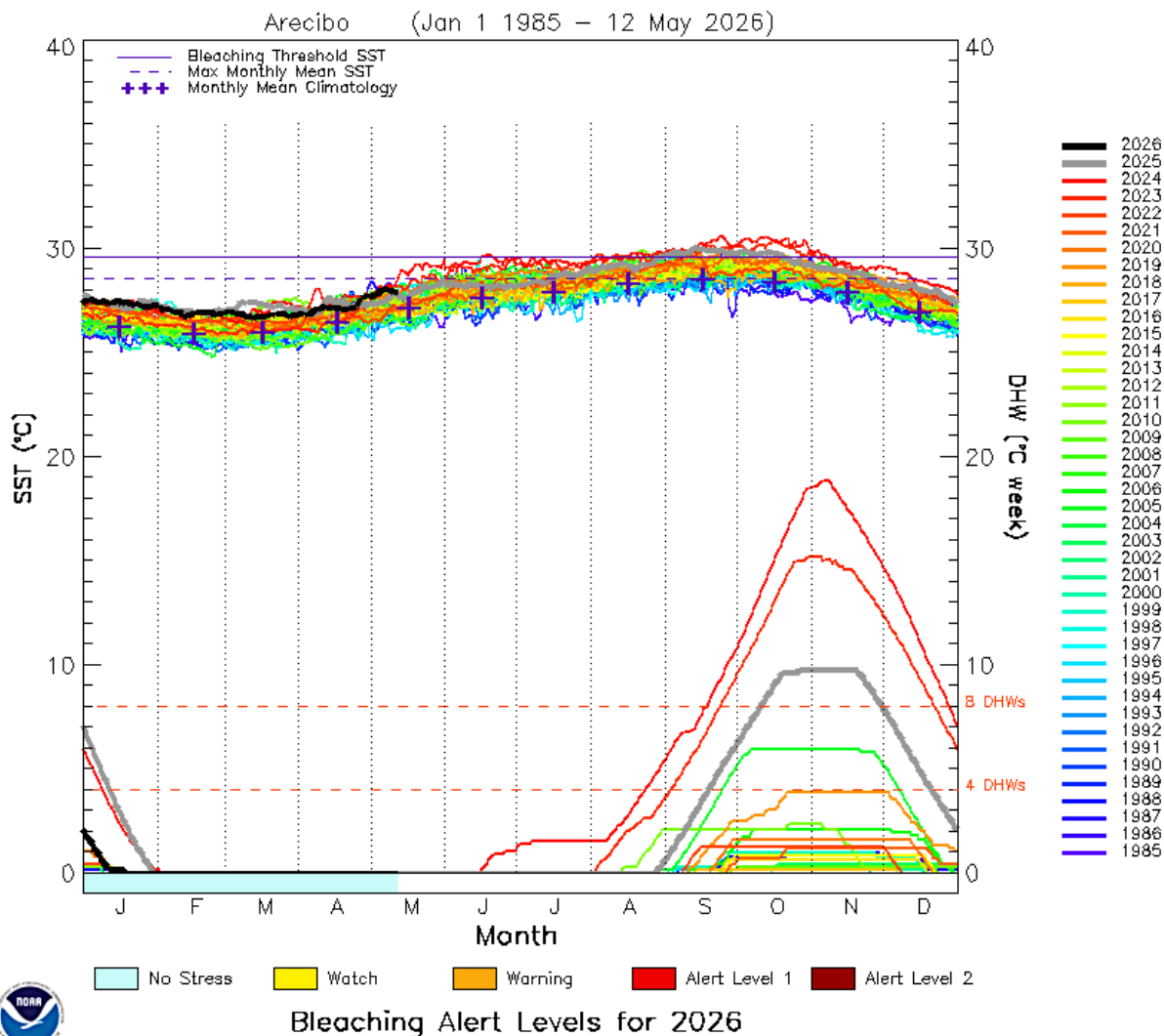


FIGURA 36. Variación anual en la temperatura promedio diaria del mar (1985-2024) y en la acumulación de semanas consecutivas de calor o “degree heating weeks” (DHWs) en la costa de Arcibo (accedido el 13 de mayo de 2026).  
[https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs\\_single\\_pixel\\_exp/puerto\\_rico.php#Arcibo](https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs_single_pixel_exp/puerto_rico.php#Arcibo)

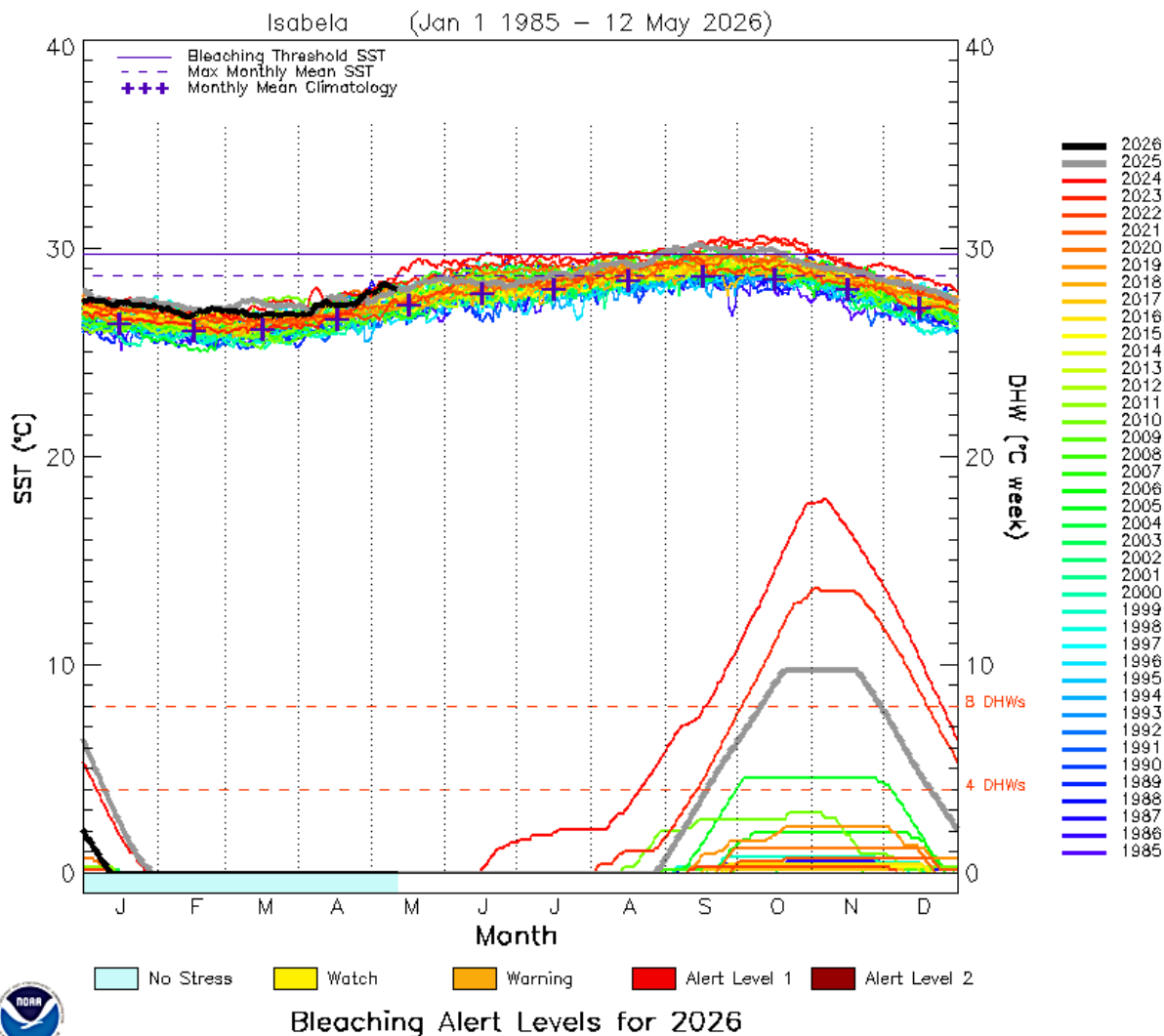


FIGURA 37. Variación anual en la temperatura promedio diaria del mar (1985-2024) y en la acumulación de semanas consecutivas de calor o “degree heating weeks” (DHWs) en la costa de Isabela (accedido el 13 de mayo de 2026).

[https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs\\_single\\_pixel\\_exp/puerto\\_rico.php#Isabela](https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs_single_pixel_exp/puerto_rico.php#Isabela)

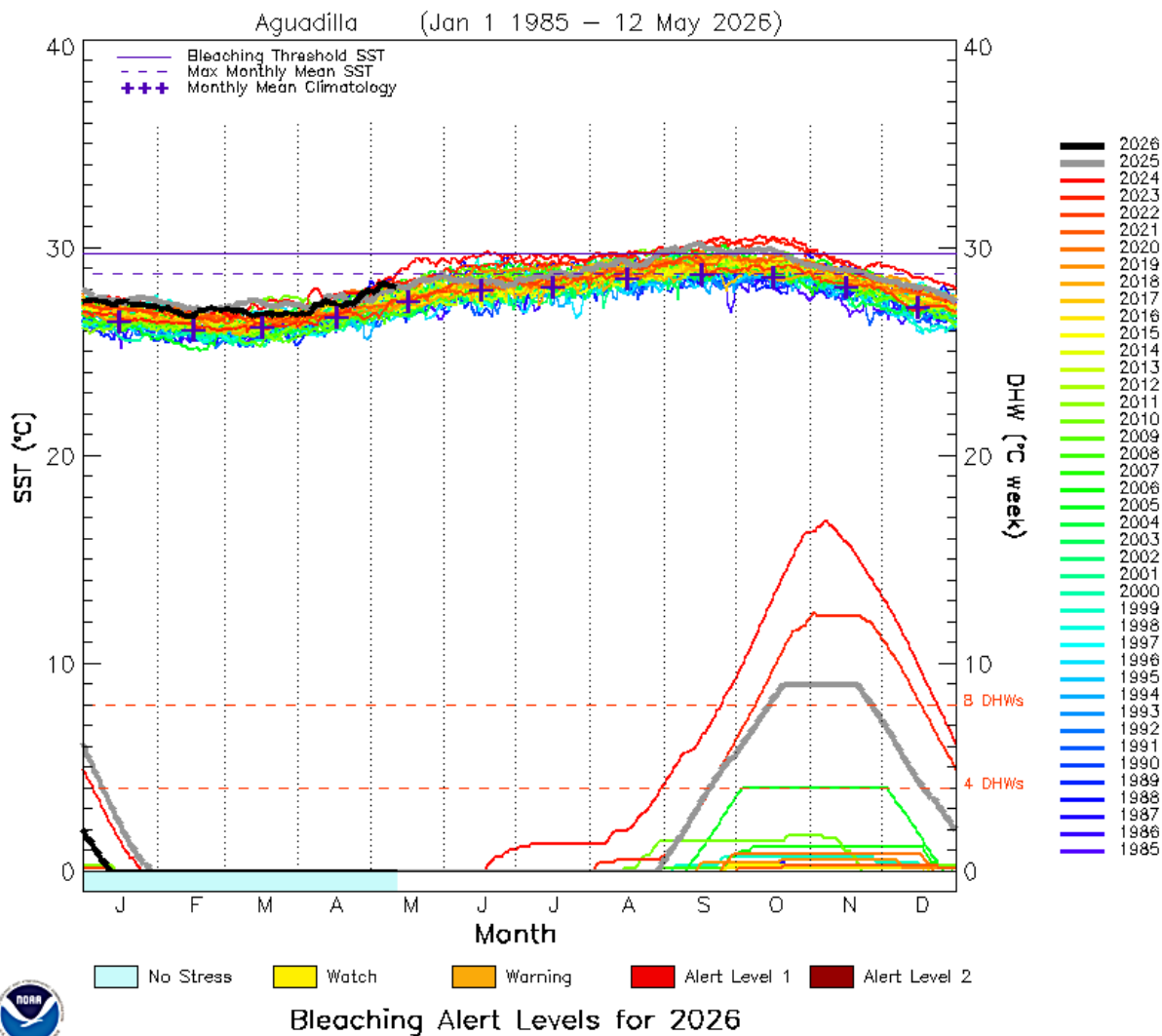


FIGURA 38. Variación anual en la temperatura promedio diaria del mar (1985-2024) y en la acumulación de semanas consecutivas de calor o “degree heating weeks” (DHWs) en la costa de Aguidilla (accedido el 13 de mayo de 2026).

[https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs\\_single\\_pixel\\_exp/puerto\\_rico.php#Aguidilla](https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs_single_pixel_exp/puerto_rico.php#Aguidilla)

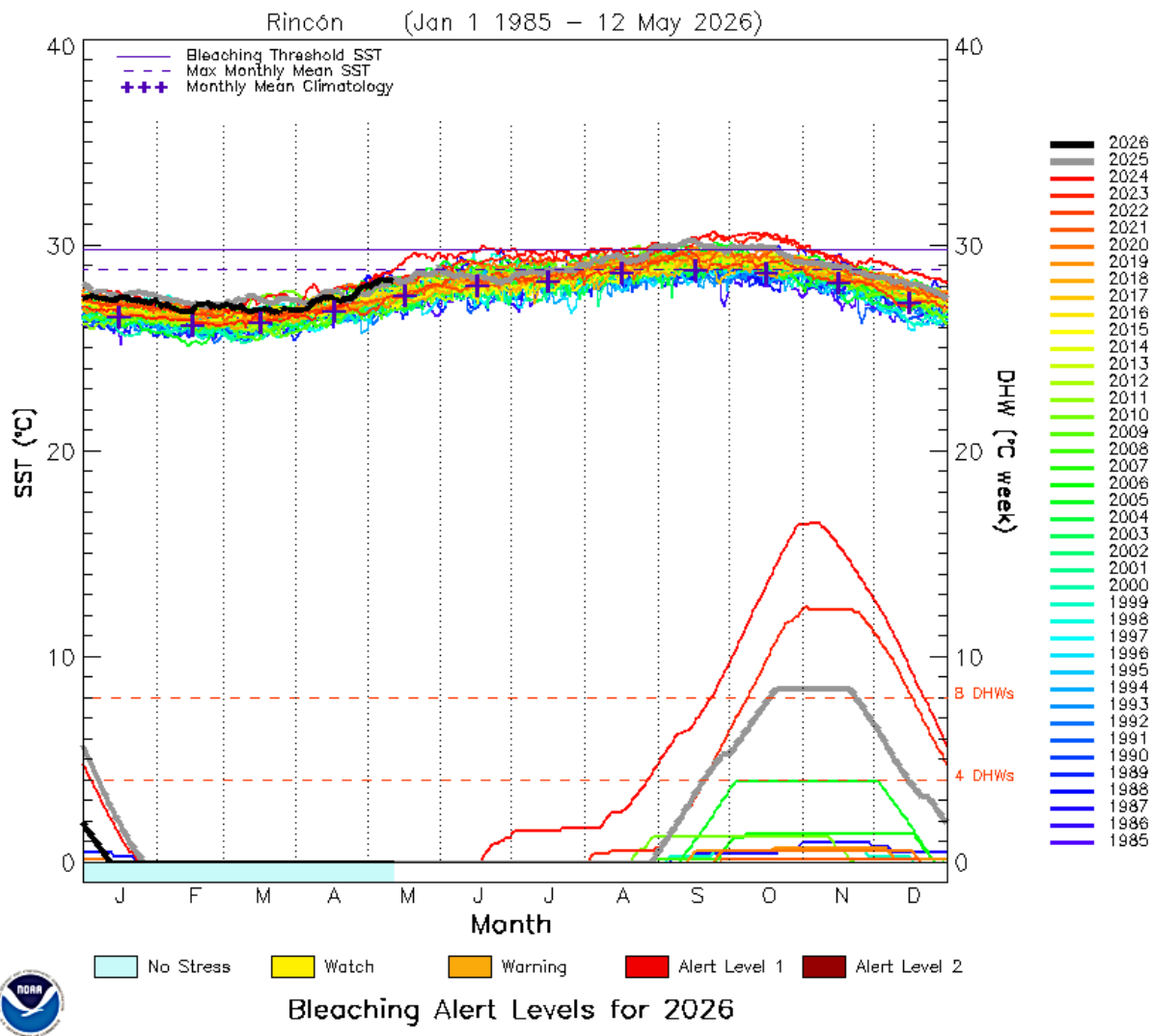


FIGURA 39. Variación anual en la temperatura promedio diaria del mar (1985-2024) y en la acumulación de semanas consecutivas de calor o “degree heating weeks” (DHWs) en la costa de Rincón (accedido el 13 de mayo de 2026).  
[https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs\\_single\\_pixel\\_exp/puerto\\_rico.php#Rincon](https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs_single_pixel_exp/puerto_rico.php#Rincon)

