

Condiciones ambientales en el Pacífico Mexicano

Período: 01 de abril a 30 de junio de 2023, con un resumen de lo ocurrido durante el primer trimestre de 2023.

Introducción

La temperatura media en el país fue *más cálida de lo normal* durante todo el trimestre (periodo base 1981-2010). La precipitación pluvial (PP) varió entre 16.0 mm (enero) y 15.9 mm (marzo), por lo que durante enero y febrero fue *inferior al promedio* en gran parte del país (anomalías: -33.6% y -28.3%, respectivamente), en tanto que en marzo fue *normal*. Los índices climáticos *ONI*, *PDO* y *NPGO* continuaron siendo negativos. En el Pacífico Noroccidental continuó la onda cálida marina NEP 22 A, por lo que es la segunda más prolongada desde 1982. En el invierno, la temperatura superficial marina (TSM) varió entre 10 °C y 30 °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. En la región oceánica, las condiciones variaron entre *moderadamente templadas* en el GC y algunas partes del Golfo de Tehuantepec (GT), y *moderadamente cálidas*, desde Bahía Magdalena, hasta el GT en diferentes momentos de este periodo. La concentración de clorofila-*a* (chl_a) varió entre 0.03 mg m⁻³ en el océano y alrededor de 2 mg m⁻³, con valores elevados (>5 mg m⁻³) en la costa noroccidental de la península de Baja California, el GC (incluyendo la desembocadura), la costa de Jalisco y el GT. En este periodo hubo 25 frentes fríos (FF), seis más que el promedio. En este contexto, los objetivos de este documento son describir las condiciones ambientales a escala regional y 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 abril-junio 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). Las normales de temperatura son del Portal de Conocimiento de Cambio Climático del Banco Mundial² y las del PP del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Los índices climáticos (Fig. 1) se publican en las páginas electrónicas del Climate Prediction Center³ (Índice Oceánico de El Niño-ONI), el National Center for Environmental Information (Oscilación Decadal del Pacífico-PDO⁴) y la página web del Dr Di Lorenzo⁵ (Índice del Giro del Pacífico Norte). La información de las ondas cálidas marinas es de la NOAA⁶. 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) el gestor de bases de datos ERDDAP de la NOAA^{7,8,9}. Por otro lado, las características de los frentes fríos (FF) y

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

²<https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/mexico/climate-data-historical>

³http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/detrend.nino34.ascii.txt

⁴<https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/pdo/>

⁵<http://www.o3d.org/npgo/npgo.php>

⁶ 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>

⁷<https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/jplMURSST41.graph>

⁸<https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/jplMURSST41anom1day.graph>

⁹<https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/nesdisVHNSQchlWeekly.graph>

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 abril, la temperatura atmosférica promedio (T_{med}) fue 22.5 °C (anom.¹⁰: +0.4 °C), la mínima promedio (T_{min}), 14.5 °C (anom.: +0.95 °C) y la máxima (T_{max}), 30.6 °C (anom.: -0.1°C). Las condiciones fueron *más cálidas de lo normal* en gran parte de Sonora y la costa comprendida desde los límites de Michoacán y Guerrero hasta la frontera con Guatemala debido a la primera onda de calor (1-10 abril). Por el contrario, la temperatura fue inferior al promedio en la costa occidental de la península de Baja California y la oriental del Golfo de California, así como en el noreste del país debido a la influencia de varios FF. La T_{min} superó al valor medio de este parámetro en gran parte del territorio nacional, pero no sobrepasó la primera desviación estándar, por lo que se encontró dentro del intervalo *ligeramente cálido-normal*. La T_{med} en mayo fue 24.6 °C (anom.: +0.35 °C), mientras que la T_{min} 16.8 °C (anom.: +0.87 °C) y la T_{max} 32.3 °C (anom.: -0.32°C). En este mes se registró la segunda ola de calor (3-12 mayo) debido a los sistemas anticiclónicos que se presentaron sobre la vertiente del Pacífico, principalmente. Por el contrario, las temperaturas más bajas se detectaron en el Noroeste y la península de Baja California, asociadas al paso del FF 53. La T_{med} en junio fue 27.4°C (anom. + 1.66 °C), la T_{min} 19.4 °C (anom.: +1.04 °C) y la T_{max} 35.3°C (anom.: +2.13 °C). La tercera onda de calor (1- 23 de junio) causó $T_{max} > 30$ °C en todo el territorio nacional y registros mayores a 45 °C en zonas puntuales. Por esta razón este mes se clasificó como el junio menos lluvioso y el más cálido de los registros históricos. Las temperaturas promedio más cálidas ocurrieron en algunas áreas entre Sonora y Chihuahua y la península yucateca; en tanto que las más bajas en el noroeste y norte del país.

