



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Boletín ambiental del Noroeste de México. Resumen de 2025.

Dr. Eduardo González Rodríguez^{1,6}, Dr. Ricardo García Morales², Dr. Juan Manuel Pacheco Vega³, Dr. Juan Pablo Rivera Caicedo⁴, Dr. Julio Pastor-Guzmán⁵, Dr. Luis M. Farfán Molina⁶
Dr. Oscar Reséndiz Pacheco⁷

¹CICESE-UAT, ²CIBNOR Unidad Nayarit, ³ENIP-UAN, ⁴SECIHTI-UAN, ⁵TecNM/Instituto Tecnológico de Bahía de Banderas, ⁶CICESE-UALP, ⁷UABCS.

ABRIL DE 2026, AÑO 2, No. 7

Introducción

Este boletín es el resultado del esfuerzo interinstitucional, que ha comprendido la necesidad de monitorear el ambiente terrestre y costero del Noroeste de México, primeramente del estado de Nayarit, incluyendo en un futuro a estados como Sinaloa, Sonora, Baja California Sur y Baja California. Las principales instituciones participantes son el CICESE-UAT, la Unidad Nayarit del CIBNOR, la ENIP-UAN, CENITT, el CICESE-UALP y el TecNM/Instituto Tecnológico de Bahía de Banderas, la UABCS Y CONANP.

Uno de los principales objetivos es incluir productos gráficos derivados de información satelital y elaborados por el CICESE-UAT en Tepic, Nayarit, Unidad Nayarit del CIBNOR, el CENITT y el TecNM/Instituto Tecnológico de Bahía de Banderas. Además de la información satelital, se colectan datos *in situ* por medio de una estación meteorológica Davis de la UNCIBNOR, instalada dentro de la ENIP-UAN en Matanchén, Nayarit, una ubicada en la ciudad de Tepic, en las instalaciones del CICESE-UAT y una instalada en la Isla Santa Isabel, Nayarit en las instalaciones de la CONANP. También se incluyen datos provenientes de sensores de temperatura instalados, uno en el muelle El Poso en San Blas y otro en la boya de la Bahía de Chacala.

En el presente boletín del estado de Nayarit se muestran las condiciones ambientales trimestrales de cuatro sitios de la región costera del estado de Nayarit, de norte a sur están ubicados frente a Palmar de Cuautla, Matanchén, Guayabitos y Punta de Mita. Las variables consideradas son: temperatura superficial del mar (TSM), salinidad superficial (SAL), clorofila superficial (CLO) y anomalías del nivel del mar (ANM), todas ellas derivadas de información satelital.

A partir de la información derivada de datos satelitales, se generan mapas de distribución trimestral, en este caso de otoño, que representan las condiciones ambientales frente a las costas de Nayarit. Adicionalmente, se construyen series de tiempo para las variables anteriormente

mencionadas. A partir de estas series se construyen climatologías mensuales para comparar con los datos mensuales del trimestre de otoño.

Otro objetivo es monitorear condiciones ambientales en el estado de Nayarit, principalmente lo concerniente a incendios por municipio. Para esto se utilizaron datos proporcionados por la NOAA a partir de los satélites MODIS-Terra y MODIS-Aqua. Estos datos satelitales nos brindan información para monitorear anomalías térmicas que son asociadas a incendios, con lo cual se hace un resumen mensual del número de eventos y el área afectada por los mismos para cada municipio del estado.

Así mismo también se monitorean las condiciones de los manglares de la Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales —formaciones vegetales tolerantes a la salinidad ubicadas en el ecotono marino-terrestre— constituyen un componente esencial del territorio por los servicios que proporcionan, sus funciones ecológicas y su aporte económico. Particularmente relevante resulta su excepcional potencial de fijación y almacenamiento de carbono, que excede el de ecosistemas tropicales comparables. Ante esto, se propone establecer un esquema de vigilancia basado en sensores remotos para evaluar la condición de los manglares y sus asociaciones vegetales. La operación de tal esquema es útil para orientar adecuadamente la toma de decisiones respecto a la administración y protección de estos sistemas.

Finalmente, con los datos *in situ*, se construyen gráficas diarias con la información recolectada por las estaciones meteorológicas y los sensores de temperatura, lo que nos da información importante de lo que sucede en dichos sitios.

Asimismo se presenta información de la temporada de ciclones tropicales.

Índice

| | |
|---|----------|
| 1. Área de estudio | 4 |
| 2. Método | 4 |
| 2.1. Datos satelitales | 5 |
| 2.1.1. Mapas de distribución | 6 |
| 2.1.2. Series de tiempo | 6 |
| 2.1.3. Cobertura de mangles | 7 |
| 2.2. Datos <i>in situ</i> | 7 |
| 2.2.1. Estaciones meteorológicas | 7 |
| 2.2.2. Termistores | 8 |
| 3. Resultados | 8 |
| 3.1. Datos de satélite | 8 |
| 3.1.1. Mapas regionales | 8 |
| 3.1.1.1. Anomalía del Nivel de Mar (ANM). | 8 |
| 3.1.1.2. Clorofila superficial (CLO). | 8 |
| 3.1.1.3. Salinidad superficial (SAL). | 8 |
| 3.1.1.4. Temperatura Superficial del Mar (TSM). | 9 |
| 3.1.2. Series de tiempo | 12 |
| 3.1.2.1. Palmar de Cuautla. | 12 |
| 3.1.2.2. Matanchén. | 14 |
| 3.1.2.3. Rincón de Guayabitos. | 15 |
| 3.1.2.4. Punta de Mita | 17 |
| 3.1.3. Cobertura de mangles | 18 |
| 3.1.4. Incendios Forestales | 21 |
| 3.2. Datos <i>in situ</i> | 21 |
| 3.2.1. Estaciones meteorológicas | 21 |
| 3.2.1.1. Tepic. | 21 |
| 3.2.1.2. Matanchén. | 22 |
| 3.2.2. Termistores (TSM) | 24 |
| 3.2.2.1. Boya de Chacala, Compostela. | 24 |
| 3.2.2.2. Estero El Poso, San Blas. | 24 |
| 3.3. Agradecimientos | 26 |

1. Área de estudio

Mapa batimétrico de la región costera del estado de Nayarit, delimitado por la línea de color azul (Figura 1). Los círculos negros en la Figura 1 indican los sitios de interés: Palmar de Cuautla, Matanchén, Rincón de Guayabitos y Punta de Mita, en donde se hicieron análisis de series de tiempo para las variables ANM, CLO, TSM y SAL.

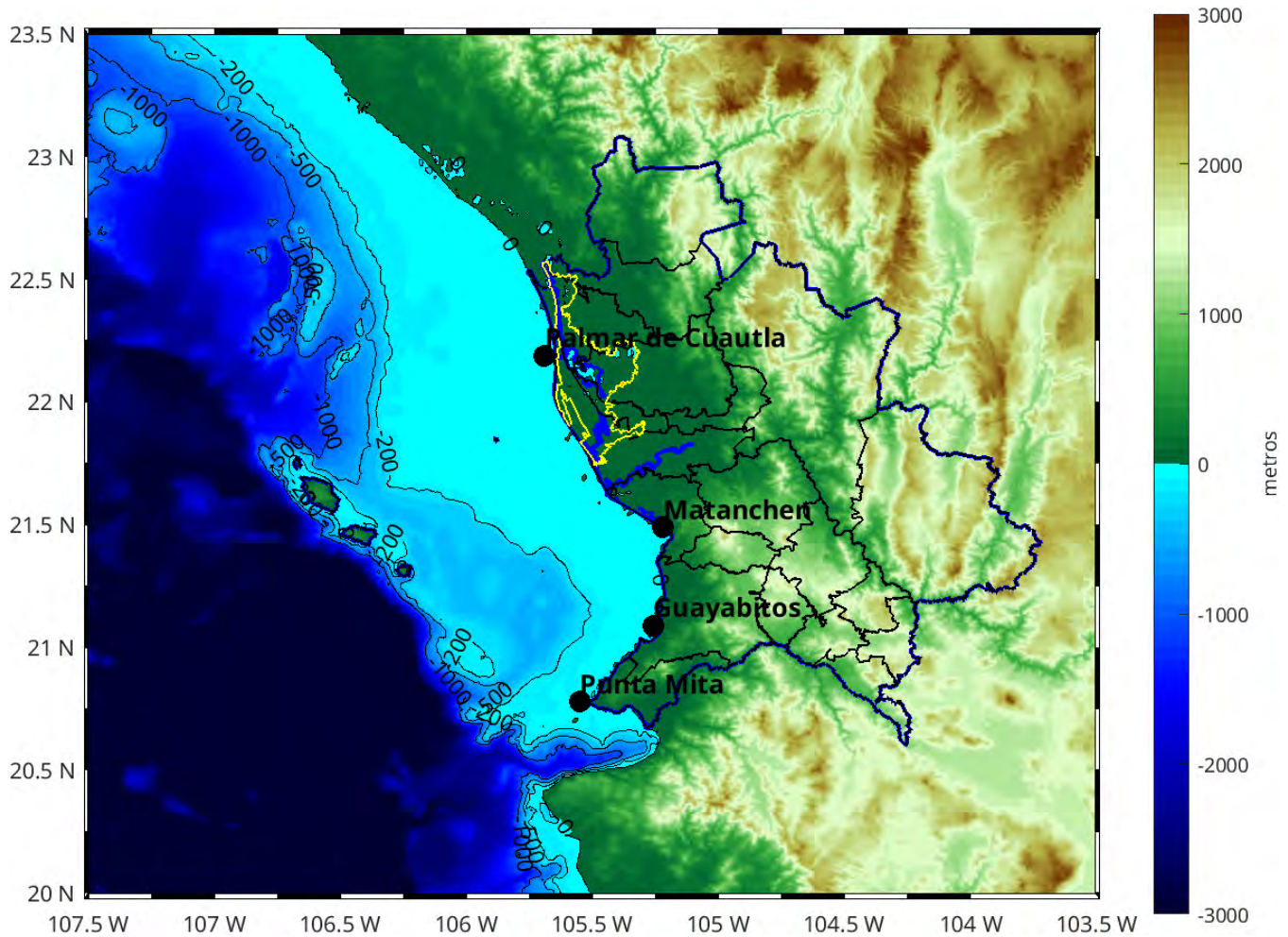


Figura 1: Batimetría de la zona de interés, en azul la zona oceánica, en verde y café la zona terrestre. La línea de contorno azul delimita el estado de Nayarit, los contornos negros dentro de ella delimitan los 20 municipios del estado. Los círculos negros marcan los sitios seleccionados para el análisis de las variables a lo largo del tiempo. El contorno en amarillo delimita el área natural protegida Marismas Nacionales

2. Método

La información se divide en dos partes, los datos provenientes de fuentes satelitales y datos colectados *in situ*, los cuales se describen a continuación:

2.1. Datos satelitales

Se descargaron los archivos diarios de enero a diciembre de 2025 para cada una de las siguientes variables, anomalía del nivel del mar (ANM), clorofila superficial (CLO), salinidad superficial (SAL) y temperatura superficial del mar (TSM). La información para cada una de estas variables está contenida en archivos con formato netcdf, que internamente contienen la descripción o metada con los que se generó dicha información. Los datos son de un nivel de procesado denominado nivel 4 (L4), lo que indica que son globales, que están proyectados geográficamente en una malla regular de -180 a 180° de longitud y de -90 a 90° de latitud y que la información no presenta huecos. En vista de que los archivos son globales, fue necesario hacer una extracción de la información correspondiente al cuadrante comprendido entre las longitudes -107.5 a -103.5°O y latitudes 20 a 23.5°N (Figura 1).

Anomalía del Nivel de Mar (ANM). La ANM es un producto de la altimetría y es estimada por medio una interpolación de diversas misiones espaciales. La referencia es el promedio climatológico de 1993 a 2012 (<https://doi.org/10.48670/moi-00149>). Es un producto global, libre de huecos y cuenta con una resolución temporal diaria y espacial de $\sim 25 \times 25$ km, accesado el 2026-01-21.

