

# Boletín Oceanográfico de BCS, Diciembre de 2024

Elaborado por: Dr. Eduardo González Rodríguez<sup>1</sup>, Dr. Armando Trasviña Castro<sup>2</sup>, Dr. Romeo Saldívar-Lucio<sup>2</sup>, Dr. Jorge Cortés Ramos<sup>3</sup>, Dr. José Denis Osuna Amador<sup>4</sup>, Dr(c). Cotsikayala Pacheco Ramírez<sup>5</sup>, Dr. Hugo Herrera Cervantes<sup>2</sup>, Dr. Luis Manuel Farfán Molina<sup>6</sup> y Dr. Carlos Robinson M.<sup>7</sup>

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

PUBLICADO EN ENERO DE 2025, No. 17

---

## 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.

## Resumen del año 2024

### Descripción de variables satelitales (TSM, CLO y ANM) por región

**Cabo Pulmo.** Los registros de TSM se mantuvieron a lo largo del año muy cerca de sus

valores climatológicos mensuales. De enero a marzo las anomalías fueron positivas del orden de 0.7, 1.5 y 0.9 °C, abril tuvo una anomalía negativa de -0.5 °C, de mayo a octubre las anomalías fueron positivas con un promedio de +0.5 C, mientras que noviembre y diciembre tuvieron anomalías negativas de 0.8 y 1.3 °C. Estos dos últimos meses coincidiendo con valores negativos del ONI. Como respuesta, la CLO presentó anomalías negativas de febrero a junio, positivas en julio y agosto, noviembre y diciembre, siendo este último el que presentó la anomalía positiva máxima, seguido de enero. Las ANM fueron positivas de enero a junio, y sustancialmente negativas de julio a diciembre, coincidiendo con la tendencia del ONI hacia valores negativos. Esto se refleja en uno de los máximos de verano del nivel del mar absoluto (NMA) más bajos del registro.

**La Paz.** Los valores del ONI fueron positivos desde junio de 2023 hasta agosto de 2024, pero con una clara tendencia negativa, finalmente de septiembre a diciembre de 2024 fueron negativos. Esto se reflejó en los valores de TSM, de enero a junio, los registros fueron ligeramente por encima de sus valores mensuales climatológicos (anomalías positivas), pero a partir de julio los valores se mantuvieron ligeramente por debajo (anomalías negativas). Los valores de CLO fueron anómalamente positivos en julio y agosto, justo al inicio de las anomalías negativas de TSM, el resto de los meses, de septiembre a diciembre, se mantuvo casi al nivel de sus valores climatológicos. Las ANM respondieron de forma proporcional a las anomalías negativas de TSM, es decir, a partir de julio sus valores también fueron anómalamente negativos respecto a sus valores climatológicos. Esto se refleja en el nivel del mar absoluto (NMA) que exhibe valores muy por debajo de los máximos que ocurren típicamente, cada verano.

**San Juanico.** La TSM presentó valores anómalamente positivos de enero a marzo, el resto de los meses, abril a diciembre, presentaron anomalías negativas, aunque todas menores a 1 °C. La CLO presentó valores anómalamente positivos desde mayo hasta diciembre, siendo junio el que presentó el valor máximo. Las ANM fueron positivas de enero a junio, y anómalamente negativas de agosto a diciembre, coincidiendo con las anomalías de TSM. En esta región el máximo de verano del NMA (nivel del mar absoluto) apenas llega al promedio anual, es comparable a los NMA de los veranos de 2007 y 2010.

En términos generales, se percibe un ingreso de condiciones frías a partir de julio en la región que impactó de forma positiva la CLO y negativamente las ANM. Lo cual coincide con los registros negativos del ONI que indican la llegada del fenómeno de La Niña en la región, se espera que este fenómeno se intensifique en 2025.

### **Comportamiento del nivel del mar absoluto (NMA)**

En las 3 localidades costeras (San Juanico, Bahía de La Paz y Cabo Pulmo) se observa un comportamiento anómalo de los máximos de verano. En todas ellas la señal del verano fue más débil de lo esperado, especialmente en San Juanico (Figura 24). Este comportamiento se observa a lo largo de ambas costas (occidental y del golfo de California) de la península, desde su extremo (23 N) hasta el Alto golfo de California y los 30 N en la costa del Pacífico. Claramente, esto es consecuencia de un evento frío en el Pacífico Ecuatorial, asociado con el inicio de la Niña 2025.

## **Intensidad, dirección y patrones dominantes del viento**

En relación con las variables de dirección, intensidad y predominancia de los vientos, 2024 fue un año particular para la adquisición de los datos en la estación de San Juanico. Posterior a los ciclones tropicales Hilary y Norma, la estación dejó de reportar valores en sus parámetros meteorológicos lo cual imposibilita el análisis de las condiciones normales y anómalas del viento en esta región. Caso contrario, la estación meteorológica de La Paz comenzó a reportar nuevamente valores durante 2024, que mostraron condiciones atípicas para los primeros meses del año: enero-marzo. En este periodo de tiempo, aunque la intensidad de los vientos no mostró patrones atípicos, la dirección y dominancia de los vientos contrastaron de los patrones característicos definidos por la climatología de los vientos en ese punto de observación. Enero y febrero fueron los meses con cambios más notables en el patrón normal de los vientos para la estación La Paz. A partir de abril, los valores de intensidad del viento en la estación La Paz resaltan notablemente de los valores altos ocurridos durante 2022, dejando a este año como un año característicamente anómalo en los valores atípicos o poco frecuentes de la intensidad del viento. Hasta el momento de redacción de este resumen, no se ha encontrado una causa aparente del comportamiento atípico de la intensidad del viento en la estación La Paz durante 2022. Para Cabo Pulmo, sólo el periodo comprendido entre mayo y septiembre de 2024 mostró patrones de viento aproximados al patrón normal de los vientos definidos por la climatología de la estación. El resto del año, la aportación de los vientos provenientes del Norte y del Norte-Noroeste modificó la configuración normal del patrón de los vientos en este punto. En lo que respecta a la intensidad de los vientos en Cabo Pulmo, el primer semestre del año mostró valores cercanos a la estadística definida por los años previos. Para julio de 2024, los valores de intensidad del viento fueron relativamente mayores a los ocurridos el año previo, sin embargo, estos no rebasaron los valores atípicos observados en 2014 y 2015. Hacia octubre, la intensidad del viento se aproximó nuevamente a la estadística documentada para los años previos.

## **Paisaje Pelágico**

El paisaje pelágico frente a Cabo Pulmo durante el 2024 presentó procesos alternados de contracción y expansión del hábitat dominante (H15), con variaciones de alrededor del 20%. Entre agosto y diciembre se contrajo hasta casi desaparecer de la zona, dando lugar a expansiones anómalas de las categorías H21(>20%), H3 (>20%) y H11 (>50%), lo que implica aguas de menor temperatura. Estos cambios son coherentes con las anomalías negativas del índice Oceánico de El Niño (ONI) y del Nivel Medio del Mar. En la Bahía de La Paz también se observa una contracción anómala de H15 acompañadas de la expansión de H3 y H11, pero estos últimos tendieron a retornar a sus valores promedio entre noviembre y diciembre. A diferencia de Cabo Pulmo, en la Bahía de La Paz, la categoría H21 tuvo un comportamiento cercano al promedio de abril a diciembre del 2024, pero en febrero y marzo mostró colapsos drásticos. Finalmente, en el Golfo de Ulloa también se observaron diversos comportamientos anómalos durante 2024. La categoría H2 cubrió hasta el 40% del área considerada entre octubre y diciembre, cuando suele ocupar menos del 10%. También las categorías H11 y H21 presentaron expansiones anómalas, particularmente entre julio y noviembre. Esto implica que una mayor área fue

cubierta por aguas más frías y una combinación de valores intermedios y altos de clorofila, especialmente cerca de la costa.

### **Composición de los grupos fitoplanctónicos**

El año 2024 se caracterizó por presentar un incremento en la concentración de diatomeas y dinoflagelados en la bahía de La Paz, desde el mes de julio hasta agosto la concentración de estos grupos superó al promedio climatológico. Un incremento de menor intensidad ocurrió en las concentraciones de diatomeas y dinoflagelados en Cabo Pulmo. El Modelo de Inversión de la Biomasa Fitoplanctónica del Servicio Marino de COPERNICUS, demostró ser una herramienta capaz de detectar incrementos en la concentración de diatomeas y dinoflagelados en la bahía de La Paz, esto es importante, porque, registros *in situ* realizados por el Sistema de Alerta Temprana de Baja California Sur (SiAT-FAN BCS) confirmaron que ocurrieron florecimientos algales nocivos (FAN) de diatomeas y dinoflagelados en zonas cercanas al punto de muestreo de COPERNICUS.

San Juanico, por otro lado, se caracterizó por experimentar incrementos significativos en las diatomeas, dinoflagelados y cocolitofóridos a finales del verano e inicios de invierno. En la parte norte del Golfo de Ulloa (en el estero El Coyote y el estero El Cardón), la COFEPRIS registró presencia de toxinas y ácido domoico en muestras de moluscos, desde el mes de mayo hasta junio, lo que contrasta con los incrementos registrados en las concentraciones satelitales para esas mismas fechas.

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

Con la visión completa del comportamiento del promedio mensual de las temperaturas reportadas por el observatorio meteorológico no. 3132, localizado en el Valle de Santo Domingo para el año 2024, se identificaron anomalías positivas para los meses de enero y febrero (0.5 y 0.4 °C, respectivamente), negativas para el periodo marzo - junio (-0.7, -0.8, -0.1, y -1.3 °C, para cada mes respectivamente), positivas para julio y agosto (0.1 y 1.2 °C, respectivamente), negativa para septiembre (-1.2 °C), positiva para octubre (0.7 °C), negativa (-1.8 °C) para noviembre y positiva (1.1 °C) para diciembre. Al comparar el comportamiento de las temperaturas en el año 2024 con respecto a los registros del año 2023 (información presentada en el boletín no. 5), se identificó como enero y febrero de 2024 mostraron anomalías positivas a diferencia del mismo periodo en el año 2023, mientras que concordaron entre años las anomalías negativas para los periodos marzo-junio y julio-agosto (aunque más intensas las presentadas en 2023), septiembre (más intensa en 2023) y con anomalías menores en 2024 para los meses de octubre, noviembre y diciembre (0.7, -1.8 y 1.1 °C, respectivamente) con respecto a las presentadas en 2023 (3.67, 2.4, y 1.7 °C, respectivamente).

### **Temperaturas mínimas y máximas del aire en los aeropuertos de BCS**

En el **aeropuerto de la capital del estado –La Paz–**, se presentaron dos días con temperatura mínima de 5°C (dos en enero, uno en febrero) que fueron las mediciones más bajas del año 2024. En cambio, las observaciones de temperatura máxima extrema fueron en agosto y septiembre con 40°C; en particular, el 27 de septiembre las mediciones

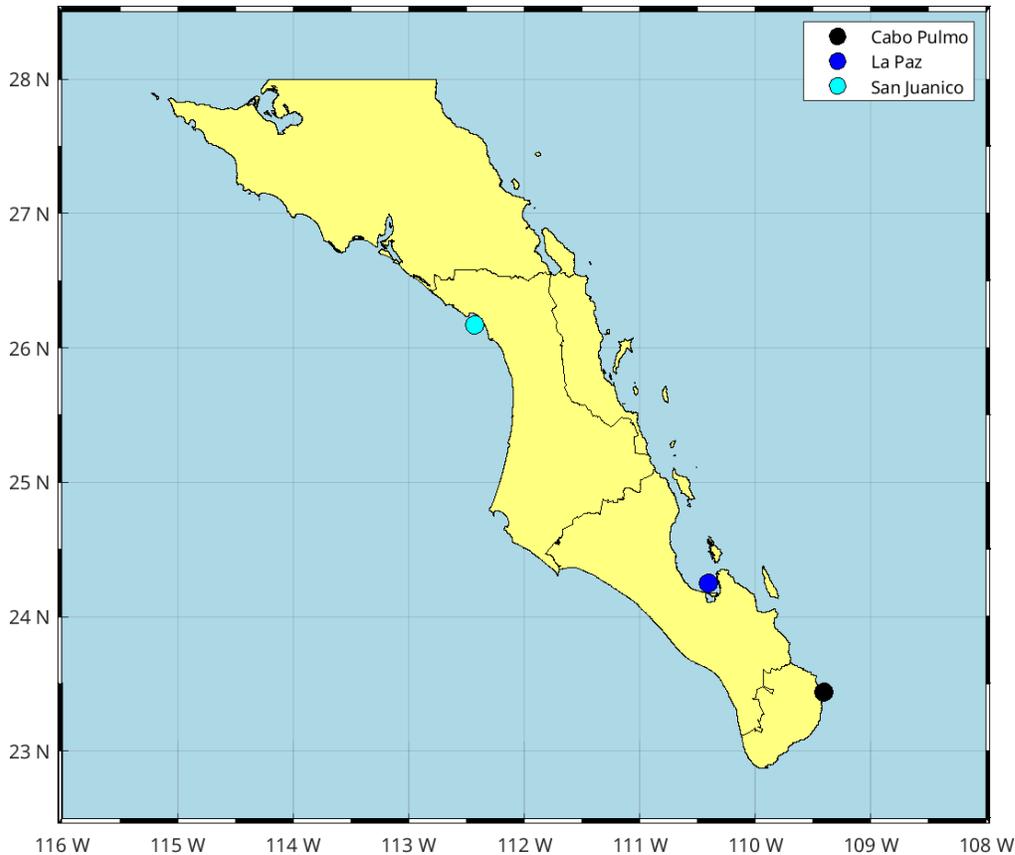
de 40°C fueron durante cinco horas consecutivas (11:00–16:00 hora local) lo que es inusual. La mañana más cálida fue en agosto con 28°C; el día más húmedo fue en septiembre cuando la temperatura de punto de rocío promedio fue de 24°C que coincide con la aproximación de la [tormenta tropical Ileana](#) a Los Cabos. En cambio, el día más seco fue en marzo con solamente 2°C en el punto de rocío. Finalmente, llama la atención que en diciembre de 2024 se presentó una temperatura máxima de 34°C; es la primera vez que un valor mayor a 31°C se observa desde el año 2021. El resto de las observaciones del aeropuerto son consistentes con condiciones de temperatura fresca entre enero y abril, la presencia de días cálidos además de húmedos entre mayo y septiembre. Finalmente, el regreso a condiciones frescas y secas durante el otoño e invierno.

# Índice

<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>Índice</b> .....	<b>6</b>
<b>1. Área de estudio</b> .....	<b>7</b>
<b>2. Método</b> .....	<b>7</b>
2.1. Información satelital .....	7
2.2. Temperatura del aire (REANÁLISIS) del Golfo de California .....	9
2.3. Datos in situ .....	10
2.3.1. Viento local .....	10
2.3.2. Temperatura del aire.....	11
2.4. Mapas de distribución mensual .....	11
2.5. Análisis de series de tiempo .....	11
2.6. Paisaje pelágico .....	11
2.7. Temperaturas mínimas y máximas del aire en los aeropuertos de BCS .....	12
<b>3. Resultados</b> .....	<b>12</b>
3.1. Nivel del mar Absoluto (NMA).....	12
3.2. Mapas de distribución mensual .....	13
3.2.1. Anomalías de nivel del mar (ANM).....	13
3.2.2. Clorofila superficial (CLO).....	14
3.2.3. Temperatura Superficial del Mar (TSM) .....	15
3.2.4. Temperatura del aire en el Golfo de California.....	16
3.3. Cabo Pulmo .....	18
3.3.1. Series de tiempo .....	18
3.3.3. Paisaje Pelágico (CP).....	22
3.3.4. Fitoplancton .....	22
3.4. Bahía de La Paz .....	23
3.4.1. Series de tiempo .....	23
3.4.2. Condiciones meteorológicas registradas en la .....	25
Bahía de La Paz: Periodo: Enero-Diciembre de 2024. ....	25
3.4.3. Viento (VTO) in situ en la ciudad de La Paz, BCS.....	28
3.4.4. Paisaje Pelágico (BLP) .....	29
3.4.5. Fitoplancton .....	30
3.5. San Juanico, Golfo de Ulloa .....	31
3.5.1. Series de tiempo.....	31
3.5.3. Paisaje Pelágico (GU) .....	33
3.5.4. Fitoplancton .....	34
3.5.5. Temperatura en el Valle de Santo Domingo, área contigua, región San Juanico-Golfo de Ulloa .....	35
3.6. Temperaturas mínimas y máximas en los aeropuertos de BCS.....	38
<b>4. Glosario</b> .....	<b>41</b>
<b>5. Referencias</b> .....	<b>42</b>

# 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 geode. 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 5 de enero de 2025.

