



Condiciones ambientales en el Pacífico Mexicano

Período: 01 de octubre a 31 de diciembre de 2022, con un resumen de lo ocurrido durante el tercer trimestre de 2022.

Introducción

La temperatura atmosférica promedio en todo el país correspondió a condiciones *más cálidas de lo normal* a lo largo del trimestre julio-septiembre, particularmente en julio cuando la anomalía (anom.) de la temperatura promedio fue de +1.9 °C. La precipitación pluvial (PP) varió entre 109.1 mm (julio) y 154.9 mm (septiembre). Al 30 de septiembre, la mayor parte de la vertiente del Pacífico estaba sin sequía. Continuaron las fases negativas del ENSO (intensidad moderada) y el PDO (intenso), mientras que el NPGO fue normal. En el Pacífico Noroccidental permaneció la onda cálida marina NEP 22 A. En el verano, la temperatura superficial marina (TSM) varió entre 10 °C y 31 °C; los valores más bajos (<20 °C) ocurrieron en el NO de Baja California (BC). En la zona oceánica, las condiciones variaron entre *muy templadas* y *extremadamente cálidas* (anom.: -3 a +3 °C) durante la mayor parte del periodo, en tanto que en la costera entre *moderadamente templadas* y *moderadamente cálidas*, excepto en la costa occidental de BC, que fue *extremadamente cálida*. 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; los valores puntuales más elevados se registraron en la costa occidental de BC, Sonora, Sinaloa, Nayarit y Jalisco (>5 mg m⁻³). Se presentaron 16 meteoros de origen tropical, de los cuales siete fueron tormentas tropicales (Tt), cuatro huracanes categoría 1 de Saffir Simpson (SS1), dos HSS2, 1 HSS3 y dos HSS4. 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 climáticas de diciembre se obtuvieron 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 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. Todas las imágenes se obtuvieron en formato de

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>



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 (T_{med}) durante octubre fue 22.1 °C (anom.: +0.2 °C⁹), mientras que la mínima promedio (T_{min}) fue 15.1 °C (anom.: +0.2 °C) y la máxima promedio (T_{max}) 29.1 °C (anom.: +0.1 °C). Las anomalías de la T_{min} fueron elevadas en casi todo el país, principalmente en BC y la costa sur del Pacífico (entre Michoacán y Guerrero), por el contrario, las condiciones más templadas se registraron en la parte sur de Sonora, a pesar de que la T_{max} más acentuada se presentaron en entre Sonora y Sinaloa, y áreas puntuales de la costa del Pacífico y la península de Yucatán. En noviembre, la T_{med} fue 19.1 °C (anom.: -0.1 °C), la T_{min} , 11.5 °C (anom.: -0.1 °C) y la T_{max} , 26.8 °C (anom.: +0.1 °C). Las condiciones fueron *más cálidas de lo normal* durante casi todo el periodo en el sur de Sinaloa, Michoacán, Guerrero y Chiapas. Las temperaturas más bajas ocurrieron en Sonora, Chihuahua y Durango. En noviembre de 2022, la PP fue inferior a lo normal en gran parte del país, principalmente a lo largo de la Sierra Madre Occidental, donde hubo condiciones de sequía. La T_{med} en diciembre fue 17.3 °C (anom. +1.35 °C), la T_{min} de 9.5 °C (anom.: +1.18 °C) y la T_{max} 25.1 °C (anom.: +1.47 °C). Las condiciones más cálidas se registraron desde la parte media de Sonora hasta Chiapas; las mayores temperaturas se registraron en el sur de Sinaloa, el sur de Colima y Michoacán si como algunos puntos de Guerrero, el norte del istmo de Tehuantepec y el sur de Chiapas. Las temperaturas más bajas se registraron en Baja California y Sonora y en menor medida desde Sinaloa hasta el norte de Jalisco.

