



Boletín Oceanográfico de BCS julio-Septiembre de 2023

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

¹CICESE-UT3, ²Laboratorio SERVANT-CICESE-ULP, ³Investigador Cátedra CONAHCYT-CICESE-ULP, ⁴Estudiante Programa Doctorado en Ciencias de La Vida CICESE e Investigador Campo Experimental Todos Santos del INIFAP, ⁵Estudiante Programa Doctorado en Ciencias de La Vida-CICESE, ⁶CICESE-ULP

NOVIEMBRE DE 2023, No. 2

Introducción

Este boletín incluye productos gráficos elaborados por los laboratorios de percepción remota de la Unidad UT3 en Tepic, Nayarit, y SERVANT de la Unidad La Paz (ULP) en La Paz, Baja California Sur, del CICESE.

El objetivo es mostrar el estado del océano en el mes anterior, en las costas de Baja California Sur.

Este boletín inicia con una sección de mapas regionales que corresponde a las aguas oceánicas frente a las costas del estado de Baja California Sur (figura 1).

Además de estos mapas, se seleccionaron tres sitios específicos (figura 1): [San Juanico](#) (costa occidental, océano pacífico), [Bahía de La Paz](#) (costa del golfo de California) y parque nacional [Cabo Pulmo](#) (Entrada al Golfo de California). Adicionalmente, se presentan los datos del [ciclón Tropical Norma](#) (Baja California Sur) y datos sobre temperaturas terrestres en el [valle de Santo Domingo](#) región contigua al Golfo de Ulloa.

Índice

1. Área de estudio	3
2. Método	3
2.1. Información satelital	3
2.2. Datos <i>in situ</i>	4
2.2.1. Viento local	4
2.2.2. Temperatura del aire	5
2.3. Mapas de distribución mensual	5
2.4. Análisis de series de tiempo	6
3. Paisaje pelágico	6
3.0.1. Ciclón tropical Norma	6
4. Resultados	6
4.1. Nivel del mar Absoluto (NMA)	6
4.2. Mapas de distribución mensual	7
4.2.1. Anomalías de nivel del mar (ANM)	7
4.2.2. Clorofila superficial (CLO)	8
4.2.3. TSM	9
4.3. Cabo Pulmo	10
4.3.1. Series de tiempo	10
4.3.2. Viento (VTO) <i>in situ</i>	12
4.3.3. Paisaje Pelágico (CP)	15
4.3.4. Fitoplancton	15
4.4. Bahía de La Paz	16
4.4.1. Series de tiempo	16
4.4.2. Registro meteorológico en Estación El Mogote, B. C. S. Del 01 de julio al 31 de agosto de 2023	18
4.4.3. Paisaje Pelágico (BLP)	20
4.4.4. Fitoplancton	21
4.5. San Juanico, Golfo de Ulloa	22
4.5.1. Series de tiempo	22
4.5.2. Viento (VTO) <i>in situ</i>	24
4.5.3. Paisaje Pelágico (GU)	26
4.5.4. Fitoplancton	27
4.5.5. Temperatura en el Valle de Santo Domingo, área contigua, región San Juanico-Golfo de Ulloa	29
4.6. Ciclón tropical Norma	31
5. Glosario	34
6. Referencias	35

1. Área de estudio

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

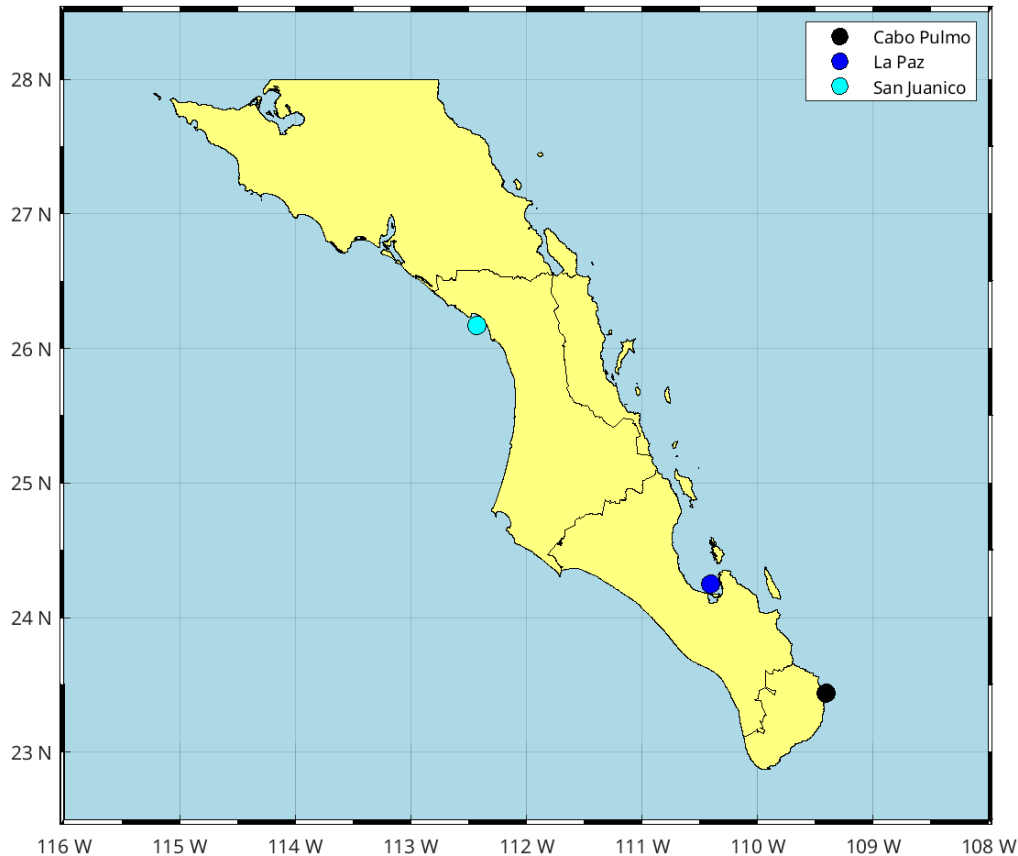


Figura 1: Zona de interés, región oceanográfica de Baja California Sur. Los círculos de colores marcan sitios para el análisis de series de tiempo.

2. Método

Las variables de interés seleccionadas para el presente reporte incluyen las derivadas de satélites, modeladas e información *in situ*, y se describen a continuación:

2.1. Información satelital

Nivel de Mar Absoluto (NMA). El NMA se refiere al nivel del mar determinado por múltiples misiones de altimetría satelital, pero a diferencia de las anomalías, la referencia es el geode. El NMA incluye la tendencia de largo período debida al calentamiento global. Es un producto global, libre de huecos y cuenta con una resolución temporal diaria y espacial de 25x25 km. (https://data.marine.copernicus.eu/product/SEALEVEL_GLO_PHY_L4_MY_008_047/description) y también (https://data.marine.copernicus.eu/product/SEALEVEL_GLO_PHY_L4_NRT_OBSERVATIONS_008_047/description)

[ATIONS_008_046/description](#)).

Anomalía del Nivel de Mar (ANM). La ANM es un producto de la altimetría y es estimada por medio una interpolación de diversas misiones. 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 25x25 km.

Clorofila superficial (CLO). La CLO es la clorofila_a satelital. Es un producto del denominado color del océano y corresponde a la primera profundidad óptica, que es la profundidad en donde la luz disminuye el 90% (Cervantes-Duarte, 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 su siglas en inglés). Es un producto global libre de nubes, con una resolución temporal diaria y espacial de 4x4 km (Garnesson *et al.*, 2019), (https://data.marine.copernicus.eu/product/OCEANCOLOUR_GLO_BGC_L4_MY_009_104/services).

Incluye la concentración de los principales grupos funcionales fitoplanctónicos expresada en la CLO 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-).

Temperatura Superficial del Mar (TSM). El término TSM se refiere a la capa o piel del océano y representa la temperatura de la capa sub a una profundidad entre 10–20 μm . La TSM es un producto proporcionado por el laboratorio de oceanografía de propulsión a chorro de la agencia espacial de los Estados Unidos (JPL y NASA, respectivamente, por sus siglas en inglés). Es un producto global que no presenta huecos por nubosidad con una resolución temporal diaria y espacial de 1x1 km (Chin *et al.*, 2017), (<https://doi.org/10.5067/GHGMR-4FJ04>).

2.2. Datos *in situ*

2.2.1. Viento local

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

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

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

Con un análisis de cajas (boxplots) se despliegan los valores anómalos (outliers) correspondientes a la intensidad del viento sostenido en cada mes (figura 2). Con este análisis de cajas se pueden resaltar algunos fenómenos meteorológicos que promueven el aumento atípico en la intensidad de los vientos, tales como los ciclones tropicales.

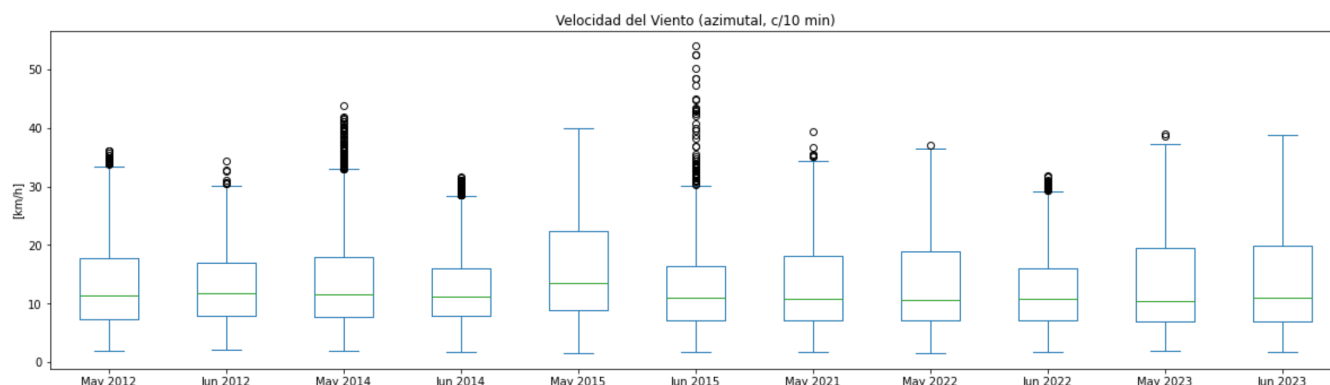


Figura 2: Ejemplo de un gráfico de cajas para los meses de mayo y junio en años selectos dentro del periodo 2012-2023 en la EMA San Juanico. Durante el mes de junio de 2015 el número de valores considerados como *outliers* o valores atípicos aumentó considerablemente debido a la influencia de la tormenta tropical Blanca (31 may - 9 jun) que cruzó por la estación de San Juanico.

2.2.2. Temperatura del aire

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

2.3. Mapas de distribución mensual

Para la elaboración de los mapas de distribución del mes se promediaron las imágenes diarias de junio de 2023 para el área comprendida entre los 22 y 29° de latitud norte y los 108 y 116° de longitud oeste (figura 1). Con estos datos se estimaron los valores máximos, mínimos y promedio para cada pixel, además de la diferencia entre máximos y mínimos, y la anomalía mensual. Según Kushnir (1994) y Ramos-Rodríguez *et al.* (2012), para el cálculo de la anomalía mensual se estimó la climatología o promedio histórico mensual y se restó del promedio del mes de interés:

$$\text{Anomalía} = \text{promedio_mensual} - \text{climatología}$$

para el cálculo de la climatología fue necesario descargar toda la información histórica disponible para cada variable.

2.4. Análisis de series de tiempo

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

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. Las series con las anomalías para cada variable fueron estimados de la misma forma que para los mapas de distribución.

Finalmente, para ver si existe una relación entre la CLO y la TSM se descargaron los datos del índice multivariado de El Niño (<https://psl.noaa.gov/enso/mei/>) y se superpusieron con los valores de CLO y TSM.

Adicionalmente, se analiza el nivel del mar absoluto (NMA) en la costa occidental de la península, esto con la idea de mostrar la tendencia de largo periodo del nivel del mar en dicha costa.

3. Paisaje pelágico

Para describir los rasgos distintivos del Paisaje Pelágico se descargaron los datos del sitio NOAA Coastwatch (<https://coastwatch.noaa.gov/cw/satellite-data-products/multi-parameter-models/seascape-pelagic-habitat-classification.html>). Una vez recortada el área de interés, se hizo un conteo de píxeles para cada categoría de paisaje pelágico, con lo que se calculó el área ocupada por categoría, considerando que: 1 píxel equivale a 5 km². Las categorías o hábitats pelágicos dominantes fueron identificadas como aquellas con la mayor extensión total (km²) en los recortes espacial y temporal considerados. Para revelar el patrón estacional promedio del Paisaje Pelágico se calcularon las climatologías mensuales, obteniendo el promedio del mes correspondiente desde enero de 2003 hasta junio de 2023.

3.0.1. Ciclón tropical Norma

Con datos observados del Servicio Meteorológico Nacional (<https://smn.conagua.gob.mx>), del Centro Nacional de Huracanes de Estados Unidos (<https://www.nhc.noaa.gov>) e imágenes de satélite geoestacionario (GOES, <https://www.unidata.ucar.edu/>) se hace una descripción del desarrollo del ciclón tropical Norma. También de su impacto con respecto a la lluvia acumulada en la región sur de la península de Baja California.

4. Resultados

4.1. Nivel del mar Absoluto (NMA)

Esta sección muestra la evolución a lo largo de la costa del nivel del mar absoluto. El NMA incluye la tendencia de largo período. Las unidades son metros (m) y destacan los máximos que

corresponden a eventos cálidos. Por ejemplo, el Niño de 1997-1998, el 'Blob' cálido de 2014 y El Niño de 2015.

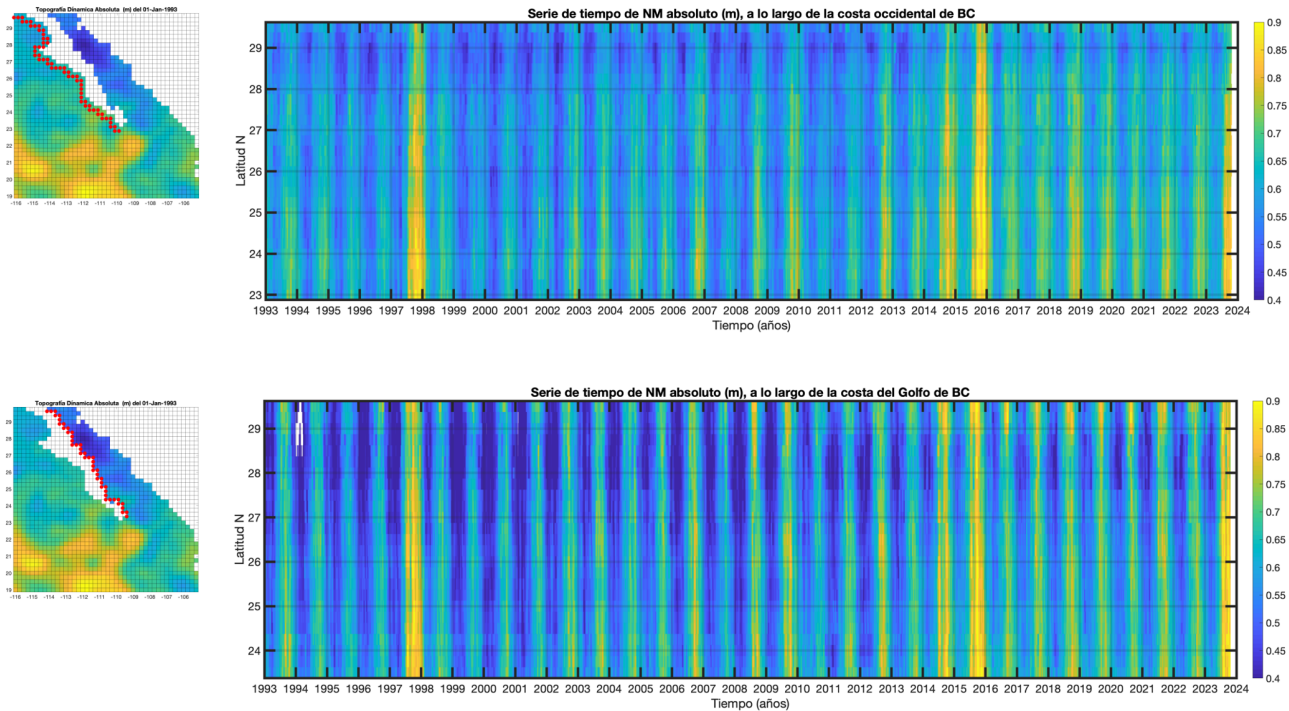


Figura 3: Evolución del Nivel del mar Absoluto a lo largo de las costas de BCS.

