

Condiciones ambientales en el Pacífico Mexicano

Período: 01 de julio a 30 de septiembre de 2023, con un resumen de lo ocurrido durante el segundo trimestre de 2023.

Introducción

La temperatura media en el país fue *muy cálida* durante toda la primavera (periodo base 1981-2010) debido a la ocurrencia de tres ondas de calor. La precipitación pluvial (PP) varió entre 15.4 mm (abril) y 42.2 mm (mayo), por lo que fue *inferior al promedio* en gran parte del país y el porcentaje cubierto por la sequía varió entre 47.95 (abril) y 33.05 (mayo). Las características atmosféricas y marinas del Pacífico ecuatorial se tornaron *ENSO-neutral*, en tanto que los índices climáticos PDO y NPGO continuaron siendo negativos. En el Pacífico Nororiental continuó la onda cálida marina NEP22A hasta mayo, cuando en el transcurso de unos días fue sustituida por la NEP23A. En la primavera, la temperatura superficial marina (TSM) varió entre 10 °C y 32 °C; los valores más bajos (<16 °C) ocurrieron en la costa noroccidental de Baja California y el Golfo de California (GC). La TSM más alta (>26 °C) se registró desde Nayarit hasta Centroamérica, pero los valores extremos se observaron al sur del paralelo 15° N y al este del meridiano 105 °O desde la segunda semana de mayo. En la región oceánica, las condiciones en la costa occidental de la península de Baja California y el GC fueron *moderadamente templadas*, mientras que al sur de Jalisco variaron entre *normales* y *moderadamente cálidas*. 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 m⁻³) en la costa noroccidental de la península de Baja California, el GC, la costa de Jalisco y una franja muy delgada aledaña a los estados del Pacífico sur. En este periodo hubo 10 frentes fríos (FF), con dos fuera de temporada (junio), y, por otro lado, a finales de ese mes se presentaron los meteoros *Adrián* y *Beatriz*, por lo que ha sido uno de los inicios más tardío de la temporada de huracanes. 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 julio-septiembre 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 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

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>

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 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 julio, la temperatura atmosférica promedio (*Tmed*) fue 27.6 °C (anom.⁹: +2.9 °C), la mínima promedio (*Tmin*), 20.9 °C (anom.: +2.8°C) y la máxima (*Tmax*), 34.4 °C (anom.: +3.1°C). Las condiciones fueron *más cálidas de lo normal* (anom.: > 3 °C) en gran parte del norte y noroeste. En este mes, la temperatura de todo el país fue tórrida, pero dieciocho estados tuvieron su julio más cálido y siete su segundo más cálido. La *Tmin* registrada superó al valor medio en gran parte del territorio nacional, excepto en la región centro y parte de la Sierra Madre Occidental. La *Tmed* en agosto fue 27.2 °C (anom.: +2.5 °C), mientras que la *Tmin* 20.5 °C (anom.: +2.4°C) y la *Tmax* 33.9 °C (anom.: +2.6°C). Las regiones más cálidas fueron el NO y NE, con promedios entre 30.0 °C y 35.0 °C. Por el contrario, la región centro fue más templada (prom.: 10.0-15.0 °C). Este mes se clasificó como el agosto más cálido del registro histórico. La *Tmed* en septiembre fue 26.4°C (anom. +2.6 °C), la *Tmin* 19.4 °C (anom.: +2.0 °C) y la *Tmax* 33.3°C (anom.: +3.2°C). Este septiembre fue el más cálido del registro histórico. Las regiones del Pacífico norte y el NE fueron las que más calurosas (prom.:30.0 °C a 35.0 °C). Las elevadas temperaturas fueron causadas por un sistema anticiclónico que permaneció sobre el país durante la mayor parte del mes y la falta de ciclones tropicales. Las condiciones más frescas se registraron en el centro del país.

