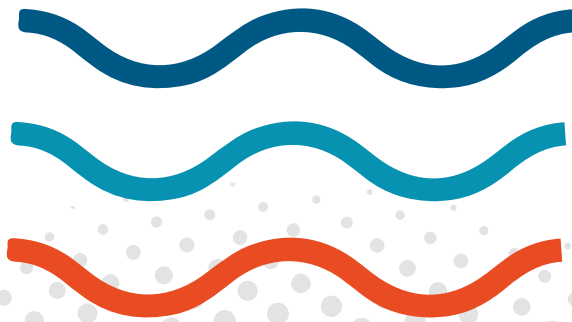




Boletín CEAZAMar JULIO 2024





Índice

» ¿QUÉ ES CEAZA? ¿QUÉ ES CEAZAMar?	03
» CRÉDITOS Y AGRADECIMIENTOS	04
» RESUMEN	05
» MENSAJES DESTACADOS	06
» ESTRUCTURA DEL BOLETÍN	07
» DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES ATMOSFÉRICAS Y OCEANOGRÁFICAS DE LA REGIÓN DE COQUIMBO	08
» Observaciones de la región Pacífico Sur Oriental	08
» Anomalía Mensual de la Temperatura Superficial del Mar (TSM)	08
» Condiciones Climáticas: Índices El-Niño Chileno (CEN) y El-Niño Este Pacífico (El-Niño EP)	09
» Nivel del Mar	10
» Velocidad y Dirección del Viento	12
» Temperatura Superficial del Mar (TSM)	14
» Clorofila superficial	16
» Observaciones locales	18
» Localización de las estaciones costeras en la Región de Coquimbo	18
» Punta de Choros	19
» Sistema Bahía de Tongoy - Punta Lengua de Vaca	22
» PRONÓSTICO A CORTO PLAZO	24
» Temperatura Superficial del Mar (TSM), oleaje, mareas y viento	24
» INFOGRAFÍA	25
» GLOSARIO	26
» ANEXOS	30
» Parámetros e instrumentos de las estaciones de monitoreo costeras	30
» Procedencia de los datos analizados	31





» ¿QUÉ ES CEAZA?



El Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas, CEAZA, es un Centro Regional que promueve el desarrollo científico y tecnológico a través de la realización de ciencia avanzada a nivel interdisciplinario en zonas áridas, ciencias biológicas y ciencias de la tierra y orientado a mejorar la calidad de vida de las personas, y actividades productivas y no productivas de la Región de Coquimbo, promoviendo la participación ciudadana en la ciencia a través de acciones de generación y transferencia del conocimiento, promoviendo la participación ciudadana en la ciencia a través de actividades de generación y transferencia del conocimiento.

CEAZA tiene como misión generar y transferir conocimiento científico y tecnológico mediante la comprensión del efecto de las oscilaciones climáticas en el ciclo hidrológico y la productividad (natural y bajo cultivo) en ecosistemas terrestres y marinos, colaborando en la educación en ciencia y tecnología, y el desarrollo sostenible de territorios áridos.

La investigación y vinculación que desarrolla CEAZA está orientada a mejorar la calidad de vida de las personas.

» ¿QUÉ ES CEAZAMar?



CEAZAMar es una unidad de investigación y desarrollo de CEAZA creada el año 2021, destinada a implementar y mantener un sistema de observación y predicción de las condiciones oceanográficas y la salud del océano en la Región de Coquimbo.

CEAZAMar, a través de la transferencia de los resultados científicos y tecnológicos, busca generar un impacto en la competitividad de empresas locales (pesca, acuicultura, turismo, entre otros), en la planificación del territorio marítimo, y en general, en apoyar con evidencia científica la toma de decisiones de actores de los sectores público y privado.

