



Condiciones ambientales en el Pacífico Mexicano

Período: 01 de julio a 30 de septiembre de 2022, con un resumen de lo ocurrido durante el segundo trimestre de 2022.

Introducción

La temperatura promedio en el país correspondió a condiciones *más cálidas de lo normal* a lo largo del trimestre abril-junio, particularmente en mayo cuando la anomalía (anom.) de la temperatura atmosférica promedio fue de +1.6 °C. La precipitación pluvial (PP) varió entre 20.0 mm (abril) y 106.4 mm (junio) y su distribución fue desigual a lo largo del país, por lo que hubo regiones en las que la sequía fue intensa. Continuaron las fases negativas del ENSO (intensidad moderada) y el PDO (intenso), mientras que en el Pacífico Noroccidental permaneció la onda cálida marina NEP 22 A. En la primavera, la temperatura superficial marina (TSM) varió entre 10 °C y 31 °C; los valores más bajos (<16 °C) ocurrieron en la costa noroccidental de Baja California (BC). En la zona oceánica, las condiciones variaron entre *moderadamente templadas* y *muy cálidas* (anom.: -0.5 a +3 °C) durante la mayor parte del periodo; las anomalías más altas ($\approx 3^{\circ}\text{C}$) se registraron en la parte media del Golfo de California-GC (abril), el Alto Golfo y la costa occidental de BC (junio). En la zona costera, las condiciones fluctuaron entre *extremadamente templadas* y *ligeramente templadas* en las regiones donde se presentan las surgencias de origen eólico o por donde pasaron huracanes. La concentración de clorofila-*a* (*chl_a*) varió entre 0.03 mg m⁻³ en la zona oceánica y alrededor de 2 mg m⁻³ en la costa. Durante todo el periodo, las mayores cantidades del pigmento se registraron en el GC (con excepción de la desembocadura), Nayarit y Jalisco. En la costa occidental de BC se observaron altas concentraciones de *chl_a* durante los periodos en que se presentaron las surgencias, mientras que, al sur de Jalisco fue relativamente abundante hasta la tercera semana de mayo, cuando el pigmento disminuyó abruptamente. Se presentaron 10 FF y dos meteoros de origen tropical, de los cuales *Agatha* (que alcanzó la categoría 2 en la escala Saffir Simpson-SS) causó daños significativos en la costa sur de Oaxaca. 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, frentes fríos (FF) y meteoros de origen tropical, durante el periodo julio-septiembre de 2022.

Métodos

La temperatura ambiental y la PP a escala nacional se obtuvieron de los *Reportes del Clima en México*, publicados mensualmente por el Servicio Meteorológico Nacional¹ (SMN). Las normales correspondientes a septiembre fueron obtenidas del Portal de Conocimiento de Cambio Climático del Banco Mundial². Los índices climáticos (Fig. 1) son publicados en las páginas electrónicas del Climate Prediction Center³ (Índice Oceánico de El Niño-ONI) y el National Center for Environmental Information (Oscilación Decadal del Pacífico-PDO⁴). La información de las ondas cálidas marinas es un resumen de la generada por la NOAA⁵. Las imágenes mensuales y diarias de la TSM, así como sus anomalías, 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

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 *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





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*; cabe señalar que hubo problemas con este sensor por lo que no hubo información de junio y julio. Todas las imágenes se obtuvieron 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 Servicio Meteorológico Nacional.