**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 5 de enero de 2025.

**Clorofila superficial (CLO).** La CLO es la clorofila<sub>a</sub> 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](https://data.marine.copernicus.eu/product/OCEANCOLOUR_GLO_BGC_L4_MY_009_104/services)), accedido el 5 de enero de 2025.

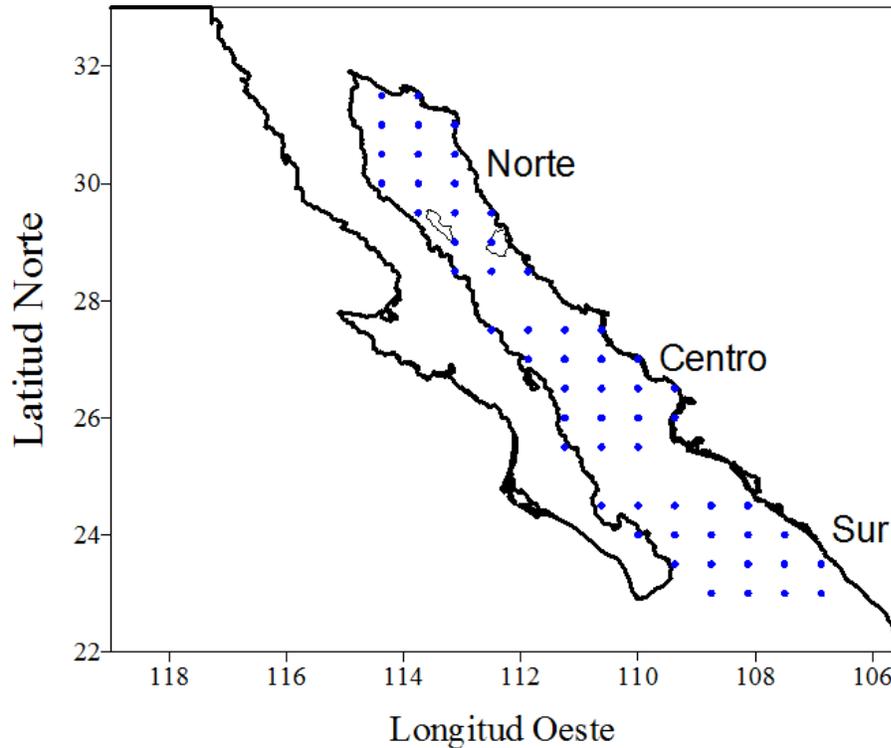
**Grupos funcionales fitoplanctónicos.** Las características espectrales permiten diferenciar entre diatomeas, dinoflagelados y cocolitofóridos, brindando información detallada sobre su distribución y abundancia. Basándose en estas capacidades, el CMEMS ha generado modelos de reanálisis validados con datos in situ. El producto resultante es el Global Ocean Colour (Copernicus-GlobColour), Bio-Geo-Chemical, con nivel de procesamiento 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](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 5 de enero de 2025.

## 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/opendap/MERRA2\\_MONTHLY/M2TMNXSLV.5.1.2.4/contents.html](http://goldsmr4.gesdisc.eosdis.nasa.gov/opendap/MERRA2_MONTHLY/M2TMNXSLV.5.1.2.4/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

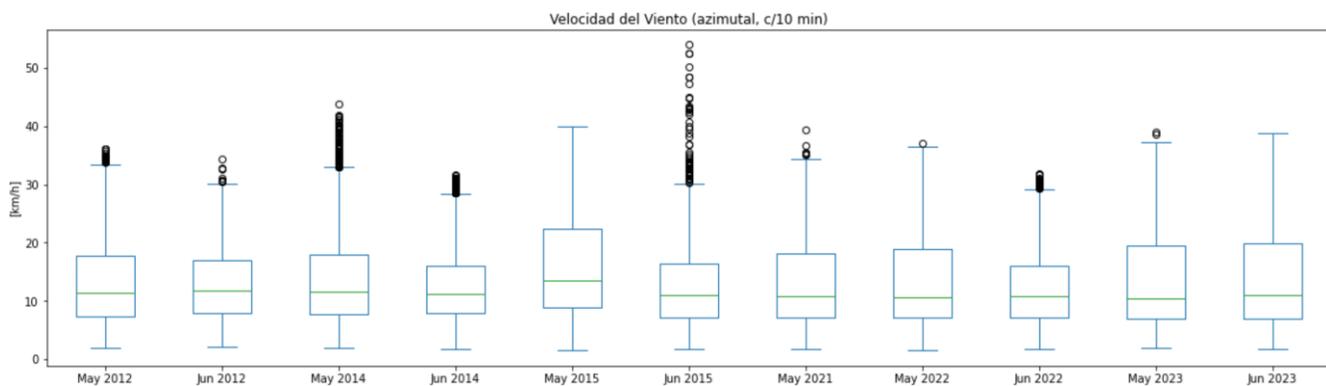
### 2.3.1. Viento local

**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  $29^{\circ}$  de latitud norte y los  $108^{\circ}$  y  $116^{\circ}$  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](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

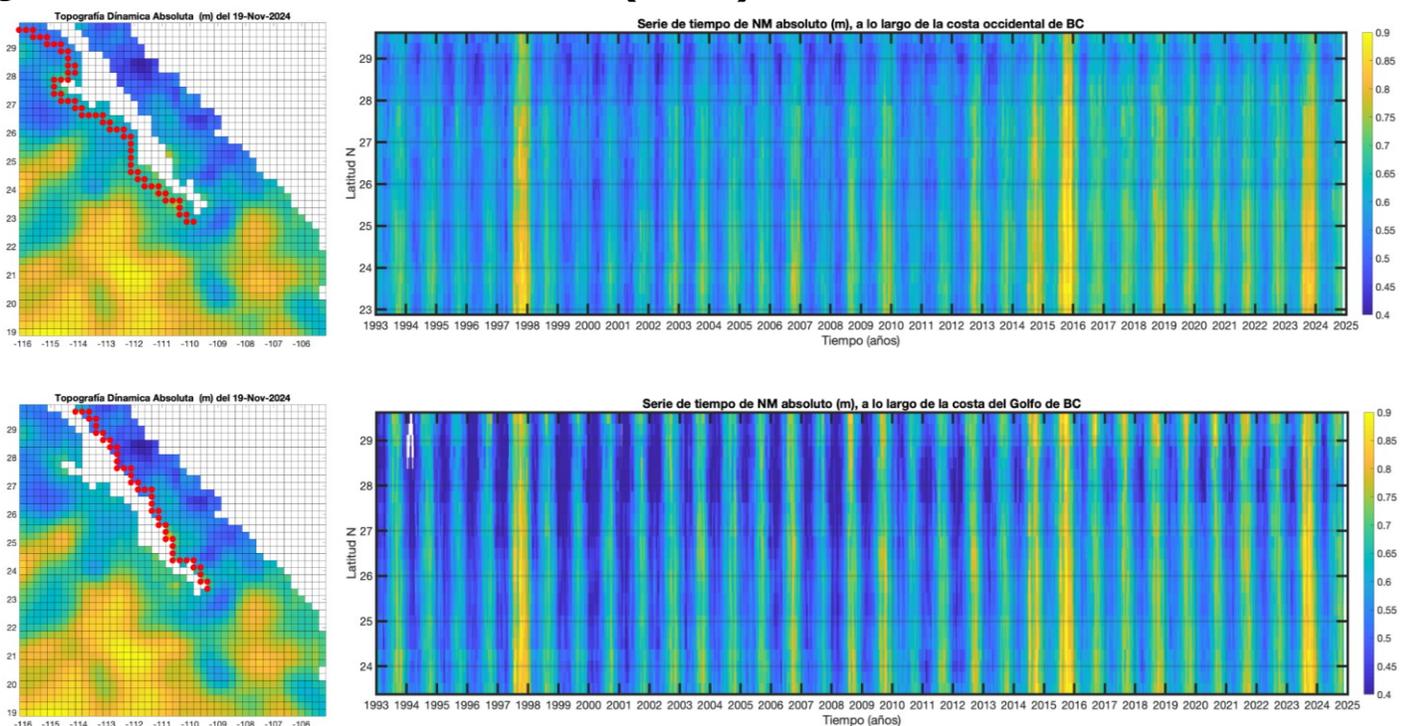
datos son globales, fue necesario hacer un recorte al área de estudio. A cada recorte se le hizo un conteo de píxeles para cada categoría de PP, con lo que se calculó el área ocupada por categoría, considerando que: 1 píxel equivale a 5 km<sup>2</sup>. Las categorías o hábitats dominantes fueron aquellas con la mayor extensión total (km<sup>2</sup>). 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.

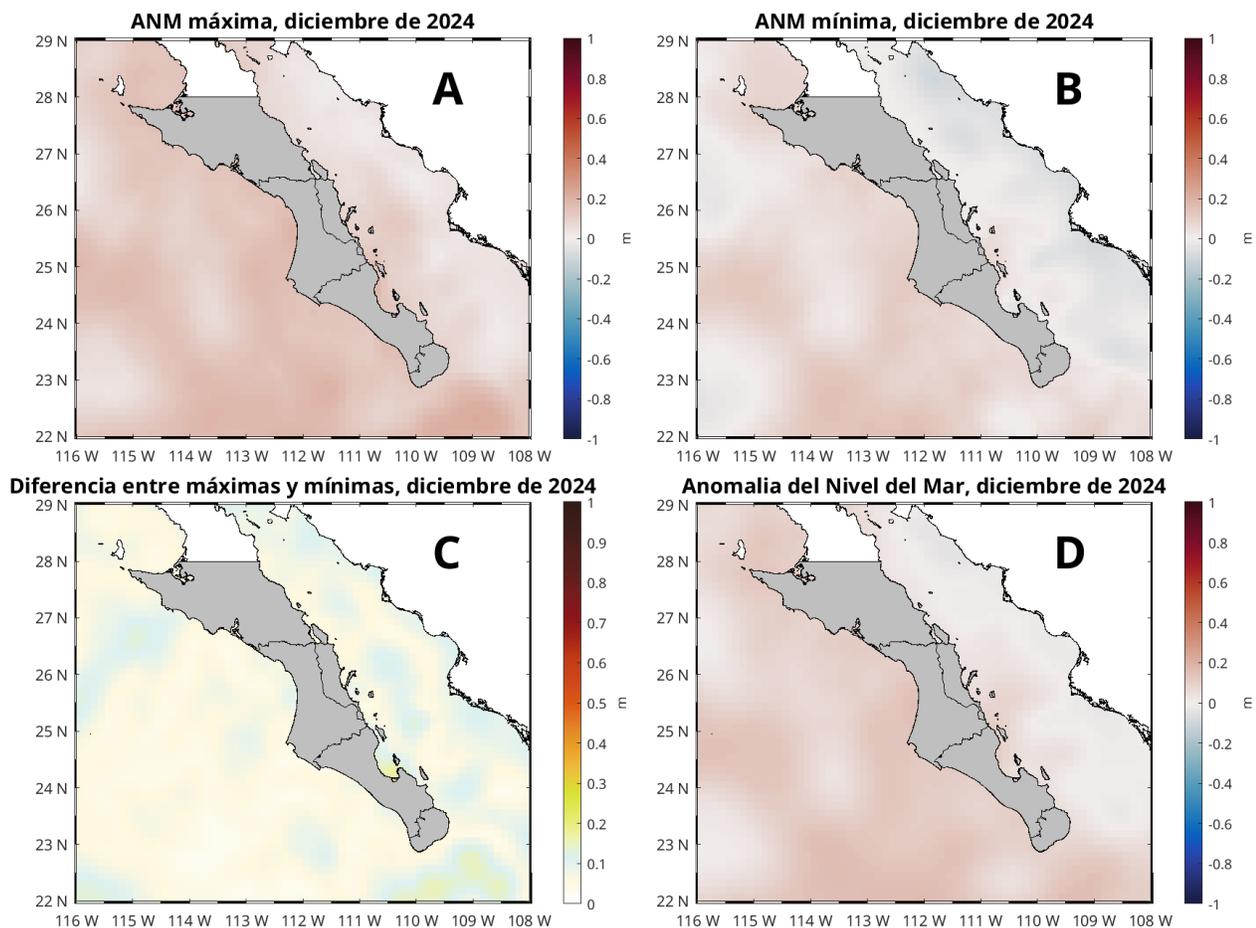
Esta sección muestra la evolución del nivel del mar absoluto (NMA) a lo largo de la costa (figura 4). Las unidades son metros (m) y destacan los máximos que corresponden a eventos cálidos, en tonos amarillos. Por ejemplo, El Niño de 1997-1998, El *Blob* cálido de

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)**

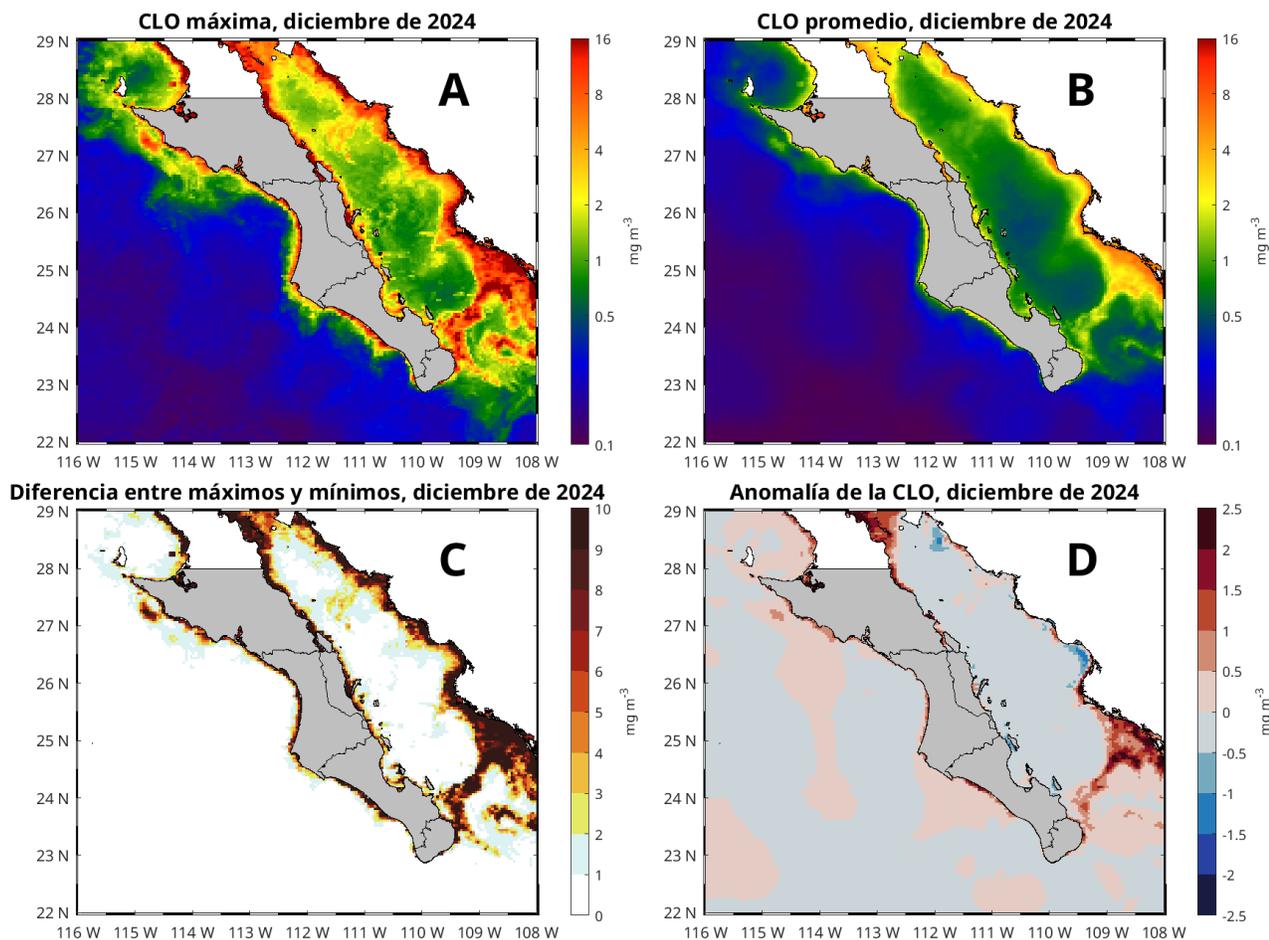
Las condiciones de ANM durante el mes de diciembre de 2024 se muestran en la figura 5. El mapa del panel **A** muestra las anomalías máximas registradas, cuyo rango se ubicó entre 0.002 y 0.219 m (en noviembre el rango fue de -0.0137 y 0.228 m). El panel **B** muestra las anomalías mínimas, cuyo rango estuvo entre 0.095 y 0.15 m, en noviembre fue de -0.056 y 0.188 m. El panel **C** muestra la diferencia entre anomalías máximas y mínimas (**A** - **B**) durante diciembre, el valor máximo fue de 0.17 m, una diferencia de 0.2 m respecto a los 0.15 m de noviembre. 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 diciembre se ubicó entre -0.04 y 0.16 m, en comparación el de noviembre se ubicó entre -0.029 y 0.211 m. En general, los valores de diciembre indican muy homogéneos, aunque las anomalías son 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 diciembre de 2024. Panel **A**, niveles máximos, **B** niveles mínimos, **C** diferencia entre máximos y mínimos y **D** anomalía.

