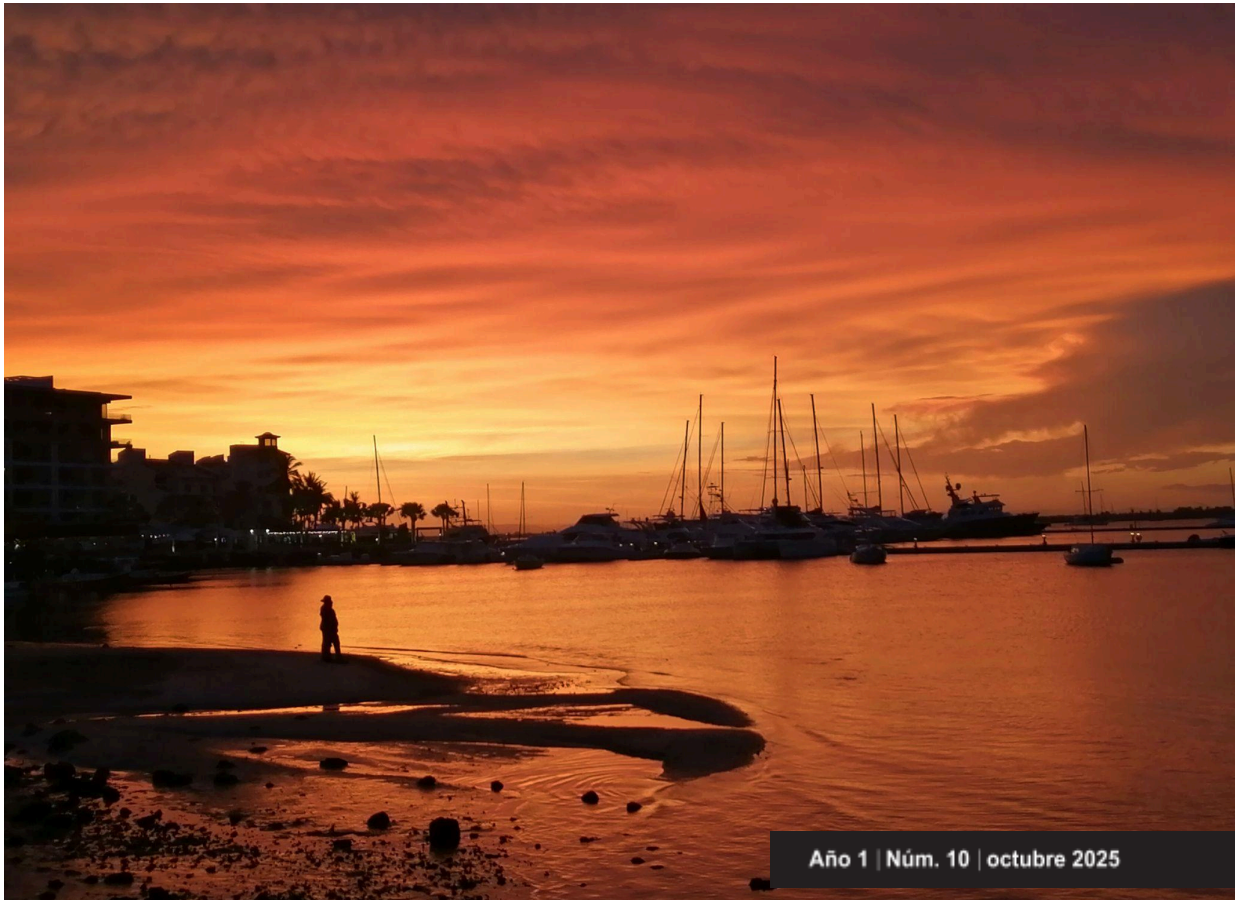


# BOLETÍN CLIMÁTICO DE BCS

REVISTA DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN 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



Año 1 | Núm. 10 | octubre 2025

Fotografía de portada: Romeo Saldívar Lucio. Vista a la Ensenada de La Paz, después de la lluvia. Septiembre de 2025.

# 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/BoletinClimBCS/>

Coordinación

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

Eduardo González Rodríguez [egonzale@cicese.edu.mx](mailto:egonzale@cicese.edu.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. de Doc. en Ciencias de la Vida-CICESE

Dr. Hugo Herrera Cervantes - CICESE-UALP

Dr. Luis Manuel Farfán Molina - CICESE-UALP

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

Dr. José Alejandro Ramos Rodríguez - SECIHTI-CICESE-UABCS

---



Laboratorio

# SERVANT



BOLETÍN CLIMÁTICO DE BCS, año 1, núm. 10, octubre 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

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19443341>

## Novedades del clima regional Contenido

<b>Presentación</b>	<b>4</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>5</b>
<b>2. Nivel del mar absoluto</b> Armando Trasviña Castro	<b>7</b>
<b>3. Temperatura Superficial del Mar, Productividad Primaria y Altimetría satelital</b> Eduardo González Rodríguez	<b>15</b>
<b>4. Paisaje Pelágico</b> Romeo Saldívar-Lucio	<b>23</b>
<b>5. Ondas de calor marinas</b> Alejandro Ramos-Rodríguez	<b>29</b>
<b>6. Monitoreo satelital de florecimientos algales</b> Cotsikayala Pacheco Ramírez	<b>35</b>
<b>7. Viento (VTO) in situ</b> Jorge Cortés Ramos	<b>40</b>
<b>8. Condiciones meteorológicas en la Bahía de la Paz</b> Hugo Herrera Cervantes	<b>45</b>
<b>9. Clima en el Valle de Santo Domingo</b> José Denis Osuna Amador	<b>50</b>
<b>10. Ciclones tropicales</b> Luis Manuel Farfán Molina	<b>56</b>
<b>11. Temperatura del aire en el Golfo de California</b> Carlos Robinson M.	<b>61</b>

## 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 (ULP), 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 y resumen

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).

En el Océano Pacífico Ecuatorial las condiciones de La Niña surgieron en septiembre de 2025, según indicado por la expansión de temperaturas de superficie oceánicas (SSTs, por sus siglas en inglés) a través del este y centro del Océano Pacífico ecuatorial ([https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/enso\\_advisory/ensodisc\\_Sp.shtml](https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/ensodisc_Sp.shtml)). Al mismo tiempo, el índice decadal del Pacífico (PDO, <https://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/products/elnino/decadal/pdo.html>) se encuentra en fase fría desde antes de 2019.

Aquí incluimos artículos dedicados a diferentes variables de interés. A menudo elegimos tres sitios específicos para describir su variabilidad (Figura 1.1): San Juanico (costa occidental de BC, 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 obtenidas 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 1.1 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).

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. Los primeros meses de 2025 son claramente anómalos en términos de nivel del mar, temperatura del mar y otras variables oceanográficas. A nivel de cuenca también hay cambios significativos. En septiembre de 2025 nos encontramos ya con el Pacífico Ecuatorial en fase fría (La Niña). La Oscilación Decadal del Pacífico alcanzó un valor récord en 75 años (de 1950 a 2025). Es la PDO más fría del período (Carlos Robinson, com. pers.)

([https://climateimpactcompany.com/daily-feature-record-strong-pdo-observed-in-july-2/?utm\\_source=chatgpt.com](https://climateimpactcompany.com/daily-feature-record-strong-pdo-observed-in-july-2/?utm_source=chatgpt.com)). Esto se refleja en las anomalías negativas de temperatura y positivas tanto de clorofila como de productividad primaria neta (Capítulo 3 de este

boletín), con las anomalías más elevadas en la costa occidental. En particular, en la costa occidental (San Juanico, [Figura 3.6](#)) la productividad primaria neta presenta anomalías positivas persistentes desde 2024. Al mismo tiempo, San Juanico registró concentraciones de 3 grupos del fitoplancton por debajo del promedio climatológico ([Figura 6.3](#)), a diferencia de bahía de La Paz ([Figura 6.2](#)) y Cabo Pulmo ([Figura 6.1](#)), donde se mantuvieron elevadas. En la bahía de La Paz el 4 de abril de 2025 se dio la alerta de un evento FAN (capítulo 5 de este boletín). En mayo de 2025 se siguieron recibiendo reportes de ocurrencia de especies marinas en sitios inusuales, además de la mortalidad de cetáceos. En julio de 2025 se reportan eventos intensos de viento del Pacífico (vientos del Coromuel) y un florecimiento algal nocivo que se prolonga por varias semanas en la Bahía de La Paz, causando mortalidad de peces. Los cambios en la distribución de la megafauna marina y su mortalidad inusual coinciden con las anomalías oceanográficas que reportamos en este boletín. Por ejemplo, este invierno de 2025 hay reportes de la ocurrencia de especies en sitios inesperados, particularmente hay reportes de Ballena Gris desde Cabo Pulmo hasta el Parque Nacional Bahía de Loreto. Abajo destaco dos noticias

Presencia de ballena gris en el Parque Nacional Cabo Pulmo

<https://oem.com.mx/elsudcaliforniano/local/sorprendente-avistamiento-de-ballenas-gris-en-cabo-pulmo-21790056>

La mortalidad de ballenas en las costas de BCS en 2025 se elevó a 91 individuos:

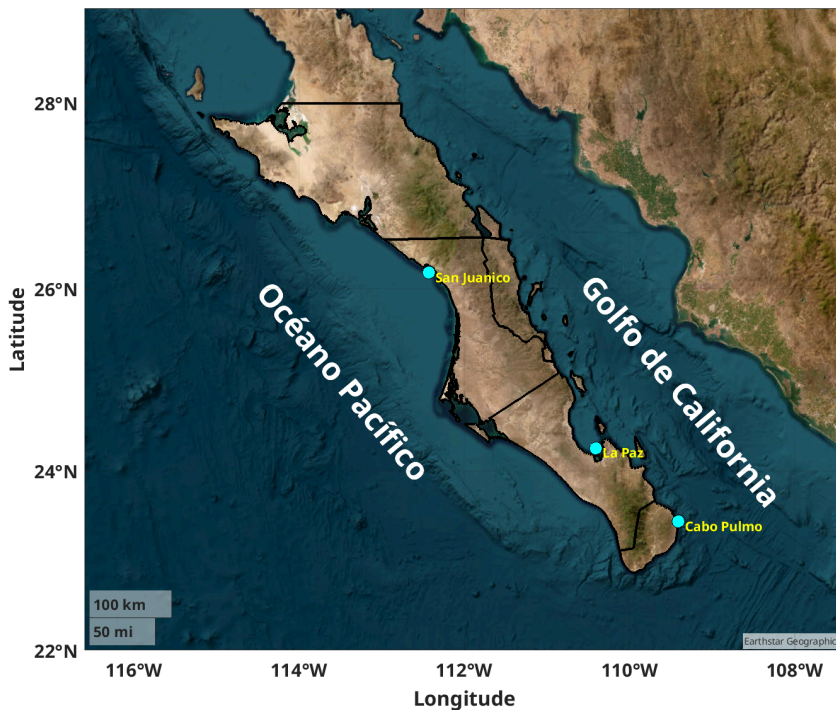
<https://www.msn.com/es-mx/noticias/mexico/aumenta-el-n%C3%BAmero-de-ballenas-grises-muertas-en-el-oc%C3%A9ano-pac%C3%ADfico-milenio-h%C3%A1bitat/vi-AA1EIJjd?ocid=socialshare>

3. Los avisos de marea roja se pueden consultar en el sitio web del Sistema de Alerta Temprana de Florecimientos Algales Nocivos para toda la Península de Baja California (<https://siat-cicese.mx/#situacion-actual>).

En este verano los huracanes y tormentas tropicales se mantuvieron relativamente alejados de la costa en la Península de Baja California, aunque contribuyeron al flujo de humedad para la convección en la región. En consecuencia, la precipitación acumulada en el mes de septiembre de 2025 fue más elevada a lo normal en varias localidades de los municipios de Los Cabos, La Paz y Mulegé. Durante esas lluvias los aportes de los arroyos tienen un impacto importante en el océano costero al enriquecer las concentraciones de clorofila. Esto es detectable en las imágenes RGB (ver [Figura 6.4](#)).

Hasta el momento, se han registrado 9 ondas de calor en la ciudad de La Paz, BCS, siendo la última la que tuvo lugar del 2 al 4 de octubre, con temperaturas superiores a 36 °C. En cuanto a las precipitaciones, se han registrado 11 días de lluvia con precipitación superior a

los 7 mm. Las más fuertes ocurrieron el 25 y el 26 de septiembre ( $> 24$  mm), sin atribución directa a algún ciclón tropical. Lo anterior con base en las observaciones registradas en la estación La Paz (DGE) de la CONAGUA.



**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. Los primeros meses de 2025 son claramente anómalos en términos de nivel del mar, temperatura del mar y otras variables oceanográficas. A nivel de cuenca también hay cambios significativos. En septiembre de 2025 nos encontramos ya con el Pacífico Ecuatorial en fase fría (La Niña). La Oscilación Decadal del Pacífico alcanzó un valor récord en 75 años (de 1950 a 2025). Es la PDO más fría del período (Carlos Robinson, com. pers.) ([https://climateimpactcompany.com/daily-feature-record-strong-pdo-observed-in-july-2/?utm\\_source=chatgpt.com](https://climateimpactcompany.com/daily-feature-record-strong-pdo-observed-in-july-2/?utm_source=chatgpt.com)).

### 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:

Global Ocean Gridded L 4 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):

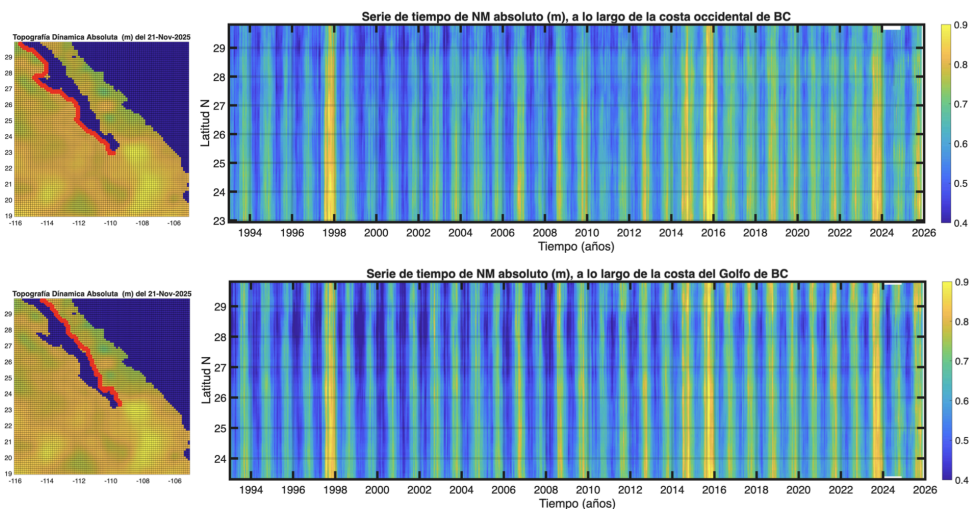
1. Global Ocean Gridded L 4 Sea Surface Heights And Derived Variables Nrt

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)

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

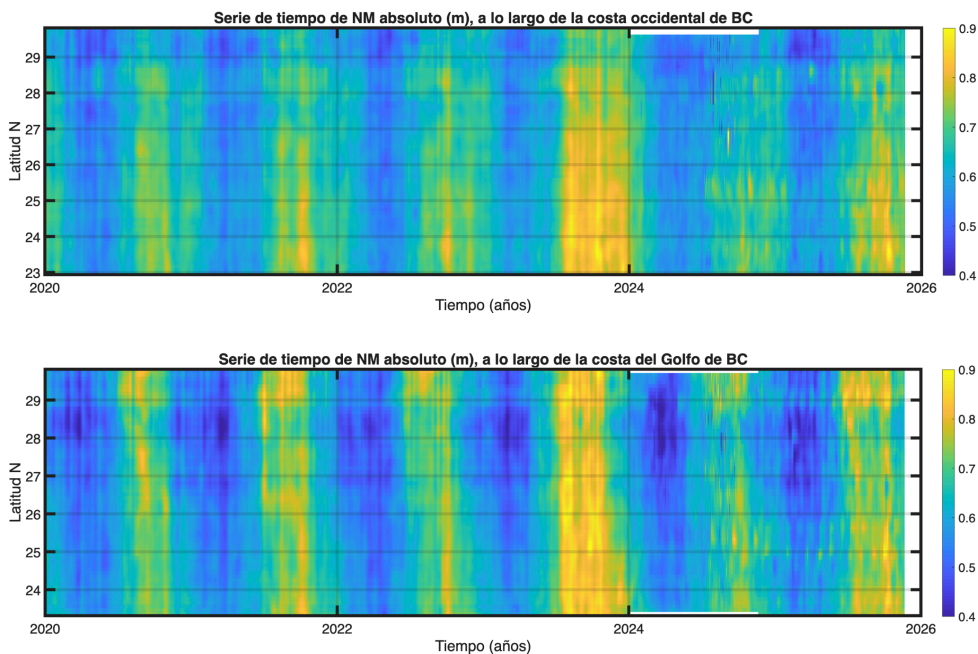


**Figura 2.1:** Evolución del nivel del mar (NM absoluto) a lo largo de las dos costas de la península de BC desde enero de 1993 hasta noviembre de 2025. Arriba: costa occidental; abajo: costa del Golfo de California.

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 de elevación/depresión (cálidos/fríos) del nivel del mar en tonos amarillos/azules. El mapa de la izquierda muestra las estaciones (puntos rojos) y el nivel del mar para el 1 de agosto de 2025. La figura de arriba corresponde a la Costa Occidental y la de abajo al Golfo de California. Muestran el cambio del nivel del mar a lo largo de la costa (puntos rojos) desde 1993 al presente (32 años). Cada año muestra la variación estacional debida a la elevación del verano (el agua cálida se expande, tonos amarillos) a la depresión del invierno (el agua fría se contrae, tonos azules). Y por eso el gráfico muestra alternancia de tonos amarillos y azules. El cambio estacional tiene un rango de unos 50 cm (0.5 m), aunque existen claras diferencias año con año. Los años de mayor elevación (amarillos intensos) corresponden casi siempre a años Niño, por ejemplo 1997-1998 o 2015-2016. También hay diferencias claras entre la Costa occidental y el Golfo de California. En la costa del golfo (panel inferior) el nivel del mar invernal desciende más que en la costa occidental (panel superior), por esto el panel inferior muestra tonos azules 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.

