

# BOLETÍN CLIMÁTICO DE BCS

REVISTA DEL CENTRO DE INVESTIGACION CIENTÍFICA Y DE  
EDUCACION SUPERIOR DE ENSENADA, UNIDAD ACADÉMICA LA  
PAZ

GRUPO DE OCEANOGRAFÍA TROPICAL Y LABORATORIO DE  
SENSORES REMOTOS Y VEHÍCULOS AUTÓNOMOS NO  
TRIPULADOS (SERVANT)

novedades del  
clima regional

Fotografía de portada y contraportada:  
Dr. Armando Trasviña, gracias al vuelo con el Dr.  
Sergio Millán Olachea del club Pelicanos de  
Ultraligeros

# BOLETÍN CLIMÁTICO DE BCS

## DIRECTORIO

Boletín Climático del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada  
Unidad Académica La Paz <https://ulp.cicese.mx/BoletinOcBCS/>

Coordinación

Armando Trasviña Castro [trasvi@cicese.mx](mailto:trasvi@cicese.mx)

Eduardo González Rodríguez [egonzale@cicese.mx](mailto:egonzale@cicese.mx)

Cotsikayala Pacheco Ramírez  
Editor

Alfredo Aguirre Estrada  
Editor Técnico

---

## ELABORACIÓN

Dr. Armando Trasviña Castro - Laboratorio SERVANT-CICESE-UALP

Dr. Eduardo González - Rodríguez CICESE-UALP

Dr. Romeo Saldívar-Lucio Investigador por México - SECIHTI-CICESE-UALP

Dr. Jorge Cortés Ramos Investigador por México - SECIHTI-CICESE-UALP

Dr. José Denis Osuna Amador - Investigador Campo Experimental Todos Santos INIFAP

Dr(c). Cotsikayala Pacheco-Ramírez - Est. Programa Doc. en Ciencias de La Vida-CICESE

Dr. Hugo Herrera Cervantes - CICESE-U Académica LP

Dr. Luis Manuel Farfán Molina - CICESE-U Académica LP

Dr. Carlos Robinson M. - Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM

Laboratorio

# SERVANT



BOLETÍN CLIMÁTICO DE BCS, año 1, núm. 1, enero 2025, es una publicación mensual electrónica, editada por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. Unidad Académica La Paz, BCS, Miraflores No. 334 e/ Mulegé y La Paz. C.P. 23050. La Paz, BCS, México, [cicese.ulp@gmail.com](mailto:cicese.ulp@gmail.com), (612) 121-3031. <<https://ulp.cicese.mx/>>. Editor responsable: Armando Trasviña Castro. ISSN pendiente. Responsable de la última actualización de este número: Cotsikayala Pacheco Ramírez.

# BOLETÍN CLIMÁTICO DE BCS

Año 1 | Número 1 | enero 2025

DOI: pendiente

## Novedades del clima regional Contenido

<b>Presentación</b>	<b>3</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>4</b>
<b>2. Nivel del mar absoluto</b>	<b>5</b>
Armando Trasviña Castro	
<b>3. Temperatura Superficial del Mar, Productividad Primaria Neta y Altimetría satelital</b>	<b>12</b>
Eduardo González - Rodríguez	
<b>4. Paisaje Pelágico</b>	<b>20</b>
Romeo Saldívar-Lucio	
<b>5. Monitoreo satelital de grupos fitoplanctónicos</b>	<b>25</b>
Cotsikayala Pacheco-Ramírez	
<b>6. Viento (VTO) in situ</b>	<b>31</b>
Jorge Cortés Ramos	
<b>7. Condiciones meteorológicas en bahía de La Paz: diciembre 2024-enero 2025</b>	<b>36</b>
Hugo Herrera Cervantes	
<b>8. Temperatura, Humedad Relativa y Evapotranspiración Potencial (ET<sub>o</sub>) en el Valle de Santo Domingo</b>	<b>40</b>
José Denis Osuna Amador	
<b>9. Condiciones Meteorológicas en aeropuertos</b>	<b>45</b>
Luis Manuel Farfán Molina	
<b>10. Temperatura del aire en el Golfo de California</b>	<b>49</b>
Carlos Robinson M.	

## Presentación

El Grupo de Oceanografía Tropical incluye al Laboratorio de Sensores Remotos y Vehículos Autónomos no Tripulados (SERVANT) y ambos forman parte de la Unidad Académica del CICESE en La Paz (UALP), Baja California Sur, del CICESE. El grupo de Oceanografía Tropical inició en 1998, y el laboratorio SERVANT inició formalmente en marzo de 2016. Realizamos investigación oceanográfica y climática de la zona costera buscando contribuir al bienestar de las pequeñas comunidades costeras del NW de México. Conjuntamos capacidades de monitoreo, análisis e investigación oceanográfica y climática. Un aspecto poco convencional es que integramos una visión de los cambios ambientales y climáticos en escalas espaciales y temporales múltiples. Incluyendo el monitoreo e investigación de la dinámica costera, combinado con información satelital y de baja altura desde drones.



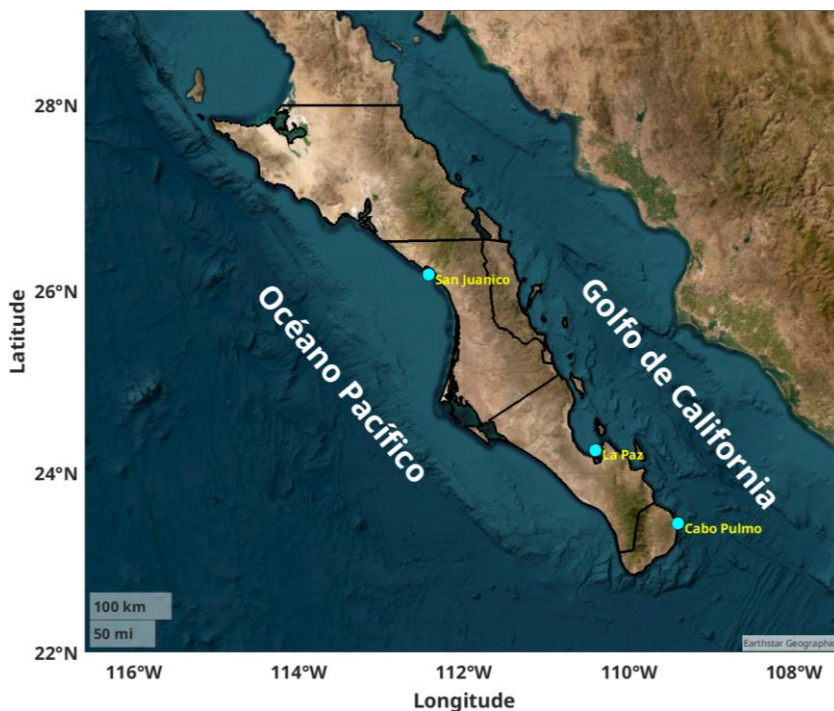
Premio INNOVADORES REGIONALES 2025, otorgado al Grupo de Oceanografía Tropical y laboratorio SERVANT por Legacy Workgroup, San José del Cabo, febrero de 2025.

Nuestros objetivos incluyen realizar investigación oceanográfica y climática de la zona costera, buscando contribuir al bienestar de las pequeñas comunidades de nuestra región. Este es un esfuerzo colaborativo e interinstitucional de investigación y observación de perturbaciones naturales y antrópicas del océano costero.

# 1. Introducción

Este boletín tiene como objetivo mostrar el estado del océano en el mes anterior a su publicación, en particular en las costas de Baja California Sur (BCS).

El boletín contiene artículos especializados según la variable de interés. Además en muchos de los artículos se eligieron tres sitios específicos para describir su variabilidad (Figura 1.1): 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 reportamos series de tiempo a partir de datos satelitales, reanálisis (modelos que incorporan observaciones satelitales) y en algunos casos observaciones *in situ*. El área de estudio corresponde al océano costero del estado de BCS (Figura 1.1). Los círculos de colores en la figura 1 indican los sitios de interés en donde presentamos análisis de series de tiempo de diferentes variables, de sur a norte: Entrada al Golfo de California (Parque Nacional Cabo Pulmo), Bahía de La Paz y Golfo de Ulloa (San Juanico).



**Figura 1.1:** Océano costero de Baja California Sur, dentro de la región oceanográfica del Pacífico Tropical Oriental y de la Corriente de California. Los círculos de colores marcan sitios donde presentamos series de tiempo de diferentes variables.

## 2. Nivel del mar absoluto

Armando Trasviña Castro  
trasvi@cicese.mx

### Resumen

El análisis de los últimos años del nivel del mar absoluto exhibe los efectos de la Niña 2022, El Niño 2023 y La Niña 2024. En particular, destacamos la transición hacia La Niña del 2024 que precede a las condiciones frías de los primeros meses de 2025. En este invierno de 2025 hay reportes de la ocurrencia de especies en sitios inesperados, particularmente hay Ballena Gris en el interior del Golfo de California, desde Cabo Pulmo hasta el Parque Nacional Bahía de Loreto. Abajo destaco dos noticias.

1. Presencia de ballena gris en el Parque Nacional Cabo Pulmo  
<https://oem.com.mx/elsudcaliforniano/local/sorprendente-avistamiento-de-ballenas-grises-en-cabo-pulmo-21790056>
2. Ausencia de tiburón ballena en la Bahía de La Paz  
<https://www.diarioelindependiente.mx/2025/03/continuan-suspendidas-las-actividades-recreativas-con-el-tiburon-ballena-en-la-bahia-de-la-paz>

Los cambios en la distribución de la megafauna marina representa solo uno de los impactos de las anomalías que estamos reportando en este boletín.

### Introducción

En esta sección presentamos la variación del nivel del mar absoluto (NMA). Esta es la variación determinada con referencia al geoide, es decir, al nivel del mar en reposo. A diferencia de las anomalías de nivel del mar, el NMA contiene las variaciones estacionales e interanuales y la tendencia de largo período debida al calentamiento global.

El NMA se determina a partir de misiones de altimetría satelital múltiples, desde 1993 al presente.

Esta variable permite visualizar la variación debida a la expansión y contracción del nivel del mar debidas al calentamiento y enfriamiento estacional. Se aprecian las variaciones interanuales debidas a fenómenos tipo El Niño/La Niña, y la tendencia de largo período debida al calentamiento global. Desde luego también incluye la influencia en el nivel del mar de eventos transitorios, como el paso de huracanes o tormentas.



## Área de estudio

El área de estudio es el océano costero alrededor de la Península de Baja California, con énfasis en el sur de la península.

Los diagramas de evolución en el tiempo (tiempo vs latitud, también conocidos como diagramas de Hovmoller), abarcan desde la entrada al Golfo de California (23 latitud N) hasta el Alto Golfo de California, mientras que por la costa del Pacífico, llegan hasta el puerto de Ensenada (30 latitud N).

Seleccionamos 3 sitios para las series de tiempo: uno en la entrada al Golfo de California (el Parque Nacional Cabo Pulmo), el segundo en la Bahía de La Paz y uno más en la costa del Pacífico, en un lugar representativo del Golfo de Ulloa (San Juanico, BCS, [Figura 1.1](#)).

## Metodología

Los datos que presentamos aquí provienen de un reanálisis del nivel del mar. Se basa en mediciones de altimetría satelital de múltiples misiones entre 1993 y el presente. Es un producto global, libre de huecos y cuenta con una resolución temporal diaria y espacial de  $\sim 12.5 \times 12.5$  km.

Esta información se descarga de dos bases de datos:

1. G  
Global Ocean Gridded L4 Sea Surface Heights And Derived Variables Reprocessed 1993 Ongoing

Product ID SEALEVEL\_GLO\_PHY\_L4\_MY\_008\_047  
[https://data.marine.copernicus.eu/product/SEALEVEL\\_GLO\\_PHY\\_L4\\_MY\\_008\\_047/description](https://data.marine.copernicus.eu/product/SEALEVEL_GLO_PHY_L4_MY_008_047/description)

Las fuentes son observaciones de altimetría satelital, globales, desde latitud  $-89.94^\circ$  a  $89.94^\circ$ , y longitud  $-179.94^\circ$  a  $179.94^\circ$  con resolución espacial de  $0.125^\circ \times 0.125^\circ$ . Desde 31 dic 1992 hasta 30 dic 2023. Resolución temporal diaria.

Y los datos más recientes se descargan del análisis en casi-tiempo real (NRT):

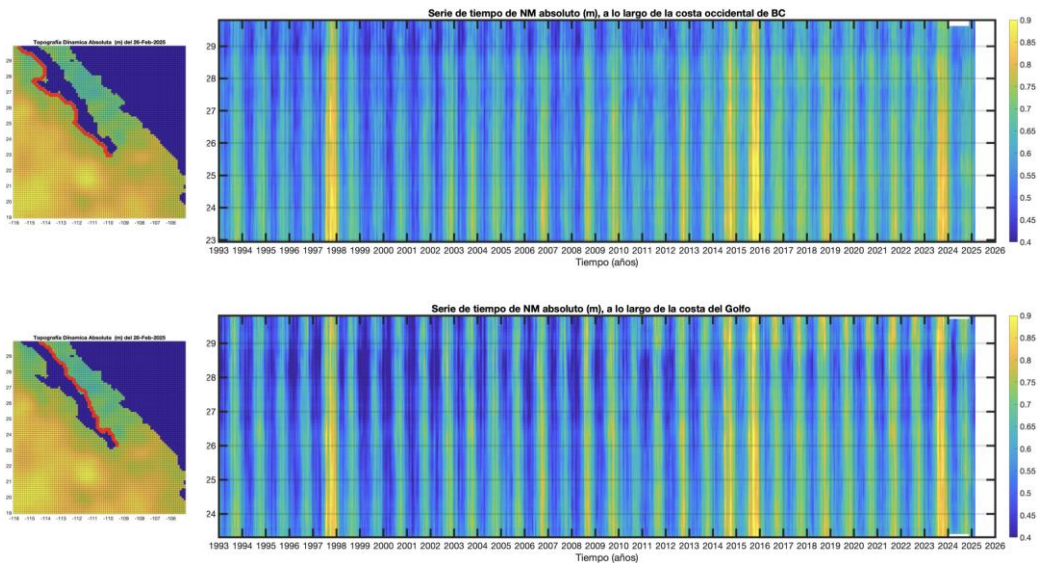
2. G  
Global Ocean Gridded L4 Sea Surface Heights And Derived Variables Nrt

Product ID SEALEVEL\_GLO\_PHY\_L4\_NRT\_008\_046  
[https://data.marine.copernicus.eu/product/SEALEVEL\\_GLO\\_PHY\\_L4\\_NRT\\_008\\_046/description](https://data.marine.copernicus.eu/product/SEALEVEL_GLO_PHY_L4_NRT_008_046/description)

## [NRT\\_008\\_046/description](#)

Las fuentes son observaciones de altimetría satelital, globales, desde latitud  $-89.94^{\circ}$  a  $89.94^{\circ}$  y longitud  $-179.94^{\circ}$  a  $179.94^{\circ}$  con resolución espacial de  $0.125^{\circ} \times 0.125^{\circ}$ . Desde 31 dic 2021 hasta el presente. Resolución temporal diaria.

