



Condiciones ambientales en el Pacífico Mexicano

Período: 28 de diciembre de 2023 al 28 de marzo de 2024, con un resumen de lo ocurrido durante el cuarto trimestre de 2023.

Introducción

En el otoño de 2023, la temperatura superficial marina (TSM) en el Pacífico Mexicano varió entre 15 °C y 32 °C; el área más templada (<20 °C) abarcó desde la frontera con EE.UU. hasta Punta Eugenia, en la costa occidental de la península de Baja California (BC). En el Golfo de California (GC), la TSM fue >30 °C entre los últimos días de septiembre y los primeros diez días de octubre, pero a partir de noviembre comenzó a disminuir en sentido norte-sur, por lo que a finales de diciembre varió alrededor de 25 °C en la desembocadura del GC. En contraste, al sur de Cabo Corrientes la TSM fue superior a ese valor durante gran parte del trimestre. En noviembre comenzó a manifestarse la surgencia de agua subsuperficial en el centro del Golfo de Tehuantepec (GT), la cual fue más evidente en diciembre. El ambiente entre Ensenada y Cabo San Lázaro (así como en el Alto Golfo) fue *templado* durante los primeros días de octubre por el paso de varios frentes fríos- FF (en especial el núm. 4), mientras que, entre bahía Vizcaíno y la zona oceánica ubicada al norte del paralelo 20-25° N y al este del meridiano 115° O, un sistema anticiclónico mantuvo al ambiente entre *cálido* y *muy cálido*. En contraste, en el GC las condiciones variaron entre *ligeramente cálidas* y *muy cálidas* durante el resto del otoño. La desembocadura del GC y la costa occidental mexicana se enfriaron a partir de la segunda semana de octubre como resultado del paso del huracán *Lidia* (HSS4), la tormenta tropical (Tt) *Max*, el HSS4 *Norma*, el HSS5 *Otis*, y las Tt *Pilar* y *Ramón*. El contenido de clorofila-*a* (*chl a*) varió entre 0.03 mg m⁻³ en la zona oceánica y más de 2 mg m⁻³ en la costa. En el litoral occidental de la península de BC, las concentraciones fueron elevadas en octubre, en una franja muy estrecha ubicada principalmente al norte de San Quintín y en las inmediaciones de Punta Eugenia y de Cabo San Lázaro. Esa banda se ensanchó en noviembre y alcanzó su anchura máxima en los primeros días de diciembre. Por otro lado, el pigmento fue abundante (> 1 mg m⁻³) en el GC (en el Alto Golfo, la región de las Grandes Islas y la costa de Sinaloa) y algunas partes de la zona oceánica afectadas por el paso de huracanes, como ocurrió al sur de Los Cabos (BCS) y de Guerrero y Oaxaca. En el GT la *chl a* aumentó a partir de la segunda quincena de octubre y alcanzó sus valores máximos en la a partir de la tercera semana de diciembre. En el Alto Golfo las altas concentraciones de *chl a* coincidieron con la presencia de saxitoxina entre agosto y septiembre, así como entre octubre y noviembre (San Felipe, Puertecitos). Por otro lado, se decretaron dos cierres precautorios a la pesca en Chiapas (Bahía de Paredón y Tonalá), asociados con saxitoxina (noviembre-diciembre) y ácido okadaico, así como en Sonora (saxitoxina, diciembre) y Jalisco (por altas densidades de *Pseudo-nitzschia* en diciembre). En el otoño hubo tres tormentas tropicales (Tt) y tres huracanes mayores (HSS>3), dentro de los cuales destacó *Otis*. El SMN pronosticó 56 frentes fríos (FF) para la temporada 2023-2024; en octubre se presentó un FF menos que la climatología, en tanto que en noviembre y diciembre fueron seis y siete eventos, respectivamente. En este contexto, los objetivos de este documento son describir las condiciones ambientales a escala regional en el Pacífico Mexicano, mediante el uso de índices climáticos, la descripción de las variaciones de la temperatura y la biomasa fitoplanctónica (utilizando como indicador la concentración de *chl a*) y la ocurrencia de eventos hidroclimáticos (FF y huracanes), durante el periodo enero-marzo de 2024.

