

Condiciones ambientales en el Pacífico Mexicano

Período: 01 de octubre a 31 de diciembre de 2023, con un resumen de lo ocurrido durante el tercer trimestre de 2023.

Introducción

La temperatura media en el país fue *extremadamente cálida* durante todo el verano (periodo base 1991-2020), con anomalías variables entre +2.9 (julio) y +2.6 (septiembre); los tres meses fueron los más tórridos en el registro histórico tanto a escala global como en nuestro país. La precipitación pluvial (PP) varió entre 99.8 mm (julio) y 65.9 mm (septiembre), por lo que fue *inferior al promedio* en gran parte del territorio y el porcentaje cubierto por la sequía varió entre 49.35% (julio) y 74.96% (septiembre); este último fue el mes más seco del registro histórico. Las características atmosféricas y marinas del Pacífico ecuatorial correspondieron a *El Niño-moderado*, en tanto que los índices climáticos PDO y NPGO fueron negativos. En el Pacífico Nororiental continuó la onda cálida marina NEP23A, la cual alcanzó su área máxima en septiembre (7.6 millones km²). Durante este periodo, la temperatura superficial marina (TSM) varió entre 15 °C y 32 °C; la TSM más baja y las condiciones más templadas ocurrieron en la costa noroccidental de Baja California y en algunas áreas que fueron parte de la trayectoria de huracanes. La TSM más alta (≈32 °C) se registró desde las Grandes Islas hasta la desembocadura del Golfo de California (GC), pero las anomalías fueron más acusadas (>3 °C) en el interior del GC, la región suroccidental de Baja California y en algunas regiones de la zona oceánica. La concentración de clorofila-*a* (chl_a) se registró entre 0.03 mg m⁻³ en la zona oceánica y alrededor de 2 mg m⁻³ en la costa. La chl_a fue abundante (> 1 mg m³) en la costa noroccidental de la península de Baja California, el norte del GC, y en algunas zonas por las que pasaron huracanes, como ocurrió con *Hilary*. En este trimestre se presentaron 12 meteoros de origen tropical y en agosto-septiembre empezó la temporada de frentes fríos (FF), con cuatro eventos. 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 octubre-diciembre de 2023.

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), el National Center for Environmental Information (Oscilación Decadal del Pacífico-PDO³) y la página web del Dr. Di Lorenzo⁴ (Índice del Giro del Pacífico Norte). La información de las ondas cálidas marinas es de la NOAA⁵. 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

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 <http://www.o3d.org/npgo/npgo.php>

⁵ 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>

Avenida México 190, Col. Del Carmen, C.P. 04100, Coyoacán, CDMX

Tel. (55) 3871 9500 www.gob.mx/inapesca



NOAA⁶⁷⁸. 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 octubre, la temperatura atmosférica promedio (*Tmed*) fue 23.6 °C (anom.: +1.7 °C), la mínima promedio (*Tmin*), 17.0 °C (anom.: +2.1 °C) y la máxima (*Tmax*), 30.1 °C (anom.: +1.1 °C), por lo que fue el mes de octubre más cálido desde 1953. La *Tmax* de las regiones centro-occidente, Pacífico sur y península de Yucatán superó el percentil 95, mientras que en el resto del país el de 90. En relación con la *Tmin*, gran parte del territorio se encontró por arriba del percentil 70, mientras que en áreas del Pacífico norte y sur, así como en la península de Yucatán hubo sitios donde los valores superaron el percentil 95.

La *Tmed* en noviembre fue 19.9 °C (anom.: +0.7 °C), mientras que la *Tmin* 13.1 °C (anom.: +1.5 °C) y la *Tmax* 26.8 °C (anom.: +0.1 °C). Las regiones más cálidas fueron el litoral Pacífico (NO y S) y la península yucateca, con promedios variables entre 25 °C y 30 °C. Por el contrario, en gran parte del NE las condiciones fueron templadas. Este mes se clasificó como el sexto más cálido del registro histórico.

En diciembre, la *Tmed* fue 17.0 °C (anom.: +1.05 °C), la *Tmin* 9.8 °C (anom.: +1.48 °C) y la *Tmax* 24.2 °C (anom.: +0.57 °C). El litoral comprendido desde el centro de Sonora hasta Chiapas y la península de Yucatán fueron las regiones más calurosas (prom.: 30 a 35 °C). Las condiciones más frescas se registraron en NO, N y centro del país.