Clorofila superficial (CLO). La CLO es la clorofila_a satelital. Es un producto del denominado color del océano (comprende la longitud de onda del espectro visible, en términos generales entre los 400 y $700 \mu\text{m}$) y corresponde a la primera profundidad óptica, que es la profundidad en donde la luz disminuye el 90% (Cervantes Duarte et al., 2004). Esta profundidad varía con la materia suspendida en el agua y generalmente no es mayor a 6 m de profundidad. La CLO es proporcionada por el Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS) de la agencia espacial europea (ESA, por sus siglas en inglés). Es un producto global libre de nubes, con una resolución temporal diaria y espacial de 4×4 km (Garnesson et al., 2019) (https://data.marine.copernicus.eu/product/OCEANCOLOUR_GLO_BGC_L4_MY_009_104/services). La CLO incluye un producto que recopila la concentración de los principales grupos funcionales fitoplanctónicos en el agua de mar desde el espacio (IOCCG, 2014), (https://data.marine.copernicus.eu/product/OCEANCOLOUR_GLO_BGC_L3_MY_009_103/download?dataset=cmems_obs-oc_glo_bgc-plankton_my_l3-multi-, accesado el 2026-01-21).

Salinidad superficial (SAL). La SAL es la salinidad promedio en los 10 primeros metros de profundidad y es estimada por medio de una interpolación óptima multivariada y multidimensional que combina datos de densidad superficial de múltiples satélites de la NASA y de la ESA junto con mediciones de densidad *in situ*. Es un producto proporcionado por CMEMS. Su resolución espacial es de $\sim 13 \times 13$ km https://data.marine.copernicus.eu/product/MULTIOBS_GLO_PHY_S_SURFACE_MYNRT_015_013/description, accesado el 2026-01-21. En vista de que la SAL es estimada de forma indirecta, no se proporcionan unidades.

Temperatura Superficial del Mar (TSM). El término TSM se refiere a la capa o piel del océano y representa la temperatura de la capa subsuperficial a una profundidad entre 10 – $20 \mu\text{m}$. La TSM es un producto proporcionado por el laboratorio de oceanografía de propulsión a chorro de la agencia espacial de los Estados Unidos (JPL y NASA, respectivamente, por sus siglas en inglés). Es un producto global que no presenta huecos por nubosidad con una resolución temporal diaria

y espacial de 1x1 km (Chin et al., 2017) (<https://doi.org/10.5067/GHGMR-4FJ04>), accesado el 2026-01-21.

2.1.1. Mapas de distribución

La información diaria extraída de los archivos para las variables ANM, CLO, SAL y TSM fue organizada en objetos de tres dimensiones, es decir, en forma de cubo (x, y, z), donde el eje x corresponde a la longitud, el eje y a la latitud y el eje z a los días del trimestre. A partir de estos objetos se realizaron los cálculos para determinar los valores máximos, los promedios, la desviación estándar y las anomalías para cada variable. Con esta información se generaron los mapas correspondientes.

Para la estimación de las anomalías fue necesario calcular el promedio histórico o climatología del trimestre o estación del año, para lo cual se descargaron todos los datos históricos disponibles (ver abajo). Una vez estimada la climatología estacional se determinó el promedio estacional de otoño (octubre-diciembre) para 2025). A partir de estos dos promedios, se utilizó el cálculo propuesto por Kushnir (1994) y Ramos-Rodríguez et al. (2012), el cual consiste en restar el promedio de primavera de 2025 a la climatología general de primavera:

$$\text{Anomalía} = \text{promedio_trimestral} - \text{climatología} \quad (1)$$

Las climatologías fueron estimadas promediando todos los datos históricos disponibles, para la **CLO** de enero de 1998 a diciembre de 2025; la **SAL** de enero de 1993 a diciembre de 2025; la **TSM** corresponde al período de enero de 2003 a diciembre de 2025; para el caso específico de la **ANM**, esta variable ya es proporcionada como una anomalía por CMEMS, la base para este cálculo cubre el período de 1993 a 2012.

La paleta de color utilizada en los mapas de SAL proviene del cmocean (Thyng et al., 2016), las de ANM, TSM y CLO, son elaboradas por el Dr. Eduardo González-Rodríguez, excepto los mapas de anomalías que también son del cmocean.

2.1.2. Series de tiempo

Para el análisis de series de tiempo se seleccionaron los cuatro sitios muy cercanos a la costa mostrados en la [Figura 1](#), de norte a sur son: Palmar de Cuautla (-105.70 °O y 22.18 °N), Matanchén (-105.30 °O y 21.49 °N), Rincón de Guayabitos (-105.31 °O y 21.10 °N) y Punta de Mita (-105.57 °O y 20.80 °N). Las variables para el análisis incluyen los datos satelitales de ANM, CLO, SAL y TSM.

Se construyeron climatologías mensuales de la misma forma que para las trimestrales, pero con escala mensual. A partir de estas climatologías se estimaron las anomalías mensuales de octubre a diciembre de 2025. Las series de las variables corresponden a las anomalías a lo largo del tiempo y se construyeron con los píxeles más cercanos a cada sitio.

2.1.3. Cobertura de mangles

Datos satelitales. Entre 2001 y 2025, el vigor de los manglares se examinó utilizando el índice NDVI del producto MOD13Q1 V6.1, proveniente del sensor MODIS a bordo de la misión Terra de la NASA (Didan, 2021). Dicho producto ofrece compuestos quincenales de índices vegetativos con resolución de 250 m, elaborados por un algoritmo que elige el mejor píxel eliminando observaciones interferidas por agua, nubes, sombras o aerosoles. Estas cualidades lo hacen idóneo para evaluaciones multi-temporales de los manglares en la Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales.

Análisis. A partir de los promedios de los píxeles identificados como manglar en cada imagen, se construyó una serie temporal de NDVI para el periodo 2001–2025. Con dicha serie se obtuvieron promedios mensuales y trimestrales (climatología) del índice. La distribución de los valores se examinó mediante histogramas de densidad y la variabilidad espacial se representó en mapas. La anomalía correspondiente a octubre–diciembre de 2025 se estimó tomando como referencia el intervalo 2001–2024 mediante la siguiente expresión:

$$Anomalía_{oct-dic_{2025}} = (promedio_{oct-dic_{2025}} - climatología_{oct-dic-2001-2024}) / DesvEst_{oct-dic-2001-2024} \quad (2)$$

Donde:

$promedio_{oct-dic_{2025}}$: promedio de los compuestos NDVI para el trimestre octubre-diciembre 2025.

$climatología_{oct-dic-2001-2024}$: promedio de los compuestos NDVI para el período octubre-diciembre de 2001 a 2024.

$DesvEst_{oct-dic-2001-2024}$: desviación estándar de los compuestos NDVI para el período octubre-diciembre de 2001 a 2024.

El software estadístico R (R Core Team, 2023) fue empleado para llevar a cabo los análisis y la elaboración de gráficas y mapas.

2.2. Datos in situ

2.2.1. Estaciones meteorológicas

Los datos de una Estación Meteorológica Automática Davis Vantage Pro 2, instalada en la ENIP de la UAN en la localidad de Matanchén son utilizados para describir la temperatura del aire, humedad, presión atmosférica, radiación solar y la velocidad y dirección del viento. Los datos son colectados cada hora y son almacenados en una memoria interna en la consola de visualización en tiempo real mediante señal de radio y a partir de ellos se hicieron cálculos diarios de las variables mencionadas.

Otra estación similar está instalada en la ciudad de Tepic, en las instalaciones del CICESE-UAT (-104.8488 °O y 21.4845 °N), en la ciudad del conocimiento. De esta estación se usaron datos de

temperatura del aire y velocidad del viento. De igual forma que la anterior, se utilizaron los datos por hora para tener promedios diarios.

2.2.2. Termistores

Dos termistores marca HOBO fueron instalados, uno en el estero El Poso, en San Blas, y otro en la boya frente a la playa de Chacala, en Compostela. Los datos corresponden a la superficie del mar y son registrados cada hora. A partir de ellos se hicieron promedios diarios.

3. Resultados

3.1. Datos de satélite

3.1.1. Mapas regionales

3.1.1.1. Anomalía del Nivel de Mar (ANM). Los niveles de ANM para el trimestre de verano, de octubre a diciembre de 2025, se pueden observar en la [Figura 2](#). El panel **A** muestra el mapa con los niveles máximos durante otoño, con un intervalo entre 0.18 y 0.29 m; el panel **B** muestra el mapa con los valores mínimos, ubicados entre -0.037 y 0.11 m; el panel **C** muestra el mapa con las anomalías promedio, con un rango entre 0.077 y 0.20 m; el panel **D** muestra el mapa con la desviación estándar, con un rango entre 0.03 y 0.078 ([Figura 2 D](#)). En términos generales, las condiciones fueron muy homogéneas en toda la región.

3.1.1.2. Clorofila superficial (CLO). Las condiciones de CLO durante el trimestre de otoño de 2025, de octubre a diciembre, se muestran en la [Figura 3](#). El mapa del panel **A** muestra las concentraciones máximas registradas, cuyo valor se ubicó entre 0.19 y 65 mg m⁻³. El panel **B** muestra las concentraciones promedio, cuyo rango estuvo entre 0.15 y 17.5 mg m⁻³. El panel **C** muestra la desviación estándar su rango fue de 0.02 y 15.26 mg m⁻³. Esta imagen es útil en el sentido de mostrar las zonas donde hubo las mayores variaciones de CLO a lo largo del trimestre. El panel **D** muestra las anomalías con respecto al promedio histórico o climatológico con datos desde 1998, es decir, indican las variaciones de CLO en comparación con las condiciones *normales* a lo largo del tiempo. Los colores rojos indican condiciones anómalamente positivas (mayor concentración de lo normal), mientras que los colores azules indican condiciones anómalamente negativas (menores concentraciones), el rango se ubicó entre -2.15 y 9.43 mg m⁻³. En términos generales, las mayores concentraciones de CLO se ubican en toda la región costera y al norte de toda la región. Las anomalías positivas se localizan al norte de Bahía de Banderas, las negativas más intensas se ubicaron en esta bahía.

3.1.1.3. Salinidad superficial (SAL). Las condiciones de SAL durante el trimestre de primavera (octubre a diciembre) de 2025 se muestran en la [Figura 4](#). El mapa del panel **A** muestra las salinidades máximas registradas, su rango se ubicó entre 34.68 y 36.01. El panel **B** muestra el promedio de salinidad, cuyo rango estuvo entre 34.08 y 34.45. El panel **C** muestra la desviación estándar, con un intervalo entre 0.24 y 0.47. El panel **D** muestra las anomalías con respecto al promedio histórico o climatológico de datos, el rango se ubicó entre -0.19 y 0.03. En términos generales, las condiciones son relativamente constantes u homogéneas, dominadas por anomalías ligeramente negativas.

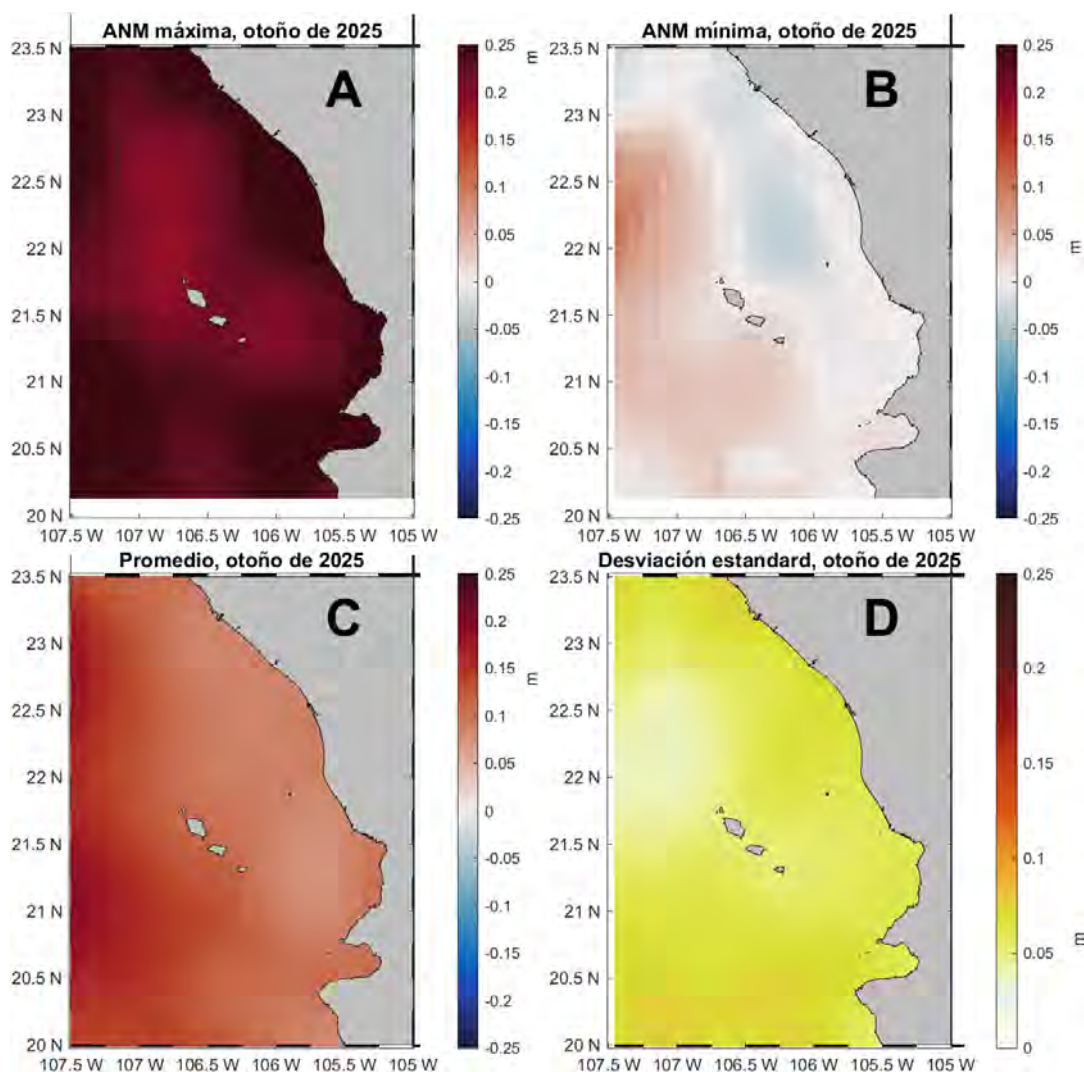


Figura 2: Condiciones de ANM durante primavera (octubre a diciembre) de 2025. Panel A, mapa con valores máximos; B mapa con valores mínimos; C mapa con valores promedio; D mapa con la desviación estándar.