Métodos

La información de la temperatura ambiental y de la PP, a escala nacional, se obtuvo de los *Reportes del Clima en*



México del Servicio Meteorológico Nacional¹ (SMN). Los índices climáticos (Fig. 1) se publican en las páginas electrónicas del Climate Prediction Center² (Índice Oceánico de El Niño-ONI) y el National Center for Environmental Information (Oscilación Decadal del Pacífico-PDO³). La información de las ondas cálidas marinas es de la NOAA⁴. Las imágenes mensuales y diarias de la TSM, así como de sus anomalías (ATSM), son tipo *MUR* (Multi-scale Ultra-high Resolution) con resolución espacial de 0.01°. Las fechas de cada imagen se muestran en las figuras 3 y 4. Las imágenes de *chl a* fueron obtenidas por el sensor *Visible and Infrared Imager/Radiometer Suite* (VIIRS) con resolución espacial aproximada de 4.64 km por lado, a escala semanal centradas en la fecha anotada en la figura 5. Toda la información satelital se extrajo en formato de imagen (*.png) del gestor de bases de datos ERDDAP de la NOAA^{5,6,7}. Por otro lado, las características de los frentes fríos (FF) y ciclones tropicales se tomaron de los *Reportes del Clima en México* y los pronósticos publicados diariamente por el SMN.

Resultados

Temperatura ambiental y precipitación pluvial a escala nacional

En enero, la temperatura atmosférica promedio (*Tmed*) fue 16.6 °C (anom. ⁸: +0.2 °C), la mínima promedio (*Tmin*), 8.9 °C (anom.: +0.3 °C) y la máxima (*Tmax*), 24.4 °C (anom.: -0.2 °C). Las áreas más tórridas se registraron en la vertiente del Pacífico (principalmente en Michoacán, el norte de Guerrero y desde Puerto Ángel hasta la frontera con Guatemala), así como en la porción sur-sureste del Golfo de México.

La *Tmed* en febrero fue 18.3 °C (anom.: +1.2 °C), mientras que la *Tmin* 10.2 °C (anom.: +0.5 °C) y la *Tmax* 26.5 °C (anom.: +0.2 °C). Las regiones más cálidas fueron el litoral Pacífico, la región sureste y la península yucateca. La temperatura fue “normal” en los primeros días del mes, y se incrementó significativamente hacia los últimos días.

En marzo, la *Tmed* en fue 20.7 °C (anom. + 0.6 °C), la *Tmin* 12.5 °C (anom.: + 1.0 °C) y la *Tmax* 29 °C (anom.: +0.4 °C). El litoral comprendido desde el sur de Colima hasta Chiapa y los estados ubicados al este del meridiano 105 °O fueron los más cálidos (anom 1 a 3 °C). Las condiciones más frescas se registraron en el NO del país.

En enero, la PP fue de 16.2 mm (67% del promedio). Las lluvias fueron más abundantes en Baja California, Sonora y Chihuahua, así como en el centro de Veracruz, Tabasco, el norte de Chiapas, Yucatán y Quintana Roo, debido a la presencia de 10 FF (22-31), dos tormentas invernales, canales de baja presión y las corrientes de chorro subtropical y polar. De acuerdo con el SMN, casi todo el país presentó déficit de lluvia (25 - 50 %). Al 31 de enero, la superficie con sequía de *moderada* a *extrema* (D1-D3) abarcó 60.45 % del país, por lo que fue ligeramente superior a la registrada en diciembre (54.84 %) y fue el enero con mayor superficie en esta condición de los últimos 21 años.

En febrero, la PP en todo el país fue de 18.9 mm, (anom: +0.2 mm) y estuvo asociada al paso de siete FF (32-38), tres tormentas invernales en el noroeste, las corrientes en chorro subtropical y polar sobre el norte y centro,

¹<https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/diagnostico-climatico/reporte-del-clima-en-mexico>

²http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/detrend.nino34.ascii.txt

³<https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/pdo/>

⁴ The California Current Marine Heatwave Tracker - Blobtracker. California current integrated ecosystem assessment project. Disponible en: <https://www.integratedecosystemassessment.noaa.gov/regions/california-current/california-current-marine-heatwave-tracker-blobtracker>

⁵<https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/jplMURSST41.graph>

⁶<https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/jplMURSST41anom1day.graph>

⁷<https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/nesdisVHNSQchlaWeekly.graph>

⁸ El periodo de referencia de la temperatura ambiental y la precipitación pluvial fue 1991-2020.