En octubre, la PP fue 95.7 mm (+26.58% del promedio 1991-2020). El superávit estuvo asociado al ingreso de los ciclones tropicales *Lidia*, *Max*, *Norma* y *Otis* por el litoral Pacífico, canales de baja presión en el centro, oriente y sur del país, y cuatro FF (4 al 8). En el occidente, centro-norte, noreste y al sur del noroeste del país, las lluvias superaron los 600 mm. En contraste, los mayores déficits se observaron en la península de Yucatán. Al 31 de octubre, la superficie con sequía de *moderada* a *extrema* (D1-D3) abarcó 56.06% del país, porcentaje inferior al de septiembre.

En noviembre, la PP en todo el país fue de 50.4 mm, (+15.9 mm= +46.08%) y estuvo asociada a seis FF (9-14), la primera tormenta invernal y algunos canales de baja presión. La PP fue más abundante en la vertiente del Golfo, el noreste y península de Yucatán (>100.0 mm). Al 30 de noviembre, hubo sequía de *moderada* a *excepcional* (D1 a D4) en 53.56% del país, 5.5% menos que a finales de octubre.

En diciembre, la PP fue de 26.7 mm, 21.7% más que el promedio. Las anomalías positivas ocurrieron en el centro del país, el litoral del Golfo de México y gran parte de la península de Yucatán, debido al ingreso de cinco FF (17 al 21), al desarrollo de la segunda tormenta invernal y a la presencia e interacción de canales de baja presión y de las corrientes en chorro subtropical y polar. En contraste el Noroeste del país fue el más seco. Al 31 de diciembre el área con sequía tipo D1 a D4, cubrió 54.84 % del territorio nacional.

Índices climáticos

Las condiciones atmosféricas y marinas en el Pacífico central correspondientes a *El Niño* cambiaron de un evento *moderado* a uno *intenso*, aunque la anomalía de temperatura en la región El Niño 3.4 aún es menor a 2.2 por lo que es considerado el 6º más fuerte desde 1950 (Fig. 1 A). Según el diagnóstico del Centro de Predicciones

⁶<https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/jplMURSST41.graph>

⁷<https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/jplMURSST41anom1day.graph>

⁸<https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/nesdisVHNSQchlaWeekly.graph>

⁹ Período de referencia: 1991-2020.

Climáticas/NCEP/NWS y el International Research Institute for Climate and Society¹⁰, esta situación se mantendrá durante parte de la primavera de 2024, cuando paulatinamente retornará a *ENSO-neutral* (60% probabilidad). Por otro lado, continuaron las fases negativas del PDO (Fig. 1 B) y el NPGO (Fig. 1 C). En el primer caso, el valor se mantuvo ≈ -2.0 y en el segundo, disminuyó de -1.76 a -1.91 .

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 y quedó circunscrita a la costa de California (USA). En la página web del Integrated Ecosystem Assessment se menciona que está perdiendo fuerza pero que podría agudizarse en los próximos meses, entre otras causas, debido al calentamiento del Pacífico ecuatorial asociado con *El Niño* (Fig. 2).