3.1.1.4. Temperatura Superficial del Mar (TSM). Las condiciones de TSM durante el trimestre de primavera (octubre a diciembre) de 2025 se muestran en la [Figura 5](#). El mapa del panel A muestra las temperaturas máximas registradas, con un rango de 29.56 y 32.04 °C. El panel B muestra el promedio de temperatura, cuyo rango estuvo entre 27.81 y 29.27. El panel C muestra la desviación estándar, con un rango entre 0.79 y 2.69 °C. El panel D muestra las anomalías con respecto al promedio histórico o climatológico de datos desde 2003, el rango se ubicó entre -0.002 y 0.99 °C. En términos generales, las condiciones de temperatura fueron muy homogéneas en todo el trimestre, las anomalías fueron positivas en toda la región, entre 0.5 y 1 °C.

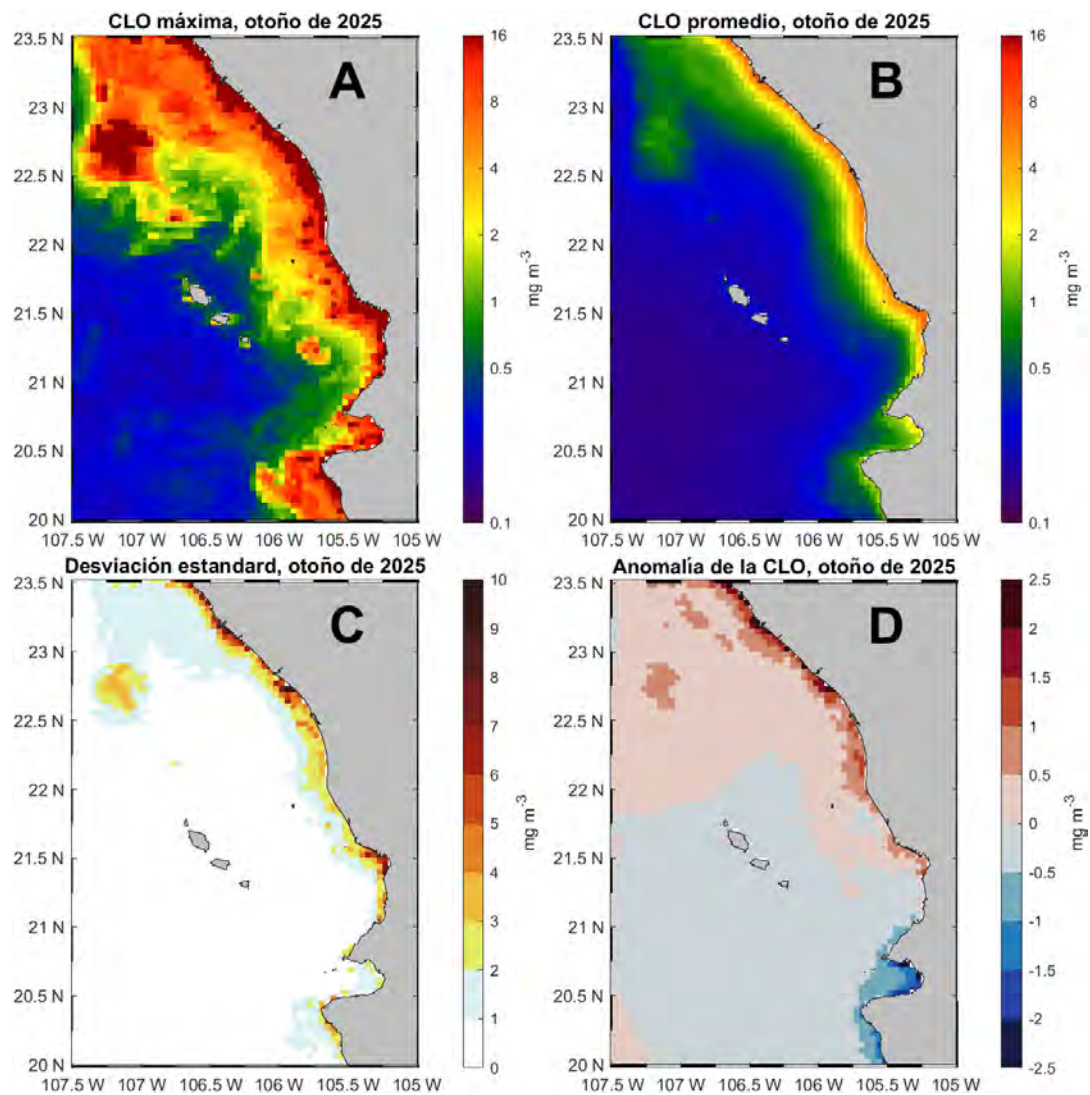


Figura 3: Concentraciones de CLO durante primavera (octubre a diciembre) de 2025. Panel A, concentración máximas; B concentración promedio; C desviación estándar y D anomalía.

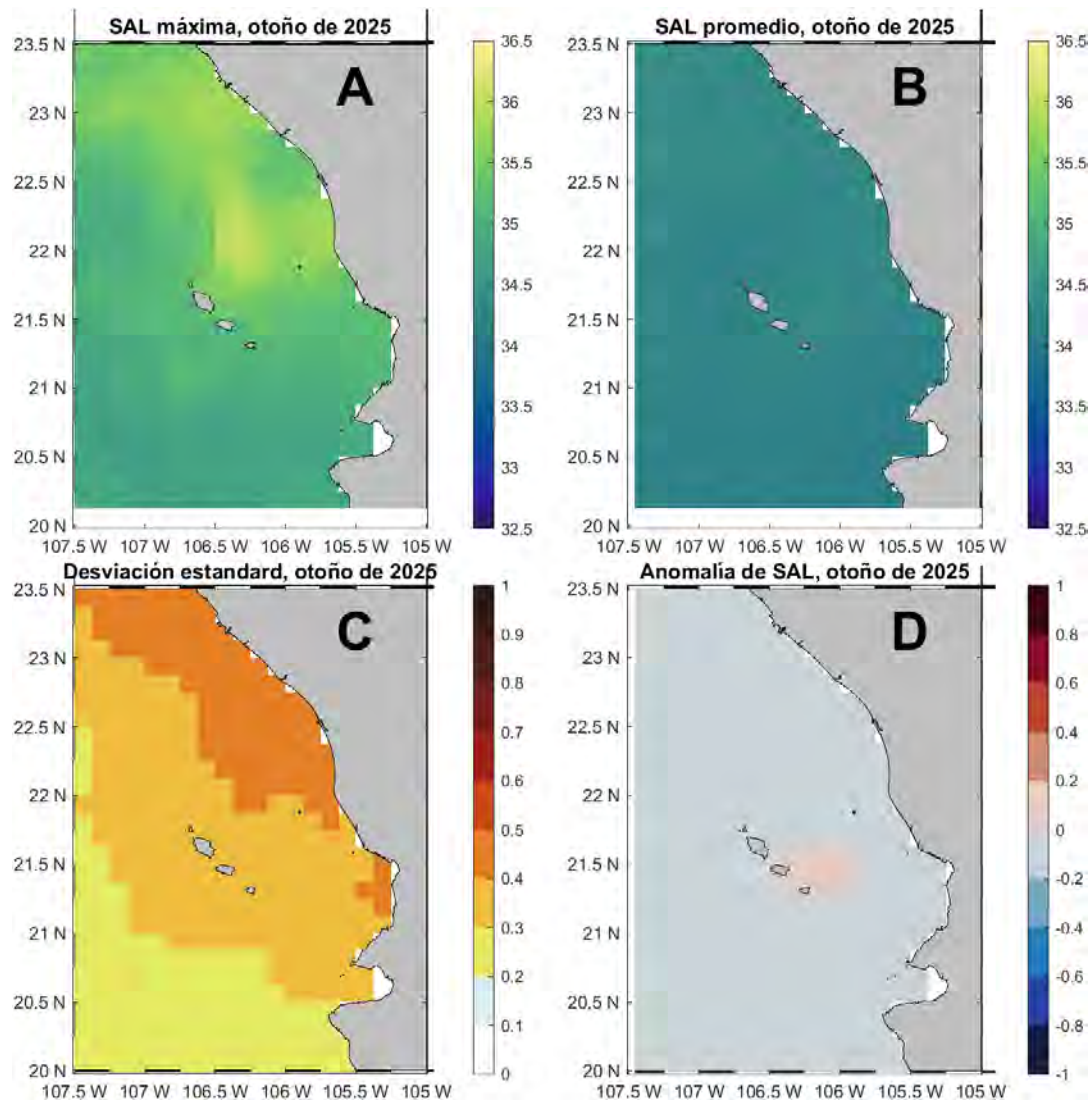


Figura 4: Concentraciones de SAL durante primavera (octubre a diciembre) de 2025. Panel A, salinidad máxima; B salinidad promedio; C desviación estándar y D anomalía.