Resultados

Temperatura ambiental y precipitación pluvial

A escala nacional, la temperatura media promedio (*Tmed*) durante julio fue 26.6 °C (anom.: +1.9 °C⁹), mientras que la mínima promedio (*Tmin*) fue 20.0 °C (anom.: +1.9 °C) y la máxima promedio (*Tmax*) 33.3 °C (anom.: +2.0°C). Las anomalías de la *Tmin* fueron elevadas en casi todo el país, principalmente en BC y la costa sur del Pacífico, en tanto que las de la *Tmax* más acentuadas se presentaron en el N, NE y parte del NO (+3.0 °C) del país. En agosto, la *Tmed* fue 25.9 °C (anom.: +1.2 °C), la *Tmin*, 19.8 °C (anom.: +1.7 °C) y la *Tmax*, 32.1 °C (anom.: +0.8 °C). Las condiciones fueron *más cálidas de lo normal* durante casi todo el periodo, en el N y NE, así como en el estado de Guerrero donde superaron el percentil 90. En contraste en Baja California, el Pacífico Norte y parte de la península de Yucatán estuvieron por debajo del promedio. La *Tmed* en septiembre fue 24.5°C (anom. +0.43°C), la *Tmin* de 18.6 °C (anom.: +1.01°C) y la *Tmax* 30.4°C (anom.: +0.21°C); las mayores temperaturas se registraron en el Alto Golfo y la vertiente oriental del GC, particularmente en el norte y centro de Sinaloa, así como en la costa norte del GT. Las temperaturas mínimas se observaron en la costa noroccidental de BC y la costa sur de Guerrero y norte de Oaxaca.

En julio, la PP en todo el país fue de 109.1 mm, 16.8% inferior al promedio, debido a la presencia de sistemas anticiclónicos en algunas regiones. Hubo PP en la región NO, asociada al monzón mexicano y el ingreso de humedad del Pacífico, y en el E y SE, debido al paso de ondas tropicales que interactuaron con canales de baja presión. Se presentaron cinco ciclones tropicales, pero no influyeron de manera significativa en el territorio nacional; en contraste, las ondas tropicales 9 a 17, aportaron lluvias a las regiones S y SE. La canícula o sequía de medio verano disminuyó la PP en este periodo. En agosto, la PP (171.5 mm, 39.2% mayor al promedio) fue causada por el monzón mexicano, nueve ondas tropicales (18-26), canales de baja presión, la entrada de humedad de ambos océanos, así como con la presencia, fuera de temporada de un FF. Hubo lluvias por arriba de lo normal en el norte del país, así como en el centro y la península de Yucatán, mientras que en la vertiente del Golfo de México e Istmo de Tehuantepec fueron inferiores al promedio. En septiembre, la PP fue de 154.9 mm, 6.25% superior a la media; sin embargo, las anomalías positivas solo se observaron en la península de Baja California, la costa de Sonora, el sur de Guerrero y Oaxaca, así como en la vertiente del Golfo de México Al 30 de septiembre, la mayor parte de la vertiente del Pacífico estaba sin sequía, en tanto que parte del norte de México, Tamaulipas y el norte de Veracruz aún presentaban sequía en diferentes grados.

Índices climáticos

Las características atmosféricas y marinas en el Pacífico central correspondieron a *La Niña* (Fig. 1 A) durante todo el trimestre. El 19 de septiembre, el Centro de Predicciones Climáticas/NCEP/NWS y el International Research

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 Periodo de referencia: 1991-2020.

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

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





Institute for Climate and Society¹⁰, pronosticaron que esta fase continuará durante el otoño ($\approx 91\%$ de probabilidad) y el invierno boreal durante 2023 ($\approx 54\%$ de probabilidad). Por otro lado, se mantuvo la fase negativa del PDO (≈ -2) (Fig. 1 B). El NPGO se encontró dentro del intervalo promedio (-0.5 a +0.5) a partir de mayo (-0.2), lo que sugiere que las características de la corriente de California están retornando a lo normal (Fig. 1 C).