En octubre, la PP en todo el país fue de 63.4 mm, 16.02% inferior al promedio. Las lluvias estuvieron asociadas con el ingreso de los huracanes *Orlene* y *Roslyn* por Sinaloa y Nayarit, así como por el paso de cinco sistemas frontales, canales de baja presión, una vaguada monzónica y las ondas tropicales 27 y 28. Las temperaturas mínimas registradas en Sonora estuvieron asociadas con el paso de los frentes fríos (FF) núm. 4 y 5. En noviembre, la PP (29.95 mm, 13.33% inferior al promedio). Las lluvias fueron más acusadas en la costa del GM y la península de Yucatán, en tanto que fue escasa en el resto del país. Los eventos más importantes, fueron la entrada del huracán *Lisa* por el Caribe (31 oct-5 nov), el cual atravesó la península de Yucatán proveniente del Caribe y se disipó frente a Veracruz, los FF núm. 7 a 12, la entrada de humedad del Pacífico y canales de baja presión sobre el centro, oriente y sur del país. En diciembre, la PP fue de 17.6 mm (19.74% inferior al promedio); se observaron anomalías positivas en el noroeste de la península de Baja California y Sonora, así como en áreas puntuales desde el sur de Veracruz hasta Quintana Roo. Al 31 de diciembre, había condiciones *anormalmente secas* en el norte y sur de la península de BC, desde la parte media de Sonora hasta Sinaloa, el norte de Colima, Michoacán y el norte de Guerrero. En la costa norte de Oaxaca había condiciones tanto de *sequía moderada* como de *severa*.

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

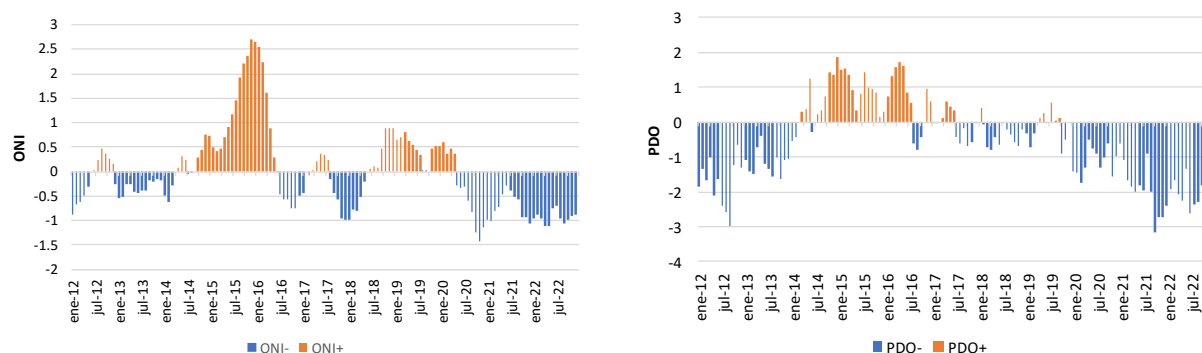
⁶<https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/jplMURSST41.graph>

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.

Institute for Climate and Society¹⁰, pronosticaron que esta fase continuará hasta febrero, y que la probabilidad de que se torne *normal* en primavera es $\approx 82\%$. Por otro lado, se mantuvo la fase negativa del PDO (≈ -2), aunque menos intensa que en el segundo semestre de 2021 (Fig. 1 B). El NPGO no se actualizó.



A

B

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

Ondas cálidas marinas en el Pacífico nororiental (NEP)

La NEP22 A se formó en el Pacífico Nororiental cerca del sitio donde se presentó la NEP21 B, probablemente debido a su calor residual. En mayo y junio, esta ola alcanzó la costa occidental de EE UU por el debilitamiento del patrón de vientos del N y NE. A finales de junio y en julio, la ola 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. Durante noviembre, la ola comenzó a alejarse de la costa y a reducir su tamaño, por lo que en diciembre las mayores temperaturas se observaron al sur de Alaska en las inmediaciones del paralelo 40 °N (Fig. 2).