## Resultados



**Figura 2.1:** Evolución del nivel del mar (NM absoluto) a lo largo de las dos costas de la península de BC desde enero de 1993 hasta febrero de 2025. Arriba: costa occidental; abajo: costa del Golfo de California.

Estos diagramas muestran la evolución del nivel del mar absoluto (NMA) a lo largo de la costa (Figura 2.1). Las unidades son metros (m) y destacan los máximos que corresponden a eventos cálidos, en tonos amarillos. El mapa de la zona muestra el campo promedio mensual del nivel del mar para el 26 de febrero de 2025.

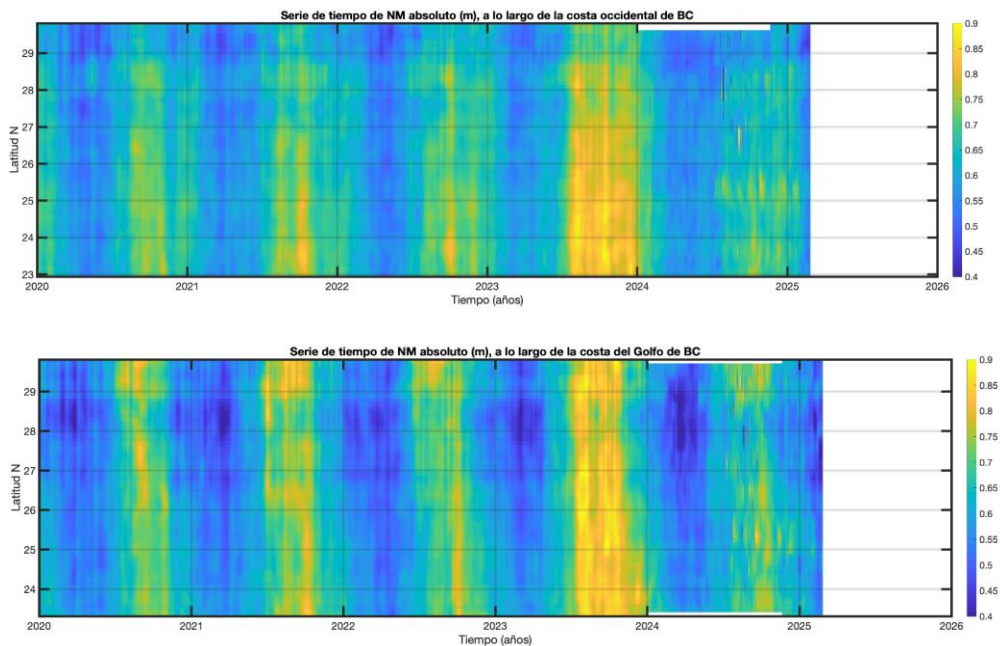
La variación estacional se nota en los contrastes entre invierno y verano. En invierno (tonos azules) desciende y en verano (tonos amarillos) se eleva. El rango estacional es de alrededor de 0.5 m, aunque existen diferencias interanuales y también entre ambos lados de la península. En la costa del Golfo de California (panel inferior) casi todos los años el nivel del mar desciende más que en la Costa Occidental, por esto los tonos azules son un poco más intensos.

También podemos observar que en Alto Golfo de California (parte alta del



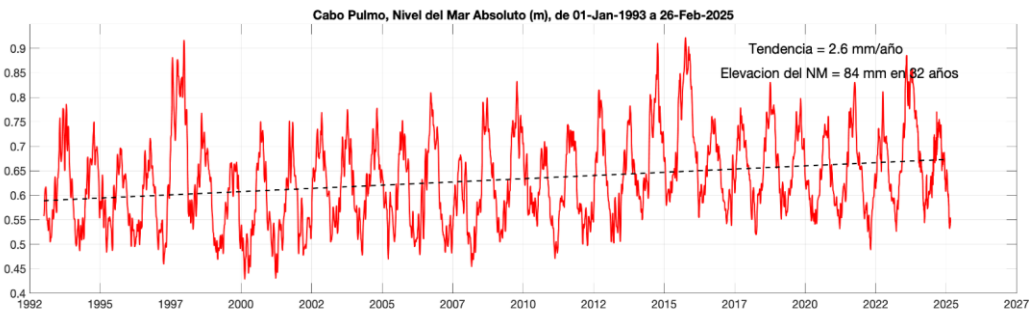
panel inferior) los máximos extremos ( $> 0.85$  en amarillo) se vuelven más comunes de 2014 a la fecha.

La variabilidad interanual se destaca, por ejemplo en los eventos cálidos (en amarillo) El Niño de 1997-1998, El Blob cálido de 2014, El Niño de 2015 y El Niño de 2023 (Peng et. al, 2024) que, es importante destacar, 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).



**Figura 2.2:** Los últimos años de la evolución del nivel del mar (NM absoluto) a lo largo de las dos costas de la península de BC desde enero de 2020 hasta febrero de 2025. Arriba: costa occidental; abajo: costa del Golfo de California.

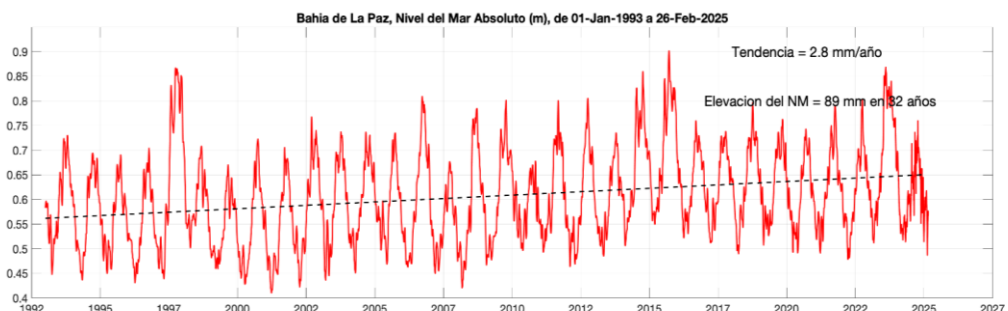
La [Figura 2.2](#) muestra con mayor detalle el comportamiento estacional del año 2020 al presente. En el semestre de invierno ambas costas muestran el descenso del nivel del mar (tonos azules), siempre más pronunciado en el Golfo de California. El mes de julio es típicamente cuando ocurre el máximo (tonos amarillos). Por ejemplo, en el verano de 2023 el máximo es muy intenso debido al fenómeno cálido del Niño. Este antecede al verano débil de 2024 que coincide con el inicio del evento frío de La Niña.



**Figura 2.3:** Nivel del mar absoluto (m) en Cabo Pulmo, BCS. Inicia en enero de 1993 y termina en febrero de 2025. Incluye el nivel del mar con referencia al geoide y la tendencia de largo período debida al calentamiento global. Este sitio representa la variabilidad de la entrada al Golfo de California.

La [Figura 2.3](#) contiene la serie de tiempo del nivel del mar absoluto (m) en Cabo Pulmo, desde enero de 1993 hasta febrero de 2025. 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 2.6 mm/año, para un total de 84 mm en los 32 años de registro.

Es importante notar que durante el verano de 2024 sólo se alcanza un máximo débil. Uno de los más débiles del registro. Y a esto le sigue la caída estacional del nivel del mar rumbo al invierno. La respuesta que observamos aquí no es exclusiva de la zona costera. Este sitio es representativo de la Entrada al Golfo de California.



**Figura 2.4:** Nivel del mar absoluto (m) en la bahía de La Paz, BCS. Inicia en enero de 1993 y

termina en febrero de 2025. Incluye el nivel del mar con referencia al geoido y la tendencia de largo período debida al calentamiento global.

La **Figura 2.4** contiene la serie de tiempo del nivel del mar absoluto (m) en Bahía de la Paz, desde enero de 1993 hasta febrero de 2025.

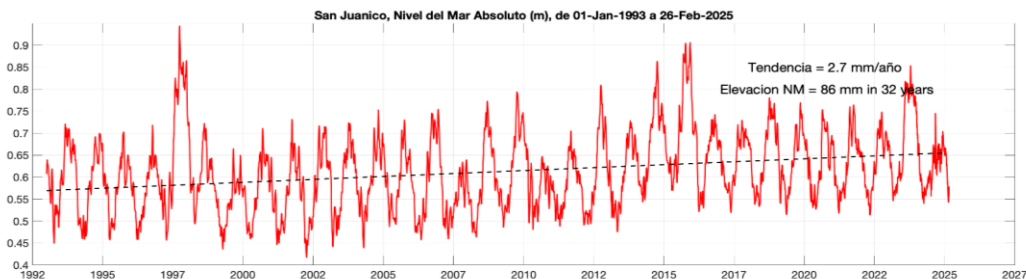
Su variación estacional consiste en la elevación del nivel del mar en verano y el descenso en invierno.

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 2.8 mm/año, para un total de 89 mm en los 32 años de registro.

En julio 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.

En febrero de 2025 se alcanza un mínimo comparable con los más extremos del registro, aunque aún falta parte del invierno.



**Figura 2.5:** Nivel del mar absoluto (m) en la San Juanico, BCS, costa pacífico norte de BCS. Inicia en enero de 1993 y termina en febrero de 2025. Incluye el nivel del mar con referencia al geoido y la tendencia de largo período debida al calentamiento global. Este sitio representa la variabilidad del Golfo de Ulloa.

La **Figura 2.5** 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 febrero de 2025. 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 no ejerció tanta influencia a esta latitud de la costa occidental de Baja California.

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. El mes de julio 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.

## Discusión

Estos primeros meses de 2025 son claramente anómalos en términos de nivel del mar, temperatura del mar y otras variables oceanográficas (Figura 3.4, Figura 3.5 y Figura 3.6). Al mismo tiempo hemos recibido reportes de ocurrencia de especies marinas en sitios inusuales. Abajo destaco dos noticias.

3. Presencia de ballena gris en el Parque Nacional Cabo Pulmo  
<https://oem.com.mx/elsudcaliforniano/local/sorprendente-avistamiento-de-ballenas-grises-en-cabo-pulmo-21790056>

4. Ausencia de tiburón ballena en la Bahía de La Paz  
<https://www.diarioelindependiente.mx/2025/03/continuan-suspendidas-las-actividades-recreativas-con-el-tiburon-ballena-en-la-bahia-de-la-paz>

Los cambios en la distribución de la megafauna marina es solo uno de los efectos de las anomalías oceanográficas, seguramente habrá otros.

## Referencias

Peng, Q., Xie, S. P., Passalacqua, G. A., Miyamoto, A., and Deser, C.: The 2023 extreme coastal El Niño: Atmospheric and air-sea coupling mechanisms, *Sci. Adv.*, 10, eadk8646, <https://doi.org/10.1126/sciadv.adk8646>, 2024.

# 3. Temperatura Superficial del Mar, Productividad Primaria Neta y Altimetría satelital

Eduardo González Rodríguez  
egonzale@cicese.mx

**Resumen** | En este artículo se describen las condiciones mensuales de productividad primaria neta, temperatura superficial del mar y corrientes, derivadas a partir de información satelital. Adicionalmente, se hace un análisis de series de tiempo de estas variables a lo largo del tiempo a partir de 2002 para los puntos mencionados en la introducción, Cabo Pulmo, Bahía de La Paz y San Juanico ([figura 1.1](#)). Los resultados sinópticos se presentan como mapas mensuales de las condiciones promedio y de sus anomalías, mientras que las variaciones de largo plazo sobre las tres regiones seleccionadas se muestran con sus valores mensuales y sus respectivas anomalías.

## Introducción

Las mediciones satelitales del océano iniciaron desde la década de los 80 del siglo pasado, inicialmente con datos de temperatura superficial del mar (TSM), posteriormente en los 90 se midió el denominado color del océano, que incluye principalmente estimaciones de clorofila, de igual manera en esa misma década se comenzó a medir la altura del océano y las corrientes geostroficadas derivadas. En la actualidad, las mediciones de TSM son muy confiables y con el desarrollo de mejores satélites y modelos se tienen datos con una resolución temporal diaria y espacial de 1 km. [Behrenfeld y Falkowski](#) (1997) propusieron un modelo para tener estimaciones de productividad primaria neta (PPN) a partir de datos satelitales, sin embargo, los datos de PPN no son ampliamente utilizados. Por otro lado, las mediciones de altimetría satelital proporcionan información sobre la altura del mar (ADT) y sus anomalías (SLA), así como de las corrientes geostroficadas (CORR); sin embargo, los datos cercanos a la costa, no habían tenido la resolución suficiente, pero a partir de noviembre de 2024 la resolución espacial aumento a 12 km, lo que da la oportunidad de utilizarlas en esta región. Es a partir de estas variables que se hace una descripción de las condiciones mensuales (mapas), así como de sus anomalías, estimadas con una base mensual. Adicionalmente, se presentan series de tiempo de las anomalías mensuales a partir de 2002 de los sitios mencionados en la [figura 1.1](#).

## Área de estudio

El área de estudio corresponde a las aguas oceánicas frente a las costas del estado de BCS, comprendidas en el cuadrante -120 a -108 de longitud y 22 29 de latitud ([figura 1.1](#)). Los círculos de color cian en la figura 1 indican los sitios de interés en donde se hicieron análisis de series de tiempo para las variables PPN, TSM y Altimetría, de sur a norte, parque nacional Cabo Pulmo, La Paz y en San Juanico.

## Metodología

**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  $\mu\text{m}$ . 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  $1 \times 1$  km (Chin et al., 2017) (<https://doi.org/10.5067/GHGMR-4FJo4>), accedido el 5 de febrero de 2025.

**Productividad Primaria Neta (PPN).** La PPN es el producto de la fijación de carbono por parte de las plantas a través de la fotosíntesis, es el resultado del total del carbono producido (bruto) menos el utilizado para la respiración. La PPN utilizada, es derivada de información satelital y está basada en el modelo generalizado de producción vertical propuesto por *Behrenfeld y Falkowski* (1997) y está basado en las estimaciones de clorofila satelital. Es un producto mensual proporcionado por el Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS, <https://doi.org/10.48670/moi-00281>, Garnesson et. al. 2019) con una resolución espacial de  $4 \times 4$  km, accedido el 5 de febrero de 2025.