canales de baja presión y nortes en el sur del país. La PP fue más abundante en el vértice noroccidental del estado de Baja California (>100.0 mm), el sur de Sinaloa, Jalisco, Colima, la costa de Michoacán, las inmediaciones del Golfo de Tehuantepec y parte de Quintana Roo. Al 29 de febrero, hubo sequía de *moderada a excepcional* en 56% del país, 5% menos que a finales de enero, y fue más notable en el noroeste (Sonora, Chihuahua y Durango), así como en el centro del país (desde Jalisco hasta Tamaulipas). En marzo, la PP fue de 7.3 mm, esto es 46% del promedio. La lluvia fue más abundante en el norte, los estados del litoral del GM, la península de Yucatán, Chiapas y parte de Oaxaca, aunque con excepción del norte de Baja California y el centro de Tamaulipas, el volumen total fue inferior a la climatología. La PP estuvo asociada con cinco FF, dos tormentas invernales y canales de baja presión. Al 31 de marzo, 57.5% del territorio nacional estaba en condiciones de sequía.

Índices climáticos

Las condiciones atmosféricas y marinas en el Pacífico central correspondientes a *El Niño* cambiaron de un evento *intenso a moderado*. Tanto en diciembre de 2023 como en enero de 2024, la anomalía de la temperatura en la región El Niño 3.4 fue de +2.2 por lo que es considerado el cuarto más fuerte desde 1950 (Fig. 1 A). Según el diagnóstico del Centro de Predicciones Climáticas/NCEP/NWS y el International Research Institute for Climate and Society⁹, la intensidad continuará disminuyendo durante la primavera de 2024, por lo que las condiciones *ENSO-neutral* retornarán entre abril y agosto. Esta institución pronostica la presencia de *La Niña* a partir de julio-septiembre. Por otro lado, continuó la fase negativa del PDO (Fig. 1 B) aunque ésta siguió disminuyendo después de alcanzar su valor máximo en septiembre de 2023 (-2.97). No hay datos recientes del NPGO, pero es probable que se mantenga la fase negativa.

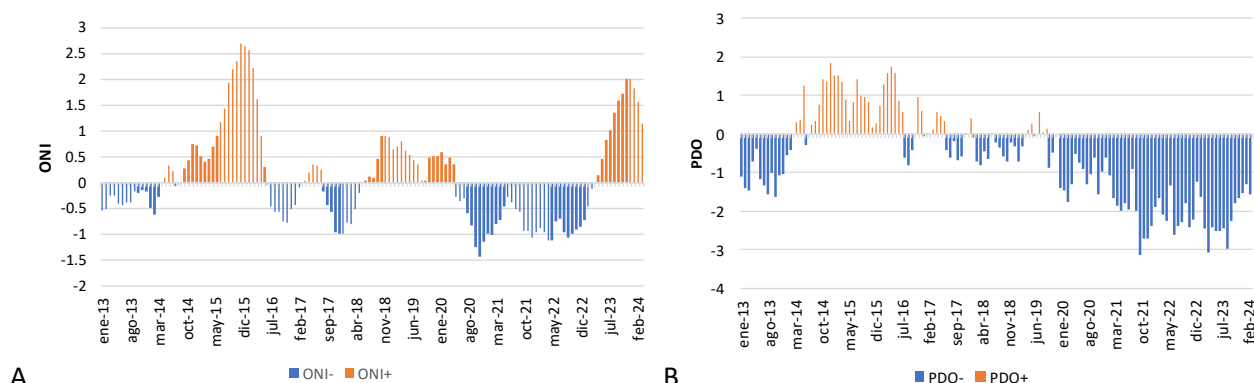


Fig. 1 Índices climáticos (enero 2013-marzo 2024). A) Índice Oceánico de El Niño (ONI); B) Oscilación Decadal del Pacífico (PDO).

Ondas cálidas marinas en el Pacífico nororiental (NEP)

La onda cálida NEP23A disminuyó de tamaño e intensidad después de alcanzar su área máxima a finales de septiembre de 2023, y quedó circunscrita a la costa de California (Fig. 2). No obstante, debido a la presencia de *El Niño*, el Pacífico Nororiental se ha mantenido cálido desde el otoño de 2023.

Condiciones en el Pacífico Mexicano

La TSM en el Pacífico Mexicano varió entre 15 °C y 30 °C (Fig. 3); la isoterma de 20 °C se presentó en el litoral suroccidental de BC, entre Cabo San Lázaro (Fig. 3: 28/12/23-04/01/24) y el sur de Nayarit (14/03), aunque

⁹ https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensodisc_Sp.pdf



también se registraron temperaturas menores a 20 °C en la costa de Jalisco y Colima en los últimos días de marzo.