4.2. Mapas de distribución mensual

4.2.1. Anomalías de nivel del mar (ANM)

Las condiciones de ANM durante el mes de septiembre de 2023 se muestran en la figura 4. El mapa del panel A muestra las anomalías máximas registradas, cuyo rango se ubicó entre -0.08 y 0.43 m. El panel B muestra las anomalías mínimas, cuyo rango estuvo entre -0.03 y 0.33 m. El panel C muestra la diferencia entre anomalías máximas y mínimas ($A - B$) durante este mes, el valor máximo fue de 0.29 m, el doble del mes de junio. Esta imagen es útil en el sentido de mostrar las zonas donde se presentó el mayor rango de variación de nivel de mar a lo largo del mes. El panel D muestra las anomalías con respecto al promedio histórico o climatológico de datos de 1993 a 2012, es decir, indica las variaciones de ANM en comparación con las condiciones normales a lo largo del tiempo. Los colores rojos indican condiciones anómalamente positivas (mayor altura de lo normal), mientras que los colores azules indican condiciones anómalamente negativas (menor altura), el rango se ubicó entre -0.03 y 0.35 m.

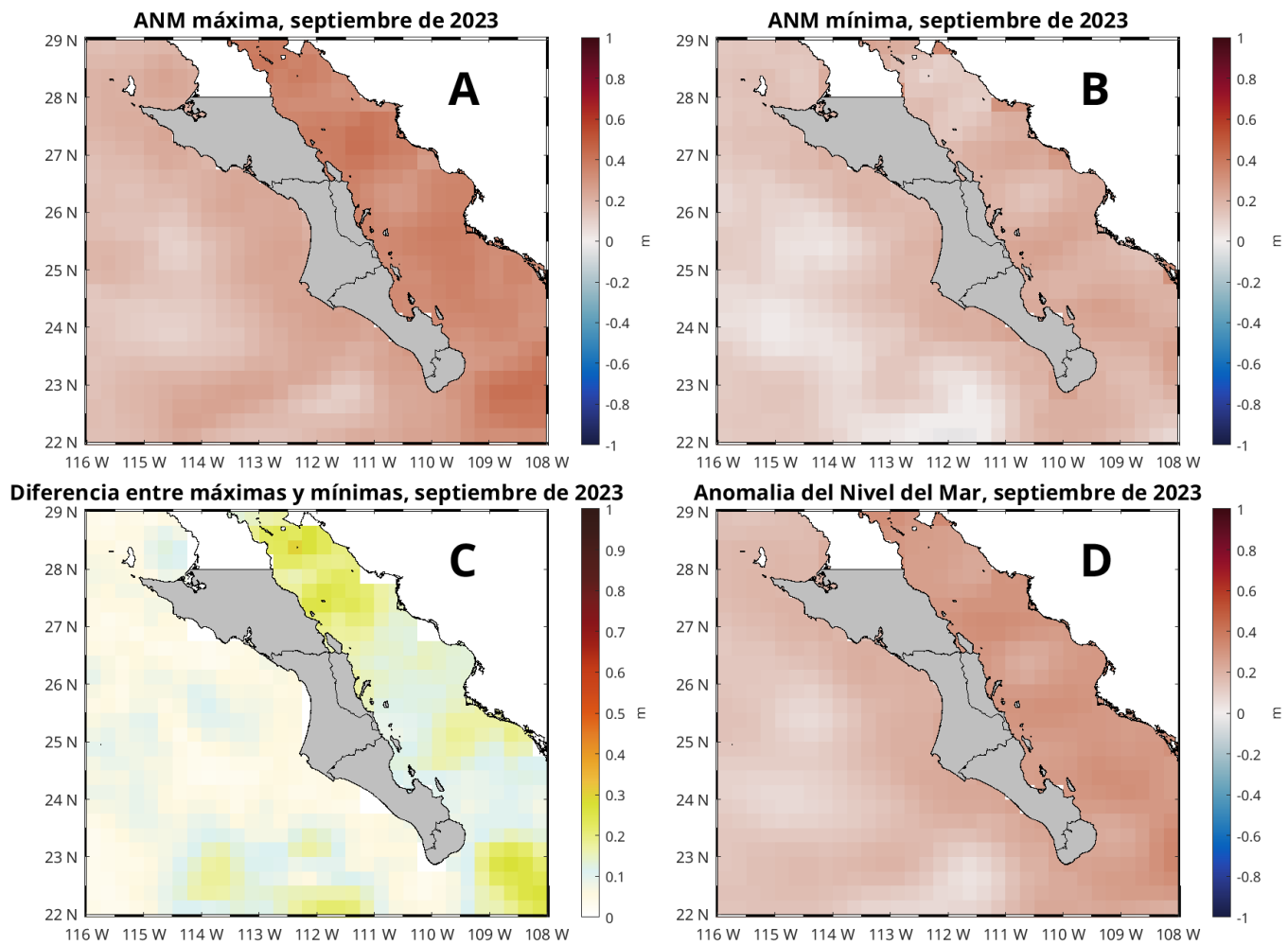


Figura 4: Condiciones de ANM durante el mes de septiembre de 2023. Panel A, niveles máximos, B niveles mínimos, C diferencia entre máximos y mínimos y D anomalía.

4.2.2. Clorofila superficial (CLO)

Las condiciones de CLO durante el mes de septiembre de 2023 se muestran en la figura 5. El mapa del panel A muestra las concentraciones máximas registradas, cuyo rango se ubicó entre 0.08 y 65.0 mg m^{-3} . El panel B muestra las concentraciones promedio, cuyo rango estuvo entre 0.06 y 34 mg m^{-3} , menores por 12 mg m^{-3} en comparación de agosto. El panel C muestra la diferencia entre concentraciones máximas y mínimas (imagen no mostrada) durante este mes, cuyo valor máximo de 64.6 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 mes. El panel D muestra las anomalías con respecto al promedio histórico o climatológico de datos desde 1997, 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 -5.05 y 19.26 mg m^{-3} , rango muy inferior al de agosto, lo que indica condiciones más estables.

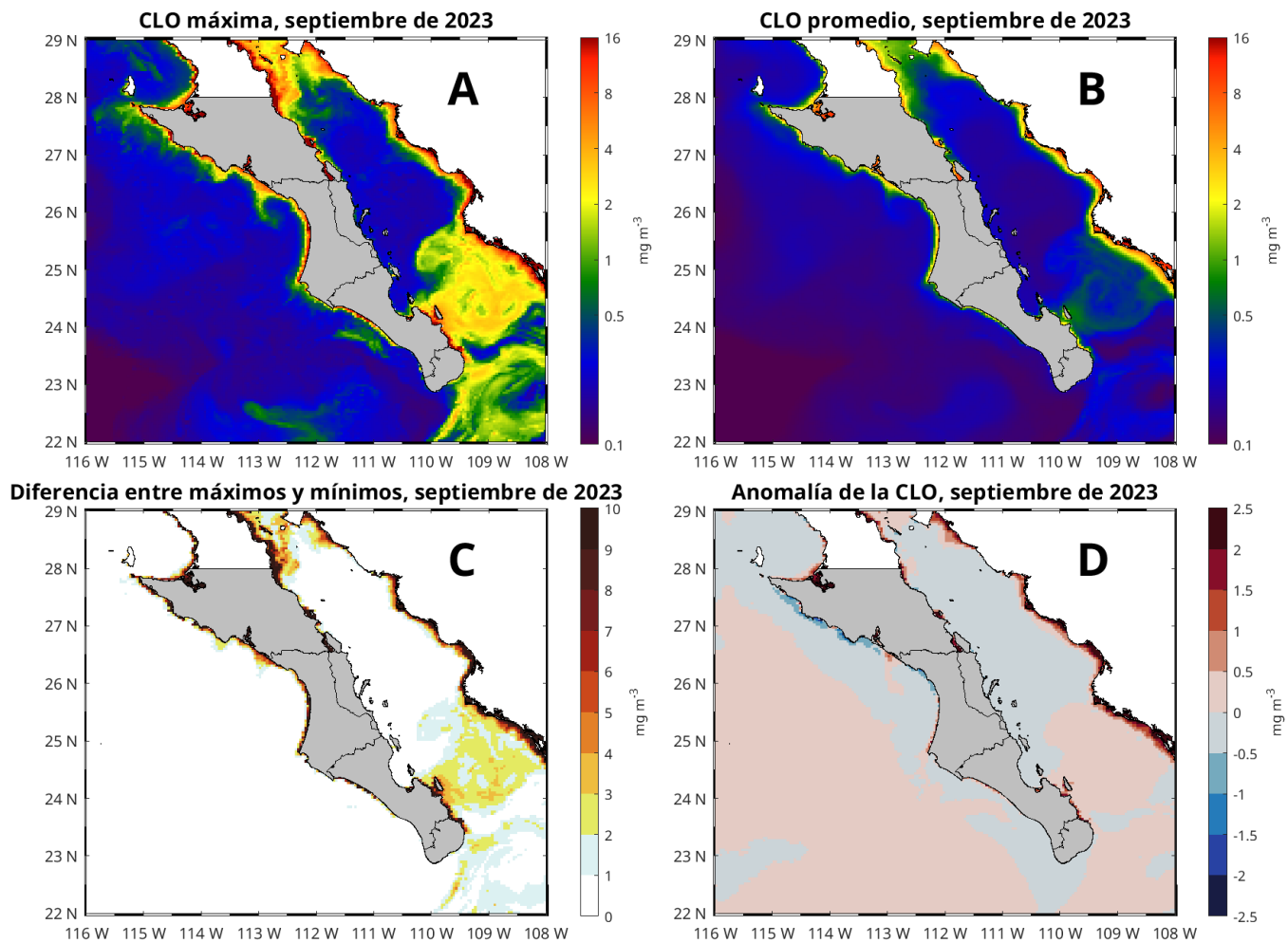


Figura 5: Concentraciones de CLO durante el mes de septiembre de 2023. Panel **A**, máximas, **B** promedio, **C** diferencia entre concentraciones máximas y mínimas y **D** anomalía.

4.2.3. TSM

Las condiciones de TSM durante el mes de septiembre de 2023 se muestran en la figura 6. El mapa del panel **A** muestra las temperaturas máximas registradas, cuyo rango se ubicó entre 22.8 y 33.3 °C, prácticamente superior en 2 °C en comparación de julio y agosto. El panel **B** muestra el promedio de temperatura, cuyo rango estuvo entre 20.9 y 32.1 °C, 1.5 °C más que julio. El panel **C** muestra la diferencia entre máximos y mínimos (imagen no mostrada) durante este mes, cuyo valor más alto fue de 6.6 °C, menor en 1.5 °C en comparación del mes anterior. Esta imagen es útil en el sentido de mostrar las zonas donde hubo las mayores variaciones de la TSM a lo largo del mes. El panel **D** muestra las anomalías con respecto al promedio histórico o climatológico de datos desde 2002, es decir, indican las variaciones de TSM en comparación con las condiciones *normales* a lo largo del tiempo. Los colores rojos indican condiciones anómalamente positivas (mayor o más caliente de lo normal), mientras que los colores azules indican condiciones anómalamente negativas (menores o más frías de lo normal), el rango se ubicó entre -0.5 y 2.3 °C, rango inferior por 1 °C al mes anterior.

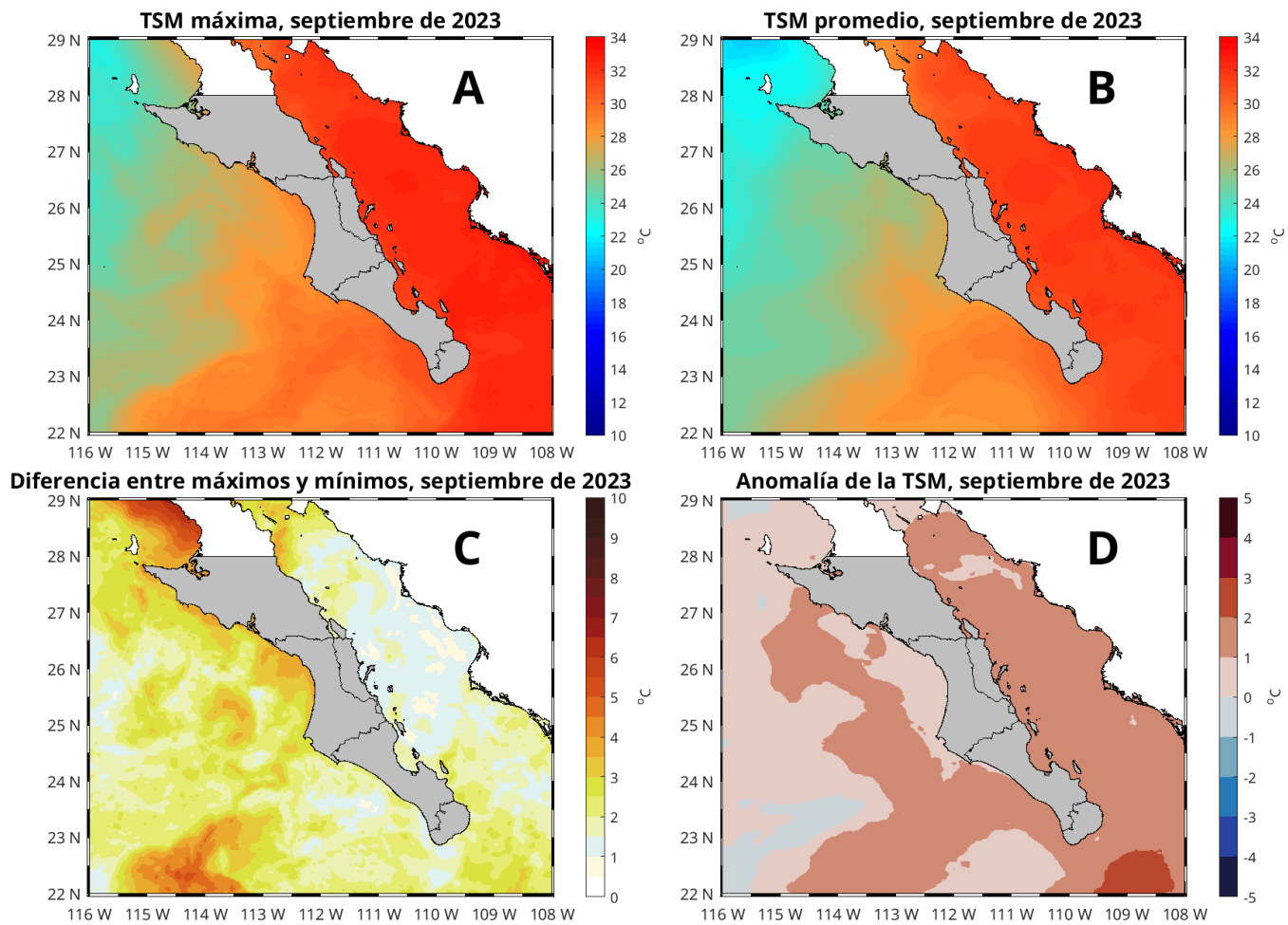


Figura 6: Condiciones de TSM durante el mes de julio de 2023. Panel A, máximos, B promedio, C diferencia entre máximos y mínimos, D anomalía.