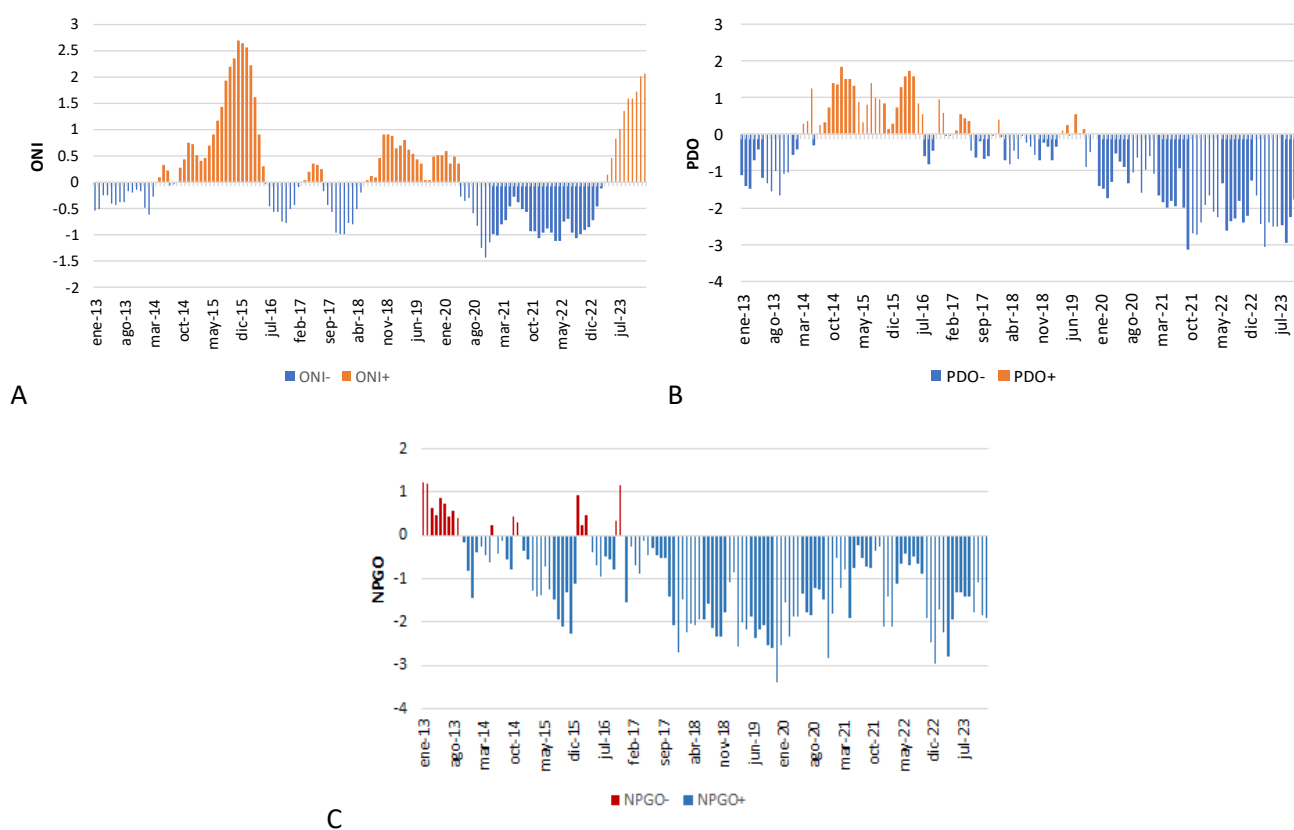


Fig. 1 Índices climáticos (enero 2013-diciembre 2023). A) Índice Oceánico de El Niño (ONI); B) Oscilación Decadal del Pacífico (PDO); C) Oscilación del Giro del Pacífico Norte (NPGO).