### 3.2.2. Clorofila superficial (CLO)

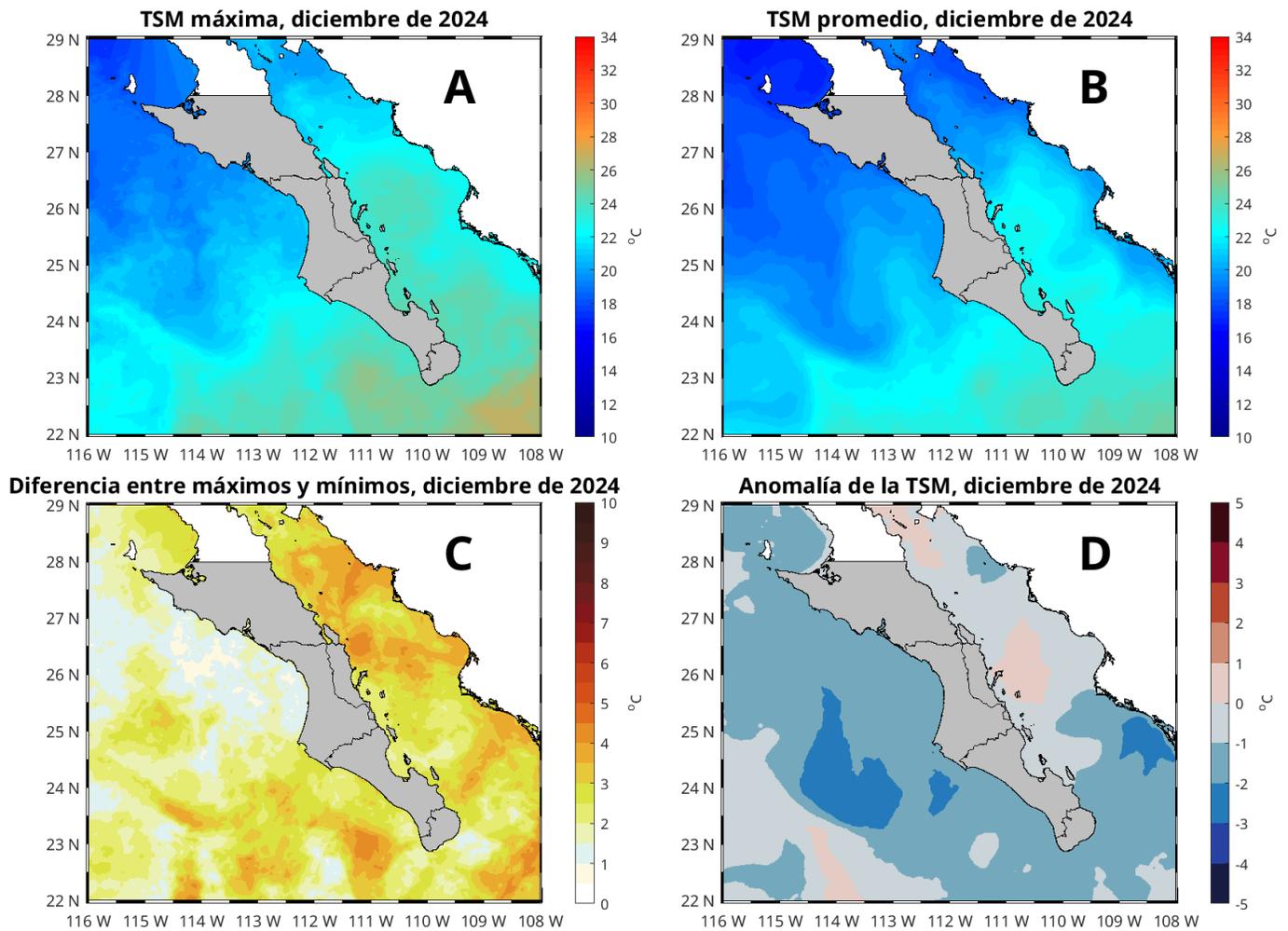
Las condiciones de CLO durante el mes de diciembre de 2024 se muestran en la figura 6. El mapa del panel **A** muestra las concentraciones máximas registradas, cuyo rango se ubicó entre  $0.112$  y  $58.45 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ , rango menor al de noviembre ( $0.098$  y  $65 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ). El panel **B** muestra las concentraciones promedio, cuyo rango estuvo entre  $0.09$  y  $14.95 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ , rango menor al de noviembre ( $0.083$  y  $20.06 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ). El panel **C** muestra la diferencia entre concentraciones máximas y mínimas (imagen no mostrada) durante noviembre, cuyo valor máximo fue de  $57.76 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ , menor respecto a los  $63.49 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$  del mes anterior. El panel **D** muestra las anomalías con respecto al promedio climatológico, el rango de noviembre se ubicó entre  $-6.92$  y  $9.97 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ , rango menor respecto a noviembre ( $-8.39$  y  $10.61 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ). 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 presentó valores menores a la escala máxima de  $64 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ , aun así, hay regiones con ligeras anomalías negativas.



**Figura 6:** Concentraciones de CLO durante el mes de diciembre 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)

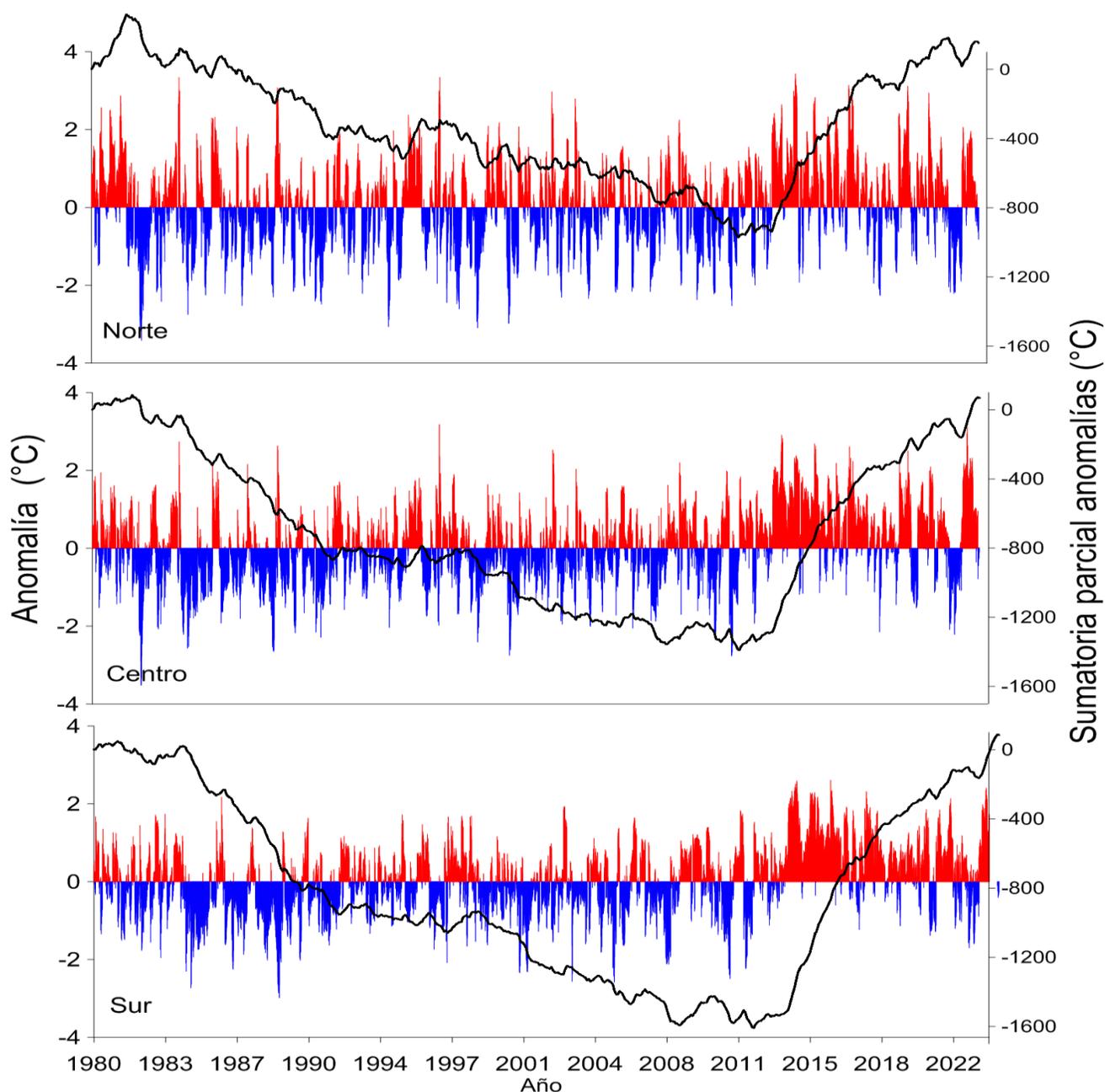
Las condiciones de TSM durante el mes de diciembre de 2024 se muestran en la figura 7. El mapa del panel **A** muestra las temperaturas máximas registradas, cuyo rango se ubicó entre 17.26 y 26.99 °C, valores menores a los registrados en noviembre (17.89 y 30.55 °C). El panel **B** muestra el promedio de TSM, cuyo rango estuvo entre 16.38 y 24.91 °C, valores menores respecto a los de noviembre (16.97 y 27.94 °C). El panel **C** muestra la diferencia entre máximos y mínimos (imagen no mostrada) durante noviembre, cuyo valor más alto fue de 4.48 °C, notoriamente menor que los 9.74 °C del mes anterior. El panel **D** muestra las anomalías con respecto al promedio histórico o climatológico de datos desde 2002, el rango de diciembre estuvo entre -2.99 y 0.55 °C, menores en comparación a los valores de -3.59 y 0.76 °C del mes anterior. En términos generales, diciembre fue un mes con anomalías negativas, dominando prácticamente toda la región, tanto costera como oceánica.



**Figura 7:** Condiciones de TSM durante el mes de diciembre 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.

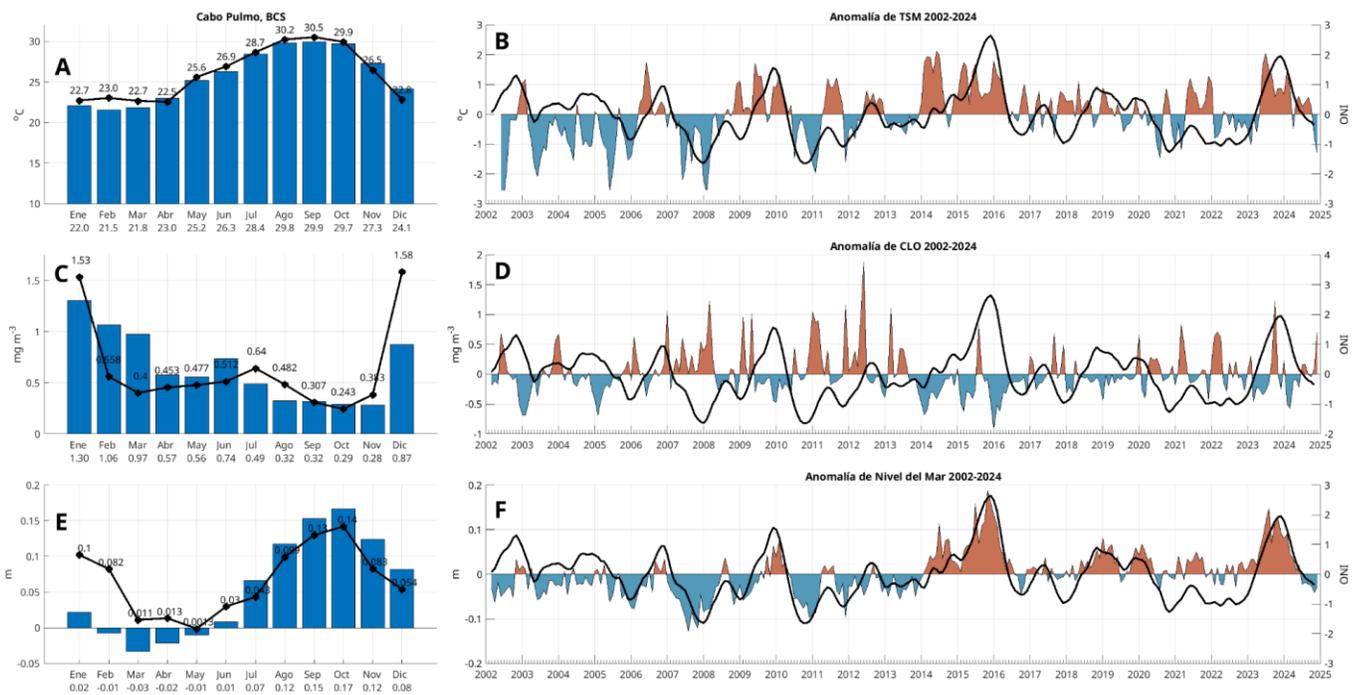
Considerando solo los datos de enero de 2014 a agosto de 2024, para la zona norte se han observado 1770 celdas con anomalías positivas y 905 celdas con anomalías negativas (media 0.79 °C y -0.46 °C). Para la zona centro en el mismo periodo se han observado 1788 celdas con anomalías positivas y 509 celdas 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 diciembre). 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 octubre a diciembre, OND).

En diciembre, la TSM tuvo un valor promedio de 22.8 °C, por debajo de su valor climatológico de 24.1 °C, menor respecto a los 26.5 °C de noviembre. Las anomalías positivas que iniciaron en mayo terminaron en noviembre y continúan en diciembre (figura 9 **A** y **B**), al parecer como una respuesta a los valores negativos del ONI (OND) de -0.24 y -0.36 respectivamente, lo que representa el cuarto mes consecutivo con valores negativos.



