

Boletín Oceanográfico de BCS Noviembre de 2024

Elaborado por: Dr. Eduardo González Rodríguez¹, Dr. Armando Trasviña Castro², Dr. Romeo Saldívar-Lucio², Dr. Jorge Cortés Ramos³, Dr. José Denis Osuna Amador⁴, Dr(c). Cotsikayala Pacheco Ramírez⁵, Dr. Hugo Herrera Cervantes², Dr. Luis Manuel Farfán Molina⁶ y Dr. Carlos Robinson M.⁷

¹CICESE-UAT, ²Laboratorio SERVANT-CICESE-U Académica LP, ³Investigador Cátedra CONAHCYT-CICESE-U Académica LP, ⁴Investigador Campo Experimental Todos Santos INIFAP, ⁵Estudiante Programa Doctorado en Ciencias de La Vida-CICESE, ⁶CICESE-U Académica LP, ⁷Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM

PUBLICADO EN DICIEMBRE DE 2024, No. 16

Introducción

Este boletín incluye productos gráficos elaborados por los laboratorios de manejo de imágenes de la Unidad UT3 en Tepic, Nayarit, y SERVANT de la Unidad La Paz (ULP) en La Paz, Baja California Sur, del CICESE. El objetivo es mostrar el estado del océano en el mes anterior, en las costas de Baja California Sur (BCS). Inicia con una sección de mapas regionales que corresponde a las aguas oceánicas frente a las costas del estado de BCS (figura 1).

Además de estos mapas, se seleccionaron tres sitios específicos (figura 1): [San Juanico](#) (costa occidental, océano pacífico), [Bahía de La Paz](#) (costa del golfo de California) y parque nacional [Cabo Pulmo](#) (Entrada al Golfo de California). En estas localidades se hacen análisis de series de tiempo con datos satelitales de altimetría, clorofila superficial y temperatura superficial del mar. Se incluyen datos *in-situ* de viento colectados a partir de estaciones meteorológicas ubicadas en la zona costera de cada sitio.

Complementariamente, se presentan datos de temperatura del aire de los aeropuertos de BCS, datos sobre temperaturas terrestres en el [valle de Santo Domingo](#), región contigua al Golfo de Ulloa; y un análisis sobre la [temperatura del aire a 10 m sobre el nivel del mar](#) para la región del Golfo de California.

Índice

Introducción.....	1
Índice.....	2
1. Área de estudio	3
2. Método	3
2.1. Información satelital	3
2.2. Temperatura del aire (REANÁLISIS) del Golfo de California	5
2.3. Datos in situ.....	6
2.3.1. Viento local	6
2.3.2. Temperatura del aire	7
2.4. Mapas de distribución mensual	7
2.5. Análisis de series de tiempo	7
2.6. Paisaje pelágico	8
2.7. Temperaturas mínimas y máximas del aire en los aeropuertos de BCS	8
3. Resultados.....	8
3.1. Nivel del mar Absoluto (NMA)	8
3.2. Mapas de distribución mensual	10
3.2.1. Anomalías de nivel del mar (ANM).....	10
3.2.2. Clorofila superficial (CLO).....	11
3.2.3. Temperatura Superficial del Mar (TSM)	12
3.2.4. Temperatura del aire en el Golfo de California	13
3.3. Cabo Pulmo.....	14
3.3.1. Series de tiempo	14
3.3.3. Paisaje Pelágico (CP)	18
3.3.4. Fitoplancton	18
3.4. Bahía de La Paz	19
3.4.1. Series de tiempo	19
3.4.2. Condiciones Meteorológicas registradas en la Bahía de La Paz.....	21
3.4.3. Viento (VTO) in situ en la ciudad de La Paz, BCS	23
3.4.4. Paisaje Pelágico (BLP).....	25
3.4.5. Fitoplancton	25
3.5. San Juanico, Golfo de Ulloa	26
3.5.1. Series de tiempo	26
3.5.3. Paisaje Pelágico (GU).....	28
3.5.4. Fitoplancton	29
3.5.5. Temperatura en el Valle de Santo Domingo, área contigua, región San Juanico-Golfo de Ulloa	30
3.6. Temperaturas mínimas y máximas en los aeropuertos de BCS.....	33
4. Glosario	36
5. Referencias	37

1. Área de estudio

El área de estudio corresponde a las aguas oceánicas frente a las costas del estado de BCS (figura 1). Los círculos de colores en la figura 1 indican los sitios de interés en donde se hicieron análisis de series de tiempo para las variables TSM, CLO y ANM, de sur a norte, parque nacional Cabo Pulmo, La Paz y en San Juanico.

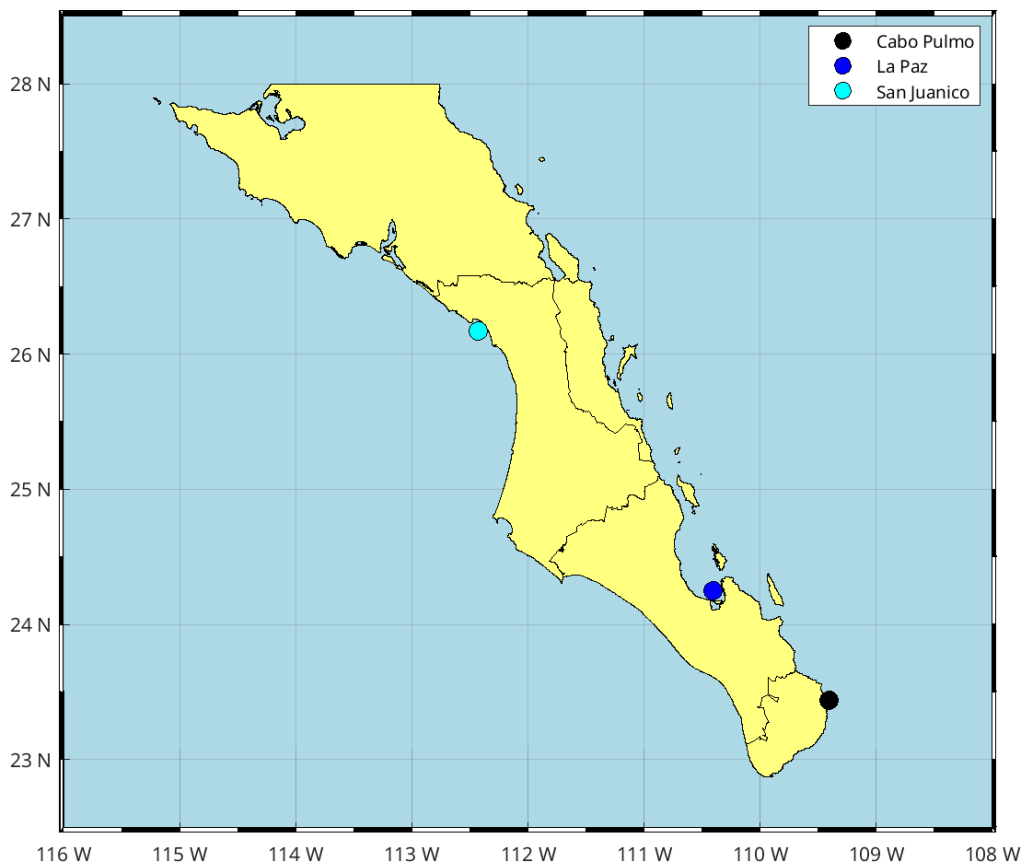


Figura 1: Zona de interés, región oceanográfica de Baja California Sur. Los círculos de colores marcan sitios para el análisis de series de tiempo.

2. Método

Las variables de interés seleccionadas para el presente informe incluyen las derivadas de satélites, modeladas e información *in situ*. A continuación, se describen:

2.1. Información satelital

Nivel de Mar Absoluto (NMA). El NMA se refiere al nivel del mar determinado por múltiples misiones de altimetría satelital, pero a diferencia de las anomalías, la referencia es el geoide. El NMA incluye la tendencia de largo período debida al calentamiento global. Es un producto global, libre de huecos y cuenta con una resolución temporal diaria y

espacial de ~25x25 km. Esta información se descargó de: Global Ocean Gridded L 4 Sea Surface Heights And Derived Variables Reprocessed 1993 Ongoing, DOI: (<https://doi.org/10.48670/moi-00148>) y Global Ocean Gridded L 4 Sea Surface Heights And Derived Variables Nrt DOI (<https://doi.org/10.48670/moi-00149>), accedido el 3 de diciembre de 2024.

Anomalía del Nivel de Mar (ANM). La ANM es un producto de la altimetría y es estimada por medio una interpolación de diversas misiones, es proporcionado por el Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS) de la agencia espacial europea (ESA, por sus siglas en inglés). La referencia climatológica de 1993 a 2012 es utilizada para la estimación de las anomalías (<https://doi.org/10.48670/moi-00149>). Es un producto global, libre de huecos y cuenta con una resolución temporal diaria y espacial de ~25x25 km, accedido el 3 de diciembre de 2024.

Clorofila superficial (CLO). La CLO es la clorofila_a satelital y es un producto del denominado "color del océano", que abarca la longitud de onda del espectro visible, generalmente entre los 400 y 700 µm, también es proporcionada por el CMEMS. Corresponde a la primera profundidad óptica, donde la luz disminuye el 90 % (Cervantes-Duarte, 2004). Esta profundidad varía según la cantidad de materia suspendida en el agua y generalmente no supera los 6 m de profundidad. Es un producto global libre de nubes, con una resolución temporal diaria y una resolución espacial de 4x4 km (Garnesson *et al.*, 2019) (https://data.marine.copernicus.eu/product/OCEANCOLOUR_GLO_BGC_L4_MY_009_104/services), accedido el 3 de diciembre de 2024.

Grupos funcionales fitoplanctónicos. Las características espectrales permiten diferenciar entre diatomeas, dinoflagelados y cocolitofóridos, brindando información detallada sobre su distribución y abundancia. Basándose en estas capacidades, el CMEMS ha generado modelos de reanálisis validados con datos in situ. El producto resultante es el Global Ocean Colour (Copernicus-GlobColour), Bio-Geo-Chemical, con nivel de procesado L3, a escala diaria incluye la concentración de los principales grupos funcionales del fitoplancton: diatomeas, dinoflagelados y cocolitofóridos, expresada en la CLO en el agua de mar (IOCCG, 2014).

(https://data.marine.copernicus.eu/product/OCEANCOLOUR_GLO_BGC_L3_MY_009_103/services).

Temperatura Superficial del Mar (TSM). El término TSM se refiere a la capa o piel del océano y representa la temperatura de la capa subsuperficial a una profundidad entre 10–20 µm. La TSM es un producto proporcionado por el laboratorio de oceanografía de propulsión a chorro de la agencia espacial de los Estados Unidos (JPL y NASA,

respectivamente, por sus siglas en inglés). Es un producto global que no presenta huecos por nubosidad con una resolución temporal diaria y espacial de 1x1 km (Chin *et al.*, 2017) (<https://doi.org/10.5067/GHGMR-4FJ04>), accedido el 3 de diciembre de 2024.

2.2. Temperatura del aire (REANÁLISIS) del Golfo de California

Se analiza la temperatura mensual del aire a 10 m de altura en el Golfo de California (GC) de enero de 1980 a octubre de 2024, provenientes de MERRAS -2 (The second Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications), disponible en (http://goldsmr4.gesdisc.eosdis.nasa.gov/opensap/MERRA2_MONTHLY/M2TMNXSLV.5.12.4/contents.html).

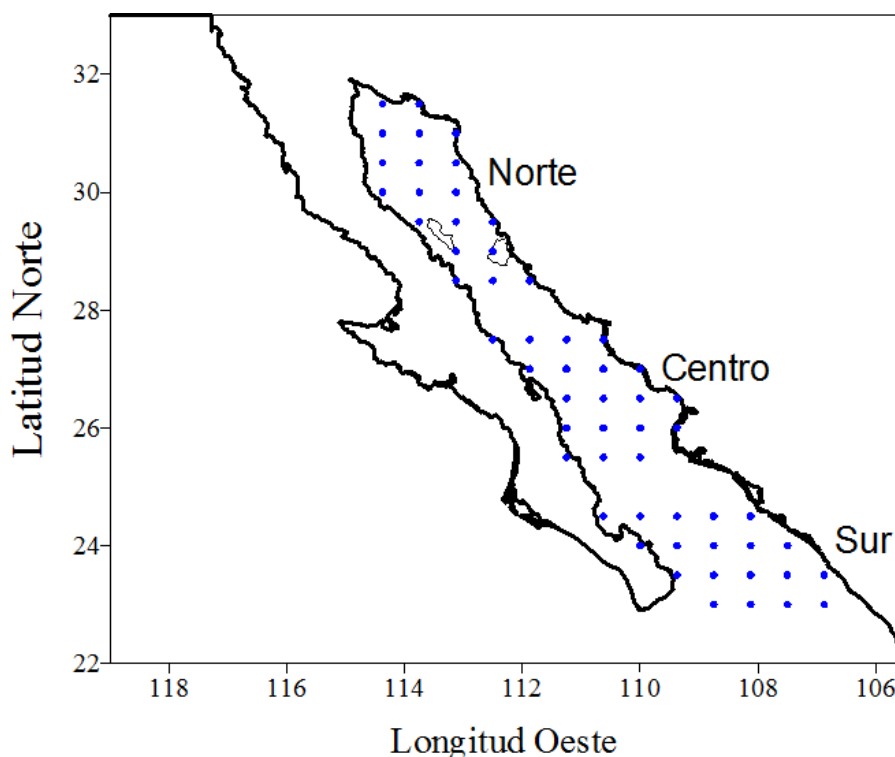


Figura 2: Posición de las celdas en la zona norte, centro y sur provenientes de MERRAS para el cálculo de temperatura del aire a 10 m de altura.

Los datos provienen de 57 celdas con una resolución de 0.5 x 0.625 de grado localizadas a lo largo del GC (figura 2). Los datos de temperatura en grados Kelvin fueron convertidos a grados Celsius ($^{\circ}\text{C} = ^{\circ}\text{K} - 273.15$). El área de estudio se dividió en tres zonas: norte 31.5° - 28.5° (19 celdas), Centro: 27.5° - 25.5° (19 celdas) y Sur: 24.5° - 23° (19 celdas). Para cada celda se estimó la anomalía mensual de la temperatura (anomalía mensual = valor observado - promedio mensual). Posteriormente, se calculó la suma parcial de las anomalías que se refiere a la acumulación de las anomalías a lo largo del período de estudio. La suma parcial proporciona una medida acumulativa de las

desviaciones con respecto al promedio mensual a lo largo del tiempo. Es una técnica útil para analizar tendencias a largo plazo y entender la variabilidad acumulativa en una serie de tiempo.

2.3. Datos in situ

2.3.1. Viento local

Viento *in situ* o local (VTO). Los datos de viento fueron obtenidos por medio de una Estación Meteorológica Automática (EMA) del servicio meteorológico nacional. Su registro es cada 10 minutos y la forma de almacenamiento es en centrales de observación con comunicación satelital, internet o vía radio (véase: <https://smn.conagua.gob.mx/es/observando-el-tiempo/estaciones-meteorologicas-automaticas-ema-s>).

Los datos se pre-procesaron de forma manual para identificar los valores espurios contenidos en la serie de tiempo. De igual forma, se dejaron en blanco los huecos en la serie de tiempo, lo que ocasionó que algunos casos tuvieran un periodo de tiempo de cero observaciones mayor a un año.

Con los datos de velocidad y dirección del viento sostenido medido en las EMA, se calcularon las normales climatológicas de la dirección e intensidad del viento mediante el método gráfico de la rosa de los vientos. Con este método podemos observar alguna distribución de valores atípicos del viento (magnitud y dirección) sin la necesidad de realizar algún filtrado para remover la variabilidad de alta frecuencia.

Con un análisis de cajas (boxplots) se despliegan los valores anómalos (outliers) correspondientes a la intensidad del viento sostenido en cada mes (figura 3). Con este análisis de cajas se pueden resaltar algunos fenómenos meteorológicos que promueven el aumento atípico en la intensidad de los vientos, tales como los ciclones tropicales.

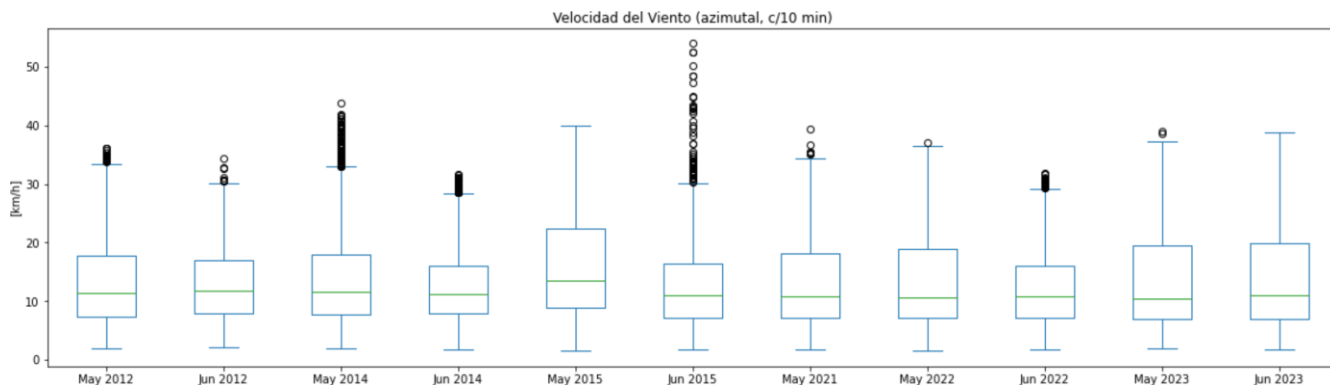


Figura 3: Ejemplo de boxplot para los meses de mayo y junio de 2012-2023 en la EMA San Juanico. Durante junio de 2015, el número de valores *outliers* o valores atípicos

aumentó considerablemente debido a la influencia de la tormenta tropical Blanca (31 mayo - 9 junio) que cruzó por la EMA de San Juanico.

2.3.2. Temperatura del aire

Adicionalmente, se hicieron estimaciones de la temperatura del aire (T_{air}) para la Bahía de La Paz por medio de una estación meteorológica Vantage Pro2 de la marca Davis Instruments ubicada en la barra arenosa conocida como El Mogote ($24^{\circ}10' 29''$ N y $110^{\circ}19' 36''$ W). Los datos se registran cada 2 horas y posteriormente son promediados por día, la información está disponible en <https://ulp.cicese.mx/condiciones-ambientales-observadas-en-la-bahia-de-la-paz/>.