4.3. Cabo Pulmo

4.3.1. Series de tiempo

Las condiciones climatológicas y anomalías de TSM, CLO y ANM a lo largo del tiempo (2002-2023) para Cabo Pulmo se muestran en la figura 13. Los paneles A, C y E, muestran las climatologías mensuales, las líneas negras indican los valores en 2023 (hasta septiembre). Los paneles B, D y F muestran las anomalías a lo largo del tiempo, la línea negra indica los datos del MEI.

La TSM desde mayo ha estado por encima de sus valores climatológicos, en septiembre esta diferencia o anomalía es casi de 2 °C. Esto coincide con anomalías positivas del MEI, que en el bimestre agosto-septiembre tuvo un valor de 0.6, lo que indica el inicio de la presencia del fenómeno de El Niño en la región.

La CLO desde mayo hasta agosto tuvo valores por debajo de los promedios climatológicos, en septiembre se ubicó en 0.53 mg m⁻³ por encima de 0.39 mg m⁻³ promedio. A lo largo del año se han presentado mayormente valores mensuales por debajo de los valores climatológicos, excepto en febrero.

Las ANM han sido positivas desde mayo, prácticamente acordes con los valores climatológicos, el valor mensual más alto en 2023 se presentó en agosto con 0.27 m, seguido de septiembre con 0.23 m.

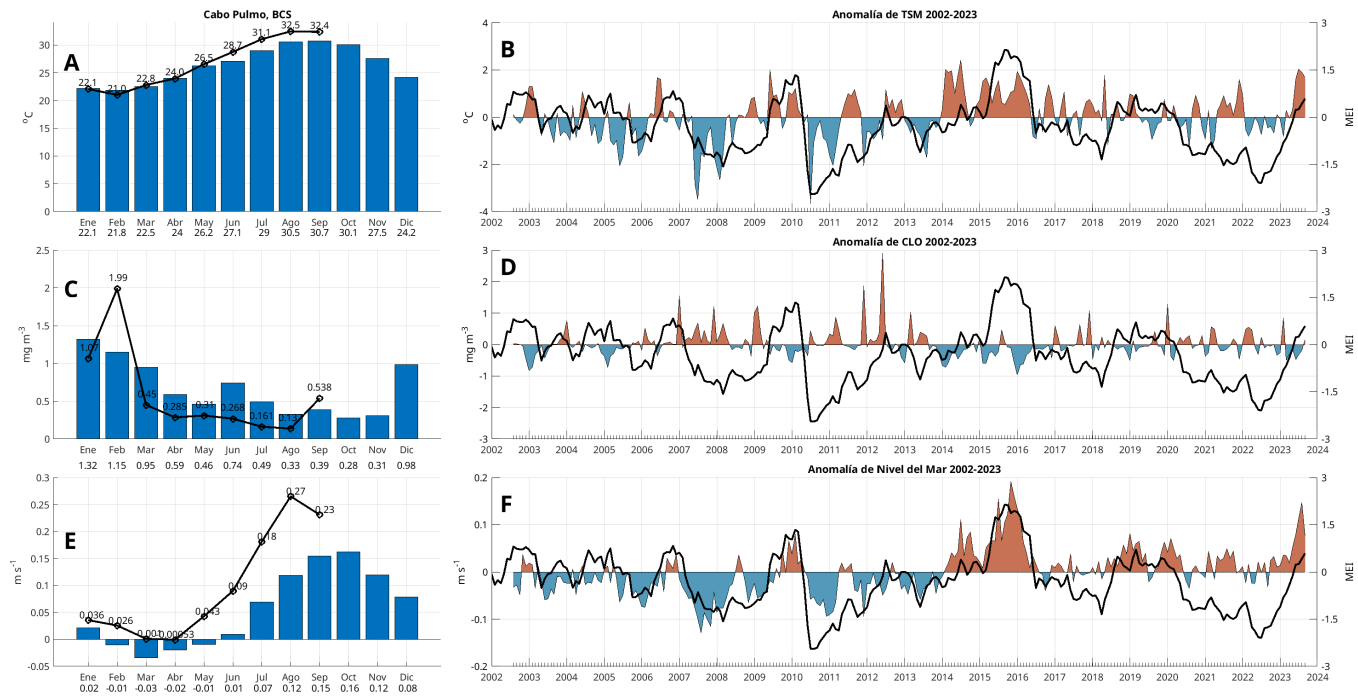


Figura 7: Climatologías mensuales y anomalías interanuales de TSM, CLO y ANM durante 2023 para Cabo Pulmo. Las barras azules en los paneles A, C y E son las climatologías mensuales de cada variable. Los números en la base de las barras indican los valores de cada mes. Las líneas negras con círculos muestran los valores de enero a septiembre de 2023, sus valores se indican encima de cada círculo. Las series de tiempo de los paneles B, D y F representan las anomalías interanuales, la línea negra es el índice MEI.

La figura 8 contiene la serie de tiempo del nivel del mar absoluto (m) en Cabo Pulmo, desde el 1 de enero de 1993 hasta el 12 de septiembre de 2023. Destacan los máximos de 1997-1998, asociado a un evento de El Niño, 2014 debido al Blob cálido, y 2015 debido al evento de El Niño más reciente. Esta variable contiene el incremento del nivel del mar debido al calentamiento global. En esta localidad la tendencia es de 2.6 mm/año y de 80 mm en los 30 años de este registro.

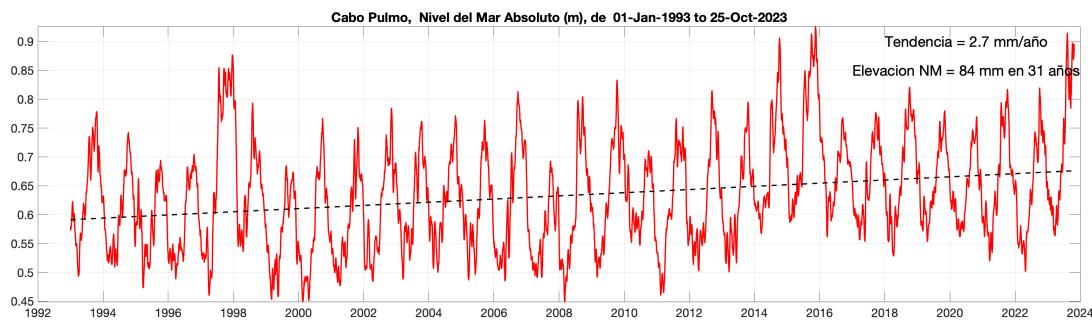


Figura 8: Nivel del mar absoluto (m) en Cabo Pulmo, BCS. Inicia el 1 de enero de 1993 y termina el 12 de septiembre de 2023. Incluye el nivel del mar con referencia al Geoide. Incluye la tendencia de largo período debida a calentamiento global.

4.3.2. Viento (VTO) *in situ*

Durante el mes de julio no se observaron cambios importantes en la configuración normal de los vientos (Fig. 9). Se puede notar de esta figura que en agosto se presentó un patrón más amplio de los vientos provenientes del sureste (S-E). Este cambio en el patrón de los vientos y la intensidad es el resultado del paso del Huracán Hilary cuya trayectoria fue cercana a la península de Baja California.

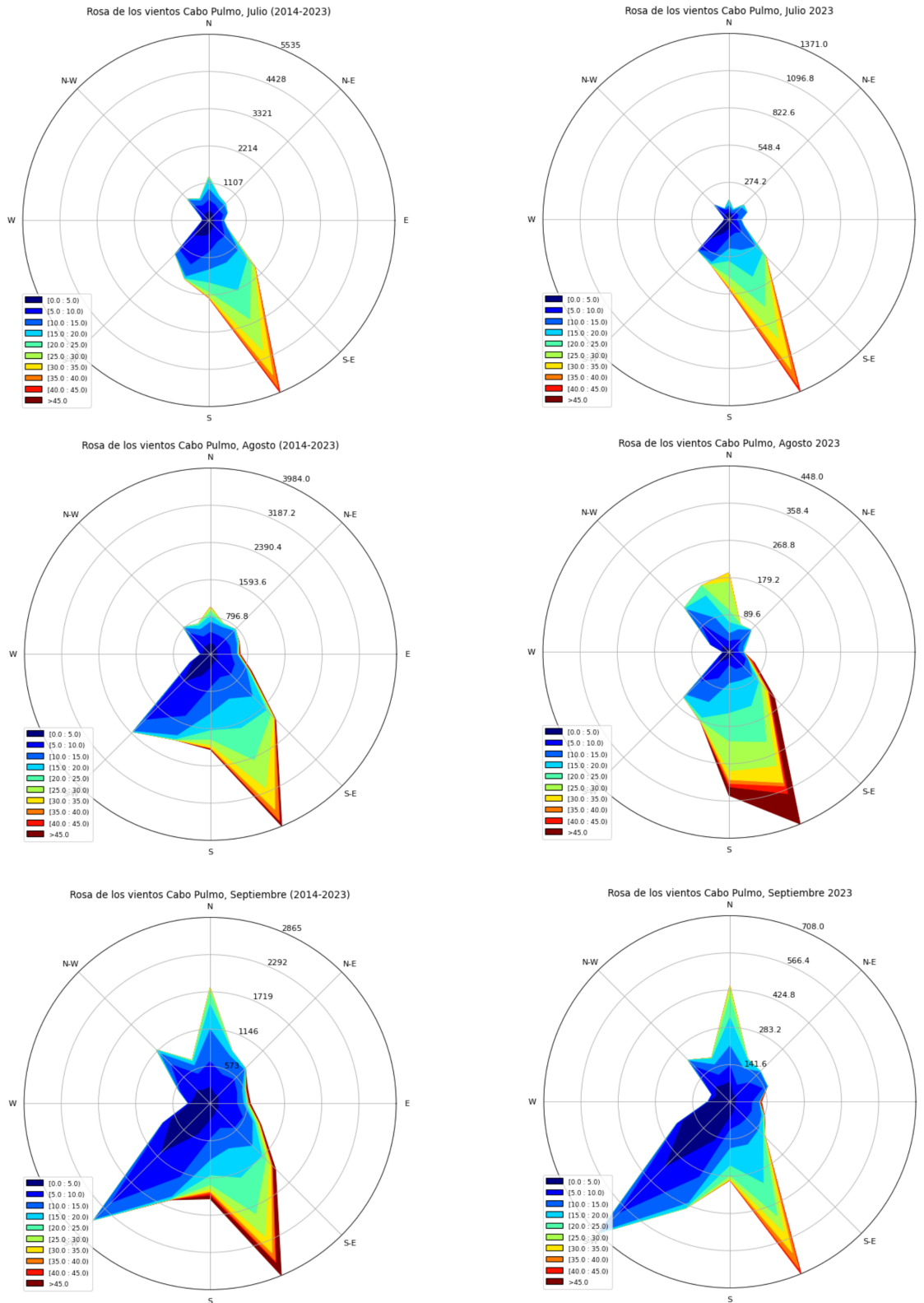


Figura 9: Climatología vs. observaciones de la dirección e intensidad de los vientos en la estación Cabo Pulmo durante los meses de julio a septiembre de 2023. Se nota un cambio en el patrón normal de los vientos durante agosto con baja influencia de los vientos del Suroeste y aportación de los vientos del Sureste como resultado del paso del huracán Hilary. Los meses de julio y septiembre mantienen su régimen normal.

La intensidad del viento *in situ* registrada durante el mes de julio de 2023 en Cabo Pulmo no muestra una variabilidad importante o la presencia de eventos meteorológicos extremos en la zona (Fig. 10). Visto desde el gráfico de cajas, los valores extremos u *outliers* (círculos en negro) registrados durante el mes agosto de 2023 muestran una persistencia de los vientos superiores a 40 km/h que incrementan el rango intercuartil de los valores de viento en 2023 comparado con años anteriores (Fig. 10). Este incremento evidencia nuevamente la relación entre la variación de este parámetro con el paso cercano del huracán Hilary.

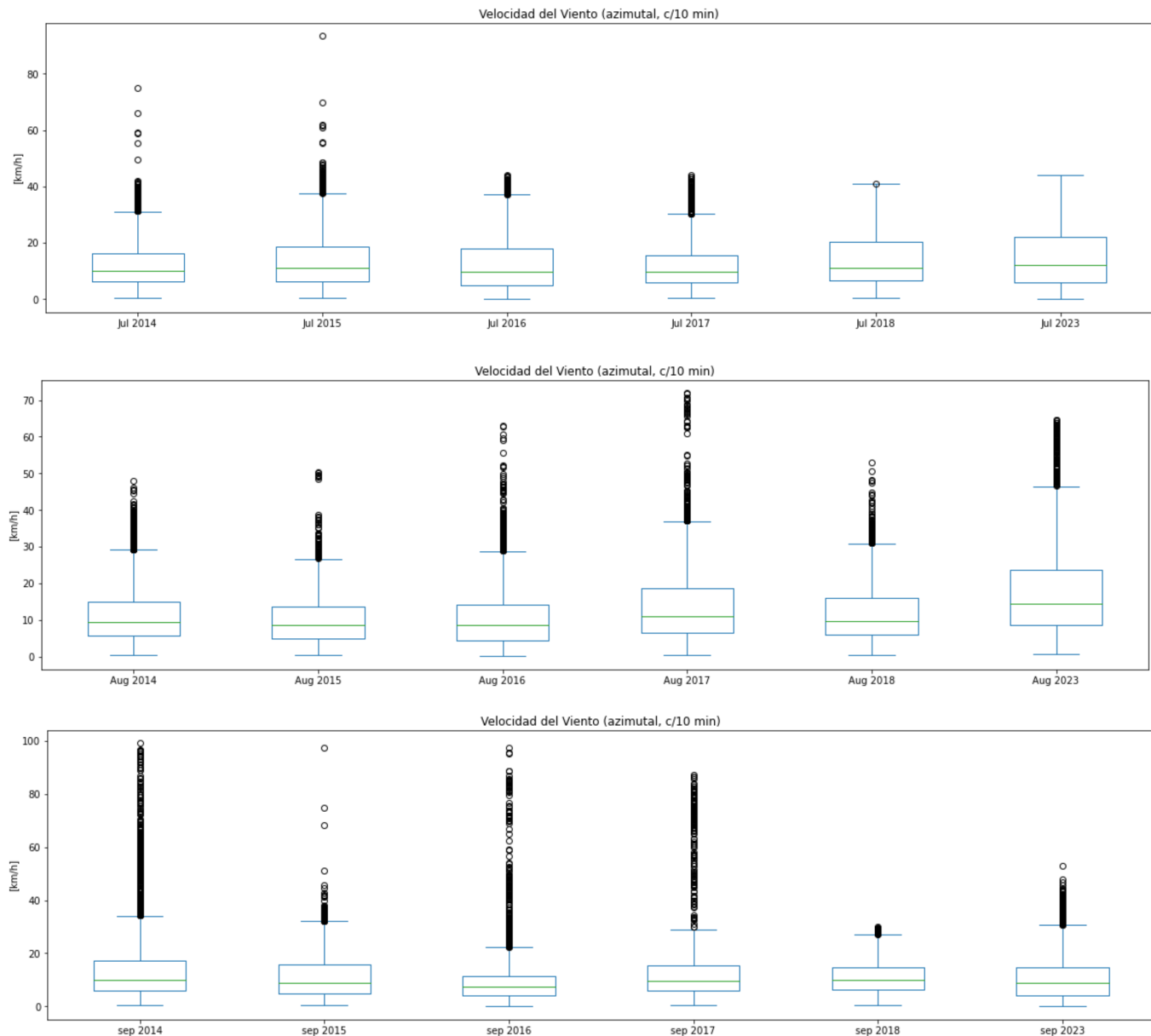


Figura 10: Análisis de caja de la intensidad de los vientos en la estación Cabo Pulmo durante los meses de julio a septiembre de 2023. Los bigotes superiores de cada caja nos definen el umbral donde los vientos fuertes son persistentes durante el mes, los círculos representan aquellos eventos aislados de viento intenso (*outliers*).

