



Condiciones ambientales en el Pacífico Mexicano

Período: 01 de octubre a 30 de diciembre de 2021, con un resumen de lo ocurrido durante el tercer trimestre.

Introducción

En el tercer trimestre de 2021, predominaron la fase neutra del ENSO y la negativa del PDO. La temperatura media ambiental, a escala nacional, entre julio y septiembre fue de 25.7 °C (anomalía¹: +2.0 °C), 25.8 °C (anom.: +2.1 °C) y 25°C (anom. +2°C), respectivamente. En julio, la precipitación pluvial (PP) fue de 128.8 mm (anom.: -4.4 %), mientras que, en agosto, de 157 mm (+22.3%) y en septiembre de 133 mm (anom: +1.8%). Al 30 de septiembre, había disminuido la superficie del territorio con sequía desde *moderada* a *extrema* (D1 a D3), aunque en el NO y N del país permanecieron algunas zonas *anormalmente secas*. La temperatura superficial marina (TSM) varió entre 18 y 32 °C; la TSM más baja (<22 °C) se registró en la costa noroccidental de Baja California (BC) y en la región de las Grandes Islas en el Golfo de California (GC). Las temperaturas más cálidas (>30 °C) se presentaron desde Cabo Corrientes hasta la frontera con Guatemala al inicio del trimestre y paulatinamente se extendieron al interior del GC. Las condiciones variaron entre *moderadamente* y *ligeramente templadas* hasta *extremadamente cálidas* en la costa occidental de BC, mientras que en el interior del GC, entre *ligeramente cálidas* y *ligeramente templadas*, en tanto que, entre Jalisco y Chiapas, entre *ligeramente templadas* y *normales* hasta *moderadamente cálidas*. El *ambiente templado* estuvo asociado con el paso de tormentas tropicales (Tt) y huracanes (H). Entre el 2 de julio y el 3 de septiembre, la concentración de clorofila-*a* (chl_a) se encontró entre poco más de 0.1 y 2 mg m⁻³, entre Punta Eugenia y Cabo San Lucas y en la zona de las Grandes Islas y el Alto Golfo, en tanto que, al sur de Cabo Corrientes, fue escasa (<0.4 mg m⁻³). En este trimestre hubo cuatro frentes fríos (FF) fuera de temporada y se presentaron 10 meteoros tropicales, dos de los cuales fueron huracanes mayores (>HSS3). 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 meteoros tropicales) durante el periodo octubre-diciembre de 2021.

Métodos

La temperatura ambiental y la PP a escala nacional se obtuvieron de los Reportes del Clima en México, del Servicio Meteorológico Nacional² (SMN). 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 (PDO⁴). La información de las ondas cálidas marinas se obtuvo de la NOAA⁵. Las imágenes diarias de la TSM y 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 Período base: 1981-2010

² <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/diagnostico-climatico/reporte-del-clima-en-mexico>

³ http://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. California current project. Disponible en:* <https://www.integratedecosystemassessment.noaa.gov/regions/california-current/cc-projects/blobtracker>

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

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





imagen (*.png) del gestor de bases de datos ERDDAP de la NOAA⁶⁷⁸. Por otro lado, las características de los frentes fríos (FF) se tomaron de los *Reportes del Clima en México*, en tanto que las de los huracanes del SMN y el National Hurricane Center de la NOAA⁹.

Resultados

Temperatura ambiental y precipitación pluvial

La temperatura media promedio (Tmed) registrada en octubre en el país fue de 23.1 °C (anom.: +1.8 °C), mientras que la mínima promedio (Tmin) fue 16.0 °C (anom.: +1.7 °C) y la máxima promedio (Tmax) de 30.2 °C (anom.: +1.8 °C). Las anomalías de las temperaturas mínimas fueron elevadas en todo el país, con la excepción de Sonora, mientras que las de la Tmax ocurrieron en Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Hidalgo y Guerrero (+3.0 °C). En noviembre, la Tmed fue 19.8 °C (anom.: +0.8 °C) y la Tmin, 12.8 °C (anom.: +0.8 °C). La Tmax fue 27.6 °C (anom.: +0.9 °C); los valores extremos (30-35 °C) se registraron en la vertiente del Pacífico, aunque las anomalías más acusadas (>2°C) se observaron en Sonora, Michoacán y Guerrero. Las anomalías de Tmin fueron positivas, con valores extremos (> 5.0 °C) en Baja California, BCS, Jalisco y Michoacán. La Tmed en diciembre fue 18.7°C (anom. +1.4 °C) y la Tmin de 10.6 °C (anom.: +1.5 °C). La Tmax fue de 26.7°C (anom.: +2°C); las mayores temperaturas se registraron desde el sur de Sonora hasta Chiapas, pero fueron más acusadas desde el sur de Jalisco hasta el sur de Guerrero y en la costa central del Golfo de Tehuantepec (GT); en contraste, las más bajas se observaron en BC y Sonora, así como desde Chihuahua hasta el norte de Oaxaca.