**Altimetría satelital.** La altimetría proporciona información sobre la altura del océano (ADT), su anomalía (SLA) y sobre las corrientes (CORR). Los datos de CORR están compuestos por los componentes zonal y meridional ( $u$  y  $v$ ) con los que se construyen los vectores correspondientes, que indican la velocidad y dirección de las corrientes. Estos productos son estimados por medio una interpolación de diversas misiones (varios satélites) y son proporcionadas por el CMEMS (<https://doi.org/10.48670/moi-00149>). Es un producto global, libre de huecos y cuenta con una resolución temporal diaria y espacial de  $\sim 12.5 \times 12.5$  km, accedido el 5 de febrero de 2025.

En vista de que las variables seleccionadas son globales, fue necesario hacer una extracción del cuadrante definido en la zona de estudio.

### Análisis de series de tiempo

Para el análisis de series de tiempo se seleccionaron, el parque nacional Cabo Pulmo (-109.41, 23.435), Bahía de La Paz (-110.41, 24.25) y San Juanico, BCS (-112.43, 26.17). Las series resultantes corresponden a los valores mensuales a partir de 2002 hasta la fecha (enero de 2025), así como las anomalías de las variables a lo largo del tiempo.

Adicionalmente, se descargaron los datos mensuales para el periodo 2002-2024 del índice multivariado de El Niño (MEI, <https://psl.noaa.gov/enso/mei/>) con la intención de ver una posible relación de este índice y las series de las variables.

Las anomalías, tanto para los mapas como para las series de tiempo, fueron estimadas de la



misma forma, primero se estimó la climatología mensual (12 valores resultantes) y posteriormente se le restó el valor del mes correspondiente al valor climatológico mensual:

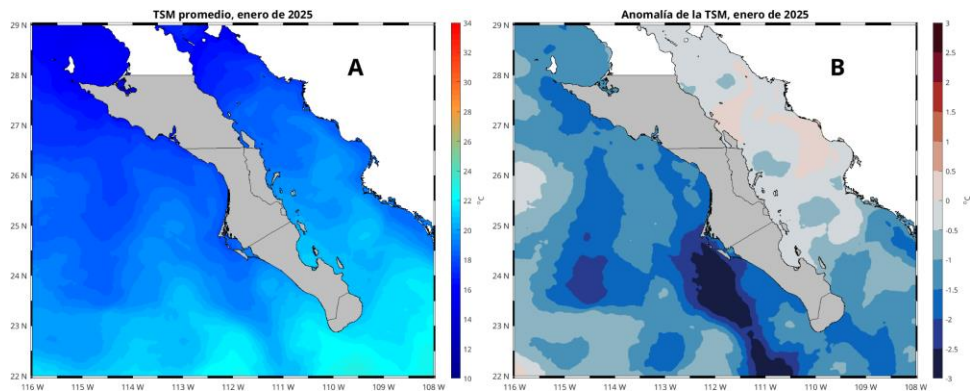
$$\text{anomalía} = \text{datomensual} - \text{climatologiamensual}$$

Todo el procesado de la información, recorte, generación de series de tiempo, cálculo de climatologías y anomalías, generación de mapas se llevó a cabo con el lenguaje de programación Matlab 2021a.

## Resultados

### Mapas mensuales de distribución

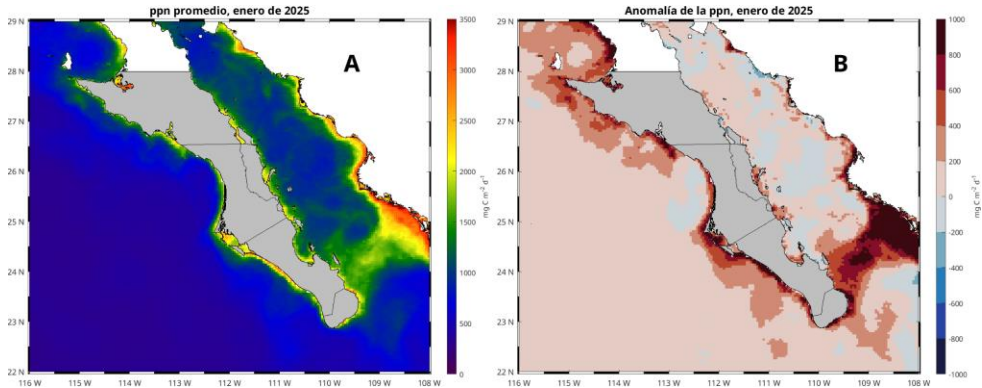
**Temperatura Superficial del Mar (TSM).** Las condiciones de TSM durante el mes de enero de 2025 se muestran en la [Figura 3.1](#). El mapa del panel A muestra las temperaturas promedio registradas, cuyo rango estuvo entre 15.15 y 22.86 °C, valores menores respecto a los de diciembre (16.38 y 24.91 °C). El panel B muestra las anomalías con respecto al promedio histórico o climatológico de datos desde 2002, el rango de enero estuvo entre -3.21 y 0.26 °C, rango mayor en comparación a los valores de -2.99 y 0.55 °C del mes anterior. En términos generales, enero fue un mes con anomalías negativas, dominando toda la región del pacífico y la entrada al Golfo de California, la parte central del golfo presentó condiciones cercanas al promedio. Destacan las anomalías negativas menores a -3 °C en la región cercana a la costa occidental, al sur de los 24 °N.



**Figura 3.1.** Condiciones de TSM durante el mes de enero de 2025. Panel A, condiciones promedio y panel B, anomalías.

**Productividad Primaria Neta (PPN).** Las condiciones de PPN durante enero de 2025 se presentan en la [Figura 3.2](#). El mapa del panel A muestra la PPN promedio registrada, cuyo rango estuvo entre 301 y 3902 mg C m<sup>2</sup> d, valores mayores respecto a los de diciembre de 2024 (294 y 3597 mg C m<sup>2</sup> d). El panel B muestra las anomalías con respecto al promedio histórico o climatológico de datos desde 2002, el rango de enero estuvo entre -460 y 1725 mg C m<sup>2</sup> d, rango menor en comparación a los valores de -473 y 1426 mg C m<sup>2</sup> d del mes anterior.

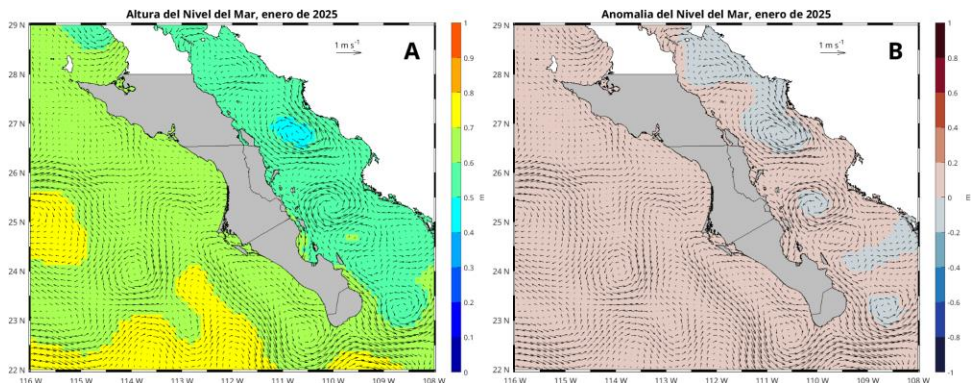
En términos generales, enero fue un mes con anomalías positivas, dominando toda la región, pero principalmente la entrada al Golfo de California, la parte oceánica, frente a la costa occidental, presentó condiciones cercanas al promedio.



**Figura 3.2.** Condiciones de PPN durante el mes de enero de 2025.

Panel A, condiciones promedio y panel B, anomalías.

**Altimetría (ADT, SLA y CORR).** Las condiciones de altimetría durante enero de 2025 se presentan en la [Figura 3.3](#). El mapa del panel A muestra el promedio de la denominada altura dinámica (ADT), su rango se ubicó entre 0.47 y 0.77 m, valores similares respecto a los de diciembre de 2024 de 0.48 y 0.79 m. El panel B muestra las anomalías del nivel del mar (SLA) con respecto al promedio climatológico, sus valores se ubicaron entre -0.02 y 0.15 m, también muy similar a los -0.05 y 0.17 m de diciembre. Las corrientes se pueden observar, tanto en el panel A como en el B, ya que están superpuestas a la ADT y SLA, su velocidad se ubicó entre 0.001 y 0.5  $m s^{-1}$ . En términos generales, la ADT es mayor dentro del Golfo de California que en el océano abierto, la costa continental es la única región que presenta anomalías negativas; las CORR dentro del golfo tienden a presentar giros, tanto ciclónicos como anticiclónicos, tanto dentro del golfo, como frente a la costa occidental dominan las corrientes con dirección al sur.



**Figura 3.3.** Condiciones de altimetría durante el mes de enero de 2025. Panel A, condiciones promedio de altura del mar (ADT) y panel B, anomalías del nivel del mar (SLA),

en ambos casos con las corrientes geostroficas (CORR) superpuestas.

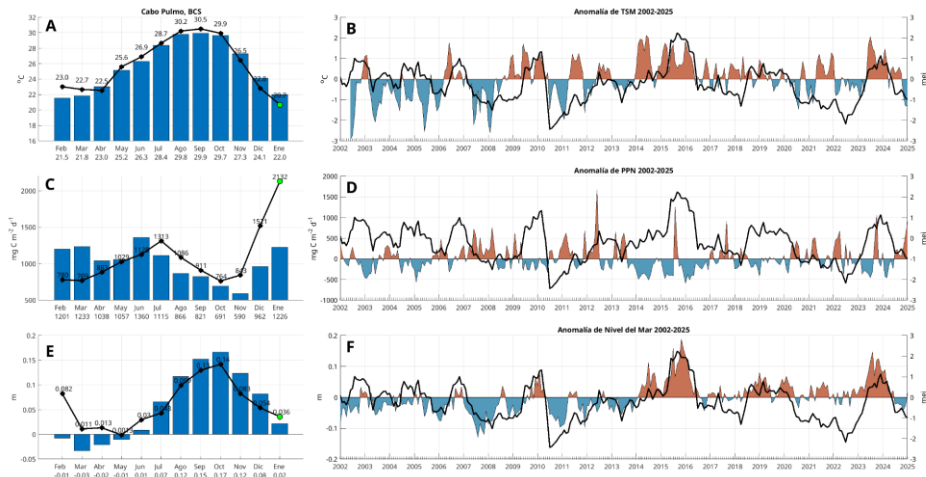
## Series de tiempo

El análisis de series de tiempo sobre los tres sitios seleccionados, Cabo Pulmo, La Paz y San Juanico se describe a continuación.

**Cabo Pulmo.** Las condiciones climatológicas y de anomalías de TSM, PPN y SLA a lo largo del tiempo (2002- 2025) se muestran en la [Figura 3.4](#). En enero de 2025 (panel A, círculo verde), la TSM tuvo un valor promedio de 20.7 °C, por debajo de su valor climatológico de 22 °C, menor respecto a los 22.8 °C de diciembre de 2024. Las anomalías (panel B), se han mantenido negativas desde noviembre de 2024, al parecer como una respuesta a los valores negativos del MEI, cuyo valor a enero de 2025 es de -1.

La PPN presentó un valor de 2132 mg·C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, muy por encima (casi el doble) de su valor climatológico de 1226 mg·C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> (panel C, círculo verde); mucho mayor en comparación con diciembre, que tuvo un valor de 1521 mg·C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>. Desde julio de 2024 las anomalías se han mantenido positivas (paneles C y D), pero especialmente los dos últimos meses con valores muy altos. Al parecer, el efecto de los valores negativos del MEI por siete meses seguidos (típicos de La Niña) ya se reflejan en un aumento de los niveles de PPN.

En enero de 2025, las anomalías del nivel del Mar (SLA), registraron un valor de 0.036 m, superior a su valor climatológico de 0.02 m ([Figura 3.4](#), paneles E y F), menor en comparación con diciembre (0.054 m), primer valor positivo en siete meses, rompiendo la tendencia negativa que se asocia con La Niña.

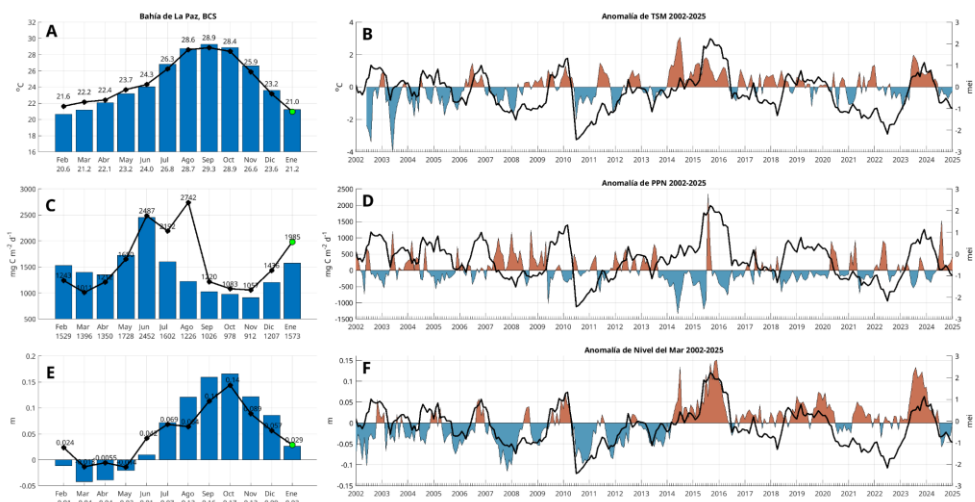


**Figura 3.4.** Condiciones climatológicas y de anomalías de TSM, PPN y SLA a lo largo del tiempo (2002- 2025). Las barras en los paneles A, C y E, muestran las climatologías mensuales, las líneas negras con círculos indican los valores de los últimos 12 meses (hasta enero de 2025, círculo verde), los valores debajo de los meses en el eje x corresponden a los valores climatológicos. Los paneles B, D y F muestran las anomalías a lo largo del tiempo, la línea negra indica los datos del MEI (Índice Multivariado de El Niño).

**La Paz.** Las condiciones climatológicas y de anomalías de TSM, PPN y SLA a lo largo del tiempo (2002- 2025) se muestran en la **Figura 3.5**. En enero de 2025 (panel A, círculo verde), la TSM tuvo un valor promedio de 21 °C, ligeramente por debajo de su valor climatológico de 21.2 °C, menor respecto a los 23.2 °C de diciembre de 2024. Las anomalías (panel B), se han mantenido negativas desde julio de 2024, al parecer como una respuesta a los valores negativos del MEI, cuyo valor a enero de 2025 es de -1.

