



Condiciones ambientales en el Pacífico Mexicano

Período: 27 de septiembre al 27 de diciembre de 2024, con un resumen de lo ocurrido durante el tercer trimestre de 2024.

Introducción

Durante el verano las condiciones fueron cálidas en todo el país, aunque más templadas que en el mismo periodo de 2023. La temperatura ambiental promedio fue de 26.5, 26.8 y 25.7 °C, con anomalías (anom.) +1.8, +2.1 y +1.9 °C, respectivamente. La precipitación pluvial (PP) fue +21.8%, -12.1 y +3.5 diferente al promedio. En el Pacífico Ecuatorial las características atmosféricas y marinas fueron *ENSO-neutrales* en tanto que los índices PDO y NPGO continuaron siendo fuertemente negativos. En abril se formó la onda cálida en el Pacífico Nororiental NEP24, la cual alcanzó su máxima extensión en septiembre. La TSM en el Pacífico Mexicano se elevó a lo largo del trimestre, en particular en agosto y septiembre (>32 °C). Las condiciones ambientales en las diferentes regiones del Pacífico Mexicano variaron entre *muy templadas* y *muy cálidas*. Las primeras se detectaron (anom -3 a -1 °C) en la desembocadura del Golfo de California (GC) en los primeros días de julio, en la segunda semana de agosto y la tercera semana de septiembre. Las anomalías más elevadas (+2 a +3 °C) se presentaron en agosto y septiembre; sin embargo, en los dos meses el paso de diversos meteoros (p. ej. *Ileana* y *John*), y los frentes fríos (FF) 2 y 3 contribuyeron a enfriar algunas regiones. La concentración de clorofila-a (chl_a) varió entre 0.03 mg m⁻³ en la zona oceánica y más de 10 mg m⁻³ en la costa. El pigmento fue más abundante en el noroeste y suroeste del país. En este periodo hubo reportes de florecimientos algales nocivos (FAN) en el Alto Golfo, Sonora y Chiapas. Por otro lado, se presentaron siete tormentas tropicales (Tt) y cuatro huracanes (HSS) y tres FF. En este contexto, el objetivo de este boletín es describir las condiciones ambientales del Pacífico Mexicano en el trimestre octubre-diciembre a partir de información atmosférica y marina obtenida de la literatura y de bases de datos nacionales y extranjeras.

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) provinieron de 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 fue de la NOAA⁴. Las imágenes mensuales y diarias de la TSM, así como de sus anomalías (ATSM),

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>

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

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



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 NOAA⁵⁶⁷. 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, en tanto que las características de las vedas sanitarias y cierres precautorios causadas por los florecimientos algales de la página de COFEPRIS⁸.

Resultados

Temperatura ambiental y precipitación pluvial a escala nacional

En octubre, la temperatura atmosférica promedio (Tmed) fue 23.5°C (anom.: $+1.6^\circ\text{C}$), la mínima promedio (Tmin), 16.3°C (anom.: $+1.4^\circ\text{C}$) y la máxima (Tmax), 30.6°C (anom.: $+1.6^\circ\text{C}$). Este mes fue el segundo octubre más cálido desde 1953 a escala nacional y el más tórrido en BCS, Coahuila, Chihuahua, Durango, Sinaloa y Sonora. Un sistema de alta presión dio lugar a anomalías $\geq 3^\circ\text{C}$ en el Noroeste (NO) y el litoral del Pacífico sur mexicano. En noviembre, la Tmed fue 20.3°C (anom.: $+1.1^\circ\text{C}$), mientras que la Tmin 12.4°C (anom.: $+0.8^\circ\text{C}$) y la Tmax 28.2°C (anom.: $+1.5^\circ\text{C}$). En este mes, calificado como el tercer noviembre más cálido desde 1953, las temperaturas más altas se registraron desde el extremo sur de Sinaloa, hasta la costa de Chiapas (en especial en la costa norte de Michoacán y el litoral guerrerense), así como en la vertiente del Golfo de México y península de Yucatán. En diciembre la Tmed fue 18°C (anom.: $+2.05^\circ\text{C}$), mientras que la Tmin de 9.9°C (anom.: $+1.58^\circ\text{C}$) y la Tmax de 26°C (anom.: $+2.37^\circ\text{C}$). El litoral comprendido desde Nayarit hasta Chiapas fue el más caliente del país, en tanto que las condiciones más templadas se detectaron en la parte norte, desde Baja California hasta Tamaulipas, la región central y la zona montañosa de Chiapas.