En julio, la PP fue 99.8 mm (79.2% del promedio 1991-2020). Las lluvias fueron más intensas (> 200 mm) sobre el NO, O, E, SO y SE, y escasas (<50 mm) en el NE y centro del país. La PP fue causada por canales de baja presión y su interacción con las ondas tropicales 9 a 18. Al 31 de julio, la superficie con sequía de moderada a extrema (D1-D3) abarcó 49.35% del país, porcentaje superior al de junio (41.5 %). En agosto, la PP en todo el país fue de 111.4 mm, (déficit de 20.9 mm= -15.7%) y estuvo asociada con canales de baja presión sobre el N, centro y SE del territorio. La humedad en el NO fue causada por el monzón mexicano, y su relación con algunos de esos canales, mientras que, en el SO y SE, por el paso de seis tormentas tropicales. La PP superó al promedio en la península de Baja California por el paso del huracán *Hilary* y la cercanía de la tormenta tropical *Eugene*. También hubo lluvias abundantes en zonas puntuales de Sonora, Chihuahua Coahuila, Sinaloa, Jalisco, Guanajuato, Guerrero, Puebla, Oaxaca, Chiapas y la península de Yucatán. Al 31 de agosto, la superficie con condiciones de sequía moderada (D1) a extrema (D3) abarcó 60.98% del territorio nacional. En septiembre, la PP fue de 65.9 mm, esto es 53.06% de la normal (140.4 mm), por lo que ha sido mes más seco en el registro histórico. Los sistemas que aportaron lluvias fueron las ondas tropicales 25 a 28, algunos canales de baja presión y el monzón mexicano. Al 31 de septiembre el área con sequía tipo D1 a D3 cubrió 74.96 % del territorio nacional.

Índices climáticos

Las condiciones atmosféricas y marinas en el Pacífico central se tornaron ENSO-neutrales en el transcurso de la primavera, en tanto que en verano se comenzaron a manifestar las características de un evento moderado

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>

⁹Periodo de referencia: 1991-2020.

El Niño (Fig. 1 A). Según el diagnóstico del Centro de Predicciones Climáticas/NCEP/NWS y el International Research Institute for Climate and Society, esta situación se mantendrá durante el otoño de 2023 así como en el invierno y parte de la primavera de 2024. 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 ≈ -2.5 y en el segundo, disminuyó de -1.32 a -1.76 .