En abril, la PP fue 15.4 mm (%9.4 inferior al promedio). Las lluvias fueron más intensas en el noreste, centro y sur del país y estuvieron asociadas al paso de seis FF, así como con sistemas de baja presión sobre la mesa central, el litoral del GM y la península yucateca. Las PP más bajas se detectaron en la península de Yucatán, noroccidente de Baja California, Tabasco y Chiapas. Al 30 de abril, las áreas con sequía de *moderada* a *extrema* (D1-D3) abarcaron 47.95% del país, porcentaje ligeramente superior al del mes anterior. En mayo, la PP en todo el país fue de 42.2 mm, (similar a la media). Las lluvias estuvieron asociadas al ingreso de FF, la corriente en chorro subtropical, canales de baja presión y la entrada de humedad proveniente de los océanos Atlántico y Pacífico. La pluviosidad fue mayor en el norte, noreste y centro del país. Al 31 de mayo, la superficie con condiciones de sequía de *moderada* (D1) a *extrema* (D3) abarcó 33.05% del territorio nacional, 14.9% menos que en abril. En junio, la PP fue de 39.2 mm, esto es 60.7% inferior a la normal (99.8 mm). Las lluvias se presentaron principalmente al norte del paralelo 17° N, causadas por el paso de las primeras ondas tropicales de la temporada, aunadas a canales de baja presión en el norte, centro y occidente y al aporte de humedad de la corriente en chorro subtropical. Por otro lado, el huracán *Beatriz* generó lluvias sobre las costas de Jalisco, Colima y Guerrero. Al 31 de junio el área con sequía de moderada a extrema (D1 a D3) cubrió 41.5 % del territorio nacional, un incremento de 8.45% con respecto a mayo.

Índices climáticos

Las características atmosféricas y marinas en el Pacífico central se tornaron ENSO-neutrales en el transcurso de la primavera (Fig. 1 A) según el diagnóstico del Centro de Predicciones Climáticas/NCEP/NWS y el International Research Institute for Climate and Society¹¹; sin embargo, se esperan condiciones *El Niño* para el otoño de 2023 y el invierno de 2024, aunque se desconoce su intensidad, es probable que, por las condiciones marinas

¹⁰Periodo de referencia: 1991-2020.

¹¹ https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/ensodisc_Sp.pdf

prevalecientes sea, al menos, *moderado*. Por otro lado, continuaron las fases negativas del PDO (Fig. 1 B) y el NPGO (Fig. 1 C).