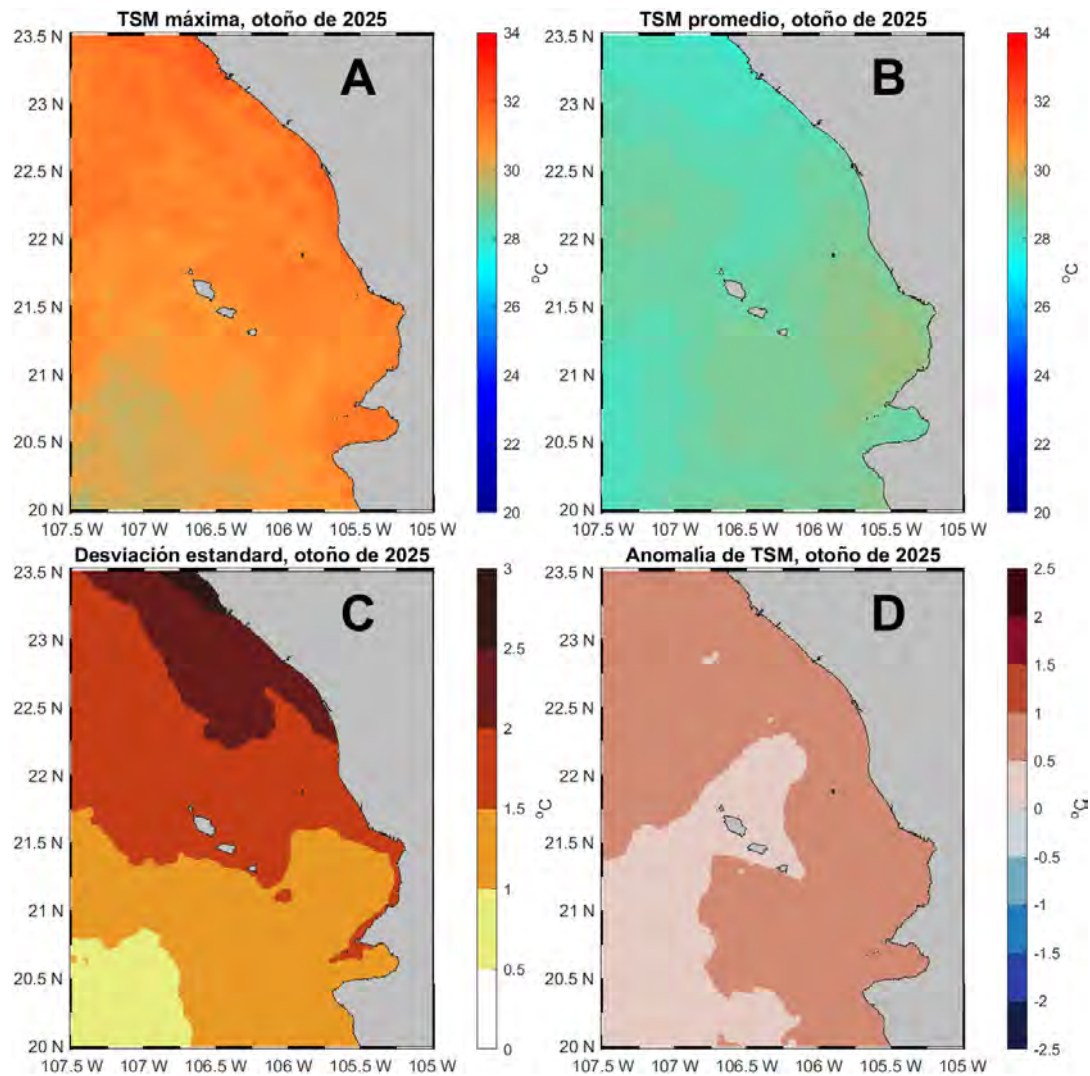


Figura 5: Condiciones de TSM durante primavera (octubre a diciembre) de 2025. Panel A, temperaturas máximas; B temperaturas promedio; C desviación estándar, D anomalía

3.1.2. Series de tiempo

Los círculos negros en la [Figura 1](#) indican los cuatro sitios de muestreo para la extracción de series de tiempo. Con la información de las series de tiempo extraídas, se construyeron climatologías mensuales (expresadas en forma de barras en las figuras siguientes) y anomalías, que se describen a continuación para cada sitio:

3.1.2.1. Palmar de Cuautla. Las condiciones climatológicas y anomalías de ANM, CLO, SAL y TSM a lo largo del tiempo (2002-2025, hasta diciembre) se muestran en la [Figura 6](#). Se estimaron los valores para cada mes a lo largo del periodo y sus correspondientes climatologías mensuales. Estos valores se representan con las barras azules en los paneles A, C, E y G. Los valores para los últimos 12 meses (enero a diciembre de 2025) están representados por las líneas negras superpuestas en las barras azules; los círculos verdes sobre estas líneas corresponden a esos 12 meses, sus valores correspondientes se muestran sobre los círculos.

Todos los valores mensuales disponibles desde julio de 2002 hasta diciembre de 2025, junto con el cálculo de las climatologías mencionadas arriba, fueron utilizados para construir las series de tiempo de anomalías, las series resultantes se muestran en los paneles B, D, F y H; los valores negativos, en azul, indican anomalías negativas, mientras que los positivos, en rojo, corresponden a las anomalías positivas.

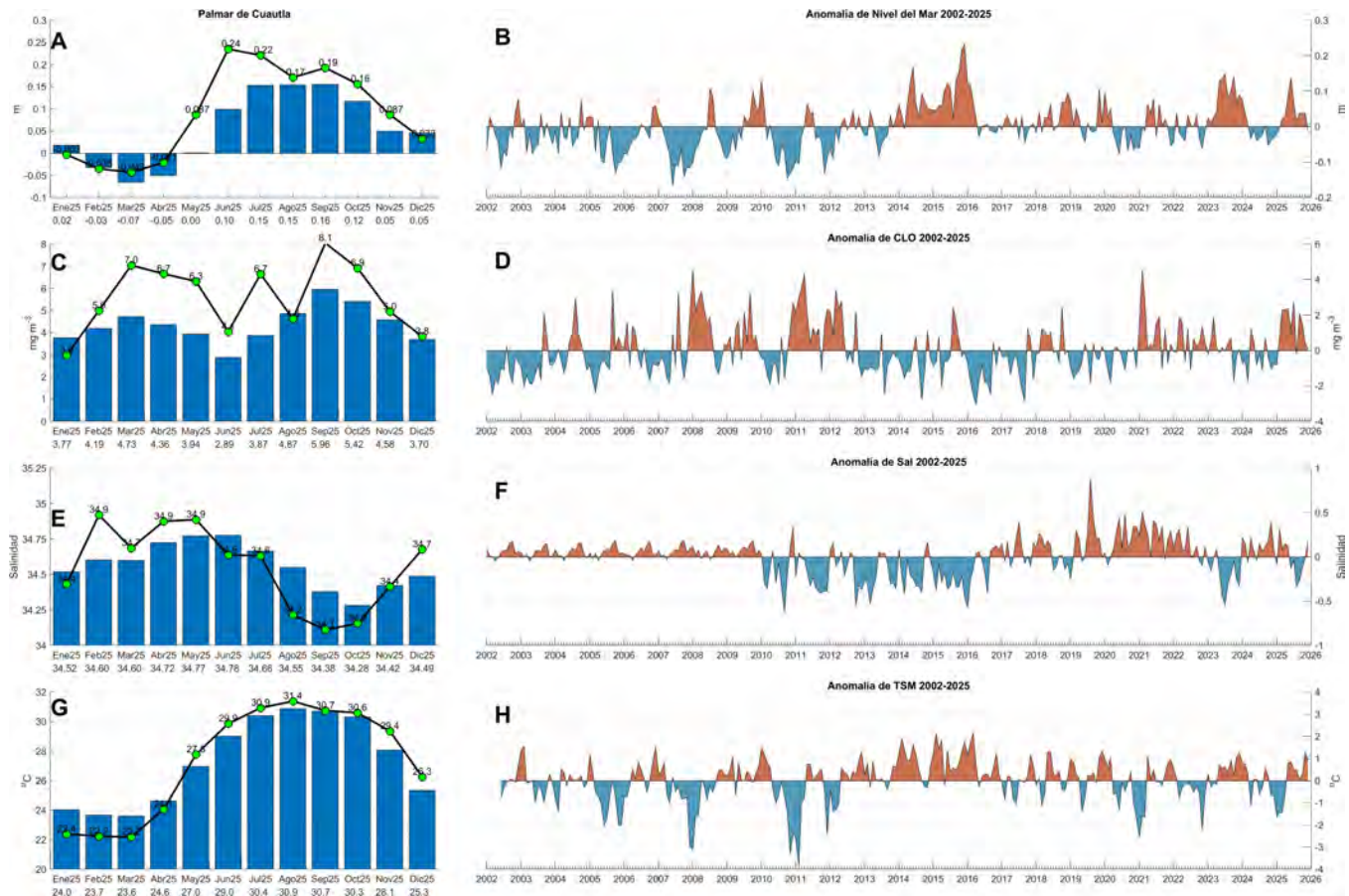


Figura 6: Climatologías mensuales y anomalías interanuales de ANM, CLO, SAL y TSM de enero a diciembre de 2025 para Palmar de Cuautla. Las barras azules en los paneles A, C, E y G son las climatologías mensuales de cada variable. Los números en la base de las barras indican los valores climatológicos de cada mes. Los círculos negros y el valor numérico indican el valor registrado para cada mes. Las series de tiempo de los paneles B, D, F y H representan las anomalías mensuales interanuales desde enero a diciembre de 2025.

Anomalías del Nivel del Mar (ANM). Los promedios mensuales de las ANM para octubre, noviembre y diciembre registraron valores de 0.15, 0.08 y 0.03 m (Figura 6A); los dos primeros, por encima de su valor climatológico de 0.12 y 0.05 m, mientras que diciembre tuvo un valor por debajo de su valor climatológico de 0.05. Desde mayo a noviembre todos los valores presentaron anomalías positivas. La serie histórica de anomalías muestra este mismo comportamiento en la parte final de 2025 (Figura 6B).

Clorofila superficial (CLO). Los valores mensuales de octubre a diciembre de 2025 registraron valores de 6.91, 4.95 y 3.83 mg m⁻³ (Figura 6C); los tres por encima de sus valores climatológicos de 5.42, 4.58 y 3.7 mg m⁻³. Durante los últimos 12 meses, las anomalías tuvieron 10

valores positivos (enero y agosto). La serie histórica no muestra ningún patrón claro. (Figura 6D).

Salinidad superficial (SAL). La SAL durante octubre y diciembre de 2025 registró valores de 34.2, 34.4 y 34.7, los dos primeros por debajo de sus valores climatológicos de 34.28 y 34.42, el tercero, de diciembre, tuvo un valor mayor al climatológico de 34.49 (Figura 6E). Este último valor rompe una tendencia de dominio de anomalías negativas en los últimos 6 meses (Figura 6F).

Temperatura superficial del Mar (TSM). La TSM durante octubre y diciembre de 2025 registró valores mensuales de 30.6, 29.4 y 26.3 °C, los tres por encima de sus valores climatológicos de 30.3, 28.1 y 25.3 °C (Figura 6G). Los últimos 12 meses estuvieron dominados por anomalías negativas de enero a abril, mientras que de mayo a diciembre dominaron las anomalías positivas (Figura 6H).

3.1.2.2. Matanchén. Las condiciones climatológicas y anomalías de ANM, CLO, SAL y TSM a lo largo del tiempo (2002-2025, hasta diciembre) se muestran en la Figura 7. Se estimaron los valores para cada mes a lo largo del periodo y sus correspondientes climatologías mensuales. Estos valores se representan con las barras azules en los paneles A, C, E y G. Los valores para los últimos 12 meses (enero a diciembre de 2005) están representados por las líneas negras superpuestas en las barras azules; los círculos verdes sobre estas líneas corresponden a los últimos 12 meses, sus valores correspondientes se muestran sobre los círculos.

Anomalías del Nivel del Mar (ANM). Los promedios mensuales de las ANM de enero a diciembre de 2025, fueron de 0.14, 0.1 y 0.029 m (Figura 7A), los dos primeros por debajo de sus valores climatológicos de 0.11 y 0.05 m, mientras que el tercero, diciembre, presentó un valor por debajo de su valor climatológico de 0.05 m. Los últimos 12 meses muestran una alternancia entre anomalías negativas (enero y febrero) y positivas (mayo a noviembre) (Figura 7B).

Clorofila superficial (CLO). Los promedios mensuales de la CLO de enero a diciembre de 2025 registraron valores de 6.6, 6.1 y 4.6 mg m⁻³ (Figura 7C), los dos primeros con valores superiores a sus correspondientes valores climatológicos de 4.9 y 5.7 mg m⁻³; mientras que el valor de diciembre estuvo por debajo del valor climatológico de 6.34 mg m⁻³. Los últimos 12 meses estuvieron dominados por anomalías negativas, solo agosto y diciembre presentaron anomalías negativas (Figura 7D).

Salinidad superficial (SAL). La SAL durante octubre a diciembre de 2025 registró valores de 33.9, 34.3 y 34.5, los dos primeros por debajo de los valores climatológicos de 34.2 y 34.32, respectivamente (Figura 7E), mientras que diciembre estuvo por encima de su valor climatológico de 6.34. Los últimos 12 meses estuvieron dominados al inicio (febrero a mayo) por anomalías positivas, mientras que de junio a noviembre las anomalías positivas dominaron esos meses (Figura 7F).

Temperatura superficial del Mar (TSM). La TSM mensual de octubre a diciembre de 2025 registró valores de 30.6, 29.7 y 27.1 °C; todos ellos por encima de sus valores climatológicos de 30.4, 28.5 y 25.8 °C, respectivamente (Figura 7G). Durante los últimos 12 meses, las anomalías negativas dominaron de enero a abril, de mayo a diciembre las anomalías positivas dominaron la serie (Figura 7H).