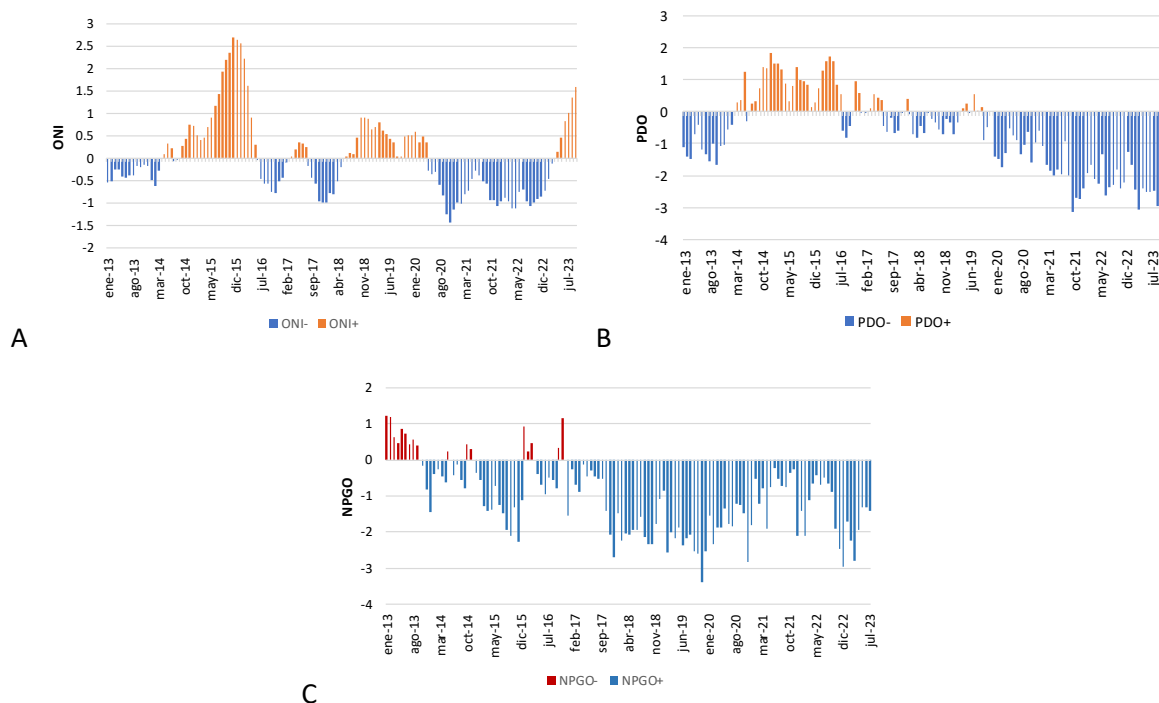


Fig. 1 Índices climáticos (enero 2013-septiembre 2023). A) Índice Oceánico de El Niño (ONI); B) Oscilación Decadal del Pacífico (PDO); C) Oscilación del Giro del Pacífico Norte (NPGO).

Ondas cálidas marinas en el Pacífico nororiental (NEP)

La onda cálida NEP22A continuó activa hasta mayo (Fig. 2), cuando se disipó durante algunos días, antes de dar lugar a la NEP23A, la cual alcanzó su área máxima a finales de septiembre (7.6 millones km²); aunque posteriormente ha disminuido de tamaño. En la página web del Integrated Ecosystem Assessment¹⁰ se menciona que, a diferencia de lo ocurrido en 2014-2015, cuando coincidieron La Mancha y El Niño, la tendencia sugiere que la ola cálida está perdiendo intensidad; sin embargo, es necesario continuar la vigilancia.