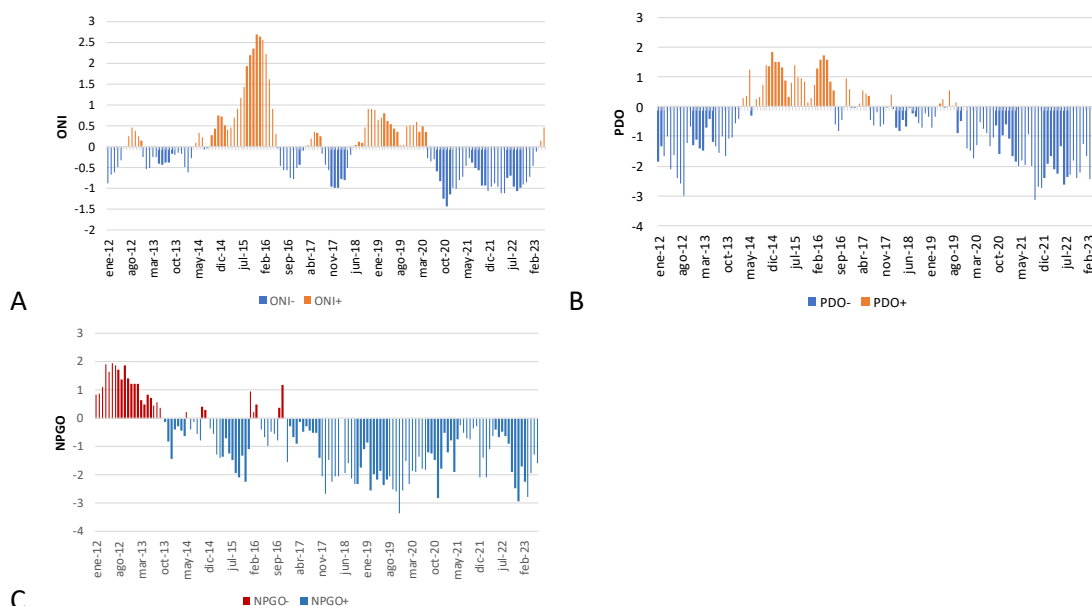


Fig. 1 Índices climáticos (enero 2012-junio 2023). A) Índice Oceánico de El Niño (ONI); B) Oscilación Decadal del Pacífico (PDO); C) Oscilación del Giro del Pacífico Norte (NPGO).

Ondas cálidas marinas en el Pacífico nororiental (NEP)

La onda cálida NEP22A se disipó en mayo; pero después de algunos días se presentó la NEP23A, la cual se ha expandido y trasladado hacia las costas de EEUU y Canadá. Cabe señalar que la ATSM y la extensión de la NEP22A desde enero 2022 (TSM > 1.29 veces la desviación estándar y área > 400 mil km²) fueron similares a los de “La Mancha” de 2013-2014, por lo que la región se ha mantenido *más cálida de lo normal* de manera ininterrumpida desde enero de 2022 (Fig. 2).