La PPN presentó un valor de 1985 mg-C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, mayor a su valor climatológico de 1573 mg-C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> (panel C, círculo verde); mayor en comparación con diciembre, que tuvo un valor de 1436 mg-C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>. Desde julio de 2024 las anomalías se han mantenido positivas (paneles C y D) Al parecer, el efecto de los valores negativos del MEI por siete meses seguidos (típicos de La Niña) ya se reflejan en un aumento de los niveles de PPN.

En enero de 2025, las anomalías del nivel del Mar (SLA), fueron marginalmente positivas con un valor de 0.029 m, respecto a su valor climatológico de 0.03 m (**Figura 3.5**, paneles E y F), menor en comparación con diciembre (0.057 m), primer valor positivo en siete meses, rompiendo la tendencia negativa que se asocia con La Niña.



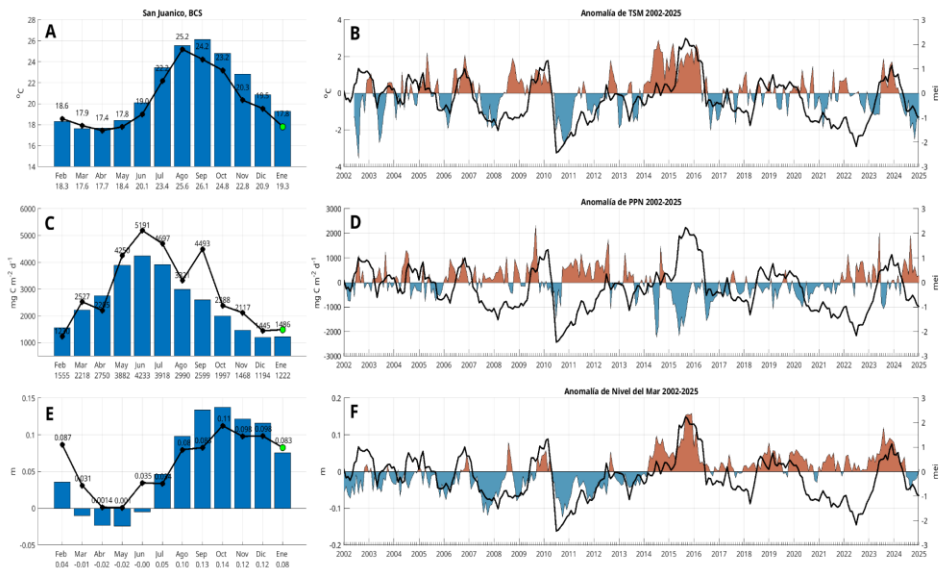
**Figura 3.5.** Condiciones climatológicas y de anomalías de TSM, PPN y SLA a lo largo del tiempo (2002- 2025). Las barras en los paneles A, C y E, muestran las climatologías mensuales, las líneas negras con círculos indican los valores de los últimos 12 meses (hasta enero de 2025, círculo verde), los valores debajo de los meses en el eje x corresponden a los valores climatológicos. Los paneles B, D y F muestran las anomalías a lo largo del tiempo, la línea negra indica los datos del MEI (Índice Multivariado de El Niño).

**San Juanico.** Las condiciones climatológicas y de anomalías de TSM, PPN y SLA a lo largo

del tiempo (2002- 2025) se muestran en la [Figura 3.6](#). En enero de 2025 (panel A, círculo verde), la TSM tuvo un valor promedio de 17.8 °C, por debajo de su valor climatológico de 19.3 °C, menor respecto a los 19.5 °C de diciembre de 2024. Las anomalías (panel B), se han mantenido negativas desde abril de 2024, al parecer como una respuesta a los valores negativos del MEI, cuyo valor a enero de 2025 es de -1.

La PPN presentó un valor de 1486 mg·C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, mayor a su valor climatológico de 1222 mg·C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> (panel C, círculo verde); mayor en comparación con diciembre, que tuvo un valor de 1445 mg·C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>. Desde mayo de 2024 las anomalías se han mantenido positivas (paneles C y D) Al parecer, el efecto de los valores negativos del MEI por siete meses seguidos (típicos de La Niña) ya se reflejan en un aumento de los niveles de PPN.

En enero de 2025, las anomalías del nivel del Mar (SLA), fueron marginalmente positivas con un valor de 0.083 m, respecto a su valor climatológico de 0.08 m ([Figura 3.6](#), paneles E y F), menor en comparación con diciembre (0.098 m), primer valor positivo en siete meses, rompiendo la tendencia negativa que se asocia con La Niña.



**Figura 3.6.** Condiciones climatológicas y de anomalías de TSM, PPN y SLA a lo largo del tiempo (2002- 2025). Las barras en los paneles A, C y E, muestran las climatologías mensuales, las líneas negras con círculos indican los valores de los últimos 12 meses (hasta enero de 2025, círculo verde), los valores debajo de los meses en el eje x corresponden a los valores climatológicos. Los paneles B, D y F muestran las anomalías a lo largo del tiempo, la línea negra indica los datos del MEI (Índice Multivariado de El Niño).

## Referencias

- Behrenfeld, M.J, PG Falkowski. 1997. A consumer's guide to phytoplankton primary productivity models. *Limnology and Oceanography*. Volume 42: 1479-1491.
- 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>



## 4. Paisaje Pelágico

Romeo Saldívar-Lucio  
rsaldivar@cicese.edu.mx

**Resumen** | Este artículo describe los cambios registrados en el Paisaje Pelágico de tres localidades alrededor de Baja California Sur. El Paisaje Pelágico representa un traslado conceptual de la ecología del paisaje en tierra y el paisaje marino tradicional (ej. arrecifes de coral), con el atributo particular de capturar la complejidad y dinámica del ambiente pelágico. Para ello se clasifican diversos hábitats pelágicos considerando que el ambiente físico en el océano se compone de múltiples capas superpuestas que se reconfiguran en parches tridimensionales, modificando constantemente sus características físicas, químicas y biológicas.

### Introducción

El traslado conceptual de la ecología del paisaje hacia el dominio pelágico conduce a la incorporación de los organismos planctónicos que contribuyen a la formación de parches en diferentes escalas, en coherencia con la física y la dinámica de los procesos oceanográficos (Kavanaugh *et al.*, 2016). Por lo tanto, la reconfiguración dinámica de los parches o hábitats pelágicos responde a la hidrología, la turbulencia y la respuesta primaria de los microorganismos fotosintetizadores y sus variaciones en el espacio, el tiempo y la profundidad, donde radica la diferencia fundamental entre el Paisaje Pelágico y los paisajes marinos convencionales (Kavanaugh *et al.*, 2016; Scales, 2017).

Si bien el Paisaje Pelágico tiene un respaldo conceptual y metodológico robusto, y apunta hacia una investigación creciente con múltiples aplicaciones, aún se encuentra en fase de exploración pues no se conocen los rasgos distintivos de su variación en el contexto de los cambios físicos y biológicos conocidos para las diferentes regiones marinas del planeta. De aquí que el objetivo de este trabajo es analizar los principales rasgos de variación del Paisaje Pelágico en la región. De continuar confirmándose su utilidad, la caracterización de hábitats que configuran el Paisaje Pelágico podría impulsar el desarrollo de herramientas operacionales para la descripción del estado y pronóstico de los recursos marinos a escala regional y local (e.g. Alvarez-Berastegui *et al.*, 2014; Montes *et al.*, 2020).

### Área de estudio

El área de estudio corresponde a las aguas oceánicas frente a las costas del estado de BCS, comprendidas en el cuadrante -120 a -108 de longitud y 22 29 de latitud (Figura 1.1). Los círculos de colores en la figura 1 indican los sitios para los cuáles se realiza la descripción de los cambios en el Paisaje Pelágico; parque nacional Cabo Pulmo, La Paz y el Golfo de Ulloa.

## Metodología

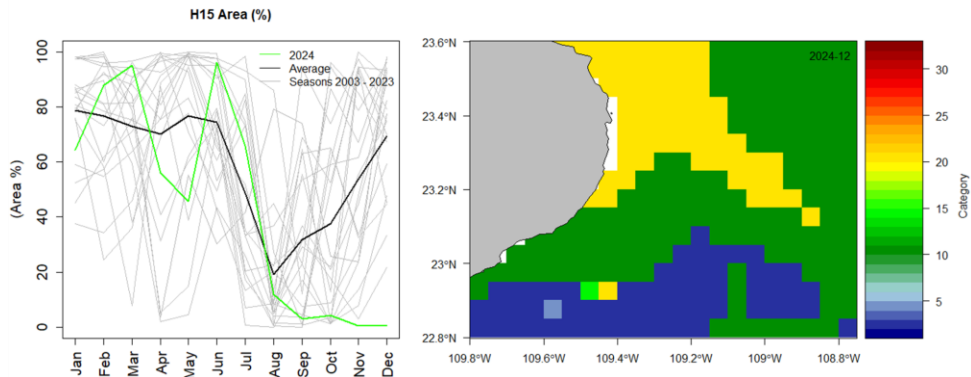
Los datos de entrada para clasificar cada hábitat pelágico se derivan de campos dinámicos de datos satelitales y modelados con el objetivo de proporcionar un marco biogeográfico para describir los hábitats oceánicos dinámicos alrededor del mundo a través de una gama de 33 categorías de hábitat. El servicio CoastWatch proporciona acceso regular a compuestos mensuales y de 8 días con una resolución de 5 km: <https://coastwatch.noaa.gov/cwn/products/seascape-pelagic-habitat-classification.html>.

El archivo de datos original fue descargado en formato \*.nc, con resolución temporal mensual, desde enero de 2003 hasta la actualización más reciente del producto. El archivo se reestructura como un objeto *sat* de clase 4, para posteriormente realizar la extracción y visualización de datos con el apoyo de la biblioteca *sat* (Villalobos y González-Rodríguez, 2022) en el lenguaje de programación R (R Core Team, 2025). El área recortada para cada localidad se considera como el 100%, para posteriormente calcular la cobertura relativa de los hábitats presentes mediante el conteo automatizado de píxeles por clase (fig. 4.1.2, 4.2.2, 4.3.2).

## Resultados

El paisaje pelágico en Cabo Pulmo y zonas adyacentes, muestran una estacionalidad bien definida (Figura 4.1.1). 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.

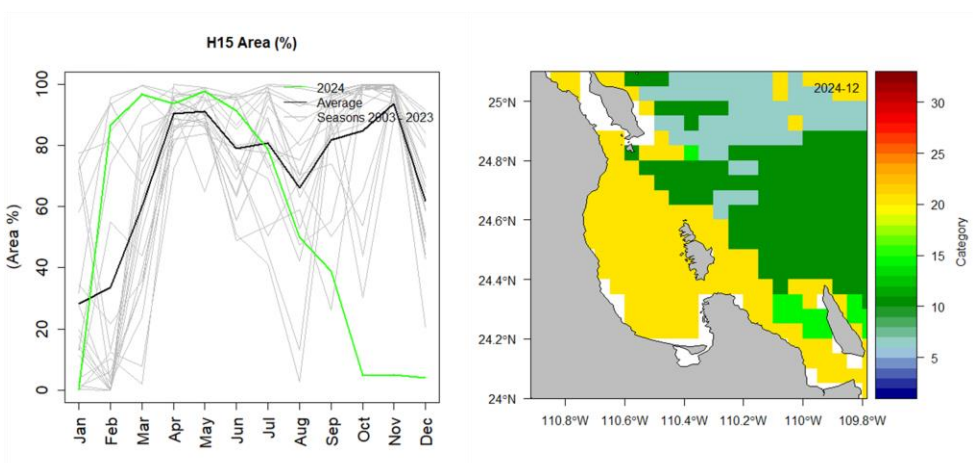
En el periodo enero-octubre de 2024, se observan procesos alternados de contracción y expansión de H15 respecto a las condiciones promedio, con variaciones de alrededor del 20%. H15 llegó a sus valores más bajos entre agosto y octubre, representando una contracción del 30%. H15 prácticamente desapareció 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 4.1.1 y 4.1.2). 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 4.1.2).



**Figura 4.1:** Paisaje Pelágico frente a Cabo Pulmo. 4.1.1) Panel izquierdo: Comportamiento estacional del hábitat dominante H15 (2003-2024). 4.1.2) Panel derecho: Distribución espacial promedio de los hábitats pelágicos durante diciembre de 2024.

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 4.2.1). 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 (Figura 4.2.1). 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 4.2.1). 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 4.2.2).

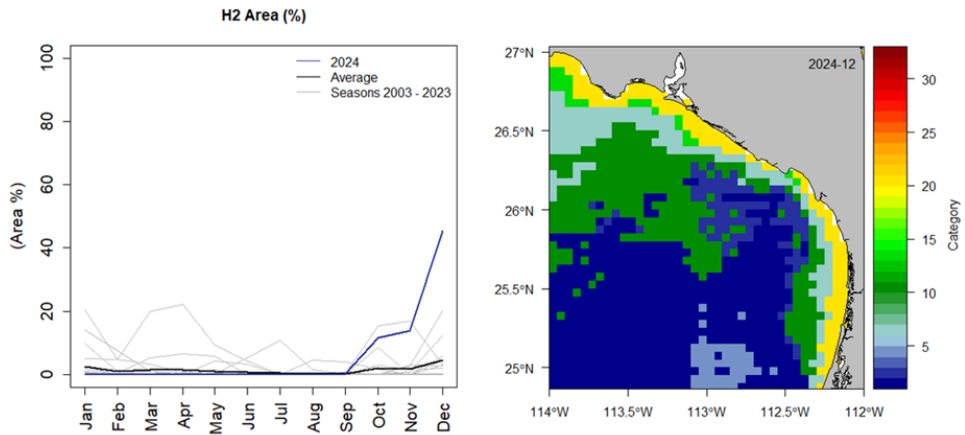


**Figura 4.2:** Paisaje Pelágico en la Bahía de La Paz. 4.2.1) Panel izquierdo: Comportamiento estacional del hábitat H3 (2003-2024). 4.2.2) Panel derecho: Distribución espacial promedio de los hábitats pelágicos en diciembre de 2024.

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 4.3.1).

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 4.3.2). 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 4.3.2). 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 (Figura 4.3.2). Categorías como H11 y H21, retornaron a sus áreas promedio, después de haberse expandido considerablemente entre junio y noviembre (Figura 4.3.2).



**Figura 4.3:** Paisaje Pelágico en el Golfo de Ulloa. 4.3.1) Panel izquierdo: Comportamiento estacional (2003-2024) del hábitat H21 en el Golfo de Ulloa. 4.3.2) Panel derecho: Distribución espacial promedio de los hábitats pelágicos durante diciembre de 2024.