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

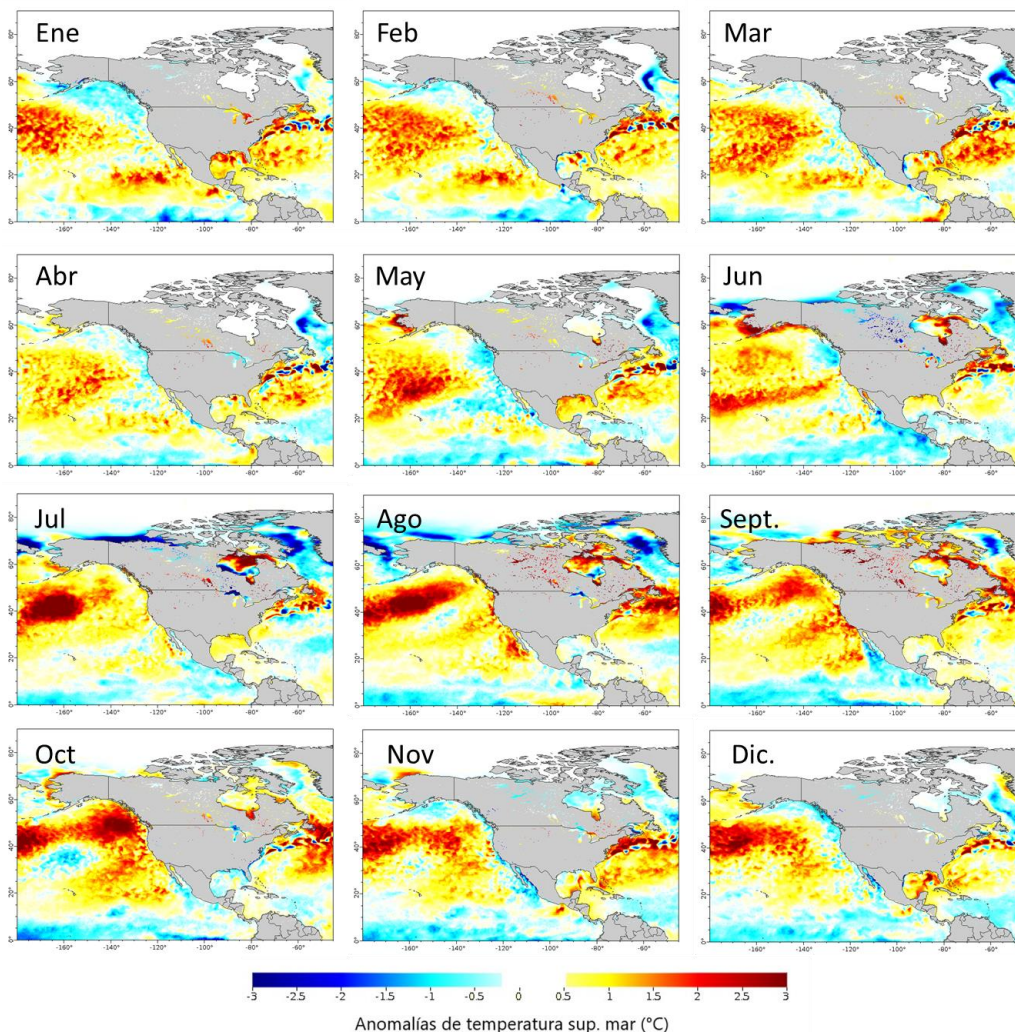


Fig. 2 Evolución de la NEP 22 entre enero y diciembre. Imágenes de anomalías de temperatura mensual tipo MUR, tomadas del ERDDAP¹¹. Coordenadas: 0-90 °N; 45-180 °O

Condiciones en el Pacífico Mexicano

La TSM en el Pacífico Mexicano varió entre 20 y 32 °C (Fig. 3), por otro lado, durante este periodo disminuyó progresivamente, en especial en la región noroccidental y el Golfo de Tehuantepec (GT). Los valores más bajos (<20 °C) se presentaron en la costa noroccidental de BC y el Golfo de California-GC (Fig. 3), mientras que las temperaturas más altas en la desembocadura del GC, el Alto Golfo y partes de la costa de Michoacán y Guerrero.