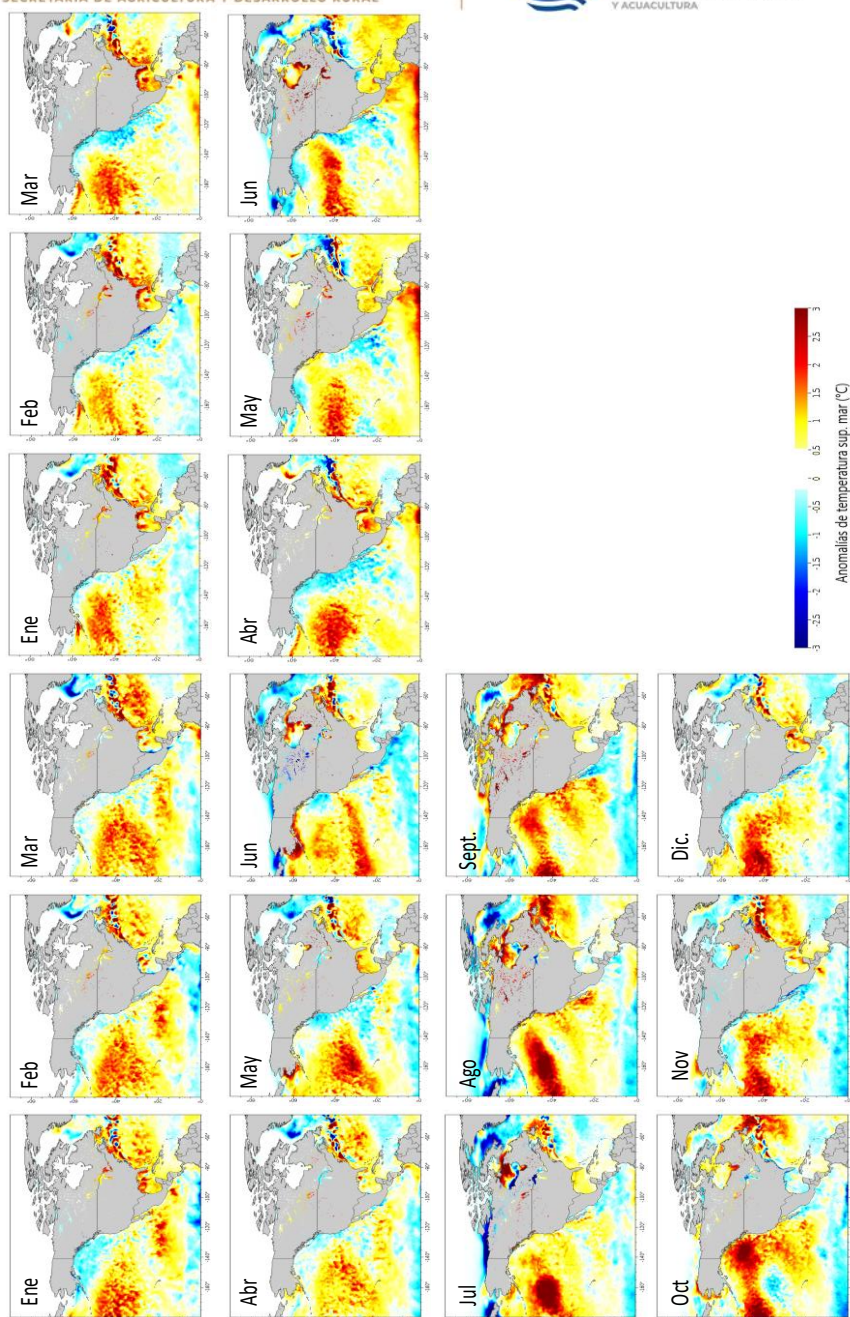


Fig. 2 Ondas cálidas NEP 22 (enero 2022-mayo 2023) y NEP 23 (mayo 2023-). Anomalías de temperatura mensual tipo MUR, del gestor de datos ERDDAP¹². Coordenadas: 0-90° N; 45-180° O

Condiciones en el Pacífico Mexicano

La TSM en el Pacífico Mexicano varió entre 10 °C y 32 °C (Fig. 3); el área más templada (<16 °C) se presentó en el litoral noroccidental de BC, desde la frontera EEUU hasta Punta Eugenia durante casi toda primavera, y por la

¹² [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)



costa en diferentes momentos, determinados por la presencia de surgencias frente a la laguna San Ignacio, Punta Abreojos y Bahía Magdalena (8/06-15/06).