## Referencias

- Alvarez-Berastegui, D., Ciannelli, L., Aparicio-Gonzalez, A., Reglero, P., Hidalgo, M., Lopez-Jurado, J. L., Tintoré, J., et al. 2014. Spatial scale, means and gradients of hydrographic variables define pelagic seascapes of bluefin and bullet tuna spawning distribution. *PloS one*, 9: e109338.
- Montes, E., Djurhuus, A., Muller-Karger, F. E., Otis, D., Kelble, C. R., & Kavanaugh, M. T. 2020. Dynamic satellite seascapes as a biogeographic framework for understanding phytoplankton assemblages in the Florida Keys National Marine Sanctuary, United States. *Frontiers in Marine Science*, 7, 575.
- Kavanaugh, M. T., Oliver, M. J., Chavez, F. P., Letelier, R. M., Muller-Karger, F. E., & Doney, S. C. (2016). Seascapes as a new vernacular for pelagic ocean monitoring, management and conservation. *ICES Journal of Marine Science*, 73(7), 1839-1850.
- NOAA CoastWatch (2025). Pelagic Seascape Habitat Classification <https://coastwatch.noaa.gov/cwn/products/seascape-pelagic-habitat-classification.html>.
- R Core Team (2025). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

Scales, K. L., Alvarez-Berastegui, D., Embling, C., & Ingram, S. (2017). Pelagic seascapes. *Seascape Ecology*.

Wolter, K., and M. S. Timlin, 1998: Measuring the strength of ENSO events - how does 1997/98 rank? *Weather*, 53, 315-324. DOI: 10.1002/j.1477-8696.1998.tb06408.x.

Villalobos H, González-Rodríguez E (2022). *satIn: Visualisation and Analysis of Ocean Data Derived from Satellites*. R package version 1.2.0, <<https://github.com/hvillalo/satin>>.



## 5. Monitoreo satelital de grupos fitoplanctónicos

Cotsikayala Pacheco Ramírez  
cotsi.pacheco@gmail.com

**Resumen** | En esta sección, pretendo dar a conocer parte de mi tesis doctoral sobre la teledetección de grupos funcionales fitoplanctónicos expresados en la clorofila del mar. Diatomeas y dinoflagelados son grupos que integran algunas especies con el potencial de formar florecimientos algales nocivos. Mensualmente fue calculado el promedio, utilizando los registros diarios de las diatomeas, los dinoflagelados y haptofitas, generados por el Servicio de Monitoreo del Medio Marino de COPERNICUS, para tres regiones de BCS. En enero de 2025 el promedio mensual de los dinoflagelados fue igual que la máxima concentración registrada en el promedio climatológico de enero (2002-2024) en Cabo Pulmo, en contraste la bahía de La Paz y San Juanico registraron valores por debajo del promedio climatológico.

### Introducción

Global Ocean Colour es una de las más importantes series temporales a largo plazo del color del mar, desarrollada a partir de datos de multisensores con resolución temporal diaria y espacial de 4 km del Servicio de Monitoreo del Medio Marino de COPERNICUS (CMEMS). Es un producto de Clorofila clasificados por grupos funcionales fitoplanctónicos, entre estos grupos están las diatomeas, dinoflagelados y haptofitas. Este producto además de proporcionar estimaciones precisas de la presencia y distribución de diatomeas, dinoflagelados y haptofitas, permite obtener información detallada sobre su abundancia en el océano.

Las diatomeas y los dinoflagelados son grupos que integran especies fitoplanctónicas capaces de generar florecimientos algales nocivos (FAN) tóxicos y daño físico a diversas especies locales. *Pseudo-nitzschia* spp es una diatomea que produce neurotoxinas (ácido domoico), *Gymnodinium catenatum* es un dinoflagelado que produce toxinas paralizantes, para más información consultar la página: [siat-cicese.mx/especies-nocivas](http://siat-cicese.mx/especies-nocivas). Por otro lado, las haptofitas no producen afectaciones, pero si se relacionan con altas concentraciones de carbón inorgánico particulado, porque están formados de placas externas de calcita (cocolitos), nombrados cocolitofóridos, la especie más abundante es *Emiliania huxleyi* (Iglesias-Rodríguez *et al.* 2002), puede proliferar fácilmente en aguas costeras enriquecidas de nutrientes (Weeks *et al.* 2004).

Baja California Sur (BCS), es uno de los estados más afectados en términos de problemas de salud pública, por florecimientos algales tóxicos, de acuerdo con la Base de Datos de Eventos de Algas Nocivas (<http://haedat.iode.org/>). La bahía de La Paz es la región mejor estudiada de la porción sur de BCS, debido a su importancia económica, en este sentido, las

capacidades sinópticas que ofrecen los sensores remotos satelitales ayudarán a mejorar estas capacidades de monitoreo. Esto es de particular preocupación debido a la presencia constante de toxinas en moluscos comercializados en BCS, resaltando la importancia de un monitoreo continuo para garantizar la seguridad del consumo de mariscos en la región (Leyva-Valencia et al. 2021).

## Área de estudio

El área de estudio corresponde a las aguas frente a las costas del estado de Baja California Sur (BCS), en un principio para tres regiones del estado: Cabo Pulmo, Bahía de La Paz y San Juanico ([Figura 1.1](#)).

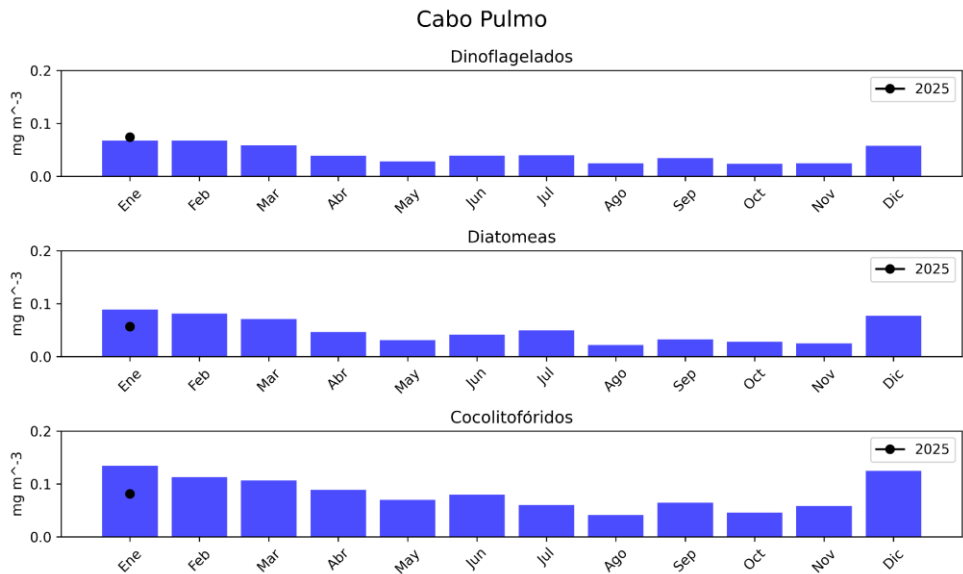
## Metodología

Durante julio de 2002 y enero de 2025 se obtuvieron imágenes satelitales de CMEMS COPERNICUS, el producto Global Ocean Colour (Copernicus-GlobColour), Bio-Geo-Chemical L3, con resolución diaria de observaciones satelitales se encuentra disponible en: [https://data.marine.copernicus.eu/product/OCEANCOLOUR\\_GLO\\_BGC\\_L3\\_MY\\_009\\_103/](https://data.marine.copernicus.eu/product/OCEANCOLOUR_GLO_BGC_L3_MY_009_103/).

El procesamiento satelital, incluyendo la gestión de datos se realizó con la herramienta Copernicus Marine versión 2.0, porque acelera el procesamiento satelital de los productos COPERNICUS. Es utilizada para el análisis de datos e integrarlos fácil y eficientemente, con bibliotecas para el aprendizaje automatizado y generar modelos. Todos los procesos se llevaron a cabo desde el entorno Jupyter en lenguaje de programación Phyton.

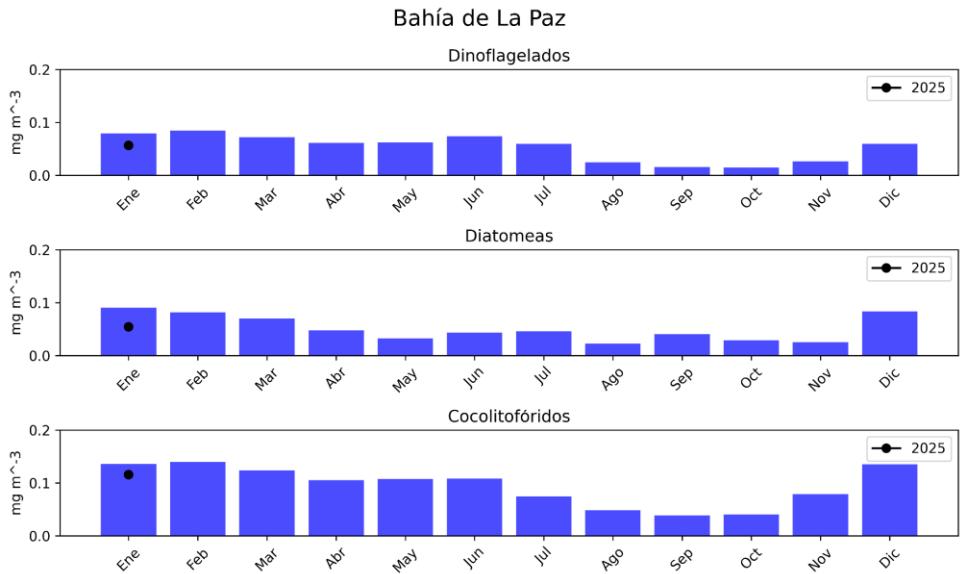
## Resultados

En Cabo Pulmo los resultados indican que el promedio mensual de las concentraciones de las diatomeas han aumentado considerablemente, superando el promedio climatológico del mes de enero. Las climatologías de los grupos fitoplanctónicos representativos: diatomeas, dinoflagelados y cocolitofóridos, se presentan en la [Figura 5.1](#). Las barras azules indican las climatologías de enero a diciembre del periodo 2002-2024, mientras que los puntos negros muestran el promedio mensual de enero de 2025.



**Figura 5.1:** Climatologías de la concentración de grupos fitoplanctónicos expresada en CLO en el agua de mar en Cabo Pulmo durante el mes de enero de 2025.

En la bahía de La Paz los resultados indican que el promedio mensual de las concentraciones de los tres grupos han disminuido, fue menor que el promedio climatológico del mes de enero. Las climatologías de los grupos fitoplanctónicos representativos, diatomeas, dinoflagelados y cocolitofóridos, se presentan en la [Figura 5.2](#). Las barras azules indican las climatologías de enero a diciembre del periodo 2002-2024, mientras que los puntos negros muestran el promedio mensual de enero de 2025.



**Figura 5.2:** Climatologías de la concentración de grupos fitoplanctónicos expresada en CLO en el agua de mar en la bahía de La Paz durante el mes de enero de 2025.

En San Juanico los resultados indican que el promedio mensual de las concentraciones de diatomeas y dinoflagelados estuvo en el límite superior del promedio climatológico, particularmente para los cocolitofóridos las concentraciones son bajas en comparación con el promedio climatológico. Las climatologías de los grupos fitoplanctónicos representativos, diatomeas, dinoflagelados y cocolitofóridos, se presentan en la [Figura 5.3](#). Las barras azules indican las climatologías de enero a diciembre del periodo 2002-2024, mientras que los puntos negros muestran el promedio mensual de enero de 2025.

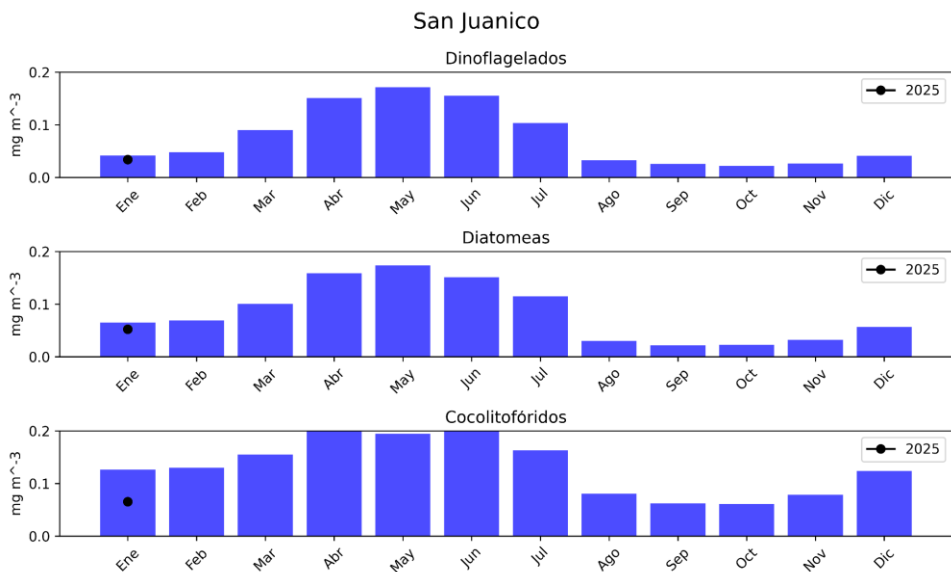


Figura 5.3: Climatologías de la concentración de grupos fitoplanctónicos expresada en CLO en el agua de mar en la bahía de La Paz durante el mes de enero de 2025.

## Referencia

- Bidigare Robert R., Michael E. Ondrusek, John H. Morrow, and Dale A. Kiefer "In-vivo absorption properties of algal pigments", Proc. SPIE 1302, Ocean Optics X, (1 September 1990); <https://doi.org/10.1117/12.21451>
- Iglesias- Rodríguez, M.D., I. Probert & J. Batley. 2006. Microsatellite cross- amplification in coccolithophores: application in population diversity studies. *Hereditas* 143: 99-102.
- 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.
- Leyva-Valencia, I., J.E. Hernández-Castro, C.J. Band-Schmidt, A.D. Turner, A. O'Neill, E. Núñez-Vázquez, D.J. López-Cortés, J.J. Bustillos-Guzmán y F.E., Hernández-Sandoval. 2021. Lipophilic toxins in wild bivalves from the southern Gulf of California, Mexico. *Marine Drugs* 19 (2): 1-19.
- Weeks, S.J., G.C. Pitcher & S. Bernard. 2004. Satellite Monitoring of the Evolution of a Coccolithophorid Bloom in the Southern Benguela Upwelling System. *Oceanography* 17(1): 83-89.