CEAZAMar tiene como objetivos principales:

- ✓ Obtener información de variables oceanográficas relevantes a partir de estaciones oceanográficas y procesamiento de imágenes satelitales para monitorear la circulación oceánica y estudiar los procesos asociados a su variabilidad.
- ✓ Generar productos de modelos numéricos y estadísticos, incluyendo pronósticos a corto y mediano plazo.
- ✓ Ayudar a los usuarios del mar y las diferentes actividades productivas de la Región de Coquimbo en la toma de decisiones a partir del uso y aplicación de la información que provean las observaciones y proyecciones.
- ✓ Ser un instrumento público de apoyo a procesos de adaptación productiva y socio-ecológica ante escenarios de cambio climático de la Región de Coquimbo.

!NUEVA WEB!

» Para saber más sobre CEAZAMar, ingresa a:

WWW.CEAZAMAR.CL





» CRÉDITOS Y AGRADECIMIENTOS



El Boletín CEAZAMar es un producto del proyecto R20F0008 “Programa de Investigación para la Planificación de la Acción Climática” (CLAP), adjudicado en el año 2021 a CEAZA por el “Concurso de Fortalecimiento al Desarrollo Científico de Centros Regionales 2020” de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID).

El Boletín del CEAZAMar además cuenta con el patrocinio del Gobierno Regional de Coquimbo y el apoyo de la Universidad Católica del Norte (UCN), OSTIMAR S.A., el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), la Asociación de Industriales Pesqueros (AIP) y el Programa Transforma MASMAR.

CONTACTO:

✉ ceazamar@ceaza.cl

🖱 www.ceazamar.cl



Si usted o alguno de sus contactos desea recibir las próximos Boletines CEAZAMar en su correo electrónico, por favor, use el siguiente [LINK](#).

Si desea desuscribirse y no recibir las futuras versiones del Boletín CEAZAMar en su correo electrónico, por favor, escriba a ceazamar@ceaza.cl

EQUIPO CEAZAMar

Coordinador general:

Orlando Astudillo

Monitoreo, análisis atmosféricos, oceanográficos y productivos:

Víctor Aguilera, Orlando Astudillo, José Luis Castro, Josse Contreras, Boris Dewitte, Jorge Inostroza, Cristian Orrego, Marcelo Rivadeneira, José Rutllant.

Transferencia y Vinculación:

Pilar Molina

Corrección de texto y difusión:

Marcela Zavala, Catalina Velasco

Divulgación y difusión:

Valentina Aliste, Paloma Núñez, José Luis Rojas

Diseño y diagramación:

Janina Guerrero

Diseño y mantención de plataforma web:

Carlo Guggiana y Pablo Salinas

Comité externo:

Guillermo Molina (Programa Transforma MASMAR), Héctor Téllez (Asociación de Industriales Pesqueros)

Equipo directivo CEAZA:

Carlos Olavarría, Claudio Vásquez

Agradecimientos

Proyecto Fondecyt 11190999

Citar como:

Boletín CEAZAMar - Julio (2024). Análisis de las Condiciones Atmosféricas y Oceanográficas de la Región de Coquimbo (Marzo - Mayo 2024). 31 páginas. DOI: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.26409025.v1>





» RESUMEN



El Boletín CEAZAMar contiene un diagnóstico de las condiciones atmosféricas y oceánicas generales del Pacífico Suroriental, y en detalle para la Región de Coquimbo durante el trimestre comprendido entre el 1 de marzo de 2023 y el 31 de mayo de 2024.

Continúa durante este trimestre la progresiva disminución de la temperatura superficial del mar (TSM) en el Pacífico Ecuatorial Central y Oriental, indicando una continuación del proceso de transición desde condiciones El Niño a neutras del ciclo ENOS. A nivel local, las anomalías negativas de la TSM se incrementan gradualmente desde -0.3°C en marzo, hasta -1.2°C en mayo donde alcanzan su mayor extensión geográfica.

Desde marzo de 2024 se puede observar una ligera actividad de ondas de Kelvin, la que se relaciona con las condiciones de La Niña actualmente en desarrollo. No obstante, no se ha observado una conexión clara entre la actividad de ondas Kelvin y las anomalías costeras negativas en el nivel del mar. Sin embargo, desde fines de abril se ha experimentado una disminución del nivel del mar frente a Coquimbo.