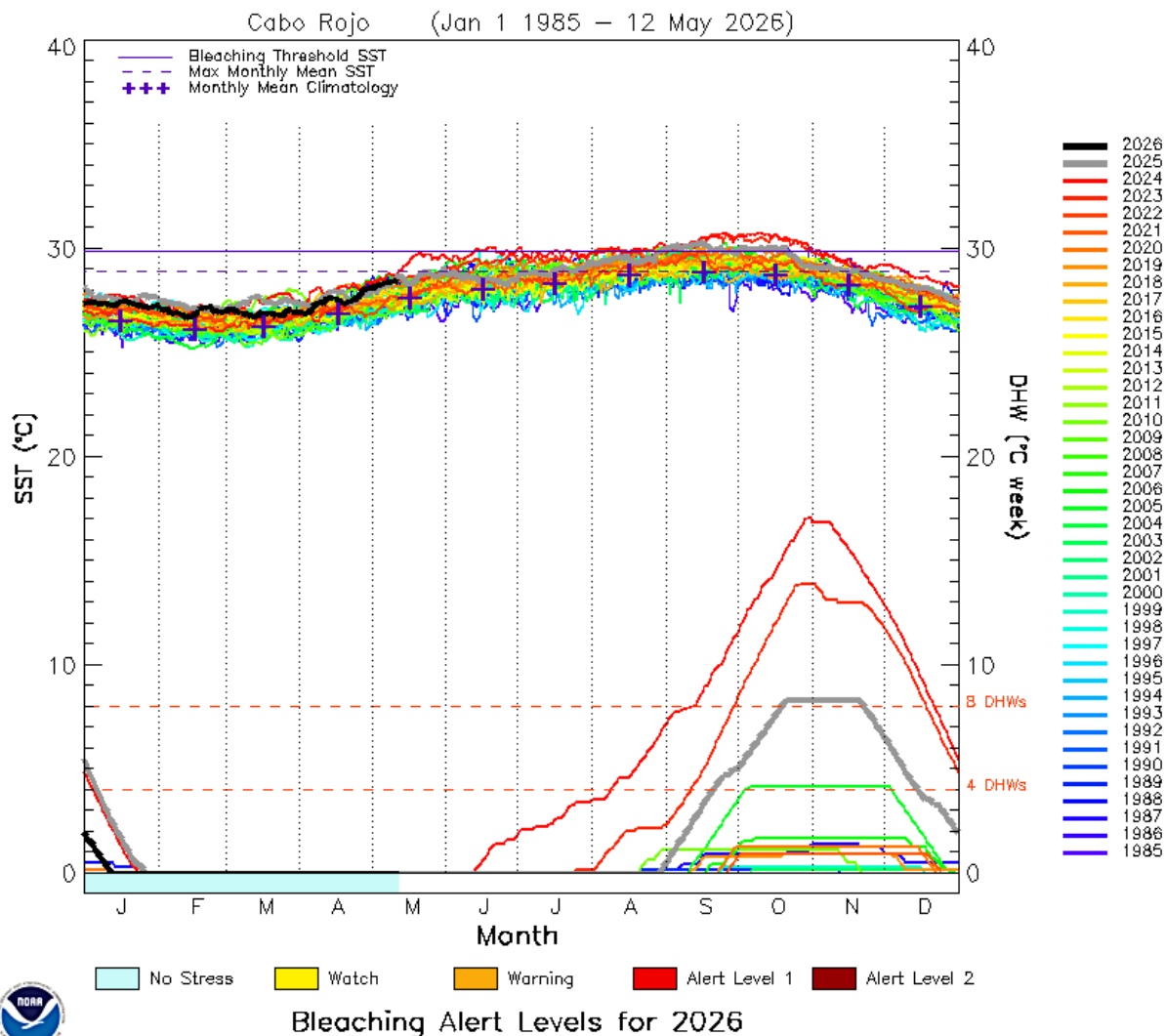


FIGURA 40. Variación anual en la temperatura promedio diaria del mar (1985-2024) y en la acumulación de semanas consecutivas de calor o “degree heating weeks” (DHWs) en la costa de Cabo Rojo (accedido el 13 de mayo de 2026).

[https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs\\_single\\_pixel\\_exp/puerto\\_rico.php#CaboRojo](https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs_single_pixel_exp/puerto_rico.php#CaboRojo)

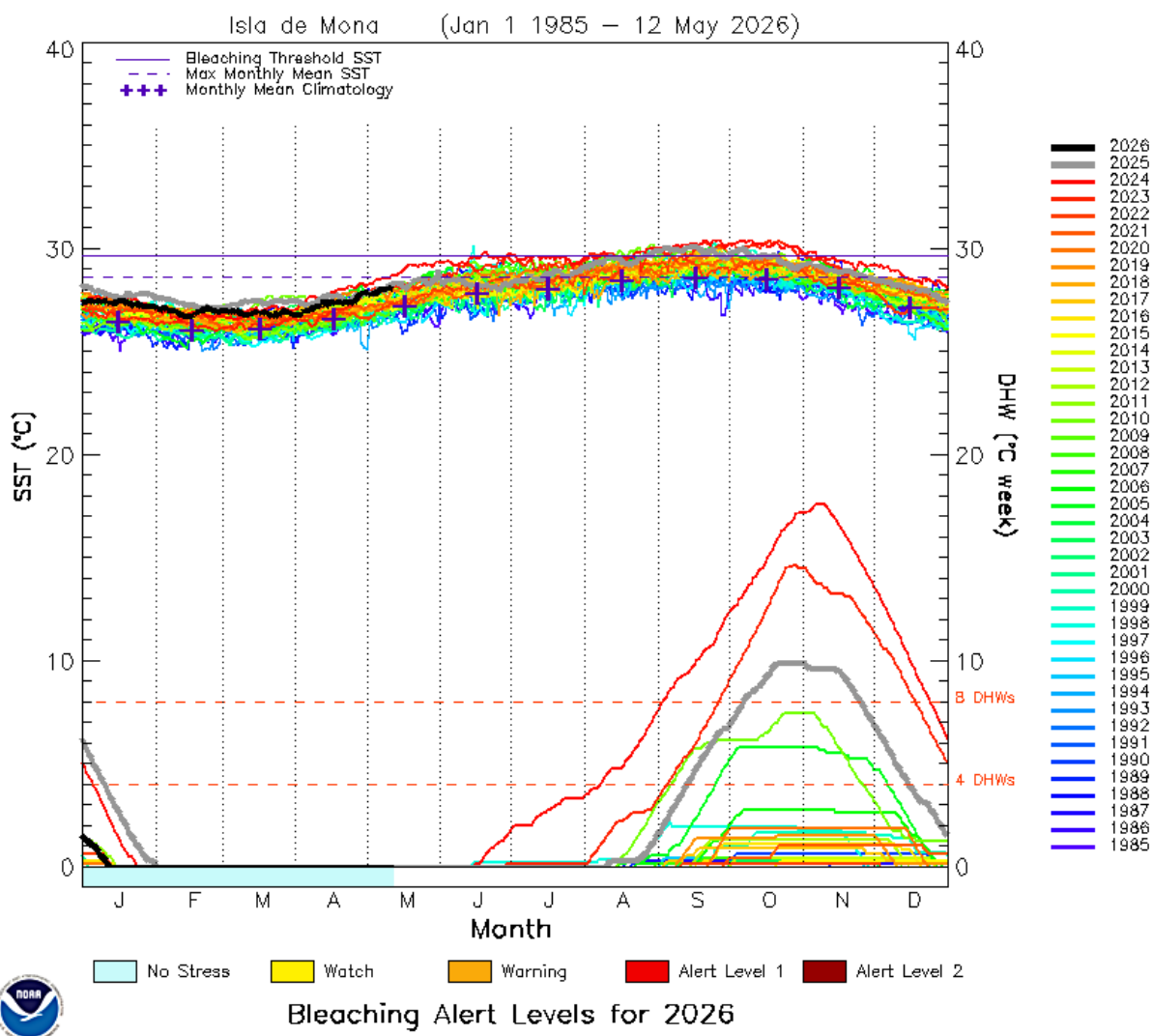


FIGURA 41. Variación anual en la temperatura promedio diaria del mar (1985-2024) y en la acumulación de semanas consecutivas de calor o “degree heating weeks” (DHWs) en la costa de Isla de Mona (accedido el 13 de mayo de 2026).  
[https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs\\_single\\_pixel\\_exp/puerto\\_rico.php#Mona](https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs_single_pixel_exp/puerto_rico.php#Mona)

## X. Proyecciones regionales de blanqueamiento de corales (mayo a agosto de 2026) – Coral Reef Watch Program (NOAA)

La Figura 42 ilustra la proyección que hizo a mediados de mayo de 2026 el CRWP de NOAA sobre los riesgos de blanqueamiento de corales para Puerto Rico durante el resto de la primavera y comienzos del verano de 2026. Esto muestra que todas las aguas de la isla se encuentran sin ningún tipo de estrés térmico, pero que las aguas al norte de Puerto Rico comenzarían gradualmente a mostrar condiciones estresantes para mediados de agosto, pero sin afectar aun a la plataforma insular.

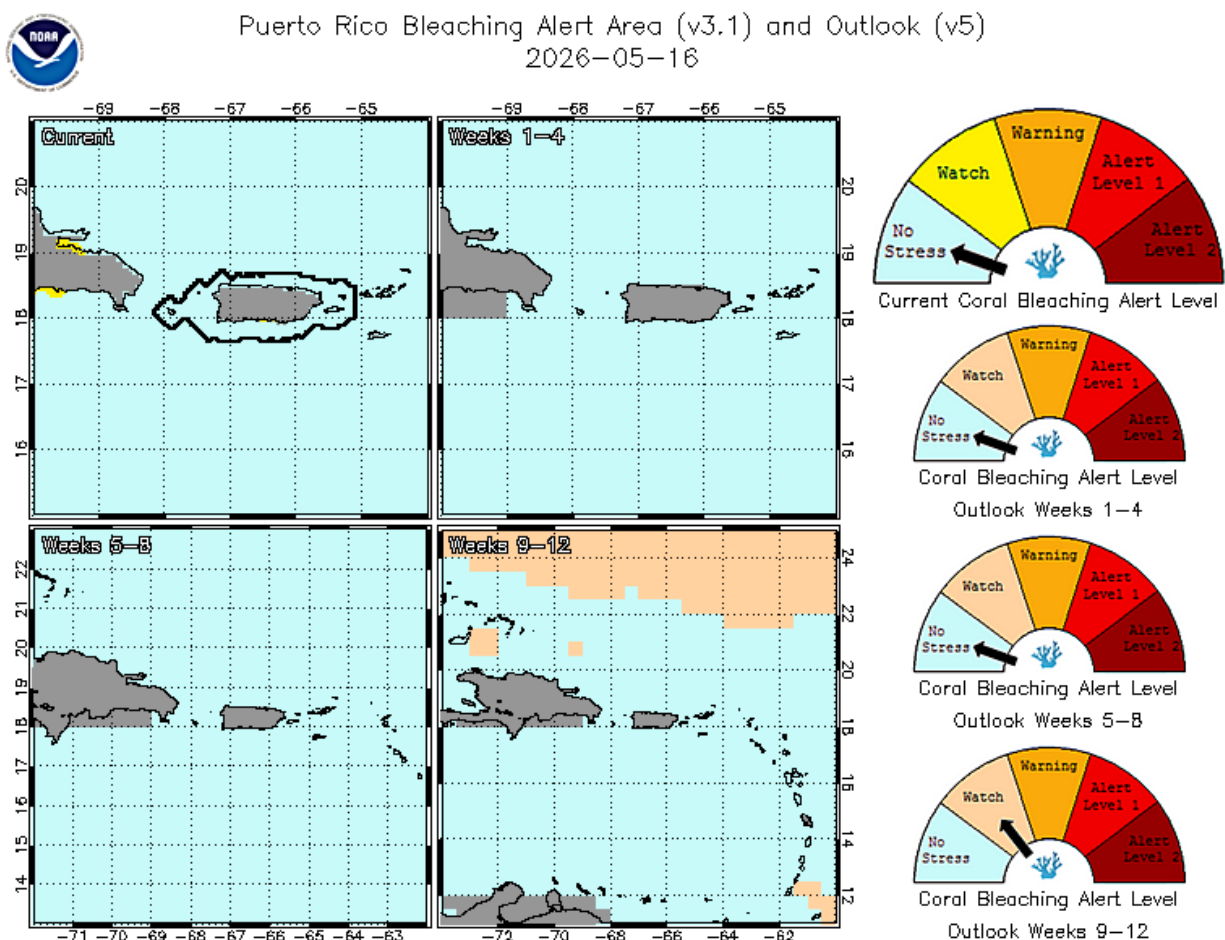


FIGURA 42. Proyecciones potenciales de las alertas de blanqueamiento para Puerto Rico para los meses de octubre a enero de 2026. Fuente: [https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs/gauges/puerto\\_rico.php](https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs/gauges/puerto_rico.php) (accedido: 18 de mayo de 2026).

De materializarse dicho escenario, el riesgo de un evento masivo de blanqueamiento de corales en la isla y en el noreste del Caribe durante el 2026 se mantendría aun mínimo y altamente dependiente de la evolución, extensión y magnitud de desarrollo del fenómeno de El Niño y sus consecuencias para el Caribe. De ahí la importancia de mantener vigilancia sobre las temperaturas del mar y aprovechar la

oportunidad para revisar y repasar los planes de contingencia para cualquier posible impacto de un blanqueamiento mayor nuevamente dentro de un mes o menos.

En la Figura 43a se documenta que para finales de octubre de 2025 una porción significativa del oeste y del este del Caribe habían alcanzado un nivel de **alerta 3 o 4 de blanqueamiento** de corales. Pero con la excepción de una pequeña porción de la costa norte de Puerto Rico que se encontraba bajo **alerta de blanqueamiento**, el resto de la isla estaba bajo **vigilancia**. En gran medida eso se debió a la atenuación térmica asociada al Huracán Melissa. A mediados de mayo de 2026 partes de la región oeste del Caribe ya se encontraban bajo **vigilancia de blanqueamiento**, mientras que algunas zonas amplias de la costa caribeña de Centro América ya se encontraban bajo **aviso de blanqueamiento**.

La Figura 44a evidencia que durante finales de octubre de 2025 se puede apreciar la extensión espacial de los puntos calientes en el noroeste del Caribe (+1 a +2°C, inclusive mayor) y en el este del Caribe con valores de +1.0 a +1.5°C, incluyendo todas las aguas de Puerto Rico, lo que resultó entonces en diversas alertas de blanqueamiento, las cuales ya habían atenuado para entonces. Sin embargo, en mayo de 2026 es la zona oeste del Caribe la que presenta un hot spot de +0.5 a +1.0°C, con las zonas de la costa caribeña centroamericana con valores de +1.0 a +1.5°C (Figura 44b).

La Figura 45a ilustra a finales de octubre de 2025 una gran parte del Caribe, incluyendo Puerto Rico, había acumulado de 5 a 8 DHWs bajo una **alerta 1 de blanqueamiento**, pero algunas zonas del este del Caribe alcanzaban de 8 a 10 DHWs bajo una **alerta 2 de blanqueamiento**. En Cuba acumulaban de 6 a 17 DHWs, entrando en una combinación de **alertas 1 a 4 de blanqueamiento**. Igualmente, algunas zonas de las costas de América Central acumulaban de 7 a 13 DHWs, en **alertas 1 a 3 de blanqueamiento**. Sin embargo, en mayo de 2026 solo las costas caribeñas de Centro América, partes de Colombia y las aguas alrededor de la Isla de la Juventud, en Cuba, ya han comenzado a acumular 1-2 DHWs (Figura 45b).

Los DHWs son una medida de la cantidad de calor acumulado en la capa superior del océano a lo largo del tiempo. Se calcula tomando la temperatura media semanal de la superficie del mar y restando una temperatura de referencia, normalmente la temperatura media de la superficie del mar durante un período de 30 años, o la máxima anual (MMM). Si la temperatura medida está por encima de la temperatura de referencia, la diferencia se considera una "anomalía positiva" y se multiplica por el número de semanas para obtener los grados de calentamiento por semana. Si la temperatura medida está por debajo de la temperatura de referencia, la diferencia se considera una "anomalía negativa" y no se cuenta.

Una acumulación de 4 DHWs puede resultar en un blanqueamiento parcial de algunas especies de corales. Una acumulación de 8 DHWs puede resultar en un blanqueamiento masivo de corales, mientras que una acumulación de 12 o más DHWs puede resultar en un evento significativo de mortalidad para muchos corales. Bajo las clasificaciones nuevas del CRWP, una acumulación por arriba de 12 o de 16 semanas podría resultar en una mortandad severa a catastrófica de corales. Dicho efecto se magnifica aún más si la acumulación alcanza 16 a 20 semanas o si excede de 20 semanas.

El DHW se utiliza como una herramienta para monitorear y predecir el potencial de desarrollo de eventos de blanqueamiento de corales. Los arrecifes de coral son sensibles a los cambios en la temperatura del océano, por ejemplo, durante eventos de El Niño, y la exposición prolongada a altas temperaturas y a la irradiación solar puede hacer que el coral expulse las algas simbióticas que les proporcionan nutrientes y les dan su color, lo que provoca la decoloración y, potencialmente, la muerte del coral, de ser un evento muy prolongado. Cuanto mayor sea la acumulación de DHWs, mayor será la probabilidad de blanqueamiento de corales.