2.4. Mapas de distribución mensual

Para la elaboración de los mapas de distribución del mes se promediaron las imágenes diarias de agosto de 2024 para el área comprendida entre los 22 y 29° de latitud norte y los 108° y 116° de longitud oeste (figura 1). Con estos datos se estimaron los valores máximos, mínimos y promedio para cada píxel, además de la diferencia entre máximos y mínimos, y la anomalía mensual, como se mencionó en la sección 2.2. Para el cálculo de la climatología fue necesario descargar toda la información histórica disponible para cada variable, algunas de ellas cuentan con más de 20 años de datos.

2.5. Análisis de series de tiempo

Para el análisis de series de tiempo se seleccionaron, el parque nacional Cabo Pulmo, Bahía de La Paz y San Juanico, BCS (figura 1). Las variables para el análisis incluyen los datos satelitales de ANM, CLO y TSM, además de datos *in situ* de VTO.

Las series resultantes corresponden a las anomalías de las variables a lo largo del tiempo y se construyeron con los píxeles más cercanos a cada sitio. Las series con las anomalías para cada variable fueron estimadas de la misma forma que para los mapas de distribución.

Para explorar visualmente si existe una relación entre la CLO y la TSM se descargaron los datos mensuales para el periodo 2002-2024 del índice oceánico de El Niño (ONI, https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php) y se superpusieron a las series de CLO, TSM y ANM.

Adicionalmente, se analizan datos mensuales del nivel del mar absoluto (NMA), tanto en la costa occidental como en la costa del golfo de la península (de enero de 1993 a enero de 2024), esto con la idea de mostrar la tendencia de largo periodo del nivel del mar en dicha costa.

2.6. Paisaje pelágico

Para describir el Paisaje Pelágico (PP), se descargaron los datos del sitio <https://coastwatch.noaa.gov/cw/satellite-data-products/multi-parameter-models/seascape-pelagic-habitat-classification.html> del NOAA Coastwatch. Como estos datos son globales, fue necesario hacer un recorte al área de estudio. A cada recorte se le hizo un conteo de píxeles para cada categoría de PP, con lo que se calculó el área ocupada por categoría, considerando que: 1 píxel equivale a 5 km². Las categorías o hábitats dominantes fueron aquellas con la mayor extensión total (km²). Para revelar el patrón estacional promedio del PP se calcularon las climatologías mensuales correspondientes.

2.7. Temperaturas mínimas y máximas del aire en los aeropuertos de BCS

Con el propósito de describir las temperaturas extremas en BCS, se analizaron series de tiempo diarias con datos de la temperatura del aire y viento (magnitud y dirección) en los aeropuertos internacionales de San José del Cabo, La Paz y Loreto.

3. Resultados

3.1. Nivel del mar Absoluto (NMA)

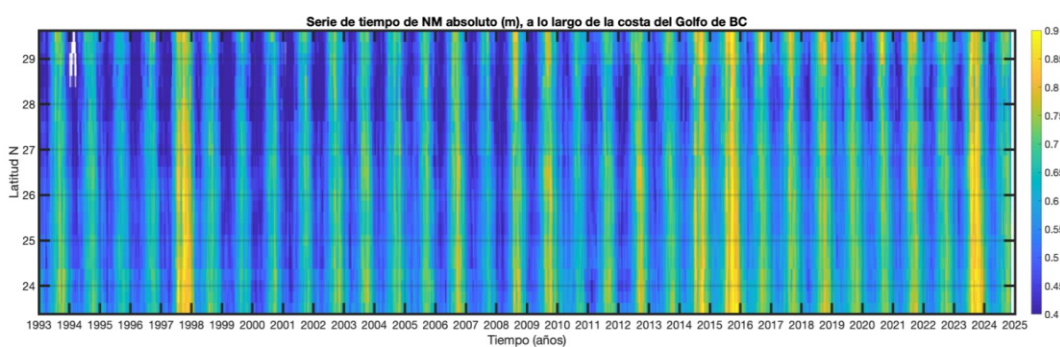
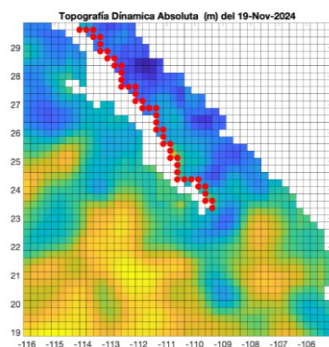
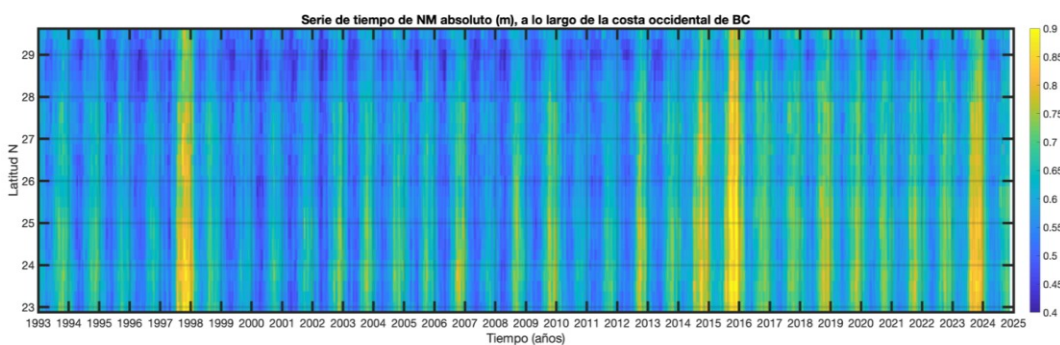
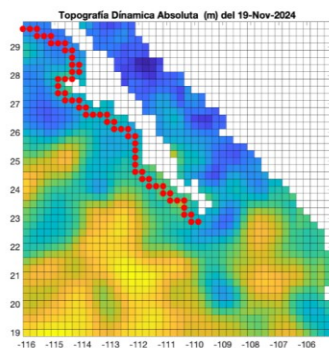


Figura 4: Evolución del nivel del mar (NM absoluto) a lo largo de las dos costas de la península de BC desde enero de 1993 hasta noviembre de 2024. Arriba: costa Occidental; abajo: costa del Golfo de California.

Esta sección muestra la evolución del nivel del mar absoluto (NMA) a lo largo de la costa (figura 4). Las unidades son metros (m) y destacan los máximos que corresponden a eventos cálidos, en tonos amarillos. Por ejemplo, El Niño de 1997-1998, El *Blob* cálido de 2014, El Niño de 2015 (en amarillo) y El Niño de 2023 que alcanza una elevación anómala comparable con la del 2015. El año de 2023, fue más intenso (más amarillo) en el interior del Golfo de California (panel inferior) que en la Costa Occidental (panel superior). En invierno, en la costa del Golfo de California (panel inferior) casi todos los años el nivel del mar desciende más que en la Costa Occidental, por esto los tonos azules más intensos del panel inferior. En el primer semestre de 2024, ambas costas muestran el descenso del nivel del mar que inicia en invierno (tonos azules), aún intenso en la costa del Golfo de California en junio de 2024, pero que inicia su elevación de verano en julio de 2024. Durante el verano de 2024 los máximos estacionales de nivel del mar son débiles en ambas costas. Esto se refleja en tonos azules, en vez de los tonos amarillos típicos del verano. Es posible que esto sea una consecuencia de la Niña 2024. También es evidente que en el norte del golfo (panel inferior) los máximos extremos (> 0.85 en amarillo) se han vuelto más comunes de 2014 a la fecha. El mapa de la zona muestra el campo de nivel del mar de noviembre de 2024.

3.2. Mapas de distribución mensual

3.2.1. Anomalías de nivel del mar (ANM)

Las condiciones de ANM durante el mes de noviembre de 2024 se muestran en la figura 5. El mapa del panel **A** muestra las anomalías máximas registradas, cuyo rango se ubicó entre -0.0137 y 0.228 m (en octubre el rango fue de 0.011 y 0.27 m). El panel **B** muestra las anomalías mínimas, cuyo rango estuvo entre -0.056 y 0.188 m, en octubre fue de -0.074 y 0.186 m. El panel **C** muestra la diferencia entre anomalías máximas y mínimas (**A** - **B**) durante noviembre, el valor máximo fue de 0.15 m, una diferencia de -0.09 m respecto a los 0.24 m de octubre. Esta imagen es útil en el sentido de mostrar las zonas donde se presentó el mayor rango de variación de nivel del mar a lo largo del mes. El panel **D** muestra las anomalías con respecto al promedio histórico o climatológico de datos de 1993 a 2012, es decir, indica las variaciones de ANM en comparación con las condiciones normales a lo largo del tiempo. Los colores rojos indican condiciones anómalamente positivas (mayor altura de lo normal), mientras que los colores azules indican condiciones anómalamente negativas (menor altura), el rango de noviembre se ubicó entre -0.029 y 0.211 m, un rango similar al de octubre (-0.026 y 0.207 m). En general, los valores de noviembre indican un nivel del mar similar al de octubre. Las anomalías, aunque positivas, están muy cerca del valor promedio en toda la región, lo que indica un mes muy similar al mes climatológico.

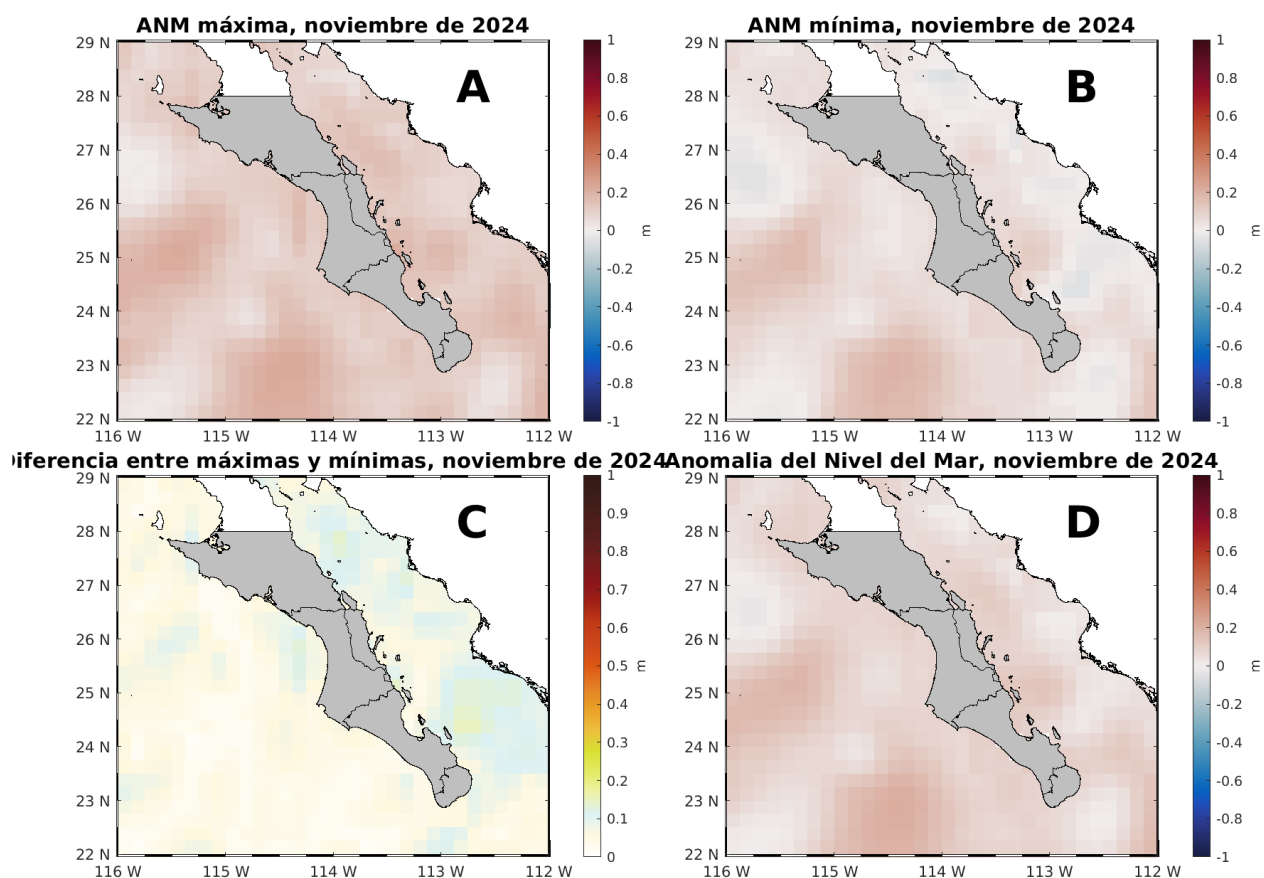


Figura 5: Condiciones de ANM durante el mes de noviembre de 2024. Panel **A**, niveles máximos, **B** niveles mínimos, **C** diferencia entre máximos y mínimos y **D** anomalía.

3.2.2. Clorofila superficial (CLO)

Las condiciones de CLO durante el mes de noviembre de 2024 se muestran en la figura 6. El mapa del panel **A** muestra las concentraciones máximas registradas, cuyo rango se ubicó entre 0.098 y $65 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, rango similar al de octubre (0.076 y $65 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$). El panel **B** muestra las concentraciones promedio, cuyo rango estuvo entre 0.083 y $20.06 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, rango menor al de octubre (0.068 y $32.78 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$). El panel **C** muestra la diferencia entre concentraciones máximas y mínimas (imagen no mostrada) durante noviembre, cuyo valor máximo fue de $63.94 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, muy similar a los $64.4 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ del mes anterior. El panel **D** muestra las anomalías con respecto al promedio climatológico, el rango de noviembre se ubicó entre -8.39 y $10.61 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, rango muy diferente respecto a octubre (-4.77 y $16.41 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$). En general, toda la región costera de la costa continental tuvo las mayores concentraciones de CLO. Las aguas del golfo fueron particularmente más productivas en comparación con la zona oceánica en el pacífico. Este mes, nuevamente presentó valores mayores a los $64 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, similar que en octubre, aun así, hay regiones con ligeras anomalías negativas, principalmente en la región central dentro del golfo.

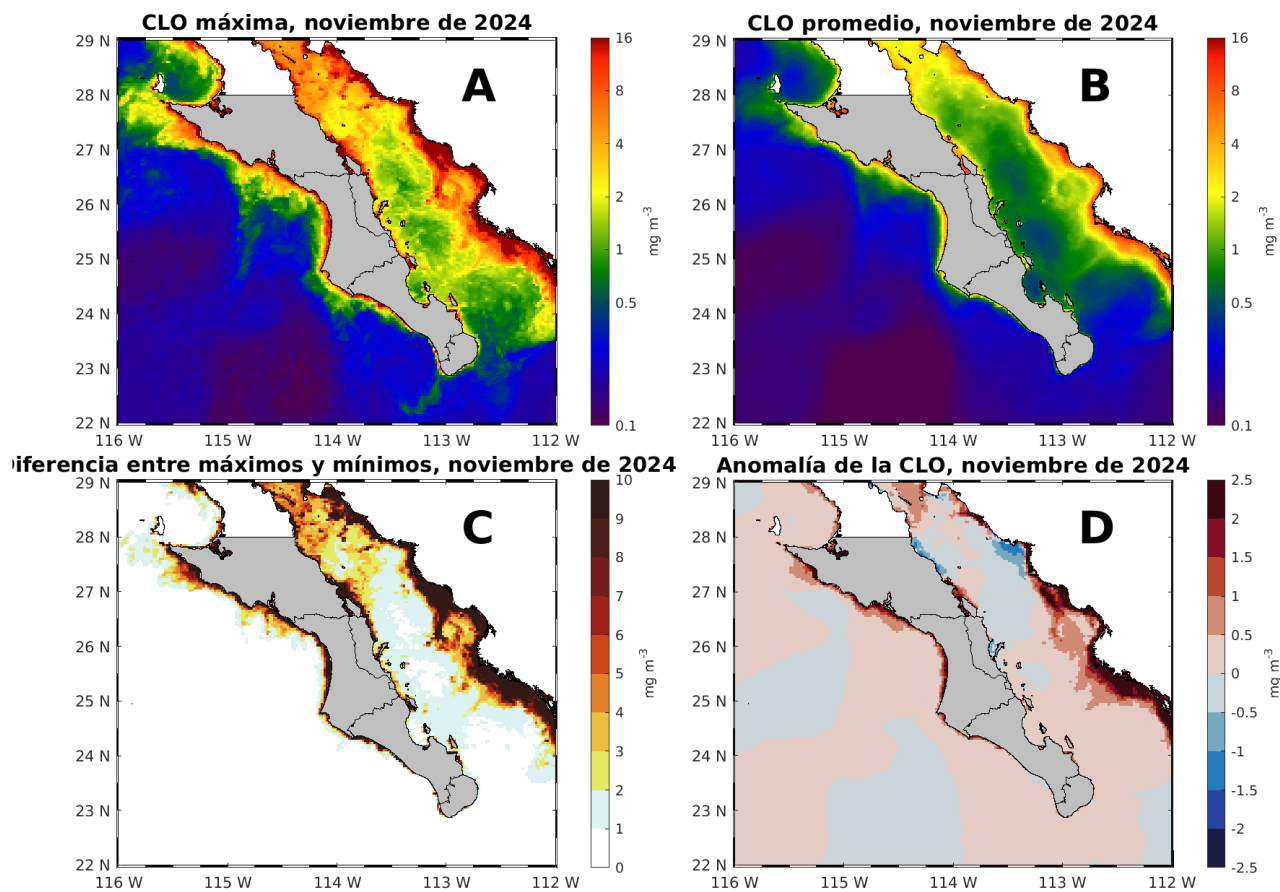


Figura 6: Concentraciones de CLO durante el mes de noviembre de 2024. Panel **A**, máximas, **B** promedio, **C** diferencia entre concentraciones máximas y mínimas y **D** anomalía.