## 6. Viento (VTO) in situ

Jorge Cortés Ramos  
jorgecr@cicese.mx

**Resumen** | En esta sección se incluyen datos in-situ de viento colectados a partir de estaciones meteorológicas ubicadas en la zona costera de Cabo Pulmo, La Paz y San Juanico. Estas estaciones registran cada 10 minutos las principales variables meteorológicas y los transmiten a las centrales de recepción del Servicio Meteorológico Nacional. Se mostrarán los patrones de viento para cada mes en cada sitio con base en la climatología mensual y las anomalías correspondientes al mes de interés. Para hacer más evidentes los cambios atípicos y destacar los fenómenos asociados, se calcularon los gráficos de cada distribución de los vientos, correspondientes a cada mes, comparados con el mismo mes en los años previos disponibles. Se enfatiza la disponibilidad, acceso y completitud de los datos transmitidos al SMN que en ocasiones imposibilitan este análisis.

### Introducción

Las regiones costeras de México experimentan fenómenos de viento significativos que impactan la productividad biológica y el clima. Particularmente, en Baja California Sur, los patrones estacionales de viento crean surgencias costeras durante la primavera y el verano, trayendo aguas ricas en nutrientes a la superficie y mejorando la productividad (Valdez y Díaz, 2018). Otros procesos similares ocurren en la Bahía de Concepción, Chile, fertilizando los sistemas costeros y generando áreas de alta producción (Ahumada, 1989). En la Bahía de La Paz, la red de monitoreo establecida en la zona reveló vientos predominantes del noroeste en invierno (5-10 m/s) y del sureste en verano (4-6 m/s), influyendo en la productividad biológica (Herrera-Cervantes *et al.*, 2017). Estos patrones de vientos costeros, incluidas las brisas marinas, juegan un papel crucial en el bioclima de las áreas costeras de México, afectando la ventilación natural y el confort en los edificios (Morillón-Gálvez *et al.*, 2020). Comprender los fenómenos promovidos por el viento es esencial para la gestión costera sustentable, la prevención de riesgos y el desarrollo de energía renovable en las zonas costeras de México.

### Área de estudio

El área de estudio corresponde a las aguas oceánicas frente a las costas del estado de BCS (Figura 1.1). Los círculos de colores en la Figura 1.1 indican los sitios de interés en donde se hicieron los análisis de series de tiempo de la dirección e intensidad del viento, de sur a norte, parque nacional Cabo Pulmo, La Paz y San Juanico.

### Metodología

Los datos de viento se obtienen de la red de Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs) del servicio meteorológico nacional (SMN). 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-procesan mediante código Python para identificar los valores espurios contenidos en la serie de tiempo y los vacíos de información. Estos huecos se dejan en blanco para evitar errores sistemáticos en su llenado dejando periodos de tiempo con cero observaciones. Existen algunos periodos de tiempo donde las observaciones nulas son mayores a un año. Estos periodos los atribuimos a daños en la estación, cambios o fallos en la telemetría.

Con los datos de velocidad y dirección del viento sostenido medido en las EMAs, 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. 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.

## Resultados

Durante el mes de enero de 2025 un falló en la transmisión de los datos ocurrido desde diciembre del año previo limitó las observaciones a los últimos 10 días del mes. Por lo tanto mostraremos, únicamente como referencia, los valores y análisis hechos para el mes de diciembre en los puntos de observación de Cabo Pulmo y La Paz.

### VTO in situ en Cabo Pulmo, BCS

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 6.1).

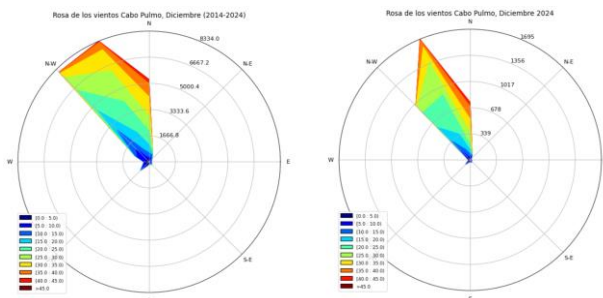
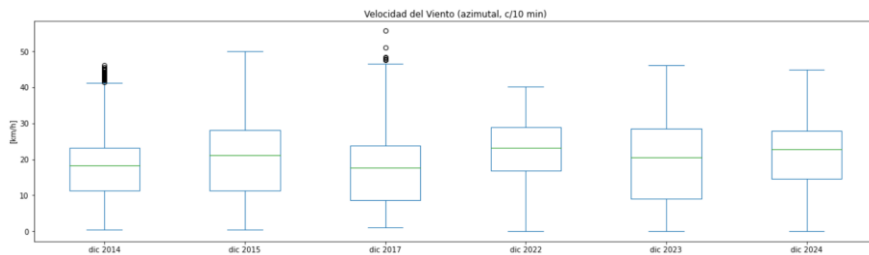


Figura 6.1: Climatología vs. observaciones de la dirección e intensidad de los vientos en la

estación Cabo Pulmo durante el mes de diciembre de 2024.

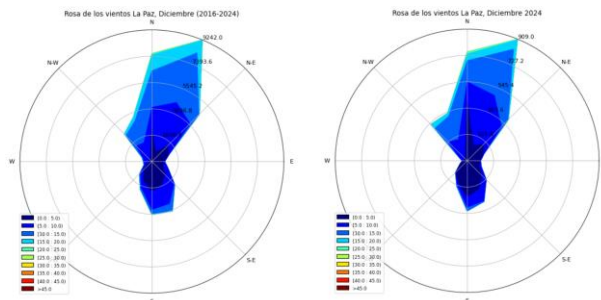
La intensidad del viento in situ registrada durante el mes de diciembre de 2024, en Cabo Pulmo, muestra una distribución de intensidades atípica con pocos valores superiores a los 40 km/h pero valores extremos por debajo de los 10 km/h que contrastan con un valor de la mediana por arriba de los 20 km/h en comparación con años previos (Figura 6.2, outliers). Durante diciembre de 2024 no se rebasaron los valores por arriba de los 45 km/h que ocurrieron durante 2017.



**Figura 6.2:** 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).

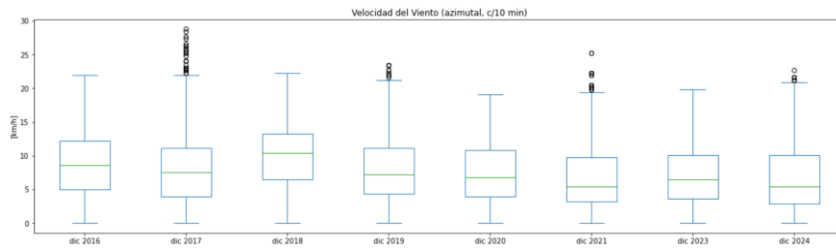
### ***VTO in situ en la ciudad de La Paz, BCS***

Se observa que durante el mes de diciembre de 2024 el patrón característico de los vientos dentro de la ciudad de La Paz contrasta Figura 6.3 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 6.3:** 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 5, 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 6.4, boxplots).



**Figura 6.4:** 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.

## Referencia

- Ahumada, R. (1989). Producción y destino de la Biomasa fitoplanctónica en un sistema de bahías en Chile Central: una hipótesis. *Biología Pesquera*, (18), 53-66.
- Herrera-Cervantes, H., Beier, E., & Balart, E. (2017). Red de Monitoreo Ambiental para el estudio de la variabilidad Océano-Atmósfera en la Bahía de La Paz, BCS, México. *Recursos Naturales y Sociedad*, 2017. Vol. 3 (2): 32-44. Doi: <https://doi.org/10.18846/renaysoc.2017.03.03.02.0003>
- Morillón Gálvez, D., Silva Casarín, R., Rosas Flores, J. A., Felix Delgado, A. , García Kerdan, I. (2020). Impacto de la brisa marina y el viento en el Bioclima de México. CEMIE-Océano, Universidad Autónoma de Campeche. 167 p.
- Valdez, M.M., & Díaz, G.P. (2018). Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. *Geography*.

## 7. Condiciones meteorológicas en bahía de La Paz: diciembre 2024-enero 2025

Hugo Herrera Cervantes  
hherrera@cicese.mx

**Resumen** | La Bahía de La Paz (BLPZ), ubicada en el suroeste del Golfo de California, es una región impactada por periodos prolongados de sequía y por diferentes eventos meteorológicos e hidrometeorológicos severos asociados con el paso de ciclones tropicales provenientes del océano Pacífico. El CICESE-UALP, lleva a cabo desde 2015 el Proyecto Interno 691-109 “Laboratorio Ambiental para el estudio de la variabilidad Océano-Atmósfera en la Bahía de La Paz, B.C.S”, para el monitoreo de variables ambientales en la BLPZ en base a observaciones generadas por Estaciones Meteorológicas Autónomas (EMAs). El objetivo de este estudio es evaluar los ciclos anuales de variables atmosféricas en la bahía de La Paz y su relación con la productividad primaria observada a partir de imágenes de satélite.

### Introducción

En esta sección, se presenta un breve análisis de las condiciones atmosféricas que se observan mes con mes utilizando la información generada a partir de las EMAs (Davis Vantage Pro II), ubicadas en diferentes puntos de la Bahía (<https://ulp.cicese.mx/condiciones-ambientales-observadas-en-la-Bahia-de-la-paz/>). El objetivo de esta sección es evaluar la evolución mensual de variables locales analizadas (Temperatura del aire, Humedad relativa, velocidad y dirección del viento) en la BLPZ y su relación con eventos climatológicos foráneos como frentes fríos en invierno, el monzón de Norte América y el paso de ciclones tropicales durante el verano, entre otros.

### Área de estudio

La BLPZ se ubica en el suroeste del Golfo de California a 180 km de la boca del Golfo entre las coordenadas 24.1° a 25.0° N y de 110.1°-111.0° O (Herrera-Cervantes, 2019). La bahía presenta un importante intercambiando agua con el Golfo de California a través de la boca grande ubicada al norte (Cuenca Alfonso, ~ 400 m) y del canal de San Lorenzo al sur (Obeso-Nieblas *et al.*, 2004). La BLPZ está delimitada por la Isla San José y el Parque Nacional Archipiélago de la Isla Espiritu Santo, perteneciente a la red mundial de reservas de la biósfera de la UNESCO y recientemente designada como Área Marina Prioritaria (SEMARNAT, 2014).

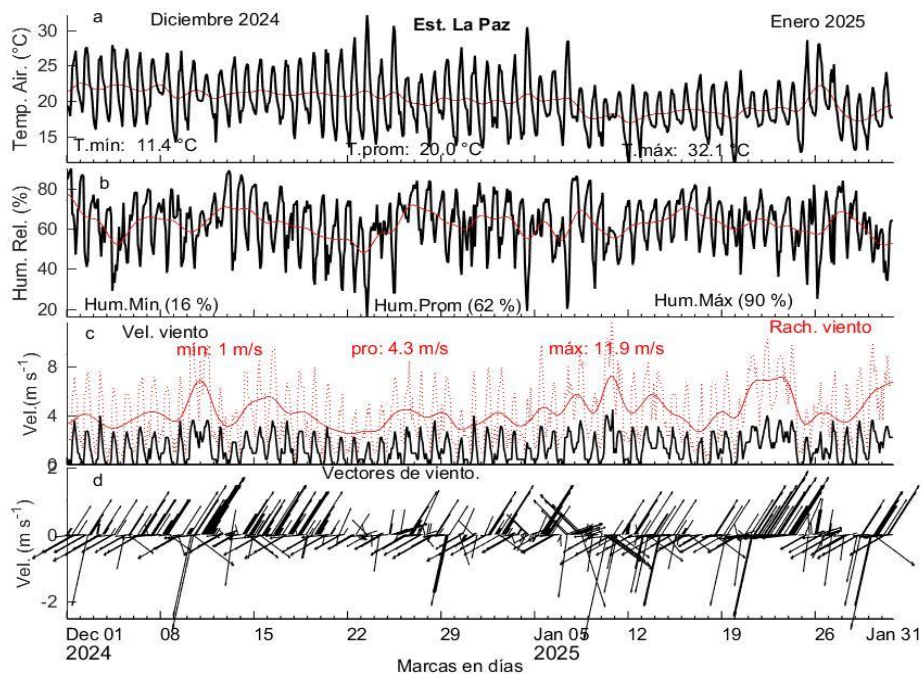
### Metodología

Los datos “crudos” de las variables analizadas (temperatura del aire, humedad relativa, velocidad y rachas de viento y la dirección del viento), se recolectan mes con mes previo a su graficado en forma de series de tiempo y rosa de los vientos. Se incluyen los valores mínimos, promedio y máxima de cada variable, y la máxima y mínima varianza de los vectores del

viento.

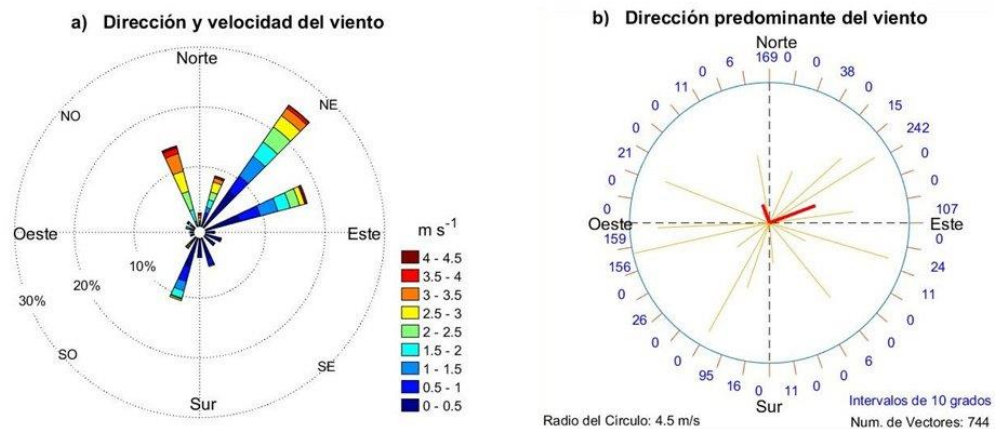
## Resultados

La **Figura 7.1** muestra las series de tiempo de (a) Temp. Air, (b) Hum. Rel, (c) velocidad (línea en negro) y rachas de viento (línea punteada en rojo) y (d) la dirección del viento (vectores) registrados cada 2 horas por la Estación La Paz, ubicada al sur de la BLPZ. Los valores máximos de Temp. Air ( $32.1^{\circ}\text{C}$ ) se observaron durante finales de diciembre (22-24 de diciembre) con un valor promedio de  $20.0^{\circ}$  y temperaturas mínimas de  $11.1^{\circ}\text{C}$  durante enero del 2025, mostrando una disminución paulatina de la Temperatura a partir de enero (invierno). Los valores máximos, promedio y mínimos de Hum. Rel (90 %, 62 and 16%), se observaron durante diciembre (12-14 de diciembre), y enero (6 -10) asociado a un periodo estable en la atmósfera (12-18 de enero) durante la temporada seca y fría de invierno. El viento mostró valores máximos de rachas de viento de 10 a 11 m s<sup>-1</sup> durante enero de 2025 asociados al paso de frentes fríos propios de la temporada invernal (20 al 26 de enero). Se observan periodos cortos de rachas de viento del sur y suroeste (5 -10 m s<sup>-1</sup>) previos al ingreso de moderados frentes fríos (10-12 de diciembre), asociados con aire húmedo y frío proveniente del Pacífico. La dirección predominante del viento fue alternada durante ambos meses, cambiando del norte-noreste al suroeste, sobresaliendo los eventos asociados a frentes fríos (del noreste).