¹⁰ https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/ensodisc_Sp.pdf

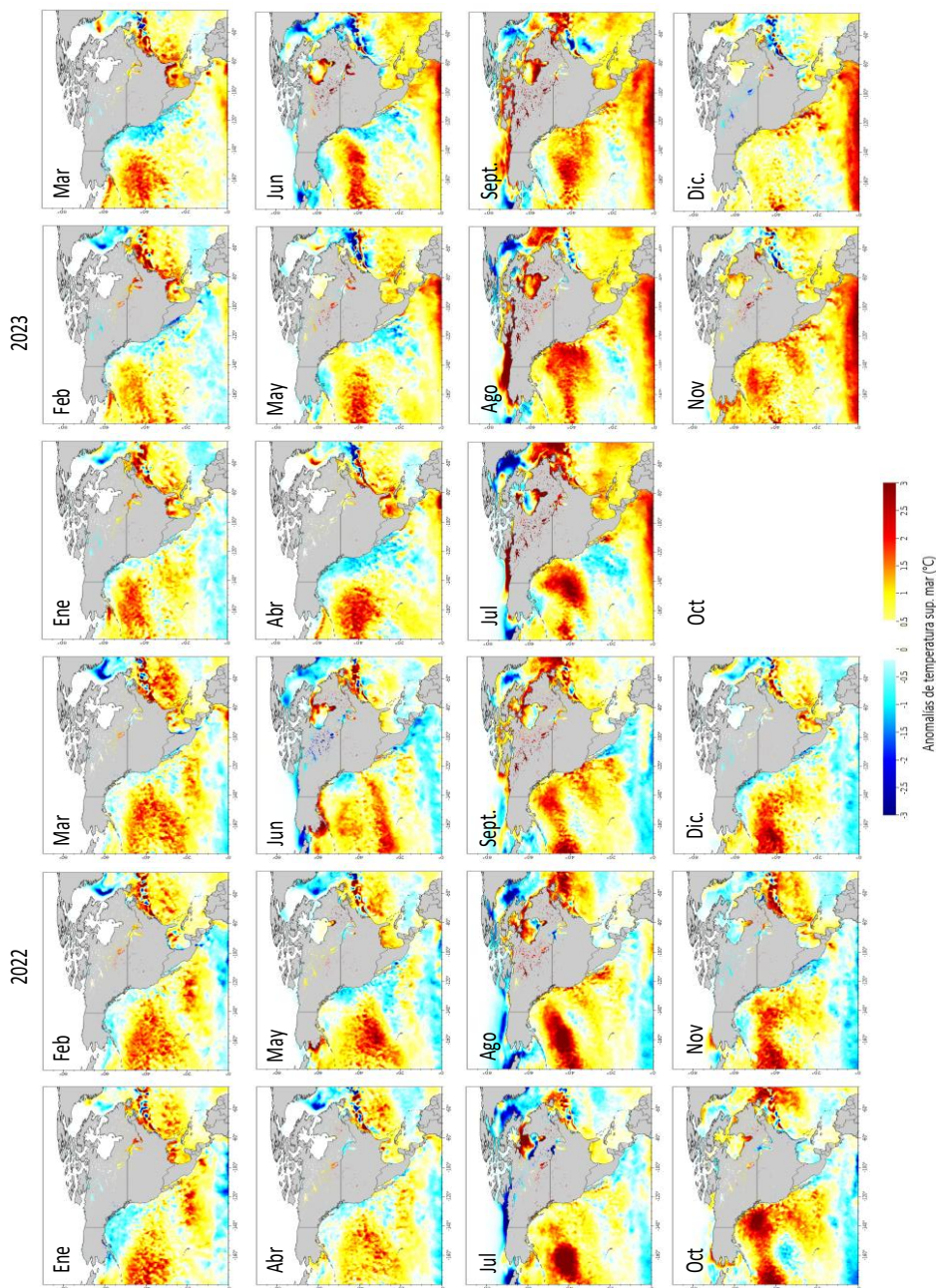


Fig. 2 Ondas cálidas NEP 22 (enero 2022-mayo 2023) y NEP 23 (mayo 2023-). No hubo imagen de octubre de 2023 debido a problemas operativos. A partir de mayo de 2023 se observa el calentamiento en el Pacífico ecuatorial. Anomalías de temperatura mensual tipo MUR, del gestor de datos ERDDAP11. Coordenadas: 0-90° N; 45-180° O

¹¹ [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)
Avenida México 190, Col. Del Carmen, C.P. 04100, Coyoacán, CDMX
Tel. (55) 3871 9500 www.gob.mx/inapesca

Condiciones en el Pacífico Mexicano

La TSM en el Pacífico Mexicano varió entre 15 °C y 32 °C (Fig. 3); el área más templada (<20 °C) se presentó en el litoral noroccidental de BC, desde la frontera con EE.UU. hasta Punta Eugenia (Fig. 3: 28/09), aunque eventualmente se observa el desplazamiento de agua templada hacia el sur por la zona oceánica, en tanto que en las inmediaciones de la costa suroccidental de la península de Baja California se introduce agua cálida desde el Pacífico central mexicano.