En octubre, la PP en todo el país fue de 67.4 mm, 1.8 mm (1.8%) inferior al promedio. La PP se asoció con los FF3 al FF6, canales de baja presión, las ondas tropicales 34 a 39 y el ingreso de *Pamela* y *Rick*. Solo en parte del istmo de Tehuantepec, y de las regiones del occidente, centro norte y noreste del país, la lluvia fue superior al promedio. La sequía afectó los estados de Sonora, Chihuahua, BC, BCS, Coahuila, norte de Sinaloa, sur de Oaxaca, Quintana Roo, Yucatán y partes de Campeche. Al 31 de octubre el 7.89% del país presentaba condiciones de sequía de moderada a extrema (D1-D3). En noviembre, la PP fue 23.2 mm (13.9% menor al promedio) y las lluvias estuvieron asociadas con cinco FF, la primera tormenta invernal y canales de baja presión. La PP se mantuvo por arriba y próxima a lo normal en Veracruz y parte de BCS, la mesa del norte, la región NE y Campeche. En el resto del país hubo déficit de lluvia, principalmente en el NO, centro, la costa del Pacífico y parte de la península de Yucatán; sin embargo, al 30 de noviembre no hubo afectaciones por sequía y concluyó la sequía extrema (D3) que se observó en octubre en el NO. En diciembre, la PP fue de 20.4 mm (normal=22.8 mm) y solo fue mayor al promedio en el NO (Sonora y Baja California) debido al ingreso de dos FF. En contraste, en el resto de la vertiente del Pacífico, el volumen precipitado representó menos de 50% de la climatología.

Índices climáticos

Las características atmosféricas y marinas en el Pacífico central correspondieron a *La Niña* (fase negativa del ENSO) desde el otoño de 2020 hasta mayo de 2021, mientras que desde junio hasta septiembre fueron tipo *ENSO-neutral* (Fig. 1 A). En octubre el Centro de Predicciones Climáticas/NCEP/NWS y el International Research Institute for Climate and Society¹⁰, determinaron que había retornado *La Niña*. El 20 de diciembre¹¹,

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<https://www.nhc.noaa.gov/>

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

¹¹ <https://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/forecasts/enso/current/>

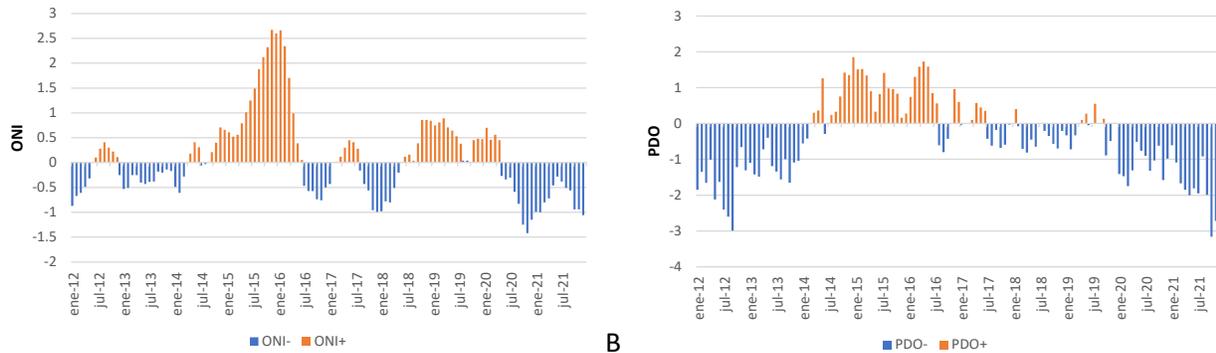
Avenida México 190, Col. Del Carmen, C.P. 04100, Coyoacán, CDMX

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





pronosticaron que esta fase se mantendría hasta mayo de 2022. Por otro lado, continúa la fase negativa del PDO que inició en junio de 2017, con valores cercanos a -3 (Fig. 1 B). Con respecto al NPGO, no ha habido actualizaciones del índice, por lo que no se reporta en este boletín.