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

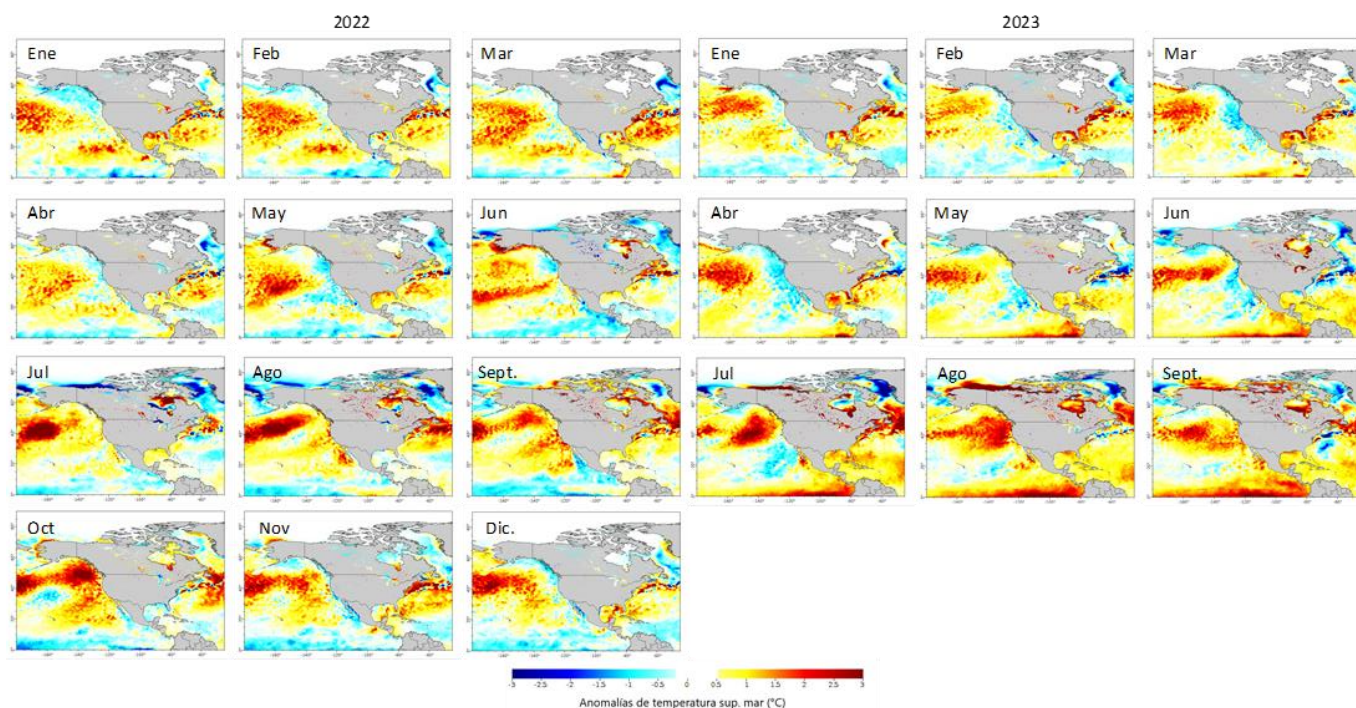


Fig. 2 Ondas cálidas NEP 22 (enero 2022-mayo 2023) y NEP 23 (mayo 2023-). A partir de mayo de 2023 se observa el calentamiento en el Pacífico ecuatorial. Anomalías de temperatura mensual tipo MUR, del gestor de datos ERDDAP11. Coordenadas: 0-90° N; 45-180° O

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 las inmediaciones de Bahía Magdalena en julio, posteriormente se contrajo hacia el norte por lo que a finales de septiembre se encontró cerca de Punta Eugenia (Fig. 3: 7/09-28/09).

En el GC, las temperaturas más bajas (≈ 25 °C) se encontraron en el Alto Golfo en los primeros días de julio, mientras que el resto del periodo superaron 30°C. Entre las Grandes Islas y la desembocadura del GC se detectó la TSM más alta (≈ 32 °C) tanto en los primeros quince días de agosto (Fig. 3: 03/08-17/08) como en la segunda quincena de septiembre (Fig. 3: 14/09-28/09), cuando fue la más elevada en el Pacífico Mexicano. La TSM fue >30 °C en la zona costera y marina ubicada desde Nayarit hasta Centroamérica, aunque en algunos periodos fue más o menos uniforme (20/07-17/08; 21/09-28/09, Fig. 3) mientras que en otros estuvo circunscrita principalmente a la costa de Guerrero y Oaxaca (Fig. 3: 13/07; 07/09).