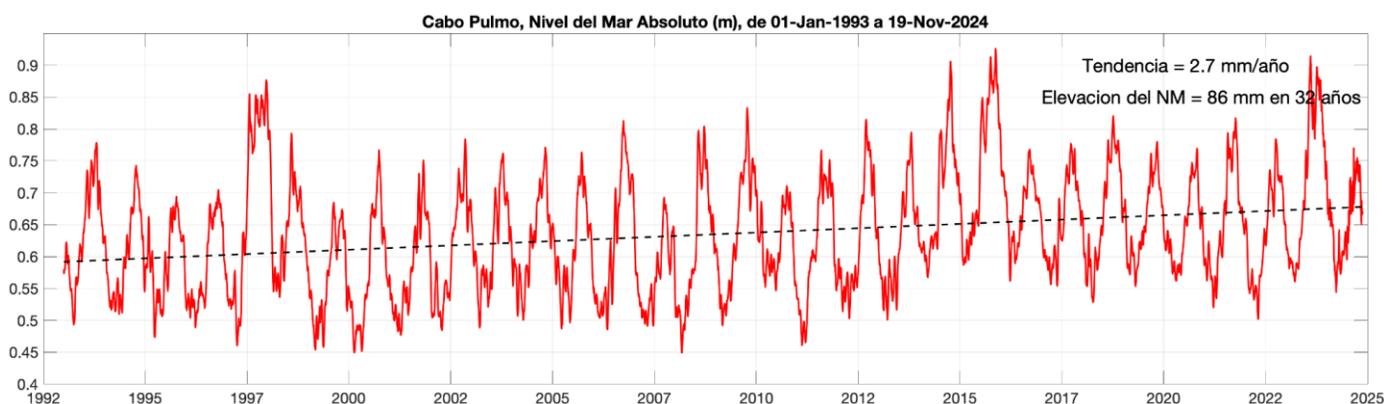
**Figura 9:** Climatologías mensuales y anomalías interanuales de TSM, CLO y ANM durante diciembre de 2024 en Cabo Pulmo. Las barras azules en los paneles **A**, **C** y **E** son las climatologías mensuales de cada variable. Los números en la base de las barras indican los valores de cada mes. Los círculos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

En diciembre, la CLO presentó un valor de  $1.58 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ , por encima de su valor climatológico de  $0.87 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$  (figura 9 **C** y **D**); mucho mayor en comparación con noviembre, que tuvo un valor de  $0.383 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Este es el segundo mes anómalamente positivo, las condiciones de diciembre no son muy sustancialmente diferentes respecto a su comportamiento normal, al parecer, el efecto de los valores negativos del ONI por cuatro meses seguidos (típicos de La Niña) ya se reflejan en un aumento de los niveles de clorofila.

En diciembre, la ANM registró un valor de  $0.054 \text{ m}$ , muy inferior a su valor climatológico de  $0.08 \text{ m}$  (figura 9 **E** y **F**), ligeramente menor en comparación con octubre ( $0.088 \text{ m}$ ). 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 cuatro valores negativos consecutivos del ONI ( $-0.36$ ,  $-0.24$ ,  $-0.21$ ,  $-0.11$ ) 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

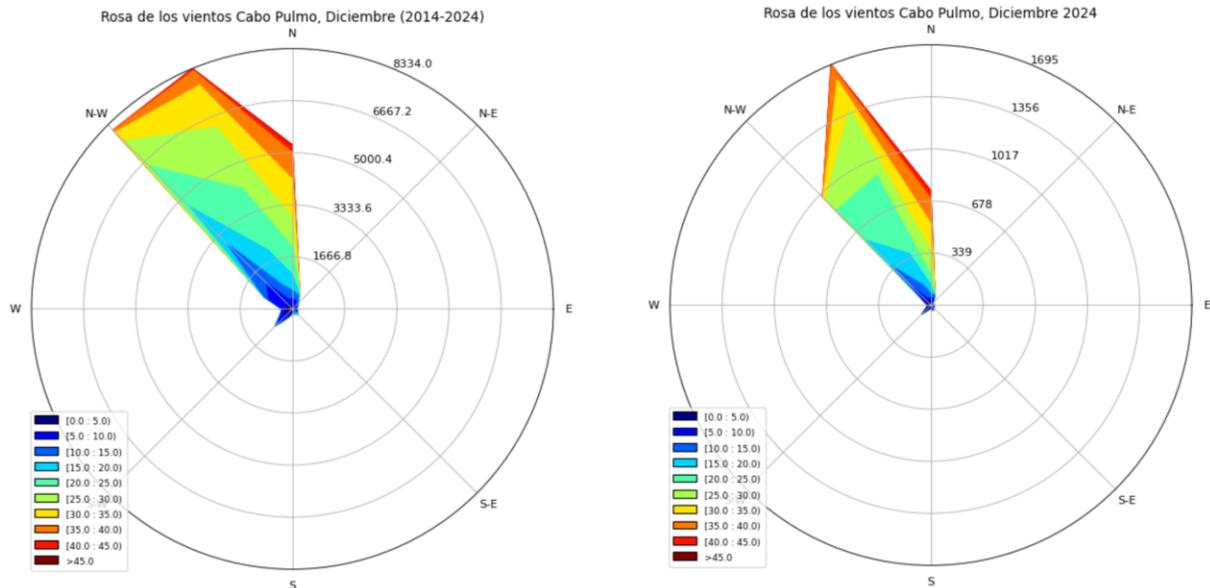
cálido, y el de 2015 debido a otro evento El Niño. El año 2023 se encuentra entre los máximos del registro por 2 razones: a) el evento El Niño que calentó el Pacífico Tropical Oriental y, b) el incremento del nivel del mar por calentamiento global. Ambos fenómenos contribuyen a la elevación del nivel 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 geode y la tendencia de largo período debida al calentamiento global.

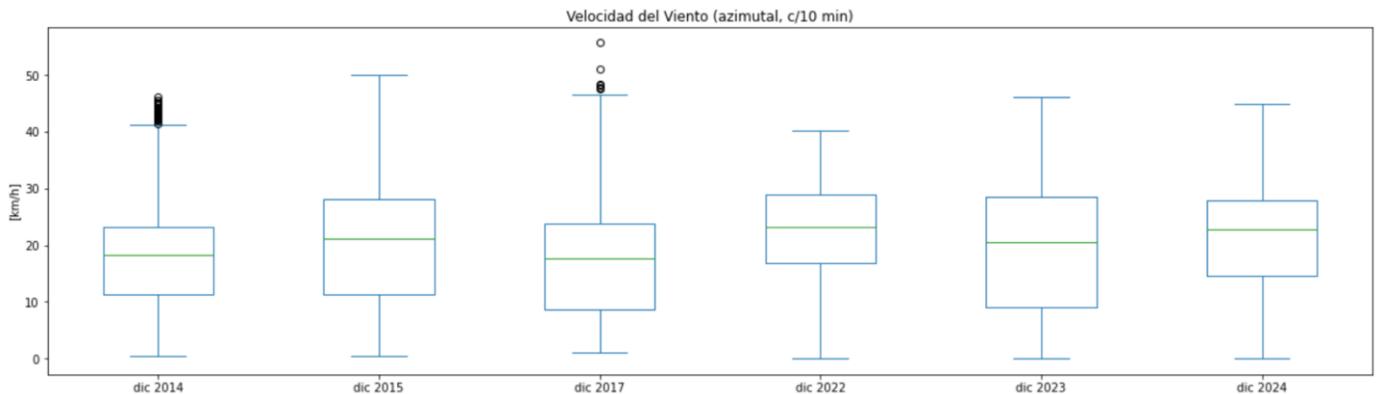
### 3.3.2. Viento (VTO) *in situ*

Durante el mes de diciembre de 2024 se pueden observar cambios ligeros en el patrón característico de los vientos en la región de Cabo Pulmo, BCS. Se aprecia una dominancia de los vientos provenientes del Norte-Noroeste que contrasta con el umbral de dirección del viento más amplio hacia el oeste definido por la climatología para dicho mes (2014-2024). Se observa que los vientos provenientes del cuadrante Suroeste durante el mes de diciembre de 2024 no aparecen como se espera de la climatología (figura 11).



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

La intensidad del viento *in situ* registrada durante el mes de diciembre de 2024, en Cabo Pulmo, muestra una distribución de intensidades atípica con pocos valores superiores a los 40 km/h pero valores extremos por debajo de los 10 km/h que contrastan con un valor de la mediana por arriba de los 20 km/h en comparación con años previos (figura 12, outliers). Durante diciembre de 2024 no se rebasaron los valores por arriba de los 45 km/h que ocurrieron durante 2017.

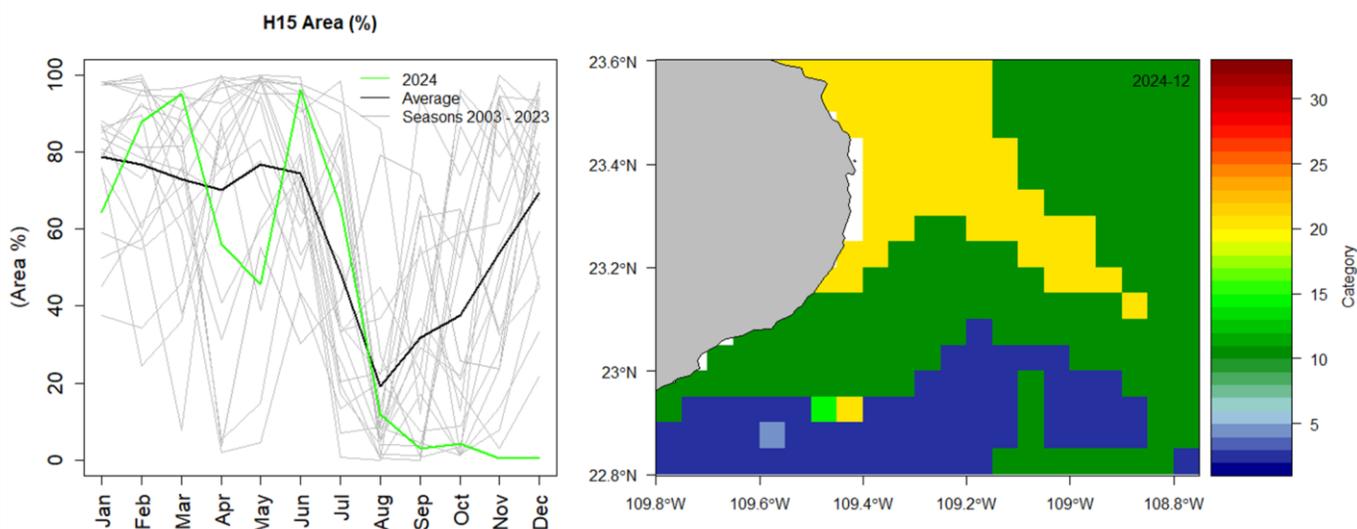


**Figura 12:** Análisis de cajas de la intensidad de los vientos en la estación Cabo Pulmo durante el mes de diciembre de 2024. Se puede notar que la distribución estadística de la intensidad del viento tiende a ser una distribución normal con una mediana alrededor de los 20 km/h. Los valores de viento 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<sup>-3</sup>. 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<sup>-3</sup> 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 en octubre pero desapareció por completo en noviembre y diciembre, muy distinto a lo que suele suceder bajo condiciones promedio cuando llega a cubrir cerca del 60% (figura 13a y 13b). En diciembre de 2024 se observa que las aguas más frías y más productivas representadas en H21, se acercan por el norte y van cediendo espacio a aguas menos productivas hacia el sur y hacia la porción más oceánica (H3, H11). Ambos hábitats presentan expansiones anómalas, H3 en el periodo de septiembre a diciembre superando hasta en 40% al promedio, mientras que H11 lo rebasó hasta en 50% en noviembre y diciembre (figura 13b).

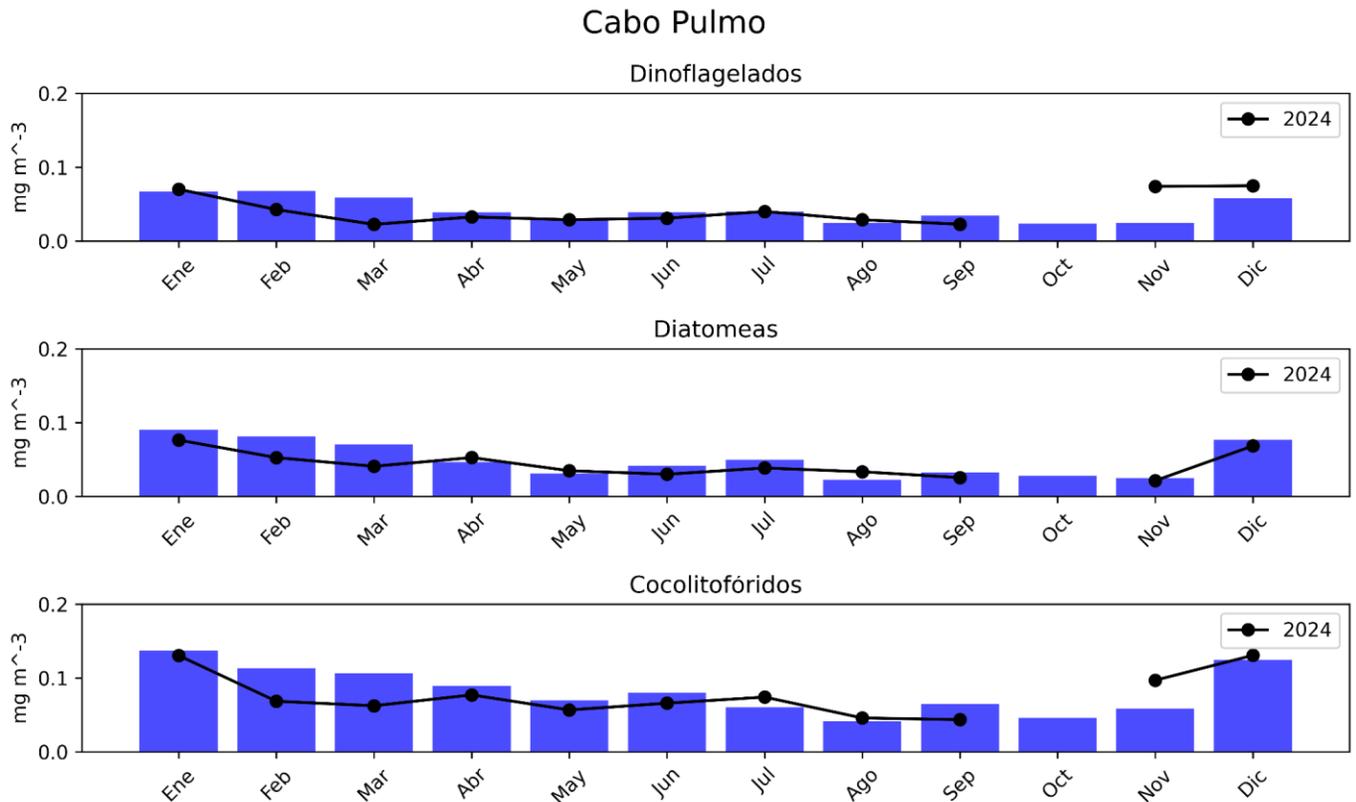


**Figura 13:** Paisaje Pelágico frente a Cabo Pulmo. a) Panel izquierdo: Comportamiento estacional del hábitat dominante H15 (2003-2024). b) Panel derecho: Distribución espacial promedio de los hábitats pelágicos durante diciembre de 2024.

### 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 muestran el promedio mensual de enero a diciembre de 2024. Los resultados indican que el promedio mensual de las concentraciones de los tres grupos han aumentado, igualando el promedio climatológico del mes de julio hasta agosto. El sensor no ha registrado datos para Cabo Pulmo en el mes de octubre.



**Figura 14:** Climatologías de la concentración de grupos fitoplanctónicos expresada en CLO en el agua de mar en Cabo Pulmo durante el año 2024.