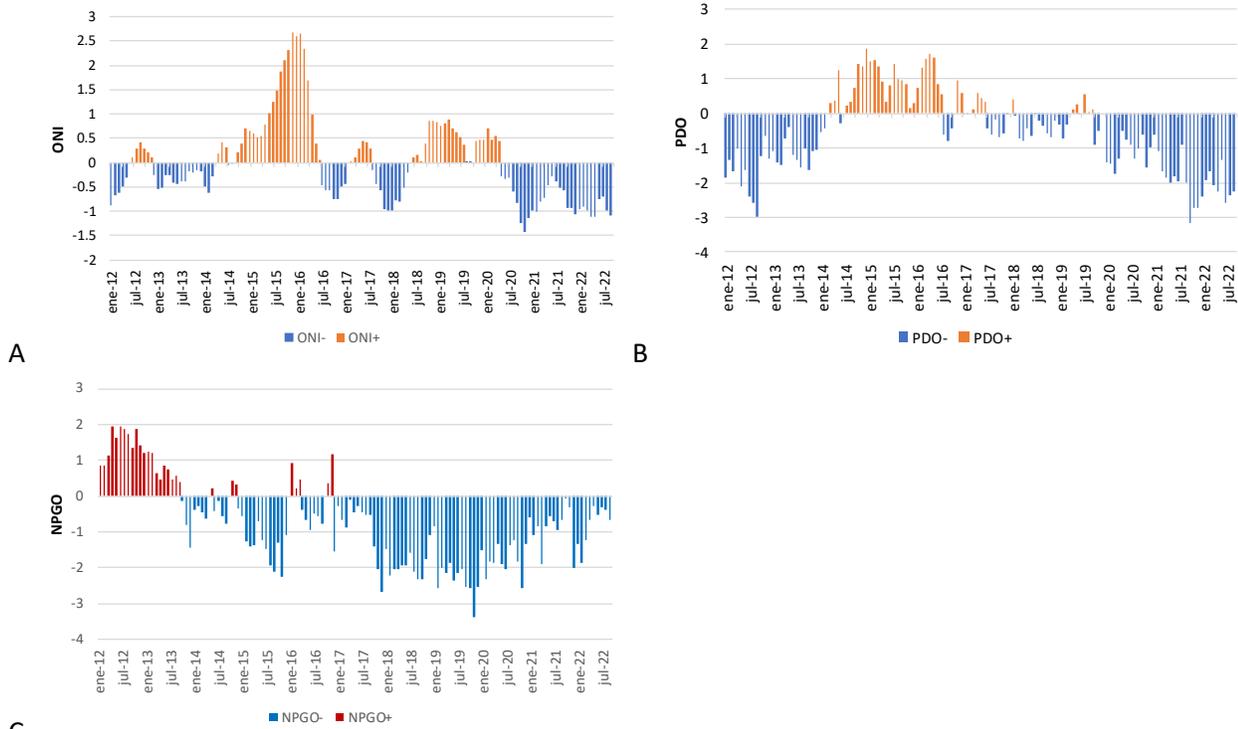


Fig. 1 Índices climáticos (periodo enero 2012-septiembre 2022). A) Índice Oceánico de El Niño (ONI); B) Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) C) Índice de la Oscilación del Pacífico Norte.

Ondas cálidas marinas en el Pacífico nororiental (NEP)

La NEP22 A se formó en el Pacífico Nororiental (Fig. 2) en las inmediaciones del sitio donde se presentó la NEP21 B, probablemente debido al calor residual de dicha ola. En mayo y junio, esta onda alcanzó la costa occidental de EE UU, debido al debilitamiento del patrón de vientos del N y NE durante algunos días de mayo (5-19, 22-28) y junio (3-11), por lo que la masa de agua cálida se aproximó a la costa centro-occidental de EEUU, y 50% de esa región alcanzó el estatus de *onda cálida*. A finales de junio y en julio, la NEP22A se dividió en dos grandes fragmentos, los cuales se combinaron y separaron en los meses posteriores, dependiendo de los patrones de viento de gran escala. En México se detectó el calentamiento de la costa de Baja California, en particular de la suroccidental en agosto y la noroccidental en septiembre (Fig. 2).