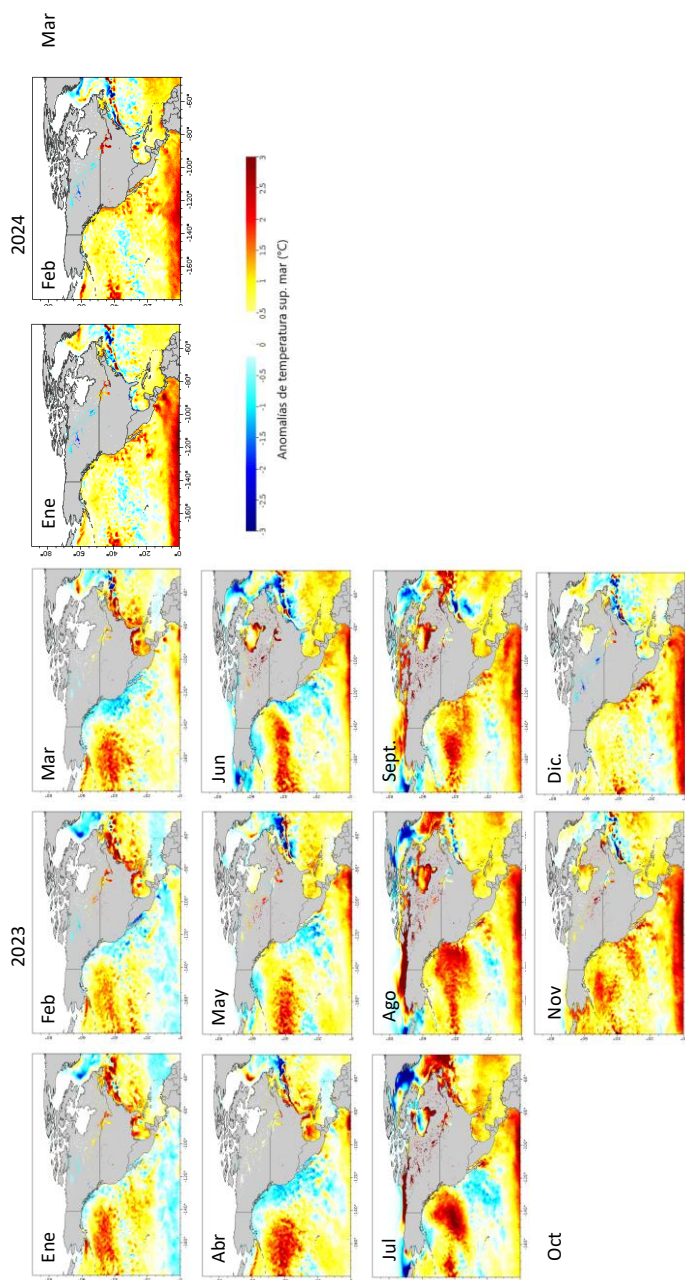


Fig. 2 Ondas cálidas NEP 22 (enero 2022-mayo 2023) y NEP 23 (mayo 2023-). No hubo imagen de octubre de 2023 debido a problemas operativos. A partir de mayo de 2023 se observa el calentamiento en el Pacífico ecuatorial asociado con la presencia de El Niño. Anomalías de temperatura mensual tipo MUR, del gestor de datos ERDDAP¹⁰. Coordenadas: 0-90° N; 45-180° O

¹⁰ [https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/jplMURSST41anommday.graph?sstAnom%5B\(2022-01-16T00:00:00Z\)%5D%5B\(0.0\):\(89.99\)%5D%5B\(-179.99\):\(-45.0\)%5D&.draw=surface&.vars=longitude%7Clatitude%7CsstAnom&.colorBar=%7C%7C%7C%7C%7C%7C&.bgColor=0xffccccff](https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/jplMURSST41anommday.graph?sstAnom%5B(2022-01-16T00:00:00Z)%5D%5B(0.0):(89.99)%5D%5B(-179.99):(-45.0)%5D&.draw=surface&.vars=longitude%7Clatitude%7CsstAnom&.colorBar=%7C%7C%7C%7C%7C%7C&.bgColor=0xffccccff)

Por otro lado, se registraron TSM < 18 °C desde la parte norte de Baja California hasta San Ignacio y Punta Abrejos a finales de marzo, así como en la región de las Grandes Islas en el GC.