La PP en octubre fue de 71.9 mm, esto es 95.2% del promedio (75.5 mm). Las lluvias estuvieron asociadas con la depresión tropical *Once-E* (en los primeros días del mes), las ondas tropicales 26 a 30, la corriente en chorro subtropical, la vaguada monzónica, los FF 4-6, y con canales de baja presión. El área cubierta por sequía moderada a excepcional (D1-D4) fue $\approx 31.65\%$ y abarcó el norte (N) y noroeste (NO) del país. En esta última región representó 54.9% de la superficie. En noviembre, la PP acumulada fue de 17.5 mm, 49.27% menos que la normal de dicho mes (34.5 mm) y estuvo asociada con la corriente en chorro subtropical, la vaguada monzónica, los FF 7 a 11 y varios canales

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

⁹Periodo de referencia: 1991-2020.



de baja presión que aportaron lluvias en el occidente y sureste del país. En la vertiente del Golfo de México incidieron la tormenta tropical (Tt) Sara y el HSS3 Rafael. En contraste, en poco más de la mitad de la superficie de las regiones NO (55.6%) y N (53.8%) del país prevalecieron condiciones de sequía (D1-D4). En diciembre, la PP fue de 13.4 mm (61.1 % del promedio). Las lluvias fueron escasas en el NO, N, Occidente (O) y Suroeste (SO) del país en tanto que solo fueron mayores al promedio en Nuevo León, parte de la región NE y la costa de Quintana Roo. El día 31, 51.1% del territorio estaba en alguna condición de sequía y en 38.1 % (particularmente en los estados del NO) variaba de moderada a excepcional.

Índices climáticos

En primavera, las condiciones atmosféricas y marinas en el Pacífico central cambiaron de un evento *El Niño-moderado* a *neutral* (Fig. 1 A), las cuales se mantuvieron durante casi todo el verano, según el Centro de Predicciones Climáticas/NCEP/NWS y el International Research Institute for Climate and Society¹⁰.

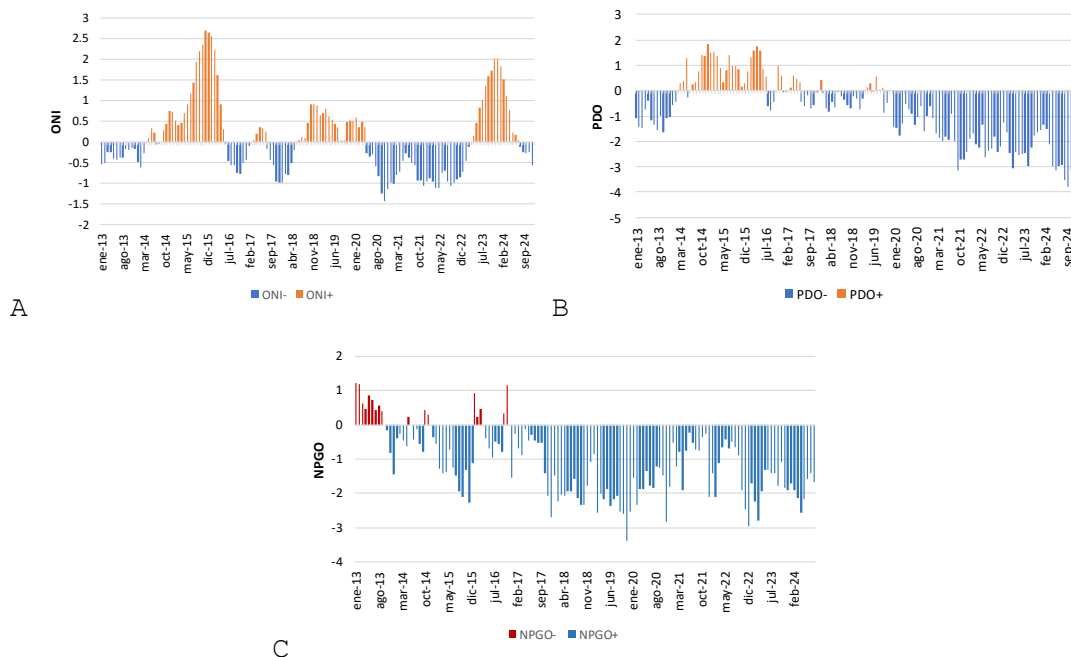


Fig. 1 Índices climáticos. A) Índice Oceánico de El Niño (ONI) (enero 2013-diciembre 2024); B) Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) (enero 2013-diciembre 2024); C) Índice del Giro del Pacífico Norte (enero 2013-agosto 2024).