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



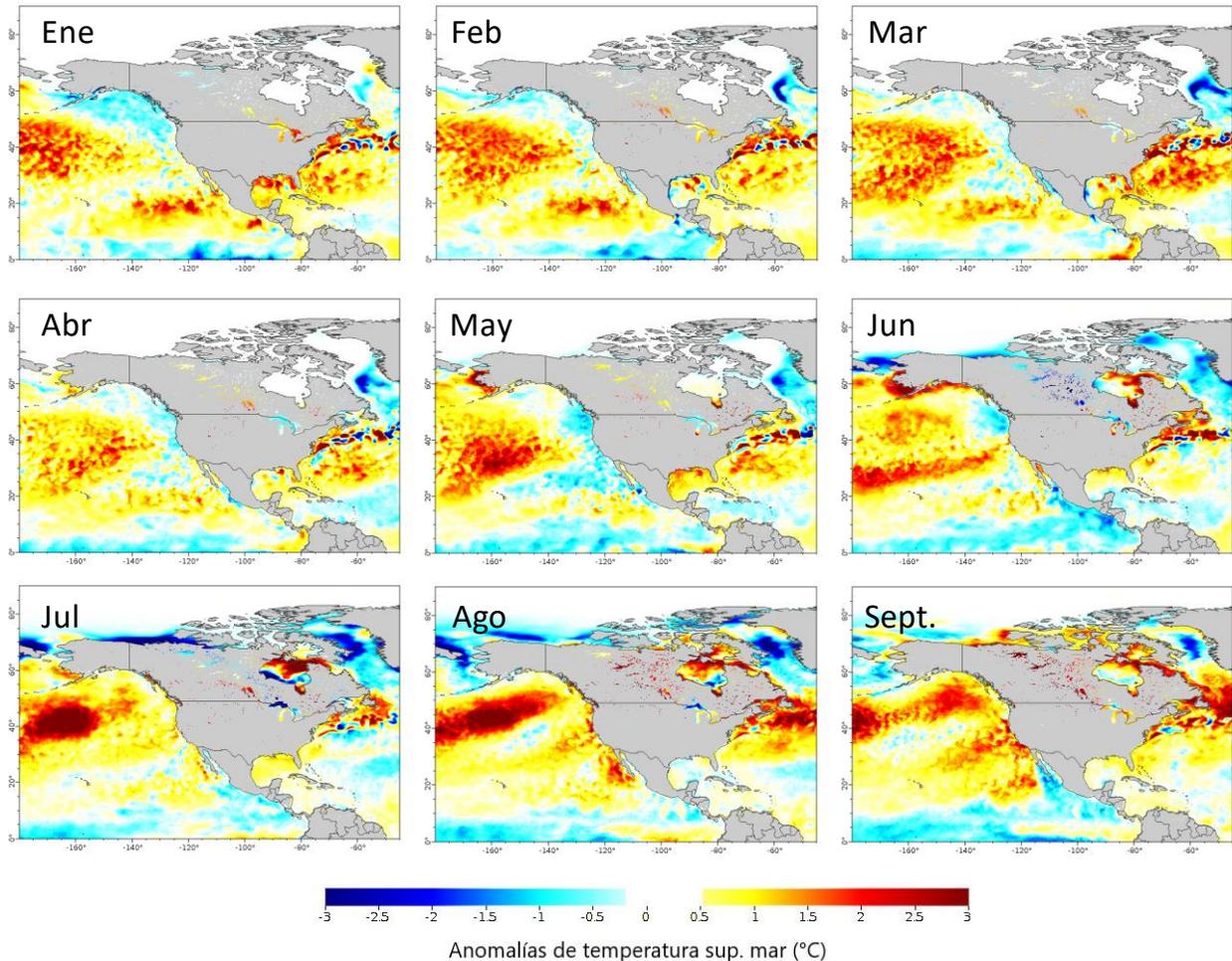


Fig. 2 Evolución de la onda cálida NEP 22 entre enero y septiembre. Esta onda se formó en la tercera semana de enero. Imágenes de anomalías de temperatura mensual tipo MUR, tomadas del gestor de datos ERDDAP¹¹. Coordenadas: 0-90 °N; 45-180 °O

Condiciones en el Pacífico Mexicano

La TSM en el Pacífico Mexicano varió entre 10 y 32 °C (Fig. 3); los valores más bajos (<20 °C) se presentaron en la costa noroccidental de BC (Fig. 3), mientras que las temperaturas más altas en la desembocadura del GC, el Alto Golfo y algunas zonas de la costa de Michoacán y Guerrero. En julio, la temperatura más baja, como ya se mencionó, se registró a lo largo de la costa occidental de BC, hasta el canal de comunicación de Bahía Almejas con el océano, aunque los valores mínimos se detectaron en Bahía Vizcaíno y desde Punta Eugenia hasta San Ignacio (imagen del 14 de julio). Las temperaturas más altas se detectaron en el Alto Golfo, la costa de Sonora, Sinaloa y la región ubicada desde Bahía Concepción (BCS)-Guaymas (Son) hasta San Juan de la Costa por el litoral

¹¹ [https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/jplMURSST41anommmday.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&.bgColor=0xffccccff](https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/jplMURSST41anommmday.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&.bgColor=0xffccccff)