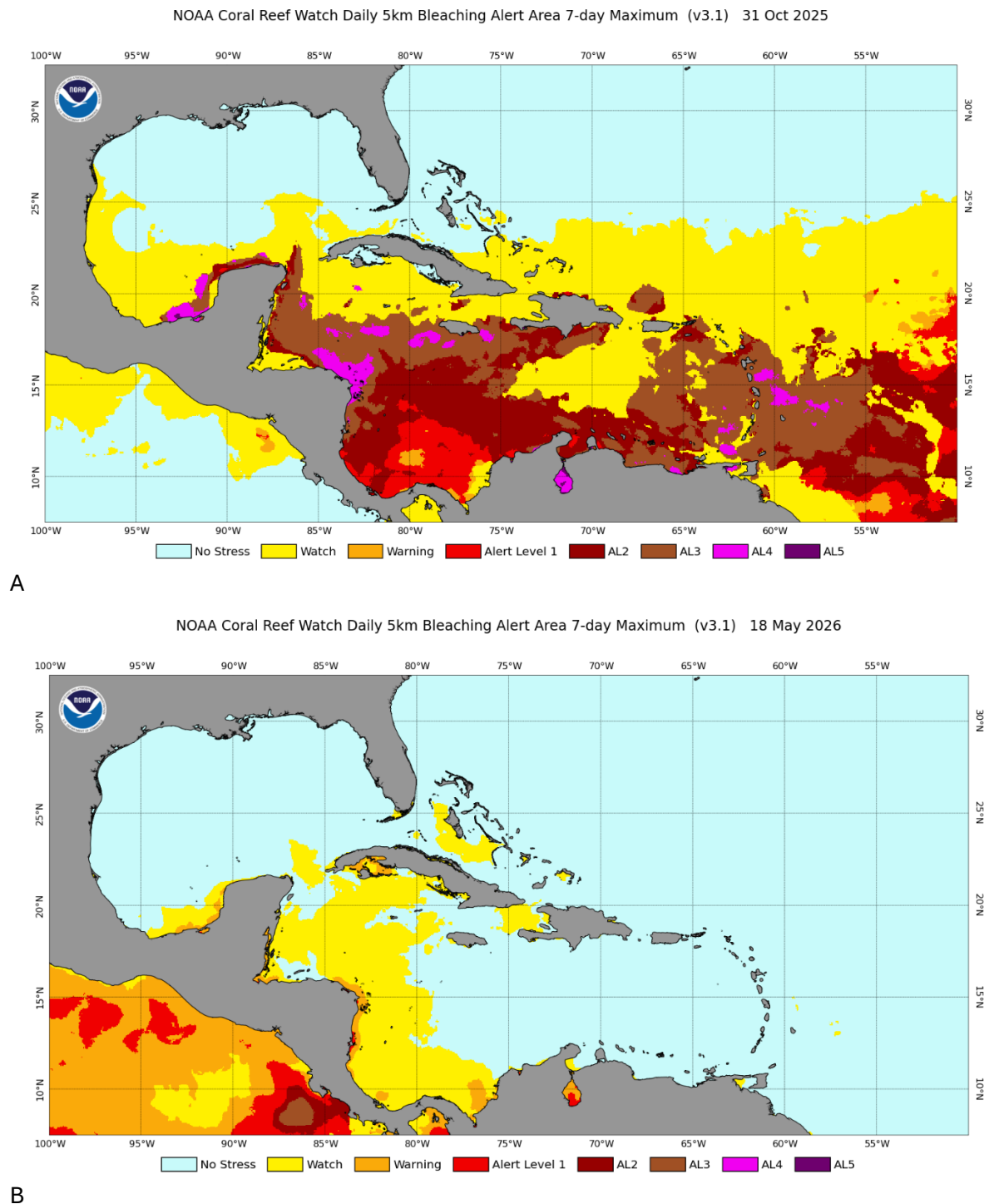


FIGURA 43. Areas bajo alertas de blanqueamiento de corales en el Caribe, basado en el NOAA Coral Reef Watch Program. Accedido: A) 1 de noviembre de 2025; B) 19 de mayo de 2026. Fuente: [https://coralreefwatch.noaa.gov/data\\_current/5km/v3.1\\_op/daily/png/ct5km\\_baa5-max-7d\\_v3.1\\_caribbean\\_current.png](https://coralreefwatch.noaa.gov/data_current/5km/v3.1_op/daily/png/ct5km_baa5-max-7d_v3.1_caribbean_current.png)

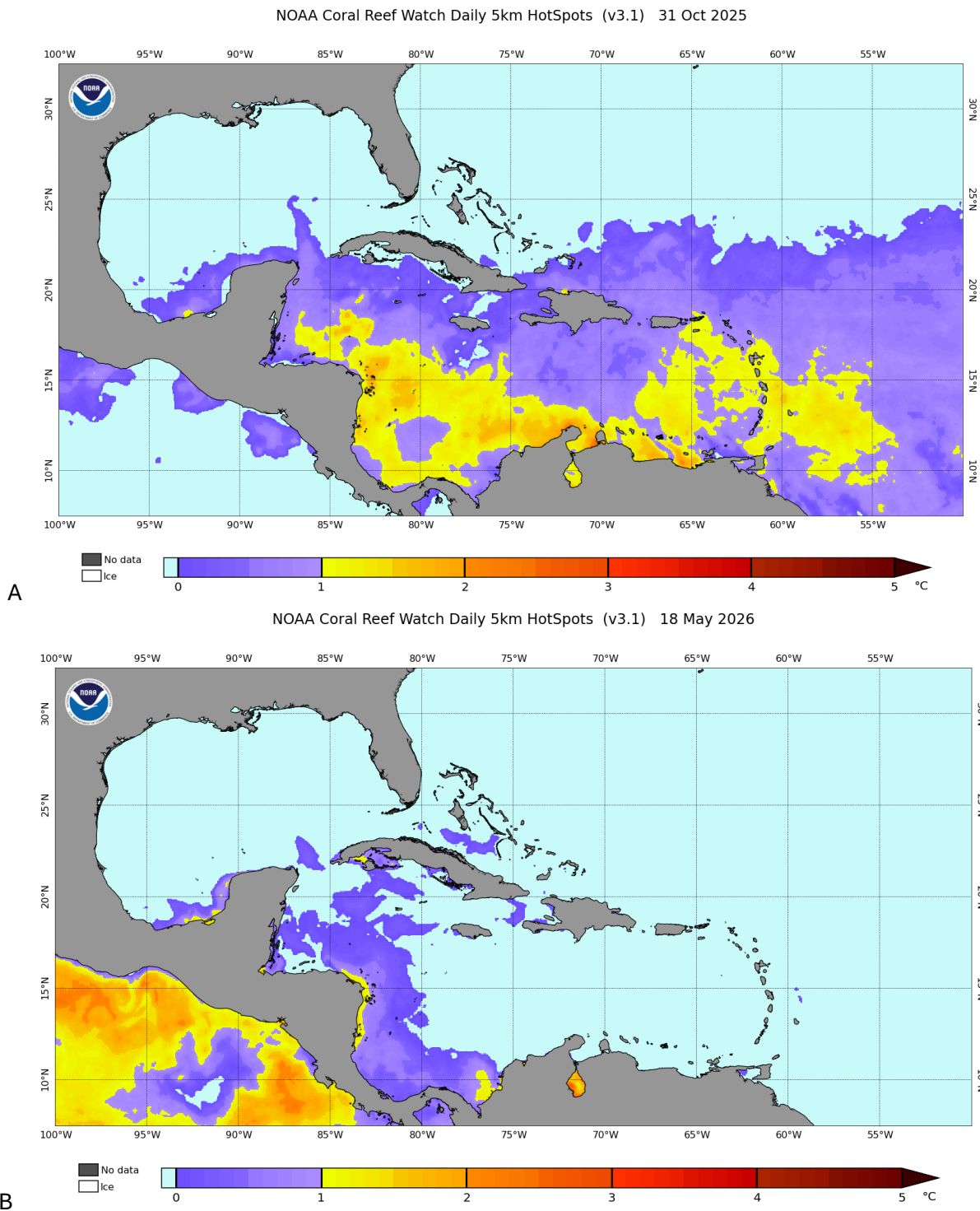


FIGURA 44. Areas bajo alertas de puntos calientes (“hot spots”) conducentes al blanqueamiento de corales en el Caribe basado en el NOAA Coral Reef Watch Program. Accedido: A) 1 de noviembre de 2025; B) 19 de mayo de 2026. Fuente: [https://coralreefwatch.noaa.gov/data\\_current/5km/v3.1\\_op/daily/png/ct5km\\_hs\\_v3.1\\_caribbean\\_current.png](https://coralreefwatch.noaa.gov/data_current/5km/v3.1_op/daily/png/ct5km_hs_v3.1_caribbean_current.png)

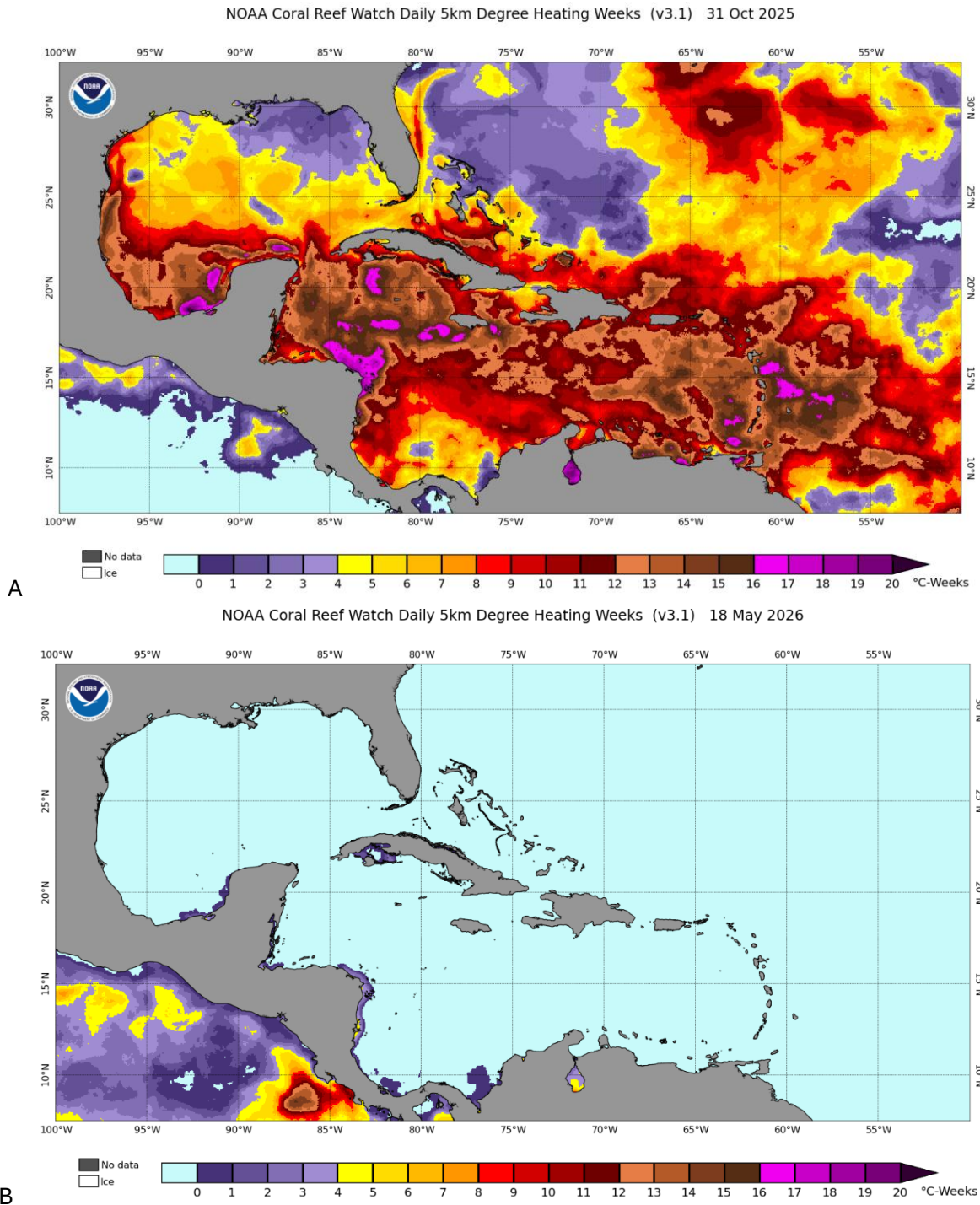


FIGURA 45. Areas bajo alertas de acumulación de semanas consecutivas de calor (“degree heating weeks”, o DHWs, por sus siglas en inglés) conducentes al blanqueamiento de corales, basado en el NOAA Coral Reef Watch Program. Accedido: A) 1 de noviembre de 2025; B) 19 de mayo de 2026. Fuente: [https://coralreefwatch.noaa.gov/data\\_current/5km/v3.1\\_op/daily/png/ct5km\\_dhw\\_v3.1\\_caribbean\\_current.png](https://coralreefwatch.noaa.gov/data_current/5km/v3.1_op/daily/png/ct5km_dhw_v3.1_caribbean_current.png)

El DHW generalmente se informa como una medida acumulativa durante un período de tiempo, como un mes o una temporada. Un DHW de 4 semanas se considera el umbral para el potencial de blanqueamiento significativo de corales. Cualquier acumulación mayor puede tener efectos devastadores en los arrecifes de coral. El DHW se utiliza junto con otras medidas, como las anomalías de la temperatura de la superficie del mar y los patrones de las corrientes oceánicas, para proporcionar una imagen completa del potencial de eventos de blanqueamiento de corales.

El CRWP también proyectaba a mediados de mayo de 2026 que existía un 90% o más de probabilidad de que el norte del Caribe, las Bahamas, el oeste del Caribe y quizás las Antillas Menores alcancen entre mayo y agosto una condición de **vigilancia de blanqueamiento**, esto sujeto a la evolución, extensión y magnitud del desarrollo de El Niño (Figura 46). También el noroeste de las Bahamas podría alcanzar una condición de **aviso de blanqueamiento**.

2026 May 12 NOAA 90% Probability Coral Bleaching Heat Stress for May–Aug 2026  
Experimental, v5.0, CFSv2–based, 28 to 112 Ensemble Members

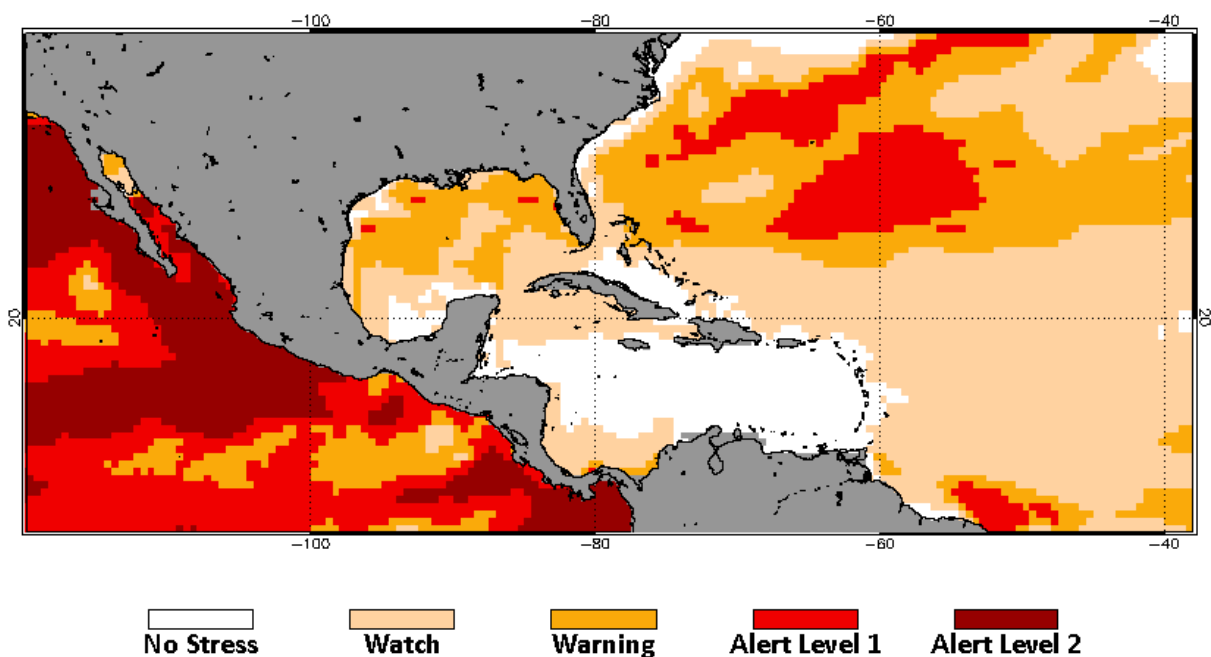


FIGURA 46. Proyección de probabilidad de 90% o mayor de estrés térmico conducente al blanqueamiento de los corales en el Caribe para el período de agosto a noviembre de 2026. Accedido: 13 de mayo de 2026. Fuente: [https://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/bleachingoutlook\\_cfs/current\\_image/cur\\_cfsv2\\_outlook-4mon\\_v5\\_90pct\\_caribbean.gif](https://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/bleachingoutlook_cfs/current_image/cur_cfsv2_outlook-4mon_v5_90pct_caribbean.gif)

Este escenario también sugería un 60% de probabilidad de que gran parte del del Caribe, incluyendo a Puerto Rico, América Central y del Sur, y la Península de Yucatán se encuentren bajo al menos una **vigilancia de blanqueamiento** entre mayo y agosto de 2026, con zonas al noroeste de las Bahamas bajo **aviso de blanqueamiento** o bajo **alerta 1 de blanqueamiento** (Figura 47).