### 3.4. Bahía de La Paz

#### 3.4.1. Series de tiempo

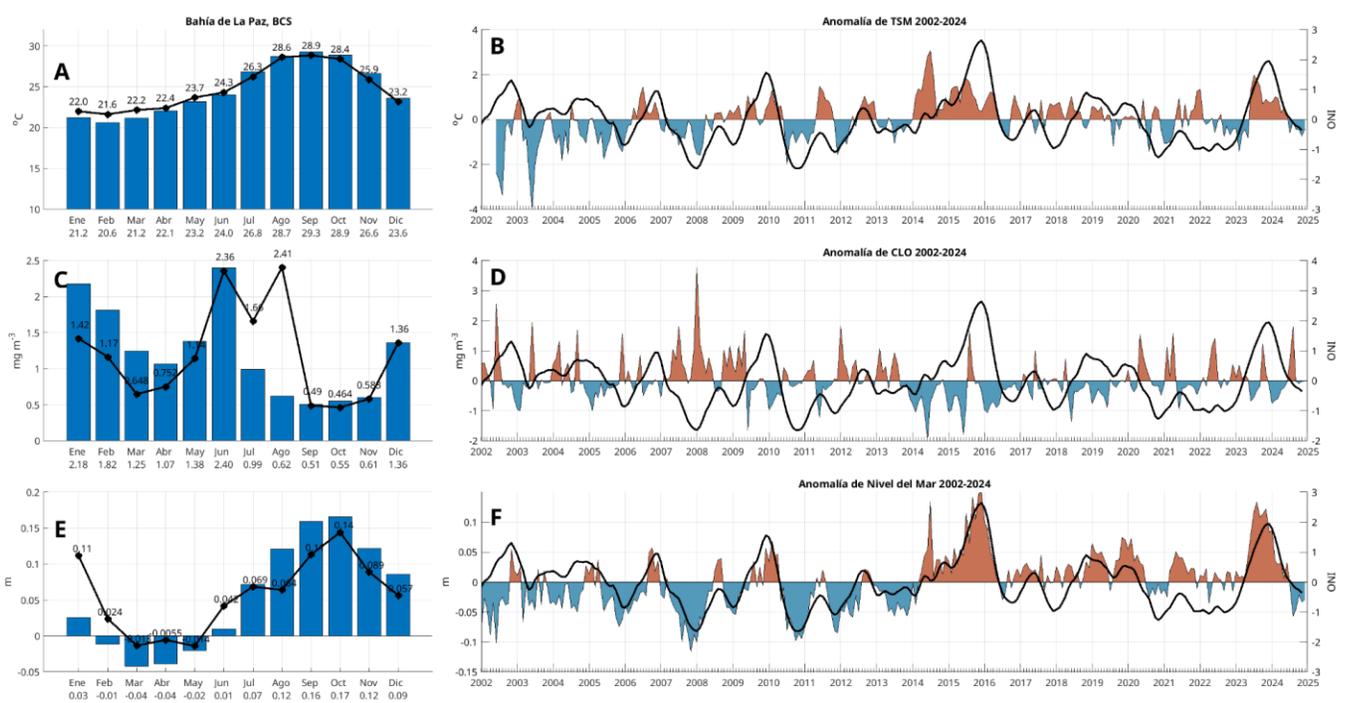
Las condiciones climatológicas y de anomalías de TSM, CLO y ANM a lo largo del tiempo (2002-2024) para La Bahía de Paz se muestran en la figura 15. Los paneles **A**, **C** y **E**, muestran las climatologías mensuales, las líneas negras indican los valores en 2024 (hasta diciembre). Los paneles **B**, **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 octubre a diciembre, OND).

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 diciembre su valor fue de -0.4 °C. El valor mensual en diciembre fue de 23.2 °C, menor a su valor climatológico de 23.6 °C; en comparación, noviembre presentó un valor de 25.9 °C. Se debe señalar que desde abril, los valores, aunque negativamente anómalos, están

relativamente cerca de sus valores climatológicos (figura 15 A y B). Esto sugiere que estamos en condiciones neutrales, es decir, sin la influencia aparente de La Niña en la región, al respecto, el valor del ONI (OND) es de -0.36, cuarto valor consecutivo negativo.

En diciembre, la CLO presentó un valor de  $1.36 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ , mismo valor que su promedio climatológico (figura 15 C y D); en comparación, en noviembre se registró un valor de  $0.583 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Desde septiembre, los valores de CLO han estado muy cercanos a sus valores climatológicos, el valor del ONI en OND (-0.36), aunque negativo, no se ha reflejado en mayores niveles de clorofila.

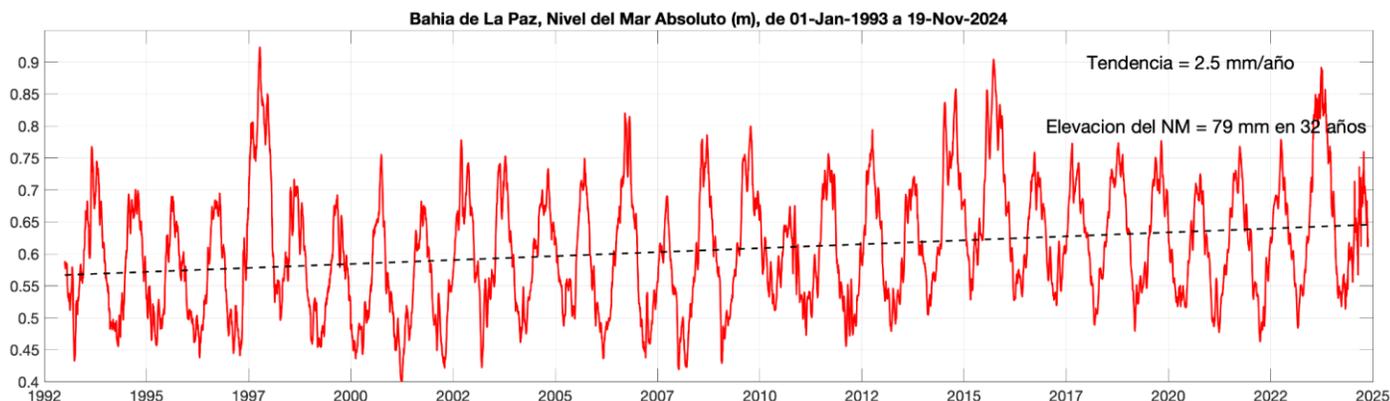
En diciembre de 2024, las ANM registraron un valor de 0.057 m, por debajo de su valor climatológico de 0.09 m. El valor mensual disminuyó en comparación al de octubre de 0.089 m. Desde julio de 2023 las anomalías fueron positivas, pero a partir de julio de 2024 se comenzaron a registrar anomalías negativas, en diciembre su valor fue de -0.046 m (figura 15 E y F).



**Figura 15:** Climatologías mensuales y anomalías interanuales de TSM, CLO y ANM durante diciembre 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 diciembre. Las series de tiempo de los paneles B, D y F representan las anomalías interanuales, la línea negra es el ONI (OND).

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: Periodo: Enero-Diciembre de 2024.

##### Temperatura del aire (Tair)

La figura 17, muestra en (a) la serie de tiempo de la temperatura diaria del aire (Tair) registradas en la Estación La Paz durante el período: Enero a diciembre de 2024 (datos diarios). Los valores máximos de Tair ( $>34.0^{\circ}\text{C}$ ) se observaron durante el verano y otoño (junio-agosto, octubre-noviembre) con un valor promedio anual de  $25.1^{\circ}\text{C}$  (ver Tabla 1) y temperaturas mínimas (11 a  $17.3^{\circ}\text{C}$ ) durante invierno (enero-marzo), mostrando un aumento de la temperatura desde el mes de abril hasta septiembre (período delimitado por líneas punteadas) y donde se observaron caídas de la TAire (abril y mayo) y una tendencia descendente durante octubre a diciembre (otoño). Los efectos del paso del Huracán Ileana (H. Ileana) se observaron del 12 al 15 de septiembre.

##### Humedad Relativa (Hr)

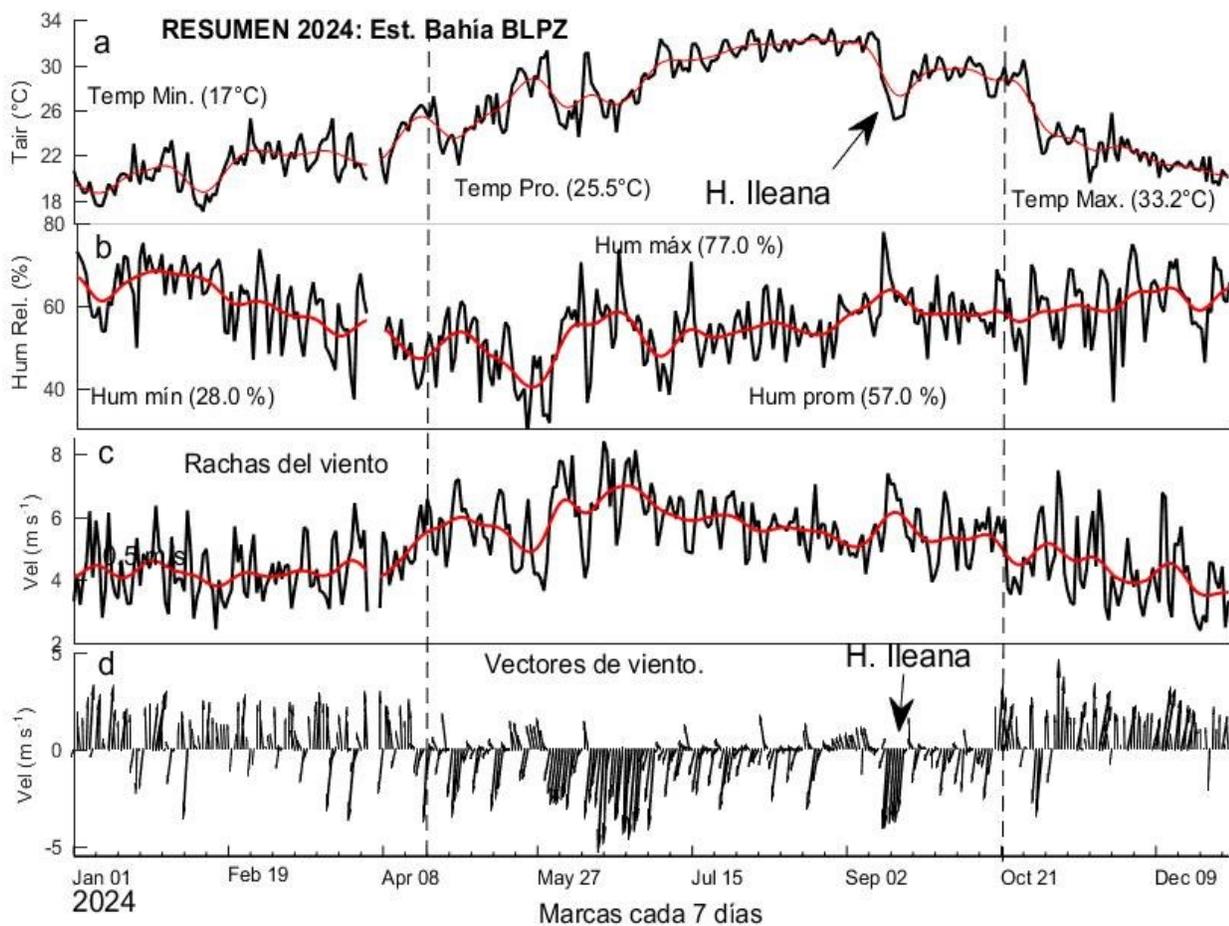
La figura 17, muestra la serie diaria de la humedad relativa (Hr) durante 2024, donde se observaron valores diarios máximos  $>77\%$  y mensuales de  $90\%$  (ver Tabla 1), en gran parte del año. Valores de promedio anual de  $60\%$  y mínimos de  $15\%$  (abril-mayo). Durante la primavera-verano (abril-julio) se observan picos de máxima humedad (Mayo a Junio), asociados al ingreso de aire húmedo proveniente del océano Pacífico y al paso del H. Ileana.

## Rachas de viento ( $m s^{-1}$ )

La figura 17, muestra los valores de rachas de viento donde se muestran valores máximos durante los meses de invierno ( $>20.0 m s^{-1}$ ) y verano ( $13-15 m s^{-1}$ ). Septiembre mostró un incremento asociado con el paso del H. Ileana. Los picos máximos de rachas de viento ( $15-20 m s^{-1}$ ), se observaron al final de la primavera, verano e invierno asociados al cambio en la dirección de viento (período monzónico), el paso del H. Ileana y al ingreso de los frentes fríos de la temporada invernal (Tabla 1).

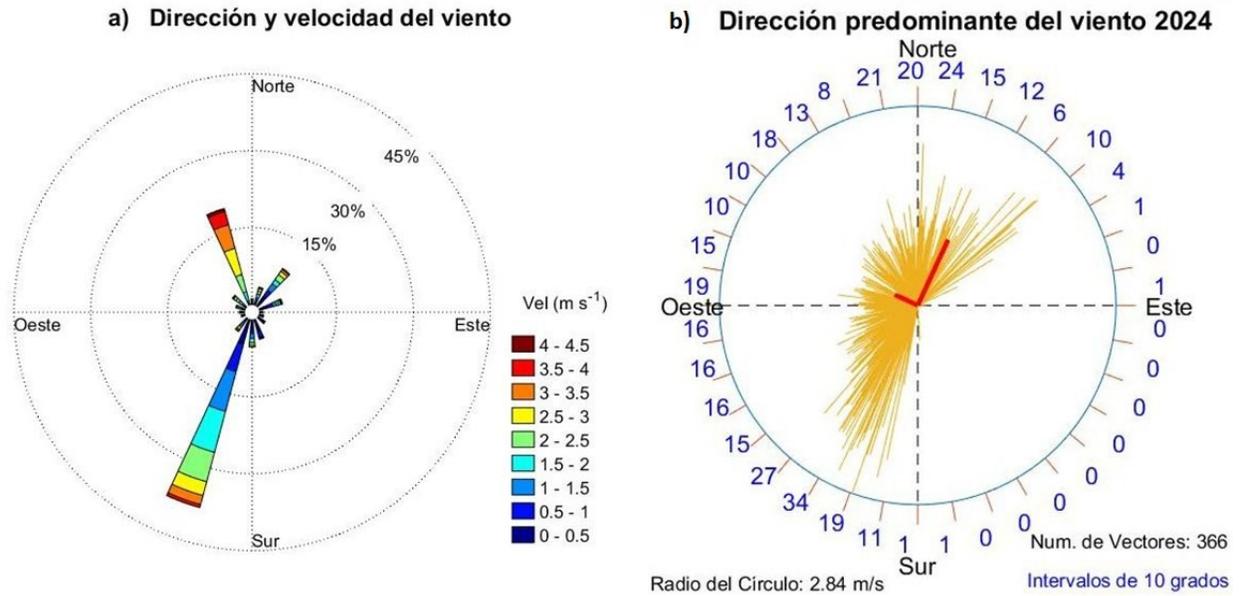
## Dirección del vector viento ( $m s^{-1}$ )

La figura 17, muestra la dirección del viento en forma vectorial correspondientes a los datos diarios del 2024. La dirección predominante del viento durante 2024 fue del norte y noreste durante el otoño e invierno cambiando al sur y suroeste durante la primavera y verano (período delimitado por las líneas punteadas), asociado al cambio meteorológico asociado al período del monzón de Norteamérica. Septiembre muestra los fuertes vientos asociadas al H. Ileana.



**Figura 17:** Series de tiempo diaria de datos registrados en la Bahía de La Paz, cubriendo el período 01 de enero, al 31 de diciembre de 2024: (a) Temperatura del aire, (b) Humedad Relativa, (c) Rachas del viento y (d) la dirección del vector del viento. Las líneas en rojo indican el promedio corrido de 7 días de los datos registrados. Se indica el efecto del Huracán Ileana (12-15 de septiembre) sobre los parámetros analizados.