**Figura 7.1:** Series de tiempo de: (a) Temperatura del aire, (b) Humedad Relativa, (c) Velocidad (en negro) y Rachas (línea en rojo) del viento y (d) la dirección del vector del viento registrado en la Estación La Paz, del 01 de diciembre, 2024 al 31 de enero, 2025. Las líneas en rojo indican el promedio corrido de 24 hrs.

La **Figura 7.2** muestra los datos de velocidad y dirección del viento en forma de (a) rosa de los vientos y (b) rosa de vectores. La dirección predominante, fue del 1er. y 4to. cuadrante (período invernal, 2024-2025). Los frentes fríos se asocian con velocidades de viento fuerte mayores a 5 m s<sup>-1</sup> direcciones predominantes provenientes del norte y noreste (>20%) con el correspondiente ingreso de aire frío. Eventos de viento del sur y suroeste (2.5-3.0 m s<sup>-1</sup>, del 3er. cuadrante) representan un porcentaje menor (10% de la ocurrencia del viento). Los vectores en rojo indican los ejes principales de la dirección de máxima y mínima varianza en los datos analizados.



**Figura 7.2.** Velocidad y dirección predominante del viento mostrada en forma de: a) Rosa del viento y (b) vectores del viento que 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 el período analizado.

## Referencias

Herrera-Cervantes, H., 2019. Sea surface temperature, ocean color and wind forcing patterns in the Bay of La Paz, Gulf of California: seasonal variability. *Atmósfera* 32 (1), 25–38. <http://doi: 10.20937/ATM.2019.32.01.03>

INEGI, Encuesta Intercensal 2015; 2020: CONAPO, Proyecciones de la Población de los Municipios de México 2015-2030.

Obeso-Nieblas, M., Shirisago, B., Sánchez-Velasco, L., Gaviño-Rodríguez, J.H., 2004. Hydrographic variability in bahía de La Paz, B. C. S, México, during the 1997–1998 El Niño. *Deep-Sea Research II* 51, 689–710. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2004.05.005>.

SEMARNAT, 2014. Programa de manejo: Programa de manejo del Parque Nacional Zona Marina-Archipiélago Espíritu Santo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

# 8. Temperatura, Humedad Relativa y Evapotranspiración Potencial (ETo) en el Valle de Santo Domingo

José Denis Osuna Amador  
osuna.jose@inifap.gob.mx

**Resumen** | El clima en una región determina diversos eventos agronómicos relevantes, por ejemplo el crecimiento y desarrollo de plantas, la presencia de plagas y enfermedades, por lo que analizar su comportamiento es esencial. Con el propósito de conocer el comportamiento de las variables de clima en el mes de enero de 2025 y comparar su comportamiento con respecto a datos históricos, fueron analizados datos proporcionados por el observatorio meteorológico no. 3132 localizado en Ciudad Constitución, Baja California Sur, México. Los resultados mostraron que la temperatura promedio del mes de enero de 2025 alcanzó los 16.9 °C, con temperaturas máxima promedio y temperatura mínima promedio de 26.1 y 7.6 °C, respectivamente; las anomalías en las temperaturas con respecto a los registros históricos (1981-2017) para estas variables fueron negativas (rango de 0.7 a 0.9 °C). La evapotranspiración potencial (ETo) promedio por día resultó en 3.7 mm/día, lo que fue equivalente a una pérdida de agua desde la superficie vegetal de referencia de 37 metros cúbicos por hectárea.

## Introducción

Resulta relevante analizar el comportamiento de variables climáticas en una región, al ser un factor de gran valor en la búsqueda de optimizar la productividad en sistemas agropecuarios. Algunos beneficios específicos a los que coadyuva el conocer el comportamiento de variables como la temperatura, humedad relativa y evapotranspiración potencial son: a) inferir potencial productivo de cultivos, b) delimitar fechas de siembra que favorecen el buen desarrollo de los cultivos anuales o perennes (optimizar crecimiento y desarrollo de la planta, reducir la incidencia de plagas, enfermedades o malezas), e incluso c) incrementar la productividad del agua.

## Área de estudio

Los valores de las variables climáticas que se presentan en este análisis fueron 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, a 48.3 msnm), Ciudad Constitución, Comondú, México. En esta área se ubica el Valle de Santo Domingo, principal zona agrícola de la entidad en la cual se establecen 29,000 hectáreas de diversos cultivos, tales como, espárrago, alfalfa, maíz, trigo, naranja, tomate, papa, además de desarrollarse ganadería enfocada en la producción de carne y leche de bovinos, caprinos, ovinos y porcinos (SIAP, 2024a; SIAP, 2024b).

## Metodología



---

***Comportamiento de la temperatura y humedad en el mes de enero de 2025.*** Se graficaron los registros diarios de temperaturas y humedad relativa para el mes de enero de 2025, identificando el día que se registró la temperatura mínima y máxima.

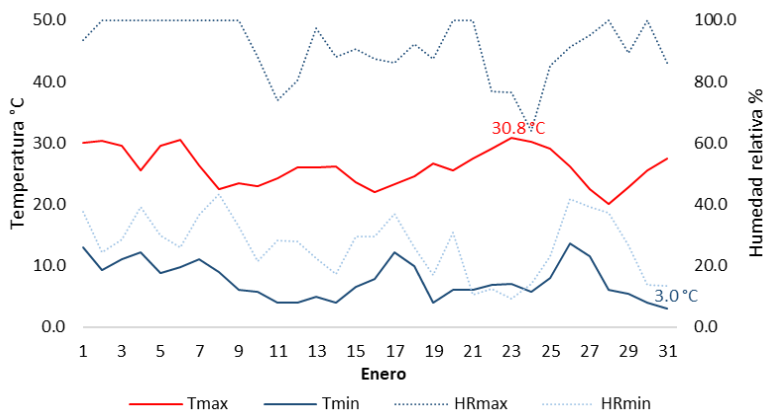
***Comportamiento de las temperaturas en enero de 2025 vs registros históricos.*** Para el análisis del comportamiento de las temperaturas promedio, temperatura máxima y temperatura mínima del mes de enero de 2025, se utilizaron los datos registrados por el observatorio no. 3132. Asimismo, de manera gráfica se realizó una comparación de los valores al mes de enero de 2025 con respecto a los valores promedios históricos reportados en el Inventario de registros por década año periodo 1981-2017, que fueron generados por la misma estación.

***Evapotranspiración potencial (ETo) en el mes de enero de 2025.*** La ETo representa la máxima cantidad de agua que puede perderse desde una superficie vegetal de referencia, cuando la cantidad de agua suministrada al suelo es ilimitada (Kirkham, 2005). El tomar en cuenta la ETo puede contribuir a la optimización del consumo de agua en la agricultura, así como potenciar el rendimiento de los cultivos, lo cual aporta a la seguridad alimentaria de una población global en crecimiento (Cherlinka, 2025). Así, con los valores diarios registrados de temperaturas (en °C), humedad relativa (en %), insolación (en horas/día), velocidad de viento (m/s), se determinó el comportamiento de la evapotranspiración (ETo) utilizando para esto el software ETo Calculator versión 3.12 (FAO, 2025).

## Resultados

***Comportamiento de la temperatura y humedad en el mes de enero de 2025.***

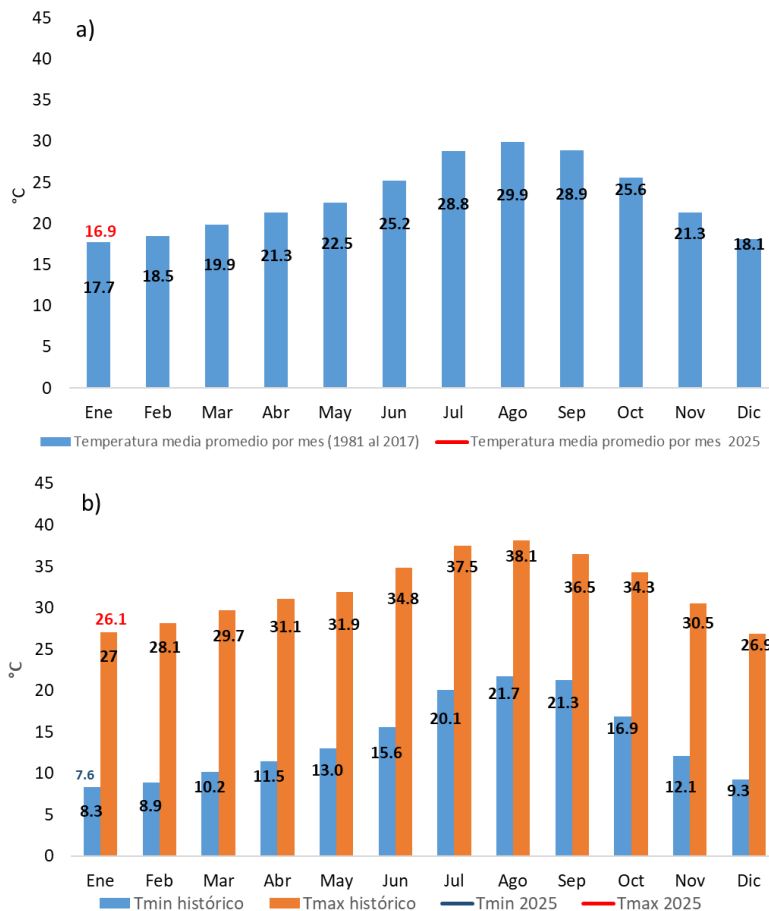
La [Figura 8.1](#) muestra el comportamiento diario de la temperatura y humedad relativa en el mes de enero de 2025. El día 23 de enero se registró la temperatura más alta con 30.8 °C, mientras que el 31 de enero se presentó la temperatura más baja alcanzando un registro de 3.0 °C. En cuanto a la humedad relativa máxima, el promedio mensual fue de 91.3 %, mientras que el valor promedio de la humedad relativa mínima, fue de 26.7 %.



**Figura 8.1:** Comportamiento de la temperatura y humedad relativa en el mes de enero de 2025. Tmax= Temperatura máxima. Tmin= Temperatura mínima. HRmax= Humedad relativa máxima. HRmin= Humedad relativa mínima.

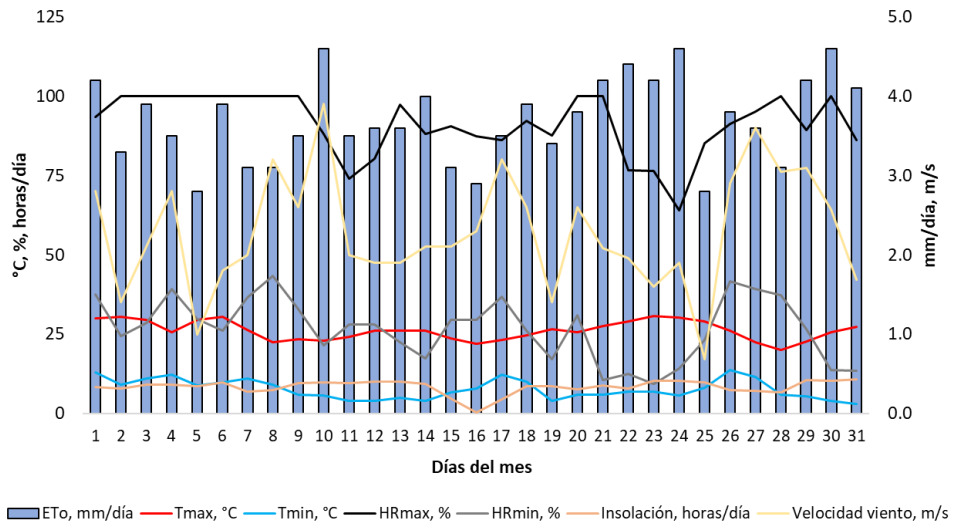
**Comportamiento de las temperaturas en enero de 2025 vs registros históricos.**

El mes de enero de 2025 presentó una temperatura promedio de 16.9 °C (Figura 8.2 a), valor que se ubicó 0.8 °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 enero de 2025 con respecto a los promedios históricos, se registró una anomalía negativa de 0.9 °C en la temperatura máxima, mientras que en la temperatura mínima la anomalía negativa registrada fue de 0.7 °C (Figura 8.2 b).



**Figura 8.2.** a) Comparativo de los promedios mensuales de la temperatura media (periodo 1981-2017) con respecto al registrado en el mes de enero de 2025. b) Comparativo entre los promedios de temperaturas máximas y mínimas históricas (1981-2017) con respecto a los promedios presentados al mes de enero de 2025. Tmax= Temperatura máxima. Tmin= Temperatura mínima.

**Evapotranspiración potencial (ET<sub>o</sub>) en el mes de enero de 2025.** La Figura 8.3 muestra el comportamiento de la ET<sub>o</sub> en enero de 2025; el promedio de la ET<sub>o</sub> para este mes fue de 3.7 mm/día, mientras que el rango de valores se mantuvo entre 2.8 a 4.6 mm/día. Considerando que un mm equivale a 10 metros cúbicos por hectárea, entonces la cantidad promedio por día de agua que puede perderse desde la superficie vegetal de referencia fue de 37 metros cúbicos por hectárea, mientras que el rango se ubicó entre los 28 y 46 metros cúbicos por hectárea.



**Figura 8.3.** Evapotranspiración potencial (ETo) producto del comportamiento de variables climáticas en el mes de enero de 2025. Tmax= Temperatura máxima. Tmin= Temperatura mínima. HRmax= Humedad relativa máxima. HRmin= Humedad relativa mínima.