Septiembre es un mes donde el efecto de los ciclones tropicales cercanos a la península de Baja California altera el patrón habitual de los vientos sostenidos. En comparación con años previos,

septiembre de 2023 no presenta eventos meteorológicos extremos, los *outliers* quedan por debajo de los 60 km/h.

4.3.3. Paisaje Pelágico (CP)

El paisaje pelágico en Cabo Pulmo y zonas adyacentes, muestran una estacionalidad bien definida. De enero a agosto, la categoría H15 disminuye del 80 al 16 %, para volver a extenderse hasta casi el 70 % hacia diciembre. El predominio de H15 indica temperatura superficial de 25.35 °C, salinidad de 35.4 ups, y concentración de clorofila de 0.32 mg·m⁻³. En sentido opuesto, H3 se expande de febrero (<5 %) a agosto (60 %); H3 se define por una temperatura superficial de 24.12 °C, salinidad de 35.34 ups y 0.15 mg·m⁻³ de clorofila. Lo que se observa en el periodo enero-julio de 2023 en la zona de Cabo Pulmo, es el colapso de H15, la expansión anómala de H11 a inicios de año (95 %) y posteriormente H3 que creció a partir de febrero y cubrió más del 80 % del área considerada en mayo y junio. Estas anomalías implican la presencia de aguas con menor temperatura y menor concentración de clorofila respecto a las condiciones promedio (figura 11a)). Si bien H15 suele ser el hábitat pelágico de mayor extensión en la zona de Cabo Pulmo, la distribución espacial en junio de 2023 muestra que fue el de menor área y se presentó de manera alternada con H11. Ambos hábitats se distribuyeron a lo largo de la costa, con un parche más oceánico que se encontró separado por una gran área dominada por H3 (80 %; (figura 11b)).

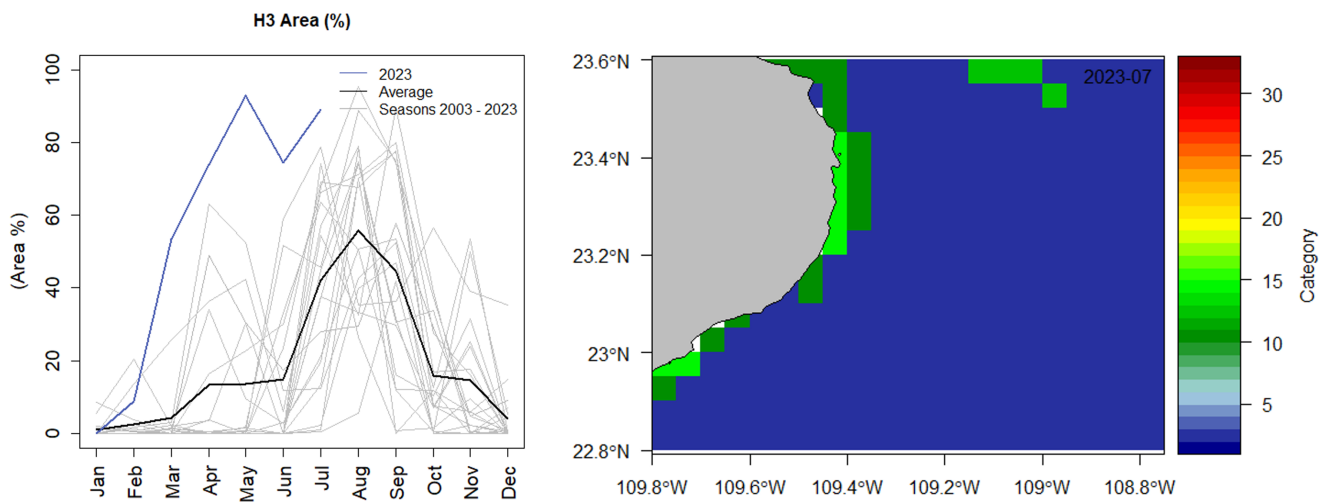


Figura 11: Paisaje Pelágico frente a Cabo Pulmo. a) Panel izquierdo: Comportamiento estacional del hábitat dominante H15 (2003-2023). b) Panel derecho: Distribución espacial de los hábitats pelágicos en Cabo Pulmo y zonas adyacentes durante junio de 2023.

4.3.4. Fitoplancton

Las climatologías de los grupos fitoplanctónicos representativos, diatomeas, dinoflagelados y cocolitofóridos a lo largo del periodo 2002-2023, se presentan en la figura 12. Los datos diarios han sido recopilados del Servicio de Vigilancia Marina Copernicus (CMEMS). Las barras azules indican las climatologías, mientras que las líneas negras muestran los promedios mensuales de enero a septiembre de 2023. Estos datos revelan dos ciclos estacionales: el primero en invierno, de diciembre hasta marzo, y el segundo en verano, con máximos promedios en junio.

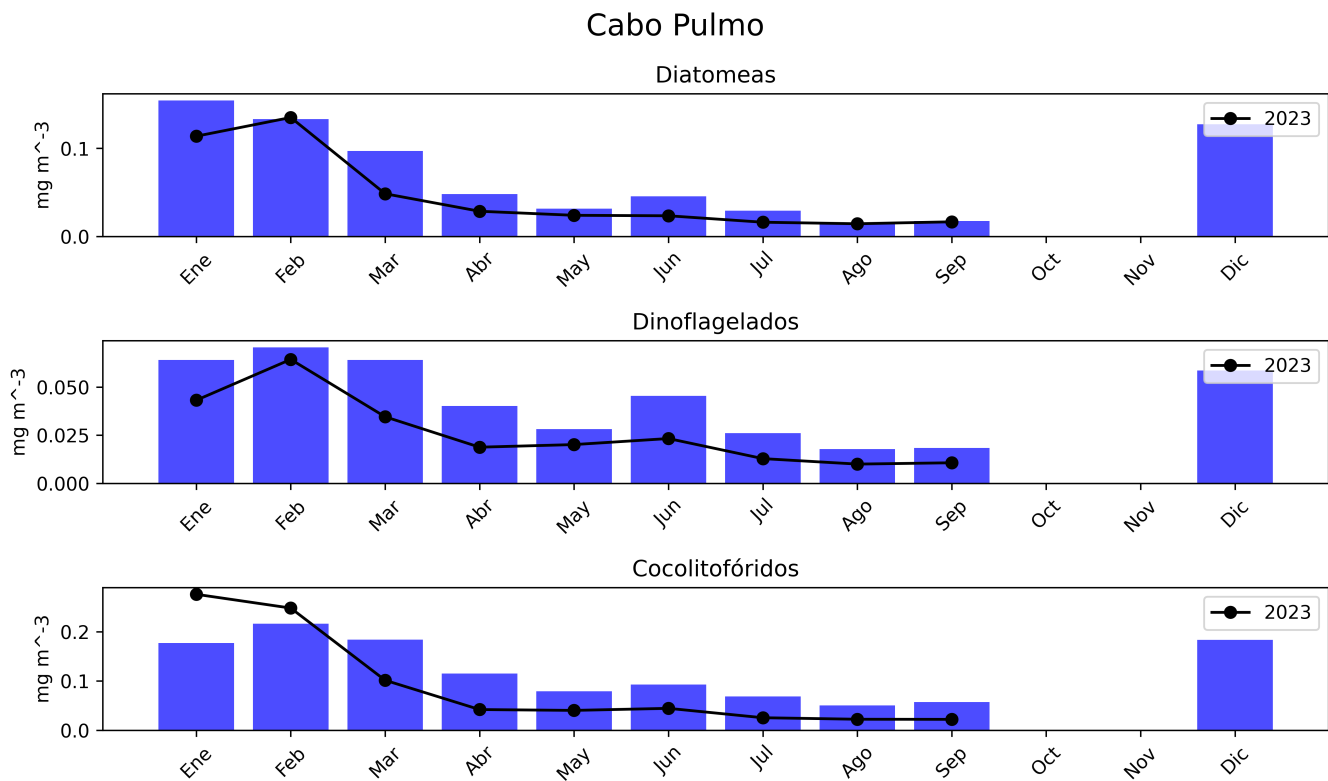


Figura 12: Climatologías de la concentración de grupos fitoplanctónicos expresada en CLO en el agua de mar en Cabo pulmo.

4.4. Bahía de La Paz

4.4.1. Series de tiempo

Las condiciones climatológicas y anomalías de TSM, CLO y ANM a lo largo del tiempo (2002-2023) para La Paz se muestran en la figura 13. Los paneles A, C y E, muestran las climatologías mensuales, las líneas negras indican los valores en 2023 (hasta septiembre). Los paneles B, D y F muestran las anomalías a lo largo del tiempo, la línea negra indica los datos del MEI.

La TSM desde junio ha estado por encima de sus valores climatológicos, en agosto y septiembre esta diferencia fue de 1.5 °C. Esto coincide con anomalías positivas del MEI, que en el bimestre agosto-septiembre tuvo un valor de 0.6, lo que indica el inicio de la presencia del fenómeno de El Niño en la región.

Durante todo el año la CLO ha estado por debajo de los promedios climatológicos. Especialmente de junio a septiembre, los registros mensuales son anómalamente bajos.

Las ANM han sido positivas desde mayo y hasta septiembre. Específicamente de junio a septiembre los valores son anómalamente positivos por más de 0.1 m.

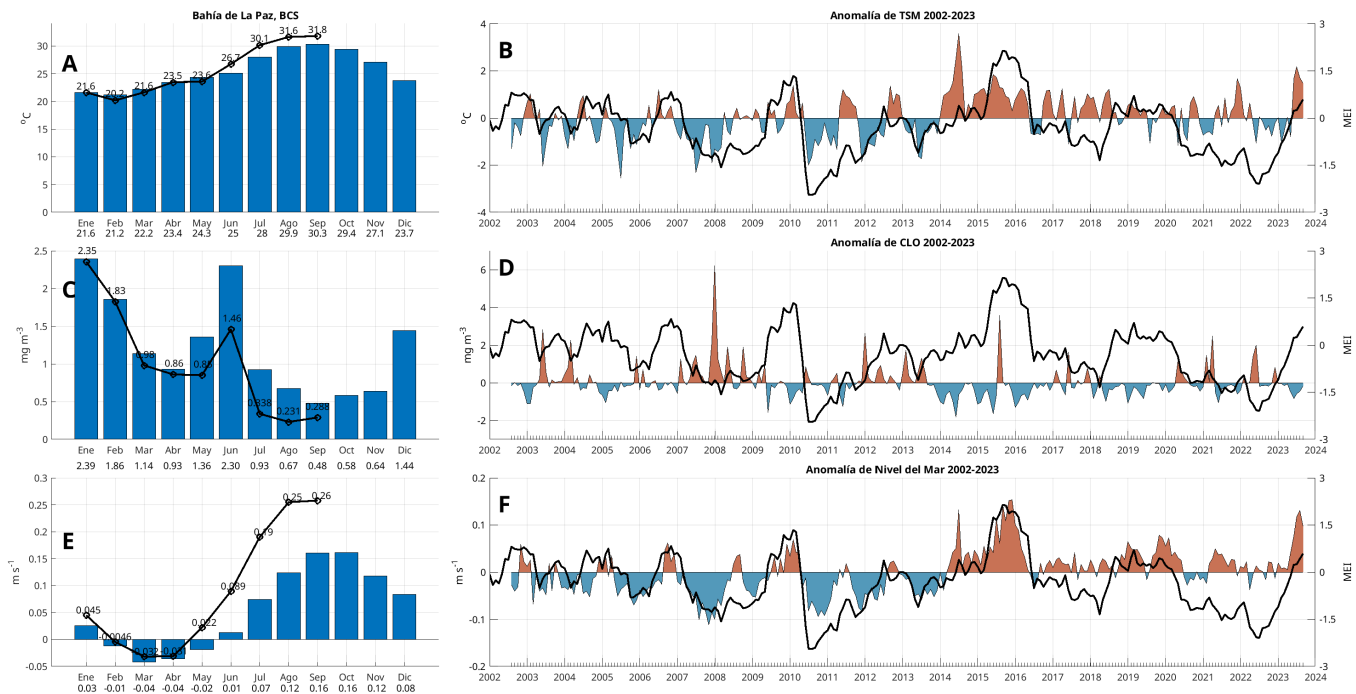


Figura 13: Climatologías mensuales y anomalías interanuales de TSM, CLO y ANM durante 2023 para La Paz. Las barras azules en los paneles A, C y E son las climatologías mensuales de cada variable. Los números en la base de las barras indican los valores de cada mes. Las líneas negras con círculos muestran los valores de enero a septiembre de 2023, sus valores se indican encima de cada círculo. Las series de tiempo de los paneles B, D y F representan las anomalías interanuales, la línea negra es el índice MEI.

La figura 14 contiene la serie de tiempo del nivel del mar absoluto (m) en Bahía de La Paz, BCS, desde el 1 de enero de 1993 hasta el 12 de septiembre de 2023. Destacan los máximos de 1997-1998, asociado al un evento del Niño, 2014 debido al Blob cálido, y 2015 debido al evento del Niño más reciente. Esta variable contiene el incremento del nivel del mar debido al calentamiento global. En esta localidad la tendencia es de 2.4 mm/año y de 72 mm en los 30 años de este registro.

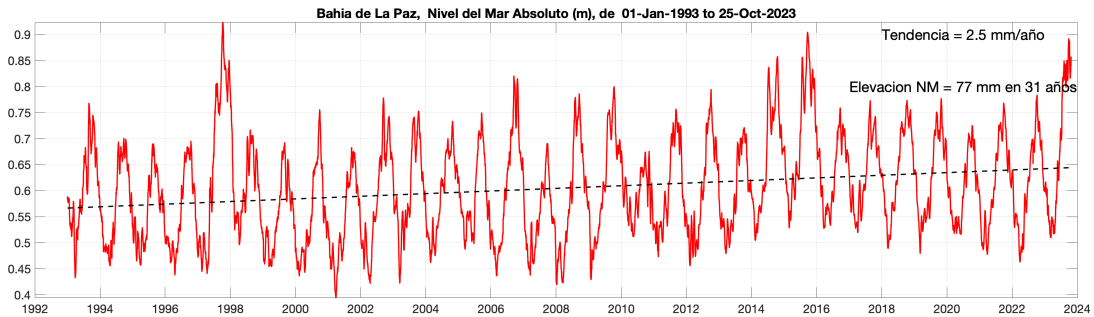


Figura 14: Nivel del mar absoluto (m) en Bahía de La Paz, BCS. Inicia el 1 de enero de 1993 y termina el 12 de septiembre de 2023. Incluye el nivel del mar con referencia al Geoide. Incluye la tendencia de largo período debida a calentamiento global.

4.4.2. Registro meteorológico en Estación El Mogote, B. C. S. Del 01 de julio al 31 de agosto de 2023

Las figuras 15, 16 y 17, muestran series de tiempo de la Temperatura del aire (T_{air}) y Humedad relativa (H_r), velocidad, rachas y dirección predominante del viento (Dirección en forma vectorial) así como la dirección predominante en forma de rosa de vectores. La T_{air} y H_r , observadas en la estación El Mogote, mostraron valores máximos de 39.7, promedio de 30.5 y mínimas de 22.1 °C a principios de julio. La Humedad mostró valores máximos de 84.5, 61.0 y 25.0 de Humedad relativa. Durante agosto, se observaron los efectos del Huracán Hilary cuya trayectoria se acercó a la Bahía de La Paz el 19 al 20 de agosto. Durante estos días, la T_{air} disminuyó y las condiciones de humedad relativa (H_r) indicaron un incremento asociado a las lluvias generadas por Hilary.