La figura 18, muestra la dirección del viento usando los datos diarios del período enero a diciembre del 2024 en forma de rosa de vectores registrados en la Bahía de La Paz. La dirección predominante, fue del 1er y 4to cuadrante asociadas con los periodos de otoño e invierno y del 3er., cuadrante durante el verano, este último asociado al cambio en la dirección del viento relacionada con la presencia del monzón de Norteamérica. Los vectores en rojo indican los ejes principales promedio de la máxima y mínima varianza en los valores de los vectores analizados.



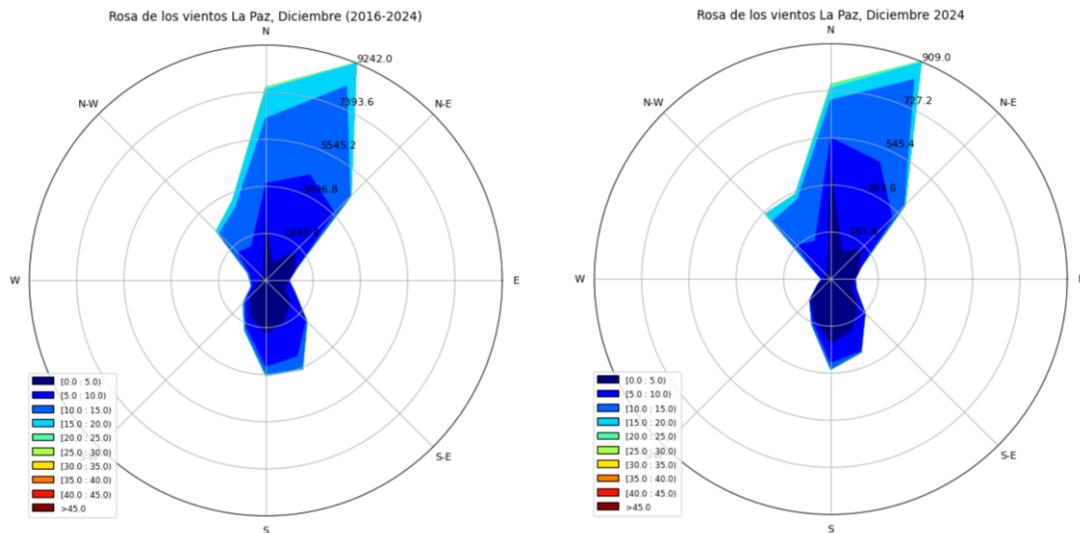
**Figura 18:** Dirección y velocidad predominante del viento (datos diarios) registradas en la Estación meteorológica ubicada en La Bahía de La Paz durante el período 01 de enero, al 31 de diciembre de 2024. Valores diarios mostrados en forma de: a) rosa de los vientos y b) rosa de vectores (dirección predominante), los números en el círculo indican el número de vectores (diarios) y la dirección predominante (cuadrantes). Los vectores en rojo indican los ejes principales promedio (máxima y mínima varianza del viento promedio).

Tabla 1. Promedio mensual de los parámetros climáticos registrados al sur de la Bahía de La Paz durante 2024. Los colores realzan los valores máximos mensuales de cada parámetro.

Promedio mensual de parámetros climáticos registrados en Bahía de La Paz, 2024													
Variables	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
T. Máx. ° C	30.8	29.9	31.2	35.2	35.7	36.4	39.3	39.5	35.6	39.7	37.5	32.1	35.2
T. Prom. ° C	20.8	20.6	20.2	22.9	24.6	25.1	28.7	31.3	29.7	29.3	26.6	21.7	25.1
T. Min. ° C	11.2	12.5	11.3	13.3	16.3	15.5	16.5	22.9	21.8	19.7	14.3	13.5	15.9
Hum. Máx. %	89.0	90.0	91.0	89.0	85.0	90.2	92.3	83.9	86.5	85.0	90.0	90.0	88.0
Hum.Prom. %	66.0	69.0	66.7	53.0	53.1	58.4	53.2	53.8	69.9	59.0	58.0	62.0	60.0
Hum. Min. %	19.0	12.0	23.0	9.0	13.0	7.0	12.0	23.0	20.0	18.0	17.0	16.0	15.0
Rach. Viento Max. m s <sup>-1</sup>	20	16.2	14.0	10.3	15.0	15.6	11.5	11.4	13.1	13.9	10.5	20.3	14.5
Rach.Viento. Prom. m s <sup>-1</sup>	9.0	7.6	6.0	5.5	6.0	8.0	6.2	6.1	5.8	5.6	5.2	11.3	6.2
Rach. Viento. Min. m s <sup>-1</sup>	1.0	1.2	2.0	1.3	1.0	2.0	2.0	2.0	1.1	1.0	1.6	3.5	1.0

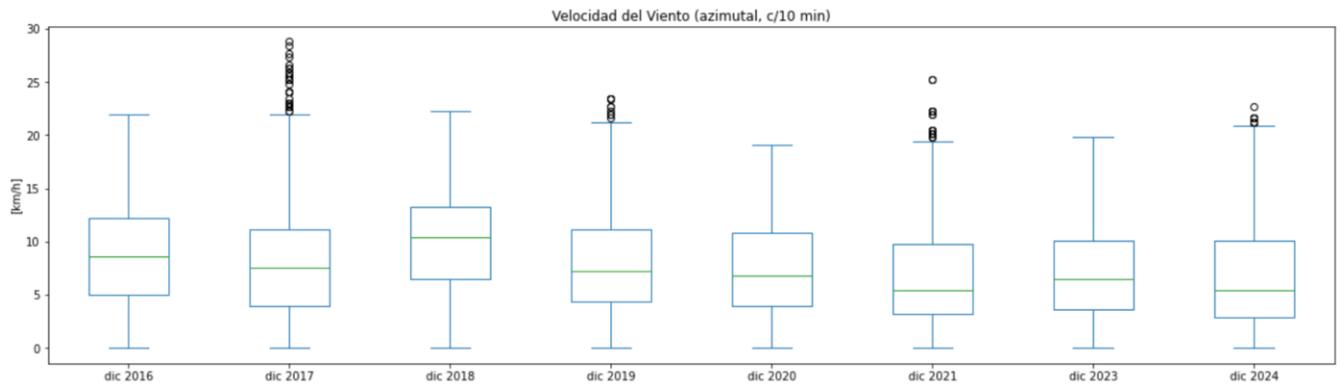
### 3.4.3. Viento (VTO) *in situ* en la ciudad de La Paz, BCS

Se observa que durante el mes de diciembre de 2024 el patrón característico de los vientos dentro de la ciudad de La Paz (figura 19) contrasta con la climatología (2016-2024) principalmente en la región Noroeste ya que en esta dirección se nota un aumento de la frecuencia de los vientos. En cuanto a 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 diciembre de 2024.

La intensidad del viento registrada *in situ* en este punto de la ciudad de La Paz durante el mes de diciembre de 2024 no muestra valores atípicos mayores a los ocurridos durante el mismo mes en 2021 y 2017 (figura 20, *outliers*). En comparación con el año previo (2023), los vientos cercanos a los 5 km/h fueron menos frecuentes pero la distribución de los vientos sí señala la ocurrencia de vientos atípicos superiores a los 20 km/h (figura 20, *boxplots*).

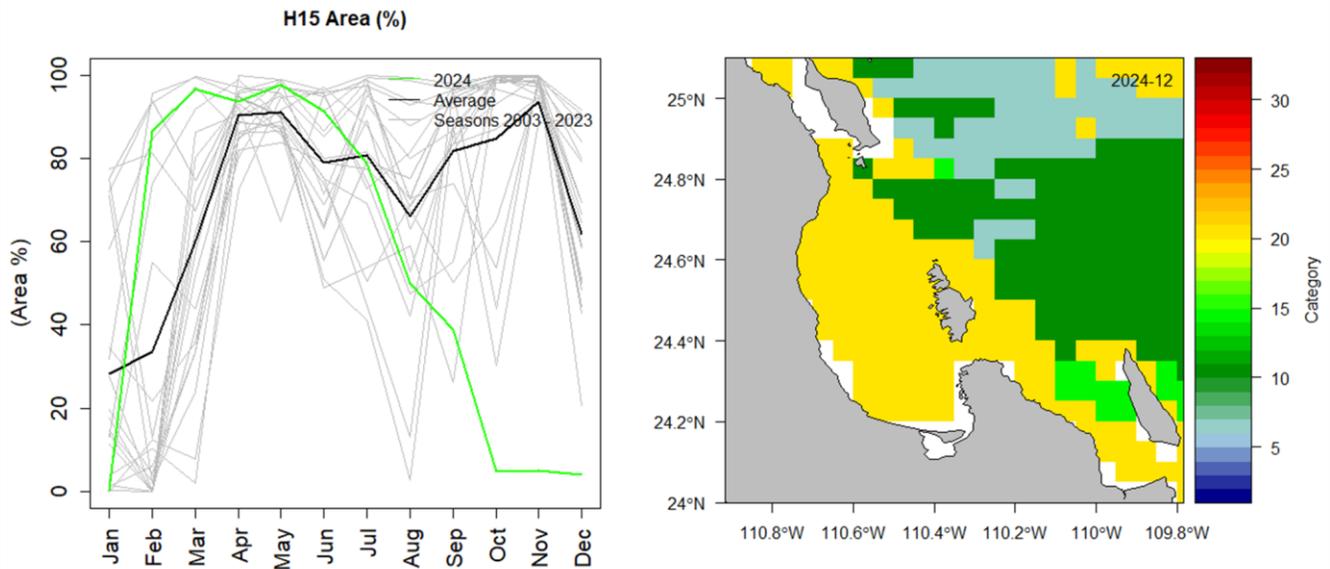


**Figura 20:** Análisis de cajas de la intensidad de los vientos en la ciudad de La Paz, BCS, durante el mes de diciembre de 2024. Los valores de viento atípico u *outliers* se muestran con círculos en negro en la figura.

#### 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<sup>-3</sup>.

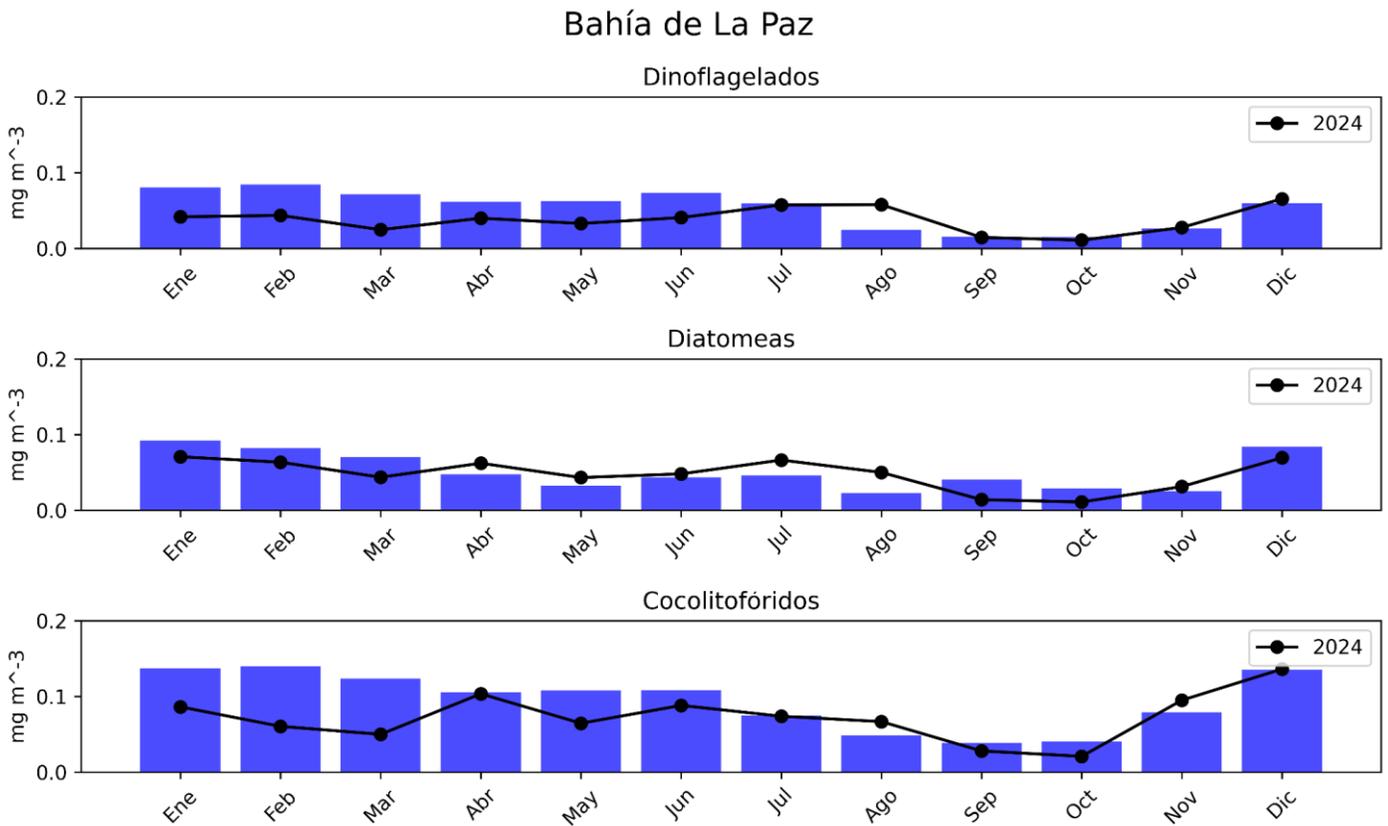
En febrero y marzo, H15 presentó expansiones importantes, superando hasta en 50% al promedio, sin embargo se acercó a las condiciones habituales entre abril y agosto, para posteriormente contraerse hasta casi desaparecer de la zona, una condición sin precedentes (Fig. 21a). La contracción de H15 fue ocupada por H3 y H11, ambos con importantes crecimientos por encima del promedio, lo que se traduce en la entrada de aguas de menor temperatura. De agosto a octubre se aprecia la expansión anómala de H3 (24.12 °C, 35.34 ups, y 0.15 mg·m<sup>-3</sup> de clorofila), alcanzando a cubrir cerca del 70% del área considerada, muy por encima del 10% que suele ocupar bajo condiciones promedio (figura 21a). Durante diciembre las aguas más productivas cubrieron todo el interior de la bahía, mientras que una mayor diversidad de condiciones se observó en la zona adyacente, con valores de clorofila cercanos al promedio pero de considerable menor temperatura (figura 21b).



**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 diciembre 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 diciembre de 2024. Los resultados indican que el promedio mensual de las concentraciones de los tres grupos han aumentado, superando el promedio climatológico para diatomeas y dinoflagelados, en particular para el mes de julio y agosto.