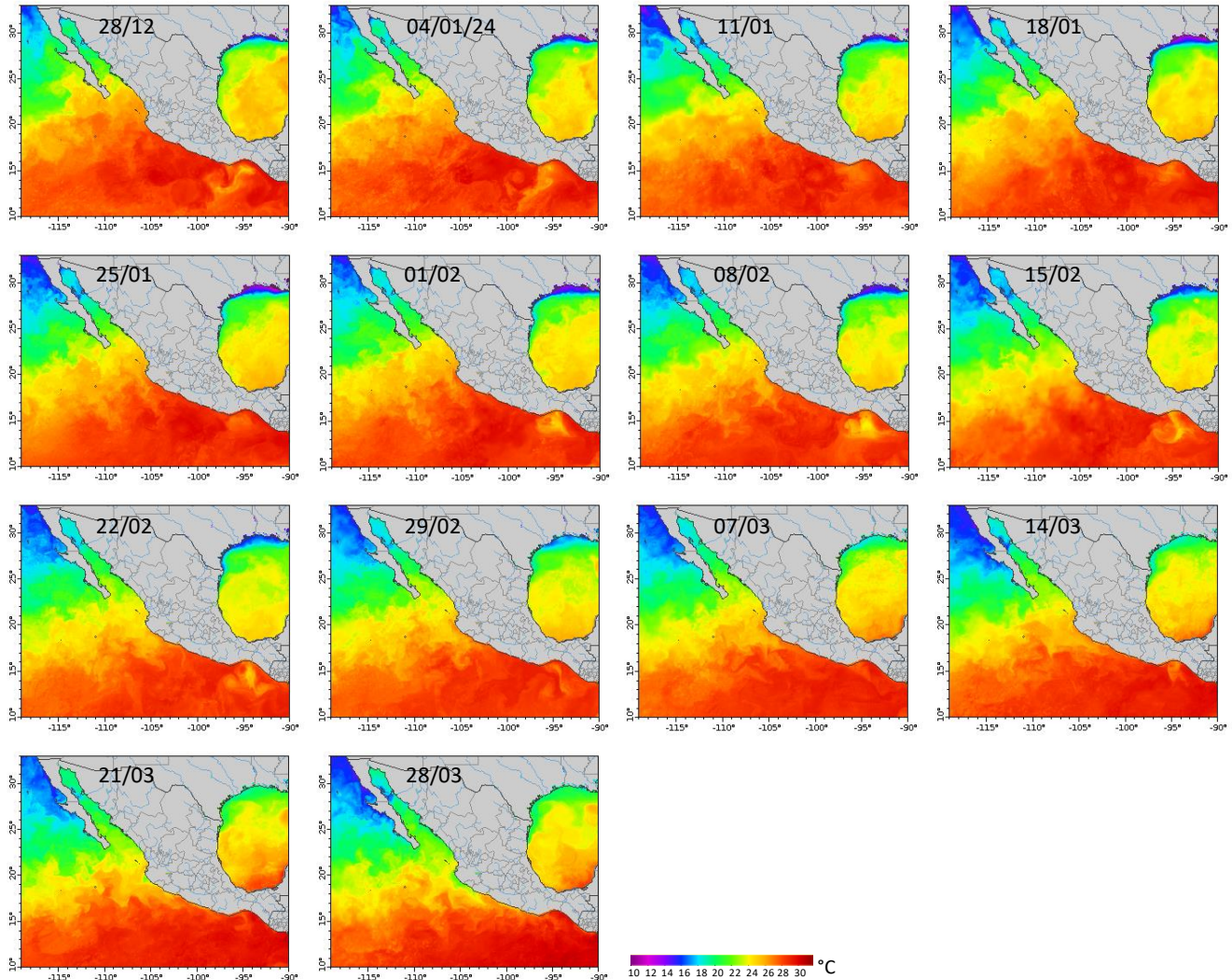


Fig. 3 Temperatura superficial marina registrada en el Pacífico Mexicano desde el 28 de diciembre de 2023 al 28 de marzo de 2024. Imágenes diarias tipo MUR, tomadas del gestor de bases de datos ERDDAP.