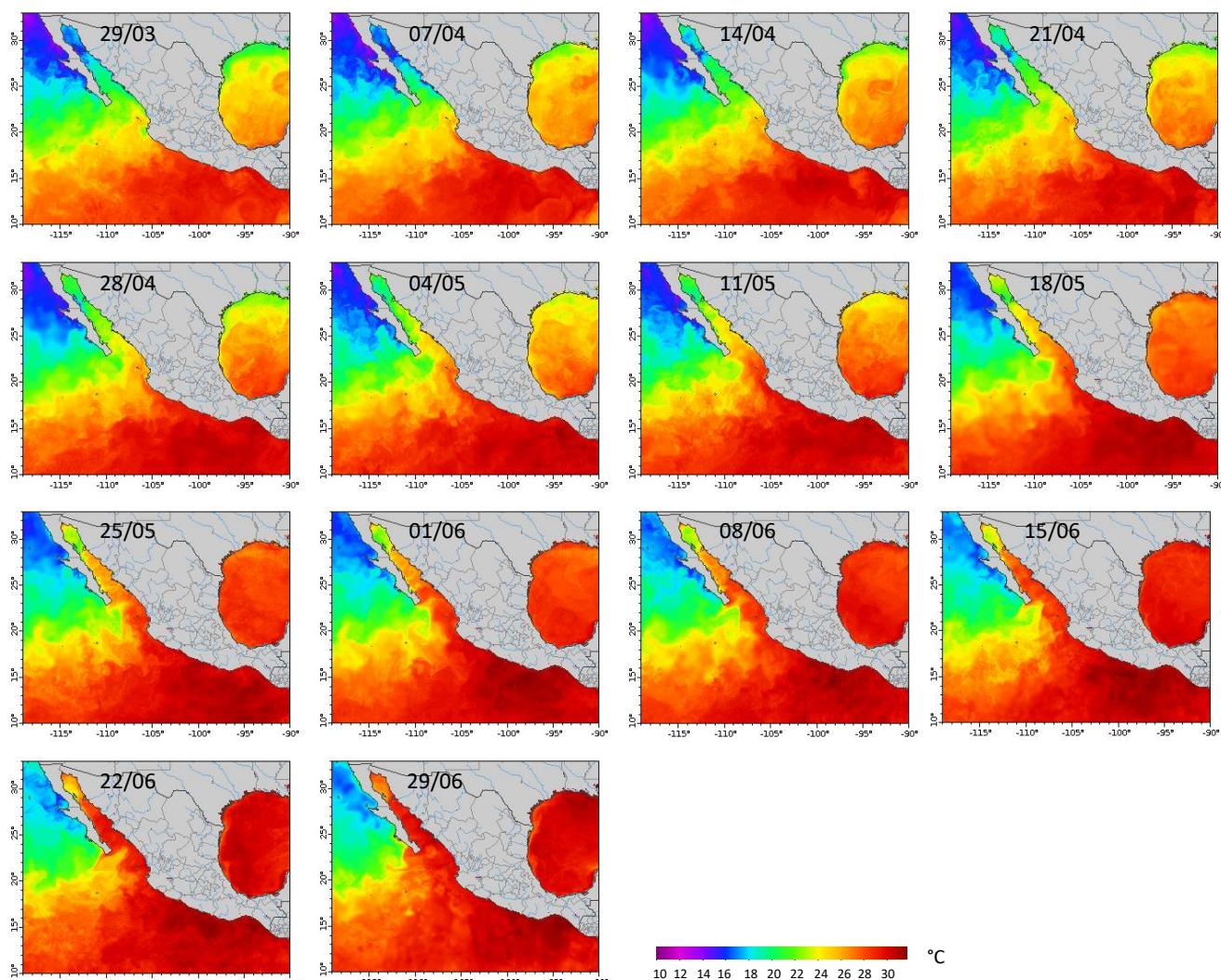


Fig. 3 Temperatura superficial marina registrada en el Pacífico Mexicano desde el 29 de marzo al 29 de junio de 2023. Imágenes diarias tipo MUR, tomadas del gestor de bases de datos ERDDAP.

En el GC, las temperaturas más bajas ($<16^{\circ}\text{C}$) se encontraron desde el Alto Golfo hasta las inmediaciones de las Grandes Islas (Islas Tiburón y Ángel de la Guarda) desde finales de marzo hasta la primera semana de abril, en tanto que al final de ese mes quedaron circunscritas a la zona de las Grandes Islas, porque desde la tercera semana de dicho mes fue patente el calentamiento en todo el cuerpo de agua. En abril, la TSM en el Alto Golfo permaneció alrededor de 20°C en tanto que, en la desembocadura se elevó desde 20°C hasta 28°C . Por otro lado, la TSM más alta ($>26^{\circ}\text{C}$) se registró en la zona costera y marina ubicada desde Nayarit hasta Centroamérica, pero los valores extremos se observaron al sur del paralelo 15°N y al este del meridiano 105°O a partir de la segunda semana de mayo (11/05, Fig. 3).

En la zona oceánica, las condiciones variaron desde *moderadamente templadas hasta moderadamente cálidas* (anom.: -3 a 3°C). El ambiente fue *templado* en gran parte de la costa occidental de la península de Baja California



(imágenes del 29/03-29/06, Fig. 4), excepto en las últimas semanas de junio cuando se calentó significativamente el área comprendida entre el paralelo 20° N y Cabo San Lázaro.