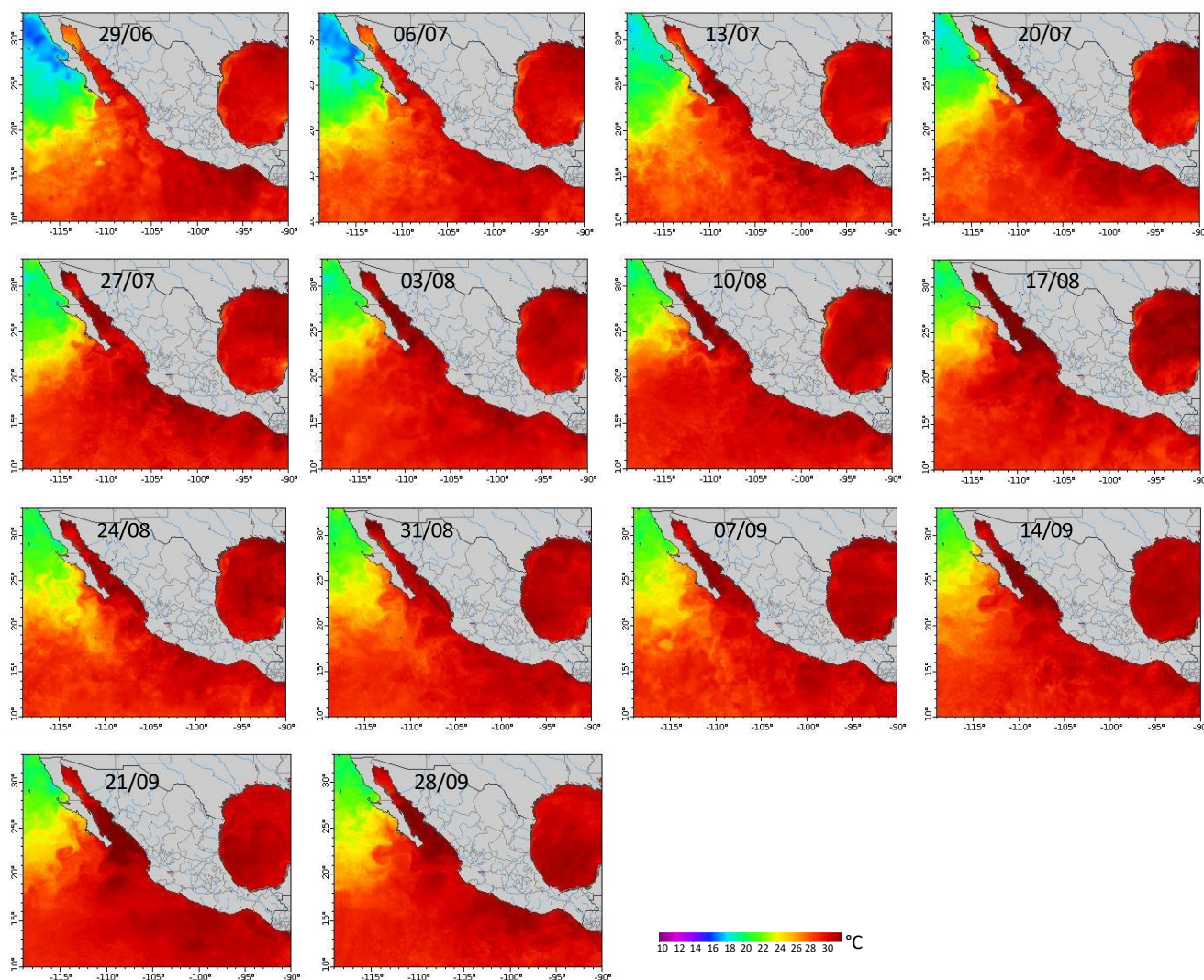


Fig. 3 Temperatura superficial marina registrada en el Pacífico Mexicano desde el 29 de junio al 28 de septiembre de 2023. Imágenes diarias tipo MUR, tomadas del gestor de bases de datos ERDDAP.

El ambiente fue templado en gran parte de la costa occidental de la península de Baja California (Fig. 4: 29/06-13/07), aunque a partir de la última semana de junio se calentó significativamente, en especial al sur de Cabo San Lázaro (anom. $> +3^{\circ}\text{C}$), donde esta situación prevaleció hasta la segunda semana de agosto (Fig. 4: 27/07-17/08). El GC se mantuvo entre normal y muy cálido; en sentido latitudinal, el ambiente fue menos cálido en las inmediaciones del Alto Golfo que en la parte media, aunque en la primera semana de agosto casi todo el GC, la costa occidental de BCS y la zona oceánica ubicada al sur del paralelo 27°N fue muy cálido, debido a la presencia de un anticiclón sobre el norte del país que causó temperaturas elevadas en todo el NO y activó el monzón mexicano. Al sur de Nayarit el ambiente se mantuvo entre ligeramente-moderadamente cálido ($1\text{-}1.5^{\circ}\text{C}$). Por otro lado, tras el paso de algunos meteoros se registraron condiciones ligeramente templadas como ocurrió con Beatriz (Fig. 4: 29/06) frente a la costa de Michoacán, Colima y

Jalisco; Calvin y la depresión tropical (Dt) 4E (Fig. 4: 20/07), entre los paralelos 10 y 15 °N y al oeste del meridiano 112 °O; Eugene (Fig. 4: 03/08); Hillary (Fig. 4: 17-24/08), que enfrió significativamente el área comprendida entre 15-23 °N y 108-116 °O; y Jova (Fig. 4: 07/09).