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

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

sudcaliforniano y hasta el sur de Nayarit (imagen 21 de julio). En ese mes, cabe destacar el enfriamiento (imagen 28 de julio) que ocurrió desde el Alto Golfo hasta la parte media del GC, probablemente asociado con el monzón mexicano y la intensificación del flujo del viento del norte. En agosto, las temperaturas bajas se extendieron hasta bahía San Ignacio en tanto que las más altas desde el tercio inferior del GC hasta el Alto Golfo (imagen del 18 de agosto). En septiembre, la temperatura disminuyó en la trayectoria del huracán *Kay* (imagen del 8 de septiembre), en tanto que desde Loreto (BCS)-Guaymas hasta el Alto Golfo y frente al sur de Sinaloa-norte de Nayarit la temperatura fue elevada (Fig. 3).

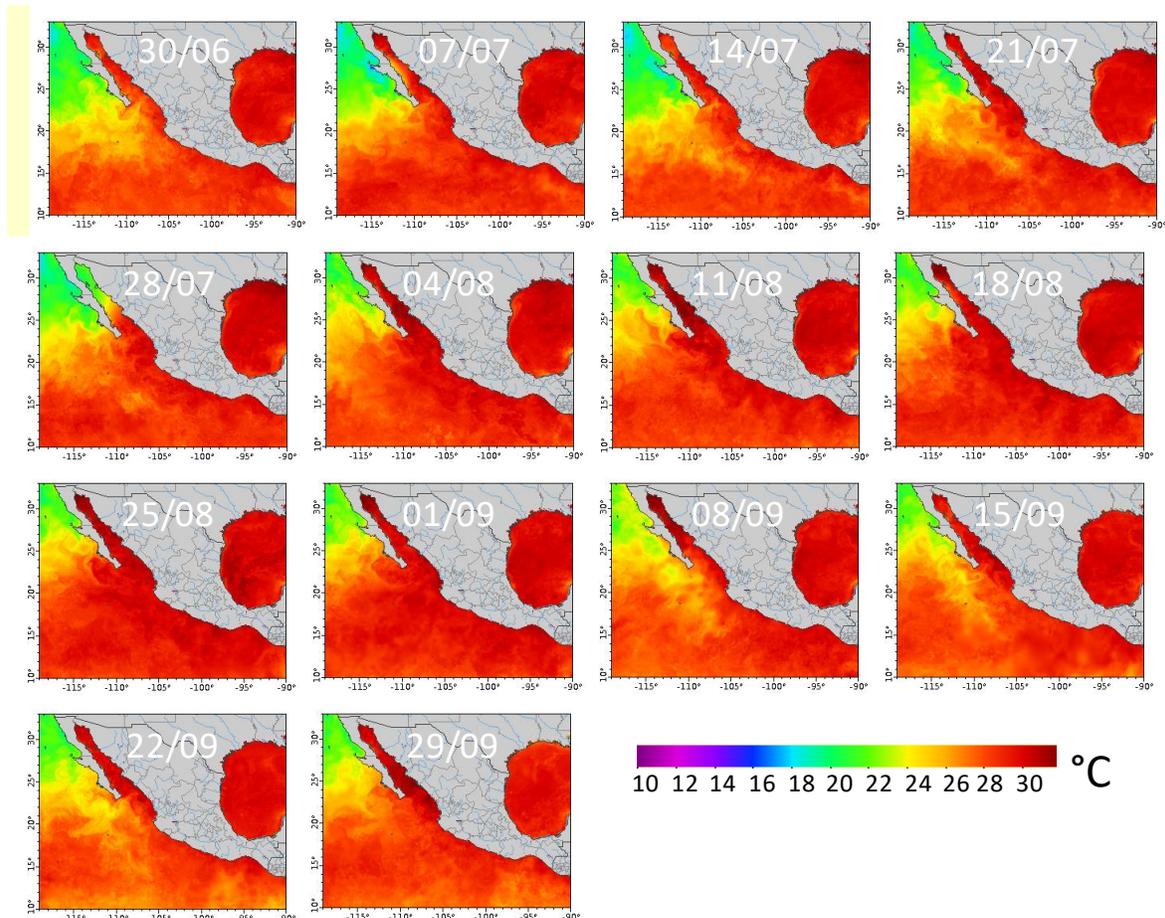


Fig. 3 Temperatura superficial marina registrada en el Pacífico Mexicano desde el 30 de junio hasta el 29 de septiembre. Imágenes diarias tipo MUR, tomadas del gestor de bases de datos ERDDAP.