A **B**
Fig. 1 Índices climáticos (periodo enero 2012-diciembre 2021). A) Índice Oceánico de El Niño (ONI); B) Oscilación Decadal del Pacífico (PDO).

Ondas cálidas marinas

La onda NEP 21 A se formó en el Pacífico Nororiental (Fig. 2) a finales de abril, con anomalías de TSM variables entre +1 y +3° C (1.73 desv. est. en promedio), lo que dio lugar a temperaturas muy elevadas en la costa comprendida desde el SO de Canadá hasta California (EEUU).

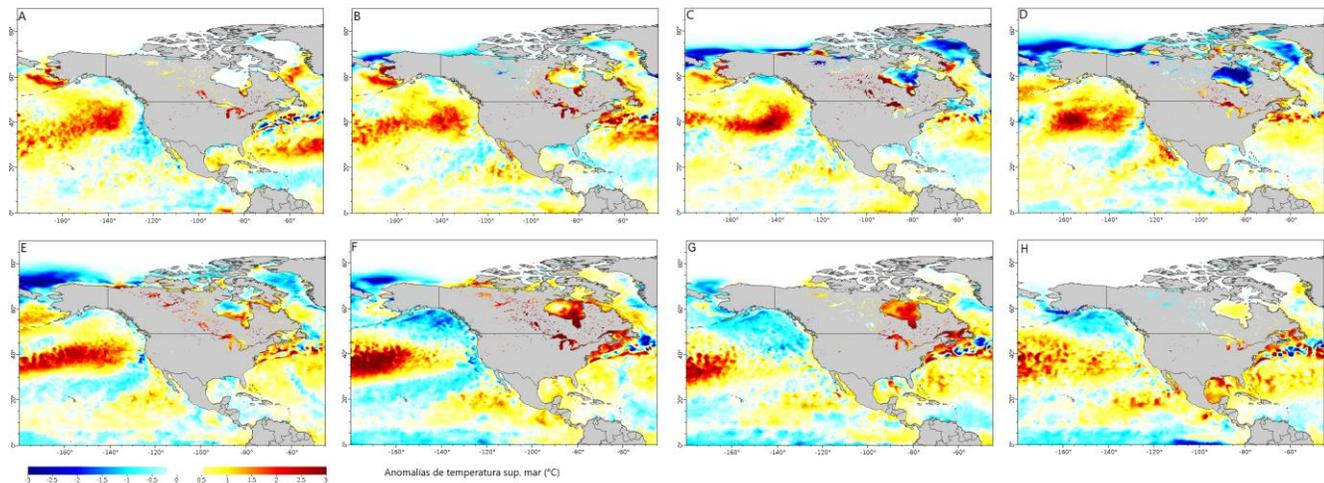


Fig. 2 Extensión de la onda cálida NEP 21A entre mayo (A) y diciembre (H). Esta onda es una de las 10 más intensas desde 1982. Imágenes de anomalías de temperatura mensual tipo MUR, tomadas del gestor de datos ERDDAP12. Coordenadas: 0-90° N; 45-180° O

¹² [https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/gridgap/jplMURSST41anommday.graph?sstAnom%5B\(2021-01-16T00:00:00Z\)%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=0xffffccff](https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/gridgap/jplMURSST41anommday.graph?sstAnom%5B(2021-01-16T00:00:00Z)%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=0xffffccff)