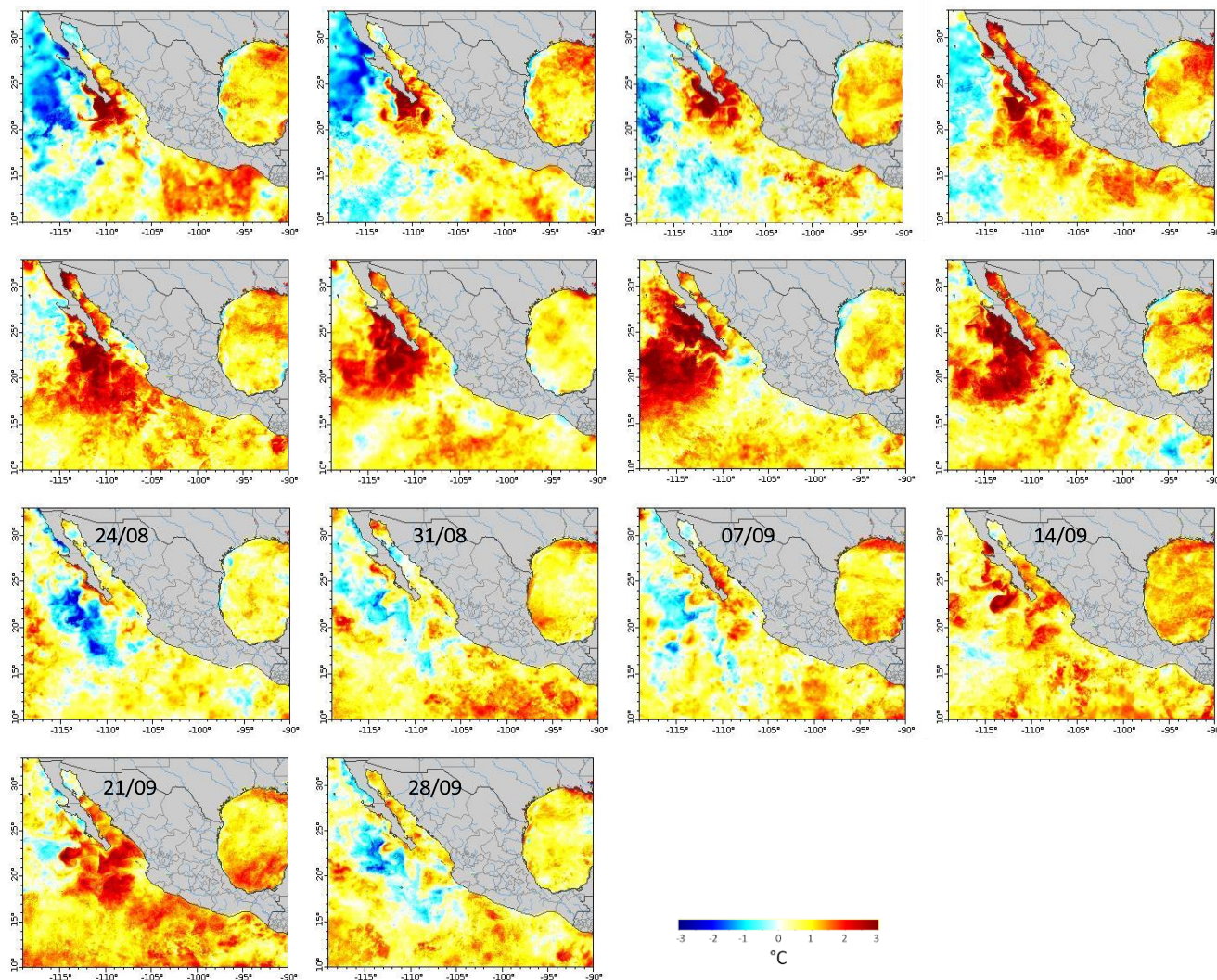


Fig. 4 Anomalías de la temperatura superficial marina registrada en el Pacífico Mexicano desde el 29 de junio al 28 de septiembre de 2023. Imágenes diarias tipo MUR, periodo base 2003-2014.

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. Este pigmento fue abundante (> 1 mg m⁻³) en la costa occidental de la península de Baja California, el GC (el extremo norte del Alto Golfo y la región de las Grandes Islas) y algunas partes de la zona oceánica afectadas por el paso de huracanes, en especial después de Hilary (Fig. 5). Al sur de la costa nayarita la chl *a* fue escasa, excepto en la zona de Chiapas y la frontera de Guatemala donde fue más abundante debido al aporte de nutrientes por la PP.

Los valores puntuales más elevados se registraron en la costa occidental de BCS, desde Bahía Magdalena

hasta Guerrero Negro, el extremo norte del Alto Golfo, el canal de Ballenas (entre Isla Ángel de la Guarda y la península de Baja California) y en lagunas costeras del norte de Sinaloa y Nayarit.