A partir de septiembre los índices climáticos fueron ligeramente negativos, por lo que el IRI señaló que mostraban la presencia de un evento *La Niña-débil*, condición que, según esta institución, persistirá hasta febrero-abril

¹⁰ https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ens0_advisory/ensodisc_Sp.pdf

2025 (59% de probabilidad), en tanto que para para marzo-mayo 2025 se espera el retorno a la neutralidad (60% de probabilidad). Por otro lado, entre julio y octubre se fortaleció la fase negativa del PDO (-2.99 a -3.8) en tanto que en noviembre y diciembre se debilitó ligeramente (Fig. 1 B). Los datos del NPGO más recientes son de agosto de 2024 y muestran que continua la fase negativa que inició en 2013 (Fig. 1C).

Ondas cálidas marinas en el Pacífico nororiental (NEP)

En los últimos días de abril de 2024 se formó la NEP24A. Aunque en julio esta onda se debilitó ligeramente, entre agosto y octubre se expandió hasta abarcar más de 50% de la ZEE de EEUU (Fig. 2), en tanto que el noviembre y diciembre se debilitó en esa zona. Por otro lado, se detectó un área cálida frente a la costa occidental de Baja California entre octubre y diciembre, que contrastó con el ambiente frío registrado frente a la costa.

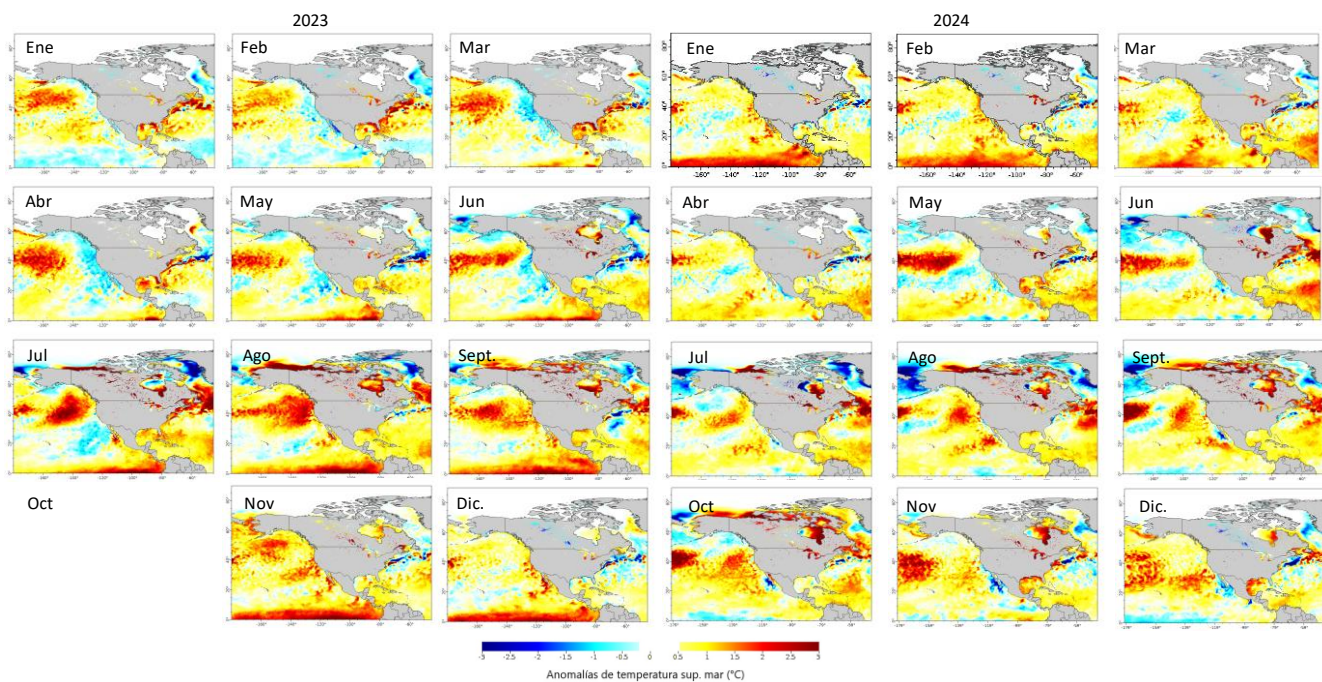


Fig. 2 Ondas cálidas. Final de la NEP 22 (enero 2022-mayo 2023) y NEP 23 (mayo 2023-abril 2024). A partir de abril de 2024 se formó la NEP24A, la cual se acercó a las costas estadounidenses al inicio del otoño. En México se formó otra mancha al SO de Baja California Sur entre agosto y octubre, así como en diciembre. No hubo imagen de octubre de 2023 debido a problemas operativos. Anomalías de temperatura mensual tipo MUR, del gestor de datos ERDDAP. Coordenadas: $0-90^{\circ}$ N; $45-180^{\circ}$ O.

Condiciones en el Pacífico Mexicano

La TSM en el Pacífico Mexicano varió entre 15 y >30 °C (Fig. 3), con las áreas más templadas en la costa occidental de la península de Baja California, en las inmediaciones de San Quintín al inicio de octubre y desde finales de ese mes en la región comprendida entre la frontera y Bahía Asunción. Al iniciar el trimestre, la isoterma de 20 °C estuvo circunscrita a la zona comprendida entre Bahía Magdalena y Los Cabos (imágenes 27/09-31/10) mientras que durante el resto del periodo osciló entre el extremo de la península de Baja California y la costa nayarita, debido al enfriamiento del GC.