3.2.3. Temperatura Superficial del Mar (TSM)

Las condiciones de TSM durante el mes de noviembre de 2024 se muestran en la figura 7. El mapa del panel **A** muestra las temperaturas máximas registradas, cuyo rango se ubicó entre 17.89 y 30.55 °C, rango mayor al registrado en octubre (19.54 y 31.74 °C). El panel **B** muestra el promedio de TSM, cuyo rango estuvo entre 16.97 y 27.94 °C, rango diferente respecto al de octubre (18.97 y 30.58 °C). El panel **C** muestra la diferencia entre máximos y mínimos (imagen no mostrada) durante noviembre, cuyo valor más alto fue de 9.74 °C, notoriamente mayor que los 5.99 °C del mes anterior. El panel **D** muestra las anomalías con respecto al promedio histórico o climatológico de datos desde 2002, el rango de noviembre estuvo entre -3.59 y 0.76 °C, ligeramente menor al rango de -3.53 y 1.92 °C del mes anterior. En términos generales, octubre fue un mes con -0.5 grados menos cálido que octubre. Las anomalías negativas dominan prácticamente toda la región, tanto costera como oceánica.

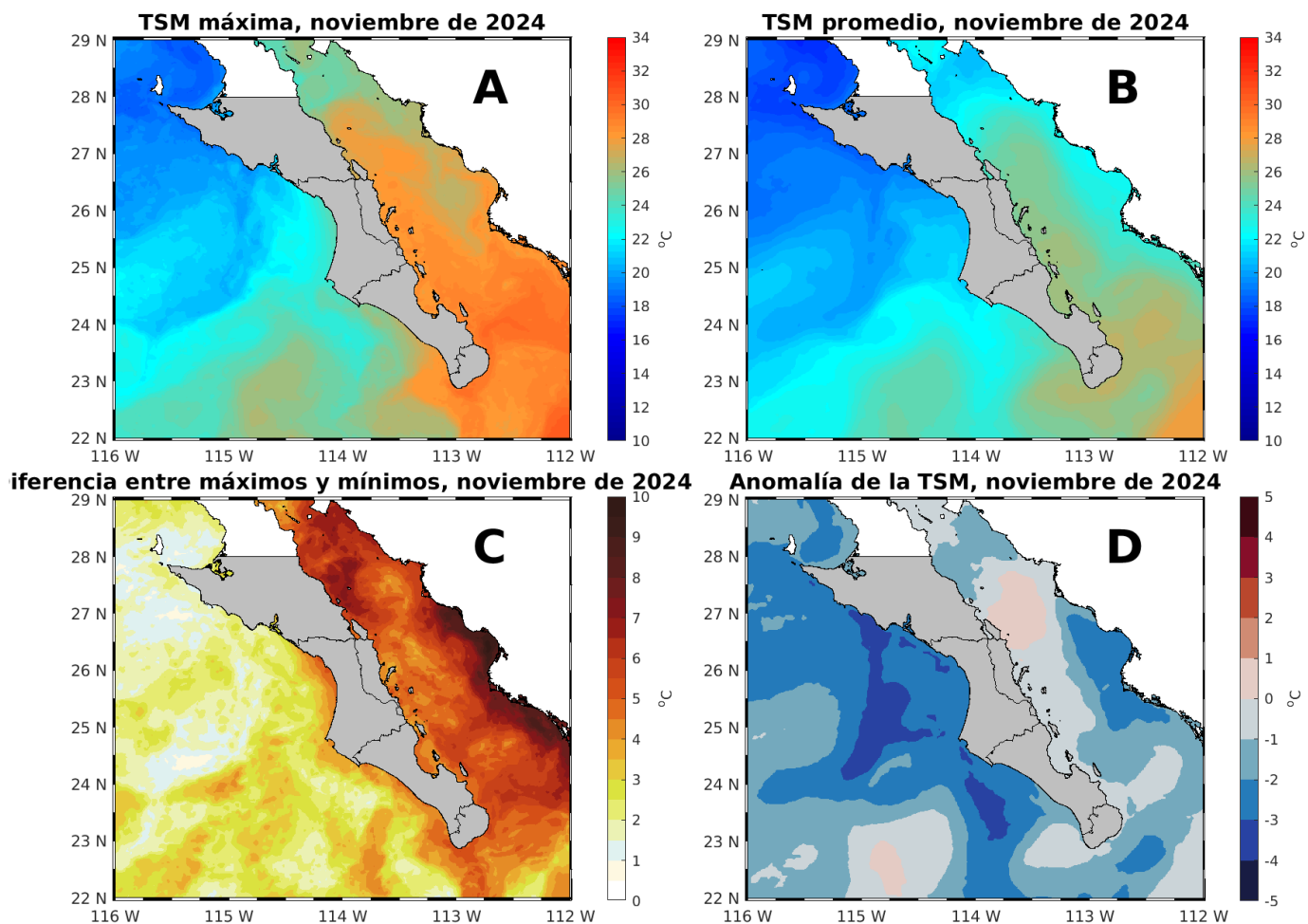


Figura 7: Condiciones de TSM durante el mes de noviembre de 2024. Panel **A**, máximos, **B** promedio, **C** diferencia entre máximos y mínimos, **D** anomalía.

3.2.4. Temperatura del aire en el Golfo de California

Los resultados de las anomalías por celda y área, así como la suma parcial de las anomalías se presentan en la figura 8.

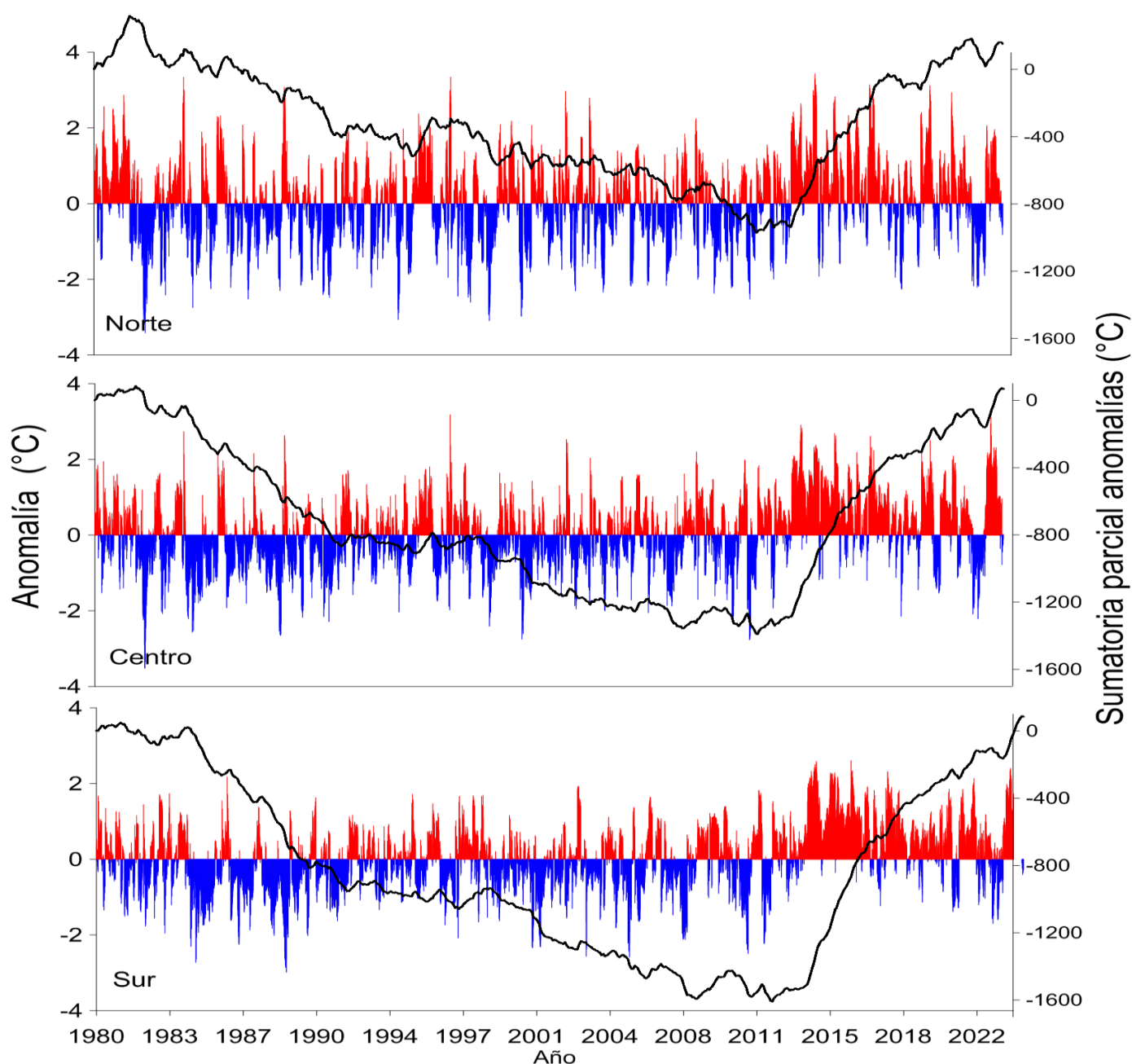


Figura 8. Anomalías mensuales de temperatura a 10 m (barras) y sumatoria parcial de las anomalías (línea continua) en tres zonas del Golfo de California.

Los resultados muestran que a partir de 1982 existió una tendencia negativa de las sumatorias parciales de anomalías en las tres zonas que indica la predominancia de anomalías negativas en la serie. Esta tendencia negativa tuvo un mínimo acumulado en las tres zonas en abril de 2012. Para la zona norte, después del mínimo existió una tendencia casi horizontal de la serie hasta diciembre de 2013, y empieza una tendencia casi continua y positiva. La serie tuvo un periodo de estabilidad horizontal de agosto de 2018 a mayo de 2020 y posteriormente una disminución de julio de 2022 a julio de 2023. Sin embargo, la serie tiene una tendencia positiva fuerte hasta diciembre de 2023. Los últimos datos hasta agosto de 2024 indican un cambio en la tendencia con la presencia

de anomalías negativas durante agosto.

Para la zona centro el periodo de tendencia horizontal después del mínimo se observó hasta octubre de 2013, y desde entonces la tendencia de la suma parcial ha sido casi positiva con una disminución por la presencia de anomalías negativas de septiembre de 2022 a junio de 2026, y posteriormente una tendencia positiva fuerte en diciembre de 2023. En primavera de 2024 se observaron anomalías negativas que hizo que la tendencia del parsum cambiara. Sin embargo, tomó una tendencia positiva hasta agosto de 2024.

Para la zona sur, el comportamiento es muy similar a la zona centro, con una tendencia casi horizontal después del mínimo que termina en diciembre de 2013, y una continua tendencia positiva también interrumpida por anomalías negativas en el mismo periodo que la zona centro, con una fuerte tendencia positiva hasta diciembre de 2023. En primavera de 2024 se observaron también anomalías negativas que hizo que la tendencia del parsum cambiara como en la zona centro. Sin embargo, tomó una tendencia fuerte hasta agosto de 2024.

Considerando solo los datos de enero de 2014 a agosto de 2024, para la zona norte se han observado 1770 celdas con anomalías positivas y 905 celdas con anomalías negativas (media 0.79 °C y -0.46 °C). Para la zona centro en el mismo periodo se han observado 1788 celdas con anomalías positivas y 509 celdas con anomalías negativas (median 0.87 °C y -0.45 °C). Para la zona sur en el mismo periodo se han observado 1981 celdas con anomalías positivas y 446 celdas con anomalías negativas (median 0.86 °C y -0.36 °C). En general, los datos indican que el Golfo de California se encuentra en un periodo de calentamiento que empezó en enero de 2014 y continúa hasta la fecha. Este es un periodo de calentamiento no observado en la serie de tiempo que empezó en 1980.

3.3. Cabo Pulmo

3.3.1. Series de tiempo

Las condiciones climatológicas y de anomalías de TSM, CLO y ANM a lo largo del tiempo (2002- 2024) para Cabo Pulmo se muestran en la figura 9. Los paneles **A**, **C** y **E**, muestran las climatologías mensuales, las líneas negras indican los valores en 2024 (hasta noviembre). Los paneles **B**, **D** y **F** muestran las anomalías a lo largo del tiempo, la línea negra indica los datos del ONI (Índice oceánico de El Niño, último registro con el promedio de septiembre a noviembre, SON).

En noviembre, la TSM tuvo un valor promedio de 26.5 °C, ligeramente por debajo de su valor climatológico de 27.3 °C, menor respecto a los 39.9 °C de octubre. Las anomalías positivas que iniciaron en mayo terminaron en noviembre, al parecer como una respuesta al valor del ONI (SON) fue de -0.24, el tercer valor negativo consecutivo (-0.21 y -0.11), que finalmente refleja anomalías negativas de TSM (figura 9 **A** y **B**).

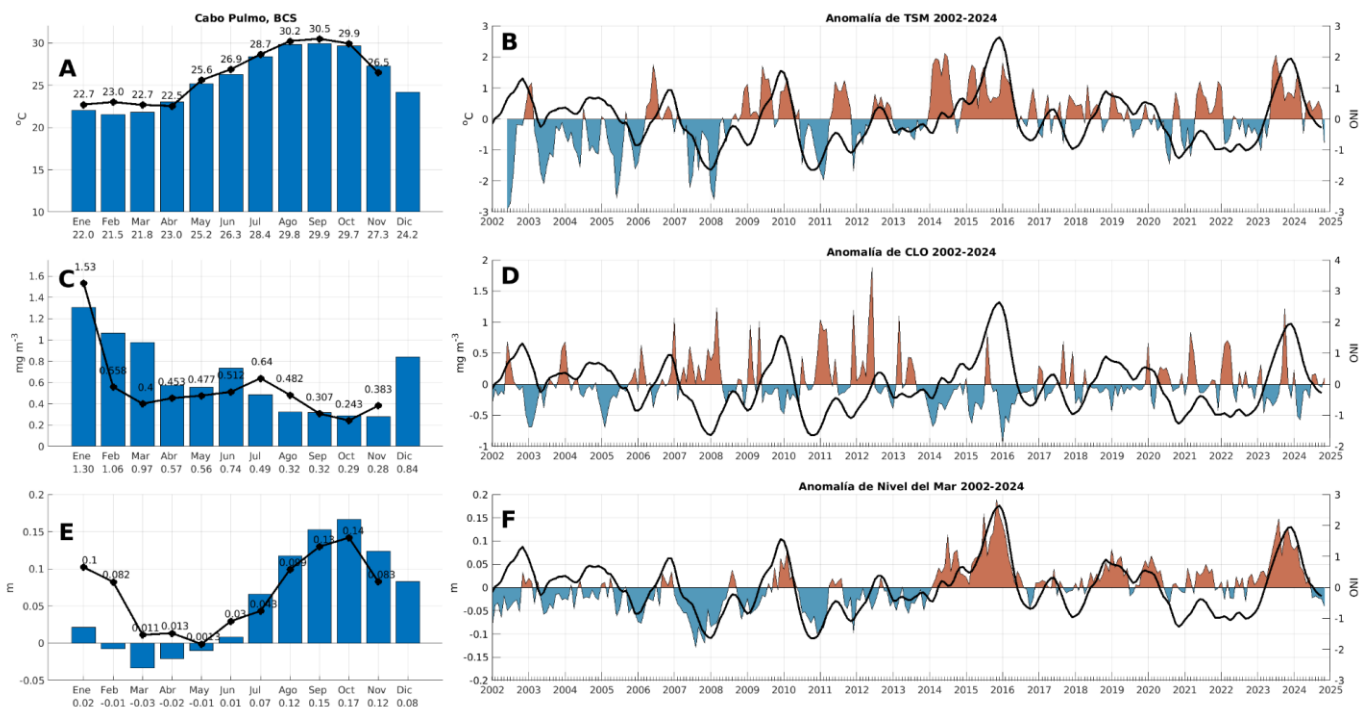


Figura 9: Climatologías mensuales y anomalías interanuales de TSM, CLO y ANM durante noviembre de 2024 en Cabo Pulmo. Las barras azules en los paneles **A**, **C** y **E** son las climatologías mensuales de cada variable. Los números en la base de las barras indican los valores de cada mes. Los círculos negros y el valor numérico indican los valores mensuales de 2024 hasta noviembre. Las series de tiempo de los paneles **B**, **D** y **F** representan las anomalías interanuales, la línea negra es el ONI (SON).

En noviembre, la CLO presentó un valor de $0.383 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, por encima de su valor climatológico de $0.28 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ (figura 9 **C** y **D**); mayor en comparación con octubre, que tuvo un valor de $0.243 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$. Aunque el valor mensual es anómalamente positivo, las condiciones de noviembre no son muy sustancialmente diferentes respecto a su comportamiento normal, al parecer, el efecto del ONI apenas inicia a reflejarse en un aumento de los niveles de clorofila.

En noviembre, la ANM registró un valor de 0.083 m , muy inferior a su valor climatológico de 0.12 m (figura 9 **E** y **F**), muy diferente en comparación con octubre (0.14 m). Desde octubre de 2022, las anomalías positivas dominaron la serie, sin embargo desde agosto, las anomalías negativas han dominado la serie y cada mes son más intensas, al parecer el efecto de tres valores negativos consecutivos del ONI (-0.24 , -0.21 , -0.11) está impactando el valor de las ANM.

La figura 10 contiene la serie de tiempo del nivel del mar absoluto (m) en Cabo Pulmo, desde enero de 1993 hasta noviembre de 2024. La variación estacional consiste en la elevación del nivel del mar en verano y el descenso en invierno. Sin embargo, destacan los máximos de 1997-1998, asociado a un evento de El Niño, el de 2014 debido al Blob

cálido, y el de 2015 debido a otro evento El Niño. El año 2023 se encuentra entre los máximos del registro por 2 razones: a) el evento El Niño que calentó el Pacífico Tropical Oriental y, b) el incremento del nivel del mar por calentamiento global. Ambos fenómenos contribuyen a la elevación del nivel del mar que se reporta aquí. El incremento del nivel del mar debido al calentamiento global en esta localidad tiene una tendencia de 2.7 mm/año, para un total de 86 mm en los 32 años de registro. Durante este mes de noviembre de 2024 sólo se alcanza un máximo de verano débil. Y esto inicia la caída estacional del nivel del mar rumbo al invierno. Este máximo de verano es uno de los más débiles del registro.