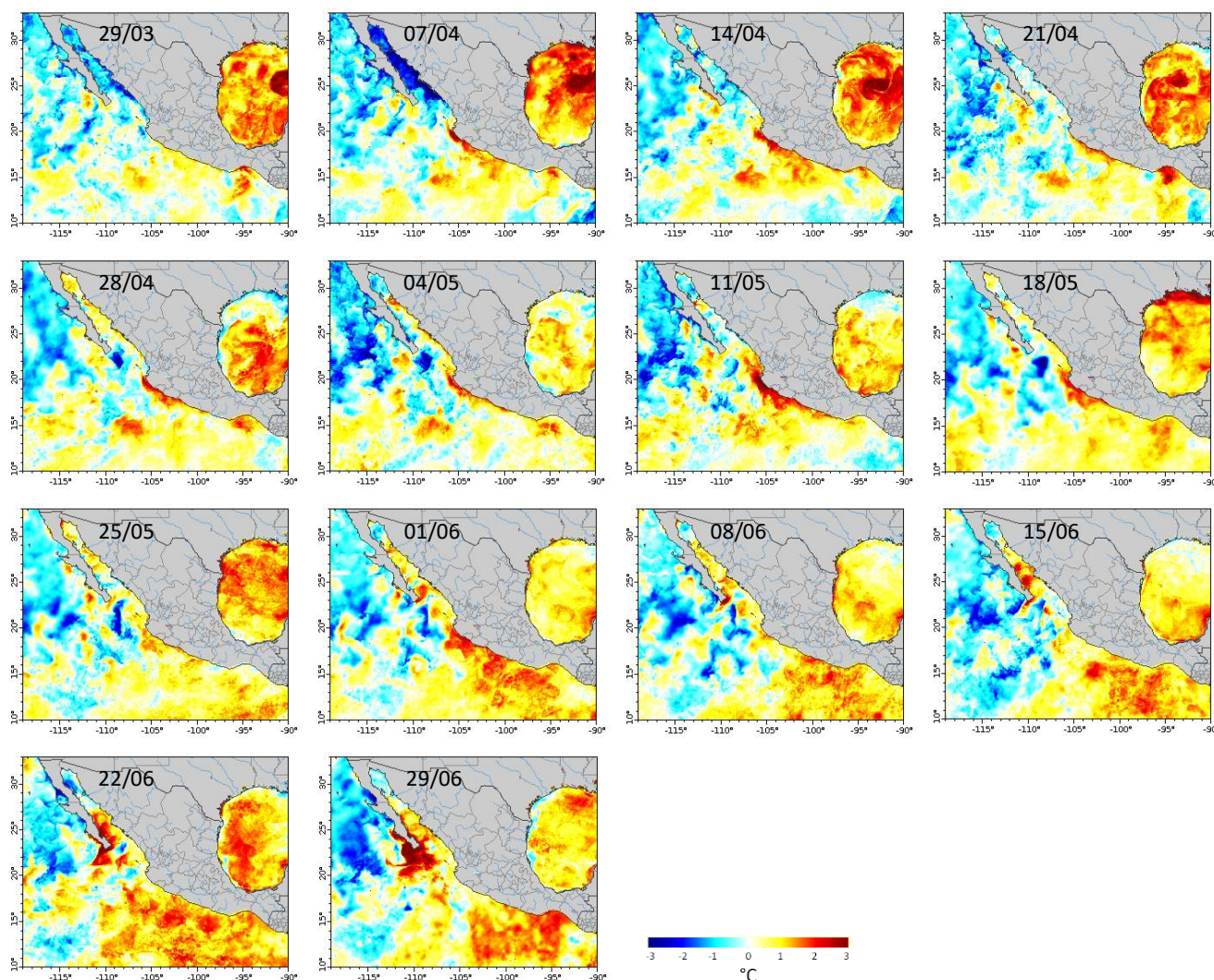


Fig. 4 Anomalías de la temperatura superficial marina registrada en el Pacífico Mexicano desde el 29 de marzo al 29 de junio de 2023. Imágenes diarias tipo MUR, periodo base 2003-2014.