2026 May 12 NOAA 60% Probability Coral Bleaching Heat Stress for May–Aug 2026  
Experimental, v5.0, CFSv2-based, 28 to 112 Ensemble Members

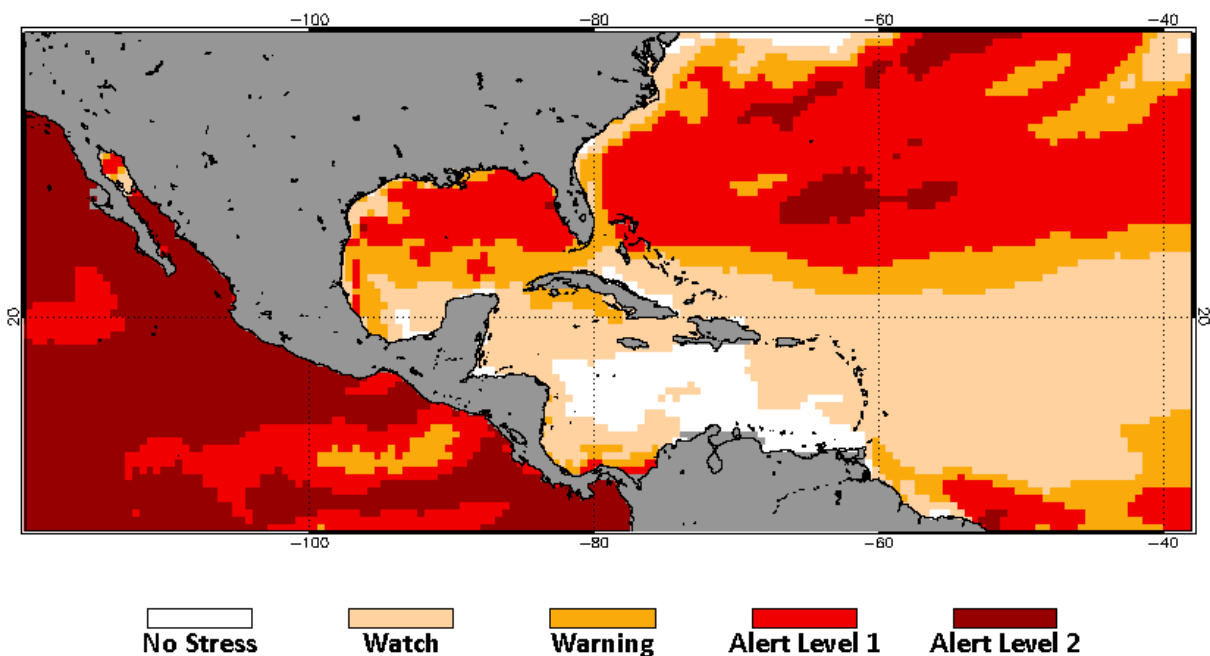


FIGURA 47. Proyección de probabilidad de 60% o mayor de estrés térmico conducente al blanqueamiento de los corales en el Caribe para el período de agosto a noviembre de 2026. Accedido: 13 de mayo de 2026. Fuente: [https://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/bleachingoutlook\\_cfs/current\\_image/cur\\_cfsv2\\_outlook-4mon\\_v5\\_60pct\\_caribbean.gif](https://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/bleachingoutlook_cfs/current_image/cur_cfsv2_outlook-4mon_v5_60pct_caribbean.gif)

La probabilidad proyectada de alcanzar una **alerta 2 de blanqueamiento** entre mayo y agosto de 2026 es aun inexistente a través del Caribe, pero ya evidencia un 20 a 40% en la Florida y en el noroeste de las Bahamas (Figura 48).

La probabilidad de alcanzar al menos un nivel de **alerta 1 o 2 de blanqueamiento** durante el período entre mayo y octubre de 2026 fluctúa entre 50 y 80% para la zona de la Florida y el Golfo de México y la zona noroeste de las Bahamas. Para la zona de Puerto Rico y gran parte del Caribe esa probabilidad aun es nula (Figura 49).

2026 May 12 NOAA Coral Bleaching Heat Stress Probabilities (Alert 2) for May–Aug  
Experimental, v5.0, CFSv2–based, 28 to 112 Ensemble Members

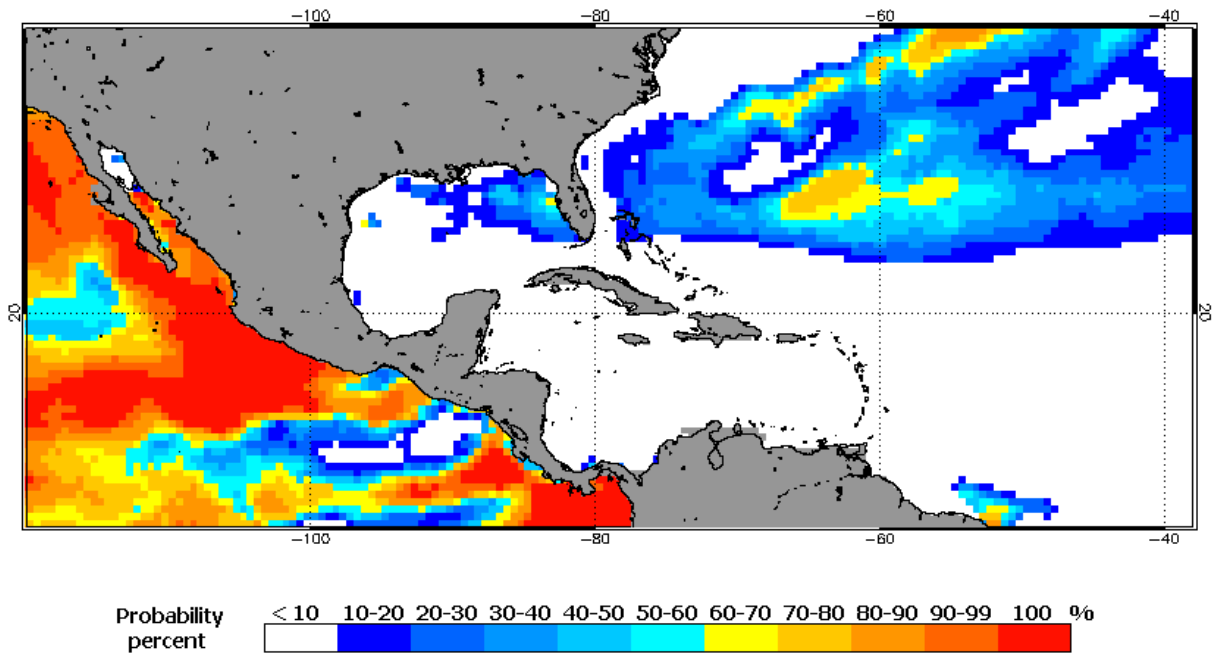


FIGURA 48. Proyección de probabilidad de emisión de una alerta de nivel 2 de blanqueamiento inminente de los corales en el Caribe para el período de agosto a noviembre de 2026. Accedido: 13 de mayo de 2026. Fuente: [https://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/bleachingoutlook\\_cfs/current\\_image/cur\\_cfsv2\\_prob-4mon\\_v5\\_alertlevel2\\_caribbean.gif](https://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/bleachingoutlook_cfs/current_image/cur_cfsv2_prob-4mon_v5_alertlevel2_caribbean.gif)

2026 May 12 NOAA Coral Bleaching Heat Stress Probabilities (Alert 1 & 2) for May–Aug  
Experimental, v5.0, CFSv2–based, 28 to 112 Ensemble Members

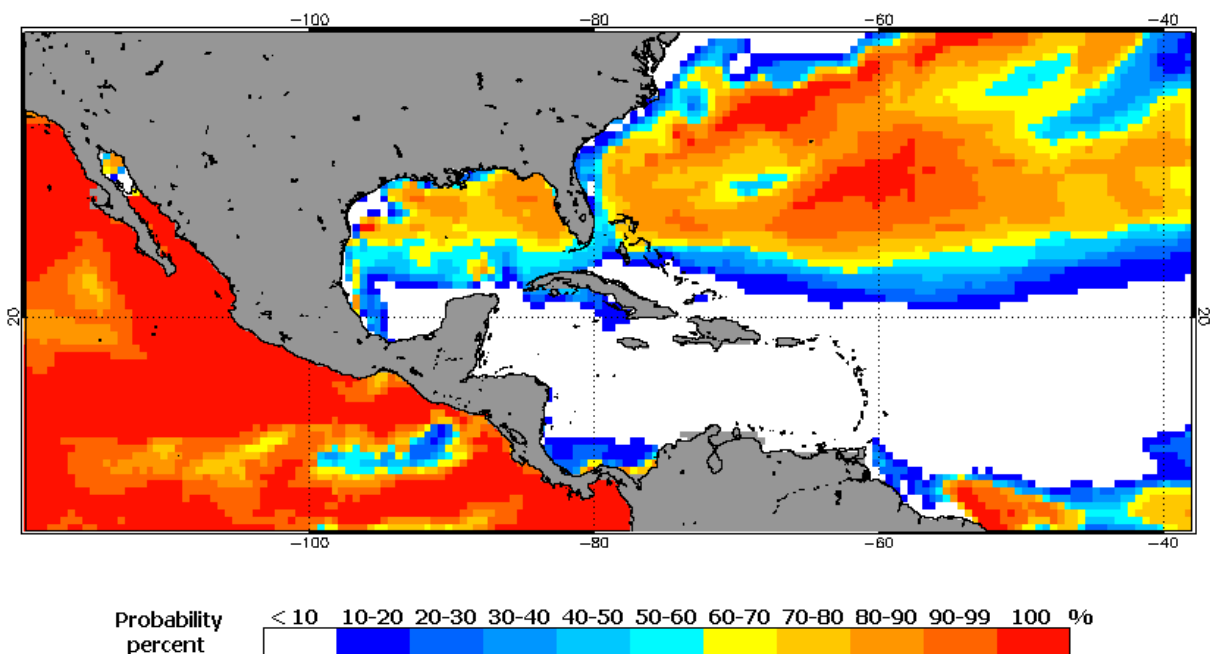


FIGURA 49. Proyección de probabilidad de emisión de una alerta de nivel 1 o 2 de blanqueamiento inminente de los corales en el Caribe para el período de agosto a noviembre de 2026. Accedido: 13 de mayo de 2026. Fuente: [https://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/bleachingoutlook\\_cfs/current\\_image/cur\\_cfsv2\\_prob-4mon\\_v5\\_alertlevel1\\_caribbean.gif](https://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/bleachingoutlook_cfs/current_image/cur_cfsv2_prob-4mon_v5_alertlevel1_caribbean.gif)

El riesgo de alcanzar al menos un **aviso de blanqueamiento** de corales o mayor entre mayo y agosto de 2026 es de 60 a 100% para la zona del Golfo de México y Florida y 10 a 70% para el noroeste del Caribe (Figura 50). Para la zona de Puerto Rico, y gran parte del este del Caribe apenas es de 10 a 20% a esta fecha.

En la Figura 51 se proyecta que para el mismo período la probabilidad al menos de una emisión de una **vigilancia de blanqueamiento** o mayor durante alcanza de 80 a 100% para gran parte del Golfo de México y el Caribe, de 10 a 80% en algunas zonas del centro del Caribe, y de 60 a 80% alrededor de Puerto Rico.

2026 May 12 NOAA Coral Bleaching Heat Stress Probabilities (Warning & Higher) for May–Aug  
Experimental, v5.0, CFSv2–based, 28 to 112 Ensemble Members

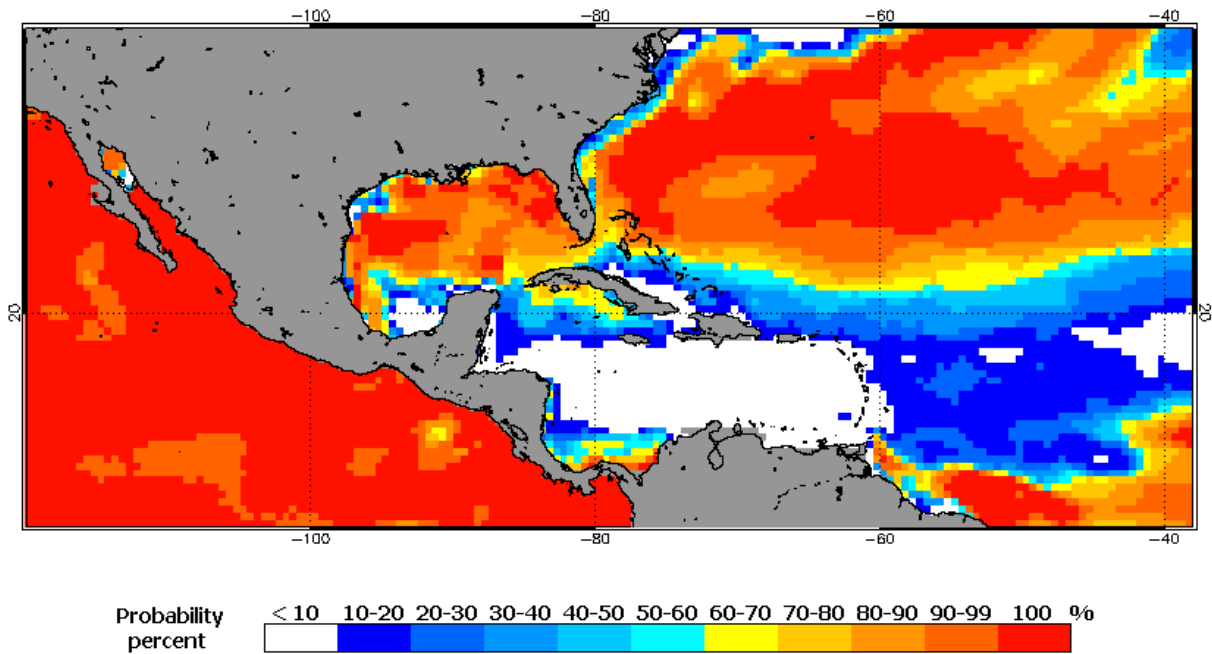


FIGURA 50. Proyección de probabilidad de emisión de al menos un aviso o mayor de blanqueamiento inminente de los corales en el Caribe para el período de agosto a noviembre de 2026. Accedido: 13 de mayo de 2026. Fuente: [https://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/bleachingoutlook\\_cfs/current\\_image/cur\\_cfsv2\\_prob-4mon\\_v5\\_warning\\_caribbean.gif](https://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/bleachingoutlook_cfs/current_image/cur_cfsv2_prob-4mon_v5_warning_caribbean.gif)

2026 May 12 NOAA Coral Bleaching Heat Stress Probabilities (Watch & Higher) for May–Aug  
 Experimental, v5.0, CFSv2–based, 28 to 112 Ensemble Members