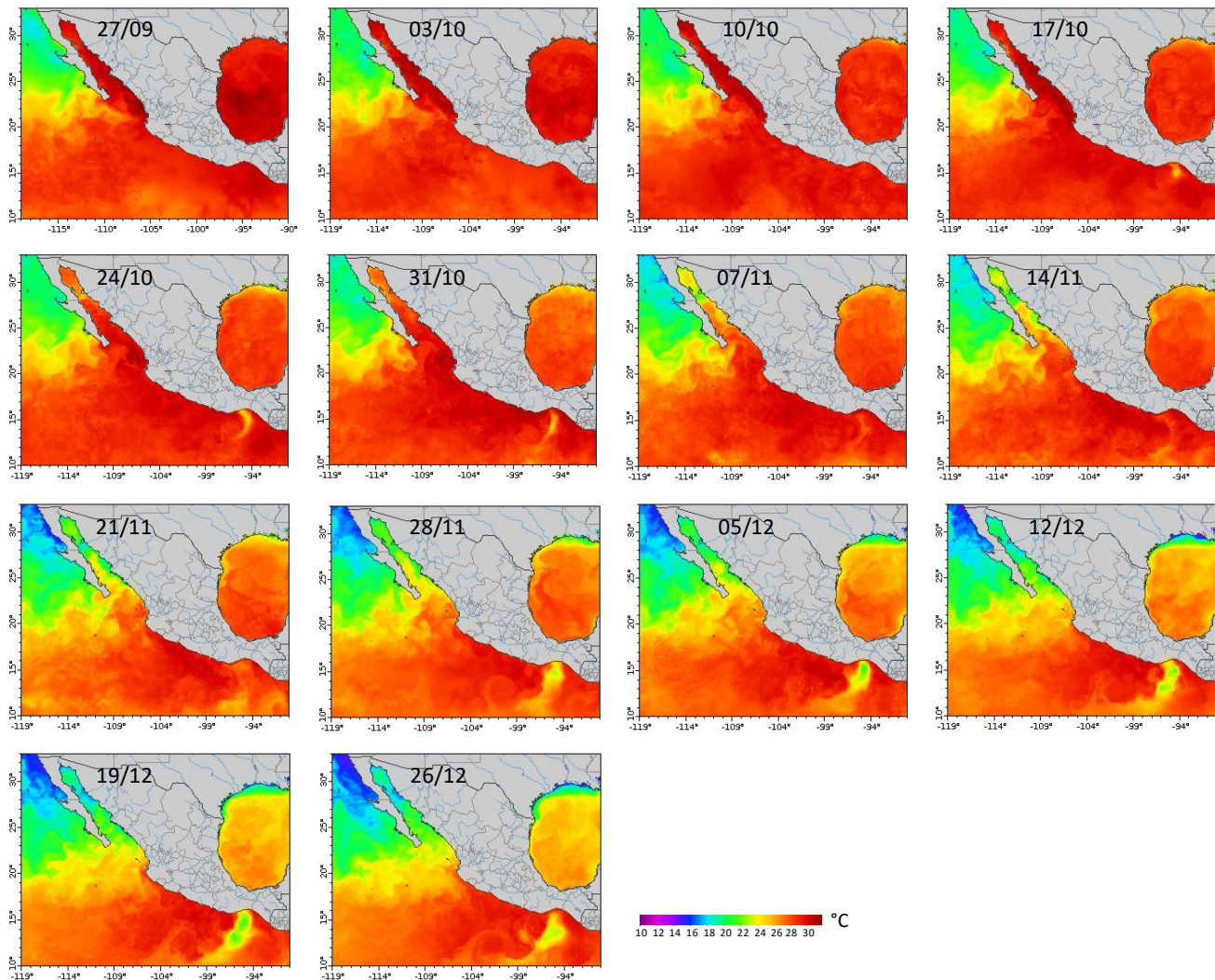


Fig. 3 Temperatura superficial marina registrada en el Pacífico Mexicano desde el 27 de septiembre al 26 de diciembre de 2024. Imágenes diarias tipo MUR, tomadas del gestor de bases de datos ERDDAP.

La temperatura en el GC fue muy alta (>30 °C) en octubre, en especial en la costa oriental, desde la zona de las Grandes Islas hasta la desembocadura, Avenida México 190, Col. Del Carmen, C.P. 04100, Coyoacán, CDMX
Tel. (55) 3871 9500 www.gob.mx/imipas



frente a Nayarit. Desde los primeros días de noviembre la TSM comenzó a disminuir hasta llegar al intervalo 18-20 °C a finales de diciembre. En el Pacífico Sur se registraron valores similares a los del GC desde Cabo Corrientes (CC) hasta la frontera con Guatemala, aunque las TSM más altas se registraron frente a la costa comprendida entre Michoacán y Oaxaca. En el Golfo de Tehuantepec (GT) se observó una estructura de menor temperatura desde la segunda semana de octubre, que fue más notable a partir de la última semana de noviembre (imagen 28/11), asociada con la surgencia de agua causada por el paso de los FF 10 y 11.

Las condiciones ambientales en el Pacífico Mexicano variaron entre *muy templadas* y *muy cálidas* durante el trimestre (Fig. 4). Las primeras (anom < -1 °C) se observaron principalmente en la zona oceánica y costera ubicada al oeste de la península de Baja California y entre los paralelos 30 y 20 °N durante todo el periodo, así como en diferentes lapsos, frente al Pacífico Sur Mexicano (Fig. 4; imágenes 27/09-03/10) y el interior del GC (imágenes 14/11-26/12).