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

### 3.5. San Juanico, Golfo de Ulloa

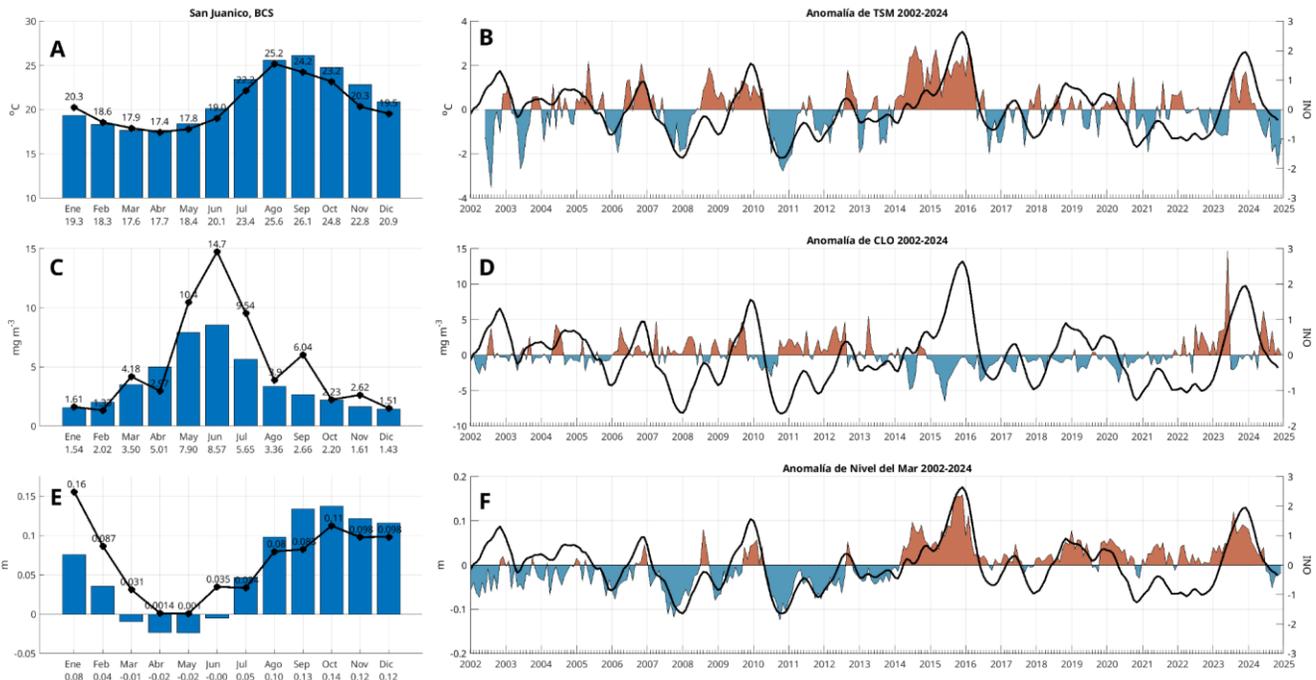
#### 3.5.1. Series de tiempo

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 diciembre). 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 octubre a diciembre, OND).

En diciembre de 2024 la TSM registrada fue de 19.5 °C, por debajo en -1.4 °C respecto de su valor climatológico de 20.9 °C y menor a los 20.3 °C de noviembre (figura 23 **A** y **B**). Desde abril, las anomalías de TSM son negativas, lo que indica condiciones anómalamente frías en la región, coincidiendo con los últimos cuatro registros negativos del ONI (-0.36, -0.24, -0.21, -0.11, respectivamente).

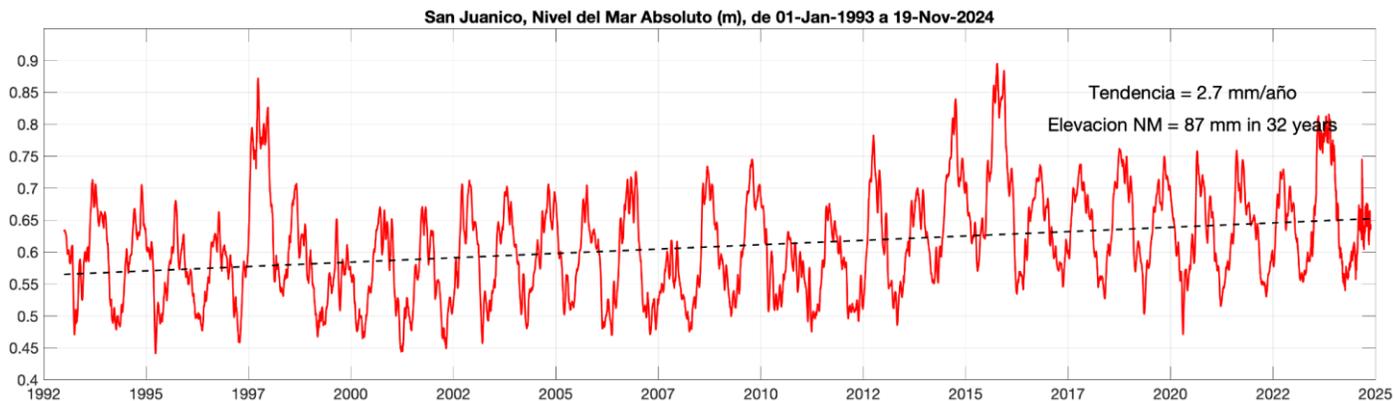
El valor registrado de CLO para diciembre de 2024 fue de 1.51 mg·m<sup>-3</sup>, superior a los 1.43 mg·m<sup>-3</sup> de su valor climatológico, pero inferior a los 2.62 mg·m<sup>-3</sup> de noviembre (figura 23 **C** y **D**). Desde mayo (7 meses), las anomalías son positivas, acorde con condiciones frías y favorables (registros negativos del ONI).

El valor de la ANM durante el mes de diciembre 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, mismos valores, ambos, que en noviembre. 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 diciembre (figura 23 E y F), acorde con los últimos cuatro valores negativos del ONI.



**Figura 23:** Climatologías mensuales y anomalías interanuales de TSM, CLO y ANM durante diciembre 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 diciembre. 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 pacífico 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.

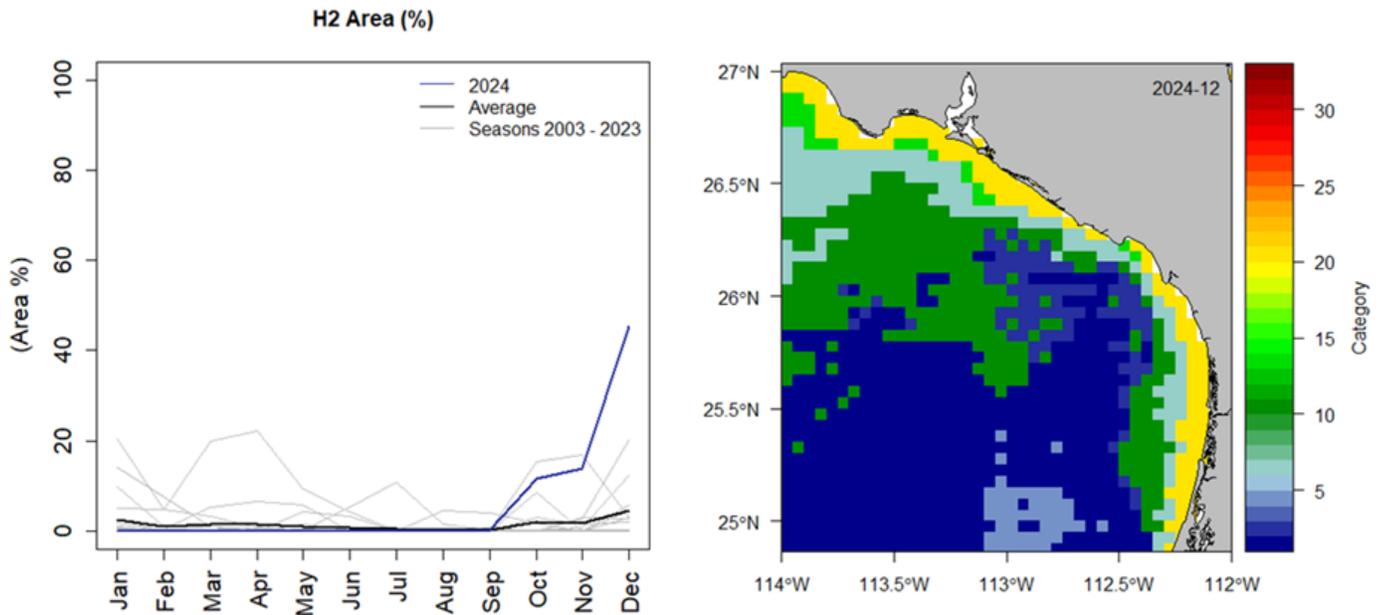
### 3.5.3. Paisaje Pelágico (GU)

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<sup>-3</sup>. 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<sup>-3</sup>).

En diciembre de 2024 se observa en el Golfo de Ulloa un gradiente de aguas más frías y más productivas de la costa hacia mar adentro (figura 25b). Particularmente la categoría más productiva de todas, H21, se mantiene replegada a la costa, ocupando poco más del 15% del área total, y se aprecia que de junio a noviembre ha ocupado un área mayor al promedio. Asimismo, H2 fue la categoría más dominante con aguas configuradas en torno a los 12.93 °C, 34.43ups y 0.12 mg·m<sup>-3</sup>, cubriendo áreas mucho más grandes que el

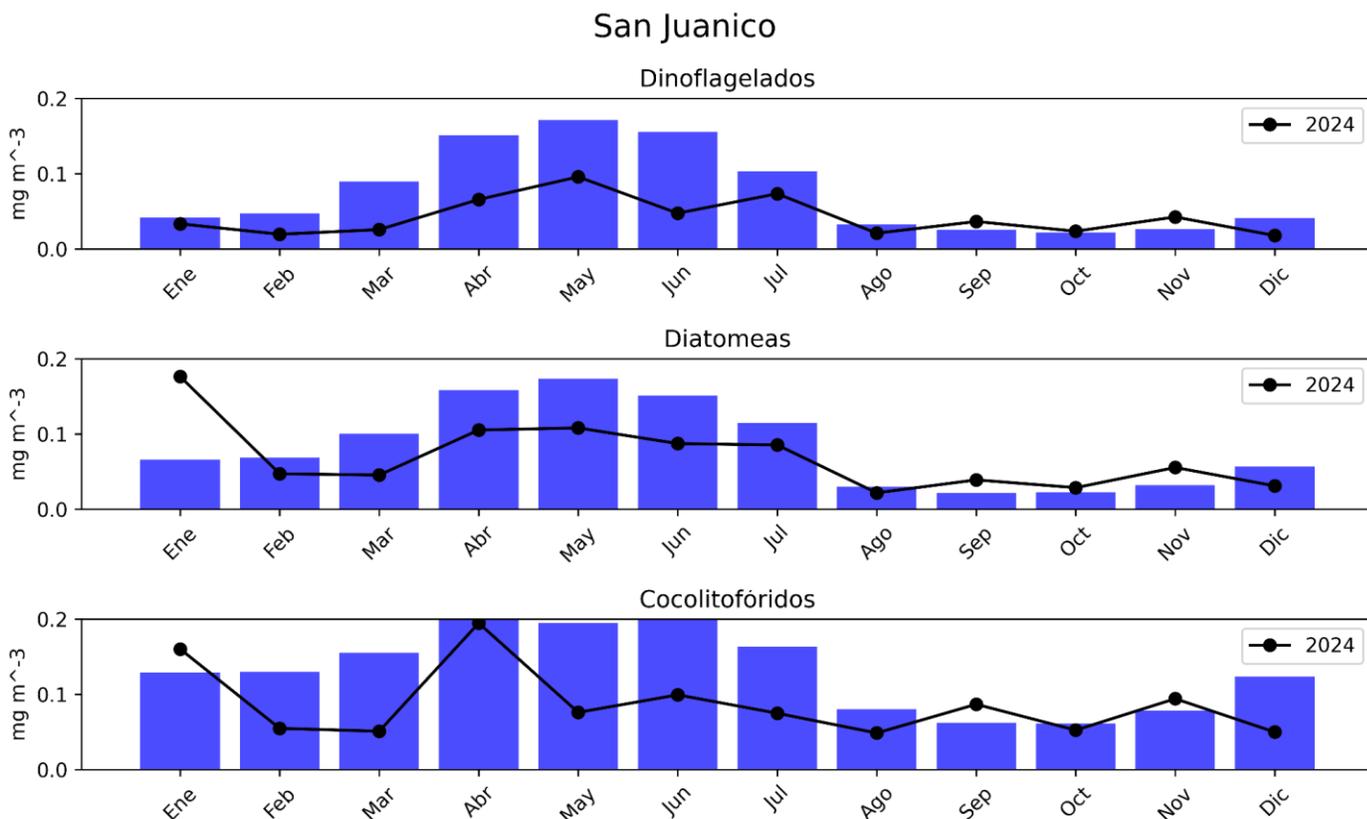
promedio (Fig. 25a). Categorías como H11 y H21, retornaron a sus áreas promedio, después de haberse expandido considerablemente entre junio y noviembre (figura 25b).



**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 diciembre 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 indican que el promedio mensual en las concentraciones de diatomeas, dinoflagelados y cocolitofóridos se incrementó desde el mes de agosto hasta noviembre.

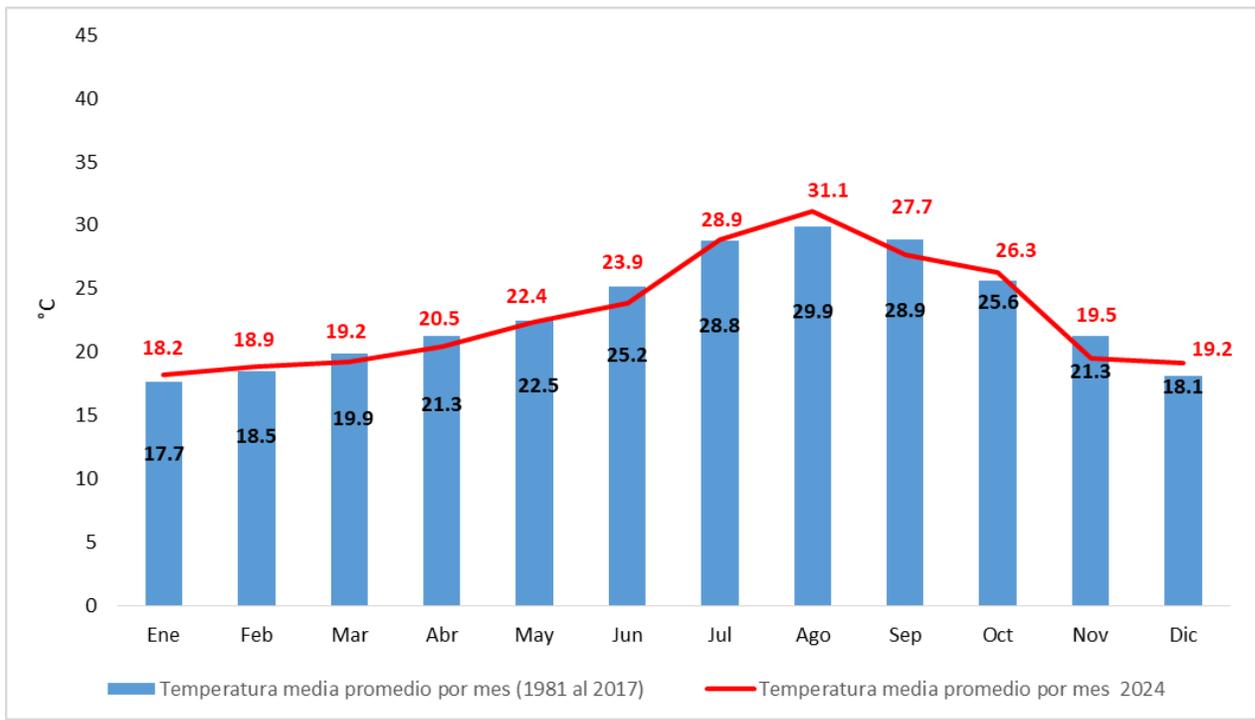


**Figura 26:** Climatologías de la concentración de grupos fitoplanctónicos expresada en CLO en el agua de mar en San Juanico durante el año 2024.