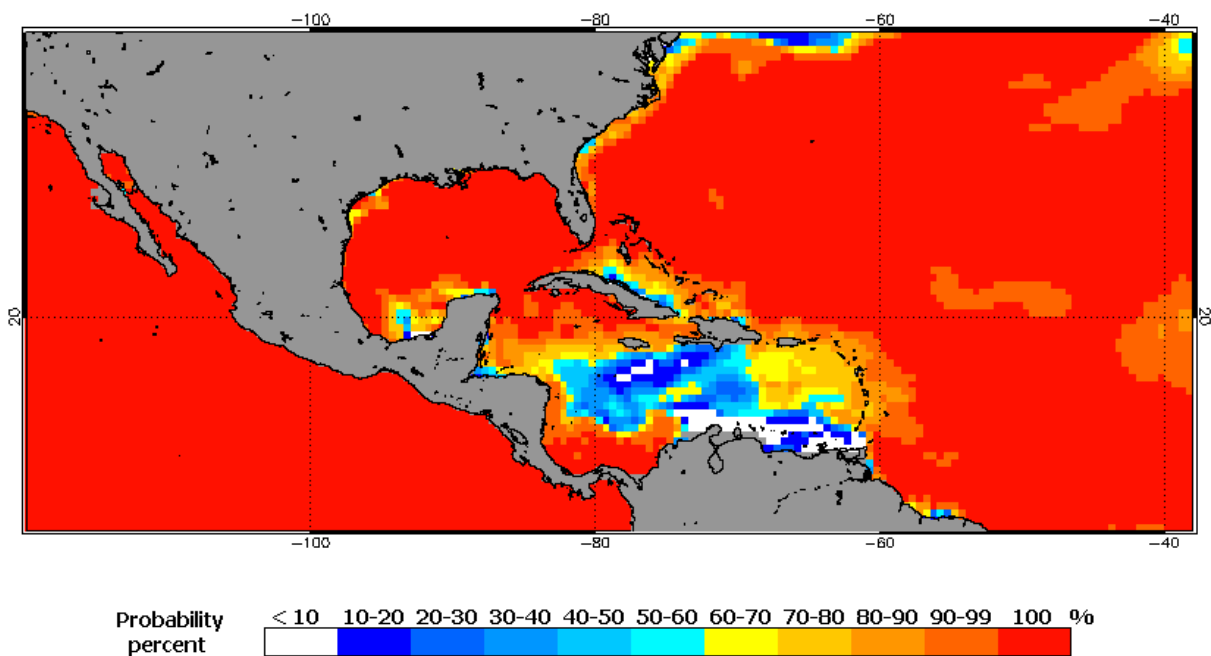


FIGURA 51. Proyección de probabilidad de emisión de al menos una vigilancia o mayor de blanqueamiento inminente de los corales en el Caribe para el periodo de agosto a noviembre de 2026. Accedido: 13 de mayo de 2026 Fuente: [https://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/bleachingoutlook\\_cfs/current\\_image/cur\\_cfsv2\\_prob-4mon\\_v5\\_watch\\_caribbean.gif](https://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/bleachingoutlook_cfs/current_image/cur_cfsv2_prob-4mon_v5_watch_caribbean.gif)

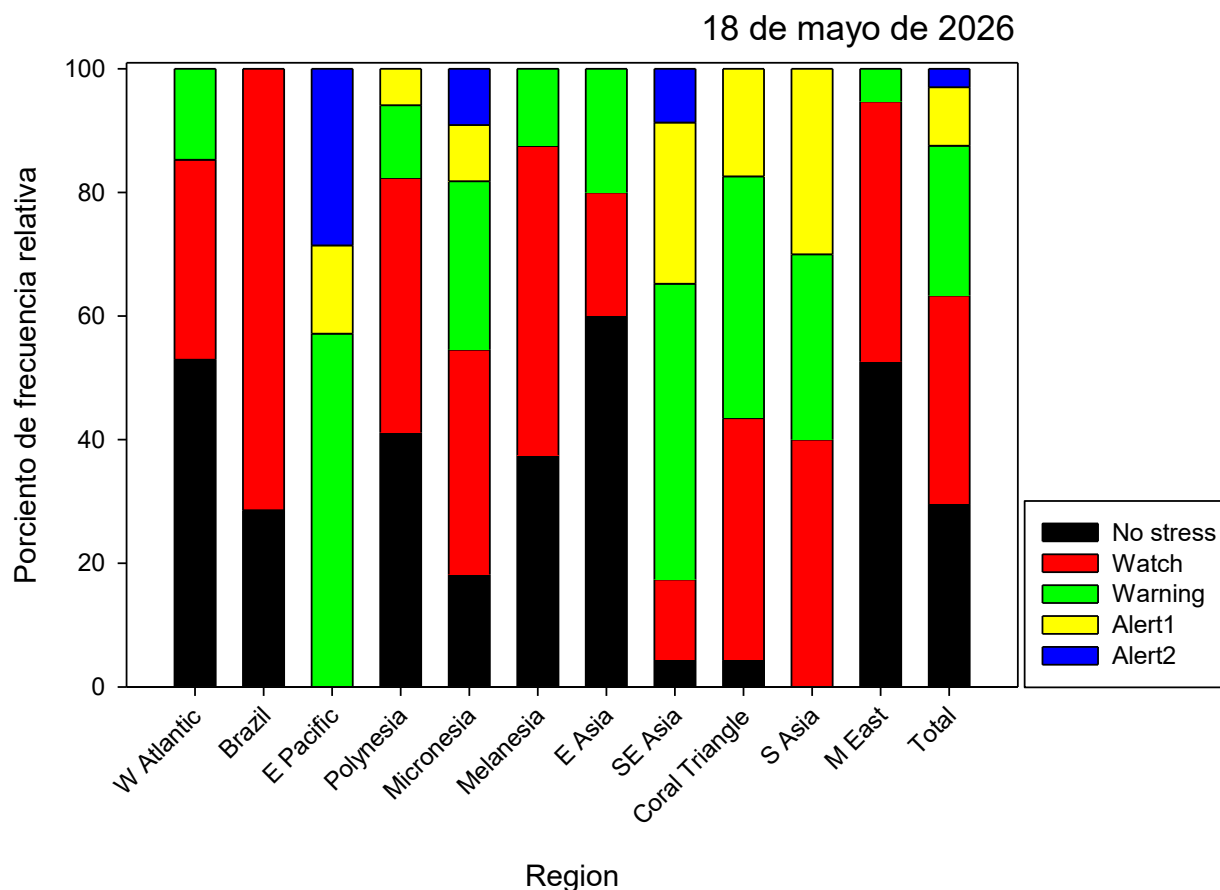


FIGURA 52. Clasificación de riesgos de blanqueamiento de corales a través de 11 regiones del planeta (N=169 estaciones de monitoreo de temperatura del agua). Fuente: <https://coralreefwatch.noaa.gov/product/vs/data.php> (accedido: 18 de mayo de 2026).

La Figura 52 resume los riesgos de blanqueamiento de corales a finales de mayo de 2026 para un total de 169 localidades a través de 11 regiones biogeográficas a escala global. Este análisis refleja que para entonces 29.6% de las estaciones de monitoreo de temperatura del mar del hemisferio norte del planeta que no mostraban ningún tipo de estrés térmico, pero 70.6% tenían algún grado de estrés. De estas últimas, 33.7% se encontraban bajo una **vigilancia de blanqueamiento**, 24.3% estaban bajo **aviso de blanqueamiento**, 9.5% bajo **alerta 1 de blanqueamiento** y 3.0% bajo **alerta 2 de blanqueamiento**. Para la región del oeste del Atlántico, durante mediados de mayo de 2026 el 52.9% no mostraban aún estrés térmico, 32.4% estaban bajo **vigilancia de blanqueamiento** y 14.7% estaban bajo **aviso de blanqueamiento**. Ninguna estación se encontraba bajo algún nivel de alerta. Estos resultados sugieren aún un riesgo mínimo para la región del Caribe, incluyendo a Puerto Rico, de que pueda ocurrir un evento mayor de blanqueamiento de corales durante los meses entre septiembre y noviembre. Sin embargo, esto tiene una amplia incertidumbre ya que en gran medida esto va a depender del desarrollo, extensión y magnitud de El Niño.

## XI. Extensión batimétrica de las capas de aguas cálidas en el Atlántico tropical y el Caribe

La Figura 53 ilustra la extensión espacial y batimétrica (profundidad) a través del Caribe y del Atlántico tropical del contenido de calor acumulado en el océano a mediados de mayo de 2026, medido en kilojulios por  $\text{cm}^{-2}$ . La mitad este del Océano Atlántico tropical apenas evidenció contenidos de calor iguales o menores a  $10 \text{ kJ cm}^{-2}$ . Sin embargo, la zona entre el centro del Atlántico tropical y las Antillas Menores presentaron fluctuaciones de  $25$  a  $75 \text{ kJ cm}^{-2}$ . Alrededor de Puerto Rico se observaron contenidos de calor entre  $30$  y  $60 \text{ kJ cm}^{-2}$ . Al suroeste del Caribe los valores apenas alcanzaban  $60$  a  $100 \text{ kJ cm}^{-2}$ . El Golfo de México mostraba algunas fluctuaciones, mientras que la zona de convergencia intertropical frente a las costas de África muestra contenidos de calor aproximadamente de  $30$  a  $80 \text{ kJ cm}^{-2}$ .

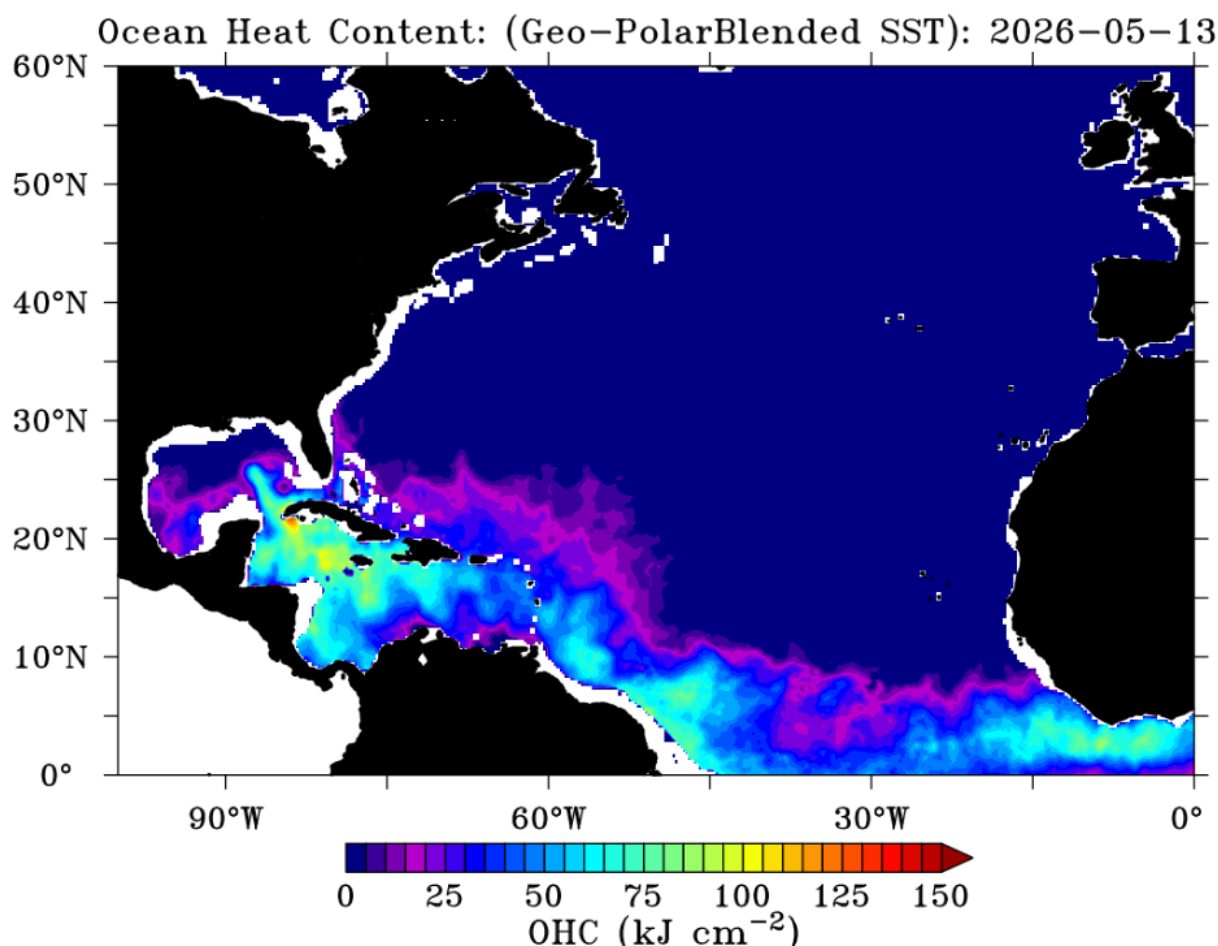


FIGURA 53. Extensión espacial del contenido de calor del océano a finales de octubre de 2026. Fuente: <https://www.ospo.noaa.gov/Products/ocean/ohc/> (accedido: 13 de mayo de 2026).

El aumento del contenido de calor del océano se refiere a la acumulación de energía térmica en el océano a lo largo del tiempo. Esto ocurre cuando el océano absorbe más energía del sol debido a factores

como el aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera y los cambios en las corrientes oceánicas. El proceso también puede acelerarse durante eventos como el fenómeno de El Niño, tal y como el observado entre 2023 y 2024. Cuando el océano absorbe más energía térmica, puede tener impactos significativos en el medio ambiente y el sistema climático. Aquí están algunos ejemplos:

*Aumento del nivel del mar:* a medida que el océano se calienta, el agua se expande y el nivel del mar aumenta. Esto puede conducir a inundaciones y erosión costeras en algunas localidades bajas, lo que puede tener impactos significativos en las comunidades costeras.

*Impactos en los ecosistemas marinos:* el aumento en el contenido de calor del océano también puede tener impactos significativos en los ecosistemas marinos, incluidos los arrecifes de coral y otras especies marinas sensibles. Por ejemplo, el aumento de la temperatura del océano puede provocar el blanqueamiento de los corales, lo que a largo plazo puede tener un impacto significativo en la biodiversidad marina.

*Ciclos de retroalimentación:* el aumento en el contenido de calor del océano también puede dar lugar a ciclos de retroalimentación positivos, en los que el aumento de la temperatura de los océanos puede conducir a un mayor calentamiento de la atmósfera y los océanos.

Por lo tanto, monitorear y comprender los cambios en el contenido de calor del océano es importante para predecir y gestionar los impactos del cambio climático en el medio ambiente y los sistemas humanos.

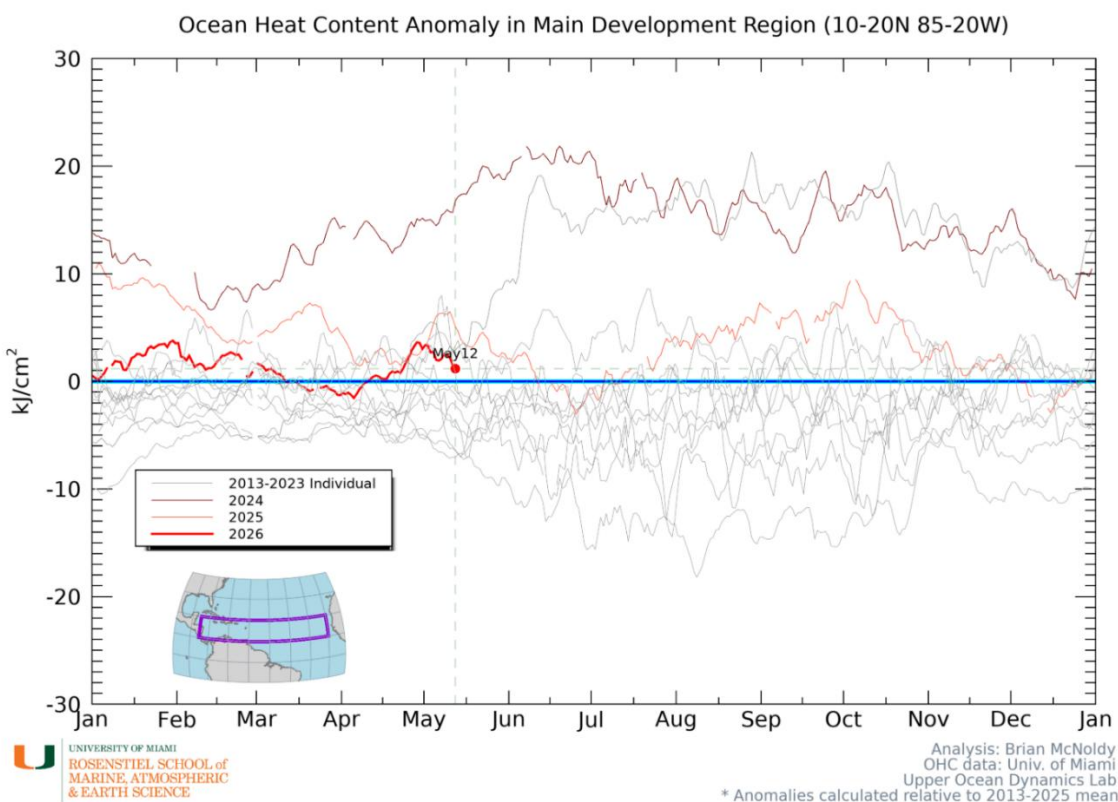


FIGURA 54. Anomalía del contenido de calor oceánico para el Atlántico tropical y el Caribe. (accedido: 13 de mayo de 2026). Fuente: [https://bmcnoldy.earth.miami.edu/tropics/ohc/ohc\\_mdr\\_anom.png](https://bmcnoldy.earth.miami.edu/tropics/ohc/ohc_mdr_anom.png)

La zona del Caribe (Figura 55) y la zona combinada del Atlántico tropical y el Caribe (“Maximum Development Region o MDR, por sus siglas en inglés) (Figura 56) se encontraban a mediados de mayo de 2026 experimentando condiciones de neutralidad en cuanto a las anomalías de contenido de calor oceánico. Mientras, la zona del Golfo de México mostraba ya una anomalía positiva leve con +5 kJ/cm<sup>2</sup> (Figura 57). Se anticipa que estos valores van a aumentar durante el verano, particularmente, en función del desarrollo, extensión y magnitud de la evolución de El Niño.