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

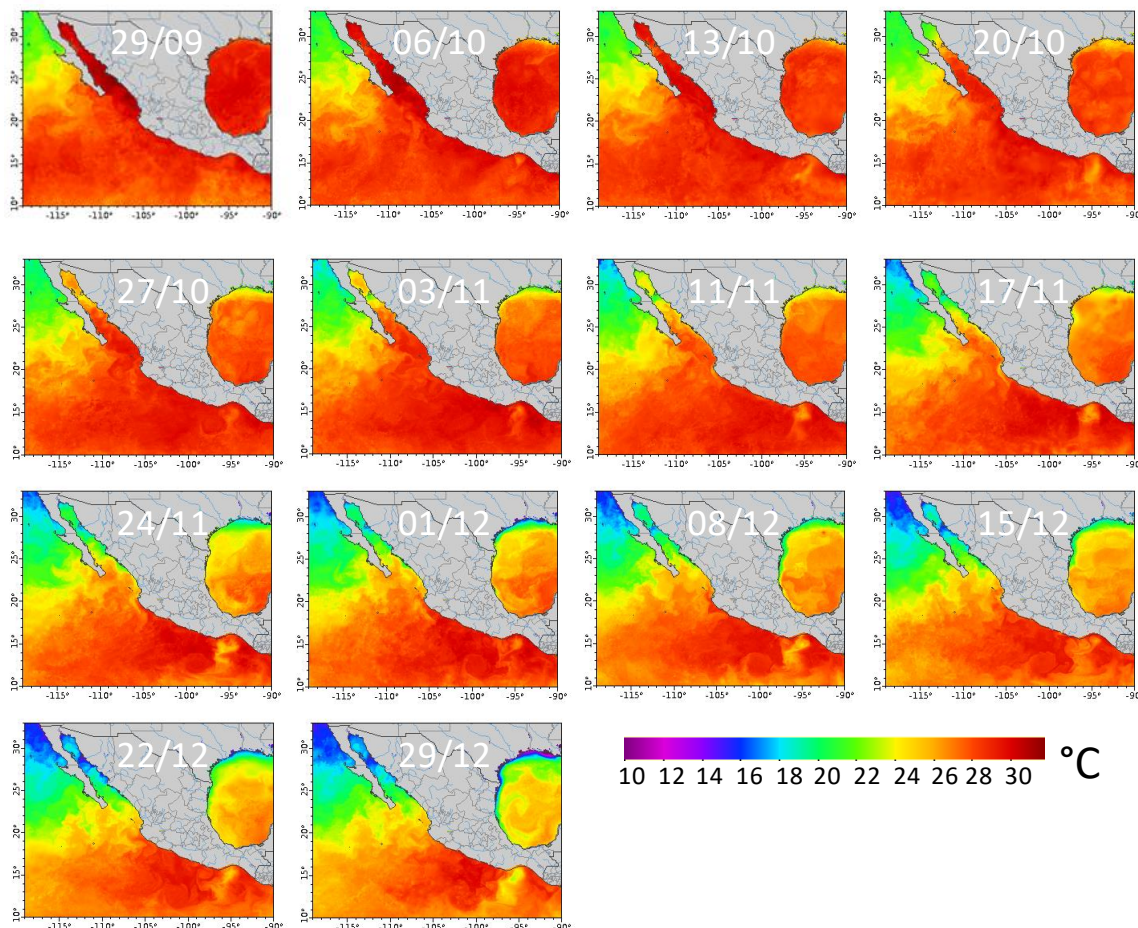


Fig. 3 Temperatura superficial marina registrada en el Pacífico Mexicano desde el 29 de septiembre hasta el 29 de diciembre. Imágenes diarias tipo MUR, tomadas del gestor de bases de datos ERDDAP.