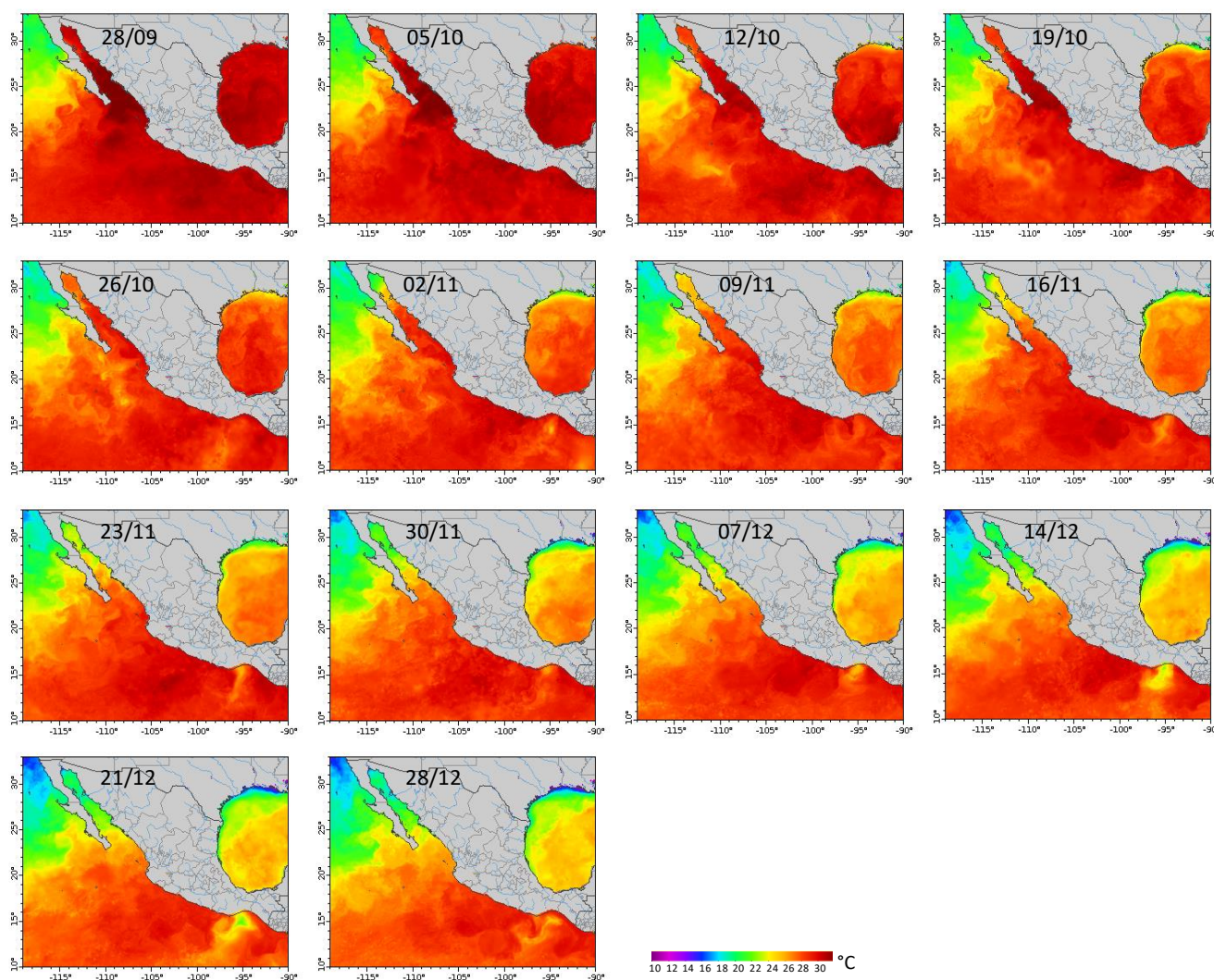


Fig. 3 Temperatura superficial marina registrada en el Pacífico Mexicano desde el 29 de septiembre al 28 de diciembre de 2023. Imágenes diarias tipo MUR, tomadas del gestor de bases de datos ERDDAP.

En el GC, la TSM fue muy elevada entre los últimos días de septiembre y los primeros diez días de octubre (>30 °C), en tanto que 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, en la región ubicada al sur de

Cabo Corrientes la TSM fue superior a 25 °C durante gran parte del trimestre. En noviembre comenzó a manifestarse la surgencia de agua subsuperficial de menor temperatura en el centro del Golfo de Tehuantepec (GT), la cual fue más evidente en diciembre.