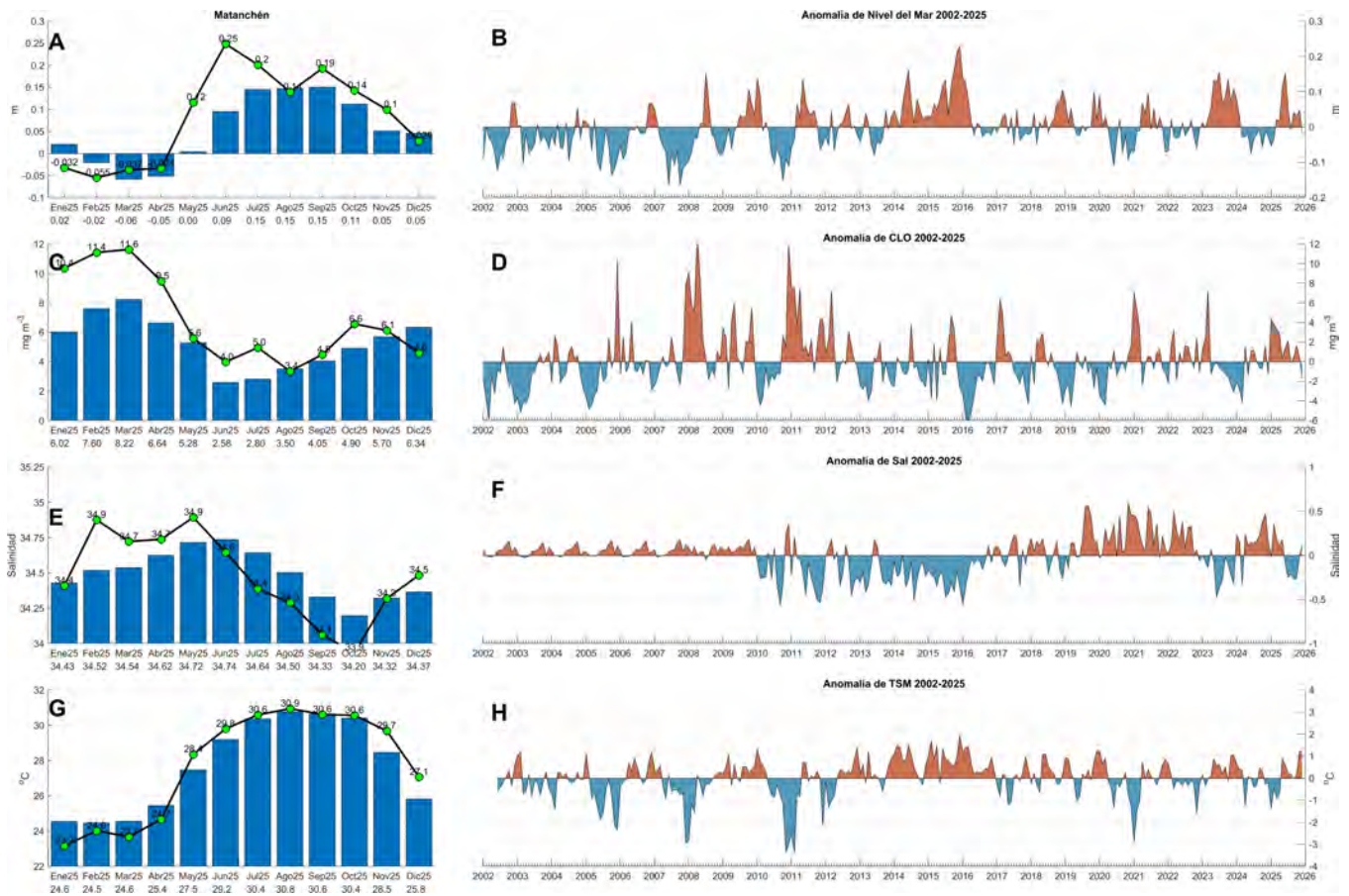


Figura 7: Climatologías mensuales y anomalías interanuales de ANM, CLO, SAL y TSM de abril de enero a diciembre de 2025 para Matanchén. Las barras azules en los paneles A, C, E y G son las climatologías mensuales de cada variable. Los números en la base de las barras indican los valores climatológicos de cada mes. Los círculos negros y el valor numérico indican el valor registrado para cada mes. Las series de tiempo de los paneles B, D, F y H representan las anomalías mensuales interanuales desde enero a diciembre de 2025.

3.1.2.3. Rincón de Guayabitos. Las condiciones climatológicas y anomalías de ANM, CLO, SAL y TSM a lo largo del tiempo (2002-2025, hasta diciembre) se muestran en la **Figura 8**. Se estimaron los valores para cada mes a lo largo del periodo y sus correspondientes climatologías mensuales. Estos valores se representan con las barras azules en los paneles A, C, E y G. Los valores para los últimos 12 meses (enero a diciembre de 2005) están representados por las líneas negras superpuestas en las barras azules; los círculos verdes sobre estas líneas corresponden a los últimos 12 meses.

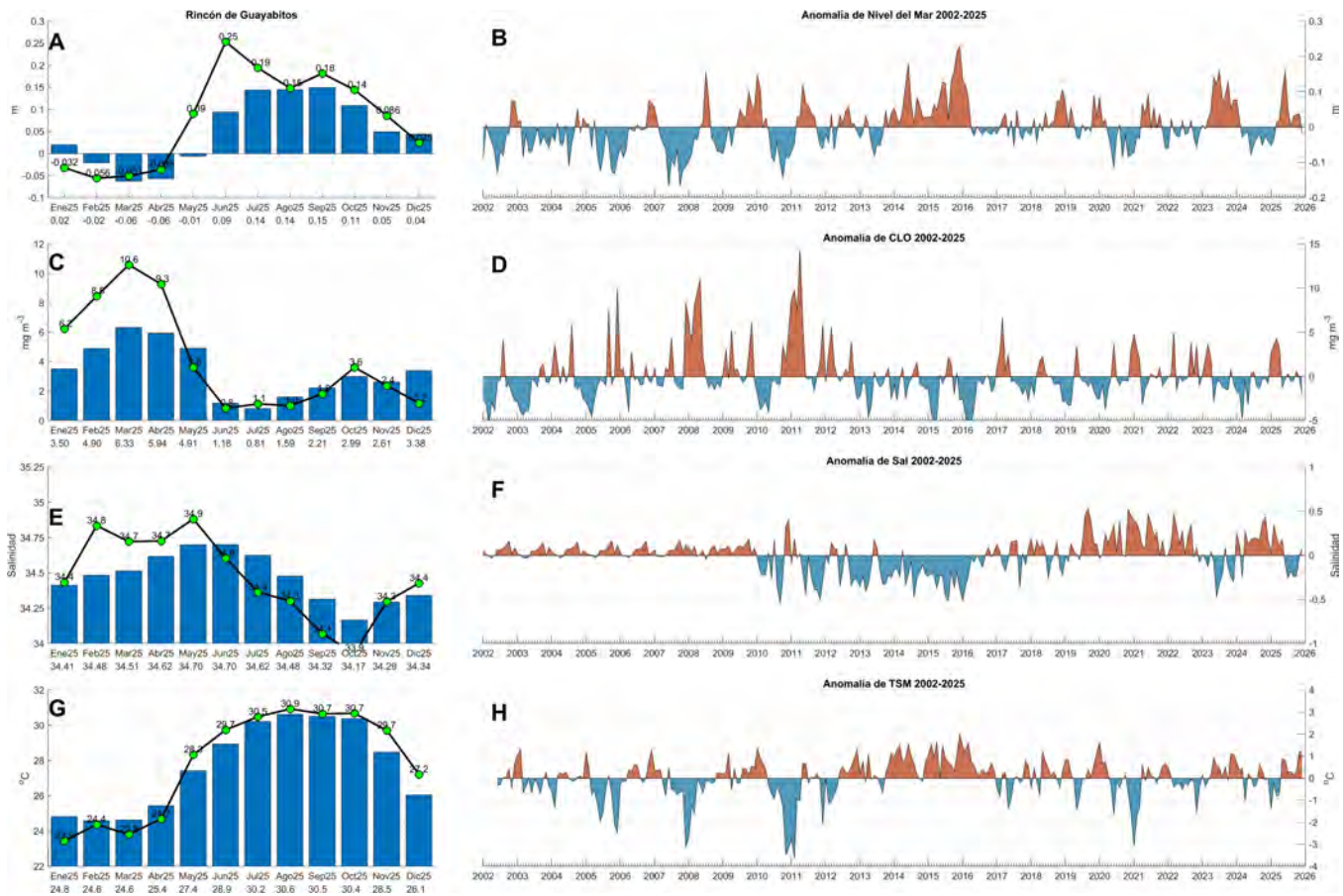


Figura 8: Climatologías mensuales y anomalías interanuales de ANM, CLO, SAL y TSM de abril de enero a diciembre de 2025 para Rincón de Guayabitos. Las barras azules en los paneles A, C, E y G son las climatologías mensuales de cada variable. Los números en la base de las barras indican los valores climatológicos de cada mes. Los círculos negros y el valor numérico indican el valor registrado para cada mes. Las series de tiempo de los paneles B, D, F y H representan las anomalías mensuales interanuales desde enero a diciembre de 2025.

Anomalías del Nivel del Mar (ANM). Los promedios mensuales de las ANM de octubre a diciembre registraron valores de 0.14, 0.086 y 0.025 m; los dos primeros con valores superiores a sus climatologías de 0.11 y 0.05, respectivamente, mientras que diciembre estuvo por debajo de su climatología de 0.04 m (Figura 8A). Los últimos 12 meses estuvieron dominados por anomalías positivas, solo marzo, abril y diciembre presentaron anomalías negativas (Figura 8B).

Clorofila superficial (CLO). Los promedios mensuales de la CLO de octubre a diciembre registraron valores de 3.6, 2.4 y 1.2 mg m^{-3} ; los dos primeros por encima de sus valores climatológicos de 2.99 y 2.61 mg m^{-3} ; mientras que diciembre presentó un valor por debajo de su climatología de 3.38 mg m^{-3} (Figura 8C). Los últimos 12 meses no presentaron un patrón, los primeros 4 meses presentaron anomalías positivas, después, el resto de los meses presenta una alternancia entre anomalías positivas y negativas (Figura 8D).

Salinidad superficial (SAL). La SAL de octubre a diciembre de 2025 registró valores mensuales de 33.9, 34.3 y 34.4 respectivamente, el primero (octubre) por debajo de su valor climatológico de 34.17, los otros 2 meses presentaron valores por encima de sus climatologías de 34.29

y34.34, respectivamente (Figura 8E). El comportamiento de los 12 meses anteriores muestra que de enero a mayo se presentaron anomalías positivas, de junio a noviembre, negativas, diciembre volvió a ser positivo (Figura 8F).

Temperatura superficial del Mar (TSM). La TSM mensual de octubre a diciembre de 2025 registró valores mensuales de 30.7, 29.7 y 27.2 °C, todos ellos por encima de sus climatologías de 30.4, 28.5 y 26.1 °C, respectivamente (Figura 8G). Los últimos 12 meses, de enero a abril mostraron anomalías negativas, mientras que de mayo a diciembre fueron positivas (Figura 8H).

3.1.2.4. Punta de Mita Las condiciones climatológicas y anomalías de ANM, CLO, SAL y TSM a lo largo del tiempo (2002-2025, hasta diciembre) se muestran en la Figura 8. Se estimaron los valores para cada mes a lo largo del periodo y sus correspondientes climatologías mensuales. Estos valores se representan con las barras azules en los paneles A, C, E y G. Los valores para los últimos 12 meses (enero a diciembre de 2005) están representados por las líneas negras superpuestas en las barras azules; los círculos verdes sobre estas líneas corresponden a los últimos 12 meses

Anomalías del Nivel del Mar (ANM). Los promedios mensuales de las ANM de octubre a diciembre registraron valores de 0.17, 0.093 y 0.095 m; los dos primeros con valores superiores a sus climatologías de 0.11 y 0.06, respectivamente, mientras que diciembre estuvo por debajo de su climatología de 0.05 m (Figura 9A). Los últimos 12 meses indican un claro dominio de anomalías positivas, desde marzo hasta noviembre. (Figura 9B).

Clorofila superficial (CLO). Los promedios mensuales de la CLO de octubre a diciembre registraron valores de 0.7, 0.6 y 1.1 mg m⁻³; todos ellos por debajo de sus valores climatológicos de 0.87, 1.09 y 2.26 mg m⁻³ (Figura 9C). Los últimos 12 meses, al inicio de año de enero a mayo, se presentaron anomalías positivas, siendo la de marzo la más intensa, mientras que de mayo a diciembre dominaron las anomalías negativas (Figura 9D).