En el GC, las anomalías variaron entre +2 y +3 °C en octubre (Fig. 4), aunque las características de la zona cubierta por estos valores cambiaron en el transcurso del tiempo, ya que disminuyeron paulatinamente tanto la extensión como la intensidad de las anomalías. Al final del periodo las condiciones fueron *normales* (anom: 0 y 1 °C) en el tercio más norteño, mientras que la desembocadura se mantuvo templada desde los primeros días de noviembre. En contraste, las condiciones en el Pacífico Sur variaron entre *normales-ligeramente templadas* y *normales-ligeramente cálidas* durante casi todo el otoño.

En octubre el paso de las masas de aire polar asociadas a los FF 4, 5 y 6, aunadas a las corrientes en chorro polar y subtropical contribuyeron a al enfriamiento de la superficie marina y dio lugar a las fuertes anomalías negativas registradas en la costa occidental de Baja California, en tanto que la combinación de la Dt *Once-E*, más la vaguada monzónica contribuyeron a disminuir la TSM en el Pacífico Occidental Mexicano al final de septiembre y los primeros días de octubre. En noviembre el paso de los FF 7-11, asociados con la corriente en chorro polar y la primera tormenta invernal (días 15-21) contribuyeron a mantener las anomalías negativa (<-1.5 °C) desde San Quintín hasta Los Cabos, la desembocadura del GC y parte del Pacífico occidental mexicano (Fig. 4: 14/11-21/11).