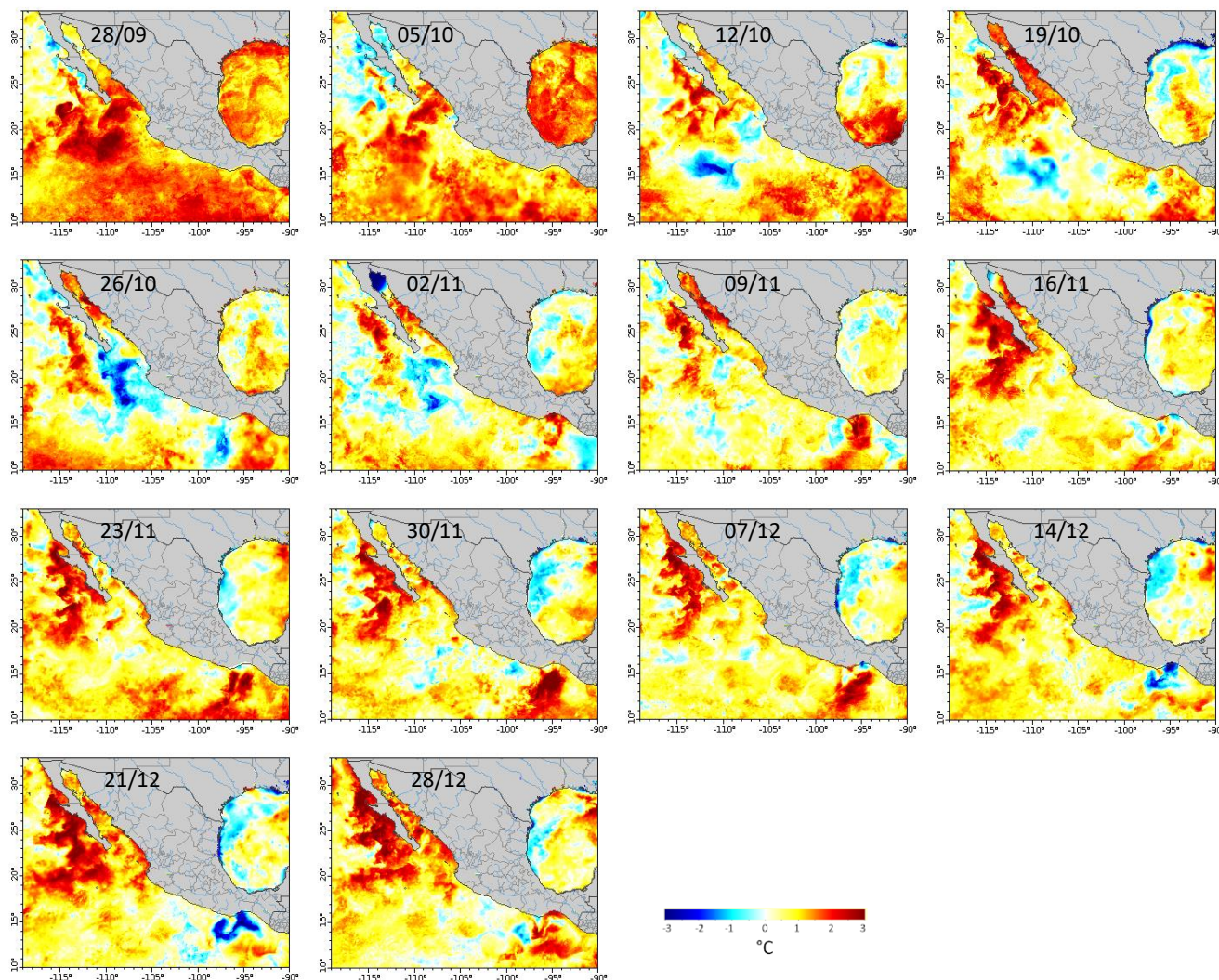


Fig. 4 Anomalías de la temperatura superficial marina registrada en el Pacífico Mexicano desde el 29 de septiembre al 28 de diciembre de 2023. Imágenes diarias tipo MUR, periodo base 2003-2014.

El ambiente entre Ensenada y Cabo San Lázaro (así como en el Alto Golfo) se mantuvo templado en los primeros días de octubre como resultado del paso de varios FF (en especial el núm. 4) y la corriente en chorro subtropical, mientras que, al sur de esa región, en las inmediaciones de la región comprendida 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 en ambiente entre *cálido* y *muy cálido* (Fig. 4). En contraste, el GC las condiciones variaron entre *ligeramente cálidas* y *muy cálidas* durante el resto del trimestre. 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 tormentas *Pilar* y *Ramón* (Fig. 4).