Los periodos con temperaturas templadas estuvieron asociados FF. El ingreso del FF47 (3-9/04, Fig. 4) por la zona norte y el NO del país dio lugar a la corriente en chorro subtropical, lo que causó el enfriamiento de la región noroccidental de la península de BC. Casi inmediatamente después, la entrada del FF48 por el norte de Baja California causó vientos fuertes y una disminución de temperatura en casi toda la región (07/04, Fig. 4). Entre el 01 y 05 de mayo, el FF53 contribuyó al enfriamiento de la costa occidental de la península de Baja California y del GC, desde la parte media hasta la desembocadura del río Colorado. En junio, dos FF fuera de temporada (18-19/06 y 19-20/06) hicieron lo propio a lo largo de gran parte de la costa occidental de la península de Baja California.

La concentración de *chl a* varió entre 0.03 mg m^{-3} en la zona oceánica y alrededor de 2 mg m^{-3} en la costa. Este pigmento fue abundante ($> 1 \text{ mg m}^{-3}$) en la costa noroccidental de la península de Baja California, el GC (incluyendo su desembocadura), la costa de Jalisco y una franja muy delgada de longitud variable aledaña a los



estados de Michoacán, Guerrero y Oaxaca. Estos valores se relacionan con el efecto del viento y los procesos de mezcla a lo largo de la columna de agua que generan, así como con los escurrimientos continentales asociados con las lluvias causadas por los FF. Los valores puntuales más elevados se registraron en la costa noroccidental de BCS, desde mediados de mayo hasta la primera semana de julio, debido al fortalecimiento de las surgencias desde abril en la porción sur y particularmente la costa de Sinaloa y alrededor de Cabo Corrientes.

Frentes fríos

El SMN pronosticó 51 FF para la temporada 2022-2023. En abril y mayo se observaron 8 FF (Fig. 6), dos más que el promedio para esos meses. En junio se detectaron dos eventos, fuera de temporada, que impactaron la costa occidental de la península de Baja California como se describió en la sección anterior.