En las dos primeras semanas de diciembre una vaguada polar, el FF 14 (días 9 a 12) y las corrientes en chorro subtropical y polar disminuyeron la temperatura en gran parte de la región, en tanto, que a partir de la tercera semana (Fig. 4: 12/12), los FF 15-18, las masas de aire provenientes del Ártico asociadas, y la corriente de chorro polar contribuyeron al enfriamiento entre los paralelos 18 y 27 °N, así como la surgencia de agua subsuperficial en el GT.

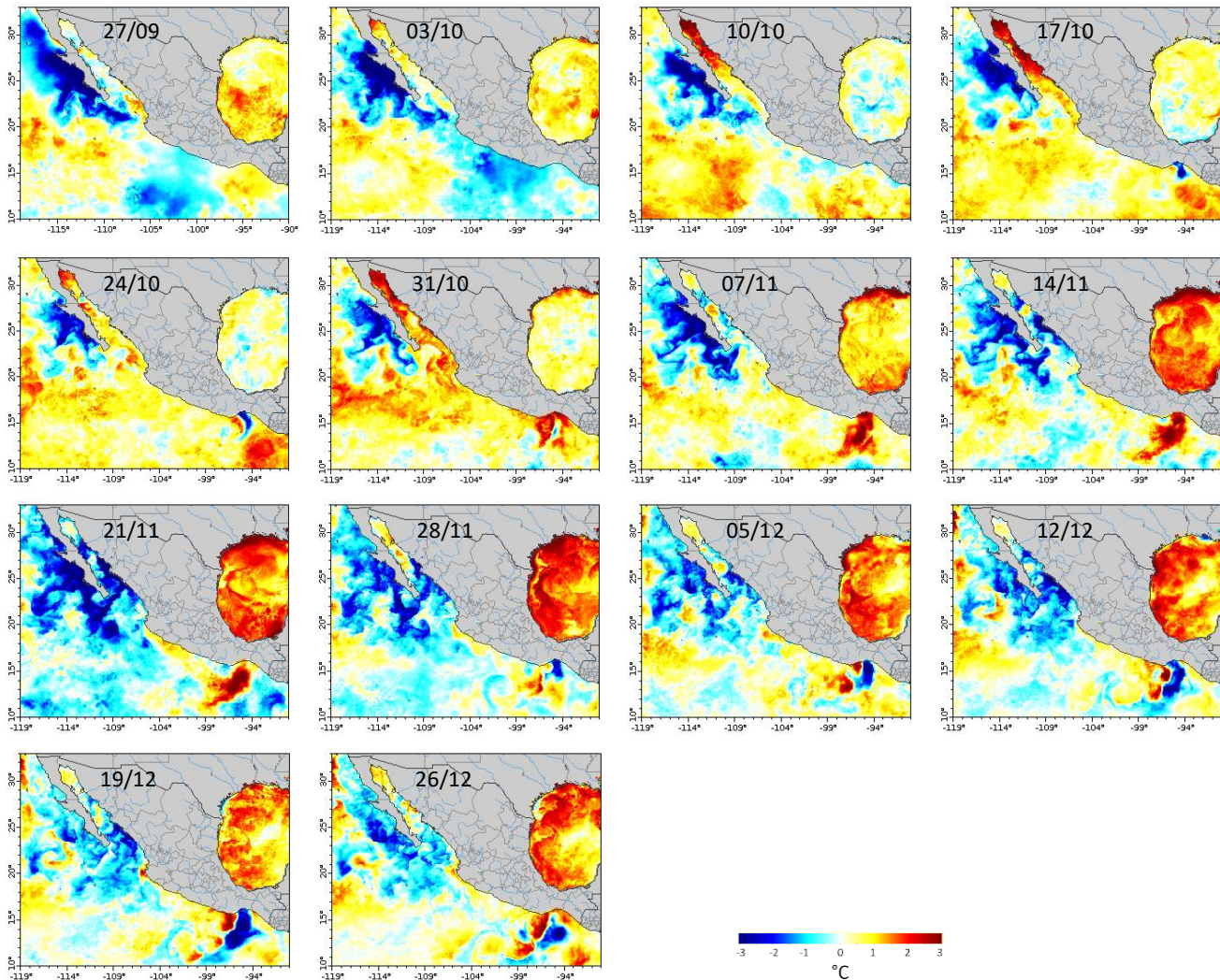


Fig. 4 Anomalías de la temperatura superficial marina registrada en el Pacífico Mexicano desde el 27 de septiembre hasta el 26 de diciembre de 2024. Imágenes diarias tipo MUR, periodo base 2003-2014.