En octubre, la temperatura más baja, como ya se mencionó, se registró durante todo el mes, desde la frontera con EEUU hasta Cabo San Lázaro (BCS) y en el interior del GC a partir de la tercera semana (imagen 20 oct.). En el GT se comenzó a registrar la presencia de la surgencia desde la segunda semana de este mes (imagen 6 oct.). Las temperaturas más altas se detectaron en el tercio inferior y la desembocadura del GC en los primeros días de octubre (imágenes 29 sept-6 oct.), así como desde Bahía Banderas hasta la Puerto Ángel (Oax) desde la última semana de octubre hasta el final de diciembre. En noviembre, el área con bajas temperaturas abarcó hasta bahía Magdalena en la costa occidental de BC y por el interior del GC, hasta el sur de Sinaloa. En la desembocadura del GC la TSM se mantuvo $\approx 30^\circ\text{C}$ en noviembre, pero en una zona estrecha en las inmediaciones de la costa fue $< 25^\circ\text{C}$. En diciembre disminuyó aún más la TSM frente a la costa noroccidental de BC, parte del Alto Golfo y la zona de las Grandes Islas y el GC ($\approx 15^\circ\text{C}$). La isoterma de 20°C se observó en las proximidades del paralelo 20°N , en tanto que las TSM más altas se registraron desde el sur de Jalisco hasta Chiapas, excluyendo al GT (Fig. 3).

En la zona oceánica, las condiciones variaron entre *muy cálidas*, al oeste del meridiano 115°O y al norte del paralelo 15°N , al final de septiembre y los primeros días de octubre, y *moderadamente cálidas* durante los últimos días de octubre. En contraste, a partir de la segunda semana de noviembre el ambiente se tornó

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

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

moderadamente templado. La zona costera se mantuvo *muy cálida* en los últimos días de septiembre y los primeros días de octubre, en particular, en el occidente del estado de Baja California y el Alto Golfo, mientras que, en el resto del mes, las condiciones cambiaron a *moderadamente templadas* en el litoral bajacaliforniano y *extremadamente templadas* (anom: ≈ -3 °C) en el Alto Golfo (20/10, Fig. 4). En noviembre, las temperaturas variaron entre *moderadamente* y *muy templadas*, en especial en la costa comprendida desde la parte media de Sonora hasta Bahía de Banderas, mientras que al sur de esa zona fueron *normales*, excepto en el GT donde la temperatura fue superior al promedio (01-15/12; Fig. 4).