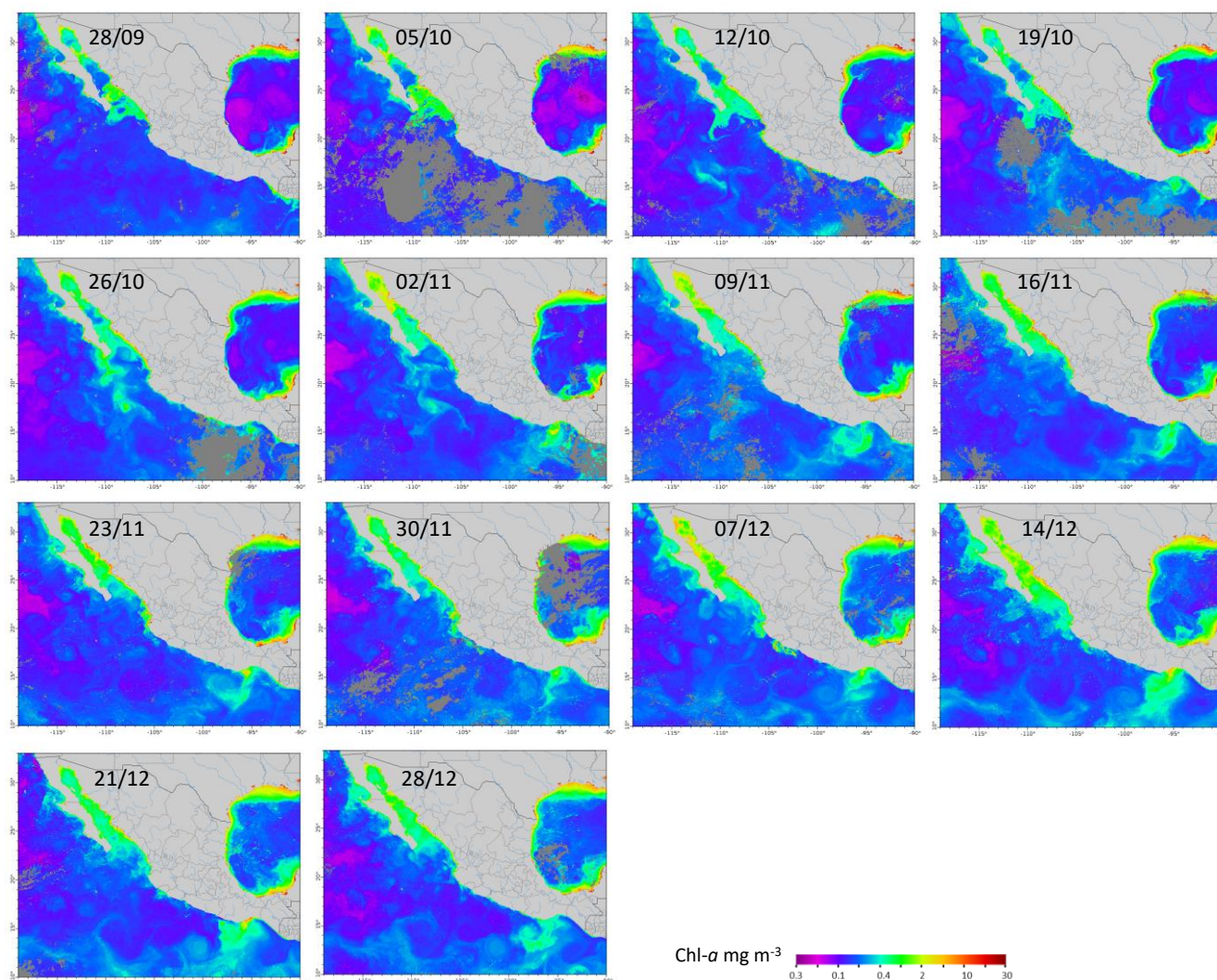


Fig. 5 Imágenes de clorofila-a (compuestos semanales) del 28 de septiembre al 28 de diciembre de 2023. Imágenes obtenidas por el sensor VIIRS.