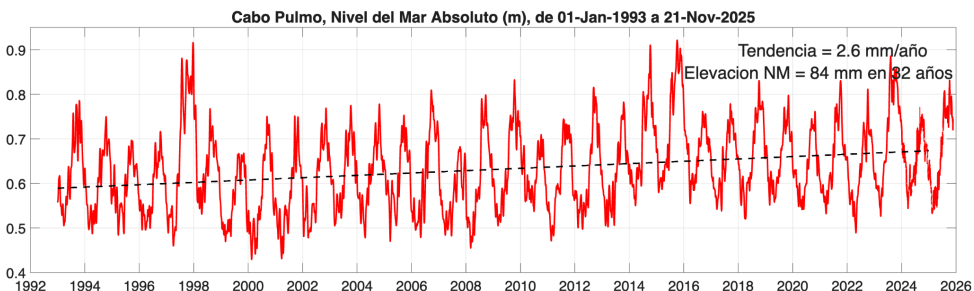
La variabilidad interanual destaca por los eventos cálidos (en amarillo) El Niño de 1997-1998, El Blob cálido de 2014, El Niño de 2015 y El Niño de 2023 (Peng *et al.*, 2024). Es importante destacar, que el evento de 2023 alcanza elevaciones comparables con las del

2015. El año de 2023, fue más intenso (más amarillo) y alcanzó latitudes más altas en el interior del Golfo de California (panel inferior) que en la Costa Occidental (panel superior). A partir de 2024 y hasta el presente, el nivel del mar se ha mantenido por debajo de lo esperado debido a un verano menos cálido de lo normal, asociado a La Niña 2024. Además en estos años la Oscilación Decadal del Pacífico alcanzó un récord en 75 años. Es la PDO más fría de 1950 a 2025 (Carlos Robinson, com. pers.) ([https://climateimpactcompany.com/daily-feature-record-strong-pdo-observed-in-july-2/?utm\\_source=chatgpt.com](https://climateimpactcompany.com/daily-feature-record-strong-pdo-observed-in-july-2/?utm_source=chatgpt.com)).



**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 noviembre de 2025. Arriba: costa occidental; abajo: costa del Golfo de California.

La [Figura 2.2](#) muestra el comportamiento del nivel del mar del año 2020 al presente. En el semestre de invierno ambas costas experimentan descenso del nivel del mar (tonos azules), aunque siempre es mayor la depresión (azules más intensos) dentro del Golfo de California. Es en el mes de julio es cuando ocurre el máximo de verano (tonos amarillos). Y se intensifica en años cálidos, por ejemplo, en el verano de 2023 el máximo es muy intenso debido al fenómeno del Niño. Esto precede a un verano débil en 2024, auspiciado por condiciones menos cálidas asociadas al evento de La Niña 2024-2025. El verano de 2025 exhibe una señal débil de ascenso del nivel del mar.

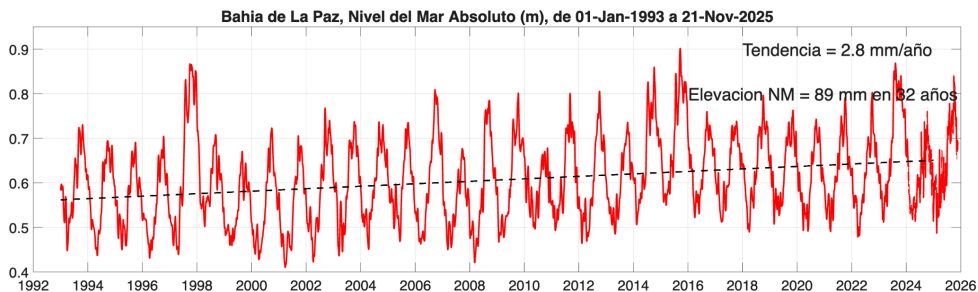


**Figura 2.3:** Nivel del mar absoluto (m) en Cabo Pulmo, BCS. Inicia en enero de 1993 y termina en noviembre de 2025. Incluye el nivel del mar con referencia al geode y la tendencia de largo período debida al calentamiento global. Este sitio representa la variabilidad de la entrada al Golfo de California.

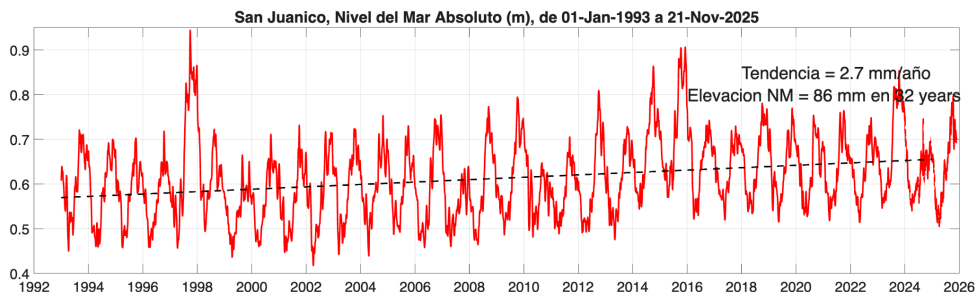
La [Figura 2.3](#) contiene la serie de tiempo del nivel del mar absoluto (m) en Cabo Pulmo, desde enero de 1993 hasta noviembre de 2025. La variación estacional consiste en la elevación del nivel del mar en verano y el descenso en invierno. Sin embargo, destacan los máximos de 1997-1998, asociado a 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 una débil caída estacional de invierno. En julio de 2025 se registra el primer máximo de este año del nivel del mar por la llegada del verano, pero en octubre de 2025 hay un 2o pico de nivel del mar. La respuesta que observamos aquí no es exclusiva de la zona costera, este sitio es representativo de lo que sucede en gran parte de la Entrada al Golfo de California.

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 noviembre de 2025. Su variación estacional típica consiste en la elevación del nivel del mar en verano y el descenso en invierno. Destacan los máximos de asociado al evento de El Niño 1997- 1998, 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. Aquel año de 2010 también experimentó los efectos de un evento frío (La Niña en el Ecuador). En octubre de 2025 la elevación del nivel del mar alcanzó el máximo anual de este verano.



**Figura 2.4:** Nivel del mar absoluto (m) en la bahía de La Paz, BCS. Inicia en enero de 1993 y termina en noviembre de 2025. Incluye el nivel del mar con referencia al geode y la tendencia de largo período debida al calentamiento global.



**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 noviembre de 2025. Incluye el nivel del mar con referencia al geode 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 noviembre de 2025. La variación estacional típica aquí también 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 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. El mes de julio de 2025 registra el máximo ascenso del

verano aunque inicia un poco más tarde que en los otros dos sitios y el aumento es aún menor al de 2024. En octubre de 2025 se registra un claro descenso del nivel del mar hacia el invierno. El año 2024 sigue destacando por su comportamiento muy diferente al estacional típico de esta región.

## Discusión

En el primer semestre de 2025 los máximos de verano del nivel del mar se alcanzan en octubre en el Golfo de California (La Paz y Cabo Pulmo) y en julio en la Costa Occidental (San Juanico). Esto es acompañado por anomalías negativas de temperatura y positivas de clorofila y productividad primaria neta (Capítulo 3 de este boletín), con máximos en la costa occidental representado en este boletín por San Juanico. En la bahía de La Paz el 4 de abril se dio la alerta de un evento FAN (Capítulo 5 de este boletín). En mayo de 2025 se siguieron recibiendo reportes de ocurrencia de especies marinas en sitios inusuales y de la mortalidad de cetáceos. Las últimas noticias sobre mortalidad de ballenas en 2025 se elevó a 91 individuos en las costas de BCS:

<https://www.msn.com/es-mx/noticias/mexico/aumenta-el-n%C3%BAmero-de-ballenas-g-rises-muertas-en-el-oc%C3%A9ano-pac%C3%ADfico-milenio-h%C3%A1bitat/vi-AA1EIJjd?ocid=socialshare>

Los cambios en la distribución de la megafauna marina y su mortalidad inusual coinciden con las anomalías oceanográficas que reportamos en este boletín y con cambios extremos a nivel de cuenca que se reflejan en el mínimo histórico del índice de la oscilación decadal del Pacífico (Carlos Robinson, com pers.).

En julio de 2025 la bahía de La Paz registró vientos intensos del Pacífico, un reporte de FAN acompañado de mortalidad de peces, tal como lo puede consultarse en el sitio web del Sistema de Alerta Temprana de Florecimientos Algales Nocivos para toda la Península de Baja California (<https://siat-cicese.mx/#situacion-actual>).

Agosto de 2025 se caracteriza por un descenso atípico del nivel del mar el que, aunado al comportamiento de la cuenca (índice de PDO con valor récord negativo), parece indicar un cambio hacia condiciones más frías en la región. El resto del verano, de septiembre a noviembre inclusive, aunque formalmente otoño, destacó por la alta humedad y la precipitación más elevada del año.

## 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 y Altimetría satelital

Eduardo González Rodríguez  
egonzale@cicese.mx

**Resumen** | En este artículo se describen las condiciones mensuales de productividad primaria, temperatura superficial del mar, altura del océano 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, desde 2002 a la fecha (octubre de 2025), para los sitios Cabo Pulmo, Bahía de La Paz y San Juanico (Figura 1.1). Los resultados sinópticos se presentan como mapas mensuales de distribución 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 de climatologías mensuales, valores del mes, y series de tiempo con sus 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 geostróficas 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 geostróficas (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 aumentó 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 indican los sitios donde se hicieron análisis de series de tiempo para la PP, TSM y Altimetría, parque nacional Cabo Pulmo, La Paz y en San Juanico (sur-norte).

## 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-4FJo4>), accedido el 10 de noviembre de 2025.

**Productividad Primaria(PP).** La PP 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 PP 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 4x4 km, accedido el 10 de noviembre 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 ~12.5x12.5 km, accedido el 10 de noviembre de 2025.

En vista de que las variables seleccionadas son globales, fue necesario hacer una extracción de los datos, para utilizar solo los contenidos dentro del cuadrante definido por los límites de 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 y hasta

septiembre de 2025, así como las anomalías de las variables a lo largo del tiempo.

Adicionalmente, para identificar si hay una la relación interanual de las variables un índice de temperatura de escala más global, se descargaron los datos mensuales para el periodo 2002-2025 del índice oceánico de El Niño (ONI, por sus siglas en inglés, [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 tiempo de cada variable.

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:

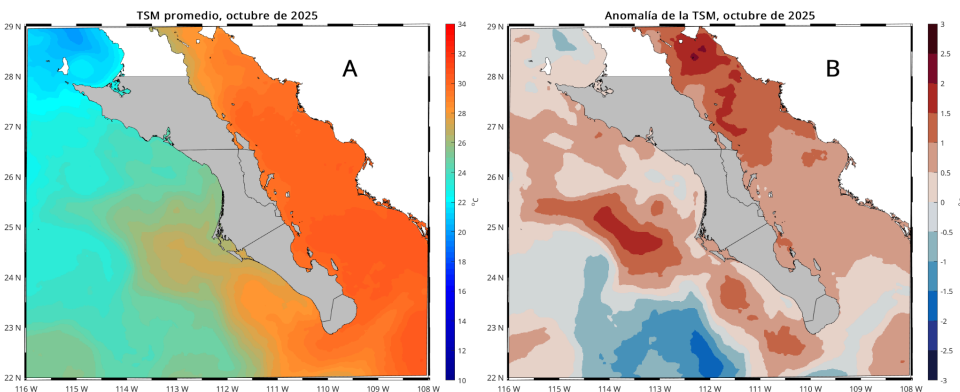
$$\text{anomalía} = \text{datomensual} - \text{climatologíamensual}$$

Todo el procesado de la información, recorte, generación de series de tiempo, cálculo de climatologías y anomalías, generación de mapas se hizo en Matlab R2024a.

## Resultados

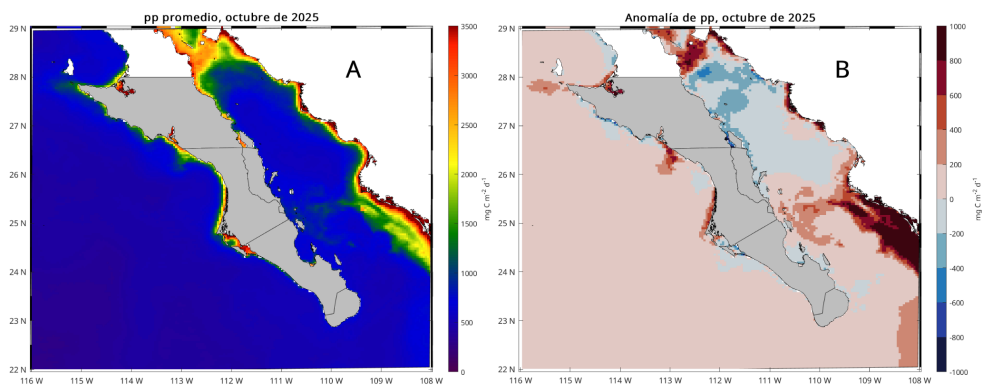
### Mapas mensuales de distribución

**Temperatura Superficial del Mar (TSM).** Las condiciones de TSM durante el mes de octubre de 2025 se muestran en la [Figura 3.1](#). El mapa del **panel A** muestra la TSM promedio registrada durante el mes de octubre, su rango se ubicó entre 19.8 y 30.66 °C, valores menores a los de septiembre (21.3 y 31.6 °C). **El panel B** muestra las anomalías con respecto al promedio climatológico (2002-2025), el rango de octubre estuvo entre -1.83 y 20.6 °C, rango de 3.9 °C mayor en comparación a los 2.92 °C (-0.34 y 2.58 °C) del mes anterior. En términos generales, octubre fue un mes menos cálido que septiembre, dominado mayormente por anomalías positivas, las más intensas en el Golfo de Ulloa, costa occidental de la península; durante este mes no se presentaron anomalías negativas.



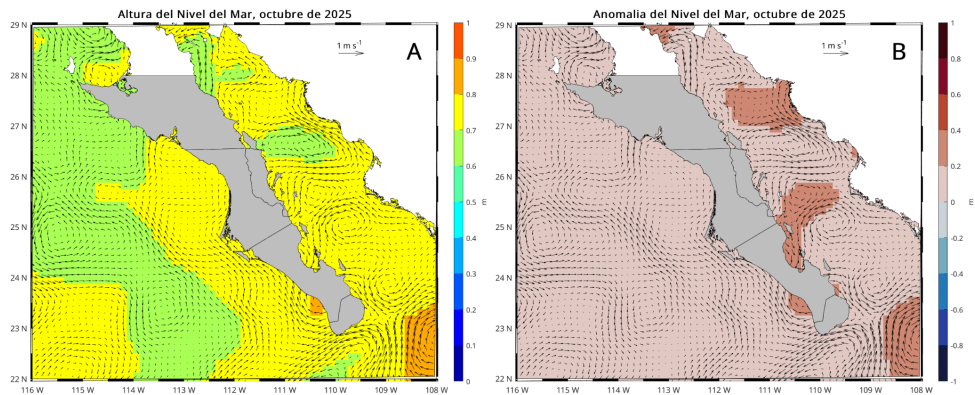
**Figura 3.1.** Condiciones mensuales de TSM durante el mes de octubre de 2025. Panel A, promedio y panel B, anomalías.

**Productividad Primaria (PP).** Las condiciones de PP durante octubre de 2025 se presentan en la [Figura 3.2](#). El mapa del **panel A** muestra la PP promedio registrada, cuyo rango de  $6428 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  ( $302$  a  $6730 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ), es menor respecto a los  $6864 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  de septiembre ( $304$  a  $7168 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ). El **panel B** muestra las anomalías con respecto al promedio climatológico (2002-2005), el rango de octubre fue de  $3215 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , con valores de,  $-1023$  a  $2192 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , rango menor a los  $4336 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  respecto a los valores de septiembre de  $-867$  y  $3468 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ . En términos generales, octubre fue un mes con una disminución en los niveles de PP y de anomalías negativas en comparación con septiembre. Las anomalías negativas dominan toda la región del Golfo de California y toda la región costera de la costa occidental de la península de Baja California; las anomalías positivas dominaron la región oceánica en el Pacífico.



**Figura 3.2:** Condiciones mensuales de PP durante el mes de octubre de 2025. Panel A, condiciones promedio y panel B, anomalías.

**Altimetría (ADT, SLA y CORR).** Las condiciones de altimetría durante octubre 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 fue de  $0.26 \text{ m}$  y se ubicó entre  $0.62$  y  $0.87 \text{ m}$ , ligeramente mayor que el de septiembre de  $0.20 \text{ m}$  con límites de  $0.61$  y  $0.81 \text{ m}$ . El **panel B** muestra las anomalías del nivel del mar (SLA) con respecto al promedio climatológico, sus valores se ubicaron entre  $0.024$  y  $0.26 \text{ m}$ , con un rango de  $0.24 \text{ m}$ , valores diferentes en comparación de los  $0.02$  y  $0.21 \text{ m}$  y rango de  $0.19 \text{ m}$  de septiembre. Las corrientes se pueden observar, en los paneles A y B, ya que están superpuestas a la ADT y la SLA; su velocidad se ubicó entre  $0.001$  y  $0.5 \text{ m s}^{-1}$ , valores similares a los del mes anterior de  $0.003$  y  $0.5 \text{ m s}^{-1}$ . En la costa occidental de la península, la circulación es de sur a norte, principalmente pegada a la costa hasta Bahía Magdalena; al norte de este punto no hay un patrón claro. Dentro del golfo, como en la región oceánica, se observan estructuras tipo remolinos. En términos generales, la SLA es anómalamente positiva, prácticamente en toda la región.