Salinidad superficial (SAL). La SAL de octubre a diciembre de 2025 registró valores mensuales de 34, 34.3 y 34.3, respectivamente, todos ellos por debajo de su valor climatológico de 34.19, 34.26 y 34.32, respectivamente (Figura 9E). Los últimos 12 meses indican que de enero a mayo dominaron las anomalías positivas, de junio a octubre fueron negativas, finalmente noviembre y diciembre fueron positivas nuevamente (Figura 9F).

Temperatura superficial del Mar (TSM). La TSM mensual de octubre a diciembre de 2025 registró valores mensuales de 30.4, 29.5 y 27.1 °C, todos ellos por encima de sus climatologías de 30.0, 28.4 y 26.1 °C, respectivamente (Figura 9G). Durante los últimos 12 meses se registraron anomalías positivas la mayor parte de los meses, las anomalías negativas se presentaron en enero, marzo y abril (Figura 9H).

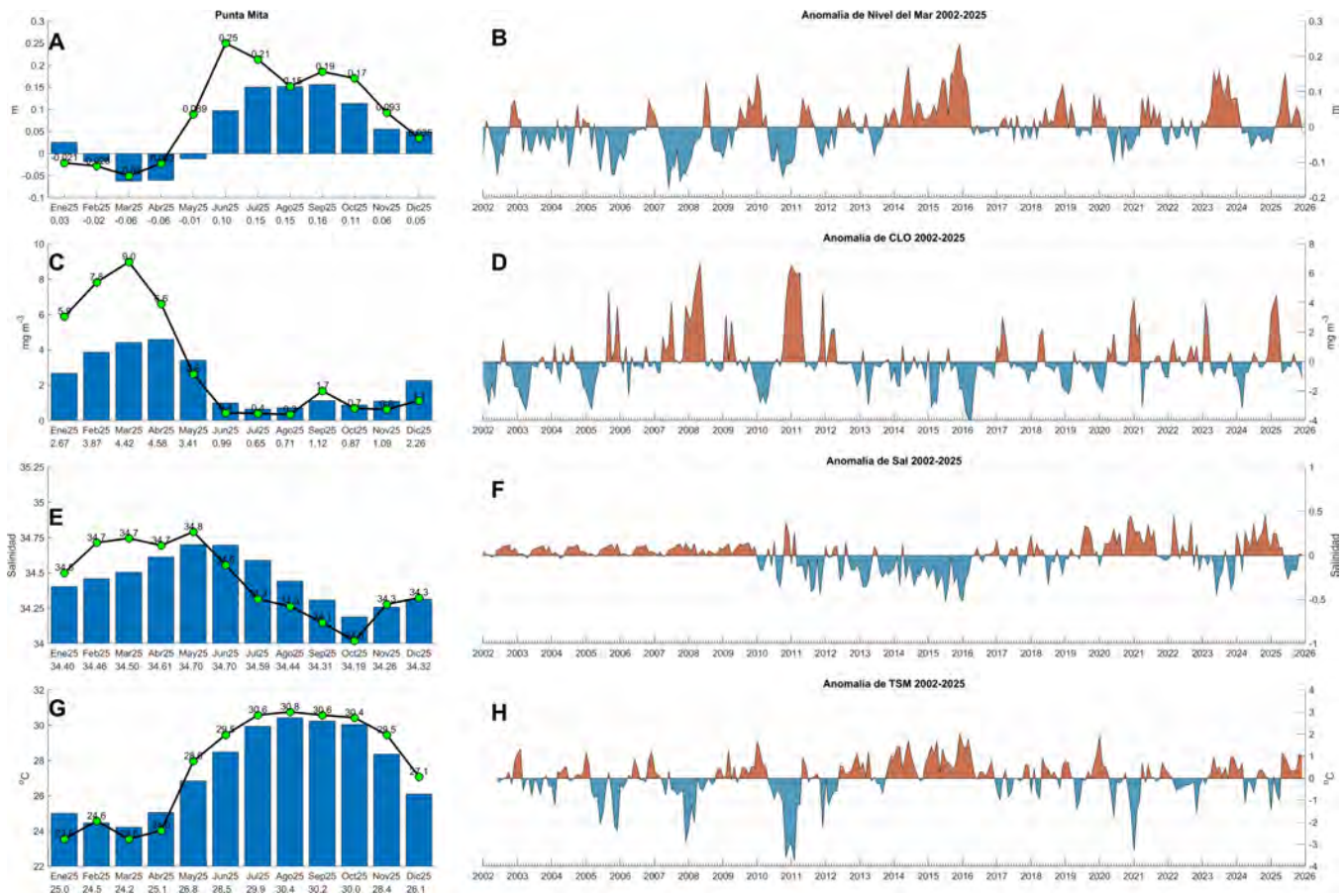


Figura 9: Climatologías mensuales y anomalías interanuales de ANM, CLO, SAL y TSM de abril de enero a diciembre de 2025 para Punta Mita. Las barras azules en los paneles A, C, E y G son las climatologías mensuales de cada variable. Los números en la base de las barras indican los valores climatológicos de cada mes. Los círculos negros y el valor numérico indican el valor registrado para cada mes. Las series de tiempo de los paneles B, D, F y H representan las anomalías mensuales interanuales desde enero a diciembre de 2025.

3.1.3. Cobertura de mangles

Perfil temporal. El análisis temporal del NDVI revela tres componentes dominantes (Figura 10A). En primer lugar, el ciclo estacional anual, con máximos entre octubre y noviembre y mínimos alrededor de mayo. En segundo término, las tendencias interanuales: entre 2000 y 2008 el NDVI mostró una relación negativa con el tiempo ($r=0.42$); de 2008 a 2019 se observó una fase de aumento ($r=0.59$); y de 2019 al trimestre que reporta este boletín, el manglar de Marismas presentó una tendencia negativa ($r=0.60$). Por su parte, es notorio un descenso del NDVI en octubre de 2022 que coincide con el paso del huracán Roselyn ocurrido el día 22 de ese mes. La Figura 10B detalla el perfil temporal del NDVI en los dos años más recientes, con un acercamiento al trimestre octubre–diciembre 2025, donde se muestran los valores máximos del índice de vegetación.

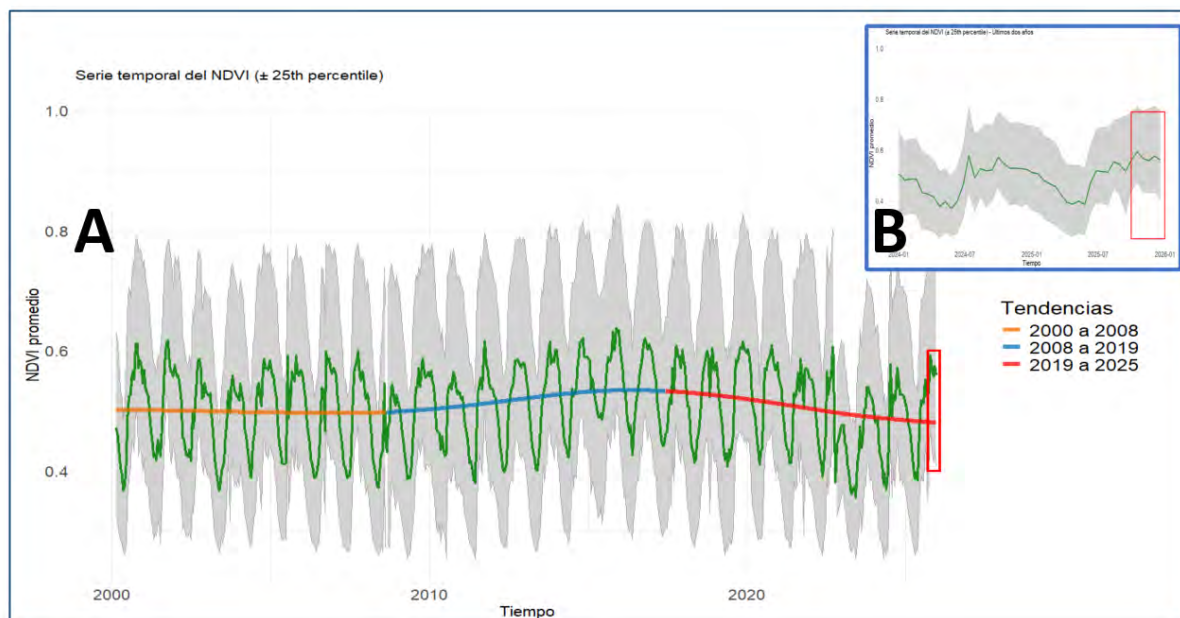


Figura 10: Panel A: Perfil temporal del NDVI promedio de los píxeles de manglar de Marismas Nacionales. Las curvas de tendencia corresponden a un suavizado de splines. El área sombreada representa el rango inter cuartil. Panel B: Acercamiento a la serie temporal para el trimestre octubre–diciembre 2025.

Promedio trimestral. La Figura 11A presenta la distribución espacial del NDVI para el periodo octubre–diciembre de 2025. Los valores más altos se encuentran en la cobertura propiamente de manglar. Mientras que el menor vigor se presenta en áreas de vegetación asociada al manglar como granjas acuícolas, parches de manglar inundados y sectores con baja cobertura. El NDVI promedio se ubica cerca de 0.58, superior al trimestre anterior. El 70 % de la superficie de manglar supera el 0.5 de NDVI y solo 20.5 % de la superficie se sitúa entre 0.25 y 0.5. En términos de variabilidad, la desviación estándar del NDVI fue 0.052, menor a la del trimestre anterior. La mayor variación en los valores del NDVI se aprecian alrededor de la desembocadura de Cuautla (Figura 11B).

Anomalía. La Figura 11C evidencia que, en el trimestre julio–septiembre, el 1.1 % del manglar presentó valores- z inferiores a -2, concentrados principalmente en la parte sur de la desembocadura de Cuautla y al interior de la laguna Agua Brava en sitios de manglar inundado. Respecto a la dinámica temporal de las anomalías (Figura 11B), entre 2000 y 2013 se alternaron valores positivos y negativos; de 2014 a 2022 prevalecieron las positivas; y desde 2023 comenzaron a predominar las negativas. En el trimestre reportado en este boletín, se observan anomalías ligeramente positivas (Figura 11A).

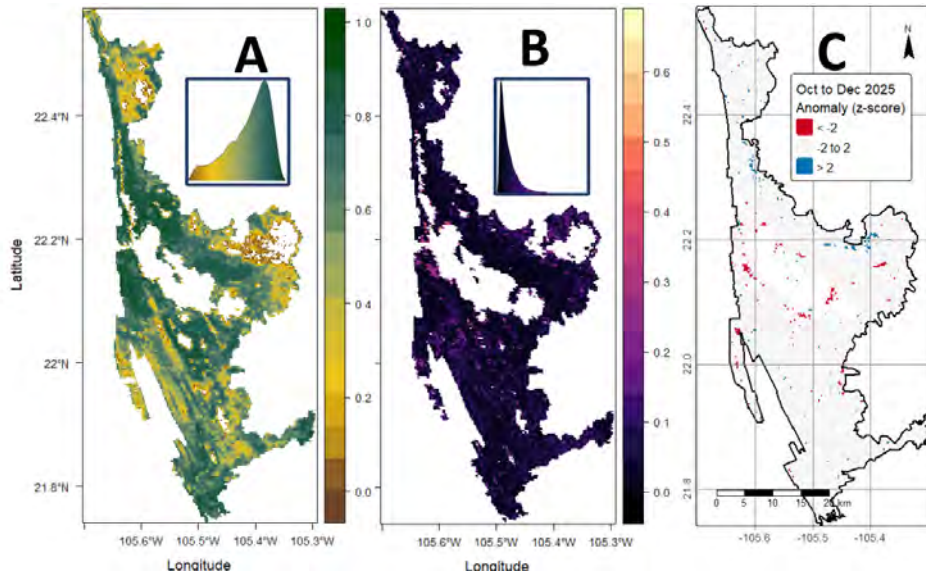


Figura 11: Panel A: Distribución espacial e histograma del promedio trimestral del NDVI. Panel B: Distribución espacial de la variabilidad (desviación estándar) del NDVI para el trimestre octubre-diciembre 2025. Panel C: Distribución espacial de la anomalía trimestral (valores-z).