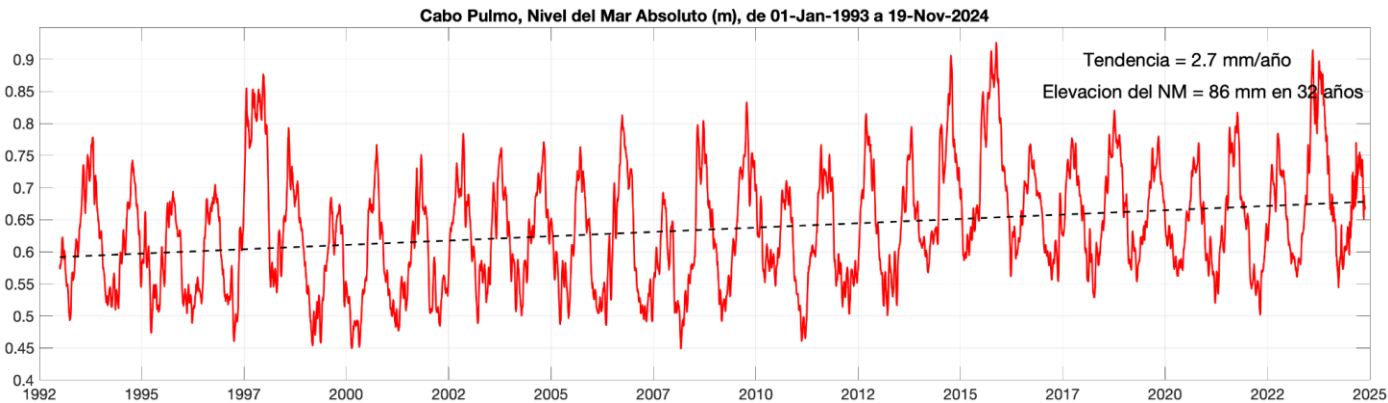


Figura 10: Nivel del mar absoluto (m) en Cabo Pulmo, BCS. Inicia en enero de 1993 y termina en noviembre de 2024. Incluye el nivel del mar con referencia al geoide y la tendencia de largo período debida al calentamiento global.

3.3.2. Viento (VTO) *in situ*

Durante el mes de noviembre de 2024 se pueden observar cambios significativos en el patrón característico de los vientos en la región de Cabo Pulmo, BCS. Se aprecia un marcado aporte de los vientos provenientes del Norte-Noroeste que contrasta con el umbral de dirección del viento más amplio definido por la climatología para dicho mes (2014-2024). Se observa que los vientos provenientes del cuadrante Suroeste durante noviembre de 2024 coinciden con la climatología característica de este mes (figura 11).

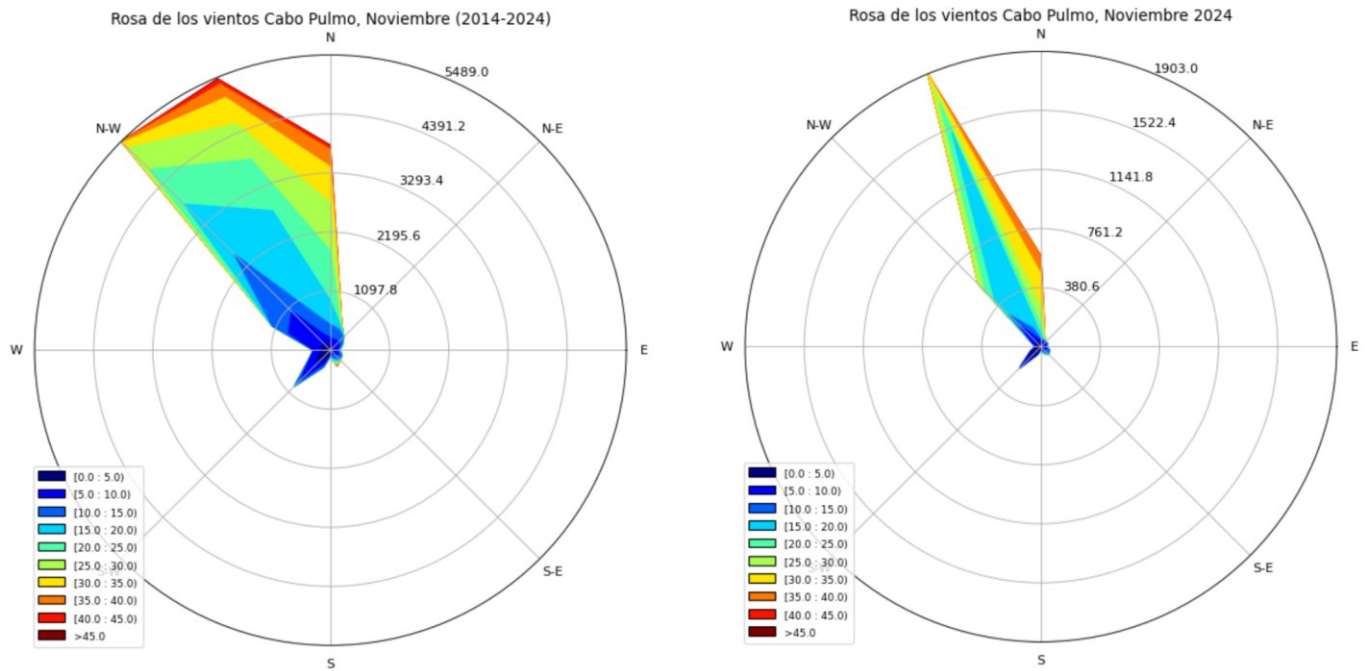


Figura 11: Climatología vs. observaciones de la dirección e intensidad de los vientos en la estación Cabo Pulmo durante el mes de noviembre de 2024.

La intensidad del viento *in situ* registrada durante el mes de noviembre de 2024, en Cabo Pulmo, muestra cómo los vientos atípicos por arriba de los 40 km/h fueron menos frecuentes en comparación con los años previos, particularmente 2023 y 2014, donde los vientos atípicos rebasaron los 45-50 km/h (figura 12, *outliers*). Noviembre de 2015 fue un año atípico al resto puesto que los vientos superiores a los 40 km/h quedaron dentro de la estadística de vientos no atípicos de acuerdo con el gráfico de cajas.

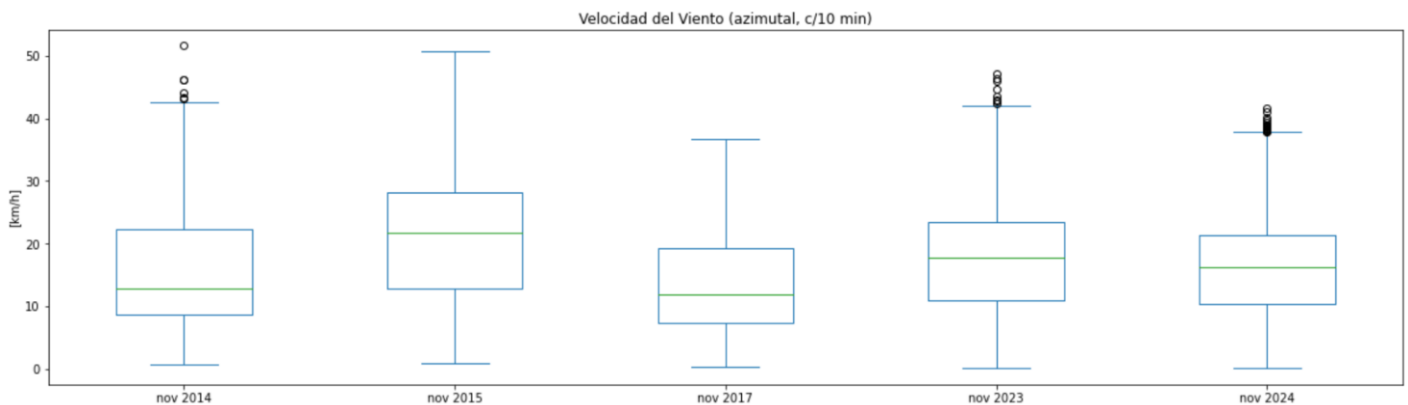


Figura 12: Análisis de cajas de la intensidad de los vientos en la estación Cabo Pulmo durante el mes de octubre de 2024. Se puede notar que la distribución estadística de la intensidad del viento tiende a ser una distribución normal con una mediana alrededor de los 10 km/h. Los valores de viento atípico están dados en el gráfico de cajas por los *outliers* (círculos en negro).

3.3.3. Paisaje Pelágico (CP)

El paisaje pelágico en Cabo Pulmo y zonas adyacentes, muestran una estacionalidad bien definida (figura 13a). De enero a agosto, la categoría H15 suele disminuir del 80 al 16 %, para volver a extenderse hasta casi el 70 % hacia diciembre. El predominio de H15 indica temperatura superficial promedio cercana a 25.35 °C, salinidad de 35.4 ups, y concentración de clorofila de 0.32 mg·m⁻³. En sentido opuesto, H3 se expande de febrero (<5 %) a agosto (60 %) y se define por una temperatura superficial cercana a los 24.12 °C, salinidad de 35.34 ups y 0.15 mg·m⁻³ de clorofila.

En el periodo enero-octubre de 2024, se observan procesos alternados de contracción y expansión de H15 respecto a las condiciones promedio, con variaciones de alrededor del 20%. H15 llegó a sus valores más bajos entre agosto y octubre, representando una contracción del 30%. H15 prácticamente desapareció en los últimos meses y se le observa cerca de la costa (figura 13a y 13b). En aguas más oceánicas se presentan condiciones de transición entre aguas de origen tropical cercanas a los 28°C (H9) y los 24°C(H3). Ambas categorías se caracterizan por sus valores bajos de clorofila, reduciendo la presencia de aguas que suelen ser más productivas y de temperaturas intermedias (H15; figura 13b).

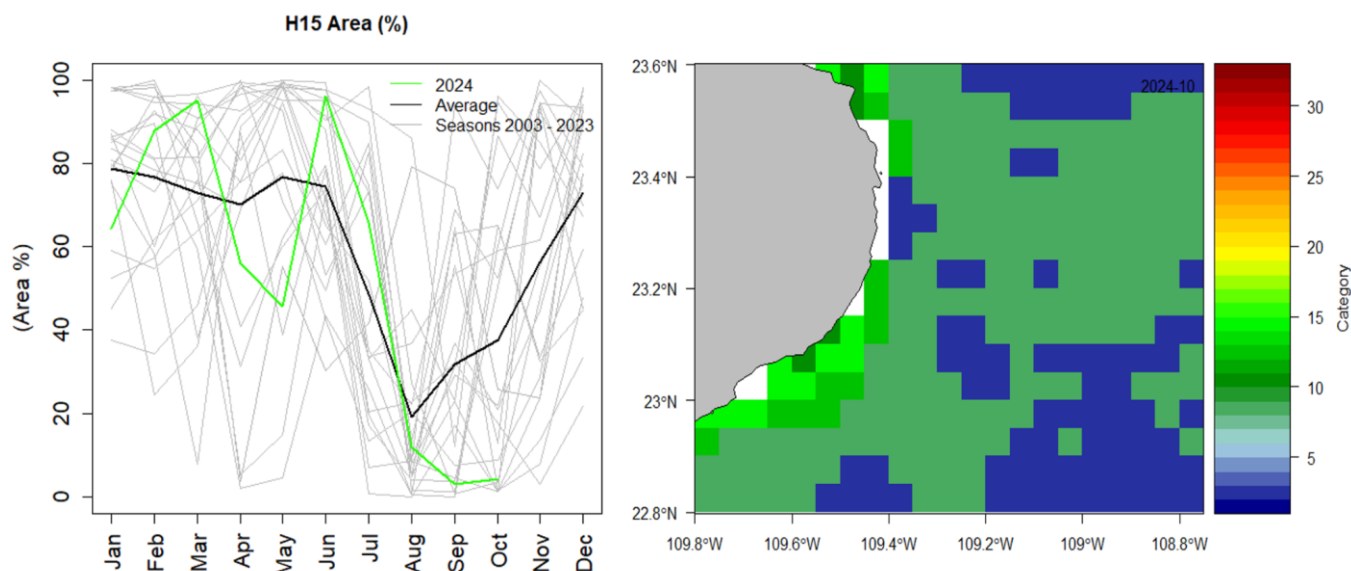


Figura 13: Paisaje Pelágico frente a Cabo Pulmo. a) Panel izquierdo: Comportamiento estacional del hábitat dominante H15 (2003-2024). b) Panel derecho: Distribución espacial promedio de los hábitats pelágicos durante octubre de 2024.

3.3.4. Fitoplancton

Las climatologías de los grupos fitoplanctónicos representativos, diatomeas, dinoflagelados y cocolitofóridos, se presentan en la figura 14. Los datos diarios han sido

recopilados del Servicio de Vigilancia Marina Copernicus (CMEMS). Las barras azules indican las climatologías de enero a diciembre del periodo 2002-2023, mientras que los puntos negros muestra el promedio mensual de enero a septiembre de 2024. El sensor no ha registrado datos para Cabo Pulmo en el mes de noviembre.

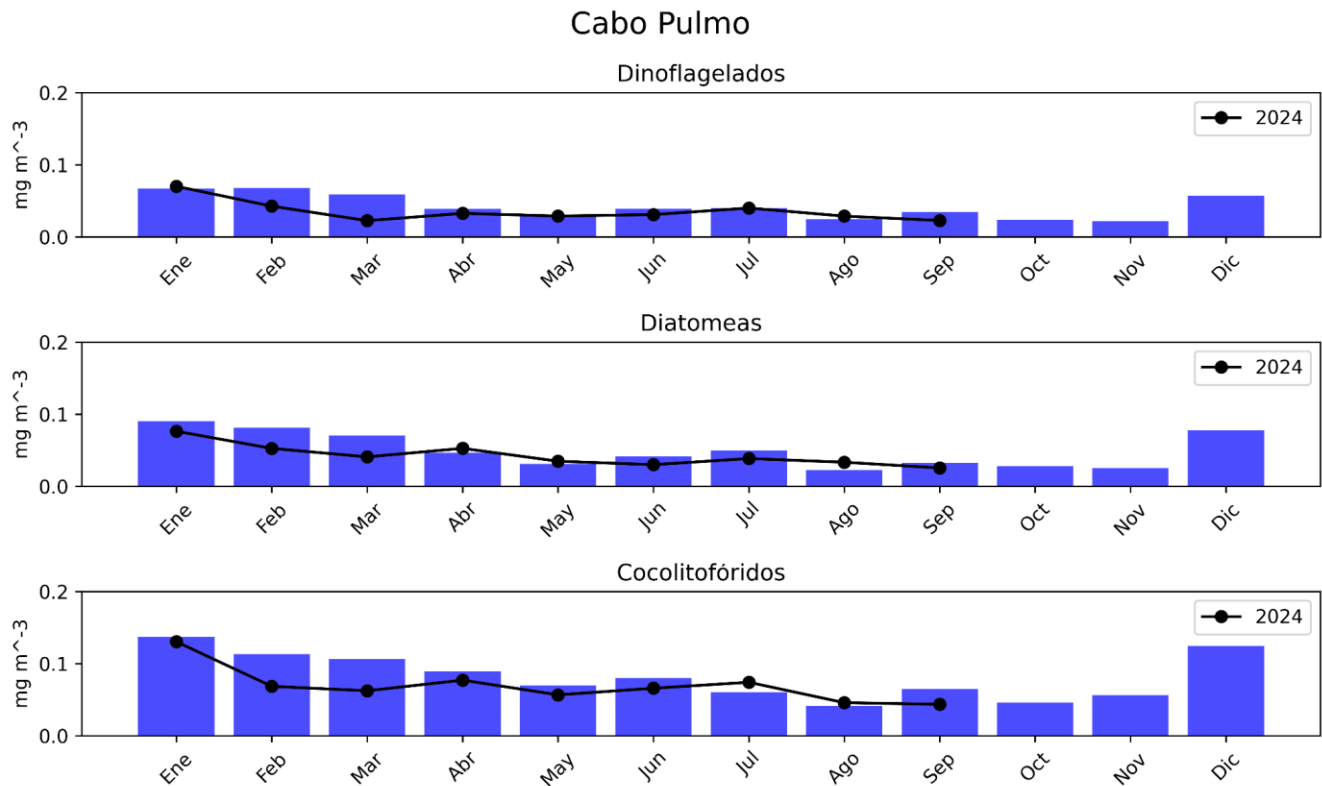


Figura 14: Climatologías de la concentración de grupos fitoplanctónicos expresada en CLO en el agua de mar en Cabo Pulmo durante septiembre de 2024. Sin datos para el mes de noviembre.

3.4. Bahía de La Paz

3.4.1. Series de tiempo

Las condiciones climatológicas y de anomalías de TSM, CLO y ANM a lo largo del tiempo (2002-2024) para La Bahía de Paz se muestran en la figura 15. Los paneles **A**, **C** y **E**, muestran las climatologías mensuales, las líneas negras indican los valores en 2024 (hasta noviembre). Los paneles **B**, **D** y **F** muestran las anomalías a lo largo del tiempo, la línea negra indica los datos del ONI (Índice oceánico de El Niño, último registro con el promedio de septiembre a noviembre, SON).

La TSM, de julio de 2023 a junio de 2024, estuvo dominada por anomalías positivas, sin embargo, desde julio de 2024 se han presentado anomalías negativas, en noviembre su valor fue de $-0.7\text{ }^{\circ}\text{C}$. El valor mensual en noviembre fue de $25.9\text{ }^{\circ}\text{C}$, menor a su valor climatológico de $26.6\text{ }^{\circ}\text{C}$; en comparación, octubre presentó un valor de $28.4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se debe señalar que desde abril, los valores, aunque negativamente anómalos, están relativamente cerca de sus valores climatológicos. Esto sugiere que estamos en

condiciones neutrales, es decir, sin la influencia aparente de El Niño en la región, al respecto, el valor del ONI (SON) es de -0.24, tercer valor consecutivo negativo (figura 15 A y B).

En noviembre, la CLO presentó un valor de $0.583 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, menor en $0.03 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ respecto al promedio climatológico de $0.61 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (figura 15 C y D); en comparación, en octubre se registró un valor de $0.464 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Tanto septiembre, octubre, como noviembre tuvieron valores cercanos a sus valores climatológicos, el valor del ONI en SON (-0.24), aunque negativo, no se ha reflejado en mayores niveles de clorofila.

En noviembre de 2024, las ANM registraron un valor de 0.089 m, por debajo de su valor climatológico de 0.12 m. El valor mensual disminuyó en comparación al de octubre de 0.14 m. Desde julio de 2023 las anomalías fueron positivas, pero a partir de julio de 2024 se comenzaron a registrar anomalías negativas, en noviembre su valor fue de -0.031 m. (figura 15 E y F).