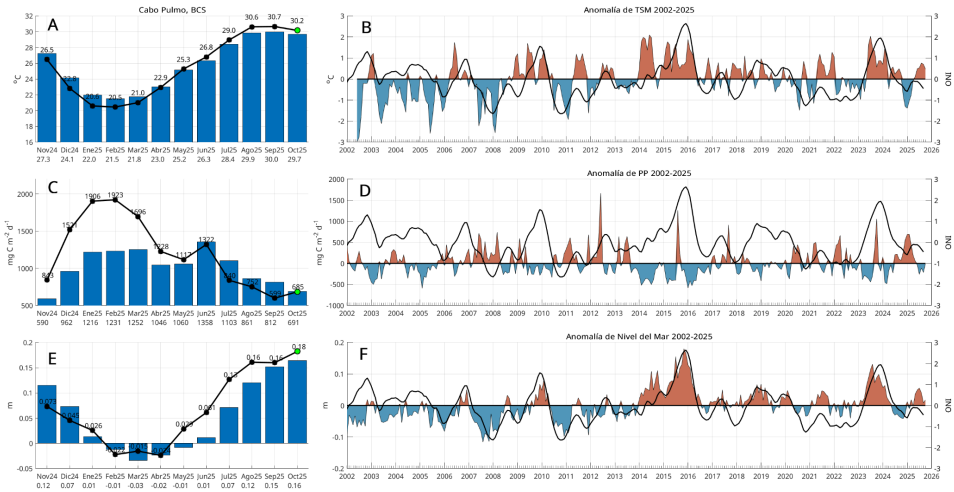


**Figura 3.3:** Condiciones mensuales de altimetría durante el mes de octubre de 2025. Panel A, altura del mar (ADT) promedio y panel B, anomalías del nivel del mar (SLA), en ambos casos con el promedio mensual de las corrientes geostroficadas (CORR) superpuestas en forma de flechas.

### Series de tiempo

El análisis mensual de series de tiempo (2002-2025) sobre los tres sitios seleccionados, Cabo Pulmo, La Paz y San Juanico se describe a continuación:

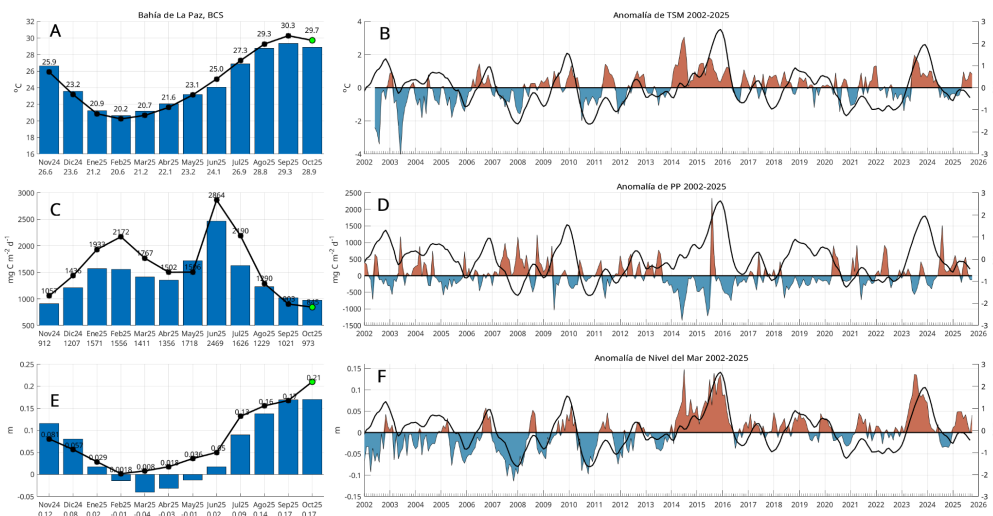
**Cabo Pulmo.** Las condiciones climatológicas y de anomalías de TSM, PP y SLA a lo largo del tiempo (2002- 2025) se muestran en la [Figura 3.4](#). En octubre de 2025 (panel A, círculo verde), la **TSM** tuvo un valor promedio de 30.2 °C, ligeramente por encima de su valor climatológico de 29.7 °C, -0.5 °C respecto a los 30.7 °C de septiembre. Las anomalías (panel B), fueron negativas desde noviembre de 2024 hasta abril de 2025, mayo fue el primer mes con anomalía positiva, situación que se mantiene hasta octubre, aunque las anomalías son apenas ligeramente por encima del promedio. Al parecer, los valores del ONI, negativos desde hace 13 meses, pero ubicados en zona neutral, no tienen un efecto en la temperatura, con valores muy cercanos a su climatología. La **PP** presentó un valor de 685 mg C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, por debajo de su valor climatológico de 691 mg C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> (panel C, círculo verde); mayor en comparación con septiembre, que tuvo un valor de 599 mg C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>. Desde julio de 2024 las anomalías fueron positivas hasta mayo de 2025 (paneles C y D), especialmente los meses de diciembre a marzo, con valores muy altos. A partir de junio, se han presentado anomalías negativas. Al parecer, las anomalías positivas de TSM, aunque marginales, sí están afectando las concentraciones de PP, a pesar de los valores negativos del ONI. En octubre de 2025, las anomalías del nivel del Mar (**SLA**), registraron un valor de 0.18 m, por encima de su valor climatológico de 0.16 m, ligeramente por encima del valor de septiembre (0.16 m); octubre es el sexto mes consecutivo con anomalías positivas ([Figura 3.4](#), paneles E y F).



**Figura 3.4:** Condiciones climatológicas y de anomalías para TSM, PP y SLA a lo largo del tiempo (2002-2025) en Cabo Pulmo. 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 octubre 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 ONI (Índice Oceánico de El Niño).

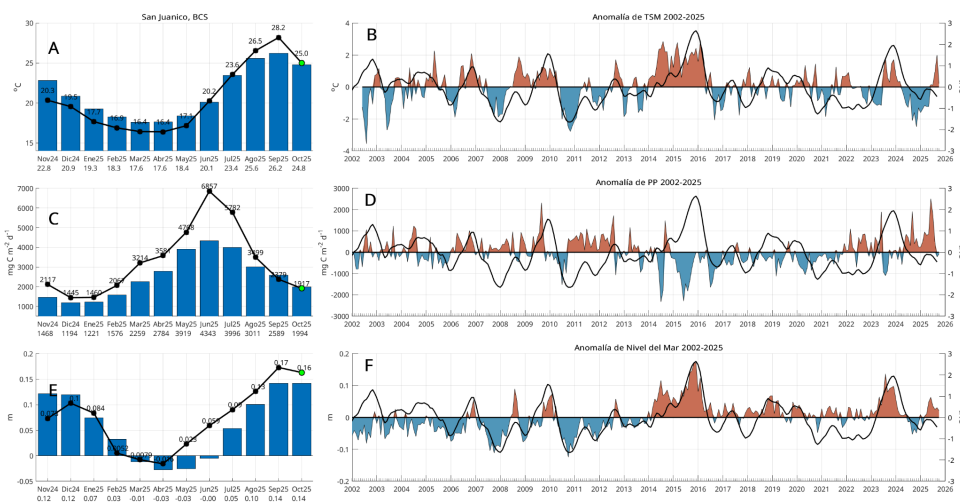
**La Paz.** Las condiciones climatológicas y de anomalías de TSM, PP y SLA a lo largo del tiempo (2002-2025) se muestran en la [Figura 3.5](#). En octubre de 2025 (panel A, círculo verde), la **TSM** tuvo un valor promedio de 29.7 °C, por encima de su valor climatológico de 28.9 °C, menor respecto a los 30.3 °C de septiembre. Las anomalías (panel B), se mantuvieron negativas desde julio de 2024 hasta mayo de 2025, aunque de forma marginal, con valores muy cercanos a los climatológicos, en junio de 2025 se presentó la primera anomalía positiva en más de 12 meses, hasta octubre se continúa con esta tendencia. Al parecer, los valores del ONI, cuyo valor reportado en octubre fue de -0.45 °C, dentro del rango de lo normal, no están afectando mayormente la temperatura. La **PP** presentó un valor de 845 mg·C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, menor a su valor climatológico de 973 mg·C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> (panel C, círculo verde), menor que septiembre, que tuvo un valor de 903 mg·C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>. Desde julio de 2024 hasta abril de 2025 las anomalías fueron positivas (paneles C y D), en mayo de 2025 se presentó una anomalía negativa, nuevamente desde junio de 2025 se presentaron anomalías positivas, septiembre y octubre presentaron anomalías negativas. Al parecer, el efecto de anomalías positivas en la TSM ya afectó negativamente a la PP en la región. Las anomalías del nivel del Mar (**SLA**), en octubre de 2025, tuvieron un valor de 0.21 m, por encima de su climatología de 0.17 m, ([Figura 3.5](#), paneles E y F), mayor en comparación con septiembre (0.17 m), décimo valor consecutivo en doce meses sin

anomalías negativas, con una aparente tendencia al aumento del nivel del mar desde marzo de 2025 (Figura 3.5, panel F).



**Figura 3.5:** Condiciones climatológicas y de anomalías de TSM, PP y SLA a lo largo del tiempo (2002- 2025) en Bahía de La Paz. 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 octubre 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 ONI (Índice Oceánico de El Niño).

**San Juanico.** Las condiciones climatológicas y de anomalías de TSM, PP y SLA a lo largo del tiempo (2002- 2025) se muestran en la Figura 3.6. En octubre de 2025 (Figura 3.6A, círculo verde), la **TSM** tuvo un valor promedio de 25 °C, ligeramente por encima de su valor climatológico de 24.8 °C, menor respecto a los 28.2 °C de septiembre. Las anomalías (Figura 3.6B), se habían mantenido negativas desde abril de 2024 (14 meses), sin embargo, a partir de junio de 2025 se han presentado anomalías positivas. La **PP** presentó un valor de 1917 mg·C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, menor a su valor climatológico de 1994 mg·C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> (Figura 3.6C, círculo verde); menor en comparación con septiembre, que tuvo un valor de 2370 mg·C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>. Desde mayo de 2024 las anomalías se habían mantenido positivas, este es el segundo mes con anomalía negativa en 17 meses (Figura 3.6D), al parecer el efecto de los valores positivos de TSM tuvieron un efecto negativo en la PP. En octubre de 2025, las anomalías del nivel del Mar (SLA), fueron positivas con un valor de 0.16 m, respecto a su valor climatológico de 0.14 m (Figura 3.6, paneles E y F), ligeramente menor en comparación con agosto (0.17 m). A lo largo del tiempo, los últimos seis meses, desde mayo, han presentado anomalías positivas, pero es difícil establecer un patrón a lo largo del año. En septiembre de 2025 se presentó el máximo valor en 12 meses.



**Figura 3.6:** Condiciones climatológicas y de anomalías de TSM, PP y SLA a lo largo del tiempo (2002- 2025) en San Juanico. 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 octubre 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 ONI (Índice Oceánico de El Niño).

## Discusión

Tanto los resultados de los mapas de distribución de TSM, PP y SLA como los análisis de series de tiempo indican que las condiciones de la región son de tendencia a condiciones ligeramente y anómalamente positivas, con temperaturas por encima de condiciones normales. Esto repercute en una disminución en los niveles de PP, con anomalías negativas en las tres regiones. En noviembre se aprecia una ligera disminución en los valores de las tres variables en comparación con octubre.

## Referencias

- Behrenfeld, MJ, 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>.

## 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 1.1 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

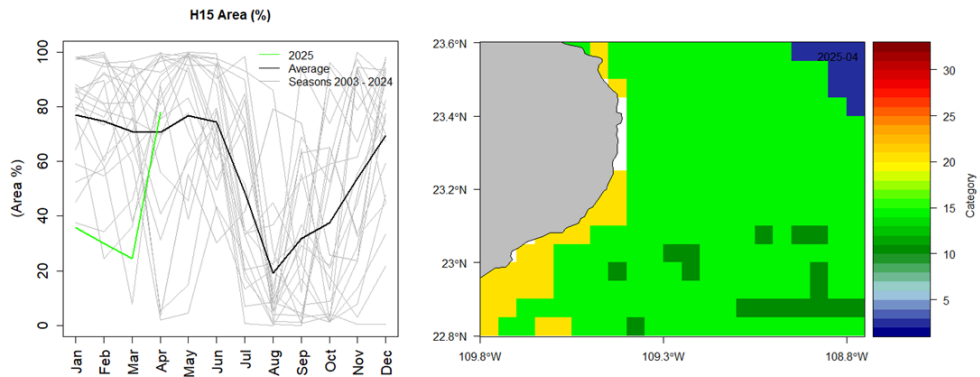
Los datos de entrada para clasificar cada hábitat pelágico se derivan de campos dinámicos de datos satelitales y modelados con el objetivo de proporcionar un marco biogeográfico para describir los hábitats oceánicos dinámicos alrededor del mundo a través de una gama de 33 categorías de hábitat. El servicio 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 (Figura 4.1.1, 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.

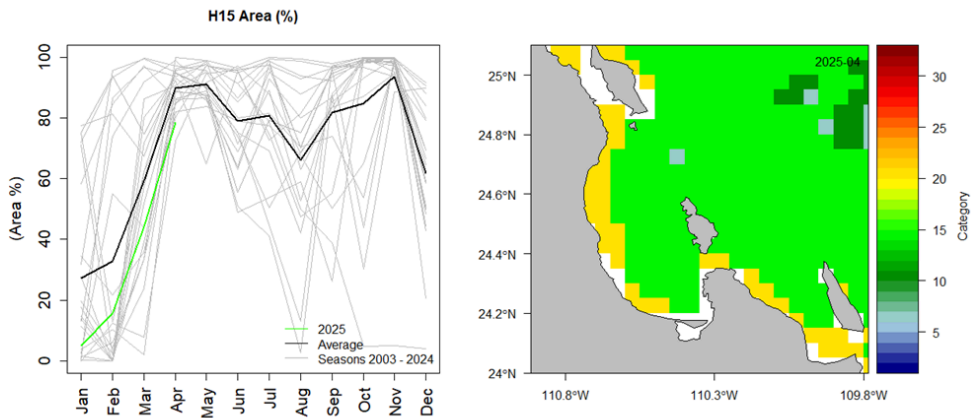
En el periodo enero-marzo de 2025, se observa que H15 cubre hasta 40% menos del área considerada bajo condiciones promedio, aunque se recupera hacia el mes de abril y alcanza su valor promedio cercano al 80%. (Figura 4.1.1 y Figura 4.1.2). Espacialmente se observa que la categoría más productiva H21, se mantiene replegada a la costa, cubriendo cerca del 15%. Si bien dicho valor es bajo, se presenta ligeramente expandido respecto a las condiciones promedio cuando suele ser menor al 5% durante el mismo mes. En sentido opuesto, el parche oceánico de H3 se mantuvo ligeramente expandido en un 20% en febrero y marzo, pero se contrajo en abril hasta prácticamente desaparecer. Finalmente, H11 se observa disperso en áreas oceánicas pero con coberturas promedio (<10%; Figura 4.1.2).



**Figura 4.1:** Paisaje Pelágico frente a Cabo Pulmo. 4.1.1) Panel izquierdo: Comportamiento estacional del hábitat dominante H15 (2003-2025). 4.1.2) Panel derecho: Distribución espacial promedio de los hábitats pelágicos durante abril de 2025.

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>.

Entre enero y marzo, H15 redujo en cerca del 15% su área promedio, al parecer cediendo espacio a H21 que se extendió por encima de sus valores climatológicos en una proporción similar, para finalmente reducir su cobertura entre marzo y abril hasta sus valores promedio (10%; Figura 4.2.1). En el primer trimestre, la presencia de H21 se restringió a la franja costera, indicando el predominio de aguas más frías y más productivas en comparación con las aguas oceánicas circundantes (Figura 4.2.2).

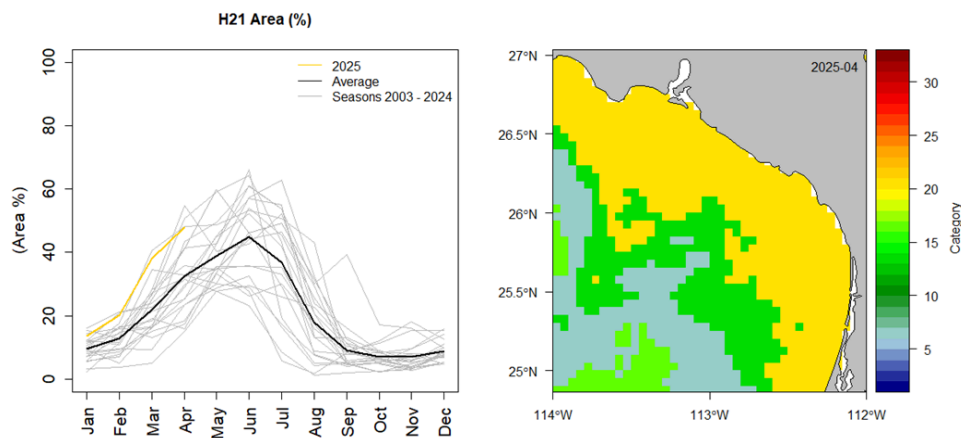


**Figura 4.2:** Paisaje Pelágico en la Bahía de La Paz. 4.2.1) Panel izquierdo: Comportamiento estacional del hábitat H3 (2003-2025). 4.2.2) Panel derecho: Distribución espacial promedio de los hábitats pelágicos en abril de 2025.

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>).

Desde diciembre de 2024 se observó en el Golfo de Ulloa un gradiente de aguas más frías y más productivas de la costa hacia mar adentro, mismo que se ha mantenido hasta abril 2025, cubriendo un área importante de hasta el 40% del total (Figura 4.3.2). Las condiciones más productivas, representadas por H21, cubren aproximadamente 10% extra por encima del promedio, mientras que, en aguas oceánicas, el resto de hábitats pelágicos se observa sin anomalías relevantes (Figura 4.3.2).



**Figura 4.3:** Paisaje Pelágico en el Golfo de Ulloa. 4.3.1) Panel izquierdo: Comportamiento estacional (2003-2025) del hábitat H21 en el Golfo de Ulloa. 4.3.2) Panel derecho: Distribución espacial promedio de los hábitats pelágicos durante abril de 2025.