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

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

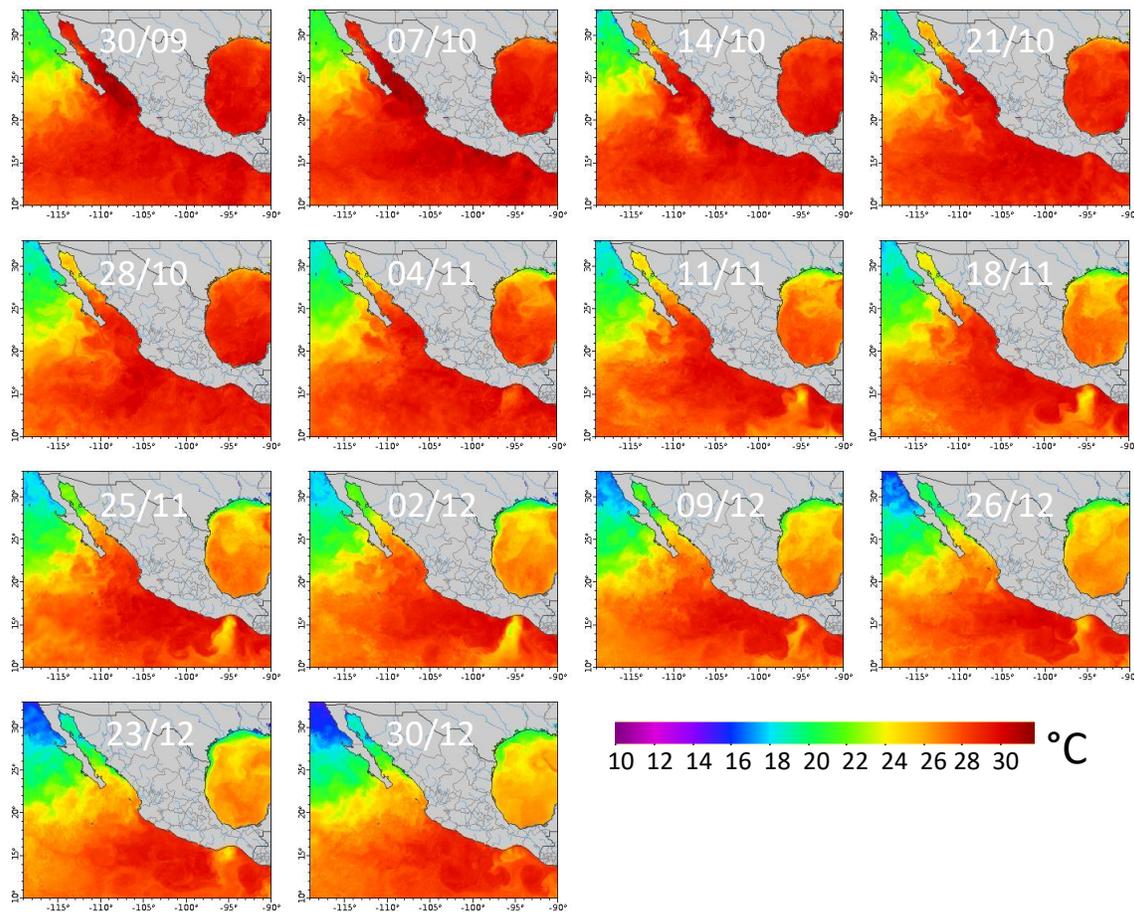




En junio la onda se dividió y a finales de ese mes volvió a formarse dando lugar a la NEP 21 B. En esta etapa llegó a medir 4, 556, 867 km² y ha durado 189 días¹³ con una anomalía máxima de 2.19 desv. est. y promedio de 1.83 desv. est., por lo que ha sido una de las más prolongadas y extensas.

Condiciones en el Pacífico Mexicano

La TSM en el Pacífico Mexicano varió entre 14 °C y 30 °C (Fig. 3); los valores más bajos (<20 °C) se registraron en la costa noroccidental de BC durante todo el periodo, aunque paulatinamente se extendió hacia el sur por lo que llegó al paralelo 20°N el 30 de diciembre. En octubre el GC comenzó a enfriarse, después de alcanzar temperaturas elevadas el mes anterior, por lo que en diciembre se observaron TSM < 20 °C en el Alto Golfo. Por otro lado, al inicio del periodo el área con elevadas temperaturas (TSM > 28 °C) abarcaba desde la costa sur de Sonora hasta el extremo norte de Jalisco y algunas partes de la costa de Guerrero y Oaxaca, pero en las semanas posteriores quedó limitada al área comprendida entre Cabo Corrientes y Puerto Ángel (en el extremo occidental del GT). A mediados de noviembre se presentaba una pluma de menor temperatura (24 °C) en la parte media del GT como resultado del afloramiento de agua subsuperficial.