La concentración de chl *a* varió entre 0.03 mg m⁻³ en la zona oceánica y más de 10 mg m⁻³ en algunos puntos de la costa. El pigmento fue más abundante en la costa occidental de la península de Baja California y en el GT. En el GC, el contenido de chl *a* aumento paulatinamente de norte a sur, con valores muy altos en el Alto Golfo, la región de las Grandes Islas (a partir de la tercera semana de octubre), la costa sur de Sonora-norte de Sinaloa (Fig.5: 14/11-21/11), el sur de Sinaloa (a partir del 28/11-), el litoral nayarita (27/09-10/10), Cabo Corrientes (17/10-26/12) y algunas partes de Colima, Michoacán, Guerrero y el norte de Oaxaca.

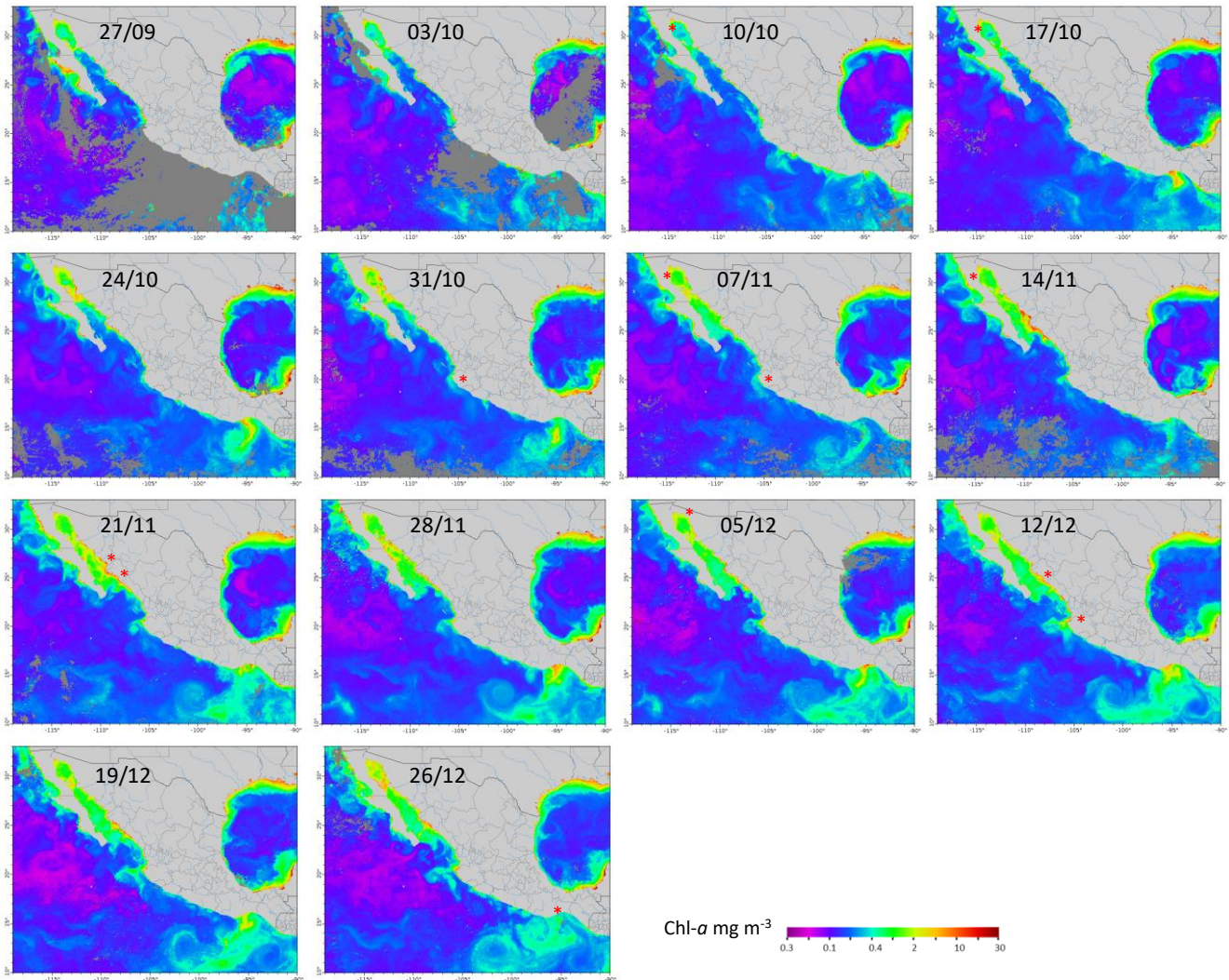


Fig. 5 Imágenes de clorofila-a (compuestos semanales) del 27 de septiembre al 26 de diciembre de 2024. Los asteriscos rojos indican los sitios en donde se decretaron vedas sanitarias (Alto Golfo, San Felipe-Puertecitos BC) y cierres precautorios (N y S de Sonora, N de Sinaloa, Jalisco, Oaxaca). Imágenes obtenidas por el sensor VIIRS.

En el Alto Golfo, así como entre San Felipe y Puertecitos (BC) se establecieron 11 vedas sanitarias en diferentes polígonos, asociados a florecimientos de microalgas productoras de saxitoxina (ver asterisco rojo en la figura 5, imágenes 10/10, 17/10, 7/11, 14/11 y 5/12). En el resto de la costa del Pacífico, se registraron 13 cierres precautorios, la mayoría de los cuales estuvo asociado con la presencia de saxitoxina (Sinaloa y Sonora: 21/11, 12/12) y dos con densidades elevadas de *Dinophysis caudata* (Puerto Vallarta, Jal: 10/12) y *Gymnodinium catenatum* (Playa Chipehua, Oax: 24/12).