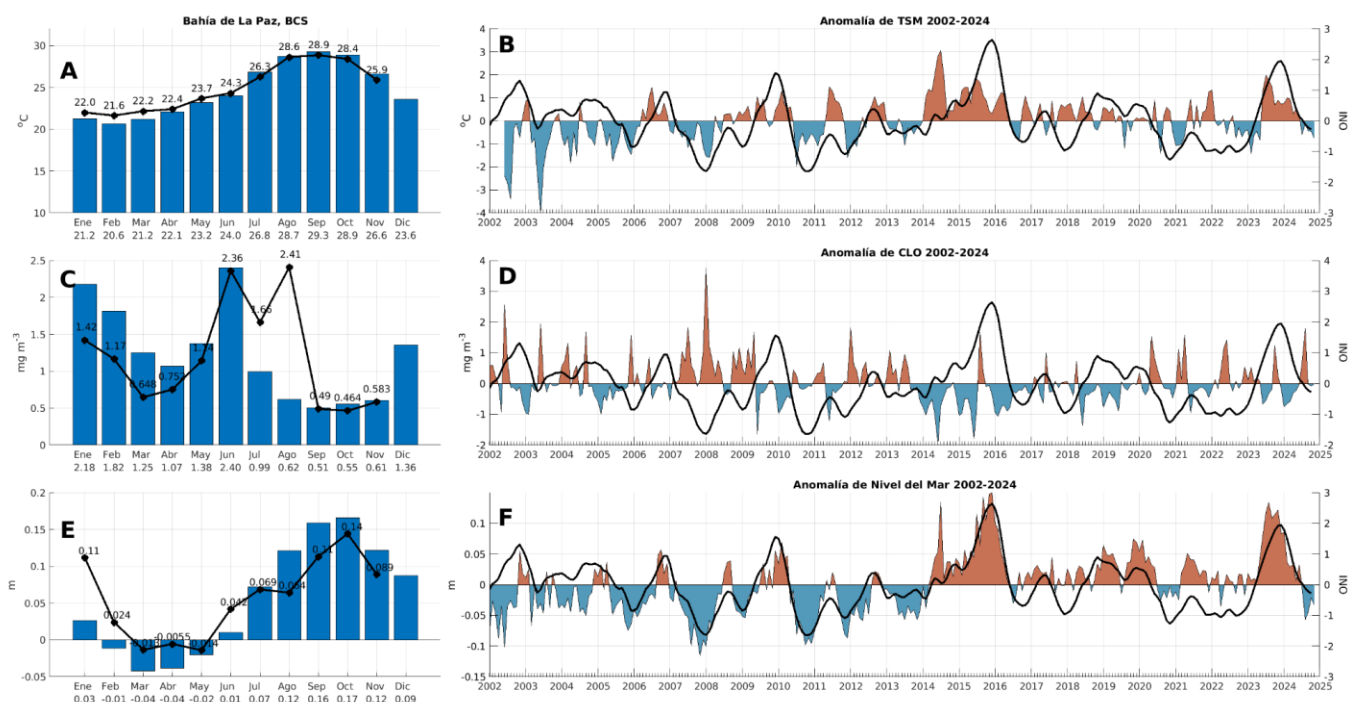


Figura 15: Climatologías mensuales y anomalías interanuales de TSM, CLO y ANM durante noviembre de 2024 en La Paz. Las barras azules en los paneles A, C y E son las climatologías mensuales de cada variable. Los números en la base de las barras indican los valores de cada mes. Los círculos negros y el valor numérico indican los valores mensuales de 2024 hasta noviembre. Las series de tiempo de los paneles B, D y F representan las anomalías interanuales, la línea negra es el ONI (SON).

La figura 16 contiene la serie de tiempo del nivel del mar absoluto (m) en Bahía de la Paz, desde enero de 1993 hasta noviembre de 2024. La variación estacional consiste en la elevación del nivel del mar en verano y el descenso en invierno. Sin embargo, destacan los máximos de 1997- 1998, asociado a un evento de El Niño, el de 2014 debido al Blob cálido, y el de 2015 debido a otro evento El Niño. El año 2023 se encuentra entre los

máximos del registro por 2 razones: a) el evento El Niño que calentó el Pacífico Tropical Oriental y, b) el incremento del nivel del mar por calentamiento global. Ambos fenómenos contribuyen a la elevación del nivel del mar que se reporta aquí. El incremento del nivel del mar debido al calentamiento global en esta localidad tiene una tendencia de 2.5 mm/año, para un total de 79 mm en los 32 años de registro. En noviembre de 2024 el nivel del mar alcanza un débil máximo de verano, mucho menor que el verano de 2023 y comparable solamente con el verano de 2010 en los 32 años del registro.

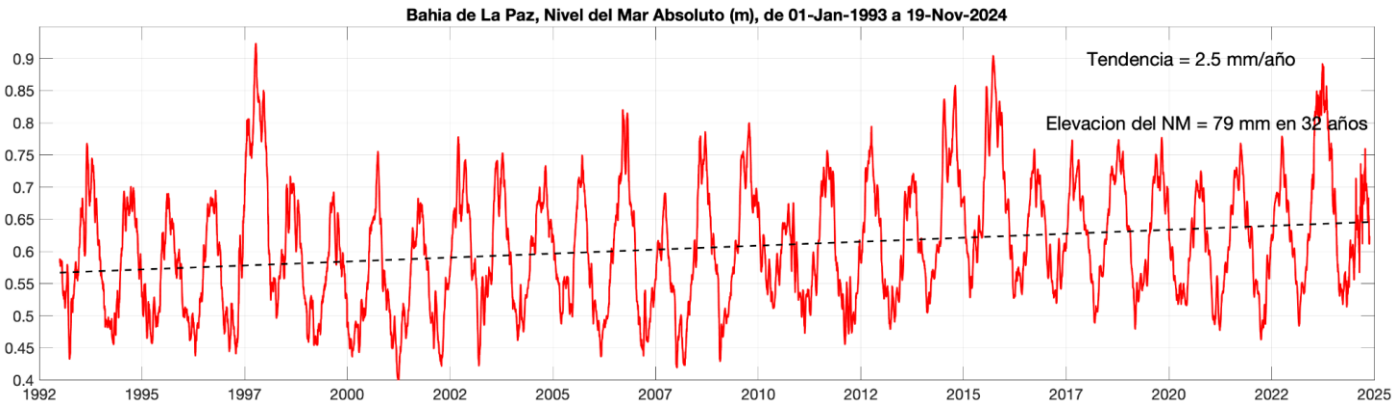


Figura 16: Nivel del mar absoluto (m) en Bahía de La Paz, BCS. Inicia en enero de 1993 y termina en noviembre de 2024. Incluye el nivel del mar con referencia al Geoide. Incluye la tendencia de largo período debida al calentamiento global.

3.4.2. Condiciones Meteorológicas registradas en la Bahía de La Paz

Estación Meteorológica: La Paz. Octubre-Noviembre 2024

Temperatura del aire (T_{air})

La figura 17, muestra en (a) la serie de tiempo de la temperatura del aire (T_{air}) registradas en la Estación ubicada al sur de la bahía de **La Paz**, registrando información cada 2 horas durante el período 01 octubre al 30 de noviembre de 2024. Se continúa observando altas temperatura del aire durante el mes de octubre, propias del inicio del otoño (máximas de 37.5 °C), con un descenso paulatino de los valores promedio (26.0 °C) y mínimas de 14.1 °C registradas en noviembre (del 12 al 28 de noviembre marcó una fuerte caída en la serie de Temperatura del aire, disminuyendo los valores en ~ 8.0 °C).

Humedad Relativa (H_r)

La figura 17, muestra en (b) la serie de la humedad relativa (H_r) registrada en **La Paz** durante el período 01 octubre al 30 de noviembre, 2024 la cual presenta valores máximos de 90%, valores promedio de 58.0% y mínimos de 17%, los valores máximos se asocian a periodos de aportes de humedad asociados a episodios de 3 a 5 días de vientos del noroeste proveniente del Pacífico (12, 18 y 28 de noviembre), característica principal observada durante el otoño. Noviembre se caracterizó por presentar eventos de aproximadamente 3 a 5 días con valores bajos de humedad asociada a vientos del suroeste (14, 24 y 27 de noviembre).

Velocidad y Rachas de viento (m s^{-1})

La figura 17, muestra en (c) los valores de velocidad (línea en negro) y rachas (línea punteada en rojo) del viento registrados en la Estación **La Paz**, donde se muestran rachas máximas de 10.5 m s^{-1} asociados a eventos continuos de vientos moderados del noroeste que cambian al suroeste en períodos cortos de tiempo (3 a 5 días), principalmente durante noviembre, asociados al período de transición de otoño con el ingreso de vientos con rachas fuertes del noroeste (~ 8 a 11 m s^{-1}) asociados al ingreso de aire frío cargado de humedad proveniente del Pacífico que al chocar con aire cálido y seco de la península genera noches con alta humedad.

Dirección del vector viento (m s^{-1})

La figura 17, muestra en (d) la dirección del viento en forma de vectores registrados en la Estación **La Paz** correspondientes al período 01 octubre al 30 de noviembre de 2024. La dirección predominante del viento fue del suroeste-sur junto con períodos cortos (3-5 días) de vientos del norte y noroeste asociada con la transición de otoño al ingresar aire frío y húmedo proveniente del Pacífico hacia la bahía de La Paz.

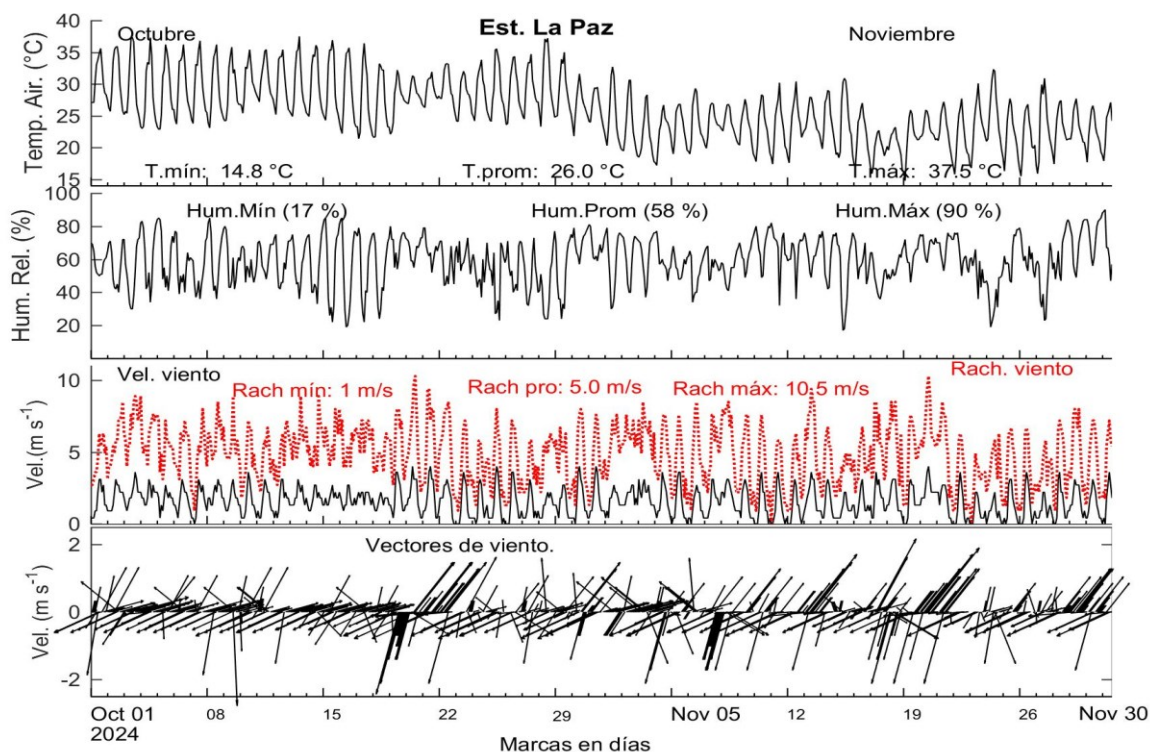


Figura 17: Series de tiempo de: (a) Temperatura del aire, (b) Humedad Relativa, (c) Velocidad (en negro) y Rachas (línea punteada en rojo) del viento y (d) la dirección del viento (vectores) registrado en la Estación La Paz, al sur de la bahía de La Paz y cubriendo el período del 01 octubre al 30 de noviembre de 2024.

La figura 18, muestra en forma de rosas de los vientos: (a) la dirección y velocidad predominante del viento y (b) la frecuencia de ocurrencia en la dirección del viento (el número de vectores cada 10 grados) medido en la estación **La Paz** durante el período del

01 octubre al 31 de noviembre de 2024. La dirección predominante, fue del 1er. 3er, y 4to cuadrante asociado al viento característico del período de transición otoño-invierno con el ingreso de frentes fríos asociados con vientos fuertes del noroeste y la presencia de eventos de viento del sur y suroeste que ingresan aire cálido y húmedo a la bahía de La Paz. Los vectores en rojo en (b) indican los ejes principales promedio de la máxima y mínima varianza del viento.

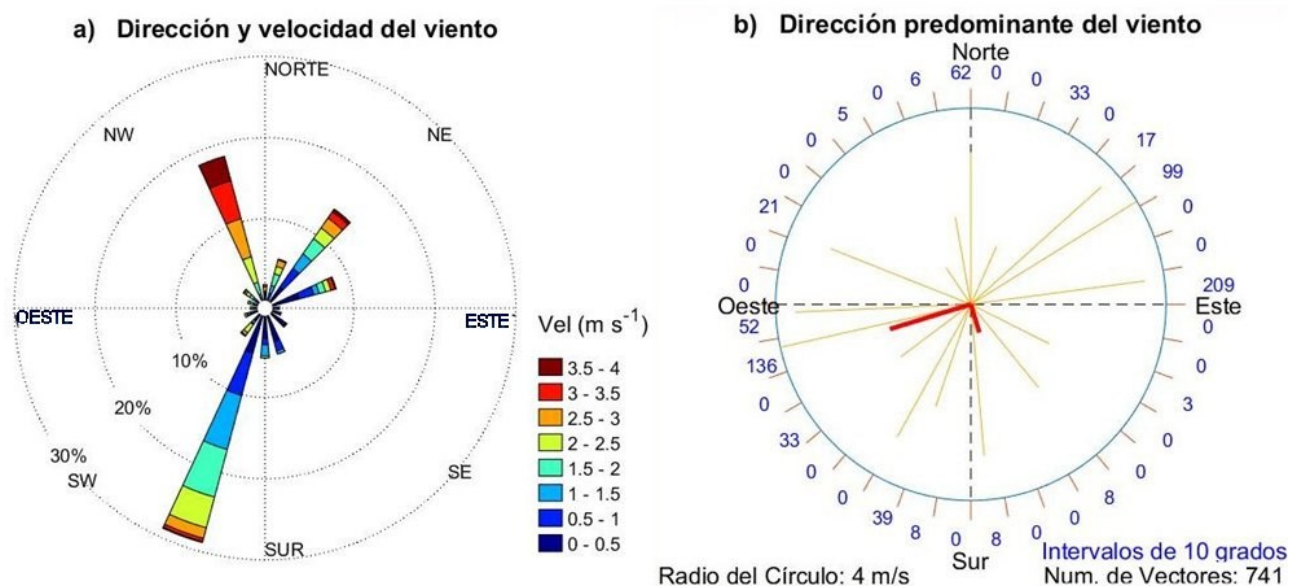


Figura 18: Velocidad y dirección predominante del viento mostrada en forma de: a) Rosa del viento y (b) Vectores del viento registrados en la Estación Meteorológica de La Paz (medidos cada/2hrs) durante el período del 01 octubre al 30 de noviembre de 2024. La rosa en (a) indica la velocidad y dirección predominante del viento, mientras la rosa del lado derecho (b) indica la frecuencia y el número de vectores calculados cada 10 grados. Los vectores en rojo indican los ejes principales promedio de la máxima y mínima varianza del viento registrado durante este período.

3.4.3. Viento (VTO) *in situ* en la ciudad de La Paz, BCS

Se observa que durante el mes de noviembre de 2024 el patrón característico de los vientos dentro de la ciudad de La Paz (figura 19) contrasta con la climatología (2016-2024) en dos regiones de viento provenientes del Norte-Noreste y Noroeste bien definidas. Hacia el sur, el patrón de los vientos característico del mes de noviembre de 2024 coincide bien con la climatología definida para ese mes.

En general la intensidad de los vientos vista desde este gráfico no rebasa los 20 km/h.

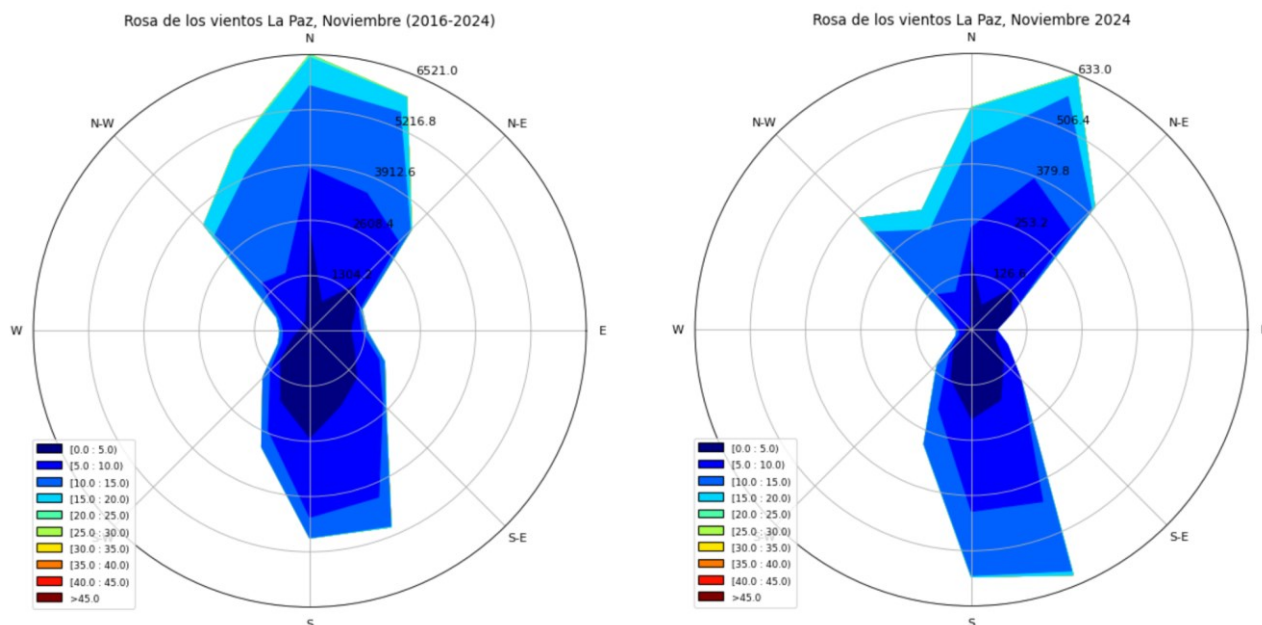


Figura 19: Climatología vs. observaciones de la dirección e intensidad de los vientos en la estación ESIME de La Paz durante noviembre de 2024.