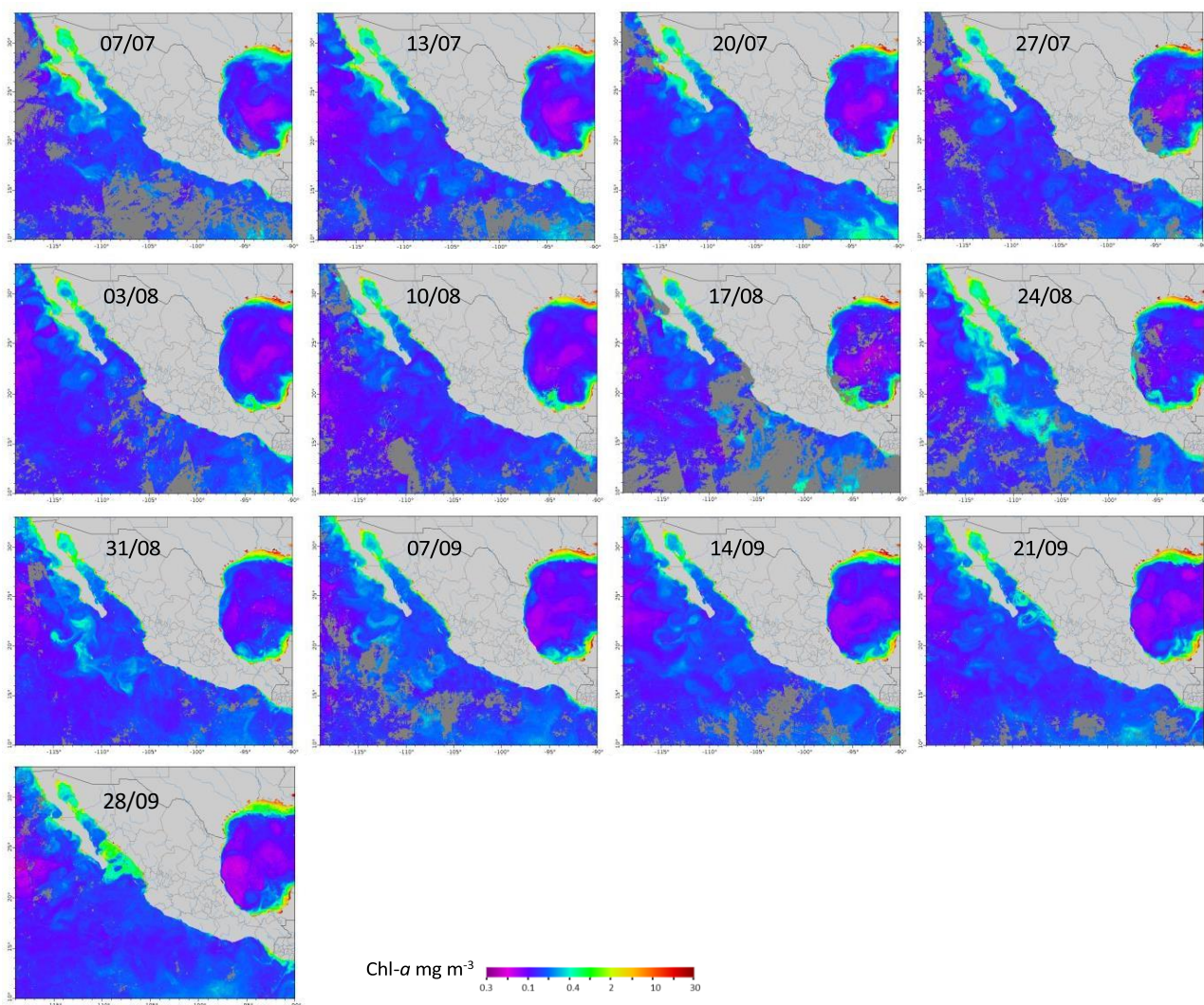


Fig. 5 Imágenes de clorofila-a (compuestos semanales) del 07 de julio al 28 de septiembre de 2023. Imágenes obtenidas por el sensor VIIRS.

Frentes fríos

El SMN pronosticó 56 FF para la temporada 2023-2024. El primer evento se presentó el 1 de septiembre y dos más en el resto del mes, por lo que la cantidad total fue similar a la climatología.

Huracanes

El 4 de mayo de 2023, el SMN vaticinó un total de 16 a 22 tormentas nombradas, de los cuales 7 a 11 alcanzarían la categoría de huracán y de 3 a 5 serían huracanes mayores. De manera similar, la NOAA pronosticó un total de 7 a 11 huracanes, 4 a 8 huracanes mayores y un índice ACE de 90% a 155% de la mediana. Sin embargo, durante las primeras seis semanas no hubo actividad por lo que ha sido una de las

temporadas con inicio más tardío.