## 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. Ondas de calor marinas

Alejandro Ramos-Rodríguez  
jaramos@cicese.mx

**Resumen** | Este artículo describe la cantidad de días registrados con ondas de calor por categoría para el mes de octubre de 2025, acorde a la clasificación propuesta por Hobday *et al.* (2018). Durante octubre, a lo largo de la costa del Pacífico en la península de Baja California Sur, se observó una ausencia de ondas de calor. La mayor cantidad de días con ondas de calor marino se registraron dentro del Golfo de California, en particular la porción aledaña a Santa Rosalía, y Bahía de La Paz. Aunque también se observan en la porción sur de Sinaloa y la costa de Nayarit. Para las tres regiones consideradas a detalle, la cantidad de días de onda de calor fue mayor para la Bahía de la Paz (12 a 24 días de ondas de calor marinas), seguida de Cabo Pulmo (2 a 12 días) y San Juanico (sin días de ondas de calor en la región costera).

### Introducción

Se ha comenzado a comprender las consecuencias e impactos del cambio climático antropogénico a largo plazo. Sin embargo, los eventos discretos, como ciclones, huracanes y ondas de calor también afectan significativamente ambientes regionales y a especies animales, incluyendo a las poblaciones humanas. De hecho, se prevé que el cambio climático intensifique dichos eventos, exacerbando sus consecuencias. Dichos eventos también ocurren en el océano, y en décadas recientes se han registrado eventos de aguas anómalamente cálidas, que pueden durar meses y extenderse por miles de kilómetros cuadrados, recibiendo el nombre de ondas de calor marinas (Hobday *et al.*, 2018; McGregor, 2024).

Las ondas de calor marinas son un fenómeno que está cobrando cada vez mayor relevancia, dado que están teniendo impactos de largo plazo en los ecosistemas, con consecuencias económicas subsecuentes. Se ha registrado que de 1925 a 2016, la frecuencia de ondas de calor marinas tuvo un incremento del 34% en la frecuencia y del 17% en duración. Resultando en un incremento del 54% en días de ondas de calor marinas globalmente (Oliver *et al.*, 2018). Los efectos producidos por las ondas de calor marinas dependen de la intensidad y la duración de estas. Pero, por ejemplo, la onda de calor conocida como Warm Blob, acaecida en 2013-2015, produjo a lo largo de la costa de Norteamérica occidental, cambios de distribución de especies como atún, cangrejos o copépodos; cierre de pesquerías comercialmente importantes y mortalidades masivas de mamíferos y aves marinas. Ello ha dejado gran incertidumbre respecto a cambios físicos y ecológicos en comunidades y ecosistemas (Cavole *et al.*, 2016). Asimismo, estudios recientes empiezan a mostrar que las ondas de calor, no solo repercuten en la parte marina, sino que comienzan a alterar la salud

humana, incluyendo aceleraciones en estrés y envejecimiento (Chen *et al.*, 2025).

Las ondas de calor se pueden definir como periodos prolongados de temperatura superficial del mar (TSM) anómalamente elevada. De hecho, son anomalías o desviaciones de la TSM categorizadas comparadas con un umbral diario de TSM, de largo plazo elevado (Hobday *et al.*, 2018).

## 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). Asimismo, se realizaron análisis para las regiones del parque nacional Cabo Pulmo, La Paz, B.C.S. y San Juanico, B.C.S.

## Metodología

Se utilizaron datos diarios, globales de 5k de resolución del producto Marine Heatwave Watch (MHW), disponible en la página [https://coralreefwatch.noaa.gov/product/marine\\_heatwave](https://coralreefwatch.noaa.gov/product/marine_heatwave). Dicho producto provee una descripción del estrés térmico oceánico que puede ocurrir en cualquier momento del año, en una localidad dada, y que es probable que impacte a un rango amplio de la vida marina. Dicho producto deriva de aplicar el algoritmo denominado Marine Heatwave de Hobday *et al.* (2018) a datos de TSM satelitales globales diarios de 5km de resolución. Tiene observaciones en tiempo casi real y componentes históricos que van de 1985 al presente, clasificando, además, las ondas de calor en 4 categorías dependiendo su intensidad.

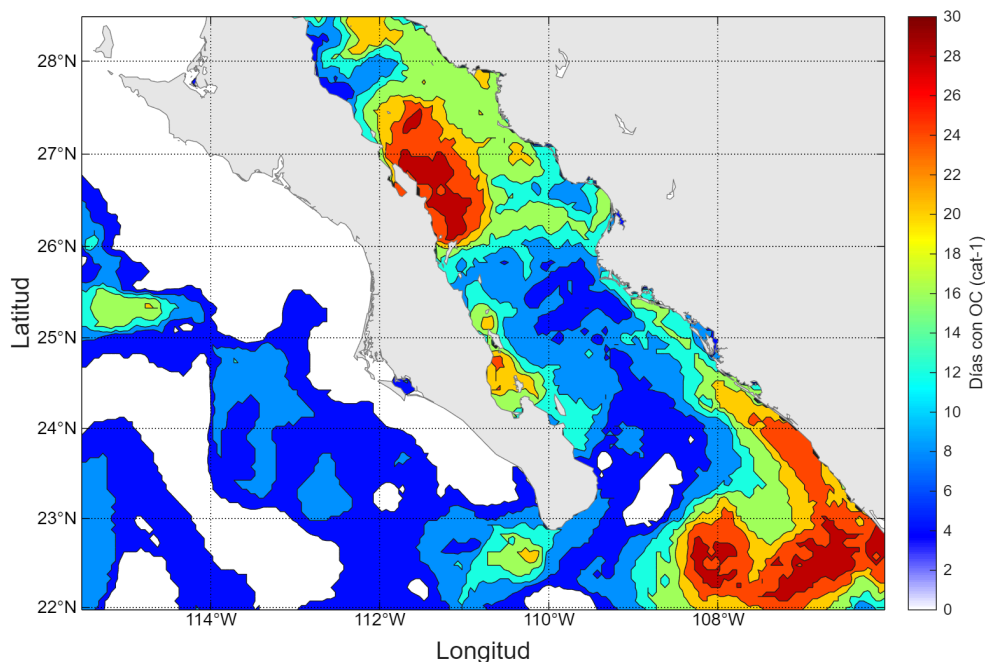
Para cada región mencionada en el área de estudio, se descargaron los datos correspondientes a los días del mes de octubre. Como se mencionó, estos son archivos globales, diarios en formato NetCDF, y se procesaron en MATLAB ver. 2025b. Primero se recortó solo el área de interés; posteriormente, se contabilizaron los días con ondas de calor por categoría para la región, y graficando las subregiones mencionadas: Parque Nacional Cabo Pulmo, Bahía de La Paz y San Juanico.

## Resultados

### Ondas de calor en el área de estudio

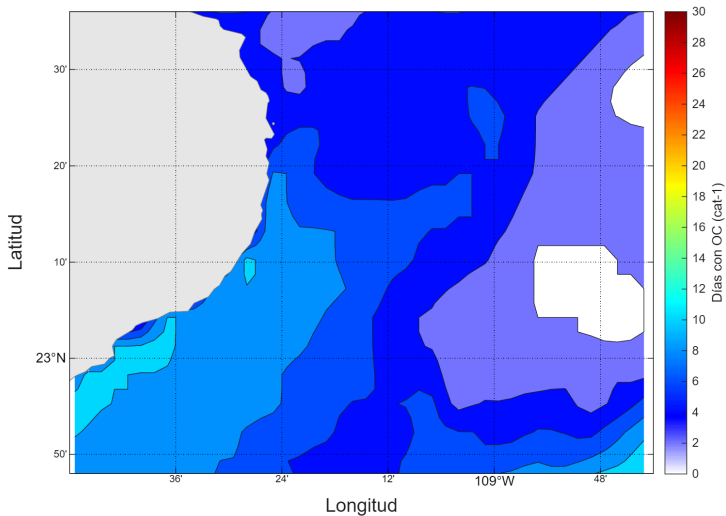
Las ondas de calor marinas para el mes de octubre fueron casi en su totalidad categoría 1, sólo unas pocas categoría 2 en regiones oceánicas, y ninguna registrada categoría 3 o 4. En caso de las ondas de calor categoría 1, en la porción del Pacífico, no se registran ondas en la

zona costera, únicamente en la porción oceánica. Esta última observa mayormente entre 4 y 8 días de ondas de calor, con excepción de un par de parches, uno cercano a la punta sur de la península y otro por encima de los 25°N, cerca de los 115°O, ambos con 14-16 días de ondas de calor (Figura 5.1). Para el golfo de California, se registran ondas de calor dentro de toda la región, yendo de 4 a 28 días de presencia. Mayormente en la zona de la bahía de La Paz y la región central del mismo, centrado mayormente en la inmediaciones de Santa Rosalía



**Figura 5.1:** Días con ondas de calor categoría 1 en el área de estudio.

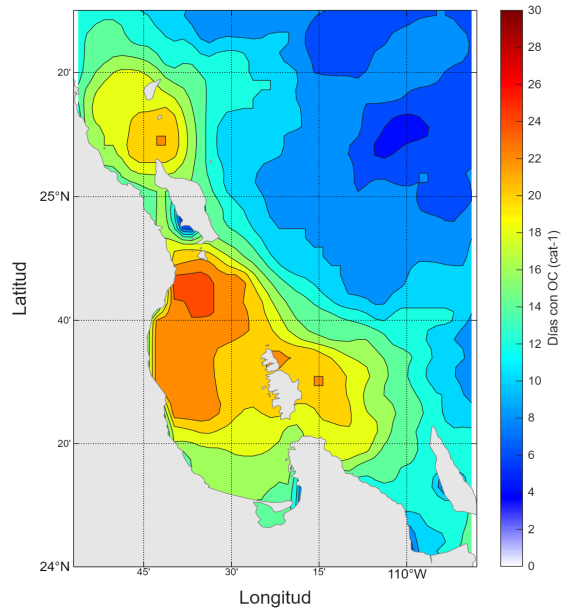
En caso de las ondas de calor para la zona aledaña al Parque Nacional Cabo Pulmo para el mes de octubre (Figura 5.2). En la zona aledaña al mismo, en la franja costera, se observan entre 4 y 10 días de ondas de calor durante el mes. La cantidad máxima de días fue de 12 al sur del parque. Hacia la región oceánica la cantidad de ondas de calor mostró un decremento hacia el oriente, yendo de 6 hasta parches sin ondas de calor registradas. En el caso de las categorías 2, 3 y 4, no se registraron ondas de calor para las mismas en esta región.



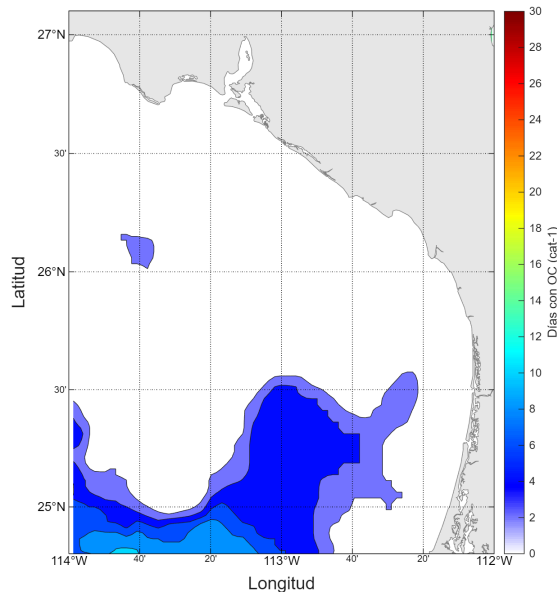
**Figura 5.2:** Cantidad de días con ondas de calor categoría 1 para la región aledaña al Parque Nacional Cabo Pulmo.

La región comprendida entre Isla Cerralvo, la bahía de La Paz e Isla San José (Figura 5.3), fue la que para el mes de octubre registró la mayor cantidad de días con ondas de calor de las tres regiones analizadas. La región costera observó entre 8 y 26 días registrando ondas de calor. La mayor cantidad se observó desde Isla Espíritu Santo hasta el norte de la bahía, así como el norte de isla San José (más de 18 días con ondas de calor). La región aledaña a isla Cerralvo fue la región costera con la menor cantidad de días con ondas de calor de la zona (8 a 12 días). La porción hacia el centro del golfo muestra un decremento paulatino de las ondas de calor, yendo de 12 a 4. Al igual que la región de Cabo Pulmo, no se registraron ondas de calor categorías 2 a 4 durante el mes.

Para la región aledaña a San Juanico (Figura 5.4), no se registraron días con ondas de calor, ni en la zona costera. La única región que registró la presencia de ondas fue la porción sur, al frente de Bahía Magdalena (entre 2 a 10 días con ondas de calor). Estas aumentan en duración en dirección sur. Esta región no mostró días con ondas de calor con categorías superiores a la categoría 1.



**Figura 5.3:** Cantidad de días con ondas de calor categoría 1 para la región comprendida entre Isla Cerralvo a isla San José, incluyendo la bahía de La Paz. Esta fue la región con la mayor cantidad de días de onda de calor para el mes de octubre.



**Figura 5.4:** Paisaje Pelágico en el Golfo de Ulloa. 4.3.1) Panel izquierdo: Comportamiento estacional (2003-2025) del hábitat H21 en el Golfo de Ulloa. 4.3.2) Panel derecho: Distribución espacial promedio de los hábitats pelágicos durante abril de 2025.

## Referencias

- Cavole, L.M., A.M. Demko, R.E. Diner, A. Giddings, I. Koester, C.M.L.S. Pagniello, M.-L. Paulsen, A. Ramirez-Valdez, S.M. Schwenck, N.K. Yen, M.E. Zill, and P.J.S. Franks. 2016. Biological impacts of the 2013–2015 warm-water anomaly in the Northeast Pacific: Winners, losers, and the future. *Oceanography* 29(2):273–285, <http://dx.doi.org/10.5670/oceanog.2016.32>.
- Chen, S., Liu, Y., Yi, Y. et al. Long-term impacts of heatwaves on accelerated ageing. *Nat. Clim. Chang.* 15, 1000–1007 (2025). <https://doi.org/10.1038/s41558-025-02407-w>
- Hobday, A.J., E.C.J. Oliver, A. Sen Gupta, J.A. Benthuisen, M.T. Burrows, M.G. Donat, N.J. Holbrook, P.J. Moore, M.S. Thomsen, T. Wernberg, and D.A. Smale. 2018. Categorizing and naming marine heatwaves. *Oceanography* 31(2):162–173, <http://doi.org/10.5670/oceanog.2018.205>.
- McGregor, G. 2024. Heatwaves: Causes, consequences and responses. Springer Nature, Switzerland
- Oliver, E.C.J., Donat, M.G., Burrows, M.T. et al. Longer and more frequent marine heatwaves over the past century. *Nat Commun* 9, 1324 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03732-9>

## 6. Monitoreo satelital de florecimientos algales

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 y están en vigilancia continua. En octubre de 2025 el promedio mensual de diatomeas, dinoflagelados y cocolitofóridos ha disminuido respecto al promedio climatológico de agosto en Cabo Pulmo, bahía de La Paz y San Juanico.

### 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 del Servicio de Monitoreo del Medio Marino de COPERNICUS (CMEMS). Los datos de Grupos funcionales fitoplanctónicos (PFT en inglés), incluyendo diatomeas y dinoflagelados, se derivan principalmente del algoritmo PHYSAT (Alvain *et al.* 2005, 2008) y sus actualizaciones para CMEMS, con resolución temporal diaria y espacial de 4 km, (IOCCG 2014). Los cuales clasifican las comunidades fitoplancton con base a sus firmas ópticas específicas observadas por sensores multiespectrales como MERIS y OLCI. 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.

Diatomeas y dinoflagelados son grupos fitoplanctónicos que integran especies capaces de generar florecimientos algales nocivos (FAN) y pueden causar daño físico a diversas especies locales (Nuñez-Vázquez *et al.* 2016). *Pseudo-nitzschia* spp. es una diatomea que produce neurotoxinas (ácido domoico) y *Gymnodinium catenatum* es un dinoflagelado que produce toxinas paralizantes; especies en vigilancia permanente ([siat-cicese.mx/especies-nocivas](https://siat-cicese.mx/especies-nocivas)). Por otro lado, las haptofitas no producen afectaciones, pero 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*, puede proliferar fácilmente en aguas costeras enriquecidas de nutrientes (Weeks *et al.* 2004).

Baja California Sur (BCS) es uno de los estados más afectados por problemas de salud pública relacionados 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 más estudiada en la porción sur de BCS debido a su importancia económica. Esto es especialmente preocupante debido a la presencia constante de toxinas en moluscos comercializados en la entidad, lo que resalta la necesidad de un monitoreo continuo para garantizar la seguridad en el consumo de mariscos en la región (Leyva-Valencia *et al.* 2021). En este sentido, las capacidades sinópticas que ofrecen los sensores remotos satelitales contribuirán a mejorar las labores de monitoreo.

## 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

Entre julio de 2002 y septiembre de 2025 se obtuvieron datos del producto Copernicus-GlobColour, el cual cuenta con resolución diaria. A partir de estos registros diarios, se calcularon promedios mensuales de la concentración de diatomeas, los dinoflagelados y cocolitofóridos para tres regiones de BCS. Datos disponibles 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/). La concentración de los grupos fitoplanctónicos se muestra como una representación visual de la información estimada por el modelo PHYSAT de COPERNICUS.