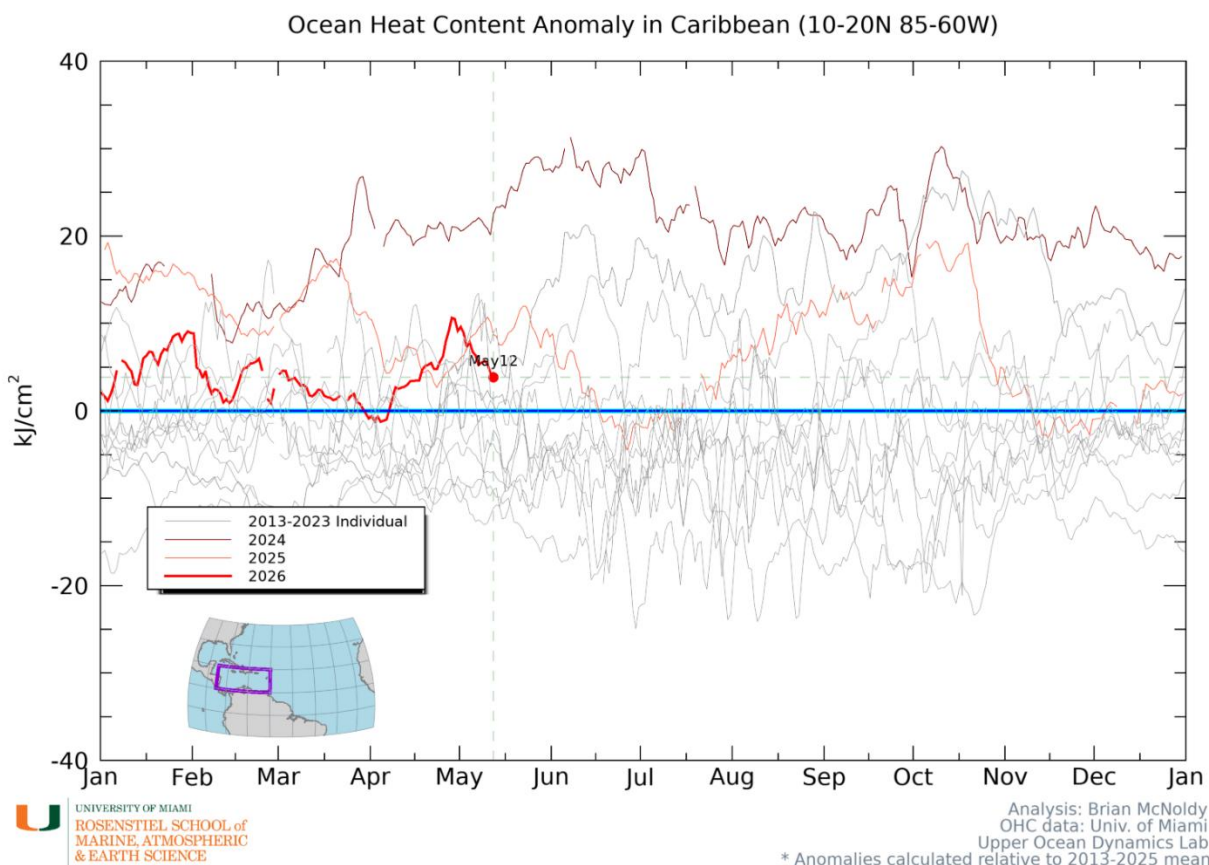


FIGURA 55. Anomalía del contenido de calor oceánico para el Caribe. (accedido: 13 de mayo de 2026). Fuente: [https://bmcnoldy.earth.miami.edu/tropics/ohc/ohc\\_carib\\_anom.png](https://bmcnoldy.earth.miami.edu/tropics/ohc/ohc_carib_anom.png)

Un aumento significativo en el contenido de calor oceánico pudiera tener implicaciones críticas en aumentar la escala espacial y prevalencia de las olas de calor marino, el potencial de desarrollo de blanqueamiento masivo de los corales y el potencial de desarrollo ciclónico, inclusive, de acelerar el potencial de intensificación rápida durante los ciclones. Así mismo, esto puede tener otras implicaciones en la dinámica oceanográfica regional como el aumentar la disolución del oxígeno disuelto, alterar la capacidad natural de mezcla de las diversas capas de agua, contribuyendo a la estratificación oceánica y a afectar el intercambio de gases (oxigenación) de las capas medias y profundas del mar, potencialmente afectando la productividad primaria neta del océano y la circulación termohalina. Las implicaciones a largo plazo de cualquier anomalía positiva significativa en el contenido de calor del océano pueden ser muy amplias y es algo a lo cual hay que prestar atención en el futuro.

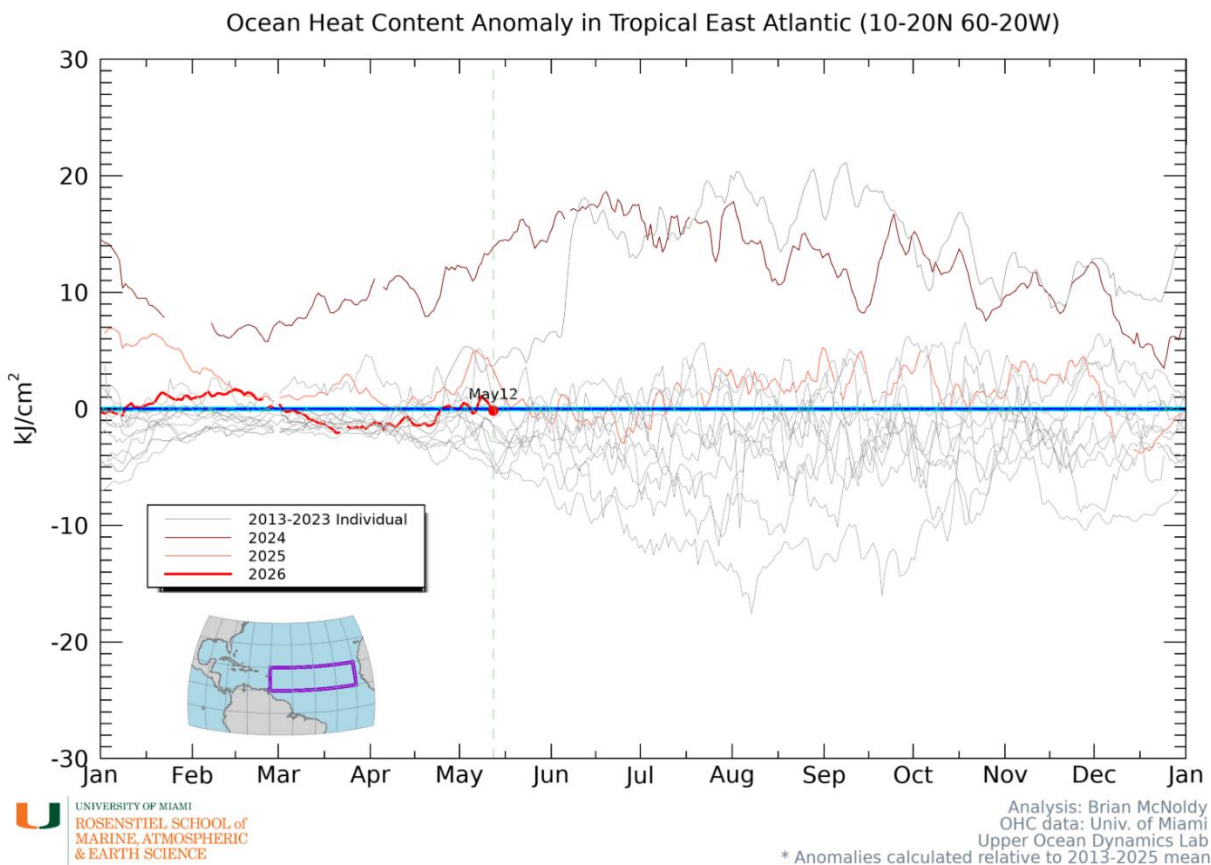


FIGURA 56. Anomalía del contenido de calor oceánico para el este del Atlántico tropical. (accedido: 13 de mayo de 2026). Fuente: [https://bmcnoldy.earth.miami.edu/tropics/ohc/ohc\\_east\\_anom.png](https://bmcnoldy.earth.miami.edu/tropics/ohc/ohc_east_anom.png)

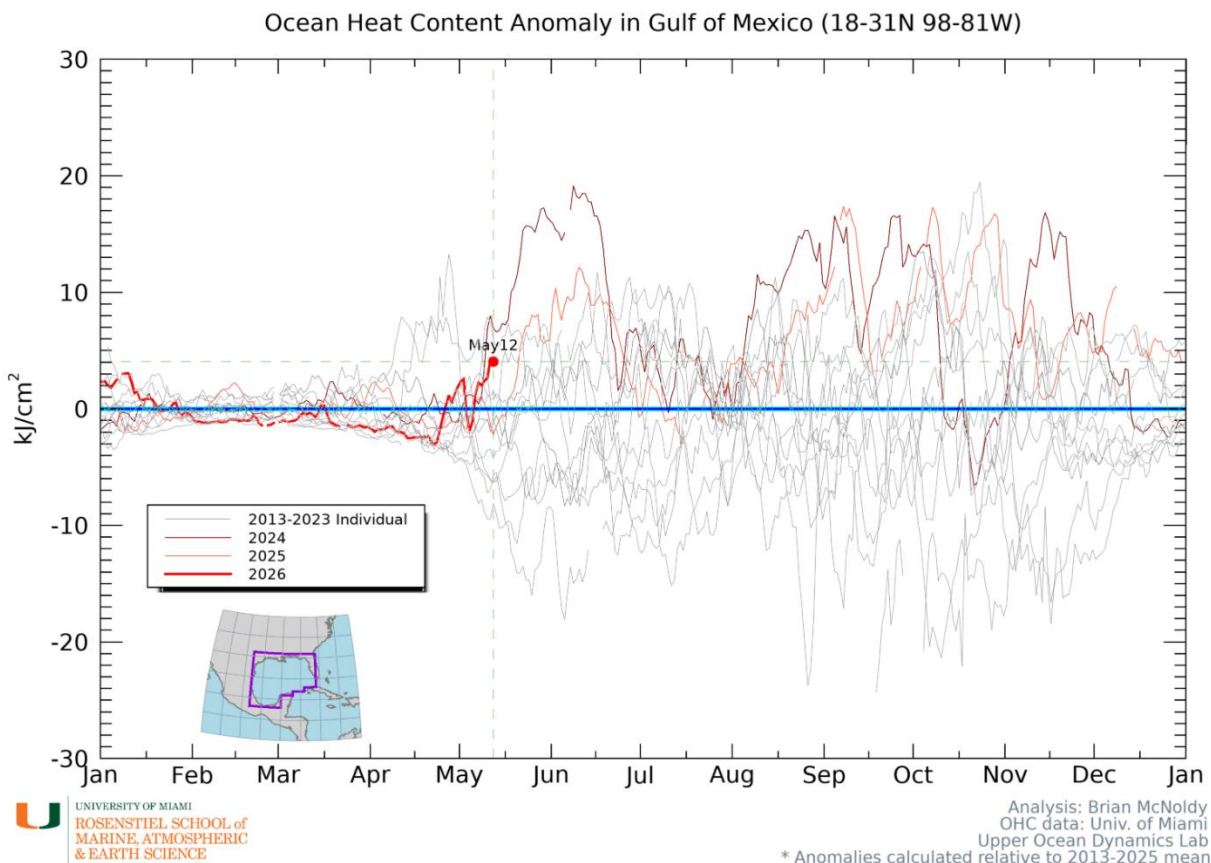


FIGURA 57. Anomalaía del contenido de calor oceánico para el Golfo de México. (accedido: 13 de mayo de 2026). Fuente: [https://bmcnoldy.earth.miami.edu/tropics/ohc/ohc\\_gulf\\_anom.png](https://bmcnoldy.earth.miami.edu/tropics/ohc/ohc_gulf_anom.png)

La Figura 58 ilustra las variaciones en la extensión espacial de la profundidad de la capa mixta del agua del mar a través del Mar Caribe y del Atlántico tropical a mediados de mayo de 2026. A través del Caribe, la capa mixta alcanzó profundidades de entre 50 y 80 m. Alrededor de Puerto Rico la capa mixta promedió 35 a 50 m. A través del Atlántico tropical alcanzaba para el mismo período un promedio de 50 m en su parte central, y de 60 a 80 m frente a las costas de Brasil.

La profundidad de la capa mixta del océano es la profundidad de la capa superior del océano donde las propiedades del agua, como la temperatura, la salinidad y la densidad, están bien mezcladas por la turbulencia natural superficial y otros procesos físicos. Es la capa del océano donde la mezcla vertical del agua es suficiente aun para crear una uniformidad de propiedades, y normalmente se define como la profundidad donde la temperatura desciende en cierta cantidad (normalmente 0.5°C) desde la temperatura de la superficie del mar.

La profundidad de la capa mixta varía según factores como la estación del año, la latitud, las condiciones del viento y las olas, y la cantidad de radiación solar que absorbe el océano. En general, la capa de mezcla es menos profunda en los trópicos y más profunda en las latitudes más altas, donde el forzamiento atmosférico es más fuerte. Pero de ocurrir cualquier fenómeno inusual asociado al calentamiento del mar, entonces, el mar puede absorber más calor con mayor rapidez, resultando en un hundimiento de la capa mixta.

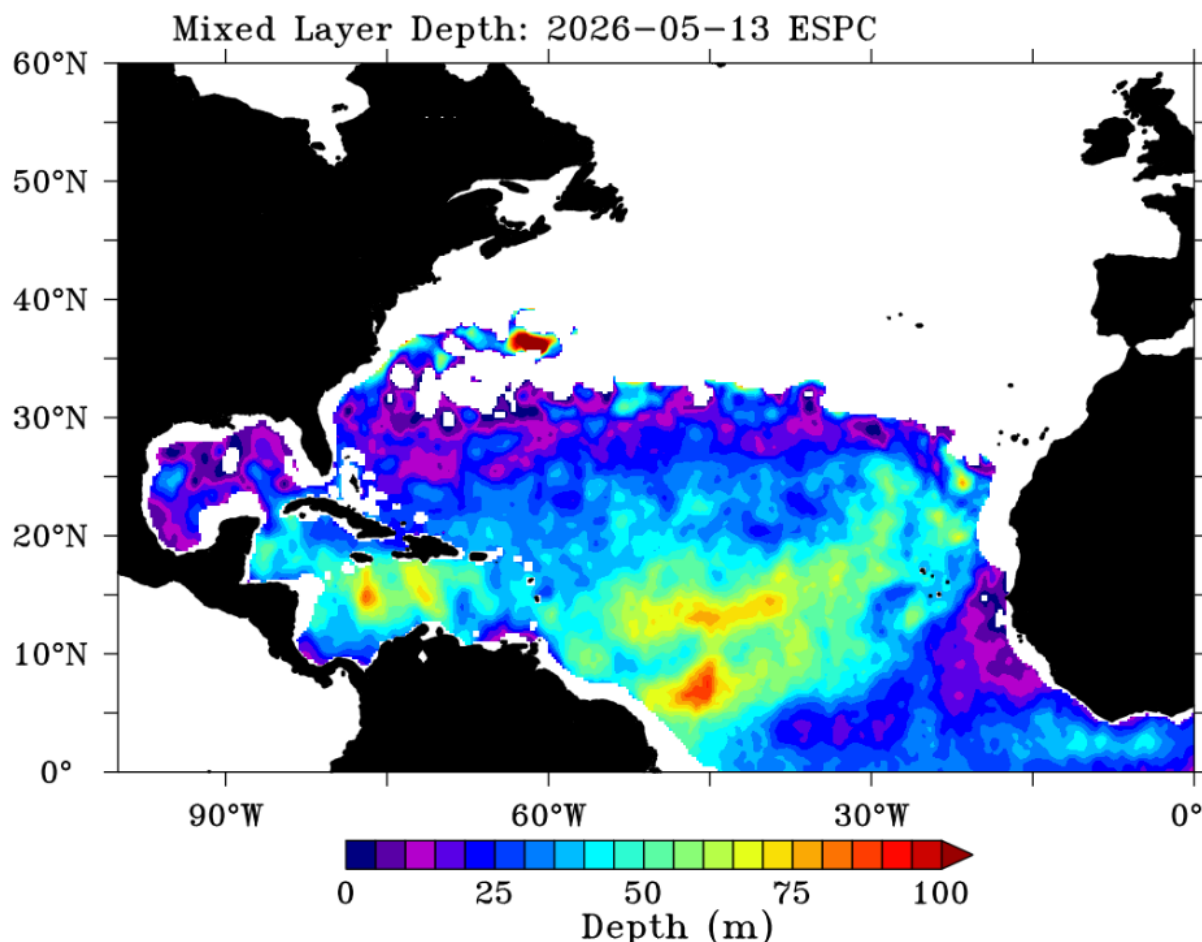


FIGURA 58. Variación en la extensión espacial de la profundidad de la capa mixta del océano. Fuente: <https://www.ospo.noaa.gov/Products/ocean/ohc/> (accedido: 13 de mayo de 2026).