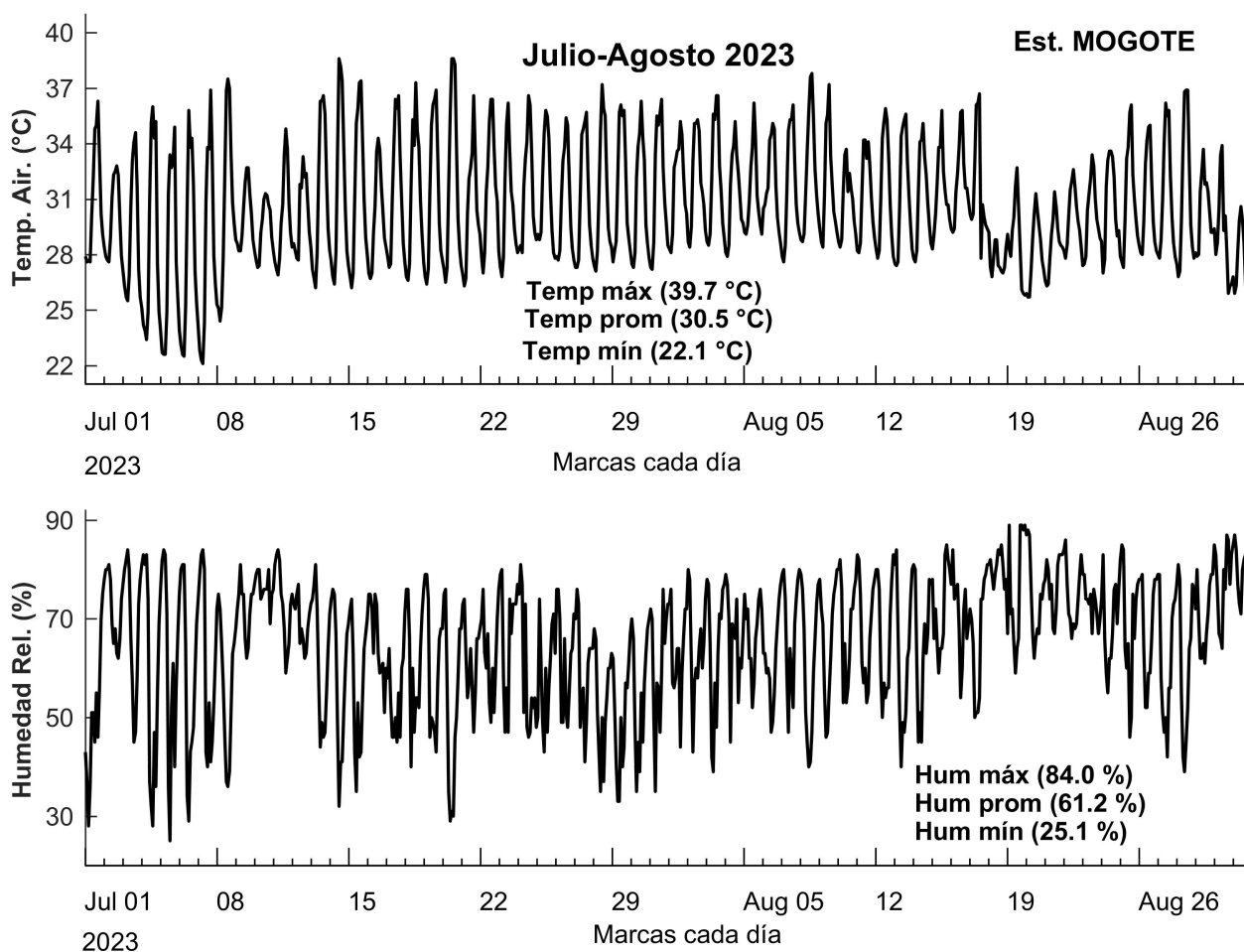


Figura 15: Series de tiempo de: Temperatura del aire (panel superior) y Humedad Relativa (Panel inferior) registrados en la Estación meteorológica ubicada en El Mogote (MOG) en la bahía de La Paz.

Los valores de velocidad y rachas de viento (figura 15, Panel superior) mostraron valores del orden de 8.0-10 m/s y rachas >12 m/s. Las velocidades y rachas mayores se observaron el 19 de agosto cuando la trayectoria del Huracán Hilary tuvo su punto más cercano a la bahía de La Paz. La dirección predominante del viento registrada en El Mogote se muestran en el panel

inferior en forma vectorial, mostrando episodios continuos de velocidad y rachas máximas de viento del sur-suroeste (8.0 a 10.0 m/s). El 19 de agosto se observó el efecto del Huracán Hilary en los valores de Velocidad y dirección del viento (>12.0 m/s, y dirección del sur y sureste). La dirección predominante del viento para el período analizado, se muestra en forma de rosa de vectores (figura 17), donde el número de vectores se muestra de acuerdo con su dirección predominante (valores de julio y agosto cada 2 horas). Los vectores en rojo indican los ejes principales del vector del viento.

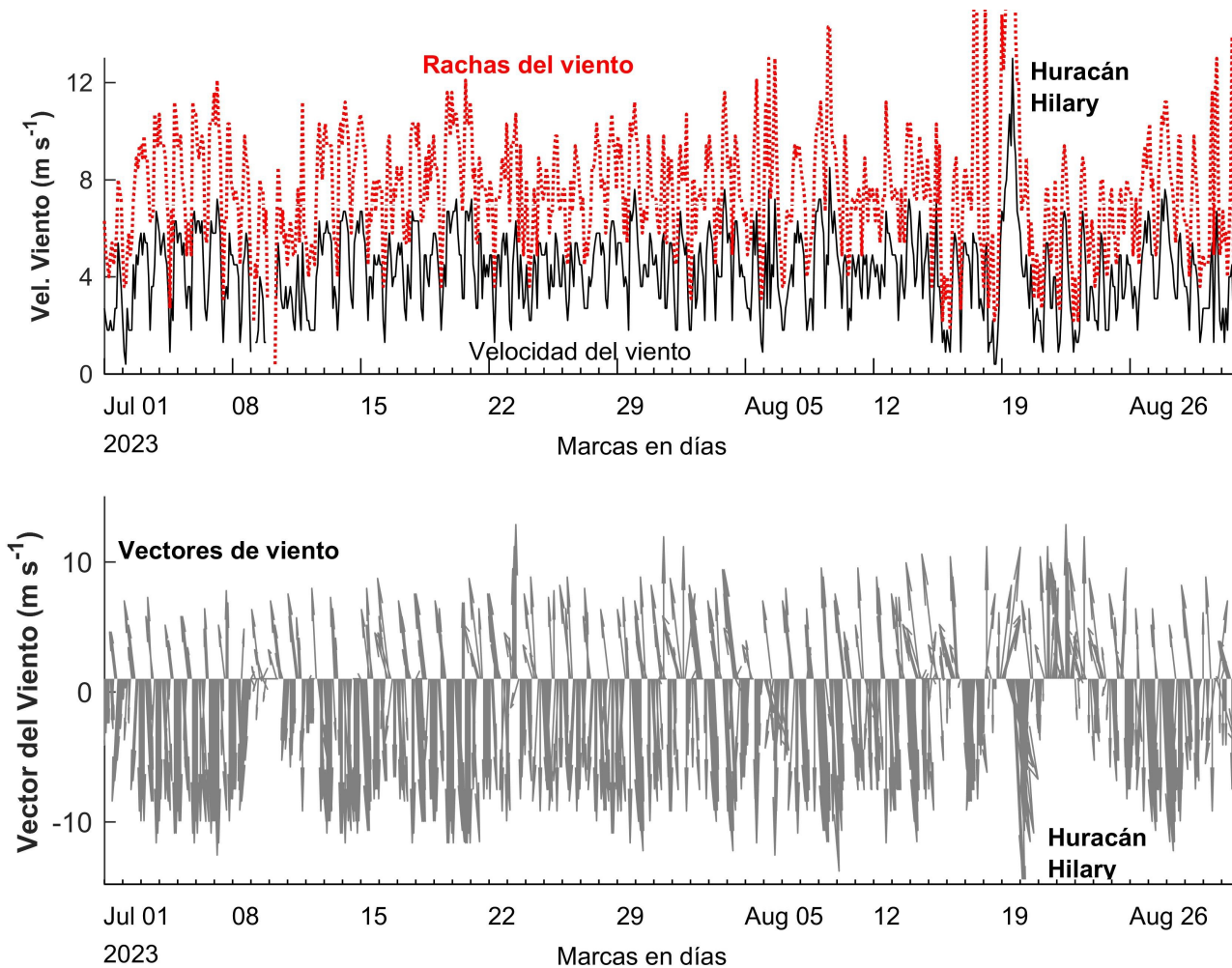
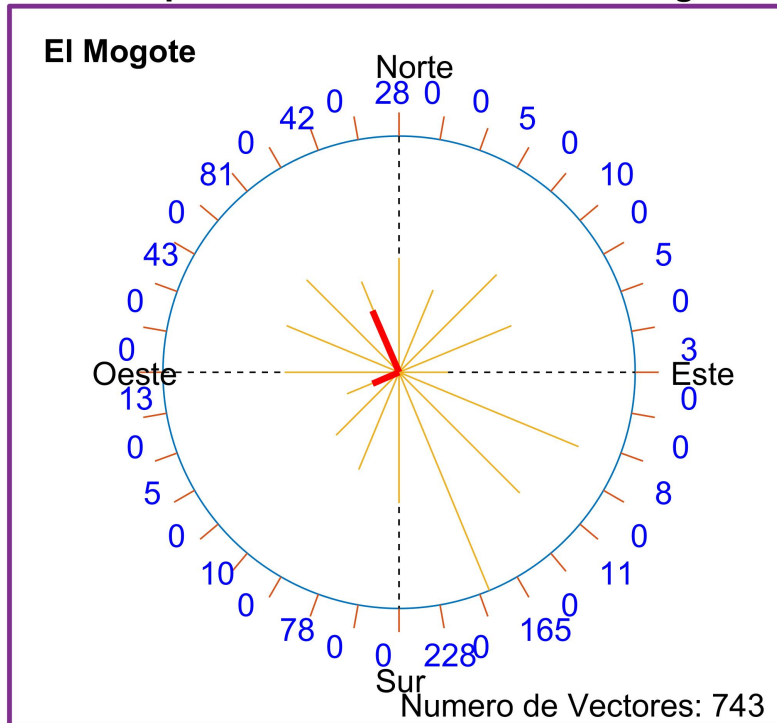


Figura 16: Series de tiempo de Velocidad (en negro) y Rachas (en rojo) del viento (Panel superior). Vectores de viento (dirección predominante) del viento registrado en la Estación meteorológica ubicada en El Mogote (MOG) en la bahía de La Paz (Panel inferior)

Dirección predominante del viento Jul-Ago 2023



Magnitud del Radio del Circulo: 13 m/s

Ocurrencia en Intervalos de 10 grados

Figura 17: Resumen condensado de la dirección predominante del viento durante julio y agosto, 2023 en forma de rosa de vectores, el número en el círculo indica el número de vectores (cada 2 horas) con dirección predominante. Los vectores en rojo indican los ejes principales del vector del viento.

4.4.3. Paisaje Pelágico (BLP)

El hábitat pelágico H15 es dominante en la Bahía de La Paz, particularmente entre abril y octubre, cuando llega a ocupar el 90% del área de la bahía y la zona adyacente (figura 18a)). La categoría H15 se conforma en torno a condiciones de temperatura superficial de 25.35 °C, salinidad de 35.4 ups, y concentración de clorofila de 0.32 mg·m⁻³. La primera mitad de 2023 muestra un colapso de H15, ya que solo se presentó hasta el mes de junio (40%), aunque aún muy por debajo del área que ha ocupado históricamente en promedio durante el mismo mes (78%). La contracción de H15 en lo que va de 2023 implica la presencia de aguas más frías y menor concentración de clorofila (figura 18). El mapa de Bahía de La Paz muestra que en el mes de junio H15 fue el hábitat con mayor área, tanto en zonas costeras como en aguas adyacentes a la bahía (figura 18b)). En sentido estricto, H11 es el que ocupa mayor área dentro de la bahía, acompañado por áreas pequeñas y costeras ocupadas por H21 y caracterizadas por temperaturas ligeramente inferiores al resto de hábitats pelágicos, pero de mayor concentración de clorofila (figura 18b)).

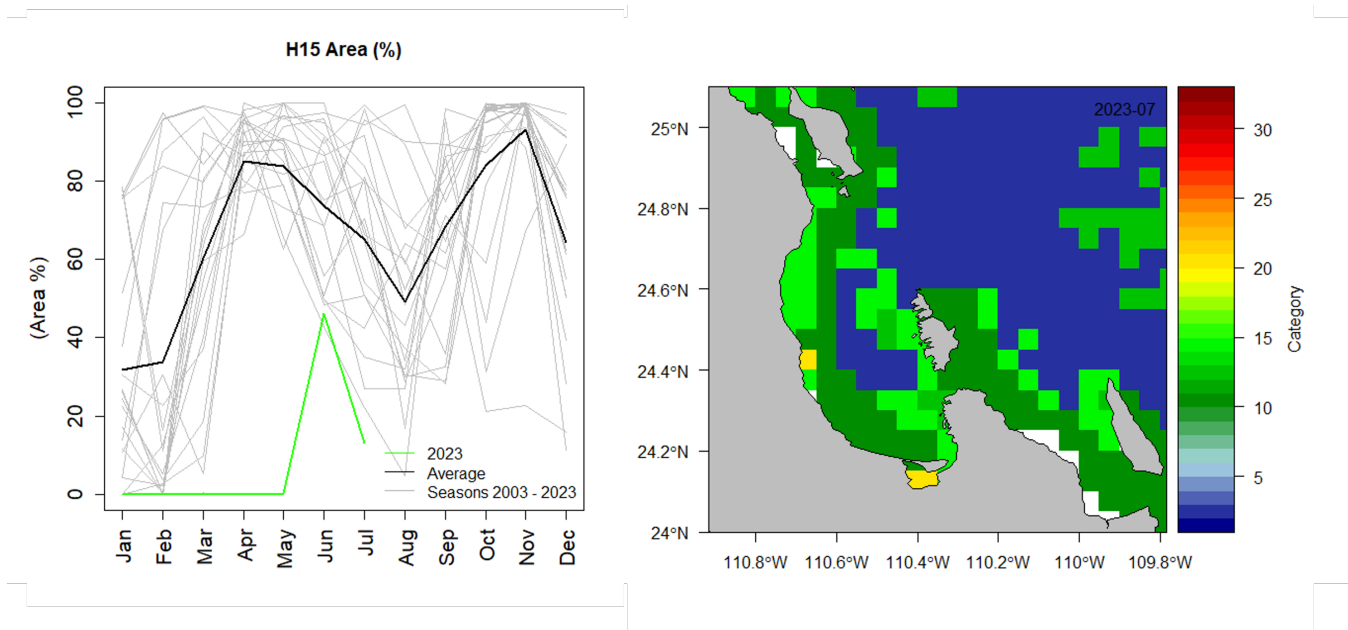


Figura 18: Paisaje Pelágico en la Bahía de La Paz. a) Panel izquierdo: Comportamiento estacional del hábitat dominante H15 (2003 - 2023). b) Panel derecho: Distribución espacial de los hábitats pelágicos en Bahía de La Paz y zona adyacente durante junio de 2023.

4.4.4. Fitoplancton

Las concentraciones climatológicas de los grupos fitoplanctónicos representativos, diatomeas, dinoflagelados y cocolitofóridos a lo largo del periodo 2002-2023, se presentan en la figura 19. Los datos diarios han sido recopilados del Servicio de Vigilancia Marina Copernicus (CMEMS). Las barras azules indican las climatologías, mientras que las líneas negras muestran los promedios mensuales de enero a septiembre de 2023. Diatomeas y dinoflagelados exhiben dos ciclos estacionales: el primero en invierno, de diciembre hasta marzo, y el segundo en verano, con máximos promedios en junio.