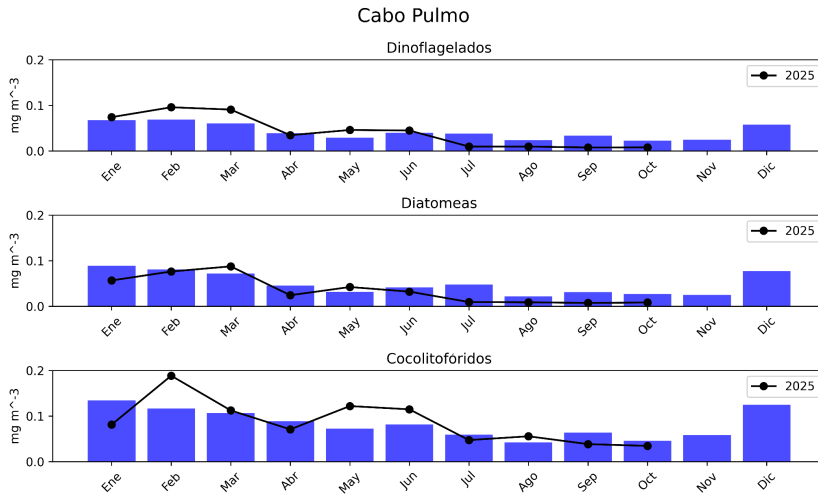
El procesamiento satelital, incluyendo la gestión de datos se realizó con la herramienta Copernicus Marine versión 2.0, porque acelera el procesamiento satelital de los productos COPERNICUS. Es utilizada para el análisis de datos e integrarlos fácil y eficientemente, con bibliotecas para el aprendizaje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

## Resultados

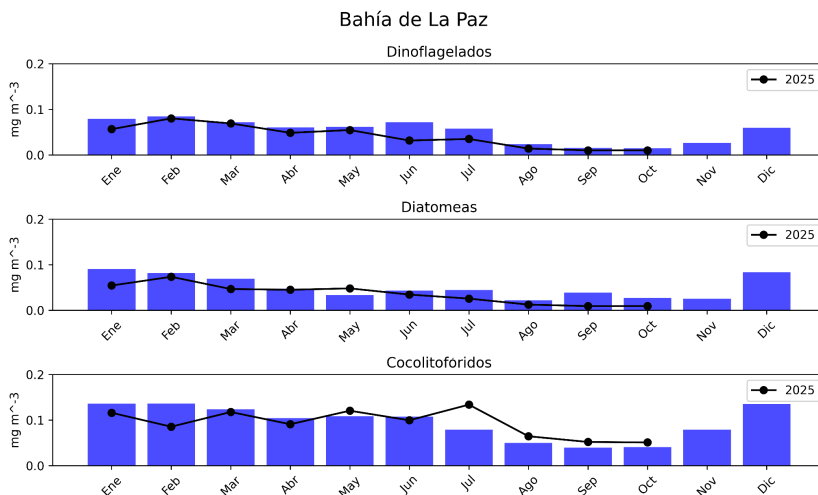
### Grupos fitoplanctónicos

La Figura 6.1, Figura 6.2 y Figura 6.3 muestran los promedios mensuales de dinoflagelados (parte superior), diatomeas (centro) y cocolitofóridos (parte inferior) para Cabo Pulmo, la bahía de La Paz y San Juanico respectivamente. En los tres sitios, las concentraciones de estos grupos fitoplanctónicos fueron inferiores al promedio climatológico correspondiente al mes de octubre. En la bahía de La Paz los cocolitofóridos se han mantenido superiores al promedio desde julio. Las barras azules representan las climatologías mensuales de enero a

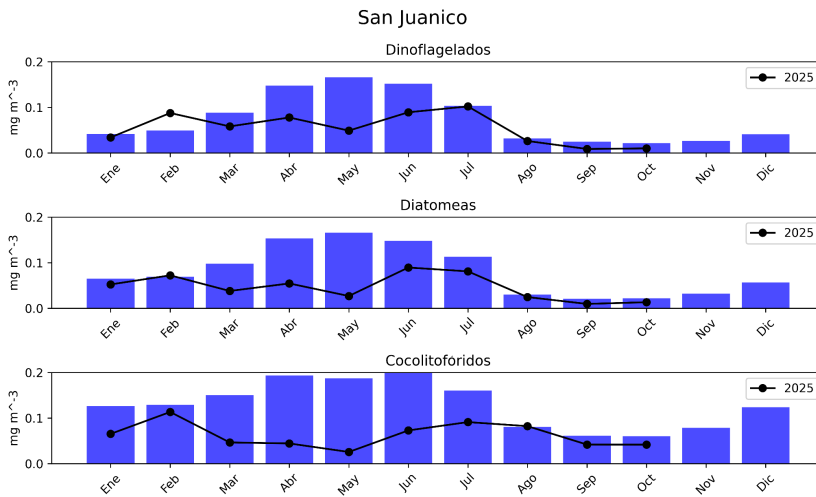
diciembre para el periodo 2002-2024, mientras que los puntos negros indican los promedios mensuales de enero a octubre de 2025.



**Figura 6.1:** Estas climatologías representan la concentración de grupos fitoplanctónicos, expresada en CLO en el agua de mar en Cabo Pulmo durante octubre de 2025.



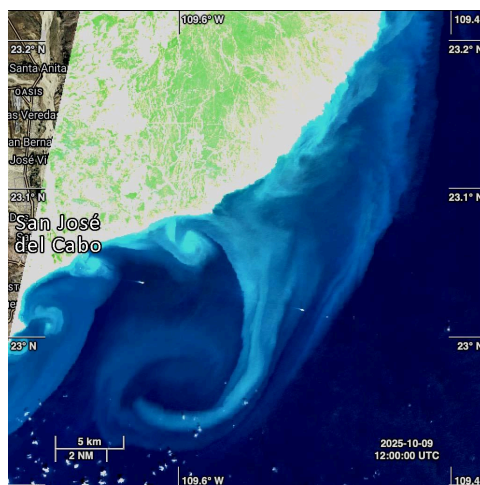
**Figura 6.2:** Estas climatologías representan la concentración de grupos fitoplanctónicos, expresada en CLO en el agua de mar en la bahía de La Paz durante octubre de 2025.



**Figura 6.3:** Estas climatologías representan la concentración de grupos fitoplanctónicos, expresada en CLO en el agua de mar en San Juanico durante octubre de 2025.

## Eventos locales

1. La [Figura 6.4](#) muestra las descargas fluviales observadas frente a San José del Cabo, el 9 de octubre de 2025 se presentó un cambio en la coloración asociado a sedimentación tras los eventos de lluvia registrados en septiembre, en esos mismos días usuarios de las playas reportaron oleaje elevado y mar de fondo. Esta sedimentación es evidente por el cambio en la coloración del agua costera, visible en la imagen Sentinel-2 en composición RGB.



**Figura 6.4:** Imagen RGB del área frente a San José del Cabo, obtenida por Sentinel-2 el 9 de octubre de 2025 (resolución espacial: 10 m), que muestra las descargas fluviales posteriores a eventos de lluvia.

## Referencia

- 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.
- Núñez-Vázquez, E.J., Band-Schmidt, C.J., Hernández-Sandoval, F.E., Bustillos-Guzmán, J.J., López-Cortés, D.J., Cordero-Tapia, A., Heredia-Tapia, A., García-Mendoza, E., Peña-Manjarréz, J.L., M.C. Ruíz de la Torre & Medina-Elizalde, J. 2016. Impactos de los FAN en la salud pública y animal (silvestres y de cultivo) en el Golfo de California. Pp: 197-211 En: Florecimientos Algaes Nocivos en México. García-Mendoza, E., Quijano-Sandoval, M., C. Parada & Torres R. 2018. CICESE. 438 p.
- 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.

## 7. 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.

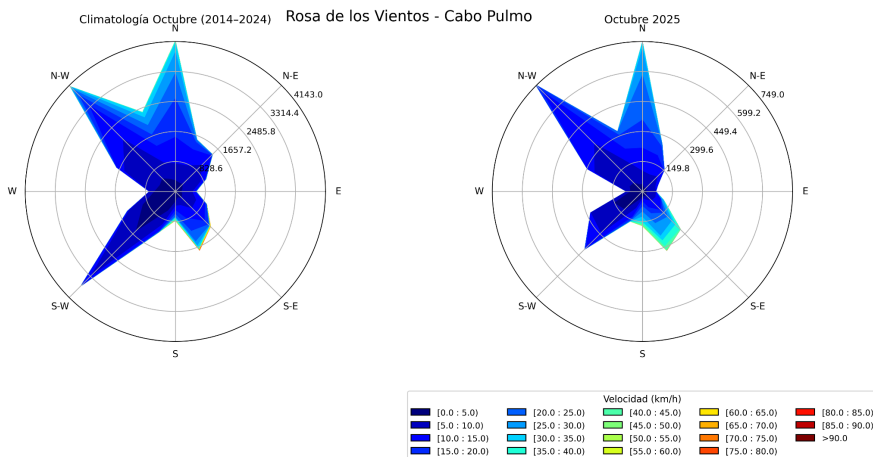
## Metodología

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.

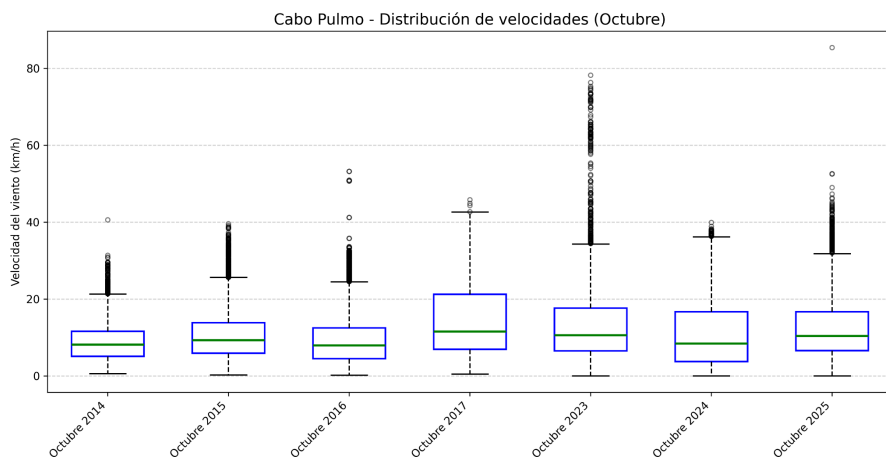
### ***VTO in situ en Cabo Pulmo, BCS***

Durante el mes de octubre de 2025 se puede observar que el patrón característico de los vientos en la región de Cabo Pulmo, BCS, no cambió radicalmente de acuerdo con la climatología dada en la región (2014-2024) (Figura 7.1). Sin embargo, se observa que los vientos provenientes del Sur-Suroeste se reducen en frecuencia, así como la aportación de los vientos provenientes del Noreste desaparece. La intensidad de los vientos provenientes del Sur y Sureste disminuye sin embargo su aportación sigue presente. Como se verá a continuación hay algunas rachas atípicas de viento que podrían estar asociadas con los eventos de ciclones tropicales cercanos durante el mes.



**Figura 7.1:** Climatología vs. observaciones de la dirección e intensidad de los vientos en la estación Cabo Pulmo durante el mes de octubre de 2025.

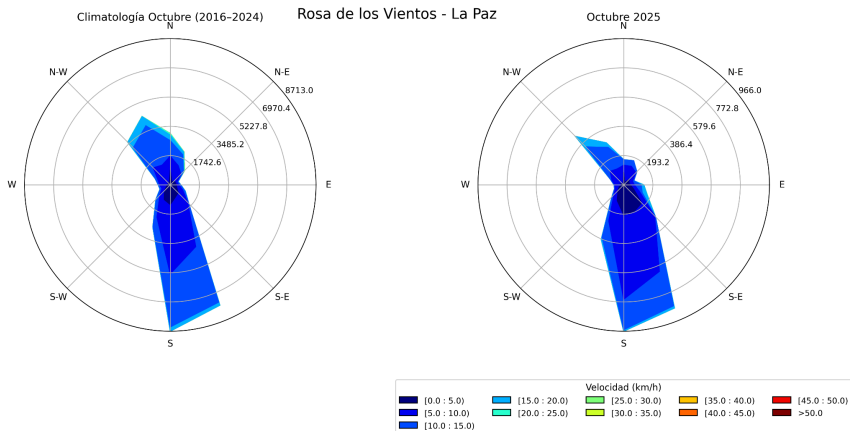
La intensidad del viento *in situ* registrada durante el mes de octubre de 2025, en Cabo Pulmo, muestra una distribución de intensidades con más valores atípicos (outliers) en comparación con la del año anterior (2024) [Figura 7.2](#). Se puede observar que los vientos atípicos superiores a los 40 km/h fueron menores en comparación con el 2023 donde el paso del huracán Norma promovió vientos sostenidos mayores a los 60 y 70 km/h. Los rangos intercuartiles también son ligeramente más reducidos a los documentados desde 2023 (ver bigotes del boxplot, [Figura 7.2](#)). El valor mediano de la rapidez del viento en este sitio permanece estable de acuerdo con años previos (~10 km/h) ([Figura 7.2](#)).



**Figura 7.2:** Análisis de cajas de la intensidad de los vientos en la estación Cabo Pulmo durante el mes de octubre de 2025. Los valores de viento atípico están dados en el gráfico de cajas por los outliers (círculos en negro).

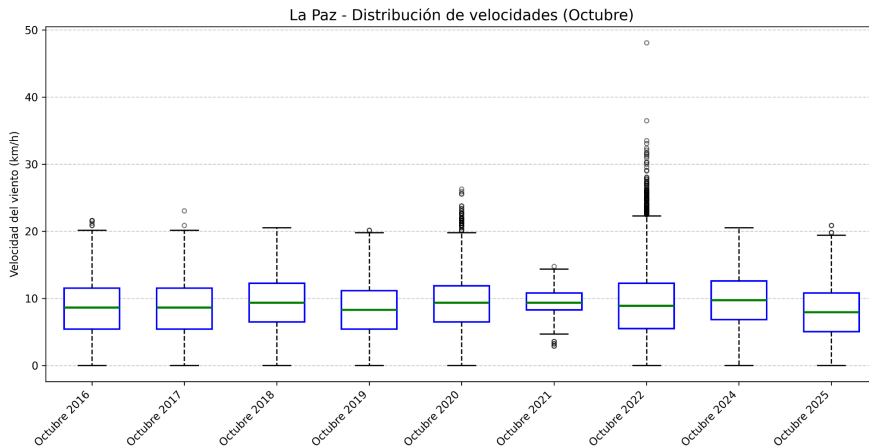
### VTO *in situ* en la ciudad de La Paz, BCS

Se observa que durante el mes de octubre de 2025 en el patrón característico de los vientos, dentro de la ciudad de La Paz, se acentúan más los vientos provenientes del Noroeste y del Sur-Sureste, lo cual marca una ligera diferencia con el patrón de vientos dado por la climatología (2016-2024) **Figura 7.3**. Es notable que la aportación de los vientos provenientes del Norte se atenúa. En cuanto a la intensidad de los vientos, vista desde este gráfico, no se aprecian vientos intensos que rebasen los 20 km/h.



**Figura 7.3:** Climatología vs. observaciones de la dirección e intensidad de los vientos en la estación ESIME de La Paz durante octubre de 2025.

La intensidad del viento registrada *in situ* en este punto de la ciudad de La Paz durante el mes de octubre de 2025 sólo muestra algunos valores atípicos que no superan a los ocurridos durante el mismo mes en 2022 y 2020, donde los vientos atípicos rebasaron los 25 km/h (**Figura 7.4**, outliers). En términos del valor mediano, la intensidad del viento en este sitio disminuyó ligeramente en comparación con los años previos (2020-2024) en los cuales el valor mediano de la distribución ronda los 10 km/h (**Figura 7.4**).



**Figura 7.4:** Análisis de cajas de la intensidad de los vientos en la ciudad de La Paz, BCS, durante el mes de octubre de 2025. 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*.

## 8. Condiciones meteorológicas en la Bahía de la Paz

Hugo Herrera Cervantes  
hherrera@cicese.mx

**Resumen** | La Bahía de La Paz (BLPZ), es una región impactada por diferentes eventos meteorológicos e hidrometeorológicos severos, incluyendo frentes fríos en invierno, periodos prolongados de sequía y el monzón mexicano asociado al impacto de tormentas tropicales en verano. CICESE-UALP, implementó en 2015 un programa de monitoreo de variables ambientales en la BLPZ bajo el Proyecto Interno 691-109 “*Laboratorio Ambiental para el estudio de la variabilidad Océano-Atmósfera en la Bahía de La Paz, B.C.S*”. Dicho monitoreo se basa en el registro de Estaciones Meteorológicas Autónomas (EMAs) y sensores marinos cuya información se publica en la página: <https://ulp.cicese.mx/condiciones-ambientales-observadas-en-la-Bahia-de-la-paz/>. Durante el período analizado (septiembre-octubre, 2025), se registraron valores máximos de Temperatura del aire ( $T_{air}$ ) de  $38.4^{\circ} C$ , con un valor promedio de  $30.7^{\circ}$  y mínimos de  $24.8^{\circ} C$ . Los valores de Hum. Rel., mostraron el efecto de las precipitaciones observadas en el período de análisis, con valores máximos (93%) durante los días 6 al 13 de octubre, asociada con el paso de las tormentas tropicales Lorena y Mario en septiembre y Pricilla y Raymond en octubre por B. C. S. Las rachas de viento máximas de  $>12 m s^{-1}$  (06-13 de octubre) se asocian principalmente al efecto de T. Tropicales, canales de baja presión y circulación ciclónica asociadas con el monzón mexicano de verano (<https://smn.conagua.gob.mx/>).

### Introducción

Para este boletín Oceanográfico se utilizan los datos sinópticos correspondientes al final del verano y comienzos del otoño de 2025 (septiembre-octubre), obtenidos de la Estación Meteorológica Autónoma (EMA), ubicada al sur de la Bahía de La Paz (BLPZ). Esta sección analiza la evolución de las variables atmosféricas (Temperatura del aire, Humedad relativa, velocidad, rachas y dirección del viento y su relación con eventos climatológicos del período analizado (<https://smn.conagua.gob.mx/>), principalmente durante el verano con el paso de ciclones tropicales. Durante el período analizado se observaron eventos nubosos asociados con trayectorias de tormentas tropicales cerca de la punta de la península de Baja California, estas junto con canales de baja presión, generan inestabilidades atmosféricas que se desplazan hacia Baja California Sur.