Huracanes

En el Pacífico Oriental la temporada de huracanes inició tardíamente (4 de julio) con la Tt Aletta y concluyó el 7 de noviembre con la Dt Once-E. En total hubo 15 eventos, como lo pronosticaron el Servicio Meteorológico Nacional y la NOAA, por lo que fue una temporada *normal*. En octubre y noviembre hubo dos Dt, una tormenta tropical (Tt) y un huracán categoría 5 en la escala Saffir-Simpson (HSS), este último (Kristy) se formó frente al Pacífico Occidental Mexicano y se dirigió hacia el Pacífico Central por lo que no afectó al país (Tabla 1). La Dt Once-E, posterior al paso de la Tt Ileana y el HSS3 John, causó fuertes lluvias en Guerrero y Oaxaca.

Tabla 1.- Características de los 15 huracanes que se presentaron desde el inicio de la temporada. 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
Once-E	1 - 3 /10	Dt	55	1004	0
Kristy	21 - 27/10	HSS 5	260	926	20.9975
Lane	1 - 3/11	Tt	75	1004	0.565
Catorce-E	6 - 7/11	Dt	55	1006	0
Total temporada 2024	15		260	926	82.27

Frentes Fríos

El SMN pronosticó 48 FF para la temporada 2024-2025¹¹. En octubre se presentaron tres FF, en tanto que, en noviembre y diciembre, cinco y nueve, respectivamente. En consecuencia, en los dos primeros meses hubo menos FF que el promedio y en diciembre se superó ese valor (Fig. 6).

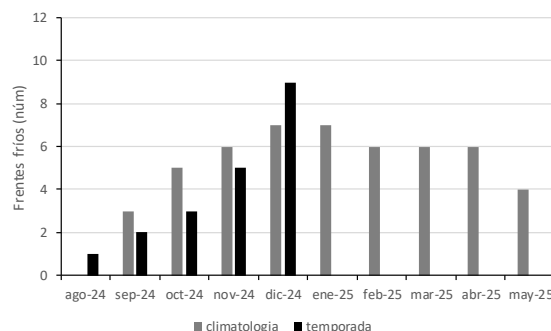


Fig. 6 Frentes fríos registrados en la República Mexicana entre agosto y diciembre de 2024.

¹¹ <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/pronostico-climatico/frentes-frios>



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

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