Durante el trimestre, la región oceánica frente a Coquimbo experimentó una variabilidad significativa en la velocidad del viento, alternando periodos prolongados de vientos intensos con otros de menor intensidad, típicos de un período de transición estacional. Velocidades superiores a 9 m/s se observaron en la región oceánica entre el 10 y el 18 de marzo, desde el 24 de abril hasta el 2 de mayo y desde el 12 al 21 de mayo. En contraste, los periodos del 19 al 27 de marzo, del 6 al 23 de abril y del 22 al 29 de mayo presentaron una disminución en la magnitud del viento, con valores promedio menores a 6 m/s .

El viento en las localidades costeras de la región de Coquimbo muestra patrones similares a lo largo de la región. Las localidades más expuestas, como isla Chañaral y Punta de Choros, presentaron vientos del sur durante más del 90% del tiempo, con velocidades frecuentemente superiores a 7 m/s , especialmente notables a principios de marzo y finales de abril. En contraste, la bahía de Coquimbo registró una velocidad media de solo 3 m/s , significativamente inferior al promedio histórico, y una dirección favorable a la surgencia (viento sur) en aproximadamente el 65% del período. Las localidades de Tongoy, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos también mostraron un dominio de los vientos sur en torno al 95% del tiempo, con velocidades que excedieron los 9 m/s entre el 8 y el 15 de Marzo, el 23 de abril al 3 de mayo, coincidiendo con los eventos de viento en la región oceánica. Otro evento de viento fuerte ocurrió entre el 10 y el 15 de mayo.

La temperatura superficial del mar (TSM) satelital frente a la región de Coquimbo mostró progresivamente la tendencia al enfriamiento estacional. Consistente con las temperaturas mar adentro, los valores de TSM en las localidades costeras mostraron también un enfriamiento estacional, desde valores desde $18-19^{\circ}\text{C}$ al comienzo del trimestre hasta alrededor de 13°C en algunas estaciones hacia fines de mayo. Al igual que en la TSM satelital, a partir del 26 de abril se presentaron temperaturas por debajo del promedio histórico en todas las localidades, provocadas por una sucesión de eventos de surgencia ya comentados.

En este trimestre, las concentraciones satelitales de clorofila-a en la Región de Coquimbo mostraron una gran variabilidad espacial y temporal. Al inicio del período, los niveles de clorofila-a fueron relativamente bajos, sólo con algunas áreas costeras al sur de la región mostrando valores sobre 1 mg/m^3 .

Entre el 10 de marzo y el 5 de abril se observaron incrementos en los niveles de clorofila en la zona costera al sur de 32°S , además de una mayor extensión hacia las regiones oceánicas al sur de 29°S . A partir del 14 de abril los niveles de clorofila presentaron un aumento en la región costera desde el sur, asociado con los eventos de surgencia costera, que alcanza la bahía de Coquimbo entre el 3 y el 20 de mayo.

En las estaciones costeras se replica el mismo patrón satelital. En particular, se observa con mayor claridad el patrón de aumento de la clorofila desde el sur, con los primeros máximos de clorofila en la estación de Los Vilos (5.9 mg/m^3) a finales de abril, mientras que los valores en Tongoy y la bahía de Coquimbo alcanzan los máximos durante la primera quincena de mayo (13.8 y 17 mg/m^3 respectivamente).

Observaciones locales mediante una estación meteorológica automática en Punta de Choros destacan tres eventos intensos de viento sur entre finales de abril, principios y mediados de mayo. Estos eventos coinciden con el enfriamiento observado en los análisis satelitales. La intensidad de la actividad de surgencia se manifestó en cuatro eventos de transporte de Ekman de larga duración, duplicándose el volumen transportado respecto de igual período de 2023.