A lo largo del trimestre, las condiciones en la zona oceánica variaron desde *muy templadas hasta extremadamente cálidas* (anom.: -3 a 3 °C), en tanto que en la costera entre *moderadamente templadas y moderadamente cálidas*, excepto en la costa occidental de BC, donde se registraron las anomalías más altas (imágenes 30 de junio, 4-25 de agosto y 15-29 de septiembre, Fig. 4). Las condiciones más templadas ocurrieron en el interior del GC (14, 28 de julio, 15 de septiembre) y el Pacífico Sur (30 de junio-21 de julio; 11 de agosto), particularmente en las áreas por donde se desplazaron los huracanes *Bonnie* (2-9 de julio), *Howard* (6-11 de

agosto), *Javier* (1-4 de septiembre), *Kay* (4-10 septiembre), *Madeline* (17-20 septiembre) y *Newton* (21-25 de septiembre).

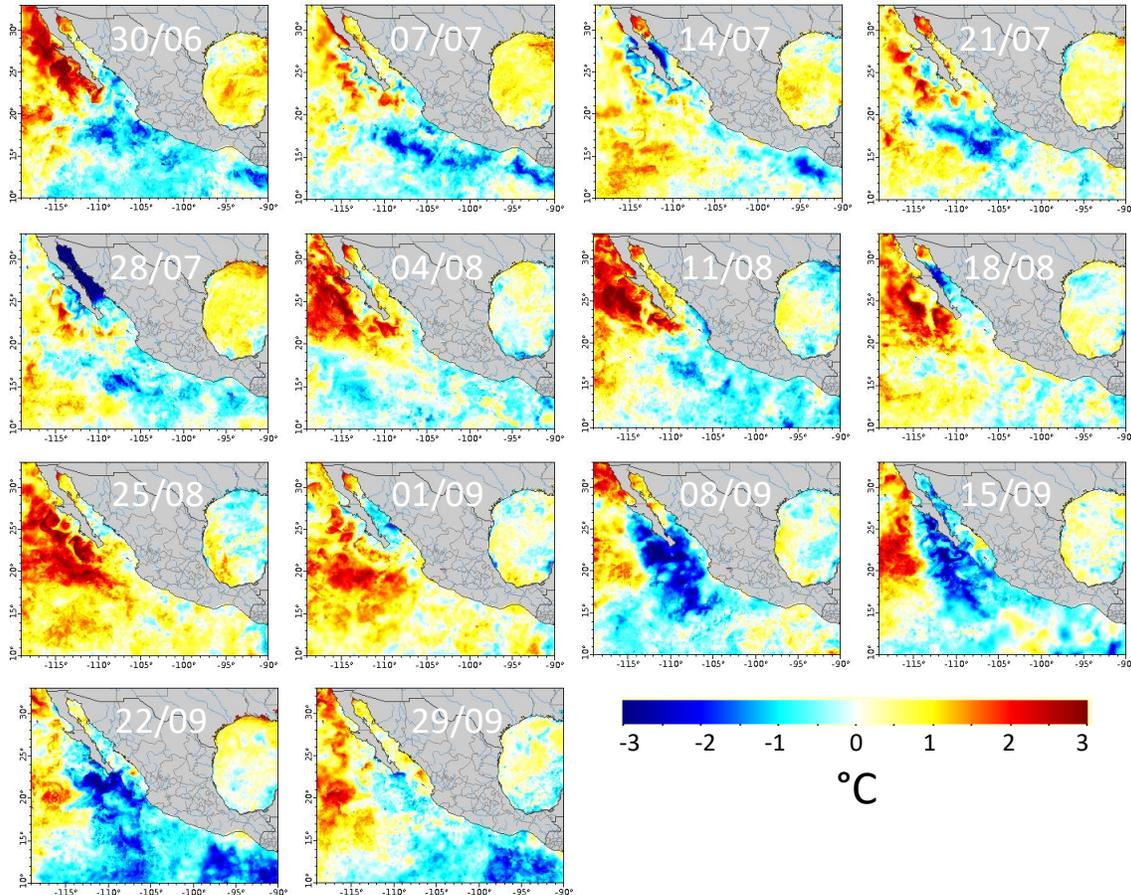


Fig. 4 Anomalías de la temperatura superficial marina registrada en el Pacífico Mexicano desde el 30 de junio hasta el 29 de septiembre. Imágenes diarias tipo MUR, periodo base 2003-2014.