### Área de estudio

La BLPZ se localiza en el suroeste del Golfo de California entre las coordenadas  $24^{\circ}$  a  $25^{\circ}$  Norte y de  $110^{\circ}$  - $111^{\circ}$  Oeste. La bahía es afectada por el paso de frentes fríos en invierno (vientos fuertes a moderados del Noroeste) y del sur y sureste durante la primavera y el verano (asociados al monzón mexicano), con precipitaciones de ligeras a fuertes asociadas al paso de ciclones tropicales durante el verano (Turrent y Zaitzev, 2014). La bahía presenta

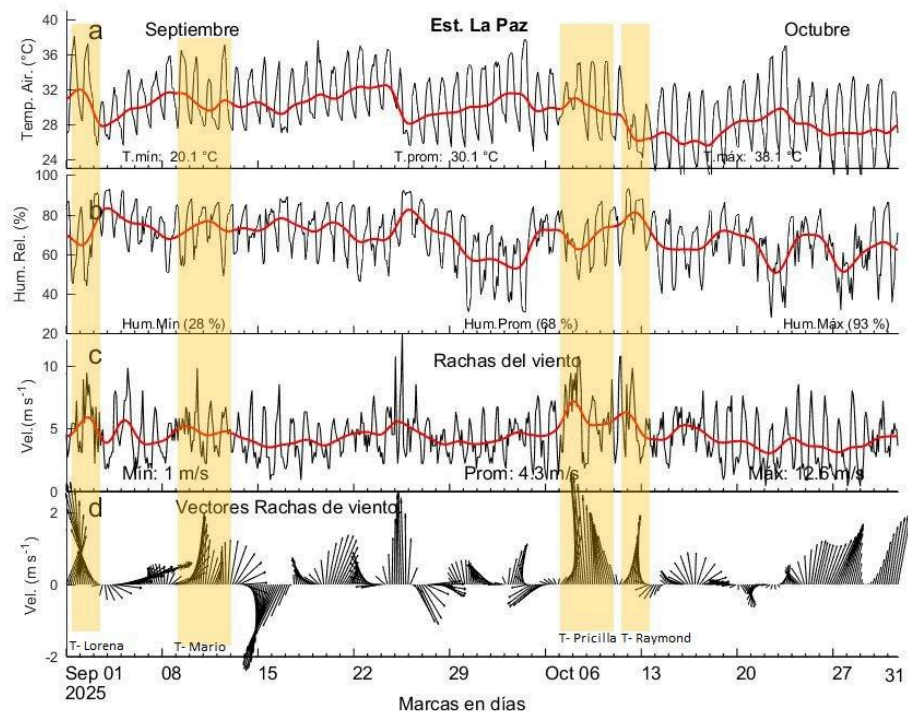
un importante intercambio de agua con el Golfo de California a través de la boca grande en el norte y el canal de San Lorenzo al sur (Obeso-Nieblas *et al.*, 2004), generando los patrones de circulación durante un ciclo anual. Dentro de la BLPZ se localiza el Parque Nacional Archipiélago de la Isla Espíritu Santo, perteneciente a las reservas de la biósfera de la UNESCO designada como Área Marina Prioritaria (SEMARNAT, 2014).

## Metodología

Los datos crudos asociados a las variables analizadas (Temp. aire, Hum relativa, dirección, velocidad y rachas de viento) registrados cada 2 horas por la EMA (12 valores diarios de cada variable), se almacenan en archivos los cuales sufren un preprocesado para la detección de datos erróneos, huecos en las series, y conversión de direcciones del viento a valores en radianes, posteriormente los datos se suavizan utilizando un promedio corrido (de 24 horas = 12 datos) para su graficado en forma de series de tiempo. Se calcula su estadística básica. Los datos de viento se grafican en forma de Rosa de los vientos, tanto la velocidad como la dirección (Rosa de Vectores). Se incluyen gráficos y valores mínimos, promedio y máximos de cada variable, y la máxima y mínima varianza de los vectores del viento. En algunas ocasiones incluimos el mapa sinóptico utilizado por el servicio Meteorológico Nacional (SMN) asociado a la región noroeste de México para interpretar los diferentes fenómenos que inciden sobre el clima de la BLPZ durante el período analizado, así como imágenes del satélite Aqua MODIS de Temperatura Superficial y Chl-a superficial (Environmental Research Division's Data Acces Programm (ERDDAP) de la NOAA).

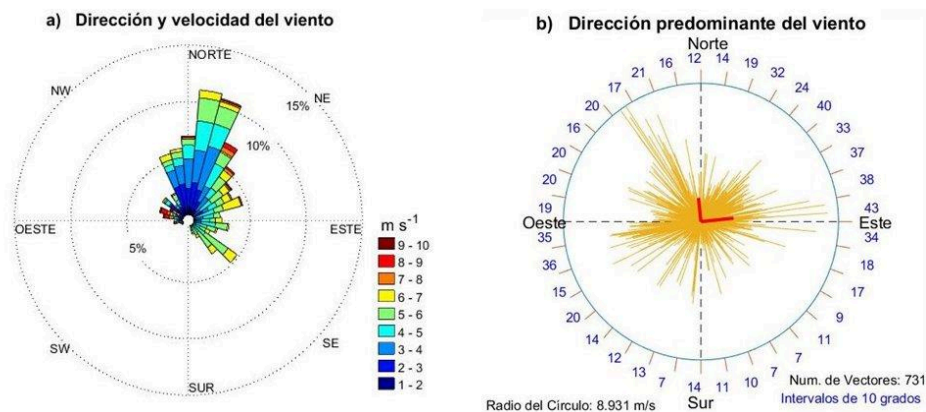
## Resultados

La [Figura 8.1](#) muestra las series de tiempo cubriendo el período Septiembre-octubre. La Temperatura del aire (Taire) muestra valores máximos del  $\sim 38^{\circ}\text{C}$ , con un valor promedio de  $\sim 30^{\circ}\text{C}$  y temperaturas mínimas de  $20^{\circ}\text{C}$  durante septiembre, se muestran valores altos de Taire ( $>38^{\circ}\text{C}$ ). En (b) se observan los valores de Hum. Rel., con un comportamiento inverso al de la Taire con valores máximos, promedio y mínimos, de 93, 68 and 28% respectivamente, asociados a la intensa actividad ciclónica del período (barras en amarillo), asociado con eventos de precipitación en el sur de la península de Baja California. La velocidad y rachas de viento (c, d) mostró durante septiembre y octubre valores máximos asociados a T. Tropicales, con rachas de viento del noroeste y suroeste  $>12\text{ m s}^{-1}$ .



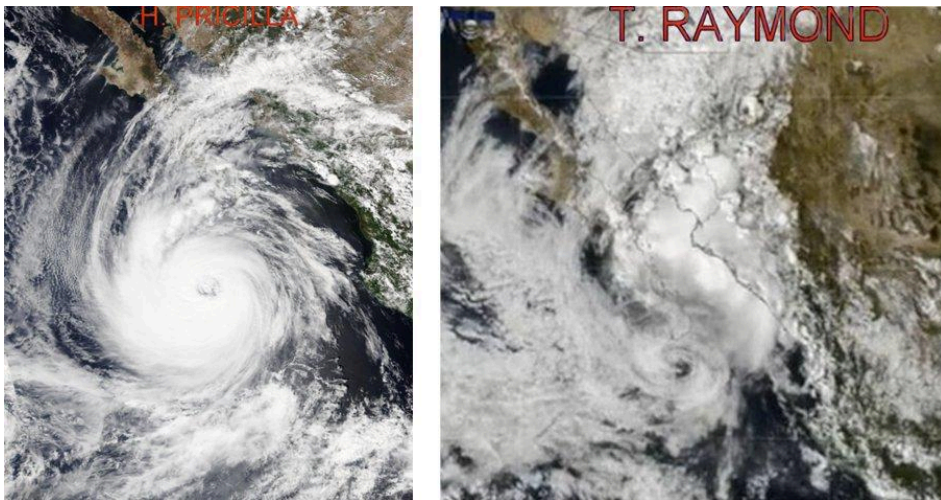
**Figura 8.1:** Series de tiempo de variables atmosféricas registradas en la Estación La Paz, desde el 01 de septiembre al 31 de octubre: (a) Temperatura del aire máximas (en negro), (b) Humedad Relativa, (c) Rachas del viento y (d) la dirección del vector del viento (de donde viene el viento). Las líneas en rojo indican las series suavizadas a partir del promedio corrido de 24 hrs., de cada variable analizada. Las barras en amarillo indican los periodos asociados al paso de T. Tropicales.

La [Figura 8.2](#) muestra en: (a) Rosa de los vientos y (b) Rosa de vectores, los datos de velocidad y dirección del viento registrados durante el período septiembre-octubre del 2025: La velocidad y dirección predominante, fue del 1er., 2do., y 4to., cuadrantes. La cercanía de ciclones tropicales a la región de B.C.S, canales de baja presión y el monzón mexicano propios del verano, se asocian con velocidades de viento mayores a  $5 \text{ m s}^{-1}$ , con direcciones predominantes proveniente del noroeste y sureste con el correspondiente ingreso de aire húmedo y cálido del Pacífico y Golfo de California generadores de precipitaciones Algunos eventos de viento del este-sureste ( $6 - 10 \text{ m s}^{-1}$ ) representan un 5% de la ocurrencia del viento. Los vectores en rojo en (b), indican los ejes principales de la dirección de máxima y mínima varianza (1er., y 4to. Cuadrante) en los datos analizados.



**Figura 8.2:** Velocidad y dirección (16 direcciones) del viento registradas durante el período de septiembre-octubre, 2025 (verano) en la BLPZ graficados como: a) Rosa del viento (dirección y velocidad) 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 de La dirección del viento registrado durante el período analizado.

La [Figura 8.3](#) muestra imágenes del satélite geoestacionario GOES correspondientes a los días 08 al 13 de octubre donde se observan los eventos nubosos asociados con el paso de las tormentas Pricilla y Raymond afectando el sur de la península de Baja California. En dichas imágenes se observan grandes zonas nubosas generadoras de intensas precipitaciones que afectaron la punta de la península de Baja California Sur y que influyeron en el clima del noroeste de México (incluyendo a la bahía de La Paz) generando una amplia zona de inestabilidad, eventos nubosos, acompañada de circulación ciclónica (baja presión). El ingreso de humedad proveniente de tormentas tropicales originó precipitaciones considerables y altos valores de humedad registradas en el sur de la península de Baja California.



**Figura 8.3:** En las imágenes del satélite geoestacionario GOES del día 08 al 13 de octubre se observan los eventos nubosos asociados a las Tormentas Pricilla y Raymond afectando el sur de la península de Baja California. Las imágenes son proporcionadas por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) publicadas por el SMN, Gobierno de México, (<https://smn.conagua.gob.mx/es/pronosticos/pronosticossubmenu/imagen-interpretada>).

## Referencias

- Herrera-Cervantes, et al., 2023. Anomalous thermal and wind conditions drove low surface chlorophyll-a in La Paz Bay during the 2015–2016 El Niño event. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 284, 1–12 pp. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2023.108280>.
- 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>.
- Turrent, C., Zaitsev, O., 2014. Seasonal cycle of the near-surface diurnal wind field over the Bay of La Paz, Mexico. *Bound. Meteorol.* 151, 353–371. <http://doi:10.1007/s10546-014-9908-4>.
- SEMARNAT, 2014. Programa de manejo: Programa de manejo del Parque Nacional Zona Marina-Archipiélago Espíritu Santo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

## 9. Clima en el Valle de Santo Domingo

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

**Resumen** | Con el propósito de analizar las variables de clima del mes de octubre de 2025 y revisar su comportamiento con respecto a datos históricos, se utilizaron registros proporcionados por el observatorio meteorológico no. 3132 localizado en Ciudad Constitución, Baja California Sur, México. Los resultados mostraron una temperatura promedio para el mes de octubre de 26.0 °C, mientras que los promedios mensuales de las temperatura máxima y mínima alcanzaron los 34.2 y 17.8 °C, respectivamente. Se presentaron anomalías positivas en la temperatura promedio mensual (0.5 °C) y en el promedio de la temperatura mínima (1.0 °C). Para el caso del promedio de la temperatura máxima del mes, presentó el mismo valor del promedio histórico. La evapotranspiración potencial (ET<sub>o</sub>) promedio para el mes de octubre fue de 5.3 mm/día, lo que fue equivalente a una pérdida de agua desde la superficie vegetal de referencia de 53 metros cúbicos por hectárea por día. La precipitación acumulada en el mes de octubre de 2025 fue de 32.1 mm.

### Introducción

El monitoreo de variables climáticas en una región es relevante para múltiples actividades, entre estas, la agricultura. Al conocer el comportamiento del clima se puede optimizar la producción de cultivos de interés. Tener acceso a los registros del clima permite identificar fechas adecuadas de siembra que favorezcan el desarrollo de las plantas, además de ser un insumo valioso en la toma de decisiones de manejo como la aplicación del riego, la aplicación de controles de plagas, enfermedades y malezas. Lograr lo anterior, contribuye al incremento de la productividad y rentabilidad de la agricultura. Citamos la frase popular *“Lo que no se estudia no se conoce, y lo que no se conoce no se puede gestionar”*, como una reflexión valiosa que puede perfectamente aplicar como justificante del estudio del comportamiento de variables climáticas y la aplicación posible del conocimiento resultante a la gestión de la producción agropecuaria. Con base en lo anterior, esta sección del boletín climático muestra el comportamiento de variables climáticas registradas en el mes de octubre de 2025 por el observatorio meteorológico no. 3132 ubicado en Ciudad Constitución, Baja California Sur, México.

### Área de estudio

Los valores de las variables 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

Para el presente análisis, se utilizaron los registros diarios de temperaturas máximas y mínimas, así como la humedad relativa, insolación, velocidad del viento y valores de precipitación correspondientes al mes de octubre de 2025. Con la información descrita, se estimaron las temperaturas promedios para el mes, a la par de identificar los días en el que se presentaron la temperatura más alta y la más baja. Adicionalmente, se realizó una comparativa entre las temperaturas presentadas en octubre de 2025 con respecto a registros históricos del mismo mes (periodo 1982-2023), reportados en el inventario de registros por década de la misma estación. Asimismo, se estimó la evapotranspiración potencial (ET<sub>o</sub>) para cada día del mes de octubre de 2025. La ET<sub>o</sub> 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 ET<sub>o</sub> puede contribuir a la optimización del riego en cultivos agrícolas y de la producción de alimentos, además de generar una idea clara del volumen de agua que potencialmente se puede perder desde una superficie vegetal de referencia en función del comportamiento del clima (Cherlinka, 2025). Para el cálculo de la ET<sub>o</sub> se utilizó el software ET<sub>o</sub> Calculator versión 3.12 (FAO, 2025). Las variables empleadas en el cálculo de la ET<sub>o</sub> fueron los datos diarios de temperatura máxima y mínima (en °C), humedad relativa máxima y mínima (en %), insolación (en horas/día), así como la velocidad promedio del viento (m/s).

## Resultados

### *Comportamiento de la temperatura y humedad en el mes de octubre de 2025*

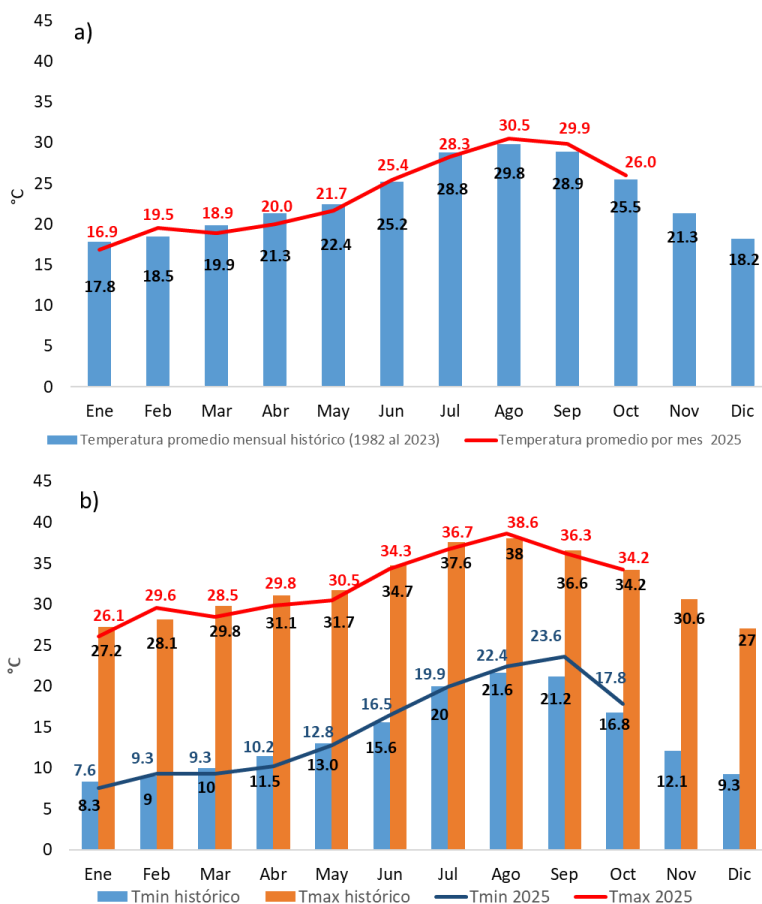
La [Figura 9.1](#) muestra el comportamiento diario de la temperatura y humedad relativa en lo que va del año 2025; aunque en este análisis nos enfocamos a lo suscitado en estas variables en el mes de octubre. El día 02 de octubre de 2025 se presentó la temperatura más alta con un registro de 39.0 °C, mientras que el 25 de octubre se registró la temperatura más baja con 13.2 °C. En cuanto al promedio de la humedad relativa máxima del mes fue de 96.8 %; el promedio de la humedad relativa mínima fue de 39.3 %.



**Figura 9.1:** Comportamiento de la temperatura y humedad relativa al mes de octubre de 2025. Tmax= Temperatura máxima. Tmin= Temperatura mínima. HRmax= Humedad relativa máxima. HRmin= Humedad relativa mínima. Los valores en rojo y azul dentro de cada mes, indican el valor más alto y el más bajo de las temperaturas máxima y mínima, respectivamente.