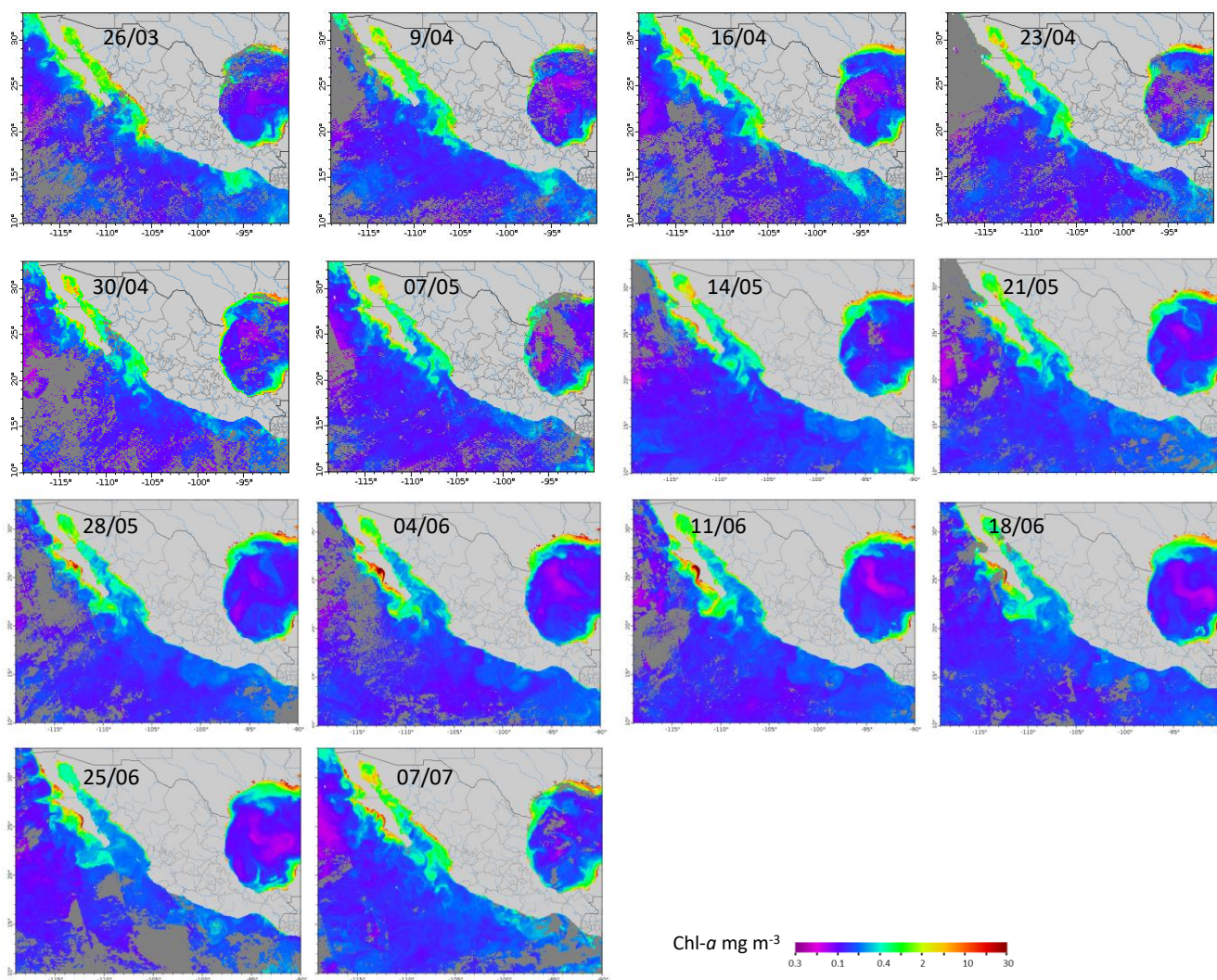


Fig. 5 Imágenes de clorofila-a (compuestos semanales) del 26 de marzo al 7 de julio de 2022. Imágenes obtenidas por el sensor VIIRS.

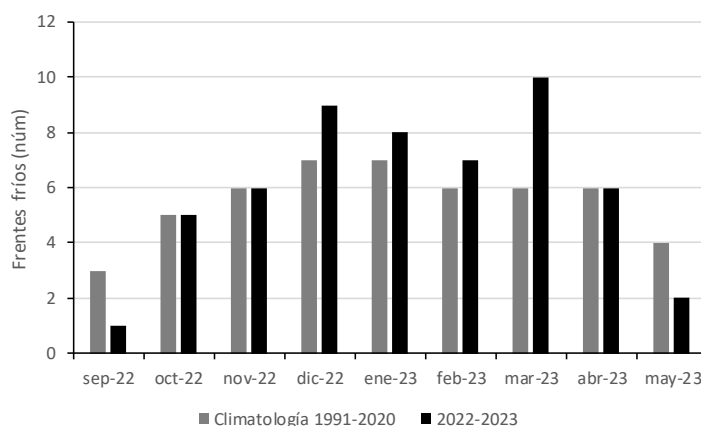


Fig. 6 Frentes fríos (FF) entre septiembre de 2021 y mayo de 2022, observados y estimados según la climatología 1991-2020 (barras grises). En junio hubo dos eventos fuera de temporada que no fueron contabilizados por el SMN.

El 4 de mayo de 2023, Servicio Meteorológico Nacional (SMN) pronosticó 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, debido a que la TSM ha estado por encima del promedio en el Pacífico oriental y existe la posibilidad de que se desarrolle un evento El Niño intenso. De manera similar, la NOAA sugiere que la temporada será más fuerte de lo normal con un total de 7 a 11 huracanes, 4 a 8 huracanes mayores y un índice ACE de 90% a 155% de la mediana.

En el trimestre se presentaron dos huracanes (Tabla 1), ambos se formaron hacia el final de junio y alcanzaron la categoría 2 y 1 en la escala de Saffir Simpson (SS), respectivamente

Tabla 1.- Características de los huracanes que se presentaron durante el trimestre abril-junio.

Nombre	Fechas activo	Cat. máxima		Vientos máx. (km/h)	Presión min (hPa)	ACE
Adrián	27/06 – 2/07	HSS2		175 (110)	970	8.86
Beatriz	29/06 – 1/07	HSS1		140 (85)	991	2.54

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