La profundidad de la capa mixta es un parámetro importante para comprender y modelar la dinámica oceánica y la variabilidad climática. Afecta el intercambio de calor, dióxido de carbono y otros gases entre la atmósfera y el océano, y juega un papel clave en la regulación de la temperatura de la superficie del mar y los patrones de circulación oceánica. Por lo tanto, los cambios en la profundidad de la capa mixta pueden tener impactos significativos en los ecosistemas marinos, los patrones climáticos y el clima global.

La Figura 59 muestra la extensión espacial de la profundidad de la isoterma oceánica de 26°C a mediados de mayo de 2026. El centro y el este del Caribe, incluyendo el sur de Puerto Rico, promediaba de 50 a 100 m, mientras que al norte de Puerto Rico promediaba de 50 a 60 m. Al oeste del Caribe promediaba aproximadamente 80 a 125 m. La mayoría del Golfo de México apenas promediaba de 25 a 50 m, con algunas zonas menores con 80 a 100 m. El promedio en el Atlántico tropical fue menor de 25 m, pero frente a las costas de Brasil fue de 100 a 125 m. La isoterma oceánica de 26°C se refiere al límite de los océanos tropicales donde la temperatura de la superficie del mar es igual o superior a 26°C (78.8°F). Esta isoterma se usa a menudo como umbral para identificar áreas donde las condiciones son favorables para la formación e intensificación de los huracanes.

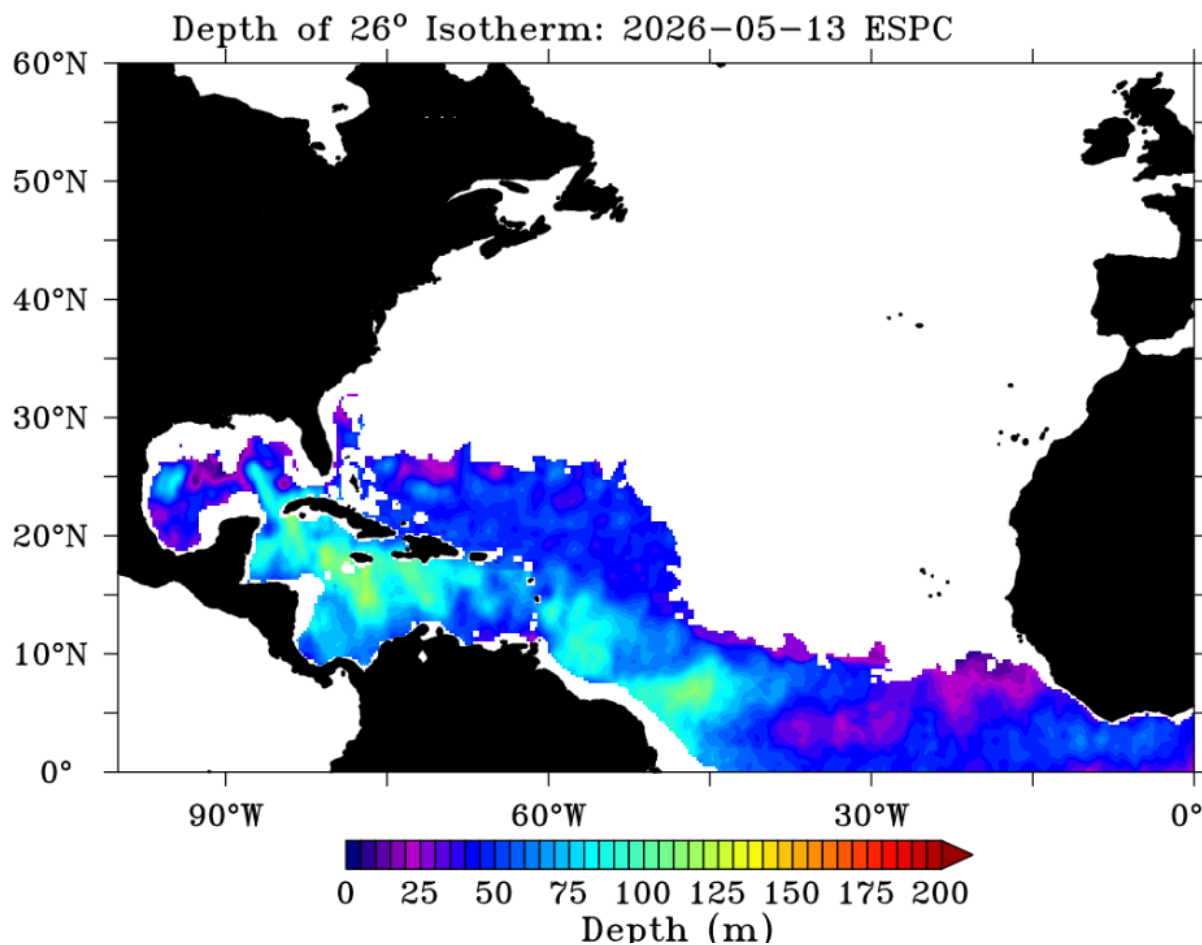


FIGURA 59. Variación en la extensión espacial de la profundidad de la isoterma oceánica de 26°C. Fuente: <https://www.ospo.noaa.gov/Products/ocean/ohc/> (accedido: 13 de mayo de 2026).

La isoterma oceánica de 26°C es importante porque los ciclones tropicales requieren aguas oceánicas cálidas para formarse y fortalecerse. El agua cálida del océano proporciona la energía que impulsa la tormenta, y cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre la superficie del océano y la atmósfera superior, más fuerte puede volverse la tormenta. Se considera que el umbral de 26°C en la superficie del mar es la temperatura mínima necesaria para que se forme un ciclón tropical, aunque también son importantes otros factores, como la inestabilidad atmosférica y la baja cizalladura del viento, lo que también se conoce como vientos cortantes (“windshear”). Al ocurrir un calentamiento acelerado y sostenido de la atmósfera, el océano comienza a absorber mayor calor, causando que se extienda a mayor profundidad la isoterma de 26°C. Esto usualmente ocurre ya para el verano tardío en la temporada ciclónica del Atlántico (agosto a octubre). El calentamiento anormal de la superficie del mar puede contribuir a que la isoterma de 26°C alcance profundidades mayores más temprano en el año, tal y como se pudo observar durante el 2023 y el 2024.

La isoterma de 26°C se usa a menudo junto con otros datos oceanográficos y meteorológicos para ayudar a predecir la probabilidad de formación de ciclones tropicales y rastrear sus movimientos. También se utiliza en estudios climáticos para monitorear cambios en las temperaturas del océano e identificar

áreas donde las condiciones climáticas pueden volverse más favorables para la formación de ciclones tropicales.

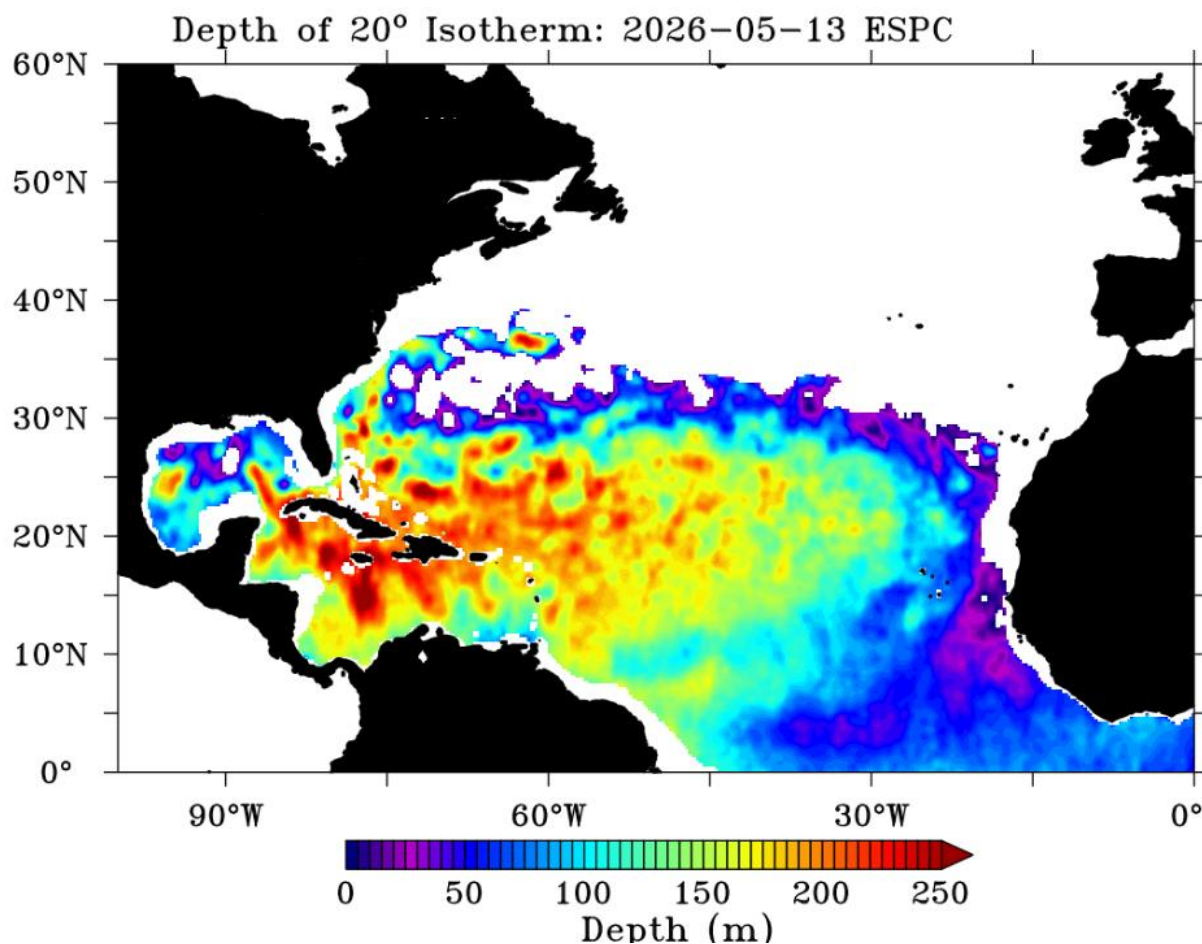


FIGURA 60. Variación en la extensión espacial de la profundidad de la isoterma oceánica de 20°C. Fuente: <https://www.ospo.noaa.gov/Products/ocean/ohc/> (accedido: 13 de mayo de 2026).

La Figura 60 muestra la extensión espacial de la profundidad de la isoterma oceánica de 20°C. A través del norte del Caribe promediaba a mediados de mayo de 2026 de 200 a >250 m. Alrededor de Puerto Rico fluctuaba entre unos 200 a 220 m en el norte y de 180 a 200 m en el sur. A través de la parte oeste del Atlántico tropical dicha isoterma alcanzaba de 140 a >250 m, pero en la parte este era de 100 a 200 m. En el Golfo de México se observaron oscilaciones muy grandes, con tramos <25 m y tramos >200 m. El este del Atlántico tropical mostraba variaciones de <25 a 100 m, aproximadamente, mientras que el oeste mostraba oscilaciones de 175 a 200 m, aproximadamente.

La isoterma oceánica de 20°C se refiere al límite en los océanos donde la temperatura de la superficie del mar es igual o superior a 20°C (68°F). Esta isoterma se utiliza a menudo como umbral para identificar los límites de las masas de agua cálida en verano y fría en invierno en los océanos.

En los océanos Atlántico Norte y Pacífico Norte, la isoterma de 20°C se usa típicamente para delinear el límite entre los giros subtropical y subpolar. Los giros subtropicales son regiones del océano caracterizadas por altas temperaturas en la superficie del mar, bajas concentraciones de nutrientes y baja productividad biológica, mientras que los giros subpolares son regiones del océano caracterizadas por bajas temperaturas en la superficie del mar, altas concentraciones de nutrientes y alta productividad biológica. En el Océano Austral, la isoterma de 20°C se utiliza para separar la Corriente Circumpolar Antártica de las aguas más cálidas del norte. Esta corriente juega un papel crucial en la regulación de la circulación oceánica global y el clima.

En general, la isoterma oceánica de 20°C es una herramienta importante para que los oceanógrafos y científicos del clima estudien la distribución del calor, los nutrientes y la productividad biológica en los océanos. Una expansión muy profunda de la isoterma oceánica de 20°C puede tener implicaciones muy importantes en el intercambio de gases y nutrientes de las diversas capas oceánicas, también en el afloramiento de nutrientes y de oxígeno disuelto hacia la superficie. Los cambios en la ubicación o la fuerza de esta isoterma pueden tener impactos significativos en los ecosistemas marinos y el clima global, incluyendo la generación de huracanes, cambios en la productividad del plancton, en el rendimiento de la pesca y en los patrones de blanqueamiento de los corales. Fenómenos como El Niño pueden magnificar dichos efectos.

La naturaleza sin precedentes de extensión geográfica y de profundidad de la capa mixta y de las isotermas de 26°C y de 20°C en años recientes sugieren varios fenómenos. El ensanchamiento de la capa mixta y de ambas isotermas, como consecuencia del calentamiento del mar, puede tener varias consecuencias importantes:

1. *Cambios en los patrones climáticos:* El calentamiento del mar puede alterar los patrones climáticos regionales y globales al afectar la circulación atmosférica y los sistemas climáticos. Con la evolución rápida de las condiciones de La Niña durante el 2024, esto puede tener como consecuencia a nivel del Atlántico tropical y del Caribe un aumento sustancial en la generación de ciclones tropicales.
2. *Impacto en la vida marina:* El aumento de la temperatura del agua y el ensanchamiento de la capa mixta pueden afectar a la vida marina, incluyendo la distribución y migración de especies, la reproducción y la disponibilidad de alimentos. Esto también puede contribuir a alterar las dinámicas de nutrientes, particulado orgánico, detrito, concentración de oxígeno disuelto, la composición de los microbiomas, la productividad primaria y otras características oceanográfica vitales para el sostenimiento de los ecosistemas.
3. *Cambio en la productividad biológica:* El calentamiento del mar puede afectar la productividad biológica al cambiar las condiciones físicas y químicas del agua, lo que a su vez puede tener efectos en cascada en las redes alimentarias marinas, en la productividad de las pesquerías y por ende en la seguridad alimentaria de numerosas regiones del planeta.
4. *Incremento del nivel del mar:* El calentamiento del mar también puede contribuir al aumento del nivel del mar debido a la expansión térmica del agua, en combinación con el derretimiento de los glaciares y casquetes polares.

5. *Impacto en la atmósfera:* Los cambios en la temperatura y la circulación del agua pueden tener efectos en la atmósfera, incluyendo la modificación de la humedad y la formación de nubes, lo que a su vez puede influir en el clima terrestre.
6. *Aumento en las tasas de evaporación del agua:* El aumento en la temperatura del mar se traduce en mayor energía potencial. Esto tiene como consecuencia un aumento en las tasas de evaporación de agua, contribuyendo a aumentar significativamente la humedad atmosférica y aumentando los riesgos de precipitaciones pluviales, en ocasiones, extrema. Esto también puede contribuir a potenciales aumentos en los riesgos de formación de sistemas tropicales de circulación ciclónica.
7. *Aumento en las tasas de intensificación ciclónica:* La presencia de capas amplias de aguas cálidas en los océanos también, en el caso de la formación de ciclones tropicales, contribuyen en muchas ocasiones a aumentar las tasas de evaporación y a la transferencia de energía potencial del mar hacia la atmósfera. Esto contribuye a aumentar en muchas ocasiones las tasas de intensificación de las tormentas tropicales, lo que resulta en la formación de huracanes intensos. En algunas ocasiones esto causa incrementos significativos (>100 kt vientos) en períodos de 24 horas o menos.

En resumen, el ensanchamiento gradual de la capa mixta y de la isoterma de 26°C y de 20°C como resultado el calentamiento del mar puede tener consecuencias significativas adversas sobre los ecosistemas marinos, la productividad primaria de los océanos, sus patrones de circulación, el clima y el medio ambiente en general. Esto también contribuye a aumentar gradualmente el riesgo de condiciones de blanqueamiento de corales. Este es un parámetro muy importante para monitorearlo diariamente, particularmente, por la influencia que pudiera tener el desarrollo gradual de El Niño.

## XII. Proyección de largo plazo del índice de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) y su influencia en el Caribe

La Figura 61 ilustra la proyección desarrollada por el modelo climático europeo (ECMWF EPS), el cual sugiere condiciones predominantes con un índice positivo de la circulación de vientos conocida como la Oscilación del Atlántico Norte (NAO, por sus siglas en inglés) la mayor parte del tiempo entre el período comprendido entre el 18 de mayo y el 8 de junio de 2026. A partir de entonces y hasta el 22 de junio se anticipa un índice con valores neutrales o ligeramente negativos, y luego vuelve y aumenta levemente hasta al menos el 30 de junio. Se anticipa que, de concretarse la predicción de dicho modelo, podría disminuir de forma notable el patrón sostenido de vientos alisios fuertes del este por unas dos semanas durante junio, así como el oleaje, lo que podría propiciar condiciones conducentes aun a un calentamiento gradual adicional del mar alrededor del centro y el este del Caribe durante dicho período. Esto podría conducir a alcanzar condiciones de al menos una **vigilancia de blanqueamiento** de corales en la región este del Caribe y Puerto Rico, si no antes.