La intensidad del viento registrada *in situ* en este punto de la ciudad de La Paz durante el mes de noviembre de 2024 no muestra valores atípicos en comparación con aquellos ocurridos durante el mismo mes en 2022 (figura 20, *outliers*). En comparación con el año previo (2023), los vientos cercanos a los 20 km/h fueron más frecuentes y su estadística queda excluida de los valores atípicos dados por los outliers. De acuerdo con la mediana de los datos, la intensidad del viento para este mes se aproxima a los 10 km/h y no se rebasan los 20 km/h durante noviembre de 2024 (figura 20, boxplots).

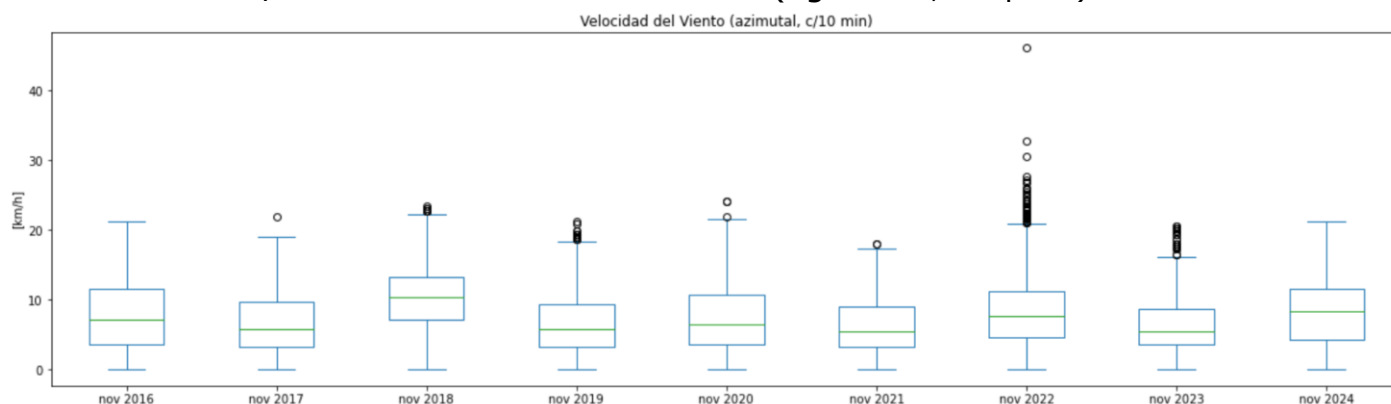


Figura 20: Análisis de cajas de la intensidad de los vientos en la ciudad de La Paz, BCS, durante el mes de noviembre de 2024. Los valores de viento atípico u *outliers* se muestran con círculos en negro en la figura.

3.4.4. Paisaje Pelágico (BLP)

El hábitat pelágico H15 es dominante en la Bahía de La Paz, presentando dos

expansiones en el año, la primera en abril-mayo y la segunda en octubre-diciembre cuando puede ocupar hasta más del 90 % del área de la bahía y la zona adyacente (figura 21a). La categoría H15 se conforma en torno a condiciones de temperatura superficial de 25.35 °C, salinidad de 35.4 ups, y concentración de clorofila de 0.32 mg·m⁻³.

De julio a octubre se aprecia la expansión anómala de H3 (24.12 °C, 35.34 ups, y 0.15 mg·m⁻³ de clorofila), alcanzando a cubrir cerca del 70% del área considerada, muy por encima del 10% que suele ocupar bajo condiciones promedio (figura 21a). Las categorías restantes se repliegan a la costa, observándose la presencia H11 (20%) y H15 (figura 21b). Estos cambios indican que el periodo de julio a octubre de 2024 se caracteriza por la expansión de áreas cubiertas por aguas de menor temperatura y menor concentración de clorofila.

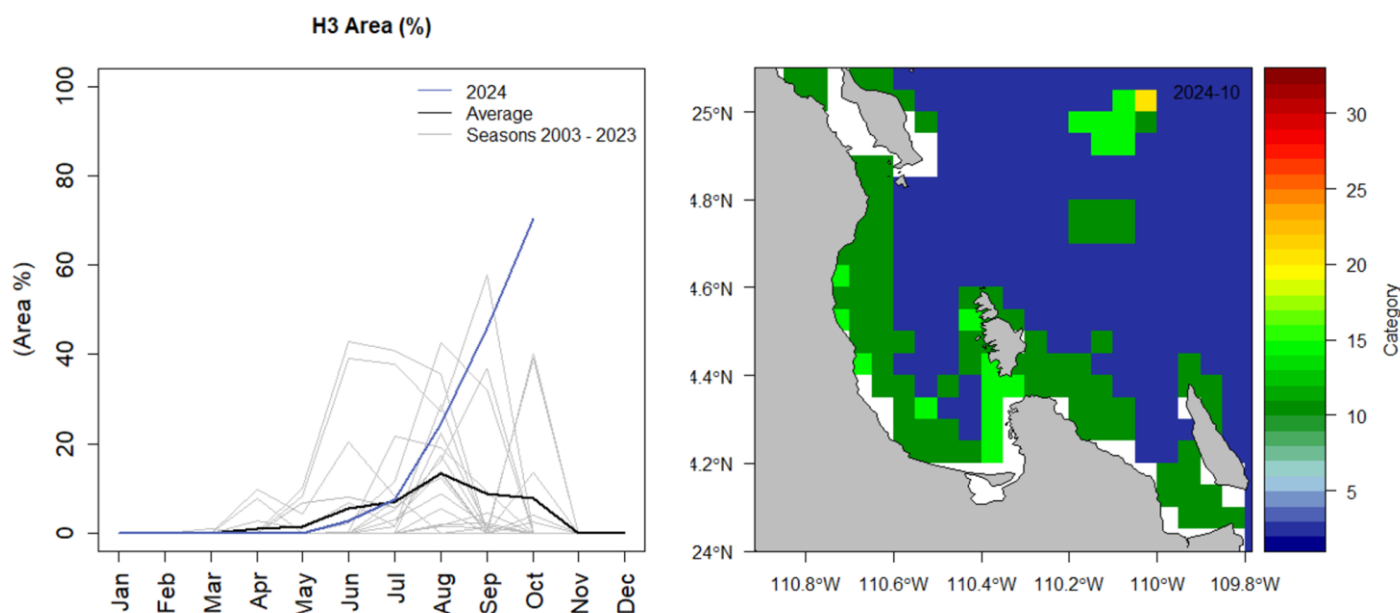


Figura 21: Paisaje Pelágico en la Bahía de La Paz. a) Panel izquierdo: Comportamiento estacional del hábitat H3 (2003-2024). b) Panel derecho: Distribución espacial promedio de los hábitats pelágicos en octubre de 2024.

3.4.5. Fitoplancton

Las concentraciones climatológicas de los grupos fitoplanctónicos representativos, diatomeas, dinoflagelados y cocolitofóridos, se presentan en la figura 22. Los datos diarios han sido recopilados del Servicio de Vigilancia Marina Copernicus (CMEMS). Las barras azules indican las climatologías de enero a diciembre del periodo 2002-2023, mientras que los puntos negros muestra el promedio mensual de enero a noviembre de 2024. Los resultados de noviembre indican que el promedio mensual de las concentraciones de los tres grupos han aumentado, igualando el promedio climatológico para diatomeas y dinoflagelados, en particular para cocolitofóridos el promedio mensual es mayor.

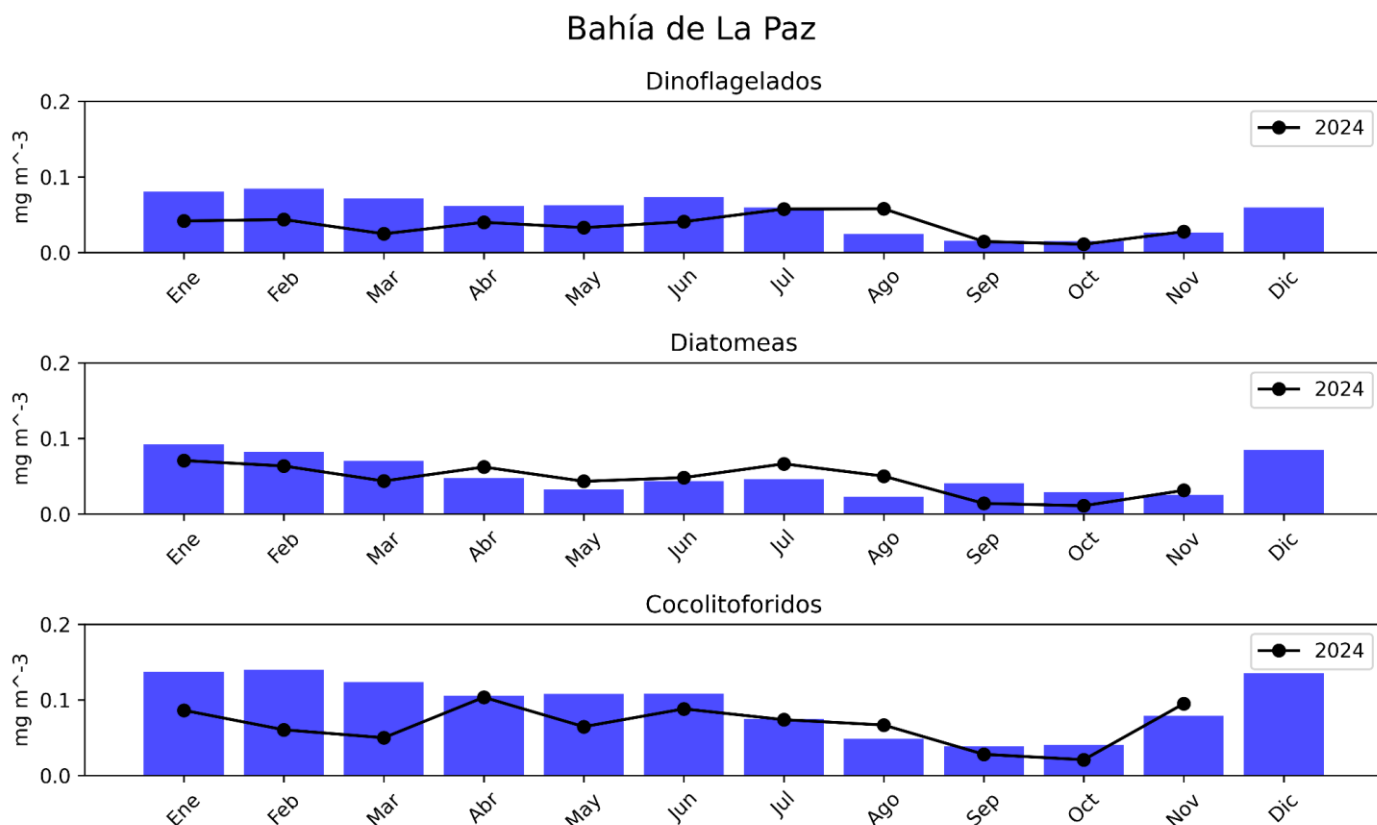


Figura 22: Climatologías de la concentración de grupos fitoplanctónicos expresada en CLO en el agua de mar en la bahía de La Paz durante noviembre de 2024.

3.5. San Juanico, Golfo de Ulloa

3.5.1. Series de tiempo

Las condiciones climatológicas y de anomalías de TSM, CLO y ANM a lo largo del tiempo (2002-2024) para San Juanico se muestran en la figura 23. Los paneles **A**, **C** y **E**, muestran las climatologías mensuales, las líneas negras indican los valores en 2024 (hasta noviembre). Los paneles **B**, **D** y **F** muestran las anomalías a lo largo del tiempo, la línea negra indica los datos del ONI (Índice oceánico de El Niño, último registro con el promedio de septiembre a noviembre, SON).

En noviembre de 2024 la TSM registrada fue de 20.3 °C, por debajo en -2.5 °C respecto de su valor climatológico de 22.8 °C y menor a los 23.2 °C de octubre. Desde abril, las anomalías de TSM son negativas, lo que parece indicar el inicio de condiciones anómalamente frías en la región del Golfo de Ulloa, coincidiendo con los últimos 3 registros negativos del ONI (-0.24, -0.21, -0.11, respectivamente) (figura 23 **A** y **B**).

El valor registrado de CLO para noviembre de 2024 fue de 2.62 mg·m⁻³, superior a los 1.61 mg·m⁻³ de su valor climatológico, y ligeramente superior a los 2.23 mg·m⁻³ de octubre (figura 23 **C** y **D**). Desde mayo, las anomalías son positivas, acorde con condiciones frías y favorables (registros negativos del ONI).

El valor de la ANM durante el mes de noviembre de 2024 fue de 0.098 m, inferior respecto a su valor climatológico de 0.12 m, lo que indica una anomalía negativa de -0.022 m. Las anomalías positivas, presentes en la región desde inicios de 2022, terminaron en julio de 2024, a partir de agosto iniciaron las anomalías negativas y se extienden hasta noviembre (figura 23 E y F), acorde con los últimos 3 valores negativos del ONI.

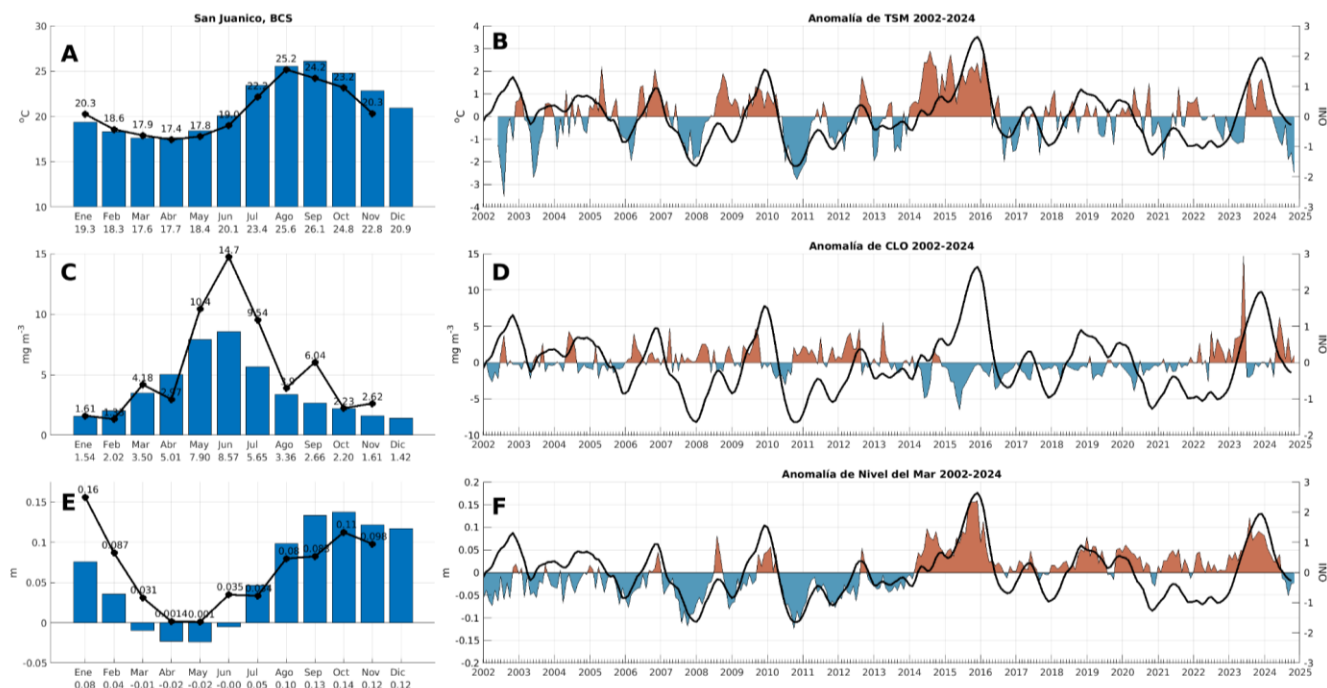


Figura 23: Climatologías mensuales y anomalías interanuales de TSM, CLO y ANM durante noviembre de 2024 en San Juanico. Las barras azules en los paneles A, C y E son las climatologías mensuales de cada variable. Los números en la base de las barras indican los valores de cada mes. Los círculos negros y el valor numérico indican los valores mensuales de 2024 hasta noviembre. Las series de tiempo de los paneles B, D y F representan las anomalías interanuales, la línea negra es el ONI.

La figura 24 contiene la serie de tiempo del nivel del mar absoluto (m) en San Juanico, en la costa del Pacífico de Baja California, desde enero de 1993 hasta noviembre de 2024. La variación estacional consiste en la elevación del nivel del mar en verano y el descenso en invierno. Sin embargo, destacan los máximos de 1997-1998, asociado a un evento de El Niño, el de 2014 debido al Blob cálido, y el de 2015 debido a otro evento El Niño. En esta localidad, a diferencia de La Paz y Cabo Pulmo, el año 2023 no destaca como uno de los máximos del registro. Esto se debe a que el evento El Niño que calentó el Pacífico Tropical Oriental no ejerció tanta influencia a esta latitud de la costa occidental de Baja California. En contraste, el incremento del nivel del mar debido al calentamiento global en esta localidad tiene una tendencia de 2.7 mm/año, para un total de 87 mm en los 32 años de registro. Esta es la tendencia más pronunciada de los 3 sitios que reportamos. El mes de noviembre de 2024 registra un débil máximo de verano, con los máximos de nivel del mar absoluto no superan elevaciones de 0.6 m, excepto por un evento aislado.