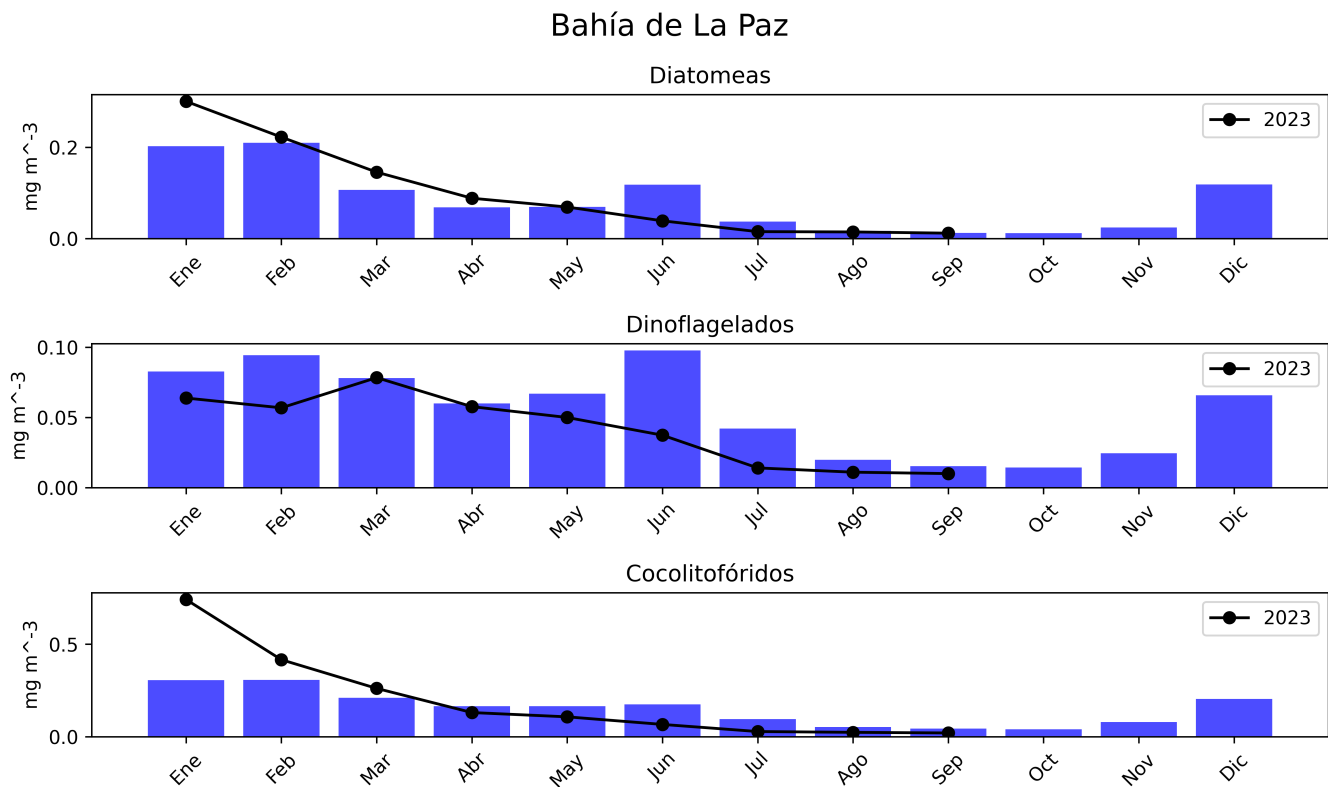


Figura 19: Climatologías de la concentración de grupos fitoplanctónicos expresada en CLO en el agua de mar en Bahía de La Paz.

4.5. San Juanico, Golfo de Ulloa

4.5.1. Series de tiempo

Las condiciones climatológicas y anomalías de TSM, CLO y ANM a lo largo del tiempo (2002-2023) para San Juanico se muestran en la figura 20. Los paneles A, C y E, muestran las climatologías mensuales, las líneas negras indican los valores en 2023 (hasta septiembre). Los paneles B, D y F muestran las anomalías a lo largo del tiempo, la línea negra indica los datos del MEI.

La TSM de junio a septiembre ha estado por encima de sus valores climatológicos. En julio y agosto fue anómalamente positiva por más de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, en septiembre esta diferencia de solo $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esta disminución en el valor de las anomalías positivas no refleja la aparente entrada de El Niño observada en Cabo Pulmo y La Paz.

La CLO desde julio y hasta septiembre tuvo valores por debajo de los promedios climatológicos. Las anomalías negativas fueron del orden de -3 mg m^{-3} .

Las ANM han sido positivas durante todo el año. Particularmente agosto y septiembre presentan las anomalías positivas más grandes con un aumento de más de 0.12 m respecto a los valores climatológicos.

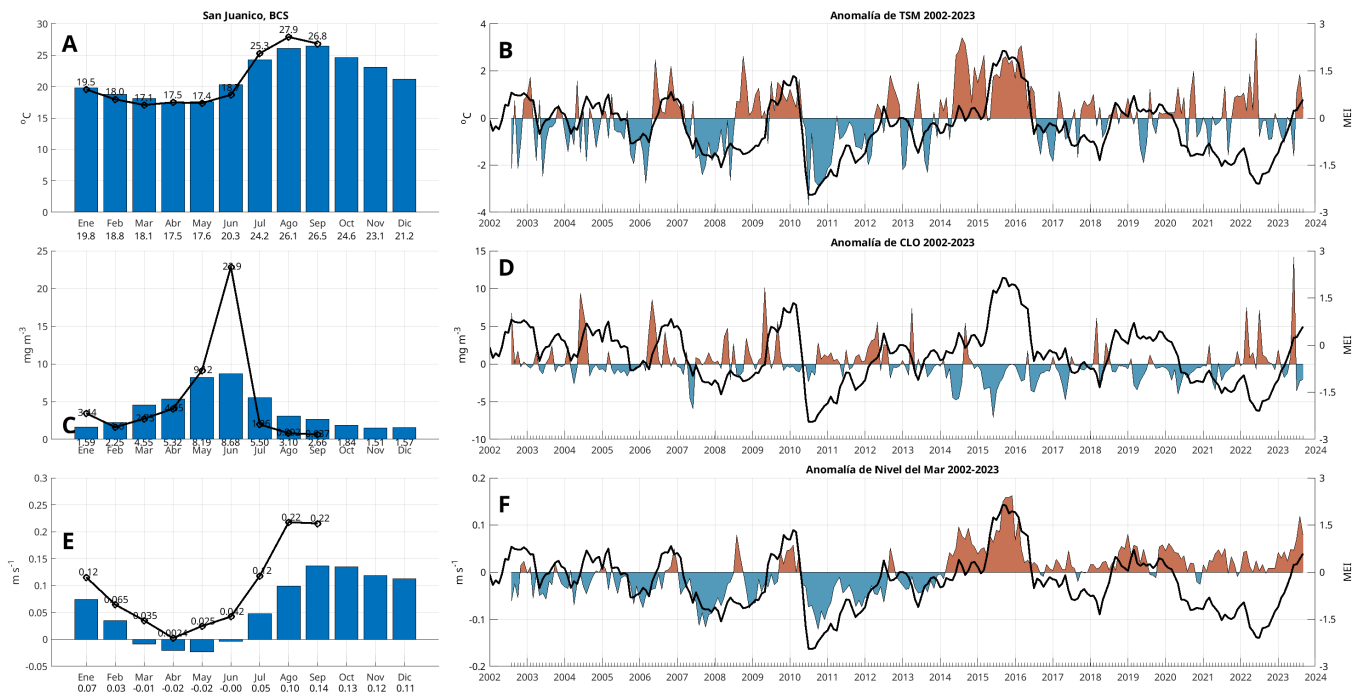


Figura 20: Climatologías mensuales y anomalías interanuales de TSM, CLO y ANM durante 2023 para San Juanico. Las barras azules en los paneles A, C y E son las climatologías mensuales de cada variable. Los números en la base de las barras indican los valores de cada mes. Las líneas negras con círculos muestran los valores de enero a septiembre de 2023, sus valores se indican encima de cada círculo. Las series de tiempo de los paneles B, D y F representan las anomalías interanuales, la línea negra es el índice MEI.

La figura 21 contiene la serie de tiempo del nivel del mar absoluto (m) en San Juanico, costa pacífico norte de BCS, desde el 1 de enero de 1993 hasta el 12 de septiembre de 2023. Destacan los máximos de 1997-1998, asociado al un evento del Niño, 2014 debido al Blob cálido, y 2015 debido al evento del Niño más reciente. Esta variable contiene el incremento del nivel del mar debido al calentamiento global. En esta localidad la tendencia es de 2.7 mm/año y de 84 mm en los 30 años de este registro.

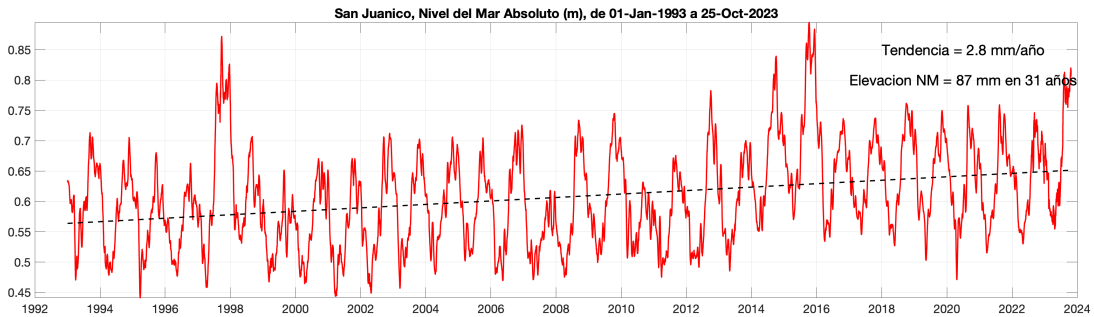


Figura 21: Nivel del mar absoluto (m) en San Juanico, costa pacífico norte de BCS. Inicia el 1 de enero de 1993 y termina el 12 de septiembre de 2023. Incluye el nivel del mar con referencia al Geoide. Incluye la tendencia de largo período debida a calentamiento global.

4.5.2. Viento (VTO) *in situ*

Las observaciones de viento *in situ* registradas durante el mes de julio de 2023 no muestran cambios en la configuración normal de los vientos de acuerdo a la climatología 2008-2023 (figura 22). Se puede ver de la Figura como el régimen de vientos durante agosto de 2023 es alterado drásticamente comparado con la climatología dada por las observaciones en la estación San Juanico. El patrón de los vientos es más amplio desde el sureste (S-E) y hacia el norte con una componente desde el Sur-Suroeste que no es típica de la región. Esta ampliación en el patrón de los vientos es efecto del Huracán Hilary cuya trayectoria fue cercana a esta zona. Para septiembre el régimen de vientos es muy similar al definido por la climatología.

Los gráficos de caja muestran que la intensidad del viento *in situ* durante los meses de julio a septiembre en la estación de San Juanico presenta valores extremos (Fig. 23, *outliers*) como resultado de la influencia de ciclones tropicales con trayectoria cercana a la región. Dos años consecutivos dejan ver el efecto de los huracanes Kay (septiembre 2022) y Hilary (agosto de 2023) en el aumento de la intensidad de los vientos por arriba de los 60 km/h. Previo a estos dos eventos, sólo en septiembre de 2014 los vientos logran superar los 50 km/h de magnitud según las observaciones. Para esa fecha, el huracán categoría 3 (en la escala Saffir-Simpson) mostró también una trayectoria cercana a la región.

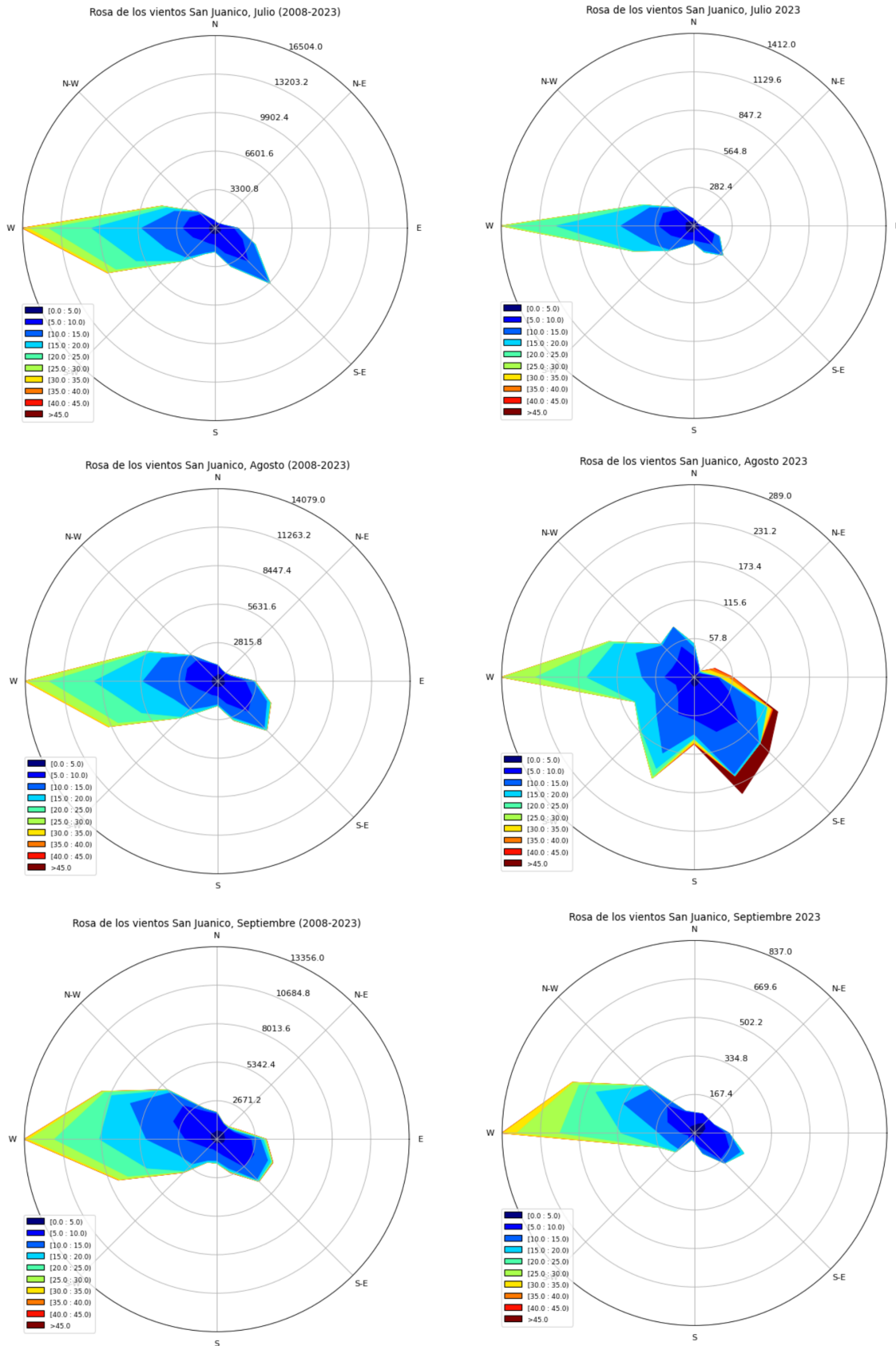


Figura 22: Climatología vs. observaciones de la dirección e intensidad de los vientos en la estación San Juanico durante los meses de julio a septiembre de 2023. Un cambio del patrón normal de los vientos durante agosto de 2023 muestra el efecto del Huracán Hilary con una trayectoria cercana a la zona.