La concentración de *chl a* varió entre 0.03 mg m^{-3} en la zona oceánica y alrededor de 2 mg m^{-3} en la costa, con valores puntuales más elevados registrados en la costa occidental de BC, Sonora, Sinaloa, Nayarit y Jalisco ($>5 \text{ mg m}^{-3}$). Las mayores cantidades del pigmento se registraron en la costa occidental de BC, el GC (en particular en las inmediaciones de las Grandes Islas) y Nayarit. Cabe mencionar que se observaron florecimientos con concentraciones 0.5 mg m^{-3} , en la zona oceánica por donde pasaron los huracanes (Fig. 5).

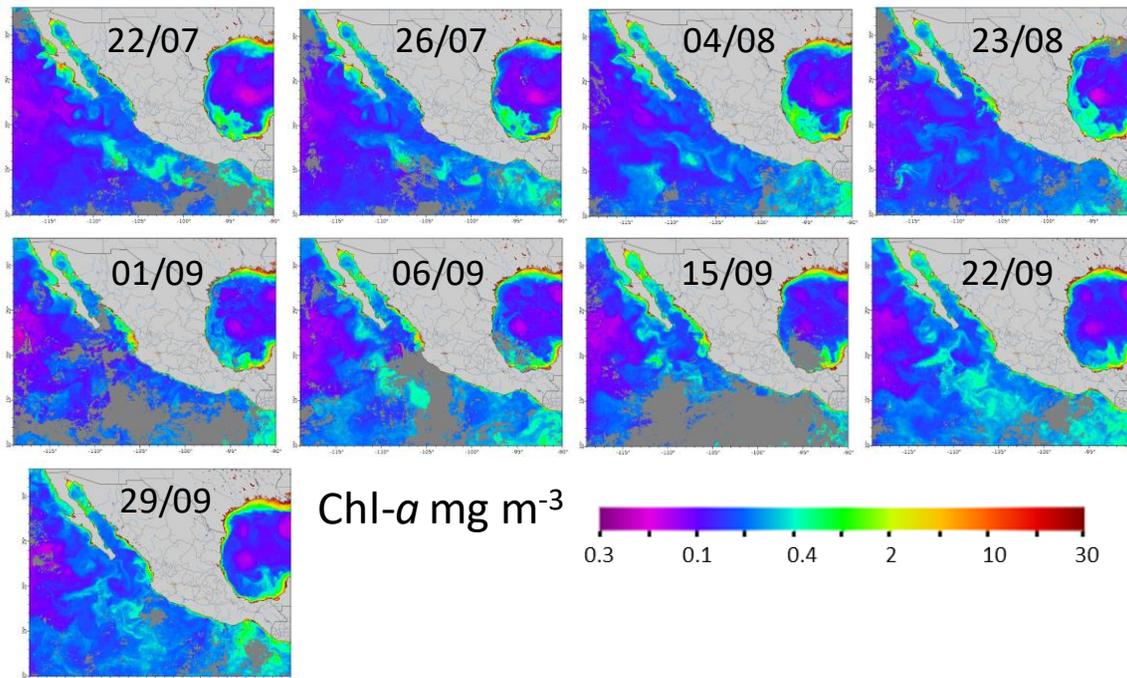


Fig. 5 Imágenes de clorofila-a (compuestos semanales) del 22 de julio al 29 de septiembre de 2022. Se muestran las imágenes disponibles, por lo que su periodicidad es irregular. Imágenes obtenidas por el sensor VIIRS.