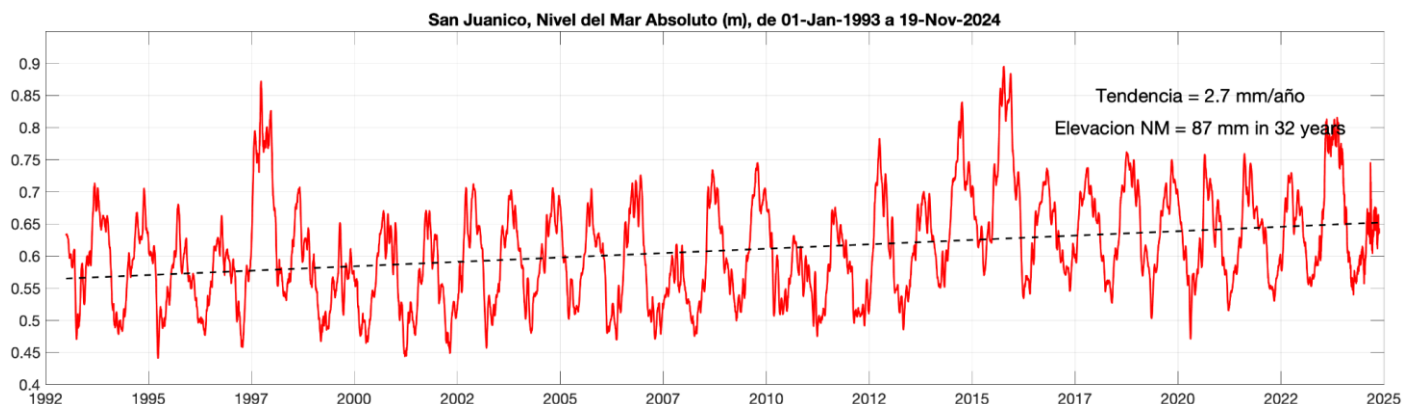


Figura 24: Nivel del mar absoluto (m) en San Juanico, costa pacífica norte de BCS. Inicia en enero de 1993 y termina en noviembre de 2024. Incluye el nivel del mar con referencia al Geoide. Incluye la tendencia de largo período debida al calentamiento global.

3.5.2. Viento (VTO) *in situ*

En San Juanico, las observaciones del viento *in situ* registradas durante el mes de febrero de 2024 no están disponibles en línea, por lo que no fue posible mostrar este material. Los gráficos de caja tampoco lograron calcularse dada la falta de información de los datos en el sitio web del Servicio Meteorológico Nacional.

3.5.3. Paisaje Pelágico (GU)

El paisaje pelágico del Golfo de Ulloa se caracteriza por su diversidad de hábitats a lo largo del año. La categoría H17, ocupa la mayor área entre enero y abril (35-40%); se define por una temperatura superficial de 20.89 °C, salinidad de 33.59 ups y una concentración de clorofila de 0.17 mg·m⁻³. Por su parte, H21 crece gradualmente de menos del 10% hasta el 30-40% en junio-julio. En condiciones promedio, H15 se expande del 16% en mayo-junio, al 40% en septiembre-octubre (figura 25a).

Las variaciones históricas de H17 indican que en el pasado ya se han presentado otros colapsos del área de este hábitat pelágico, un tanto similares en porcentaje a los de 2006-2007, 2014-2015 y 2015-2016, cuando incluso llegó a desaparecer brevemente (figura 25b). En la porción más oceánica, la reducción de H17, ha sido acompañada por la expansión de otras categorías asociadas a aguas más frías, de mayor salinidad y menor concentración de clorofila (~0.28-0.84 mg·m⁻³).

En octubre de 2024 se observa en el Golfo de Ulloa un gradiente de aguas más cálidas y más productivas que va disminuyendo de la costa hacia mar adentro (figura 25b). Particularmente la categoría más productiva de todas, H21, se mantiene replegada a la costa, ocupando alrededor del 20% del área total, y se aprecia que de junio a octubre ha ocupado un área mayor al promedio. Asimismo, H11 es la categoría más dominante con aguas configuradas en torno a los 22.94 °C, 34.79ups y 0.27 mg·m⁻³, cubriendo áreas

mucho más grandes que el promedio (no se muestra). Finalmente, las dos categorías más oceánicas, H3 y H2, se encuentran ligeramente por encima de su estado promedio y ambas indican aguas frías y de baja clorofila (figura 25b).

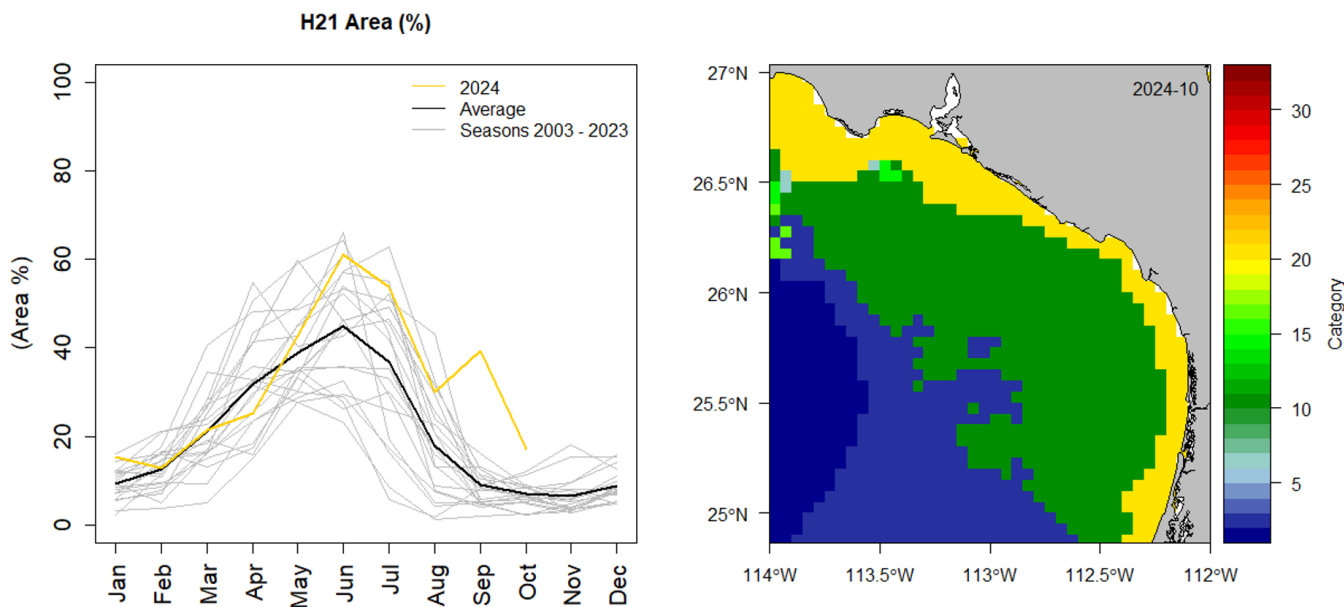


Figura 25: Paisaje Pelágico en el Golfo de Ulloa. a) Panel izquierdo: Comportamiento estacional (2003-2024) del hábitat H21 en el Golfo de Ulloa. b) Panel derecho: Distribución espacial promedio de los hábitats pelágicos durante octubre de 2024.

3.5.4. Fitoplancton

Las concentraciones climatológicas de los grupos fitoplanctónicos representativos, diatomeas, dinoflagelados y cocolitofóridos, se presentan en la figura 26. Los datos diarios han sido recopilados del Servicio de Vigilancia Marina Copernicus (CMEMS). Las barras azules indican las climatologías de enero a diciembre del periodo 2002-2023, mientras que los puntos negros muestra el promedio mensual de enero a noviembre de 2024. Los resultados de noviembre indican que el promedio mensual en las concentraciones de diatomeas, dinoflagelados y cocolitofóridos han aumentado, se encuentran por encima del límite superior del promedio climatológico.

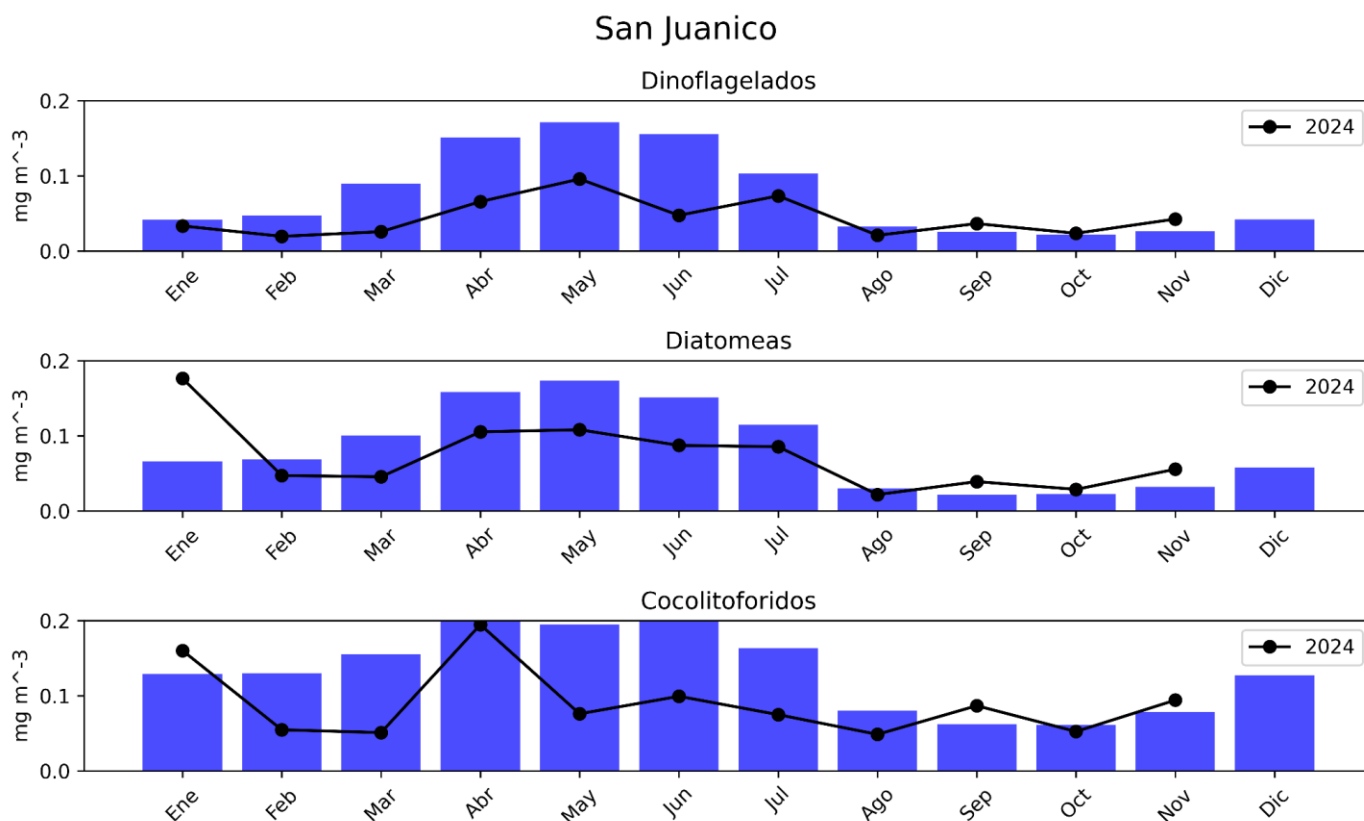


Figura 26: Climatologías de la concentración de grupos fitoplanctónicos expresada en CLO en el agua de mar en San Juanico en noviembre de 2024.

3.5.5. Temperatura en el Valle de Santo Domingo, área contigua, región San Juanico-Golfo de Ulloa

De acuerdo con los datos proporcionados por el observatorio meteorológico no. 3132 del Servicio Meteorológico Nacional - Comisión Nacional del Agua localizado en el Valle de Santo Domingo (25.00 °Latitud N, -111.64° Longitud Oeste), Ciudad Constitución, Comondú, México, el mes de noviembre de 2024 presentó una temperatura promedio de 19.5 °C (figura 27), valor que se ubicó 1.8 °C por debajo del promedio histórico (datos 1981-2017) del mismo mes. Asimismo, al comparar los promedios mensuales de las temperaturas máximas y mínimas registradas en noviembre de 2024 con respecto a los promedios históricos, se registró una anomalía negativa de 1.0 °C en la temperatura máxima, mientras que en la temperatura mínima la anomalía negativa registrada fue de 2.5 °C (figura 28).

La figura 29 muestra el comportamiento diario de la temperatura y humedad relativa al mes de noviembre de 2024. En el análisis específico del mes de octubre, se observó que el día 13 de noviembre se registró la temperatura más alta con 34.4 °C, mientras que el 19 de noviembre se presentó la temperatura más baja alcanzando un registro de 4.8 °C. En cuanto a la humedad relativa máxima, el promedio mensual fue de 92.5 %, mientras que el valor promedio de la humedad relativa mínima, fue de 29.7 %.

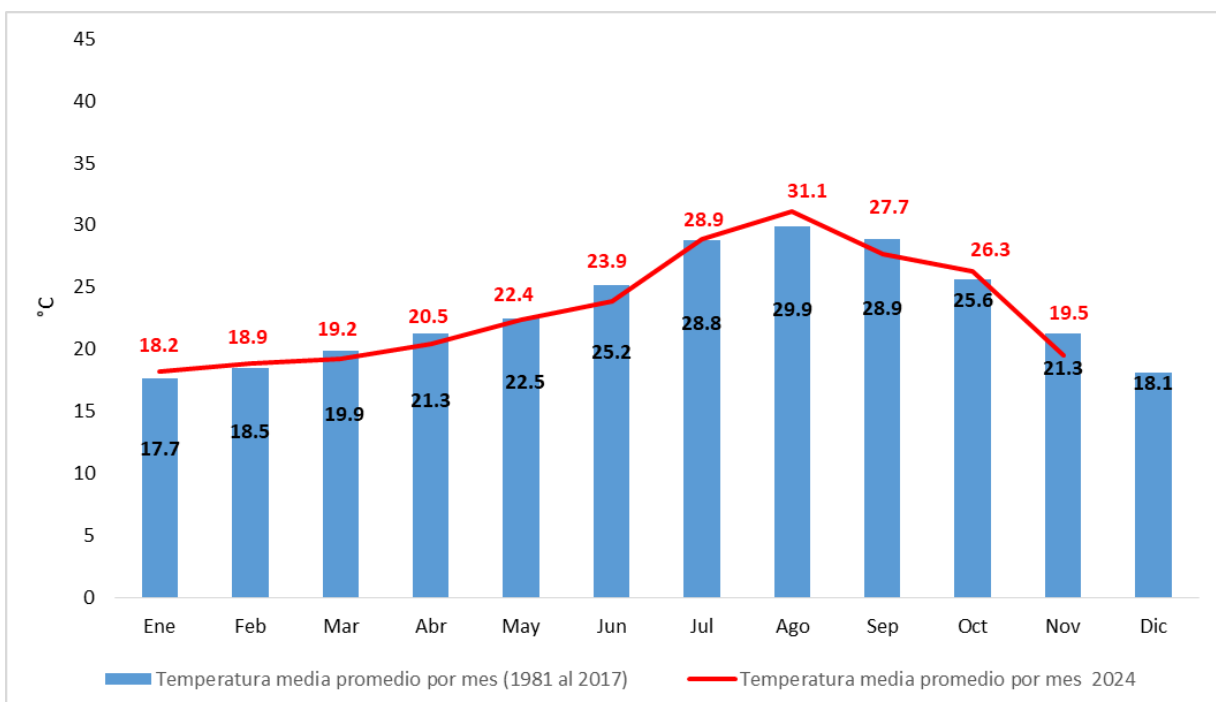


Figura 27: Comparativo de los promedios mensuales de la temperatura media (periodo 1981-2017) con respecto a los registrados al mes de noviembre de 2024.

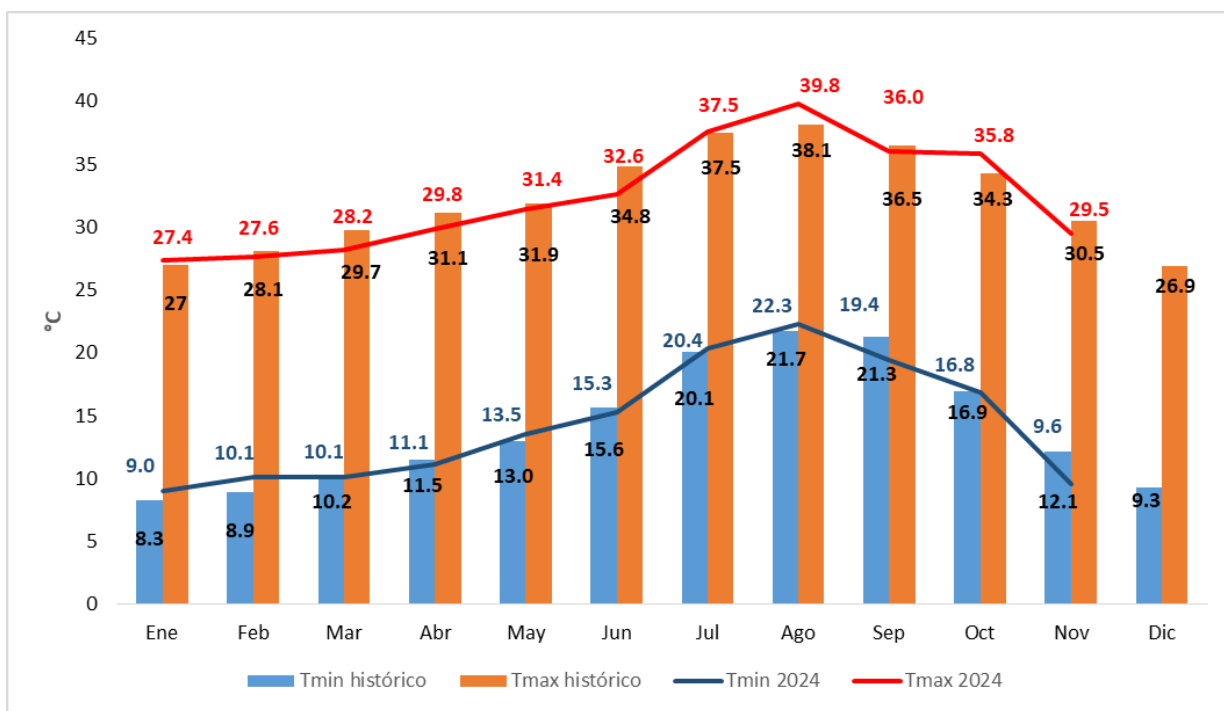


Figura 28: Comparativo entre los promedios de temperaturas máximas y mínimas históricas (1981-2017) con respecto a los promedios presentados al mes de noviembre de 2024.