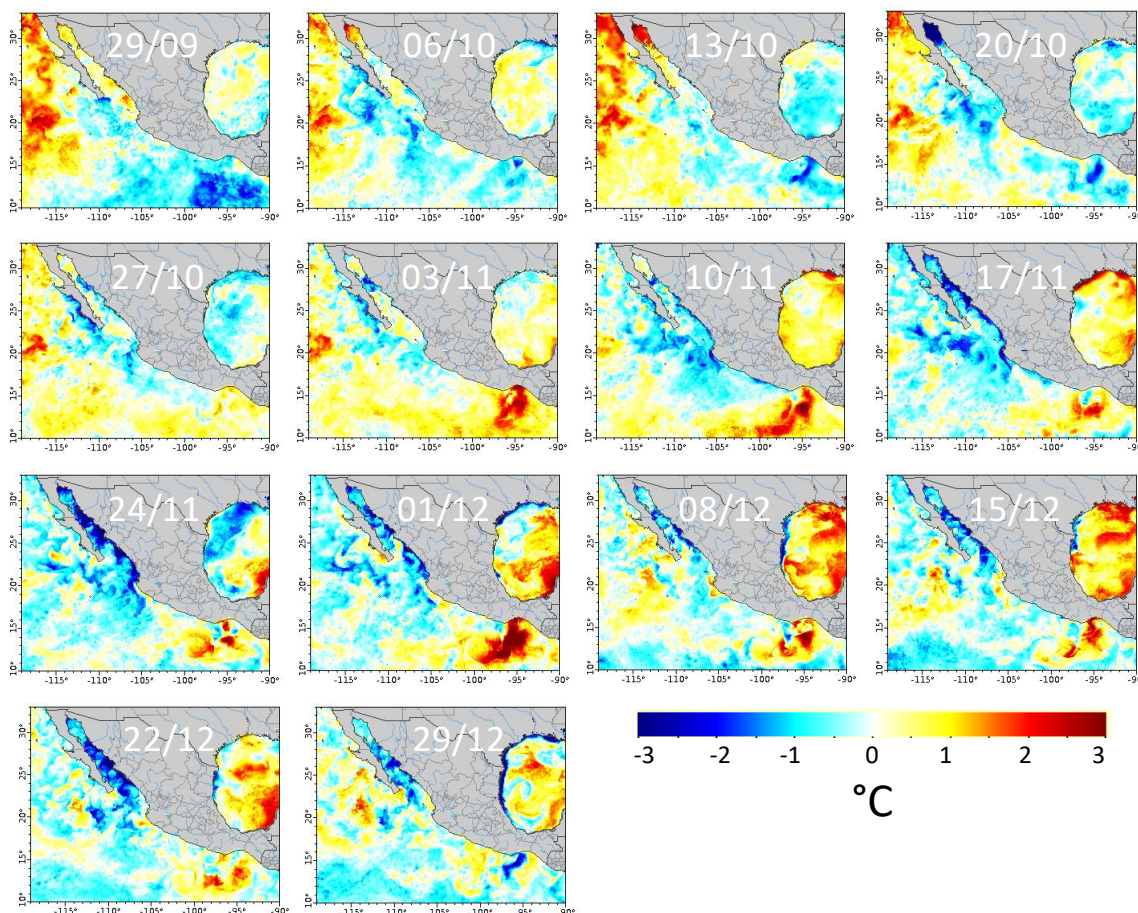


Fig. 4 Anomalías de la temperatura superficial marina registrada en el Pacífico Mexicano desde el 29 de septiembre al 29 de diciembre. Imágenes diarias tipo MUR, periodo base 2003-2014.

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 ($>5 \text{ mg m}^{-3}$) en la costa occidental de BC, el área de las Grandes Islas (imagen 27 oct), así como en los litorales de Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco (imágenes de noviembre) y el GT (diciembre). Las mayores cantidades del pigmento se registraron en el GC. Como en el trimestre anterior, se observaron florecimientos con concentraciones 0.5 mg m^{-3} , en la zona oceánica por donde pasaron los huracanes (Fig. 5).