¹³ https://oceanview.pfeg.noaa.gov/erddap/tabledap/cciea_OC_MHW_EV.htmlTable

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 1 de septiembre hasta el 30 de diciembre de 2021. Imágenes diarias tipo MUR, tomadas del gestor de bases de datos ERDDAP. Unidades °C.

Las condiciones en la costa occidental de BC han variado desde *moderadamente y extremadamente templadas* (anom: -0.5 a -3 °C) hasta extremadamente *cálidas* (anom: >2 °C); las anomalías más bajas se observaron en las inmediaciones de la península, particularmente desde Bahía Vizcaíno hasta laguna San Ignacio desde finales de septiembre hasta mediados de noviembre, con la excepción de la primera semana de octubre, que fue muy cálida. En el interior del GC, desde la segunda hasta la última semana de octubre el ambiente se tornó de *moderadamente a extremadamente templado* posiblemente como resultado del paso de *Pamela* (EHSS1) que ingresó al GC como TT e impactó a Mazatlán como HSS1, así como por el ingreso de los FF3 (11-12 octubre) y FF6 (26-30 octubre). En las semanas siguientes, las condiciones variaron entre *ligeramente cálidas* (Alto Golfo, imagen 04/11 en la *figura 4*) y *extremadamente cálidas* (Alto Golfo, costa sur de Sonora y Sinaloa, imágenes del 11/11 a 30/12). En la costa comprendida entre Jalisco y Chiapas las anomalías de temperatura fluctuaron entre *ligeramente cálidas* (octubre y diciembre) y *ligeramente templadas* (finales de octubre a mediados de noviembre) como consecuencia del paso de varios frentes fríos.