### Comportamiento de las temperaturas en octubre de 2025 vs registros históricos

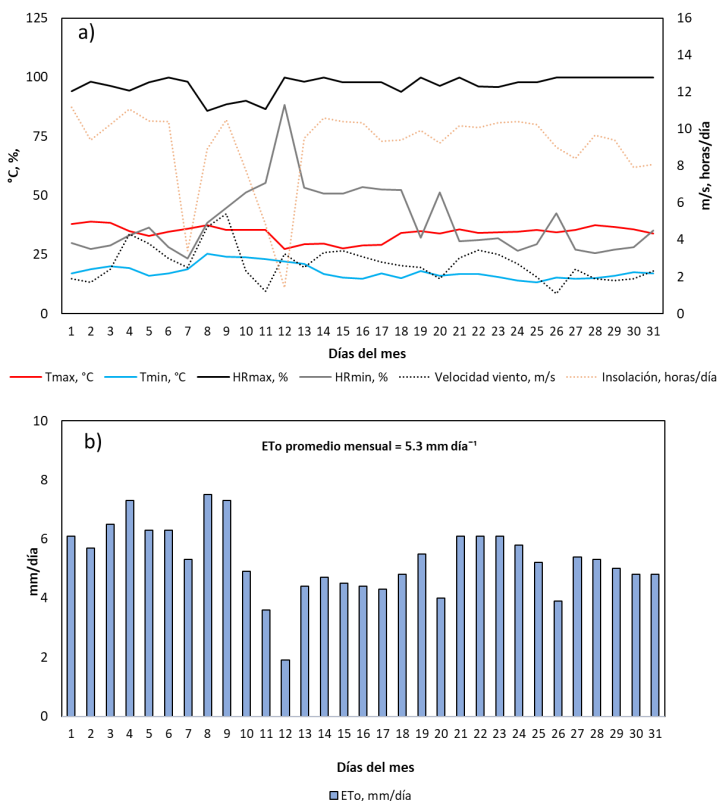
El mes de octubre de 2025 presentó una temperatura promedio de 26.0 °C (Figura 9.2a), valor que se ubicó 0.5 °C por arriba del promedio histórico (datos 1982-2023) del mes. Asimismo, al comparar los promedios mensuales de las temperaturas máximas y mínimas con respecto a los promedios históricos, la primera coincidió con el promedio histórico, mientras el promedio de la temperatura mínima presentó una anomalía positiva (1.0 °C). (Figura 9.2b).



**Figura 9.2:** a) Comparativo de los promedios mensuales de la temperatura media (periodo 1982-2023) con respecto al registrado al mes de octubre de 2025. b) Comparativo entre los promedios de temperaturas máximas y mínimas históricas (1982-2023) con respecto a los promedios presentados al mes de octubre de 2025. Tmax= Temperatura máxima. Tmin= Temperatura mínima.

### Evapotranspiración potencial (ETo) en el mes de octubre de 2025

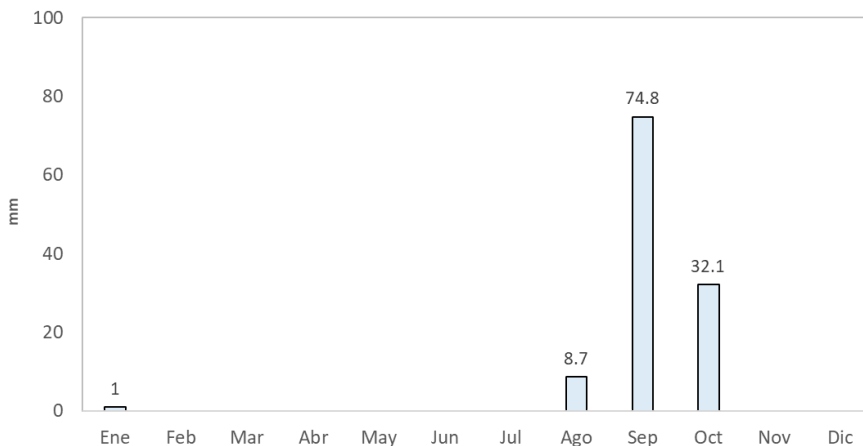
La [Figura 9.3a](#) muestra el comportamiento de las variables a partir de las cuales se calculó la ETo para cada día de octubre de 2025, mientras que la [Figura 9.3b](#) muestra los valores de ETo para cada día del mismo mes; el valor promedio de esta variable para octubre de 2025 fue de 5.3 mm/día con una desviación estándar de 1.18 mm/día. Considerando que un mm equivale a un volumen de 10 metros cúbicos por hectárea, entonces la cantidad promedio por día de agua que pudo perderse desde la superficie vegetal de referencia en el mes de octubre de 2025 fue de  $53 \pm 11.8$  metros cúbicos por hectárea; volumen que habría que reponer a través del riego considerando un ajuste ligado al tipo de cultivo, etapa fenológica, eficiencia del sistema de riego utilizado, así como al intervalo de riego definido en días relacionado al nivel de abatimiento de la humedad aprovechable propio de cada tipo de suelo.



**Figura 9.3:** a) Comportamiento de la temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), humedad relativa máxima (HRmax) y mínima (HRmin), velocidad del viento e insolación en el mes de octubre de 2025. b) Comportamiento de la evapotranspiración potencial (ETo) para el mes de octubre de 2025.

### ***Precipitación acumulada en el mes de octubre de 2025***

Durante el mes de octubre de 2025 se registraron dos días con precipitación acumulándose en el mes un total de 32.1 mm (Figura 9.4). Dado que el promedio histórico de la estación para el mes de octubre es de 7.8 mm (Ruíz et al., 2006), el mes presentó una anomalía positiva de 24.3 mm.



**Figura 9.4:** Precipitación acumulada por mes hasta octubre de 2025.

## **Referencias**

- 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>
- Ruíz C., J. A., Medina G., G., Meza S., R., Díaz P., G., Serrano A., V. 2006. Estadísticas climatológicas del estado de Baja California Sur (periodo 1961-2003). CIRNO-INIFAP. 267p.
- 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>

## 10. Ciclones tropicales

Luis Manuel Farfán Molina  
farfan@cicese.edu.mx

**Resumen** | En esta sección del boletín se ilustran patrones de trayectoria e intensidad de los ciclones tropicales que se presentaron durante el mes de septiembre con énfasis en su aproximación e impacto en Baja California Sur.

El mes de octubre es uno de los últimos más activos en la cuenca del Océano Pacífico oriental (e.g., Blake *et al.*, 2009), además de presentar algunos casos en que los ciclones tropicales cruzan la costa occidental de México. En ciertos casos se logra cruzar la costa para internarse en el noroeste del país mediante trayectorias con recurvatura (Farfán *et al.*, 2012).

### Introducción

Los ciclones tropicales son eventos meteorológicos que se presentan durante los meses cálidos del año (junio-octubre) sobre el Océano Pacífico. Regularmente, inician al sur de México y después de varios días se organizan en circulaciones más intensas en la que la velocidad máxima de viento es mayor a 120 km/h. Su radio de influencia es variable pero pueden llegar a cubrir varios cientos de kilómetros tanto en su campo de viento así como en el de humedad del aire y precipitación. La cercanía de un ciclón tropical a la costa puede representar un riesgo relevante para la población, la infraestructura y para el medio ambiente. Aunque también puede ser de beneficio en las actividades agrícolas y ganaderas entre otras ramas de la economía productiva. Esta es una de las razones por lo que es importante y necesario documentar el comportamiento espacial y temporal de los ciclones tropicales.

### Área de estudio

El Centro Nacional de Huracanes en Estados Unidos (CNH, <https://www.nhc.noaa.gov>) y el Servicio Meteorológico Nacional de México (SMN, <https://smn.conagua.gob.mx>) mantienen un monitoreo de forma constante en el Océano Pacífico oriental que está limitado por 140°W así como por la costa occidental de Centroamérica, México y Estados Unidos ([https://www.nhc.noaa.gov/pdf/tracking\\_chart\\_epacific.pdf](https://www.nhc.noaa.gov/pdf/tracking_chart_epacific.pdf)).

No hay límite al norte y sur pero la mayor parte de los ciclones tropicales inician al norte de 5°N y raramente se desplazan al norte de 30°N. También, en algunos casos se llegan a desplazar al oeste de 140°W dentro de la región que se denomina el Océano Pacífico central (e.g., [https://www.nhc.noaa.gov/pdf/tracking\\_chart\\_cpacific.pdf](https://www.nhc.noaa.gov/pdf/tracking_chart_cpacific.pdf)).

---

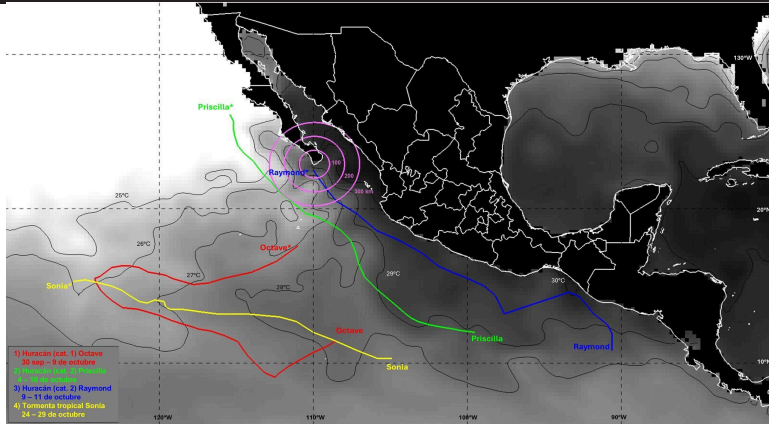
## Metodología

Se utiliza la base de datos Automated Tropical Cyclone Forecasting System (ATCF, [https://science.nrlmry.navy.mil/atcf/docs/html/ATCF\\_UM\\_ToC.html](https://science.nrlmry.navy.mil/atcf/docs/html/ATCF_UM_ToC.html)) desarrollada por el gobierno de Estados Unidos como una aplicación basada en computadoras que permiten la automatización y optimización de los procesos de pronóstico en los centros regionales e internacionales de alertamiento.

En particular, se utiliza la versión de acceso a ATCF por medio del paquete gráfico IDV (Integrated Data Viewer, <https://www.unidata.ucar.edu/software/idv>) desarrollada por Unidata. Esta versión permite graficar trayectorias e intensidades observadas así como los pronósticos oficiales emitidos cada 6 horas mientras el ciclón tropical se encuentra activo. De forma complementaria, se utilizan los reportes elaborados por el CNH (<https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/index.php?season=2025&basin=epac>) así como los reportes de lluvia acumulada observada por la red de estaciones del SMN (<https://smn.conagua.gob.mx/es/ciclones-tropicales/lluvias-asociadas-a-ciclones-tropicales>).

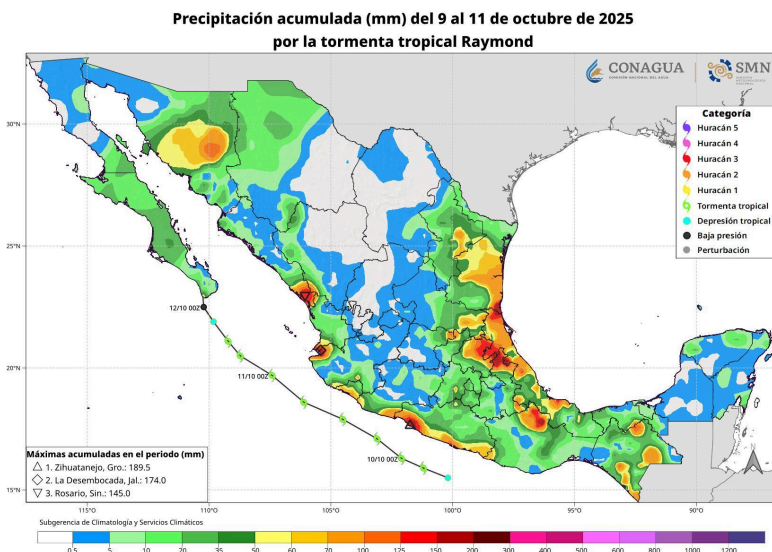
## Resultados

El monitoreo del CNH y SMN determinó que solamente cuatro ciclones tropicales (Kiko, Lorena, Mario, Narda y Octave) se desplazaron por el Océano Pacífico oriental durante el mes de octubre; ninguno de ellos tuvo un impacto directo en la costa occidental de México ni en Baja California Sur. Como parte de su ciclo de desarrollo, Octave inició su desarrollo desde el 30 de septiembre y se mantuvo activo hasta el 9 de octubre alcanzando intensidad máxima de 130 km/h (huracán categoría 1, Figura 9.1). El centro del siguiente ciclón tropical (Priscilla, Figura 10.1) llegó a estar a 300 kilómetros de Cabo San Lucas y durante varios días consecutivos proporcionó lluvias moderadas en localidades al sur del estado principalmente con cantidades acumuladas de hasta 85.5 mm en Cabo San Lucas. Un análisis del campo de temperatura de agua de mar en octubre indica que Priscilla se desplazó sobre regiones en las que las isoterms tenían valores mayores entre 25-27°C al aproximarse al estado (Figura 10.1).



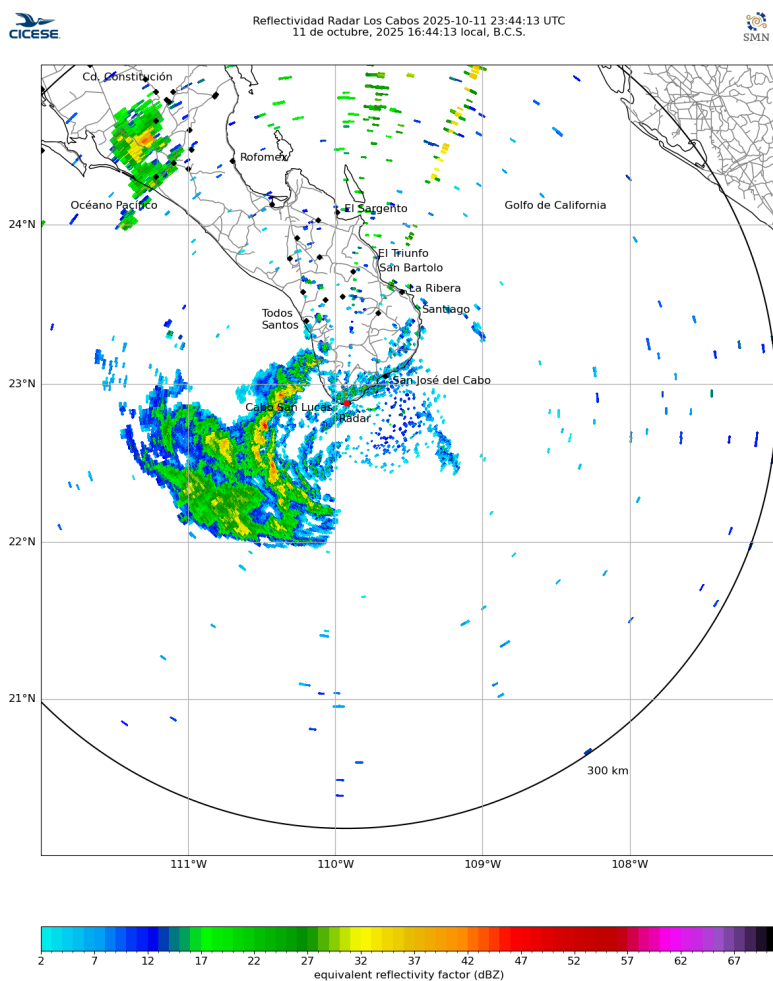
**Figura 10.1:** Trayectorias de cuatro ciclones tropicales seleccionados del mes de octubre de 2025 en el Océano Pacífico oriental. El nombre con asterisco se indica tanto en la posición final de cada caso. Los datos para elaborar la figura se tomaron del Centro Nacional de Huracanes, <ftp://ftp.nhc.noaa.gov/atcf>. Se incluyen contornos de temperatura de superficie del mar (25–30°C), a partir del reanálisis ERA5, con el promedio de octubre de 2025.

El último ciclón tropical que se aproximó, a menos de 100 kilómetros de la costa del estado, fue la tormenta tropical Raymond. Las acumulaciones de lluvia durante el periodo de aproximación (9–11 de octubre) se muestran en la [Figura 10.2](#). El valor más alto (57 mm) se presentó en localidades al este del municipio de Los Cabos (Cabo San Lucas) durante dos días consecutivos. Durante este mismo periodo Ciudad Constitución, Loreto y Mulegé reportaron 28.0 mm y 18.0 mm en tan sólo un periodo de 24 horas, respectivamente.



**Figura 10.2:** Trayectoria de la tormenta tropical Raymond que se presentó durante el mes de octubre de 2025 en el Océano Pacífico oriental. La imagen se tomó del sitio [https://smn.conagua.gob.mx/tools/RECURSOS/com\\_mapas\\_lluvias/Raymond-2025.jpg](https://smn.conagua.gob.mx/tools/RECURSOS/com_mapas_lluvias/Raymond-2025.jpg). Contornos en color representan la lluvia acumulada (mm) en la red de estaciones del SMN.

Un aspecto notable en el desarrollo de Raymond fue la observación mediante el radar del Servicio Meteorológico Nacional en Cabo San Lucas (Figura 10.3). De esta forma fue posible determinar la distribución espacial e intensidad del campo de lluvia así como la estructura mientras la circulación asociada a Raymond mientras se debilitaba en la costa del estado.



**Figura 10.3:** Imagen del radar del Servicio Meteorológico Nacional en Cabo San Lucas, 11 de octubre (16:44 hora local); los colores indican una aproximación a la cantidad de lluvia en la que los tonos amarillo y naranja son los de mayor intensidad. La imagen fue generada en equipo del Departamento de Cómputo en Ensenada, Baja California.