En la desembocadura del GC, la temperatura varió entre 26 y 20 °C durante gran parte del periodo por lo que en los últimos días de marzo fue evidente el enfriamiento de la región. Al sur de Cabo Corrientes la TSM varió entre 26 y 30 °C. Los valores más altos se detectaron en la zona oceánica ubicada frente a Michoacán y Guerrero. En el GT se observó la surgencia de agua subsuperficial en los primeros días de enero, en febrero y a mediados de marzo.

Las condiciones ambientales en las diferentes regiones del Pacífico Mexicano variaron entre *ligeramente templadas* y *muy cálidas* durante el trimestre. Las primeras fueron más frecuentes entre Cabo Corrientes y Puerto Ángel debido a la influencia de la corriente en chorro subtropical. Por otro lado, en la tercera semana de

marzo se observó la surgencia de agua fría en la parte media del GT. El ambiente *cálido-muy cálido* prevaleció al norte del paralelo 20° N, principalmente en el GC, y durante algunas semanas en el GT (enero y marzo). Cabe señalar que la región Noroeste (costa occidental de Baja California y GC) se mantuvo muy cálida a pesar del paso de varios FF y de la influencia de la corriente en chorro subtropical.

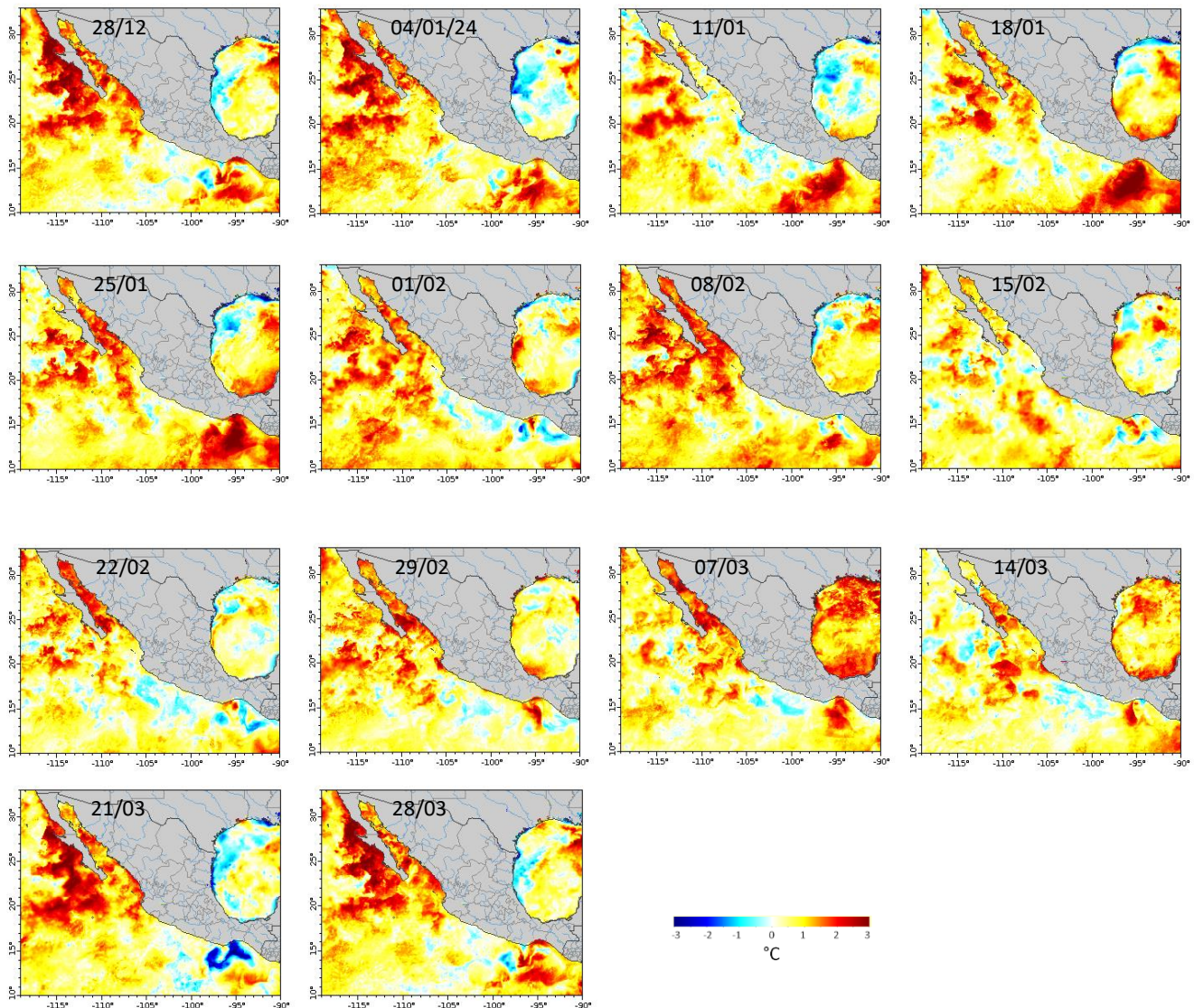


Fig. 4 Anomalías de la temperatura superficial marina registrada en el Pacífico Mexicano desde el 28 de diciembre de 2023 al 28 de marzo de 2024. Imágenes diarias tipo MUR, periodo base 2003-2014.

La concentración de *chl a* varió entre 0.03 mg m⁻³ en la zona oceánica y más de 2 mg m⁻³ en la costa. El pigmento fue más abundante en el nor y suroccidente de la península de Baja California (entre Ensenada y San Quintín y en Bahía Magdalena), el Alto Golfo, el litoral comprendido desde Bahía Kino (Sonora) hasta Nayarit y en las inmediaciones de Cabo Corrientes. En el GC, el contenido de *chl a* sugiere que los florecimientos algales más

notables se presentaron en enero en el Alto Golfo, las cercanías de Ensenada y en Bahía Magdalena; en febrero, en las inmediaciones de San Felipe (BC); y en marzo, en el interior del GC, desde el paralelo 28 °N hasta la desembocadura del río Colorado. Cabe señalar que el 18 y 19 enero, así como el 7 de marzo, COFEPRIS¹¹ promovió vedas sanitarias en algunos polígonos del alto Golfo por altas concentraciones de saxitoxina, los cuales coincidieron con altas cantidades de chl-a. En enero se detectó el deceso de mamíferos marinos, aves, tortugas marinas y un ballenato (Dr. Ernesto García, declaración a la prensa¹²)