## Referencia

- Cherlinka, V. 2025. Evapotranspiration process and methods of measuring. Disponible en: <https://eos.com/blog/evapotranspiration/>
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2025. ETo Calculator. Disponible en: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/eto-calculator/es/>
- Kirhkam, M.B. 2005. Potential evapotranspiration. Principles of Soil and Plant Water Relations. Academic Press. Pages 455-468. <https://doi.org/10.1016/B978-012409751-3/50026-8>
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2024a. Histórico de avance de siembras y cosechas. Disponible en: [https://nube.siap.gob.mx/avance\\_agricola/](https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/)
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2024b. Producción ganadera. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria>

## 9. Condiciones Meteorológicas en aeropuertos

Luis Manuel Farfán Molina  
farfan@cicese.edu.mx

**Resumen.** En esta sección del boletín se ilustran los patrones de condiciones diarias y mensuales de la temperatura extrema (mínima y máxima) del aire así como del viento y humedad en los tres aeropuertos internacionales que operan en Baja California Sur. El mes de enero es, típicamente, el mes más frío del año en el estado con poca lluvia y algunos días con viento de moderado a intenso por diferentes causas entre ellas los frentes fríos.

### Introducción

Los aeropuertos son sitios que operan equipos de transporte que viajan a velocidades relativamente altas (cientos de kilómetros por hora) y manejan cantidades moderadas de personas (decenas a cientos) por lo que requieren de tomar en cuenta las condiciones del tiempo durante su llegada, salida y permanencia en el aeropuerto. Además, cada aeropuerto cuenta con instrumentación meteorológica para contar con observaciones que de forma inmediata son proporcionadas a los empleados de las aerolíneas incluyendo los pilotos. Se reportan tanto la temperatura del aire, humedad, velocidad de viento y condiciones especiales tal como niebla, lluvia y visibilidad entre otras.

### Área de estudio

Los aeropuertos del estado se encuentran retirados, entre 10–20 kilómetros, de los centros de población correspondientes. Entonces, se les puede considerar como sitios aislados y alejados de influencia urbana que pudieran alterar las observaciones. Las posiciones aproximadas de los aeropuertos son: San José del Cabo (23.15°N, 109.70°W), La Paz (24.07°N, 110.37°W) y Loreto (26.02°N, 111.35°W). Además, cada uno de ellos se encuentra a menos de 10 kilómetros de la costa del Golfo de California.

### Metodología

Todos los días del año, los reportes de los aeropuertos se emiten cada hora aproximadamente. En CICESE, los reportes se adquieren por medio de un sistema que automática y continuamente los recibe por medio de internet en equipo de cómputo; los reportes contienen datos de más de cinco mil aeropuertos de todo el mundo, aunque alrededor de 40 son de aeropuertos en México. Al final del día se elaboran resúmenes para una selección de 15 aeropuertos del noroeste y centro de México; sus datos se almacenan diariamente para ser analizados al final de cada mes. Los datos se utilizan para calcular estadísticas (promedios, máximos, mínimos, etc.) aunque en este boletín solamente se muestran las estadísticas correspondientes a los tres aeropuertos internacionales en el

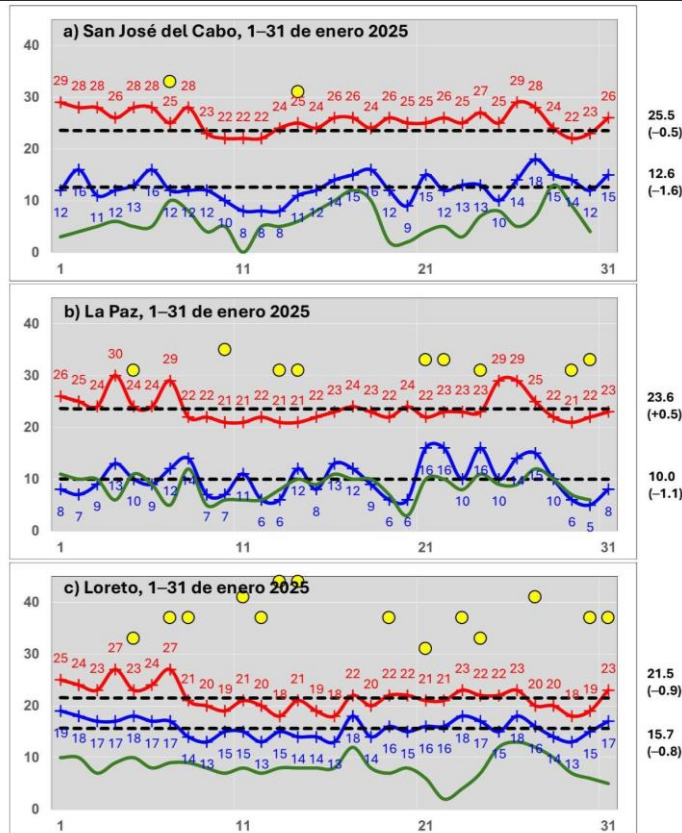
estado.

## Resultados

Durante el mes de enero (Figura 9.1), el aeropuerto de San José del Cabo tuvo temperaturas mínimas que durante todo el periodo oscilaron en el rango de 8–18°C mientras que las máximas fueron desde 22°C hasta 29°C; el promedio de temperaturas mínimas y máximas fue de 12.6 y 25.5°C respectivamente. Con respecto a los promedios climatológicos de los cinco años anteriores (enero 2020–2024), el promedio de mínimas en enero de 2025 fue 1.6°C más frío (anomalía negativa) que el promedio de los años anteriores. También, el promedio de las temperaturas máximas fue menor al de los años anteriores por 0.5°C. Recordar que una anomalía negativa (positiva) representa un valor menor (mayor) al ser comparado con el promedio de referencia utilizado, los cinco años desde 2020 a 2024 en este caso.

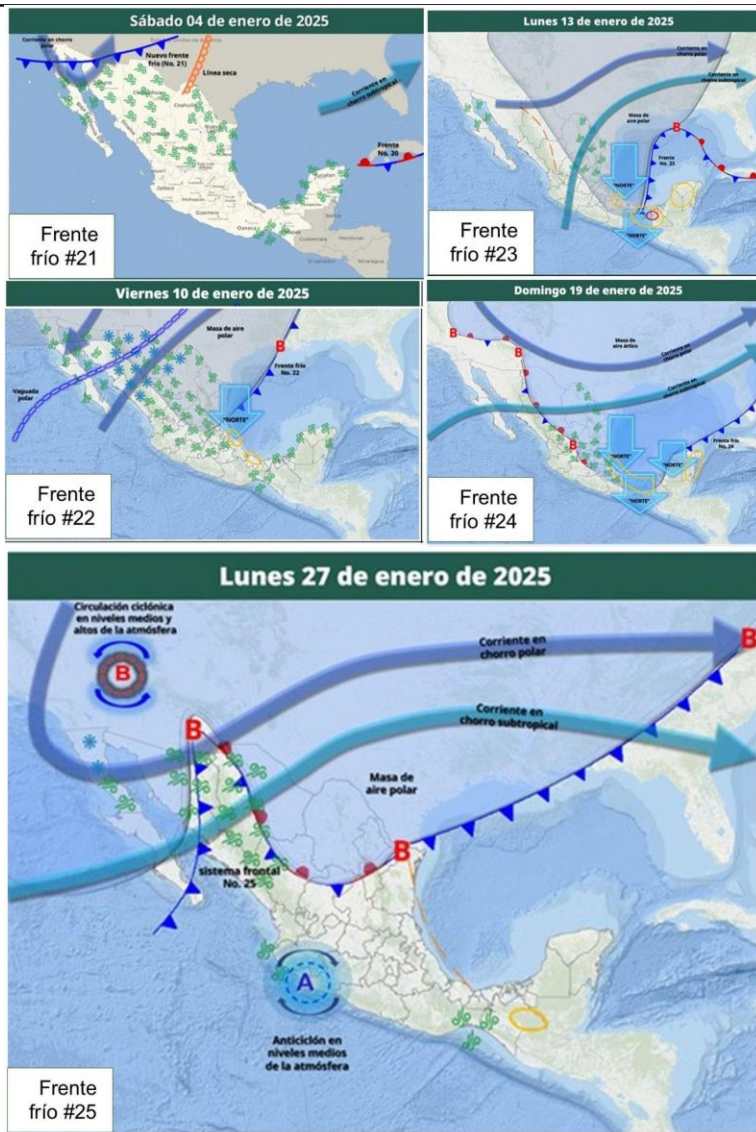
En La Paz, las mínimas (máximas) oscilaron entre 5–16°C (21–30°C) con un promedio mensual de 10.0°C (23.6°C) mientras que hubo una anomalía negativa (–1.1°C) con respecto al promedio de mínimas en los años anteriores. En cambio, la anomalía fue positiva (+0.5°C) con respecto al promedio de máximas en años anteriores. Los reportes matutinos del 1 y 28 de enero indicaron la presencia de niebla así como una visibilidad relativamente baja en el aeropuerto de La Paz. En Loreto el promedio mensual fue de 15.7°C (13–19°C rango) y 21.5°C (18–27°C) para las mínimas máximas respectivamente; en ambos casos hubo anomalías negativas de casi un grado centígrado. El viento máximo (mayor a 30 km/h) tuvo la tendencia de ser más frecuente en Loreto con valores mayores a 40 km/h.

La Figura 9.2 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 cinco frentes solamente un par de ellos se desplazaron sobre estados del noroeste de México. Uno de estos sistemas afectó directamente a las condiciones del tiempo en Baja California Sur; en particular, a causa del frente frío número 25, las condiciones en los días 29–31 se caracterizaron por temperaturas mínimas fueron menores al promedio mensual de 10°C en La Paz. En particular, el 30 de enero se observaron 5°C que fue la temperatura más baja durante todo el mes de enero. Históricamente, en los últimos cinco años, se han reportado mínimas menores de 3 o 4°C en cuatro días y en seis días valores iguales a 5°C; así que la temperatura mínima del 30 de enero (2025) fue un evento que se considera extremo, aunque solamente ocurrió durante solo un día del mes en el aeropuerto de La Paz.



**Figura 9.1:** Temperatura (°C) mínima y máxima del aire en tres aeropuertos de Baja California Sur: a) San José del Cabo, b) La Paz y c) Loreto desde el 1 al 31 de enero de 2025. 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 2020–2024) se indican en paréntesis.





**Figura 9.2:** Representación gráfica de condiciones del tiempo y sistemas meteorológicos relevantes en enero de 2025. Cada una de las cinco componentes de esta figura se asocia a un frentes fríos (#21–25) sobre México durante el mes de enero de 2025. Material proporcionado por el Servicio Meteorológico Nacional.

---

# 10. Temperatura del aire en el Golfo de California

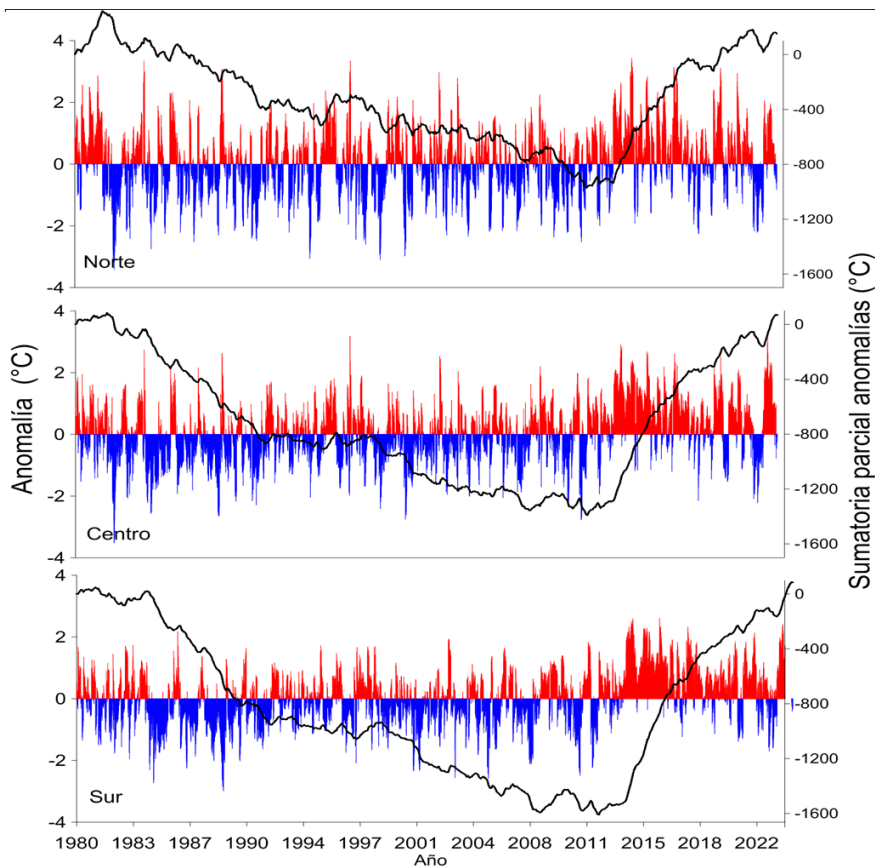
Carlos Robinson M.  
robmen@unam.mx

## Metodología

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  $\mu\text{m}$ . 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.

## Resultados

Los resultados de las anomalías por celda y área, así como la suma parcial de las anomalías se presentan en la [Figura 10.1](#).



**Figura 10.1:** 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  $0.79\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-0.46\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Para la zona centro en el mismo periodo se han observado 1788 celdas con anomalías positivas y 509 celdas con anomalías negativas (median  $0.87\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-0.45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Para la zona sur en el mismo periodo se han observado 1981 celdas con anomalías positivas y 446 celdas con anomalías negativas (median  $0.86\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-0.36\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). 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.



# BOLETÍN CLIMÁTICO DE BCS

AÑO 1 | NÚMERO 1 | ENERO 2025

## CONTENIDO

### PRESENTACIÓN

ARMANDO TRASVIÑA CASTRO

### NOVEDADES

NIVEL DEL MAR

CLOROFILA Y TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR

PAISAJES PELÁGICOS

FITOPLANCTON SATELITAL

VIENTO (VTO) IN SITU

CONDICIONES METEOROLÓGICAS

TEMPERATURA DEL VALLE

TEMPERATURA DE AEROPUERTOS

TEMPERATURA DEL GOLFO DE CALIFORNIA

### FOTOGRAFÍA DE PORTADA

DR. ARMANDO TRASVIÑA, GRACIAS AL VUELO CON EL DR. SERGIO MILLÁN OLACHEA DEL CLUB PELICANOS DE ULTRALIGEROS

Laboratorio

# SERVANT