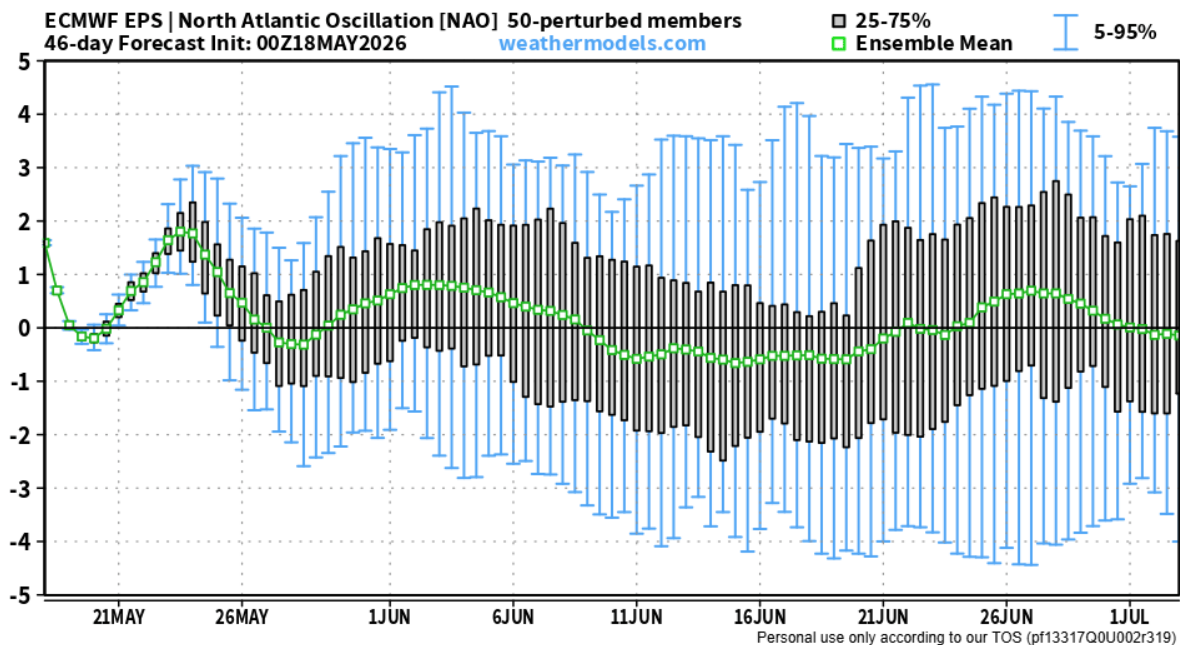


FIGURA 61. Oscilación del Atlántico Norte (NAO) para el período del 30 de octubre al 15 de diciembre de 2026 de acuerdo con el European Climate Model Weather Forecasting (ECMWF EPS) (accedido: 21 de mayo de 2026).

Los efectos de un índice positivo del NAO en los vientos alisios a través del Caribe son variados.

1. *Aumenta la presión atmosférica* – Durante las fases positivas del NAO, se produce un aumento en la presión atmosférica sobre el océano Atlántico, lo que puede intensificar los vientos alisios. A su vez, eso contribuye a aumentar la probabilidad de mezcla de las capas de agua en el océano, reduciendo los riesgos de calentamiento rápido.
2. *Alterar los patrones de circulación regional en el Caribe* – Un índice positivo de la NAO está asociado con cambios en los patrones de circulación atmosférica, que pueden fortalecer los vientos alisios del este, que son predominantes en la región del Caribe.
3. *Impacta el clima regional* – Estos vientos alisios más intensos pueden influir en las condiciones climáticas del Caribe, afectando la temperatura del agua y la precipitación, ya que arrastra capas de aire seco y polvo del desierto del Sahara hacia la zona del Caribe, en consecuencia, puede tener impactos la salud de los ecosistemas marinos.

Un índice NAO negativo, por su parte, puede tener varias consecuencias en el Caribe:

1. *Condiciones climáticas secas* – Un NAO negativo puede llevar a un patrón de sequía, afectando la disponibilidad de agua y la agricultura.

2. *Aumento de temperaturas* – Puede contribuir a temperaturas más cálidas en la región como consecuencia de la reducción en la mezcla de las capas de agua, lo que afecta la salud de los ecosistemas marinos, incluidos los corales.
3. *Cambio en los patrones de huracanes* – Puede influir en la frecuencia y la intensidad de los huracanes, potencialmente aumentando la actividad ciclónica.
4. *Impacto en la pesca* – Cambios en las corrientes y temperaturas pueden afectar la migración de especies marinas, impactando la pesca local.

### XIII. Síntesis y conclusiones

La evidencia oceanográfica y climatológica analizada en este boletín sugiere que Puerto Rico y el Caribe **continúan bajo un contexto regional de alta vulnerabilidad ante eventos recurrentes de calor extremo marino y blanqueamiento de corales**. Aunque a mediados de mayo de 2026 las condiciones del sistema ENSO aún se encontraban formalmente en una fase neutral, las proyecciones oficiales de NOAA y los indicadores oceánicos del Pacífico tropical apuntaban hacia una transición acelerada hacia condiciones de El Niño durante el verano de 2026, con una alta probabilidad de persistencia hacia el invierno de 2026–2027. Este escenario aumenta la preocupación regional, dado que **El Niño puede favorecer condiciones más cálidas y secas en sectores del Caribe, además de interactuar con otros patrones atmosféricos y oceanográficos que modulan la acumulación de estrés térmico en los arrecifes coralinos**.

Uno de los hallazgos más importantes es que **el océano Pacífico tropical ya mostraba señales claras de calentamiento**, incluyendo un aumento sostenido del contenido de calor subsuperficial y anomalías cálidas importantes entre la superficie y los primeros 300 m de profundidad. Estas condiciones son consistentes con una transición hacia El Niño y pueden contribuir al fortalecimiento de anomalías térmicas regionales durante los próximos meses. A su vez, **el Atlántico tropical y el Caribe también muestran señales de calentamiento y expansión de olas de calor marino**, lo que sugiere que el riesgo para Puerto Rico no depende únicamente de la evolución del ENSO, sino de la combinación entre el calor acumulado en el Atlántico, la intensidad de los vientos alisios, la mezcla vertical de la columna de agua, la frecuencia de eventos de enfriamiento y la duración del estrés térmico.

El análisis también muestra que el riesgo ecológico para los arrecifes no debe evaluarse solamente a partir de la temperatura máxima observada, sino a partir de la duración acumulada del estrés térmico, lo que crea efectos compuestos (“compounded”) entre factores climáticos y otros. El indicador Degree Heating Weeks (DHW) es crítico para interpretar ese riesgo, ya que valores de 4 DHW se asocian con blanqueamiento significativo, mientras que valores superiores a 8 DHW indican alta probabilidad de blanqueamiento severo y mortalidad, especialmente en especies sensibles. Esta consideración es particularmente importante porque, si el estrés térmico comienza temprano en la temporada, los corales pueden entrar al pico de calor del verano y otoño con estrés fisiológico acumulado, aumentando la probabilidad de blanqueamiento temprano, pérdida de tejido vivo, mortalidad parcial o total, brotes de enfermedades y deterioro de colonias restauradas y silvestres.

El informe documenta además que Puerto Rico y el Caribe ya vienen de una secuencia reciente de eventos térmicos extremos sin precedentes. En 2023 se registró un evento masivo de blanqueamiento

asociado al fortalecimiento de El Niño, con niveles de alerta históricamente altos y acumulación de 19.1 DHW. En 2024 ocurrió otro evento severo, esta vez durante la transición hacia condiciones dominantes de La Niña, alcanzándose una alerta 5 de blanqueamiento y 21.3 DHW en la región. Aunque 2025 fue menos severo, Puerto Rico y el noreste del Caribe nuevamente alcanzaron entre 11 y 12 DHW, valores que usualmente representan condiciones muy severas de blanqueamiento y mortalidad significativa. Esta recurrencia de calor extremo compuesto reduce la capacidad de recuperación de los arrecifes, especialmente en especies estructurales como *Acropora palmata* y *A. cervicornis*.

**En conjunto, la evidencia sugiere que el 2026 debe manejarse como un año de vigilancia activa y preparación preventiva.** Aun cuando el escenario actual no garantiza un evento catastrófico, sí existe una probabilidad real de un evento moderado a significativo de blanqueamiento si se combinan: el desarrollo rápido de El Niño, el calentamiento del Atlántico tropical, la reducción de la mezcla superficial, la persistencia de olas de calor marino y la acumulación temprana de DHWs. Por tanto, la respuesta institucional no debe esperar a que se alcance una alerta severa. La planificación, el monitoreo y la mitigación de estresores locales deben comenzar desde etapas tempranas de vigilancia, particularmente en arrecifes prioritarios, zonas de restauración, reservas naturales y localidades con historial reciente de alta mortalidad coralina.

**El 2026 presenta un escenario de riesgo ecológico significativo para los arrecifes de coral de Puerto Rico y el Caribe.** La transición prevista hacia El Niño, el calentamiento acumulado del Atlántico tropical, la expansión de olas de calor marino y la recurrencia de eventos severos durante 2023, 2024 y 2025 sugieren que los arrecifes podrían enfrentar otro periodo de estrés térmico importante durante el verano y otoño de 2026. Aunque persiste incertidumbre sobre la intensidad final del evento, el historial reciente demuestra que incluso condiciones ENSO neutrales o de transición pueden coincidir gradualmente con acumulaciones peligrosas de DHWs y eventos de blanqueamiento severo. Por ello, el enfoque de manejo debe ser preventivo, coordinado y adaptativo, priorizando la reducción inmediata de estresores locales, el fortalecimiento del monitoreo, la protección de áreas críticas, la restauración de arrecifes y la comunicación pública oportuna.

La *Sociedad Ambiente Marino* (SAM) advierte al Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) y las demás agencias concernidas, así como a los municipios costeros, practicantes de la restauración ecológica y cualesquiera otras partes y jurisdicciones interesadas, a implementar inmediatamente sus planes de contingencia para sorpresas ecológicas en los arrecifes de coral ante un posible impacto moderado a significativo de blanqueamiento de los corales a partir del verano tardío.

**1. Activar una respuesta preventiva desde la fase de vigilancia.**

Se recomienda que el DRNA, municipios costeros, manejadores de reservas naturales, organizaciones científicas y operadores de proyectos de propagación de corales y de restauración ecológica de arrecifes de coral que activen protocolos preventivos antes de que se emitan alertas severas. La evidencia del informe sugiere que el riesgo puede escalar durante verano-otoño de 2026, por lo que esperar hasta septiembre u octubre podría ser tardío. Sería más prudente establecer una vigilancia reforzada desde junio-julio y mantenerla durante todo el periodo de mayor temperatura.

**2. Fortalecer el monitoreo de arrecifes prioritarios.**

Debe ampliarse el seguimiento de arrecifes representativos en las cuatro regiones geográficas de Puerto Rico, incluyendo arrecifes naturales, áreas restauradas, viveros de coral y reservas marinas. El monitoreo debe incluir mínimamente temperatura *in situ*, severidad de

blanqueamiento, mortalidad parcial o total, pérdida de tejido, prevalencia de enfermedades, cobertura de macroalgas/cianobacterias y condición de las colonias restauradas.

3. **Establecer umbrales de acción basados en alertas de NOAA-CRWP.**

Se recomienda adoptar un sistema operacional de respuesta escalonada. Por ejemplo: vigilancia reforzada desde “**Vigilancia de blanqueamiento**” reducción de actividades estresantes desde “**Aviso de blanqueamiento**”; restricciones preventivas en áreas sensibles desde **Alerta 1** y acciones de emergencia para viveros, restauraciones y arrecifes prioritarios desde **Alerta 2** o superior. Además, debe utilizarse la acumulación de semanas consecutivas de calor conducente a blanqueamiento o “**Degree Heating Weeks**” (DHWs) para establecer medidas de respuesta. Esto haría que el documento no solo informe el riesgo, sino que también proponga una ruta de manejo clara.

4. **Reducir de inmediato los estresores locales.**

La mitigación local es esencial porque los corales bajo estrés térmico son más vulnerables a la sedimentación, contaminación, contacto físico, enfermedades y eutroficación. Deben reforzarse medidas de control de erosión y sedimentación, fiscalización de descargas ilegales, reducción de escorrentías urbanas, control de aguas usadas, manejo de desperdicios sólidos y prevención de contaminación en cuencas costeras.

5. **Implementar medidas especiales en reservas naturales y áreas marinas protegidas.**

Debe aumentarse la vigilancia en áreas como reservas naturales, zonas de restauración, arrecifes sujetos a usos turísticos intensos y localidades de alto valor ecológico. También deben declararse **zonas de recuperación arrecifal** al amparo de la Ley de Arrecifes de Coral (Ley 199 de 1999) para aumentar el grado de protección de las áreas de viveros de corales y aquellas en donde se llevan a cabo actividades de restauración arrecifal. Esto incluye fiscalizar el anclaje, navegación en aguas llanas, pesca destructiva, contacto directo con corales, uso inadecuado de embarcaciones y prácticas recreativas que puedan agravar el estrés de los arrecifes, de las zonas de viveros de corales y las zonas de restauración ecológica.

6. **Proteger viveros y proyectos de restauración coralina.**

Los viveros *in situ* y las colonias trasplantadas deben recibir atención prioritaria. Se recomienda evaluar medidas temporeras como sombreado selectivo, reducción de manipulación durante periodos de calor extremo, remoción controlada de macroalgas competidoras, inspecciones frecuentes de enfermedades y documentación fotográfica estandarizada antes, durante y después del evento térmico. Así mismo, deben establecerse **zonas de recuperación arrecifal** al amparo de la Ley de Arrecifes de Coral (Ley 199 de 1999) para principalmente demarcar las zonas y evitar el anclaje sobre los viveros y las zonas bajo restauración ecológica.

7. **Desarrollar una red de respuesta rápida.**

Conviene establecer una red colaborativa entre SAM, DRNA, universidades, operadores de buceo, comunidades costeras, pescadores, científicos ciudadanos, organizaciones no gubernamentales, la academia y administradores de reservas. Esta red puede ayudar a documentar de forma temprana cualquier indicio inicial de blanqueamiento, mortalidad, enfermedades, aguas turbias, sedimentación, descargas, varamientos o impactos recreativos o de anclaje sobre corales en tiempo casi real.

**8. Mejorar la comunicación pública del riesgo.**

Se recomienda publicar boletines breves y visuales para el público general, además del boletín técnico completo. Estos deben explicar qué significa cada nivel de alerta, qué acciones debe evitar el público durante eventos de calor extremo y cómo informar observaciones de blanqueamiento. Esto ayudaría a traducir la información técnica en acciones concretas.

**9. Coordinar con sectores turísticos y recreativos.**

Deben establecerse guías temporeras para operadores de buceo, snorkeling, navegación recreativa, excursiones y alquiler de embarcaciones durante periodos de alerta. Estas guías deben incluir evitar tocar corales, no anclar sobre arrecifes o hierbas marinas, reducir la velocidad de navegación en aguas someras, evitar la resuspensión sedimentaria e informar observaciones de blanqueamiento.

**10. Documentar impactos socioeconómicos.**

Además del monitoreo ecológico, se recomienda documentar los impactos potenciales sobre la pesca, el turismo, recreación, seguridad costera y la percepción comunitaria. Esto fortalecería solicitudes futuras de fondos, propuestas de restauración, medidas de adaptación climática y acciones de política pública.

**11. Mantener la actualización mensual del boletín.**

La continuidad del boletín es crítica durante 2026. Cada actualización debería resumir cambios en ENSO, anomalías térmicas, acumulación de DHWs, las alertas de NOAA-CRWP, identificar con mayor precisión aquellas zonas de mayor riesgo en Puerto Rico, hacer hincapié en las observaciones locales y ofrecer recomendaciones operacionales para el mes siguiente.

La *Sociedad Ambiente Marino* emitirá mensualmente durante los próximos meses una actualización del estado de los océanos alrededor de Puerto Rico y el Caribe, con una actualización de la evolución del fenómeno de El Niño y otras condiciones naturales asociadas, con recomendaciones específicas sobre medidas de manejo y mitigación de impactos.

Por el momento, se exhorta a la comunidad a mantenerse atentos a los boletines oficiales de NOAA, así como a la actualización de esta información a través del portal de la *Sociedad Ambiente Marino* (<https://sampr.org>) y de sus redes sociales a través de Facebook (*Sociedad Ambiente Marino*) e Instagram.