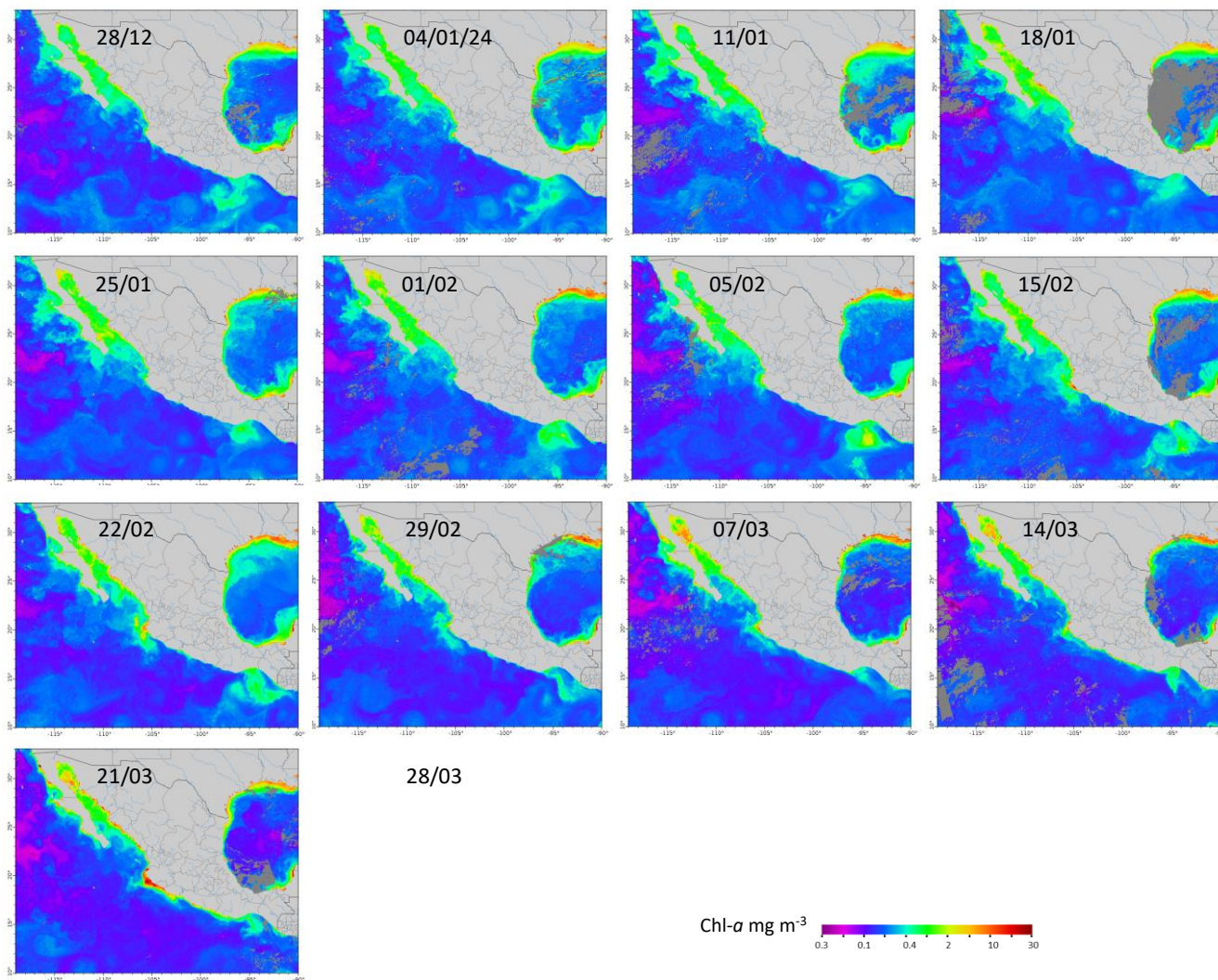


Fig. 5 Imágenes de clorofila-a (compuestos semanales) del 28 de diciembre de 2023 al 21 de marzo de 2024. Imágenes obtenidas por el sensor VIIRS.

¹¹ <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/emergencias-sanitarias-estatales-por-marea-roja>

¹² Méndez E. 04/03/2024. Se confirma marea roja en hábitat de vaquita marina; ya pasó el peligro. Continúa la alerta sanitaria y la veda para el consumo de moluscos bivalvos. Excelsior. Disponible en: <https://www.excelsior.com.mx/nacional/confirma-marea-roja-habitat-vaquita-marina/1639777>