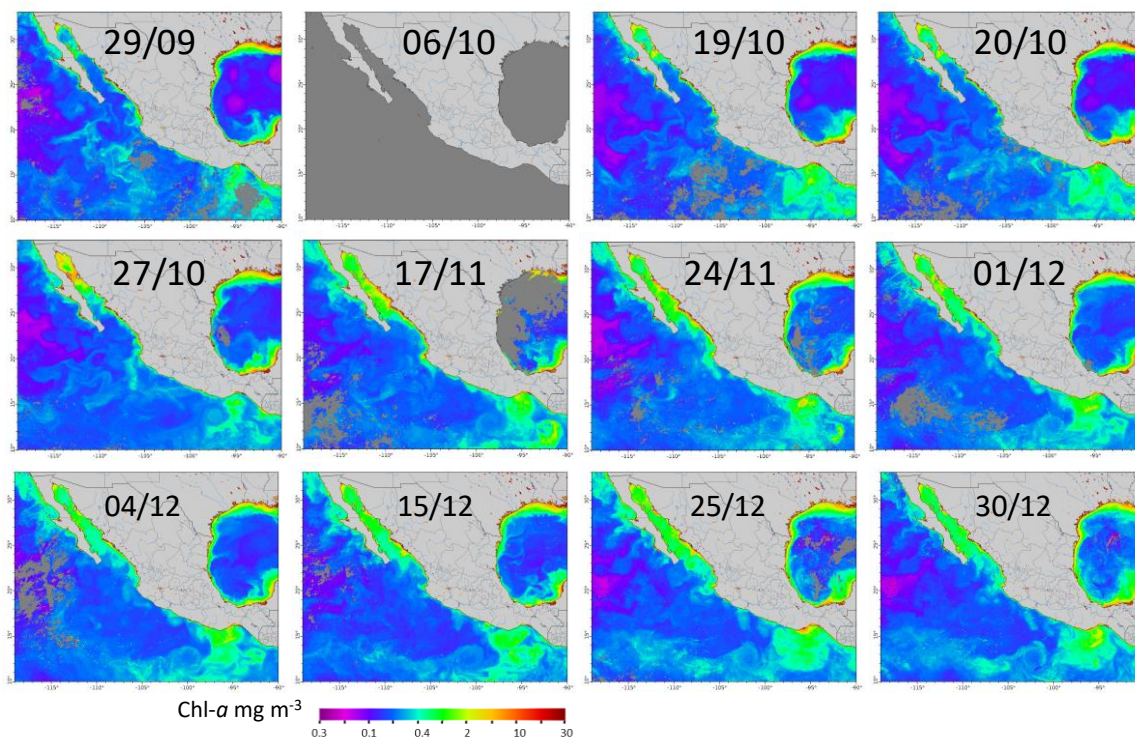


Fig. 5 Imágenes de clorofila-a (compuestos semanales) del 29 de septiembre de 2022. Se muestran las imágenes disponibles, por lo que su periodicidad es irregular. Imágenes obtenidas por el sensor VIIRS.

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 24 de octubre se presentaron 19 eventos (Tabla 1), de los cuales nueve fueron tormentas tropicales (Tt), cuatro huracanes categoría 1 de Saffir Simpson (SS1), dos HSS2, 1 HSS3 y tres HSS4. Entre el 28 de mayo y el 28 de junio se formaron 2 huracanes y una tormenta tropical, de los cuales *Agatha* fue la más intensa y causó daños en la costa sur de Oaxaca. 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. En octubre se presentaron tres eventos, de los cuales, *Roslyn* impactó la costa nayarita con categoría 4.

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 (Vientos (km/h)
Agatha	28 – 31 de mayo	HSS2	175	964	6.645	Puerto Ángel	165
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		

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

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

Estelle	15 – 21 de julio	HSS1	140	984	7.77		
Frank	26 julio – 2 ago.	HSS1	150	975	9.24		
Georgette	27 julio – 3 ago.	Tt	95	997	3.04		
Howard	6 – 11 ago.	HSS1	140	983	4.32		
Ivette	13 – 16 ago.	Tt	65	1005	0.12		
Javier	1 – 4 sept.	Tt	85	999	1.32		
Kay	4 – 10 sept.	HSS2	165	967	9.14	I.Socorro/B.Asunción, BCS	140 / 120
Lester	15 – 17 sept.	Tt	75	1002	0.77	Costa de Guerrero,	65
Madeline	17 – 20 sept.	Tt	100	992	2.13		
Newton	21 – 25 sept.	Tt	100	996	2.30		
Orlene	29 sept – 4 oct.	HSS4	215	949	9.05	Costa de Sinaloa,	140
Paine	3 – 5 de oct.	Tt	75	1004	0.65		
Julia	9 – 10 octubre	Tt	75	1000	0.4475	Ninguno	
Roslyn	20 – 24 octubre	HSS4	215	950	9.0925	Costa de Nayarit	195
Totales de la temporada							
19 ciclones	28 mayo – 24 oct		220	949	114.24		