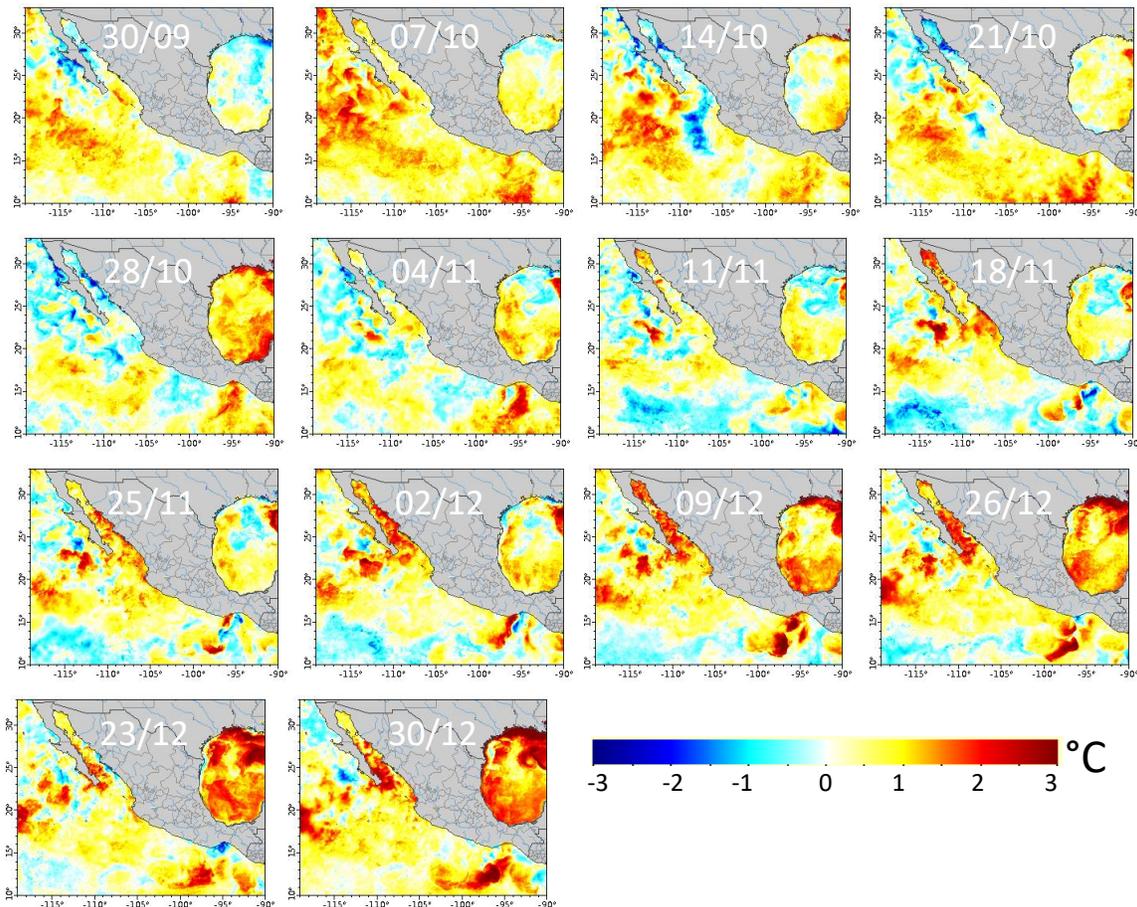


Fig. 4 Anomalías de la temperatura superficial marina registrada en el Pacífico Mexicano desde 1 de octubre al 30 de diciembre. Imágenes diarias tipo MUR, periodo base 2003-2014. Unidades: °C.

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

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





La concentración de *chl a* varió entre 0.3 mg m^{-3} en la zona oceánica y alrededor de 2 mg m^{-3} en la costa. Al inicio del periodo (imagen del 3 de septiembre, Fig. 5) las áreas con mayores cantidades del pigmento se encontraron en Bahía Vizcaíno y el Alto Golfo ($\geq 2 \text{ mg m}^{-3}$); sin embargo, mientras que en la costa occidental de BC las altas concentraciones se mantuvieron en las inmediaciones de Bahía Vizcaíno y Punta Eugenia durante todo el periodo, en el GC comenzó a incrementarse el área cubierta por esas cantidades hacia el sur a partir de la tercera semana de septiembre, por lo que al inicio de diciembre llegó hasta el paralelo 25°N . En la costa comprendida entre el sur de Nayarit y norte de Jalisco, la interacción de masas de aire frío asociadas al FF2 y el paso de *Pamela* aparentemente favoreció la formación de florecimientos algales en los primeros días de octubre (Fig. 5). Por otro lado, los nortes propiciaron las altas concentraciones de *chl a* observadas en el GT desde los primeros días de noviembre (imagen del 5 de noviembre).