Frentes fríos

El SMN pronosticó 56 FF para la temporada 2023-2024. En enero y febrero hubo tres y un FF más que la climatología, respectivamente, en tanto que en marzo cinco eventos, uno menos que el promedio.

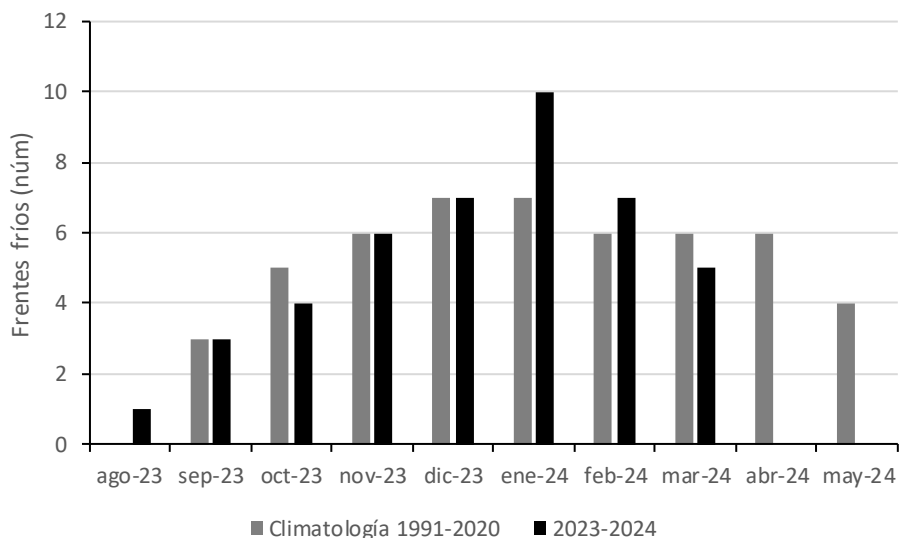


Fig. 6 Frentes fríos que afectaron a México entre enero y marzo de 2024. La temporada inició en agosto con un evento fuera de temporada.

Créditos: María del Carmen Jiménez Quiroz. Investigador DIPP correo electrónico: carmen.jquiroz@imipas.gob.mx