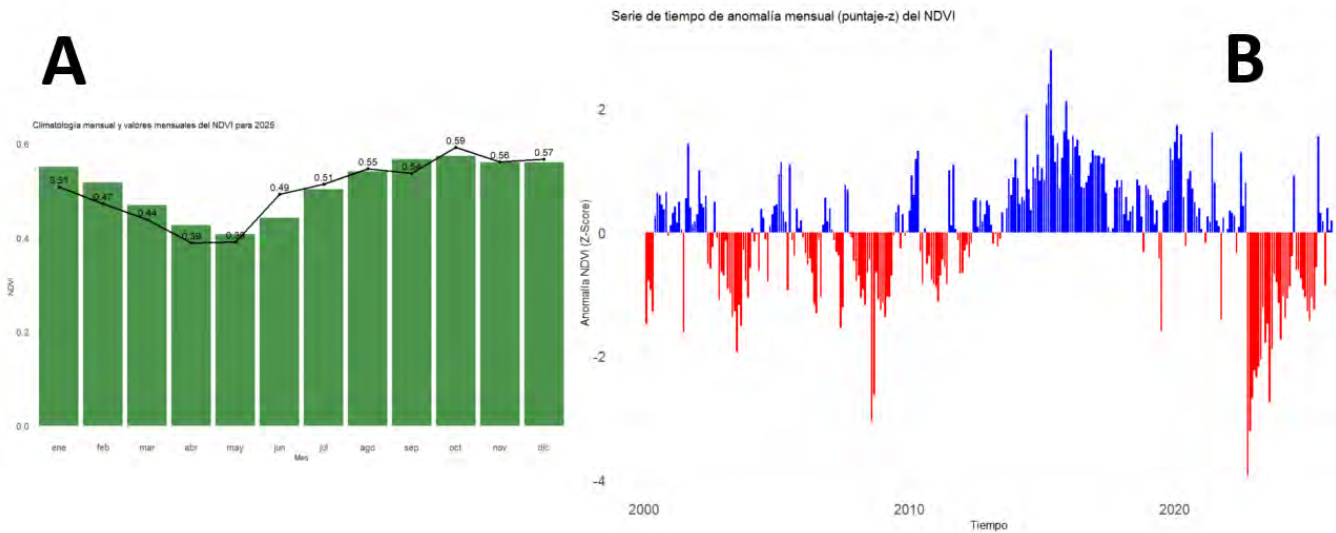


Figura 12: Panel A: Las barras verdes representan la climatología mensual (promedio mensual de largo plazo), las líneas representan el promedio mensual del año 2025. Panel B: Serie temporal de las anomalías mensuales (valores-z).

3.1.4. Incendios Forestales

Uno de los principales factores que impactan en la composición y estructura de las coberturas forestales es el fuego. Este ayuda a configurar la forma y fragmentación del paisaje e impacta en los diferentes ciclos biogeoquímicos forestales (Flannigan et al., 2000; León et al., 2011). La identificación y el mapeo de los incendios forestales es un proceso complejo ya que en su gran mayoría estos se presentan en zonas remotas, abandonadas o sin gestión administrativa para su monitoreo (Alkhatib, 2014). El monitoreo y vigilancia de los incendios forestales combina diversas tecnologías: satelitales, cámaras termográficas, drones y patrullajes terrestres para la detección temprana y control en tiempo real (Alkhatib, 2014).

El programa FIRMS por sus siglas en inglés “Fire Information for Resource Management System”, es una plataforma global diseñada para el monitoreo de incendios activos y anomalías térmicas en tiempo casi real (Davies et al., 2008; Blumenfeld, 2020), para ello utiliza datos de los sensores MODIS y VIIRS a bordo de plataformas espaciales que orbitan la tierra que permiten observar un mismo punto todos los días.

3.2. Datos *in situ*

3.2.1. Estaciones meteorológicas

3.2.1.1. Tepic. Los datos registrados por la estación meteorológica de CICESE en Tepic, Nayarit, incluyen registros del periodo de 90 días a partir del 1 de abril hasta el 30 de junio de 2025 [Figura 13](#). Esta figura muestra una serie de tiempo con las observaciones diarias de temperaturas extremas (mínima y máxima) para todo el período.

De forma individual, los meses de abril, mayo y junio se mantuvieron con temperatura máxima (promedio) de 21.5, 23.8 y 24.1°C respectivamente; la temperatura mínima fue 11.6, 14.5 y 19.5°C en promedio. El 15 de mayo la temperatura máxima más alta de todo el periodo (37.4°C), mientras que la mínima más baja fue el 22 de abril (8.7°C). Como referencia, en el aeropuerto de Tepic, se reportó una mínima de 4°C el 22 de abril y una máxima de 37°C el 15 de mayo.

Durante los tres meses, en la estación, se registraron las siguientes acumulaciones totales de lluvia: 0.3 mm en abril; 2.3 mm en mayo y 399.3 mm en junio. La acumulación anual (enero–junio) fue de 429.8 mm, mientras que el número de días con lluvia acumulada mayor a 0.2 mm fue de un día en abril, dos en mayo y quince en junio. En mayo (el día 20) se presentó un evento con 102.6 mm de lluvia; mientras que los días 24 y 25 de mayo se reportaron lluvias que en total acumularon 58.2 mm y 46.5 mm respectivamente.

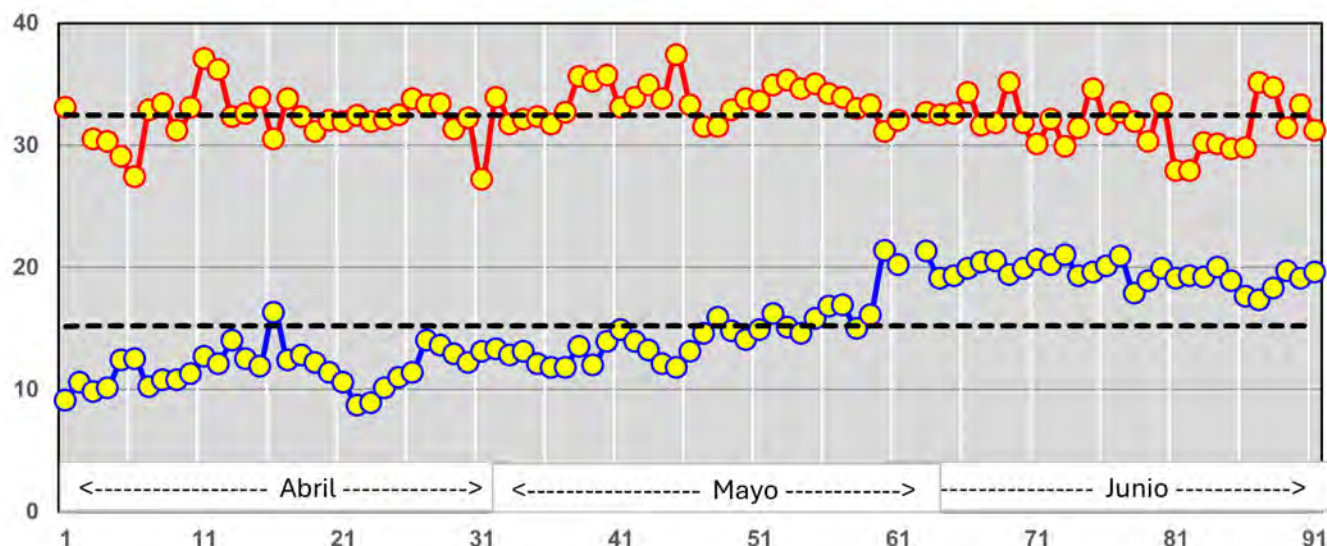


Figura 13: Datos diarios de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) la estación meteorológica de CICESE en Tepic, Nayarit. La línea roja indica la temperatura máxima mientras que la línea azul representa temperatura mínima. El periodo de observación es de 1 de abril de al 30 de junio de 2025 con actualizaciones cada 24 horas. Las líneas punteadas indican el promedio del periodo tanto para temperaturas máximas (32.5°C) como mínimas (15.2°C).

3.2.1.2. Matanchén. Para el trimestre abril-junio no se registraron datos de la estación meteorológica por fallas en los sensores y memoria de datos, por lo tanto se seguirán presentando los datos registrados para el invierno, del 1 de enero al 30 de marzo. Se muestran datos de temperatura del aire (T_{air} , Figura 14A), humedad (Hum, Figura 14B) promedio, máxima y mínima por día, promedio de la presión atmosférica (P_{atm} , Figura 14C), radiación solar (R_s , Figura 14D) y la intensidad y dirección del viento (W_{nd} , Figura 14E).

Temperatura del aire (T_{air}). Los datos diarios de la T_{air} (Figura 14A) registrados durante el invierno, mostraron un promedio de 20.54°C ; los valores máximos y mínimos fueron de 28 y 12.9°C , respectivamente. En el mes de enero se observaron valores promedio, máximos y mínimos de 20.4 , 28 y 14.5°C respectivamente; para febrero fueron de 21.02 , 27.2 y 14.5°C ; para marzo de 20.11 , 27.6 y 12.9°C . Para este trimestre no se observa una tendencia en los valores de temperaturas, con los valores máximos presentándose en el mes de enero con 28°C y las mínimas en marzo con 12.9°C .

Humedad (H). La H (Figura 14B) promedio registrada en invierno fue de 47.4% , con máximo y mínimo de 84 y 13% . En el mes de enero se observaron valores promedio, máximo y mínimo de 79.99 , 84 y 48% ; en febrero los valores fueron de 44.9 , 83 y 13% ; mientras que en marzo no se obtuvieron valores por falla en el sensor.

Presión atmosférica (P_{atm}). La P_{atm} (Figura 14C) registró valores promedio, máximos y mínimos que fueron de 1014 , 1020 y 1009 mb, respectivamente, durante el invierno. Los valores promedio, máximo y mínimos para enero fueron de 1015.44 , 1020.2 y 1011.2 mb respectivamente; para febrero fueron de 1013.9 , 1018 y 1009.6 mb; en marzo fueron de 1014.25 , 1018.6

y 1010.7 mb.

Radiación solar (Rs). Durante el invierno no se registró por falla en el sensor de radiación solar.

Dirección y velocidad del viento (Wnd). El Wnd (Figura 14E) registrado en invierno por el anemómetro, indicó un promedio de velocidad de 0.22 m s^{-1} . Las velocidades promedio, máximas y mínimas para enero, fueron de 0.16, 4 y 0 m s^{-1} respectivamente; para febrero fueron de 0.13, 2.7 y 0 m s^{-1} ; en marzo fueron de 0.42, 3.6 y 0 m s^{-1} .

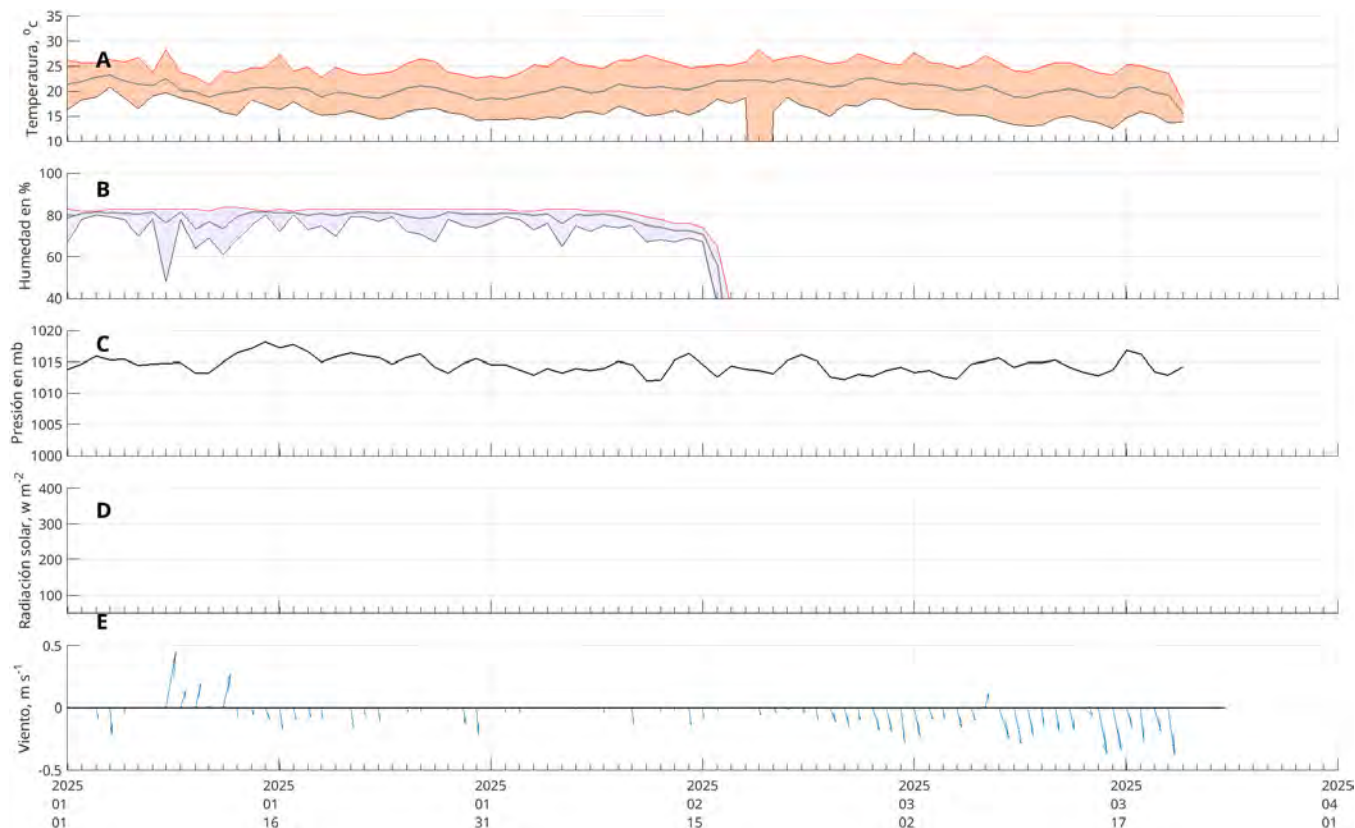


Figura 14: Datos de la estación meteorológica de Matanchén. La línea roja indica las temperaturas del aire (T_{air}) máximas; la azul las temperaturas mínimas; la negra representa la velocidad del viento. Periodo de abril a junio de 2025.