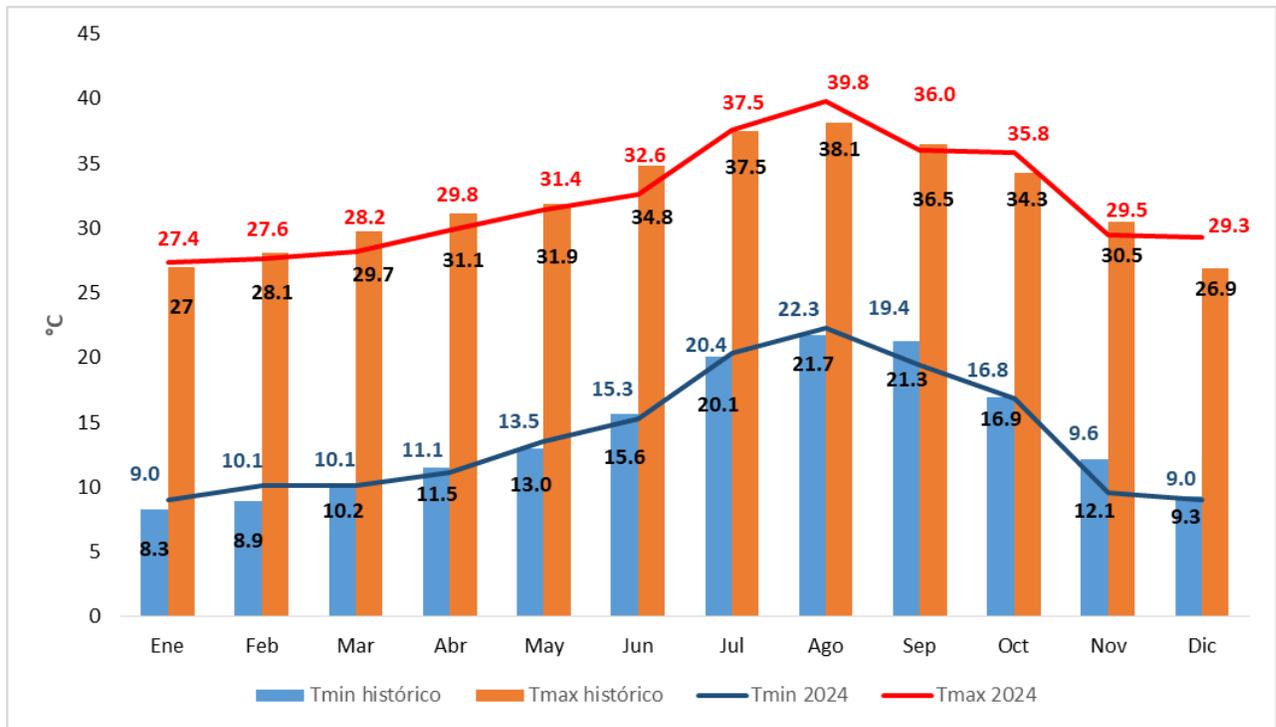
### 3.5.5. Temperatura en el Valle de Santo Domingo, área contigua, región San Juanico-Golfo de Ulloa

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 diciembre de 2024 presentó una temperatura promedio de 19.2 °C (figura 27), valor que se ubicó 1.1 °C por arriba del promedio histórico (datos 1981-2017) del mismo mes. Asimismo, al comparar los promedios mensuales de las temperaturas máximas y mínimas registradas en diciembre de 2024 con respecto a los promedios históricos, se registró una anomalía positiva de 2.4 °C en la temperatura máxima, mientras que en la temperatura mínima la anomalía negativa registrada fue de 0.3 °C (figura 28).

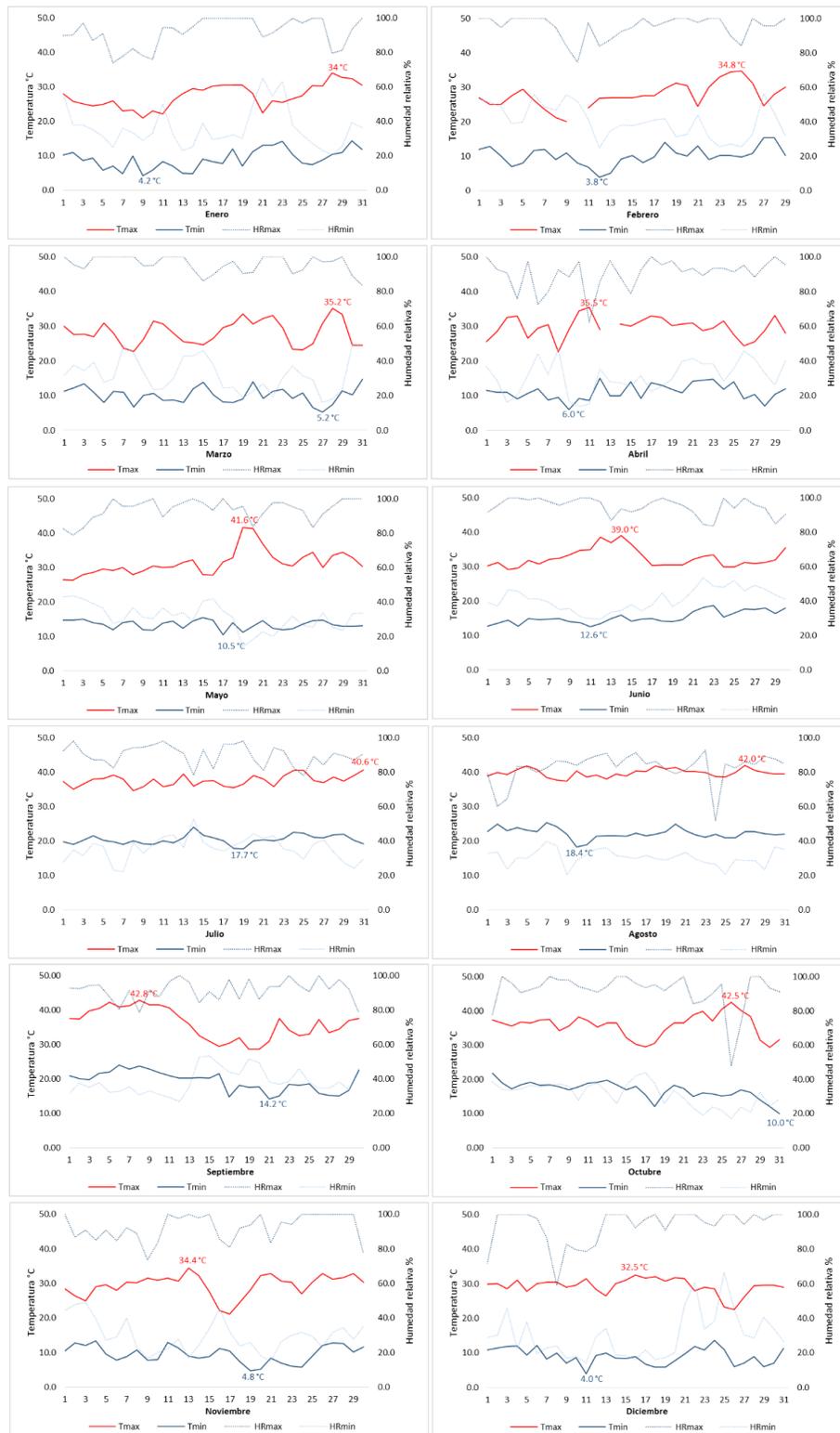
La figura 29 muestra el comportamiento diario de la temperatura y humedad relativa al mes de diciembre de 2024. En el análisis específico del mes de diciembre, se observó que el día 13 de noviembre se registró la temperatura más alta con 34.4 °C, mientras que el 19 de noviembre se presentó la temperatura más baja alcanzando un registro de 4.8 °C. En cuanto a la humedad relativa máxima, el promedio mensual fue de 93.5 %, mientras que el valor promedio de la humedad relativa mínima, fue de 29.8 %.



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



**Figura 29:** Comportamiento de la temperatura y humedad relativa al mes de diciembre de 2024. Tmax= Temperatura máxima. Tmin= Temperatura mínima. HRmax= Humedad relativa máxima. HRmin= Humedad relativa mínima. El día 16 de diciembre se presentó la temperatura más alta (32.5 °C), mientras que la temperatura más baja en el mes se registró el 11 de diciembre (4.0 °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

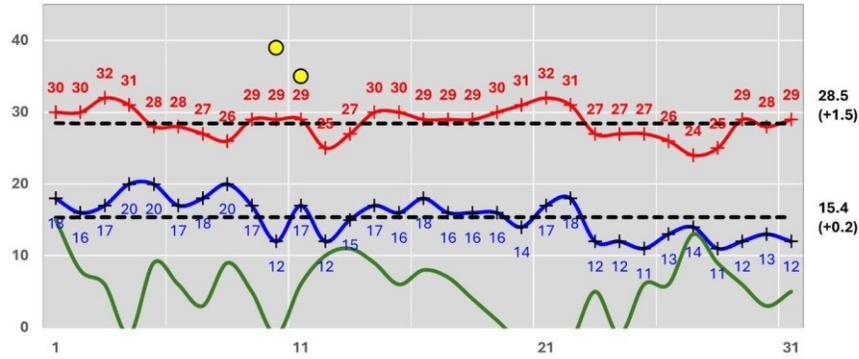
En esta sección del boletín se ilustran los patrones diarios, cambios y condiciones promedio de la temperatura del aire, viento y humedad en los tres aeropuertos internacionales que operan en Baja California Sur (figura 30). Durante diciembre, San José del Cabo tuvo temperaturas mínimas que durante todo el periodo estuvieron en el rango de 10–20°C mientras que las máximas desde 24°C hasta 32°C; el promedio de mínimas y máximas fue de 15.4 y 28.5°C respectivamente. En La Paz, las mínimas (máximas) oscilaron entre 7–19°C (23–34) con un promedio mensual de 10.1°C (26.7); mientras que en Loreto el promedio mensual fue de 18.7°C y 25.1 para las mínimas máximas respectivamente.

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 La Paz (–2.4°C) mientras que por arriba en San José del Cabo (+0.2°C) y Loreto (+1.1°C). En San José del Cabo, la anomalía de temperatura máxima fue de +1.5°C mientras que +2.2°C en La Paz y 1.4°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.

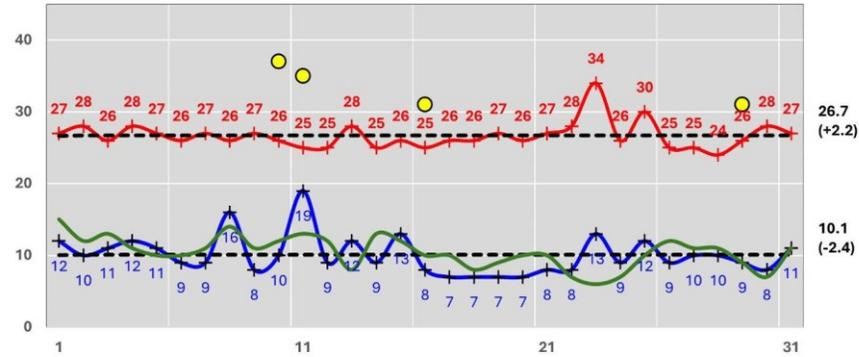
El viento máximo estuvo dentro del rango de magnitud moderada a alta en Loreto, donde por 11 días se rebasaron los 30 km/h y en uno los 40 km/h. En los datos históricos, en diciembre de 2020, 2021 y 2023 también se reportaron velocidades máximas de viento de hasta 46 km/h; este valor también se alcanzó el 25 de diciembre de 2024.

La humedad en el aire (líneas verde en la figura 30), siguió su disminución gradual –con respecto al mes anterior– en cada uno de los aeropuertos, con promedios mensuales en diciembre de 10.5°C, 9.9°C y 5.4°C en La Paz, Loreto y San José del Cabo respectivamente. En la figura 30 se puede notar que en varios días del mes se tuvieron valores relativamente bajos de humedad ( $\leq 5^\circ\text{C}$ ) en el aeropuerto de San José del Cabo. Como se reportó en el boletín de noviembre, el valor promedio en estos aeropuertos fue 12.1°C en La Paz, 11.8 en Loreto y 10.6 en San José del Cabo.

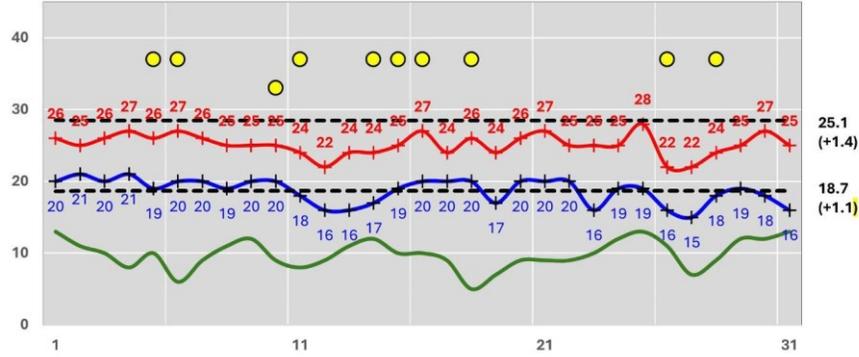
**San José del Cabo, 1–31 de diciembre, 2024**



**La Paz, 1–31 de diciembre, 2024**



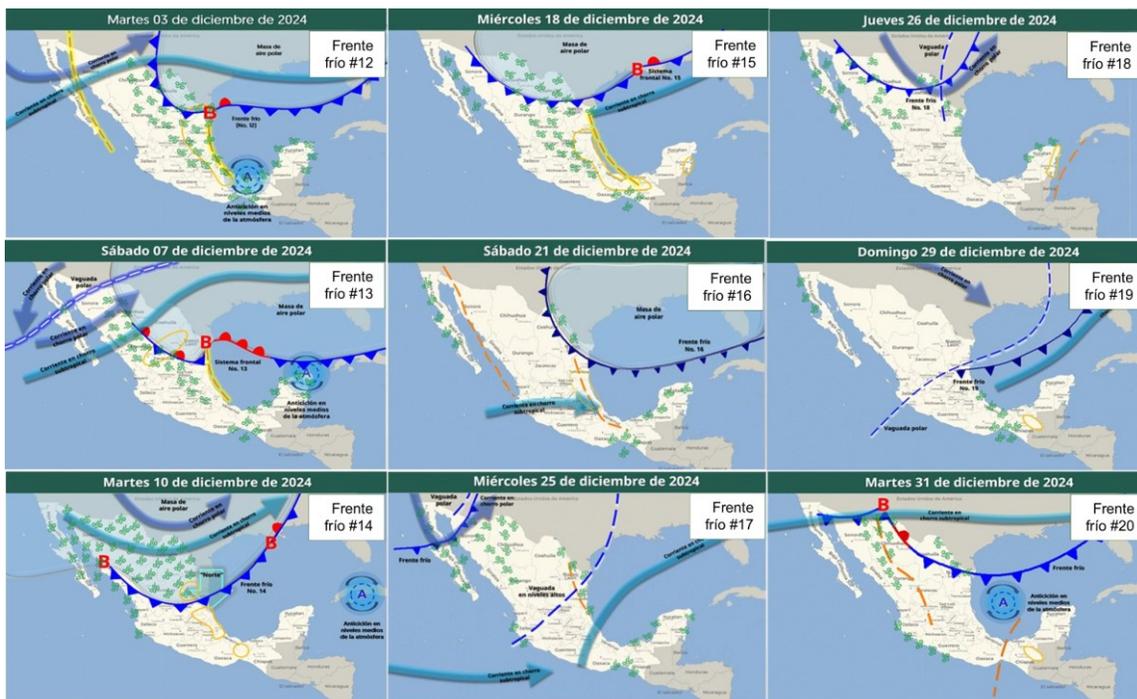
**Loreto, 1–31 de diciembre, 2024**



**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 31 de diciembre 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 figura 31 muestra la distribución espacial de frentes fríos que se monitorearon en el Servicio Meteorológico Nacional durante el mes (comunicación personal con su personal). Aunque hubo un total de 12 frentes solamente algunos de ellos se desplazaron sobre estados del noroeste de México. Varios de estos sistemas afectaron las condiciones del

tiempo en Baja California Sur; en particular, a causa del frente frío número 17, las condiciones en los días 17–19 de diciembre cuando las temperaturas máximas fueron menores a 25°C en los tres aeropuertos del estado.



**Figura 31:** Representación gráfica de condiciones del tiempo y sistemas meteorológicos relevantes en el Servicio Meteorológico Nacional. Cada una de las nueve componentes de esta figura se asocia a un frente frío (#12–20) sobre México durante el mes de diciembre de 2024.

## 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  $\mu\text{m}$ ., 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](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 Chlorophyll 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.