### **Referencias**

Blake, E. S., Gibney E. J., Brown D. P. , Mainelli M. , Franklin J. L. , Kimberlain T. B. , and Hammer G. R. , 2009: Tropical cyclones of the eastern north Pacific basin, 1949-2006. Historical Climatology Series 6-5, National Climatic Data Center, 162 pp.

Farfán, L. M., R. Romero-Centeno, and G. B. Raga, 2012: Observations and forecasts from the landfall of tropical cyclones John, Lane, and Paul (2006) over northwestern Mexico. Weather and Forecasting, 27, 1373–1393, <https://doi.org/10.1175/WAF-D-11-00108.1>.

---

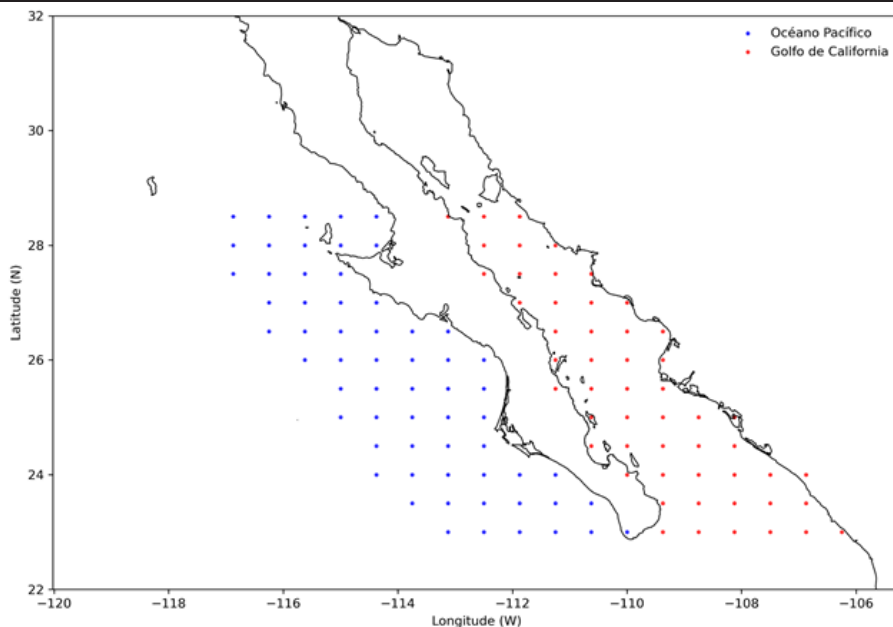
# 11. Temperatura del aire en el Golfo de California

Carlos Robinson M.  
robmen@unam.mx

**Resumen** | Animación del patrón promedio mensual (2000-2024) de la temperatura superficial del mar, concentración superficial de clorofila-a y vectores de viento contrastando el Golfo de California y costa oeste de la península de Baja California. La temperatura del aire a 10 metros es un indicador importante para entender cómo interactúan el océano y la atmósfera en las zonas costeras. Este valor refleja tanto el calor que proviene del mar como los efectos del clima regional, por ejemplo, los vientos y otros patrones atmosféricos. Además, ayuda a reconocer cómo estas regiones responden a fenómenos climáticos de gran escala, como el PDO o El Niño. Por ello, analizar la temperatura del aire a esta altura permite tener una idea más clara de los cambios estacionales y de la variabilidad del clima en el Pacífico y el Golfo de California. En el noroeste de México, el océano Pacífico y el Golfo de California presentan contrastes marcados debido a diferencias en dinámica oceánica, ventilación y capacidad de almacenamiento térmico. Este análisis emplea datos mensuales de la reanálisis MERRA-2 durante el periodo 1980-2025.

## Metodología

Se utilizaron datos mensuales de temperatura del aire a 10 m (T10M) del reanálisis MERRA-2 (M2TMNXSLV v5.12.4). Se definieron dos regiones de estudio: el Pacífico frente a la península de Baja California en su parte centro-sur, y el Golfo de California ([Figura 11.1](#)). Se generaron climatologías, promedios mensuales regionales y anomalías mensuales.



**Figura 11.1:** Ubicación de las celdas de MERRAS en el Golfo de California y la costa Oeste de la Península de Baja California.

## Resultados

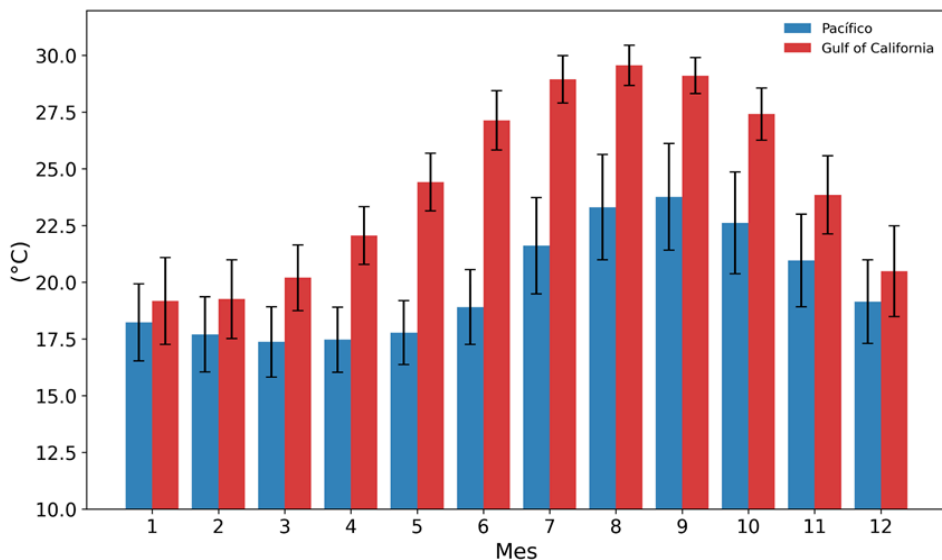
La comparación mensual muestra que el Golfo de California presenta temperaturas consistentemente más elevadas que el Pacífico durante todo el año, con máximos en verano (Figura 11.2). El Pacífico presenta un ciclo térmico moderado influenciado por la Corriente de California y el afloramiento costero. Así también el Pacífico muestra mayor dispersión térmica, es decir, desviaciones estándar más grandes.

Al analizar la evolución de las anomalías de temperatura del aire a 10 m en el Pacífico y el Golfo de California, se distinguen tres fases predominantes a lo largo del periodo analizado (Figura 11.3a).

### *Etapas de temperaturas medias y variabilidad moderada (1980–1997)*

Durante esta primera etapa, ambas regiones presentan oscilaciones térmicas amplias, pero el Pacífico muestra picos mucho más pronunciados. En la serie se observan anomalías que alcanzan valores superiores a  $+1.5^{\circ}\text{C}$  y descensos por debajo de  $-1.5^{\circ}\text{C}$ , evidenciando una variabilidad intensa. Aunque las anomalías alternan entre valores positivos y negativos sin

una tendencia definida, el sistema no es estable. El Pacífico muestra variaciones abruptas y recurrentes, con varios máximos y mínimos intensos. El Golfo de California también oscila, pero con amplitudes ligeramente menores. En conjunto, esta etapa se caracteriza por alta variabilidad interanual, especialmente en el Pacífico. Cambios frecuentes y de gran amplitud, falta de una tendencia clara, pero con fluctuaciones dinámicas y energéticas.



**Figura 10.1:** Animación de (izq) temperatura superficial del mar (SST) y viento; (der) clorofila y viento. Temperatura media por mes y desviación estándar en ambas regiones.

*Etapa fría y persistente (1998–2013)*

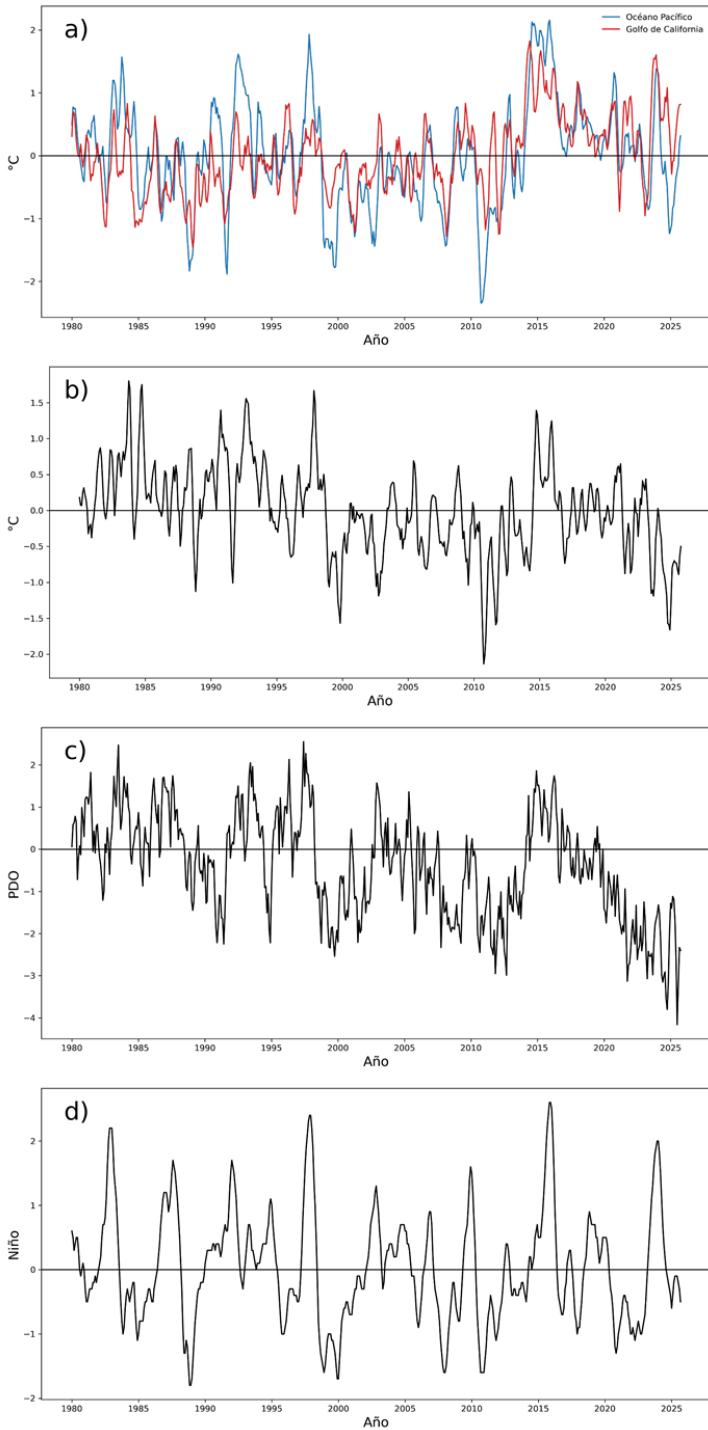
A partir de 1998 inicia un periodo prolongado caracterizado por anomalías principalmente negativas. Tanto el Pacífico como el Golfo presentan valores más bajos que en la etapa anterior, y aunque siguen ocurriendo fluctuaciones, predominan las condiciones más frías. Esta fase se distingue por su duración y porque el enfriamiento se mantiene de forma constante en ambas regiones.

*Etapa de calentamiento abrupto seguida de un descenso gradual (2014–2025)*

A partir de 2014 ocurre un incremento rápido y notable de la temperatura del aire, alcanzando valores muy superiores a los observados previamente en la serie. Este aumento es simultáneo en ambas regiones. Tras este máximo, las temperaturas comienzan a

---

disminuir de manera paulatina, aunque sin regresar completamente a los niveles de la etapa fría previa. La respuesta del Pacífico y del Golfo es muy similar, mostrando un patrón coherente en toda la región.



**Figura 11.3:** anomalías mensuales de temperatura del aire a 10 m (promedio móvil 4 meses) en el Pacífico y en el Golfo de California de enero de 1980 octubre 2025 , (b) Diferencia entre la temperatura entre el pacífico y el Golfo de California, (c) índice de PDO (d) El Niño índice.

Diferencia entre las anomalías Pacífico – Golfo de California

*Diferencia mayormente positiva – el Pacífico fue más cálido (1980–1997)*

Durante esta primera fase, la serie de diferencias muestra valores predominantemente positivos, con amplitudes que en varios intervalos superan  $+0.5$  °C e incluso alcanzan picos cercanos a  $+1.5$  °C. Esto indica claramente que el Pacífico fue sistemáticamente más cálido que el Golfo de California durante gran parte de este periodo. El contraste térmico favorece al Pacífico, lo cual es notable porque en términos absolutos el Golfo suele ser más cálido. La variabilidad existe, pero ocurre alrededor de valores positivos, lo que confirma un dominio térmico del Pacífico. El sistema muestra oscilaciones moderadas, pero siempre con el Pacífico por encima del Golfo en la mayor parte del intervalo.

*Diferencias negativas – el Pacífico se enfría más que el Golfo (1998–2013)*

Aquí, las diferencias caen de manera sostenida a valores negativos, algunos muy profundos. Esto refleja el predominio claro de un Pacífico más frío, con valores típicos entre  $-0.5$  y  $-1.5$  °C. Mayor persistencia de anomalías negativas y episodios de enfriamiento intenso. Es el periodo con mayor separación térmica negativa entre ambas regiones.

*Repunte cálido seguido de retorno a valores negativos (2014–2025)*

A partir de 2014 la diferencia vuelve a ser positiva (Pacífico más cálido). Se observan picos de  $+1.0$  a  $+1.5$  °C. Después La serie retorna progresivamente a valores negativos. En los últimos años predominan diferencias entre  $-0.5$  y  $-1.5$  °C.

*Relación entre el PDO y la diferencia de temperatura Pacífico–Golfo*

Al comparar la evolución del índice PDO con la diferencia de temperatura entre el Pacífico y el Golfo de California, se aprecia una correspondencia notable entre ambos registros (Figura 11.3b,c). Cuando el PDO toma valores positivos, la diferencia Pacífico–Golfo tiende a ser menos negativa o incluso cercana a cero, lo que coincide con periodos en los que el Pacífico muestra temperaturas relativamente más altas respecto al Golfo. En cambio, cuando el PDO se mantiene en valores negativos, la diferencia se vuelve claramente más negativa, reflejando fases en las que el Pacífico es más frío que el Golfo durante intervalos

---

prolongados.

Esta relación sugiere que la temperatura del aire a 10 m en el Pacífico está influenciada —o al menos sincronizada— con las variaciones del PDO. En periodos positivos del índice, el contraste térmico entre ambas regiones se reduce, mientras que en sus fases negativas este contraste se amplía. La correspondencia temporal entre ambas curvas indica que el PDO actúa como un modulador de fondo en el comportamiento térmico regional, especialmente sobre el Pacífico, cuya variabilidad es más amplia que la del Golfo de California.

#### *Relación entre el índice Niño y la variabilidad regional*

Al comparar el índice Niño con la evolución de las temperaturas del aire en el Pacífico y el Golfo de California, se observa que este indicador muestra una secuencia de eventos cálidos y fríos a lo largo del periodo (Figura 11.3d), pero su relación con las variaciones regionales no es tan evidente ni tan consistente como en el caso del PDO.

Aunque algunos eventos intensos del índice Niño coinciden con fluctuaciones destacadas en las anomalías de temperatura, la correspondencia no se mantiene de forma clara durante todo el registro. Existen periodos en los que el índice Niño presenta cambios bruscos o extremos, pero estos no siempre se reflejan con igual intensidad en las series regionales, ni en la diferencia de temperatura entre ambas zonas.

En conjunto, la figura sugiere que el índice Niño influye en la temperatura del aire en la región, pero su impacto no es tan directo ni persistente. Más bien, parece actuar como un modulador adicional, cuyos efectos se suman a otros factores de mayor escala temporal. Esto contrasta con el comportamiento del PDO, cuya variabilidad muestra una relación más estrecha y sostenida con el contraste térmico entre el Pacífico y el Golfo de California.

#### **Conclusión**

El análisis revela que la temperatura del aire en el Pacífico y el Golfo de California ha experimentado variabilidad significativa en los últimos 45 años, organizada en tres etapas principales. La diferencia térmica entre ambas regiones está fuertemente sincronizada con el PDO, mientras que el impacto del ENSO es secundario. El calentamiento abrupto posterior a 2014 representa un cambio importante en la dinámica climática regional, con implicaciones para procesos oceánicos, atmosféricos y ecosistémicos

#### **Referencia**

Gutiérrez-Cárdenas, G. S., Morales-Acuña, E., Tenorio-Fernández, L., Gómez-Gutiérrez,

---

J., Cervantes-Duarte, R., & Aguiñiga-García, S. (2024). El Niño–Southern Oscillation Diversity: Effect on Upwelling Center Intensity and Its Biological Response. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12(7), 1061.

Heras-Sánchez, M. del C., Valdez-Holguín, J. E., Garatuza-Payán, J., Cisneros-Mata, M. Á., Díaz-Tenorio, L. M., & Robles-Morua, A. (2019). Regiones del Golfo de California determinadas por la distribución de temperatura superficial del mar y concentración de clorofila-a. *Biotecnia*, 21(1), 13-21.

# BOLETÍN CLIMÁTICO DE BCS

AÑO 1 | NÚMERO 10 | OCTUBRE 2025

## CONTENIDO

### PRESENTACIÓN

ARMANDO TRASVIÑA CASTRO

### NOVEDADES

#### NIVEL DEL MAR

TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL  
MAR PRODUCTIVIDAD PRIMARIA Y  
ALTIMETRÍA SATELITAL

#### PAISAJES PELÁGICOS

ONDAS DE CALOR MARINAS

MONITOREO SATELITAL DE  
FLORECIMIENTOS ALGALES

#### VIENTO (VTO) IN SITU

CONDICIONES METEOROLÓGICAS  
EN LA BAHÍA DE LA PAZ

CLIMA EN EL VALLE DE SANTO  
DOMINGO

#### CICLONES TROPICALES

TEMPERATURA DEL AIRE EN EL  
GOLFO DE CALIFORNIA

FOTOGRAFÍA DE CONTRAPORTADA:  
Romeo Saldívar Lucio