En el trimestre se presentaron 12 eventos (Tabla 1), de los cuales tres fueron depresiones tropicales (Dt), cuatro tormentas tropicales (Tt) y cinco, huracanes (HSS), dentro de los cuales destacaron Hillary, que alcanzó el norte de la costa occidental de Baja California y Jova, que, aunque llegó a la categoría 5, no afectó a México.

Tabla 1.- Características de los 14 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 (hPa)	ACE
Adrián	27/06 – 2/07	HSS 2	165	970	8.8675
Beatriz	29/06 – 1/07	HSS 1	140	991	2.5475
Calvin	11 – 19/07	HSS 3	205	955	13.4275
Cuatro-E	20 – 21/07	Dt	55	1006	0
Dora	31/07 – 11/08	HSS 4	230	942	48.1025
Eugene	5 – 7/08	Tt	110	992	1.96
Fernanda	12 – 17/08	HSS 4	215	955	11.2675
Greg	14 – 18/08	Tt	85	1000	2.3825
Hilary	16 – 21/08	HSS 4	230	939	14.5
Irwin	27 – 29/08	Tt	65	997	1.225
Jova	4 – 10/09	HSS 5	260	929	16.27
Doce-E	15 – 17/09	Dt	55	1006	0
Kenneth	19 – 22/09	Tt	85	1000	1.695
Catorce-E	23 – 25/09	Dt	55)	1007	0

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