Huracanes

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) pronosticó un total de 14 a 19 tormentas con nombre, por lo que se esperaba una temporada *normal*. Entre el 28 de mayo y el 5 de octubre se presentaron 16 eventos (Tabla 1), de los cuales siete fueron tormentas tropicales (Tt), cuatro huracanes categoría 1 de Saffir Simpson (SS1), dos HSS2, 1 HSS3 y dos HSS4. En julio se presentaron cinco meteoros, entre los cuales destacó *Bonnie* que cruzó del océano Atlántico al Pacífico, lo que no ocurría desde 2016, y *Darby*, que alcanzó la categoría SS4. En agosto concluyeron dos meteoros que habían iniciado en julio y se presentaron dos más, mientras que en septiembre hubo seis, entre los que resaltó *Kay* (HSS2), cuya trayectoria llegó, por la costa occidental de BC, hasta las inmediaciones de la frontera con EEUU.

Tabla 1 Meteoros de origen tropical que han ocurrido en el Pacífico Mexicano. HSS: huracán categoría Saffir-Simpson; Tt: tormenta tropical

Nombre	Periodo de actividad	Cat. Máx.	Vientos máx. (km/h)	Presión min (hPa)	ACE	Áreas afectadas (lugar/fecha)
Agatha	28 – 31 de mayo	HSS2	175	964	6.645	Puerto Ángel (30/05)
Blas	14 – 20 de junio	HSS1	150	976	8.3125	Ninguna
Celia	16 – 28 de junio	Tt	100	993	6.2325	Ninguna
Bonnie	2 – 9 de julio	HSS3	185	964	15.84	
Darby	9 – 17 de julio	HSS4	220	954	18.76	
Estelle	15 – 21 de julio	HSS1	140	984	7.77	
Frank	26 de julio – 2 de ago.	HSS1	150	975	9.24	
Georgette	27 de julio – 3 de ago.	Tt	95	997	3.04	
Howard	6 – 11 de ago.	HSS1	140	983	4.32	
Ivette	13 – 16 de ago.	Tt	65	1005	0.12	

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

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





Javier	1 – 4 de sept.	Tt	85	999	1.32	
Kay	4 – 10 de sept.	HSS2	165	967	9.14	I.Socorro/ B.Asunción, BCS
Lester	15 – 17 de sept.	Tt	75	1002	0.77	Guerrero
Madeline	17 – 20 de sept.	Tt	100	992	2.13	
Newton	21 – 25 de sept.	Tt	100	996	2.30	
Orlene	29 de sept – 4 de oct.	HSS4	215	949	9.05	Sinaloa
Paine	3 – 5 de oct.	Tt	75	1004	0.65	

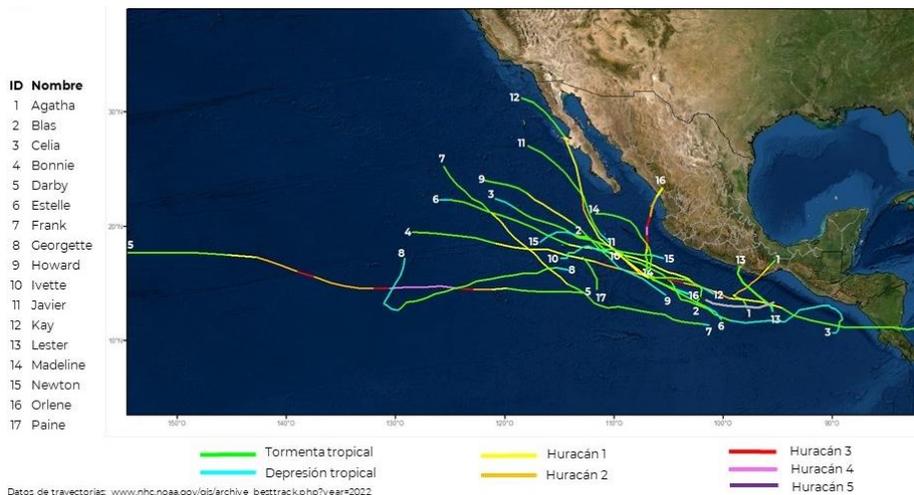


Fig. 6 Trayectoria de los meteoros de origen tropical. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

Frentes fríos

El Servicio Meteorológico Nacional pronosticó 51 FF para la temporada 2022-2023, uno más que el promedio, debido a la presencia de *La Niña*. En septiembre se presentó el primero de ellos.

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/inapesca