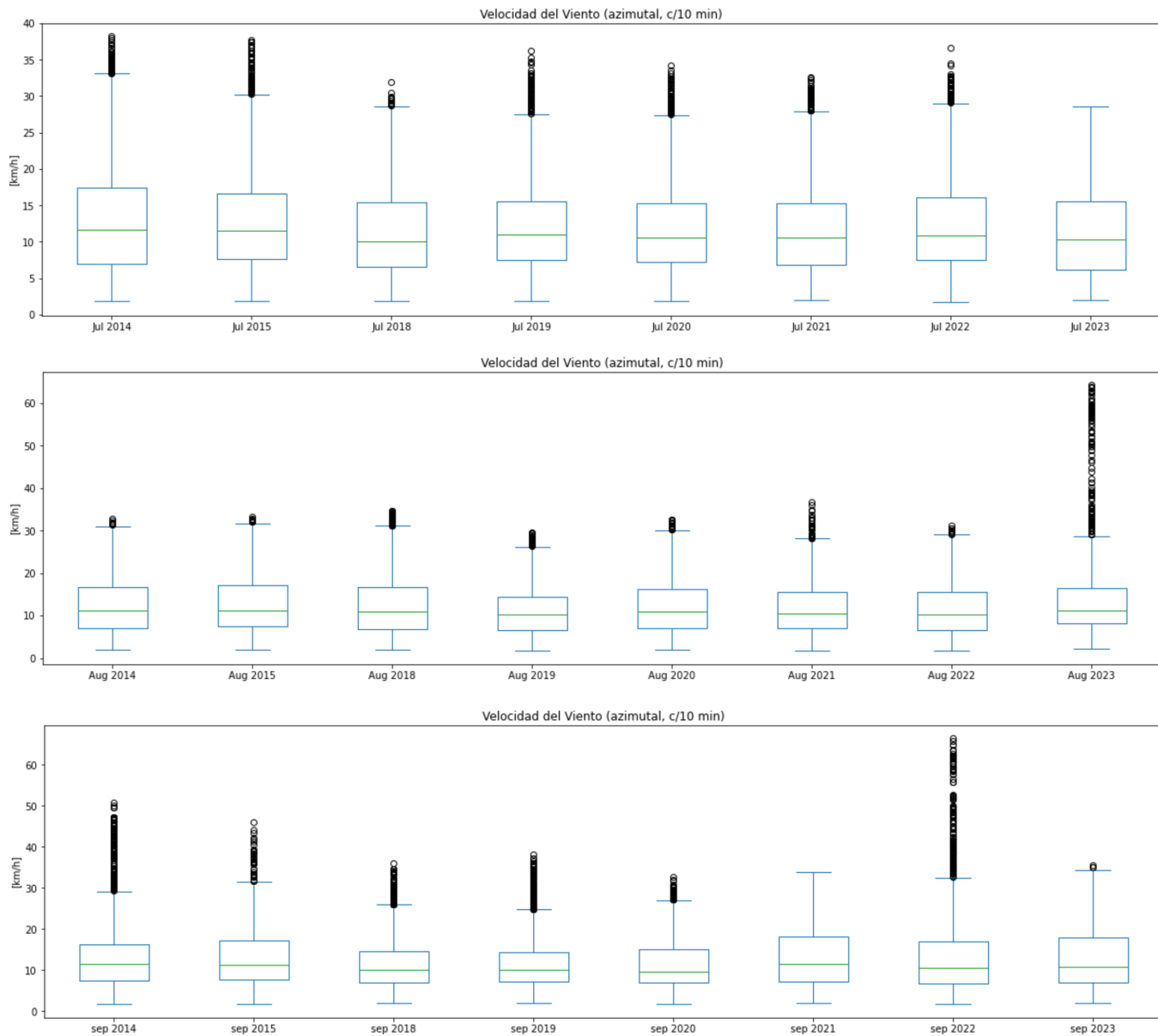


Figura 23: Análisis de caja de la intensidad de los vientos en la estación San Juanico durante los meses de julio a septiembre de 2023. Los bigotes superiores de cada caja nos definen el umbral donde los vientos fuertes son persistentes durante el mes, los círculos representan aquellos eventos aislados de viento intenso (*outliers*). Resalta el mes de agosto de 2023 con eventos aislados de vientos sostenidos mayores a 60 km/h como resultado de la influencia del huracán Hilary en la región. Algo similar sucede con el paso del huracán Kay en trayectoria cercana a San Juanico durante septiembre de 2022.

4.5.3. Paisaje Pelágico (GU)

El paisaje pelágico del Golfo de Ulloa se caracteriza por su diversidad de hábitats a lo largo del año. La categoría H17, ocupa la mayor área entre enero y abril (35-40%); se define por una temperatura superficial de 20.89°C, salinidad de 33.59 ups y una concentración de clorofila de 0.17 mg·m⁻³. Por su parte, H21 crece gradualmente de menos del 10% hasta el 30-40% en junio-julio. La transición de H17 a H21 conlleva un ligero incremento en temperatura (22.54°C),

salinidad (34.46 ups) y clorofila ($2.09 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$). En condiciones promedio, H15 se expande del 16 % en mayo-junio, al 40 % en septiembre-octubre (figura 24a)).

Las bajas porciones de área ocupadas por H17, entre enero y mayo de 2023, no tienen precedentes en el periodo observado (2003-2023). Esto significa una contracción del típico 35-40 % a menos del 5 % ocupado por H17 en los primeros cinco meses del año (figura 24a)). Las variaciones históricas de H17 indican que en el pasado ya se han presentado otros colapsos del área cubierta por este hábitat pelágico, un tanto similares en porcentaje a los de 2006-2007, 2014-2015 y 2015-2016, cuando incluso llegó a desaparecer brevemente, aunque en ninguno de esos casos se presentó el desfase fenológico tan duradero de 2023. Aunque se observa la expansión ligera de H17 en junio de 2023, este se mantuvo por debajo de los mínimos históricos (figura 24). El conjunto de cambios observados en la primera mitad del 2023 indican que, casi todo el Golfo de Ulloa experimentó una disminución de temperatura ($<13^\circ\text{C}$) y clorofila ($<0.84 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$). La distribución espacial de las categorías de hábitats pelágicos en el mes de junio muestra una mayor extensión de H21 que se presenta de la costa hacia mar adentro, seguida por H14, H7 y finalmente aparece H17 de manera dispersa. Esta distribución sugiere que la mayor concentración de clorofila se encuentra en la costa ($\sim 2.09 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$) y la presencia de un gradiente de temperatura, siendo mayor en la costa y menor hacia afuera, con excepción de los parches de H17 que implican temperaturas intermedias ($\sim 20.89^\circ\text{C}$) pero ocupando áreas pequeñas (figura 24b)).

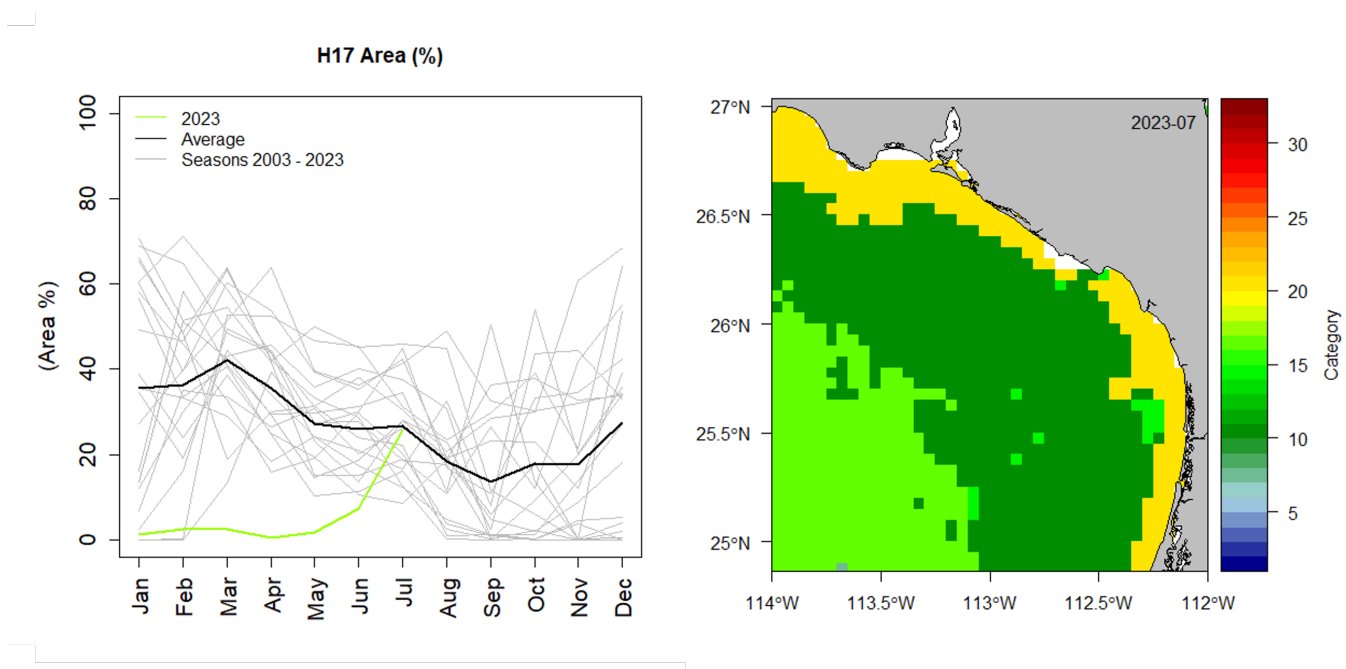


Figura 24: Paisaje Pelágico en el Golfo de Ulloa. a) Panel izquierdo: Comportamiento estacional (2003-2023) del hábitat dominante H17 en el Golfo de Ulloa. b) Panel derecho: Distribución espacial de los hábitats pelágicos en el Golfo de Ulloa durante junio de 2023.

4.5.4. Fitoplancton

Las concentraciones climatológicas de los grupos fitoplanctónicos representantes diatomeas, dinoflagelados y cocolitofóridos a lo largo del tiempo (2002-2023) se ilustran en la figura 25. Los datos diarios han sido obtenidos del CMEMS. Las barras azules reflejan las climatologías, mientras que las líneas negras representan los promedios mensuales de enero a septiembre de 2023. Estos

datos revelan un ciclo estacional pronunciado en verano, abarcando desde abril hasta julio.

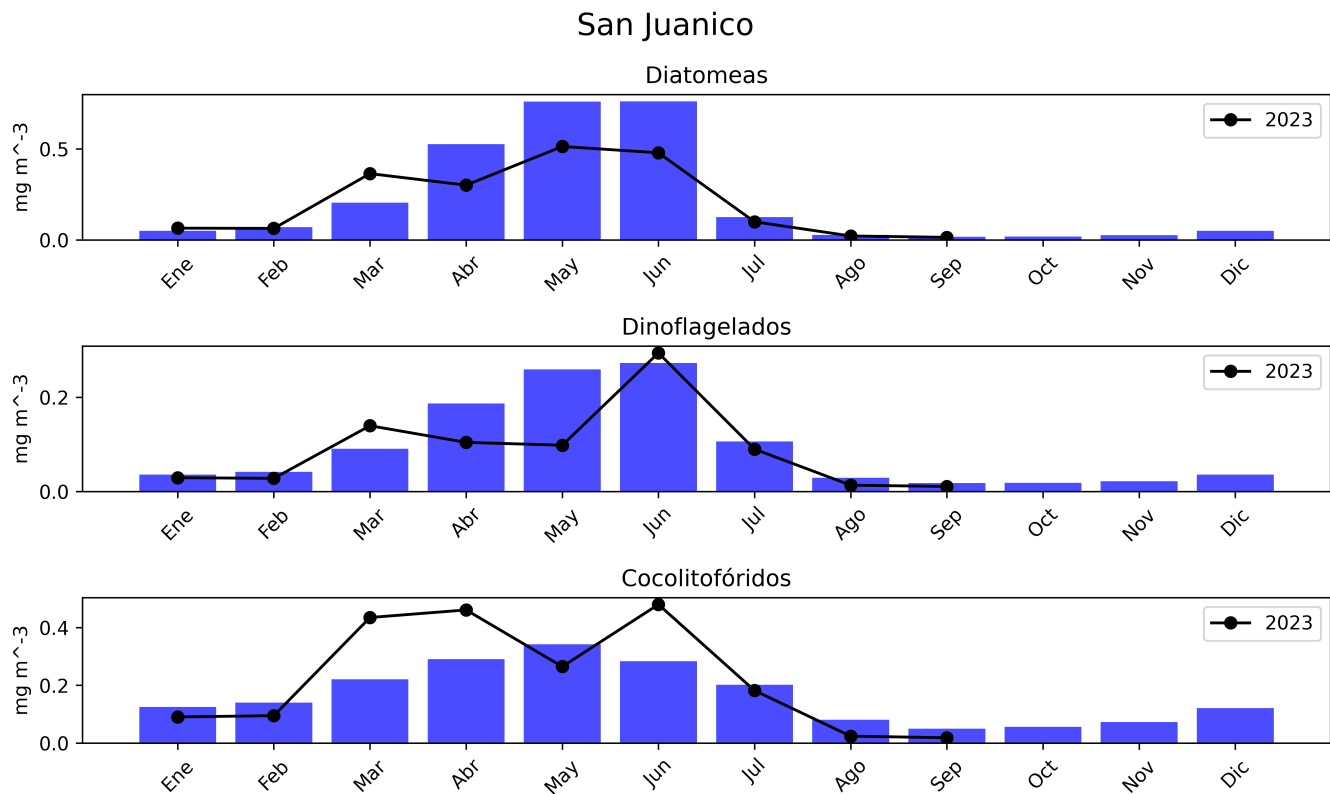


Figura 25: Climatologías de la concentración de grupos fitoplanctónicos expresada en CLO en el agua de mar en San Juanico.

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

En el boletín no. 1 se señaló que esta región presentó de enero a junio de 2023 un ligero descenso en los valores medios de las temperaturas. En esta ocasión se presenta el análisis de las temperaturas en el periodo julio-septiembre 2023 comparado con los datos históricos (periodo 1981-2017).

A nivel global se generaron diversos reportes sobre las temperaturas elevadas registradas en julio de 2023; Tollefson (2023) (<https://www.nature.com/articles/d41586-023-02552-2>) señaló que la temperatura del planeta para julio fue de 1.54 °C por arriba del promedio preindustrial, mientras que Viñas (2023) (<https://www.nasa.gov/nasa.gov/press-release/julio-de-2023-fue-el-mas-caluroso-registrado>) evidenció aumentos de hasta 4 °C en diversas regiones.

Las altas temperaturas del mes de julio, e incluso agosto, también fueron registradas en el Valle de Santo Domingo, Baja California Sur. De acuerdo con datos proporcionados por el Observatorio Meteorológico no. 3132 (25.00° Latitud N, -111.64° Longitud Oeste) localizada en el Valle de Santo Domingo en Ciudad Constitución, Comondu, México, se presentaron temperaturas promedios para los meses de julio y agosto de 2023 por arriba del promedio mensual histórico (datos 1981-2017). La Figura 26, muestra como las temperaturas promedio de julio y agosto presentaron anomalías positivas de 1.3 y 1.6 °C con respecto a los promedios históricos. Asimismo, al comparar los promedios mensuales de las temperaturas máximas y mínimas registradas en julio y agosto de 2023 con los promedios históricos (Figura 27), se observaron anomalías positivas de 1.5 y 1.2 °C, respectivamente, en las temperaturas máximas, y de 1.2 y 2.0 °C en las temperaturas mínimas. En lo que respecta a las temperaturas del mes de septiembre de 2023, estas presentaron una anomalía negativa en la temperatura media de 2.7 °C (Figura 26), mientras que las medias de las temperaturas máximas y mínimas también presentaron una anomalía negativa de 2.5 y 2.9 °C, respectivamente (Figura 27).

Las anomalías positivas detectadas en la región agrícola del Valle de Santo Domingo (julio y agosto), concuerdan también con la situación de las anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) (de 1°C), descritas para la región del Golfo de Ulloa-San Juanico presentado en la sección 4.5 de este boletín; asimismo, la reducción de las temperaturas del mes de septiembre en el Valle de Santo Domingo, que resultaron en una anomalía negativa concuerda con la tendencia de disminución de la TSM en el Golfo de Ulloa en el mismo mes aun cuando generó una anomalía positiva de 0.3 °C. En un contexto general, se observa la vinculación del océano con la atmósfera, por ende en las condiciones climáticas de una región se ven influenciadas.