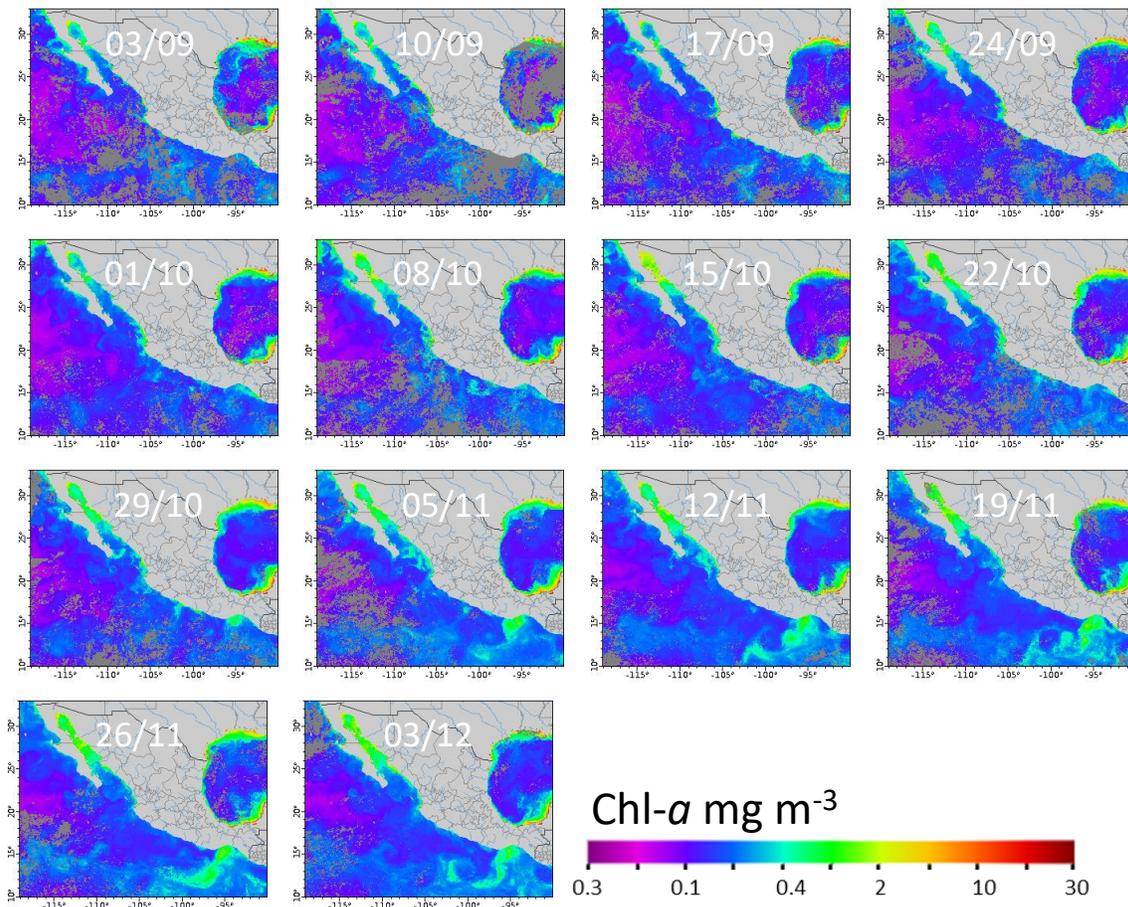


Fig. 5 Imágenes de clorofila-a (compuestos semanales) del 3 de septiembre al 3 de diciembre de 2021. Imágenes obtenidas por el sensor VIIRS.

Frentes fríos

El SMN pronosticó 56 FF para la temporada 2021-2022, por lo que se espera que sea más intensa de lo normal; sin embargo, entre octubre y diciembre se observaron 16 FF (Fig. 6) por lo que hubo menor o igual cantidad de eventos que el promedio.

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

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





Huracanes

En este trimestre se presentaron 4 meteoros (Tabla 1), de los que dos alcanzaron la categoría de huracanes. Con la tormenta tropical (Tt) *Sandra* concluyó la temporada. En este periodo, el HSS1 *Pamela*, afectó la costa de Sinaloa (Mazatlán) y el HSS2 *Rick*, el sur de Michoacán (Lázaro Cárdenas).

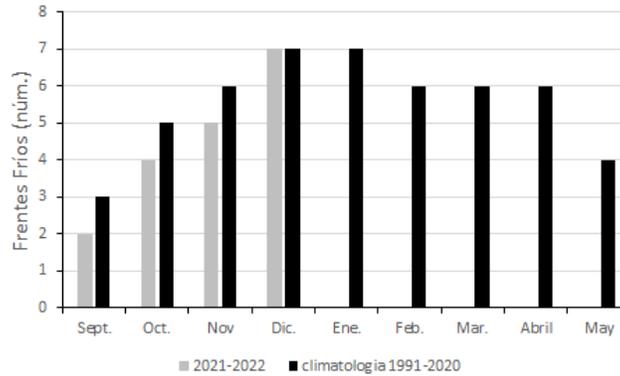


Fig. 6 Frentes fríos (FF) entre septiembre y diciembre de 2021, observados y estimados según la climatología 1991-2020 (barras negras).

En 2021 hubo 19 meteoros de los cuales 8 fueron huracanes y 2 huracanes intensos (HSS>3); cabe señalar que, aunque hubo una mayor cantidad de eventos con nombre que el promedio, fue menor el número de grandes huracanes. En México, cinco meteoros entraron a tierra causando 235 millones de dólares en daños y 9 personas fallecidas. El inicio de temporada (9 de mayo) fue temprano por segundo año consecutivo (el 15 de mayo es la fecha oficial) y, por otro lado, fue el cuarto año consecutivo en que se formaron eventos en noviembre. La energía ciclónica acumulada (ACE) total fue de 92.03 por lo que fue 30% inferior al promedio del periodo 1991-2020¹⁴. El evento más intenso fue *Felicia* (14-20 de julio), pero no afectó al país.

Tabla 1.- Meteoros tropicales ocurridos hasta el 9 de noviembre en el Pacífico oriental.

Nombre	Duración	Categoría máx.	Vientos máx. (km/h)	Presión mín. (hPa)	ACE
Pamela	10 – 13 de oct	HSS1	120	987	3.945
Rick	22 – 26 de oct	HSS2	165	977	5.9275
Terry	4 – 10 de nov	TT	75	1004	0
Sandra	7 – 9 de nov	TT	65	1006	0

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

¹⁴ <https://www.nhc.noaa.gov/text/MIATWSEP.shtml>