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. En la costa occidental de la península de Baja California, las concentraciones fueron elevadas en octubre, en una franja muy estrecha ubicada principalmente al norte de San Quintín y en las inmediaciones tanto de Punta Eugenia como de Cabo San Lázaro. En noviembre esa banda se ensanchó y alcanzó su anchura máxima en los primeros días de diciembre. Por otro lado, el pigmento fue abundante ($> 1 \text{ mg m}^{-3}$) en el GC (en el extremo norte del 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 (Fig. 5), como se observa en las imágenes del 26 de octubre y 2 de noviembre, en las cuales destaca un área con altas concentraciones de *chl-a* al sur de Los Cabos (BCS) resultante del paso del HSS4 *Norma* y al sur de Guerrero y Oaxaca por el HSS5 *Otis*. En el GT la *chl-a* aumentó a partir de la segunda quincena de octubre debido a la influencia del viento en la surgencia que se forma en esa región. Las concentraciones más elevadas se registraron en la segunda quincena de diciembre.

Huracanes

En el trimestre se presentaron seis meteoros de origen tropical (Tabla 1), de los cuales tres fueron tormentas tropicales (Tt) y tres huracanes mayores (HSS), dentro de los cuales destacó *Otis*, el segundo más intenso que ha aterrizado en las costas mexicanas, y que destruyó gran parte del puerto de Acapulco. En octubre hubo cinco meteoros, tres más que la climatología para este mes, y además tres de los cuales fueron huracanes mayores (HSS>3).

Tabla 1.- Características de los huracanes que se presentaron en octubre y noviembre. HSS: huracán en la escala Saffir-Simpson; Tt: tormenta tropical, Dt: depresión tropical

Nombre	Fechas activo	Cat.	Vientos máx. (km h ⁻¹)	Presión mín (h Pa)	ACE
Lidia	3 – 11 de oct.	HSS 4	220	942	11.1025
Max	8 – 10 de oct.	Tt	100	991	0.825
Norma	17 – 23 de oct.	HSS 4	215	941	14.53
Otis	22 – 25 de oct.	HSS 5	270	923	6.615
Pilar	28 de oct. – 6 de nov.	Tt	95	996	5.4125
Ramón	23 – 26 de nov.	Tt	75	1002	0

Frentes fríos

El SMN pronosticó 56 FF para la temporada 2023-2024. En octubre se presentó un FF menos que la climatología (Fig. 6), en tanto que en noviembre y diciembre fueron seis y siete eventos, respectivamente, cantidades similares al promedio.

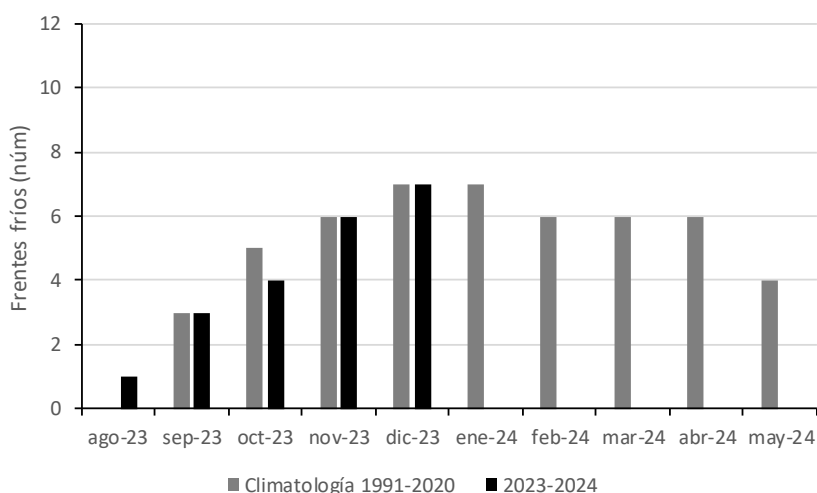


Fig. 6 Frentes fríos que afectaron a México. La temporada inició en agosto con un evento fuera de temporada.

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

Avenida México 190, Col. Del Carmen, C.P. 04100, Coyoacán, CDMX
Tel. (55) 3871 9500 www.gob.mx/inapesca