Ciclones tropicales en el océano Pacífico 2022

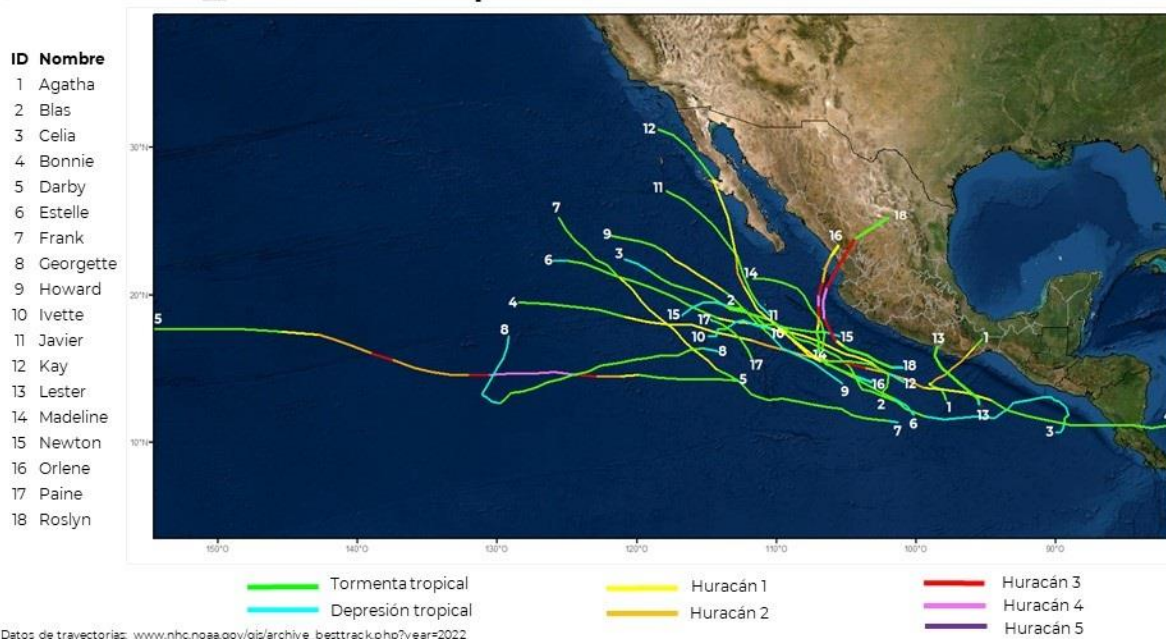


Fig. 6 Trayectoria de los meteoros de origen tropical. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

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, mientras que al 16 de enero se habían presentado 25 eventos (fig. 7).

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

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



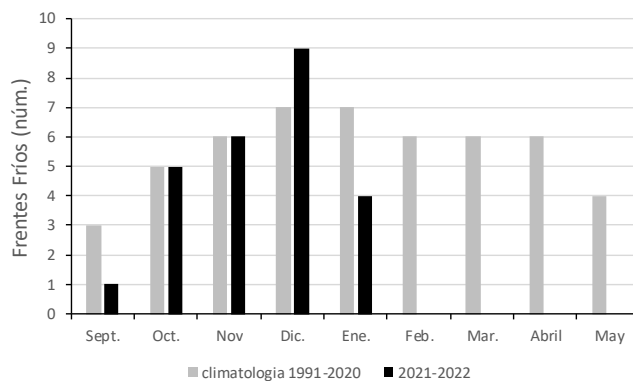


Fig. 7 Frentes fríos (climatología) y observados entre septiembre de 2022 y el 16 de enero de 2023.

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