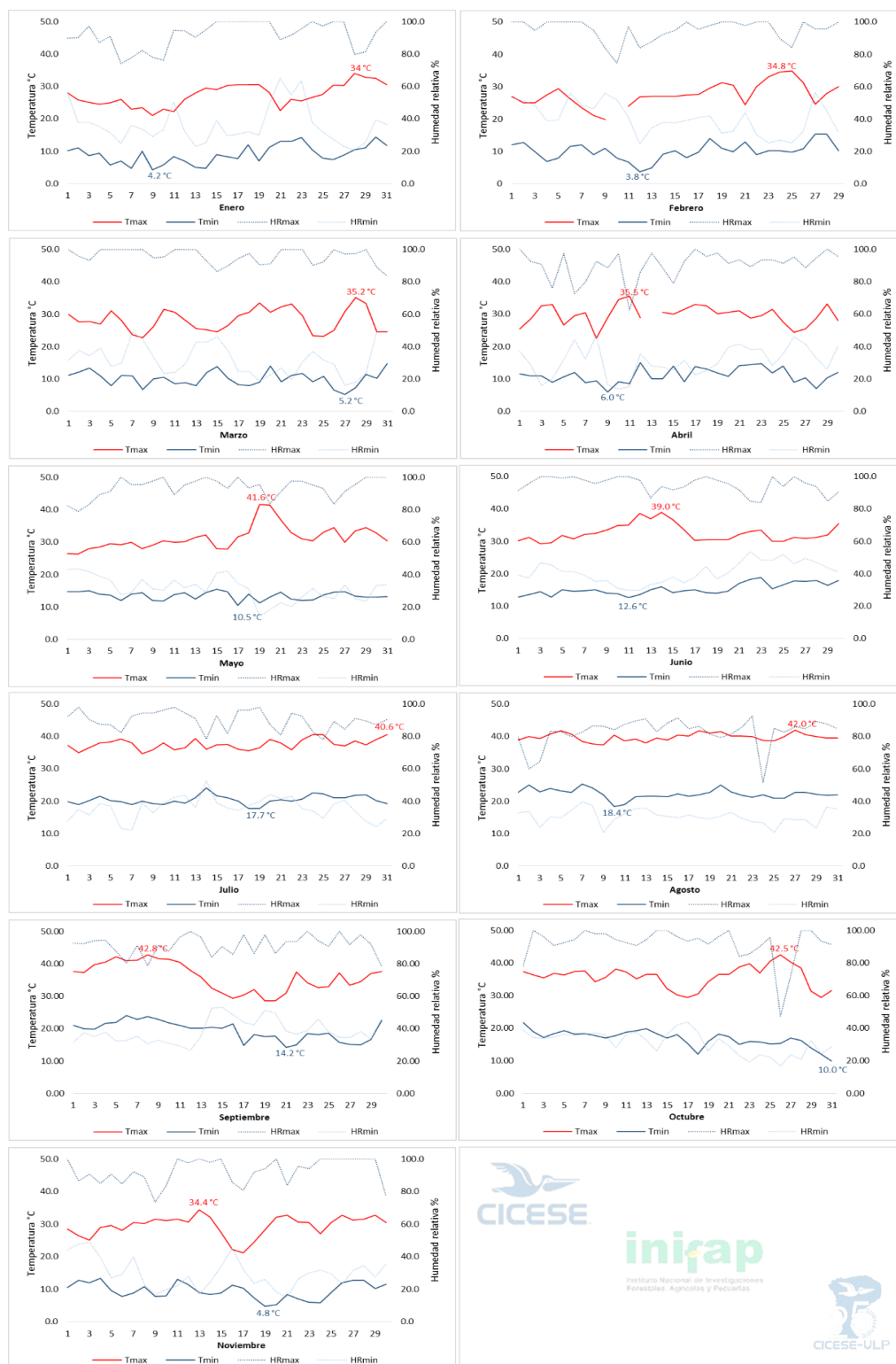


Figura 29: Comportamiento de la temperatura y humedad relativa al mes de noviembre de 2024. Tmax= Temperatura máxima. Tmin= Temperatura mínima. HRmax= Humedad relativa máxima. HRmin= Humedad relativa mínima. El día 13 de noviembre se presentó la temperatura más alta (34.4 °C), mientras que la temperatura más baja en el mes se registró el 19 de noviembre (4.8 °C). La falta de continuidad en las líneas representativas de cada variable, en algunos meses, indica dato no registrado.

3.6. Temperaturas mínimas y máximas en los aeropuertos de BCS

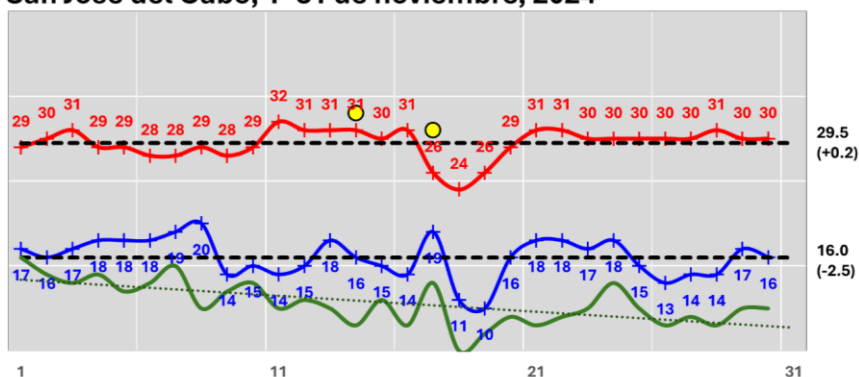
En esta sección del boletín se ilustran los patrones diarios, cambios y condiciones promedio de la temperatura del aire, viento y humedad en los tres aeropuertos internacionales que operan en Baja California Sur (figura 30). Durante noviembre, San José del Cabo tuvo temperaturas mínimas que durante los primeros 15 días estuvieron en el rango de 10–20°C mientras que las máximas entre 24°C hasta 32°C; en todo el periodo, el promedio de mínimas y máximas fue de 16.0 y 29.5°C respectivamente. En La Paz, las mínimas (máximas) oscilaron entre 10–22°C (23–34) con un promedio mensual de 14.3°C (28.0); mientras que en Loreto el promedio mensual de las mínimas fue de 19.4°C y 26.3 para las máximas.

Desde una perspectiva histórica, con respecto a los reportes de temperatura diaria de los cinco años anteriores (2019–2023), las anomalías del promedio de la temperatura mínima estuvieron por debajo de lo normal en San José del Cabo (–2.5°C), La Paz (–1.9°C) y Loreto (–1.8°C). En San José del Cabo, la anomalía de temperatura máxima fue de +0.2°C mientras que +0.4°C en La Paz y pero de –0.8°C en Loreto. Recordar que una anomalía negativa (positiva) representa un valor menor (mayor) al ser comparado con el promedio de referencia utilizado, los cinco años desde 2019 a 2023 en este caso.

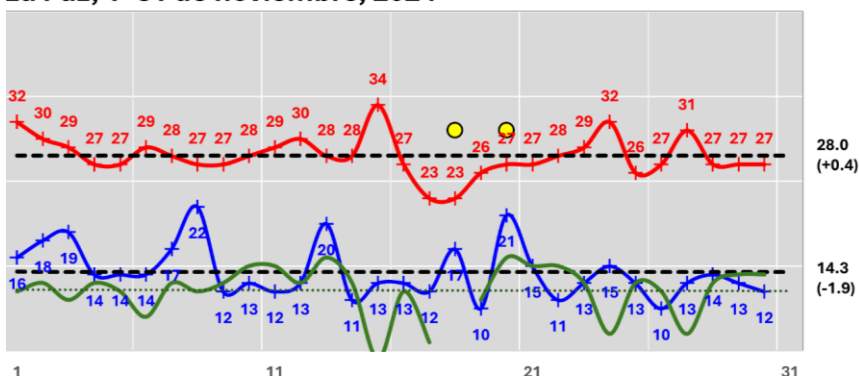
El viento máximo estuvo dentro del rango de magnitud moderada a alta (33–52 km/h) en Loreto, donde por 4 días se rebasaron los 40 km/h. En los datos históricos, sobresale que el 27 de noviembre de 2020 también se reportaron velocidades máximas de viento de hasta 52 km/h.

La humedad en el aire (temperatura de punto de rocío, líneas verde en la figura 30), siguió su disminución gradual –con respecto a los dos meses anteriores– en cada uno de los aeropuertos, con promedios mensuales en noviembre de 12.1°C, 10.6°C y 11.8°C en La Paz, San José del Cabo y Loreto respectivamente. En la figura 30 se puede notar que en los últimos 10 días de noviembre se tuvieron valores relativamente bajos de humedad ($\leq 15^\circ\text{C}$) en cada uno de los aeropuertos. Como se reportó en los boletines correspondientes, en octubre (septiembre/agosto) de 2024 el valor promedio en estos aeropuertos fue 15.8°C (18.4/17.7) en La Paz, 10.6 (18.6/19.3°C) en San José del Cabo y 11.8 (19.5/24.1) en Loreto.

San José del Cabo, 1–31 de noviembre, 2024



La Paz, 1–31 de noviembre, 2024



Loreto, 1–31 de noviembre, 2024

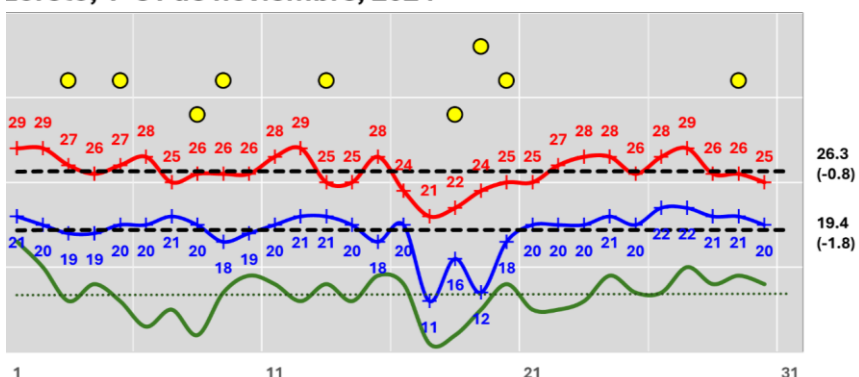


Figura 30: Temperatura (°C) mínima y máxima del aire en tres aeropuertos de Baja California Sur: San José del Cabo, La Paz y Loreto desde el 1 al 30 de noviembre de 2024. Se incluyen los promedios diarios de temperatura máxima (°C, línea roja), mínima (°C, línea azul), punto de rocío (°C, línea verde) y magnitud del viento máximo (km/h, círculo amarillo). La línea gruesa representa el promedio de valores diarios de temperatura del aire. Los valores a la derecha de cada eje vertical son promedios del mes, mientras que sus anomalías (respecto a 2019–2023) se indican en paréntesis. La línea verde (punteada), representa la tendencia de los datos de punto de rocío.

La figura 31 muestra la distribución espacial de frentes fríos que se elabora en el Servicio Meteorológico Nacional para la temporada 2024–2025. Aunque los primeros seis frentes

ocurrieron en septiembre y octubre, durante noviembre se presentaron cinco sistemas frontales que se desplazaron sobre varios estados del noroeste de México. Varios de estos sistemas afectaron las condiciones del tiempo en el noroeste de México; en particular, las condiciones en la península de Baja California con cambios en la temperatura del aire y de humedad mencionados en el párrafo anterior.

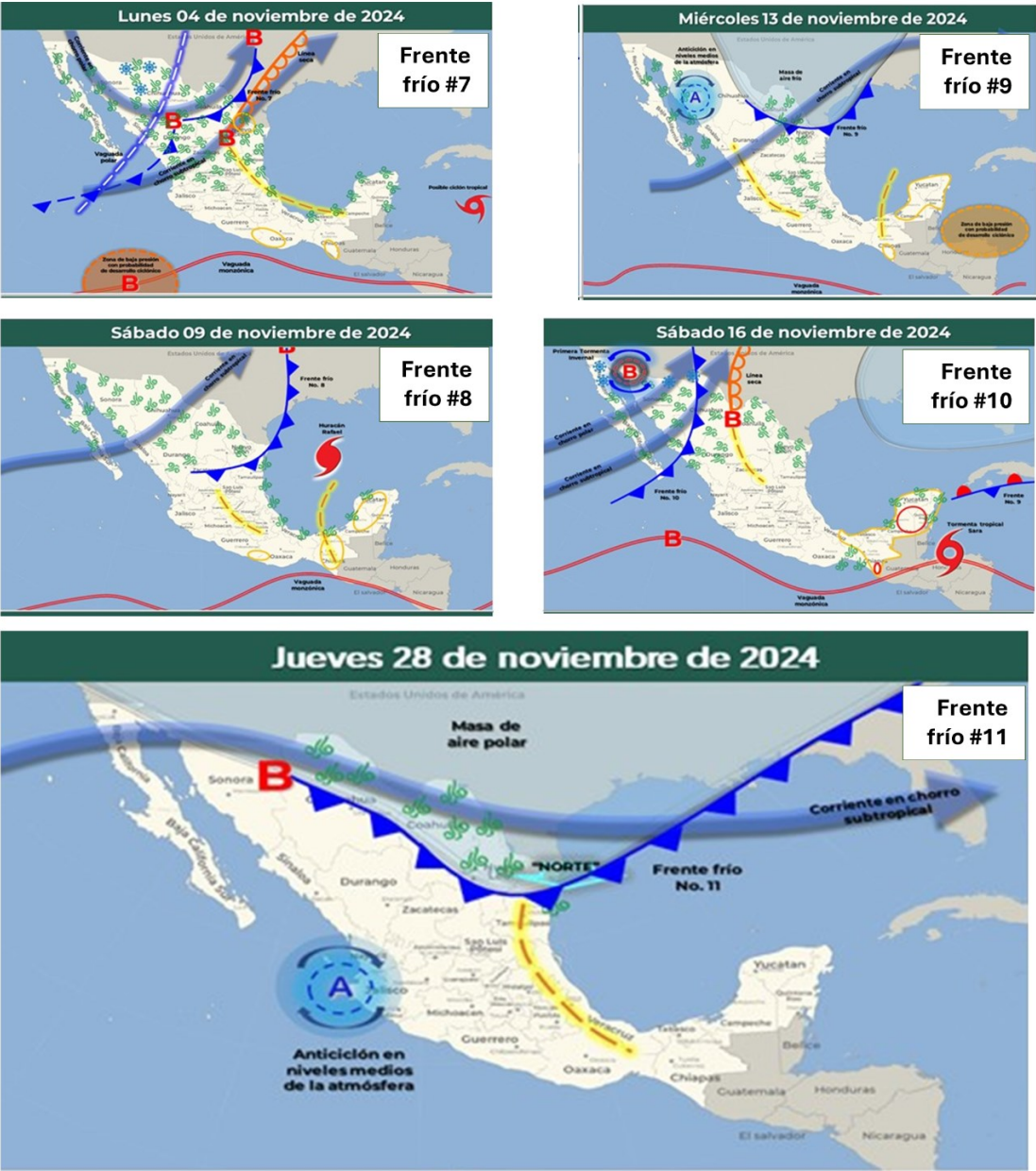


Figura 31: Representación gráfica de condiciones del tiempo y sistemas meteorológicos relevantes de acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional. Cada uno de los cinco componentes de esta figura se asocia a un frente frío (#7–11) sobre México durante el mes de noviembre.

4. Glosario

- **ANM.** La Anomalía del Nivel del Mar son las desviaciones de la altura del océano con respecto a una climatología de nivel del mar. Es un producto derivado de altimetría satelital y es proporcionado por el CMEMS.
- **CLO.** La CLO se refiere a la estimación de la concentración de clorofila *a* superficial del océano, determinada por sensores ópticos satelitales.
- **CMEMS.** CMEMS son las siglas en inglés del Copernicus Marine Environmental Monitoring Service de la Unión Europea. Es un servicio que se dedica a proporcionar información del medio marino.
- **EMA.** Una EMA es una Estación Meteorológica Automática que registra de forma automática los parámetros meteorológicos de temperatura del aire, humedad, presión barométrica, velocidad y dirección del viento/ráfaga, precipitación y radiación neta.
- **NMA.** El nivel del mar absoluto (NMA) es parecido a las ANM pero en este caso la referencia es el geoide terrestre. Es un producto derivado de altimetría satelital y es proporcionado por CMEMS.
- **PP.** El paisaje pelágico se puede entender como la composición dinámica de parches o hábitats pelágicos que se reconfiguran en el espacio y el tiempo en función de la hidrología, la turbulencia y la respuesta primaria de los microorganismos fotosintetizadores.
- **Tair.** Temperatura del aire registrada por una estación meteorológica Vantage Pro2 de Davis Instruments.
- **TSM.** El término TSM se refiere a la temperatura superficial del océano. Se basa en la temperatura de la capa delgada superficial hasta una profundidad entre 10–20 μm ., calibrada para hacerla equivalente a la capa superficial del océano.
- **ONI.** Oceanic Niño Index o índice oceánico de El Niño. El ONI, es el principal indicador de la NOAA para el seguimiento de la parte oceánica del patrón climático estacional denominado El Niño-Oscilación del Sur (ENSO). <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-variability-oceanic-nino-index>.
- **VTO.** Los datos de VTO se refieren a los datos de magnitud y dirección del viento registrados por una EMA.

5. Referencias

Cervantes-Duarte, R. Valdez-Holguin, J. E. y Reyes-Salinas. 2004. Comparación de reflectancia in situ 443/555 y 490/555 con Clorofila a y Materia Suspendida Total en Bahía de La Paz, B.C.S., México. Hidrobiológica, vol.14, No. 1, ISSN 0188-8897. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972004000100002&lng=es&nrm=iso

Chin, T.M, J. Vazquez-Cuervo, and E.M. Armstrong. 2017. A multi-scale high-resolution analysis of global sea surface temperature, Remote Sensing of Environment, 200. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.07.029>

Garnesson, P. Mangin, A. Fanton d'Andon, O. Demaria, J. and Bretagnon, M. 2019. The CMEMS GlobColour CLOrophyll a product based on satellite observation: multi-sensor merging and flagging strategies. OS, 15, 819–830, 2019. <https://doi.org/10.5194/os-15-819-2019>

IOCCG, 2014. Phytoplankton Functional Types from Space. Pp: 100-120 In: Sathyendranath, S. (ed.), Reports of the International Ocean-Colour Coordinating Group, No. 15, IOCCG, Dartmouth, Canada.