Con los datos de Wnd, adicionalmente se construyó una figura de rosa de los vientos, para dar una idea de la dirección dominante del viento Figura 15 durante los meses de abril a junio de 2025. La Figura 15, muestra la dirección predominante (medido cada 30 grados). La dirección predominante fue del suroeste.

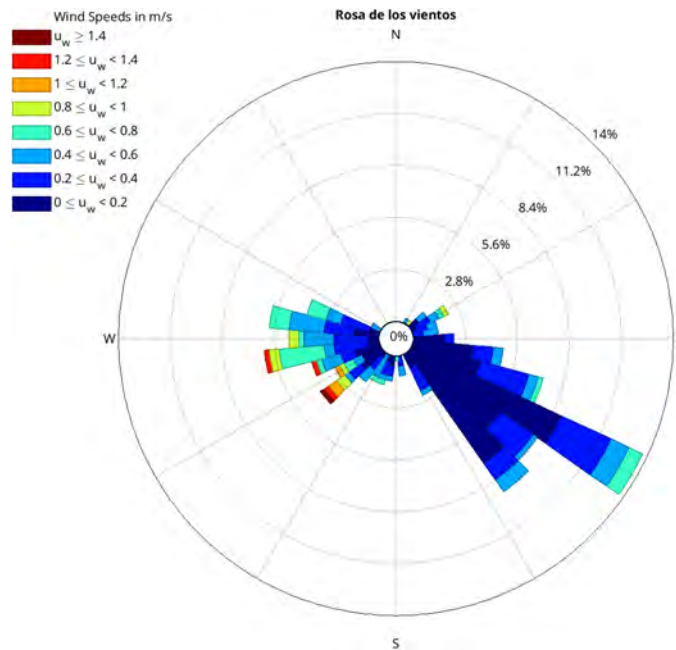


Figura 15: Rosa de los vientos a partir de la estación meteorológica de Matanchen. Los vientos indican su origen. Periodo del 1 de enero al 30 de marzo de 2025.

3.2.2. Termistores (TSM)

3.2.2.1. Boya de Chacala, Compostela. En el HOBO de este sitio se registró un periodo de temperaturas que cubre el mes de abril hasta el mes de junio. En este periodo se observó una temperatura promedio de 27.7 °C, máxima de 31.9 °C y una mínima de 23.2 °C. En la última semana de junio se presentó la temperatura más alta de 31.9 °C, la temperatura mínima de 23.2 °C se presentó en la primera semana del mes de abril. En el periodo del mes de julio a agosto, se presentó una temperatura mínima de 30.8 °C en la segunda semana del mes, la temperatura más alta se observó para la tercera semana del mes de julio con 32.8 °C (Figura 16A). Para el periodo de agosto a octubre no se estuvieron falla en los sensores, solamente algunos datos en la primera semana de noviembre y la primera de diciembre con temperaturas de 31 °C y una disminución para el mes de diciembre a 27 °C.

3.2.2.2. Estero El Poso, San Blas. En este sitio se instalaron 2 termistores. En el primer dispositivo (San Blas 1 muelle), se registró un periodo de temperaturas del mes de abril hasta el mes de junio, con temperaturas promedio de 27.9 °C, máxima de 31.9 °C y mínima de 23.8 °C (Figura 16B). En la última semana de junio se presentó la temperatura máxima de 31.9 °C, la temperatura mínima de 23.8 °C se observó en el mes de abril. Para este sensor en el periodo del mes de julio al mes de agosto se observó una temperatura mínima en la primera semana del mes de julio con una temperatura de 30.2 °C y una máxima en la primera semana de agosto con 32.5 °C. Para esta localidad no se obtuvieron datos los últimos 4 meses por falla en los sensores. El segundo dispositivo registró un periodo del mes de abril hasta el 13 de mayo en la Boya de San Blas la cual presentó temperaturas con promedio de 25.5°C, máxima de 28.8°C y una mínima de 23.2°C (Figura 16C).

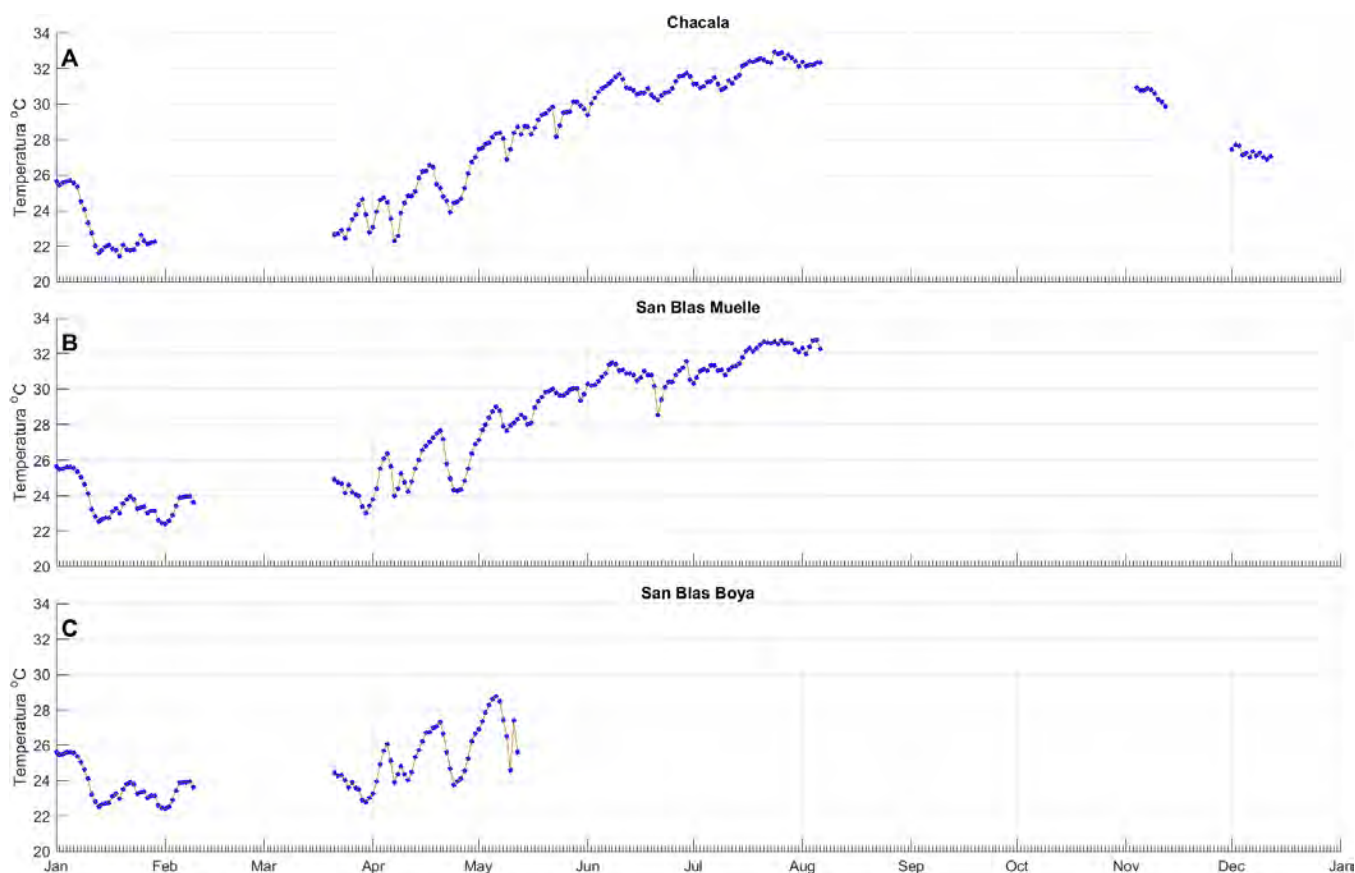


Figura 16: Series de tiempo de temperatura superficial del mar (aproximadamente a 1 m) obtenida en Chacala y Estero El Poso (San Blas). La línea roja representa los valores registrados por hora para el periodo de invierno (enero-febrero, abril a agosto y primer seman de noviembre y diciembre), la línea azul es el promedio por día.

Referencias

- Alkhatib, A. A. (2014). A review on forest fire detection techniques. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 10(3):597368.
- Cervantes Duarte, R., Valdez Holguín, J. E., and Reyes Salinas, A. (2004). Comparación de reflectancia in situ 443/555 y 490/555 con clorofila a y materia suspendida total en bahía de la paz, b.c.s., méxico. *Hidrobiológica*, 1(14).
- Chin, T. M., Vazquez-Cuervo, J., and Armstrong, E. M. (2017). A multi-scale high-resolution analysis of global sea surface temperature. *Remote Sensing of Environment*, 200:154–169.
- Didan (2021). Modis/terra vegetation indices 16-day l3 global 250m sin grid v061 [dataset]. nasa eosdis land processes distributed active archive center. *Catálogo de metadatos geográficos*.
- Flannigan, M., Stocks, B., and Wotton, B. (2000). Climate change and forest fires. *Science of The Total Environment*, 262(3):221–229. Climate change, Forests and.

- Garnesson, P., Mangin, A., Fanton d'Andon, O., Demaria, J., and Bretagnon, M. (2019). The cmems globcolour chlorophyll *a* product based on satellite observation: multi-sensor merging and flagging strategies. *Ocean Science*, 15(3):819–830.
- Kushnir, Y. (1994). Interdecadal variations in north atlantic sea surface temperature and associated atmospheric conditions. *Journal of Climate*, 7(1):141 – 157.
- León, J. D., González, M. I., and Gallardo, J. F. (2011). Ciclos biogeoquímicos en bosques naturales y plantaciones de coníferas en ecosistemas de alta montaña de colombia. *Revista de Biología Tropical*, 59(4):1883–1894.
- R Core Team (2023). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria*.
- Ramos-Rodríguez, A., Lluch-Cota, D., Lluch-Cota, S., and Trasviña Castro, A. (2012). Sea surface temperature anomalies, seasonal cycle and trend regimes in the eastern pacific coast. *Ocean Science*, 8(1):81–90.
- Thyng, K. M., Greene, C. A., Hetland, R. D., Zimmerle, H. M., and DiMarco, S. F. (2016). True colors of oceanography: Guidelines for effective and accurate colormap selection. *Oceanography*, 29(3).

3.3. Agradecimientos

Al director de Pesca y Acuicultura del ayuntamiento de Compostela, C. Abelardo Bustos Oregón Director de Pesca y Acuicultura del XLI Ayuntamiento de Compostela, Nayarit, quien brindó las facilidades para la instalación de un termógrafo en la playa de Chacala. Al Ing. Ricardo Murillo de PILAS TOURS por su apoyo para la recolección de datos de dicho termógrafo.