La anomalía positiva de las temperaturas en la región agrícola del Valle de Santo Domingo pudo ocasionar impactos negativos en la actividad productiva. De manera general, las altas temperaturas incrementan la necesidad de riego en los cultivos, modifican la duración de su fenología, así como influyen en la presencia de plagas y enfermedades, lo que ocasiona afecciones a la productividad de los cultivos, la economía y la seguridad alimentaria en la región. A manera de ejemplo, la Figura (Figura 28) muestra dos mazorcas de maíz con distinto grado de afectación en la producción de grano debido a la asincronía floral suscitada por estrés por temperaturas elevadas en maíces establecidos en el Valle de Santo Domingo en el verano de 2023.

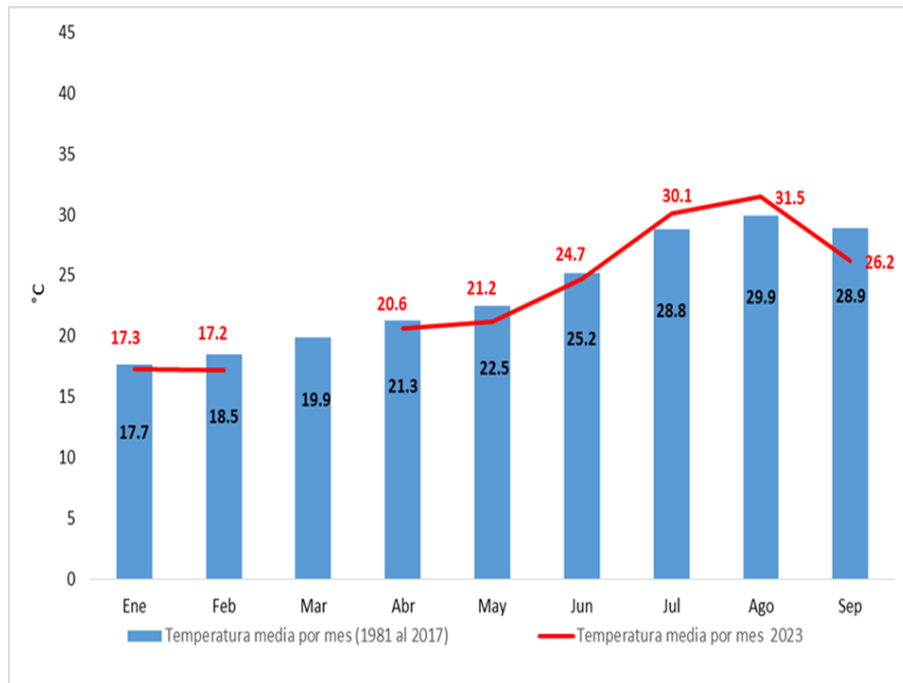


Figura 26: Comparativo de los promedios mensuales de la temperatura media (periodo 1981-2017 vs 2023) registrados en el observatorio meteorológico no. 3132 del Servicio Meteorológico Nacional en Ciudad Constitución, BCS. marzo de 2023 sin datos.

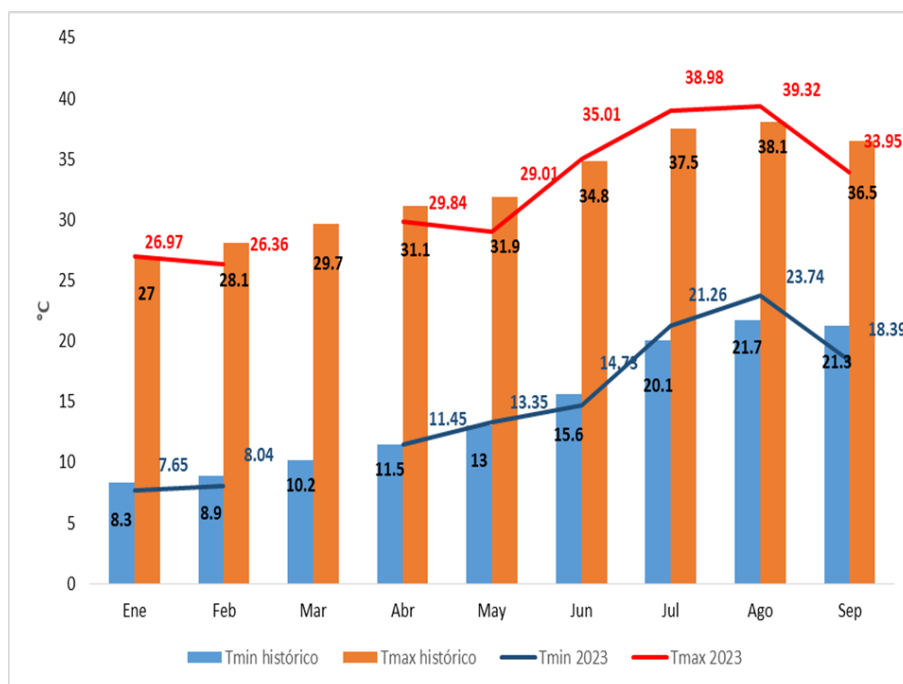


Figura 27: Comparativo entre los promedios de temperaturas máximas y mínimas históricas (1981-2017) con respecto a los promedios presentados en 2023. marzo de 2023 sin datos.



Figura 28: Mazorcas con afección por altas temperaturas derivado de asincronía floral. Autor: Dr. Jesús Navejas Jiménez, Investigador Sitio Experimental Valle de Santo Domingo del INIFAP.

4.6. **Ciclón tropical Norma**

El desarrollo del ciclón tropical Norma ocurrió entre el 15 y 23 de octubre. Primero, como una perturbación tropical a varios cientos de kilómetros de las costas de Oaxaca, Guerrero y Michoacán en el Océano Pacífico. Alcanzó una intensidad máxima con vientos sostenidos de 215 km/h (lo que corresponde a un huracán categoría 4) a 650 kilómetros frente a la costa de Los Cabos, mientras que los 24 pronósticos oficiales de trayectoria emitidos indicaban que el centro de Norma se aproximaría a Los Cabos así como una parte del Golfo de California. El primero de estos pronósticos se hizo 3 días antes de la llegada a tierra con intensidad en el rango de 90-120 km/h al pasar alrededor de Cabo San Lucas. La figura 29 presenta la estructura de nubosidad asociada a Norma mientras tenía una intensidad de 195 km/h (huracán, categoría 3) y se encontraba a 280 km al sur de Cabo San Lucas. Finalmente, el centro de Norma llegó a la costa el 21 de octubre con intensidad de 130 km/h según las estimaciones del Centro Nacional de Huracanes. Posteriormente, el sistema se desplazó al noreste hacia la costa del estado de Sinaloa.

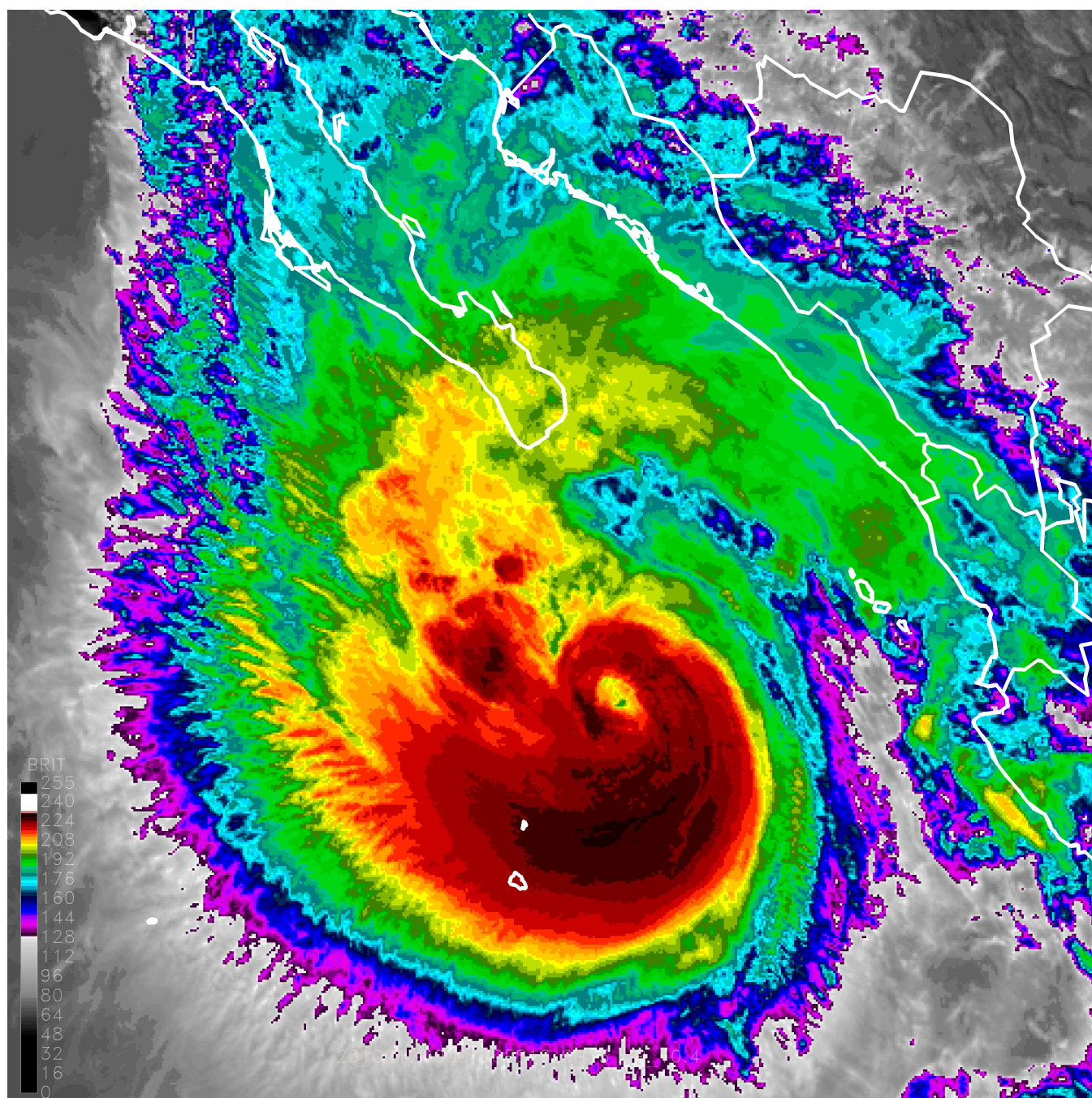


Figura 29: Imagen del satélite GOES, banda infrarroja, a la hora 2100 UTC del 21 de octubre, 2023. Los tonos color rojo y negro representan nubosidad alta a más de 15 kilómetros de altura sobre el nivel del mar.

Como se muestra en la figura 30, una característica de la lluvia que se presentó en estaciones meteorológicas en Baja California Sur fue la cantidad extraordinaria de lluvia acumulada, en periodos de 24 a 48 horas: hasta 488 mm en sitios a elevaciones entre 390 y 650 metros sobre el nivel del mar. Estas estaciones se encuentran en un rango de 10-105 kilómetros desde la ciudad de La Paz, capital del estado, y que causaron alteraciones en las vialidades por las que regularmente circula la población. La figura 30 muestra, además del centro de circulación de Norma, las observaciones preliminares de lluvia de los días 20–22 de octubre.

Precipitación acumulada (mm) del 20 al 22 de octubre de 2023 por el huracán Norma

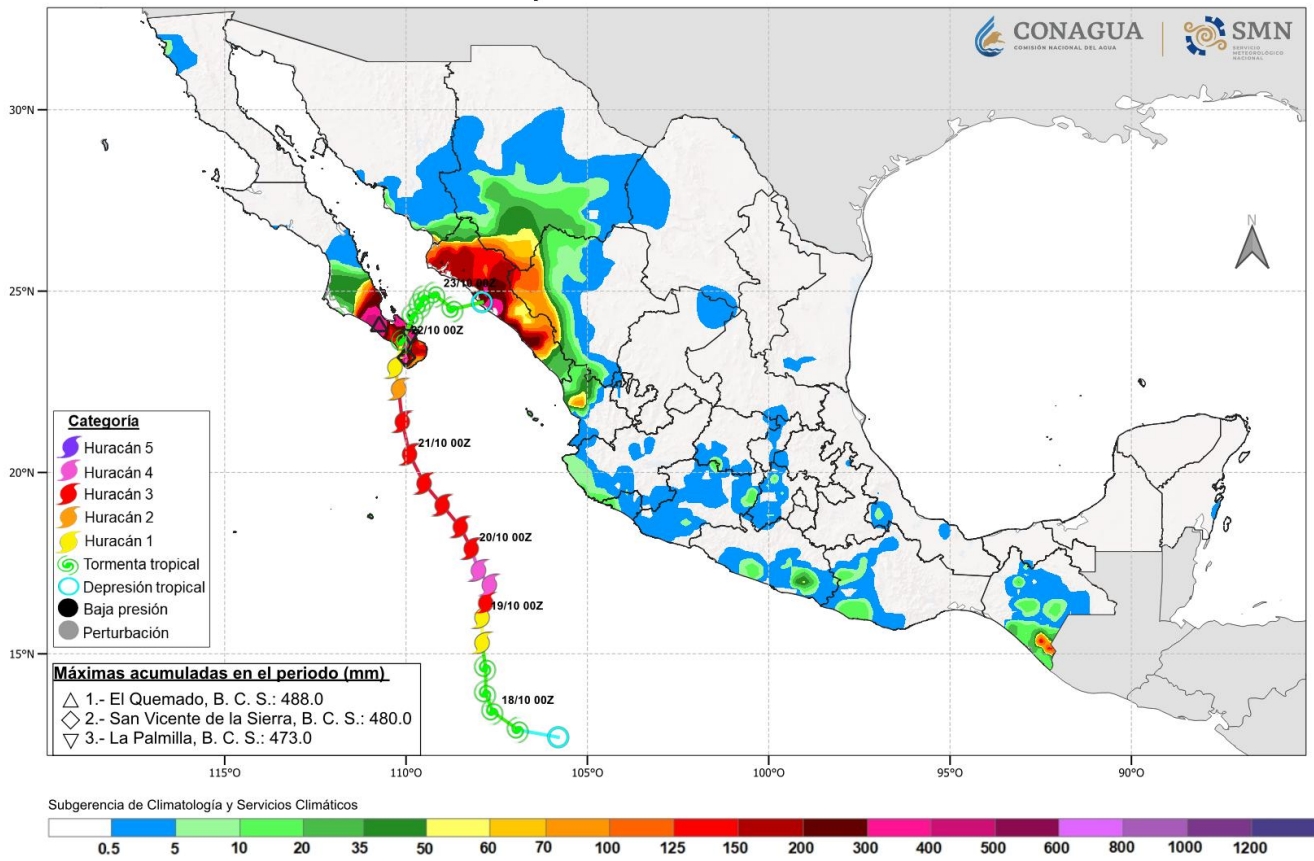


Figura 30: Precipitación acumulada (mm) del 20 al 22 de octubre de 2023 por el huracán Norma, cortesía del Servicio Meteorológico Nacional.

5. Glosario

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

6. Referencias

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

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

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

Herrera-Cervantes, H. 2019. Sea surface temperature, ocean color and wind forcing patterns in the Bay of La Paz, Gulf of California: Seasonal variability. *Atmósfera* 32(1): 25-38.

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.

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 ocean monitoring, management and conservation. *ICES Journal of Marine Science*. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw086>.

Mears, C.; Lee, T.; Ricciardulli, L.; Wang, X.; Wentz, F., 2022: RSS Cross-Calibrated.

Tollefson, J. 2023. Earth´s hottest month: These charts show what happened in July and what comes next. *The World this week News in focus*. *Nature* 620: 703-704. <https://www.nature.com/articles/d41586-023-02552-2>.

Torres-Hernández, M. Y., A. Trasviña-Castro, A. R. Rosales-Villa, and A. J. Souza. 2022. Dynamics of the surface circulation of La Paz Bay, Mexico. *Continental Shelf Research* 235 (15): 1-10, <https://doi.org/10.1016/j.csr.2022.104664>.

Viñas, M. J. 2023. Julio de 2023 fue el más caluroso registrado. National Aeronautics and Space Administration. <https://www.nasa.gov/nasa.gov/press-release/julio-de-2023-fue-el-mas-caluroso-registrado>.