A partir de fines de abril se registraron en Punta Lengua de Vaca tres máximos de viento de dirección SW que superaron los 6 m/s . El incremento en la surgencia que se observa a partir de fines de abril se manifestó también en el índice de surgencia derivado del viento con cuatro extensos periodos que contribuyeron a triplicar el transporte de Ekman del trimestre respecto de igual período en 2023.



» MENSAJES DESTACADOS

**1**

Durante el trimestre de marzo a mayo de 2024, se observó una disminución progresiva en las anomalías de temperatura superficial del mar en el Pacífico Central y Oriental, alcanzando valores cercanos a los típicos. Esto sugiere una neutralización del clima local tras la influencia de El Niño.

2

Se espera que las condiciones neutrales de ENSO continúen durante los próximos meses, con una probabilidad del 70% de que se desarrolle La Niña durante agosto-octubre y una probabilidad del 79% de que persista durante los meses de noviembre de 2024 a enero de 2025.

3

El trimestre de marzo a mayo de 2024 se caracterizó por el notorio aumento del viento favorable a la surgencia, en relación a los meses de verano (diciembre-enero-febrero) y a los años anteriores 2023 y 2022.

4

Se registraron varios eventos de surgencia caracterizados por su prolongada duración e intensidad, especialmente durante el mes de mayo.

5

Las mediciones parciales de la bahía de Tongoy para el trimestre registraron una reducción de temperatura, aumento de salinidad y reducciones temporales del oxígeno a fines del mes de mayo.

6

La clorofila registró incrementos en su concentración posterior a los eventos de surgencia. En particular durante el mes de mayo, se observaron concentraciones superiores al promedio histórico (1997-2022).

» PRONÓSTICOS REGIONALES Y LOCALES

CEAZAMar provee pronósticos regionales y locales para la Región de Coquimbo para los próximos 10 días de viento en superficie, temperatura superficial del mar (TSM), oleaje y mareas (ver en www.ceazamar.cl). Más información sobre cómo se construyen los pronósticos en la página xx de este boletín.

Pronóstico de temperatura superficial del mar (TSM), oleaje, mareas y vientos

AQUÍ



» ESTRUCTURA DEL BOLETÍN



El Boletín CEAZAMar surge del quehacer científico desarrollado en el borde costero y del océano de la región de Coquimbo por el Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA). Este boletín busca constituirse como una **herramienta de orientación y consulta** para las múltiples actividades productivas y no productivas que tienen lugar en las costas de la Región de Coquimbo.

Para tal efecto, el Boletín provee información de variables del sistema atmosférico y oceanográfico que resultan **clave para la planificación de las actividades en el mar**, con el fin de mejorar la toma de decisiones de los usuarios, y aportar a la capacidad adaptativa de las comunidades costeras frente a la variabilidad ambiental y climática.

A través de información satelital y de equipos de monitoreo desplegados a lo largo de la costa de la Región de Coquimbo, este Boletín provee información relativa al **viento, temperatura superficial del mar (TSM), productividad**

biológica marina, entre otras, las cuales se relacionan con el estado del mar y la ocurrencia de surgencia costera (viento), productividad (concentración de clorofila) y presencia o ausencia de distintas facetas de El Niño.

Este análisis atmosférico y oceanográfico trata de representar la heterogeneidad espacial y temporal de las condiciones hidrográficas costeras que alberga la Región de Coquimbo. Esto a través del uso de mapas y series de tiempo y análisis trimestrales de dichas variables ambientales, para múltiples localidades de la región, tales como Isla Chañaral, Punta de Choros, bahía de Coquimbo, bahía de Tongoy, Punta Lengua de Vaca, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos.

Finalmente, se vincula el diagnóstico de las condiciones atmosféricas y oceanográficas de la Región de Coquimbo con los indicadores de productividad acuícola disponibles para el periodo de interés.



» DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES ATMOSFÉRICAS Y OCEANOGRÁFICAS DE LA REGIÓN DE COQUIMBO

Observaciones de la región Pacífico Suroriental

Anomalia mensual de la temperatura superficial del mar (TSM)

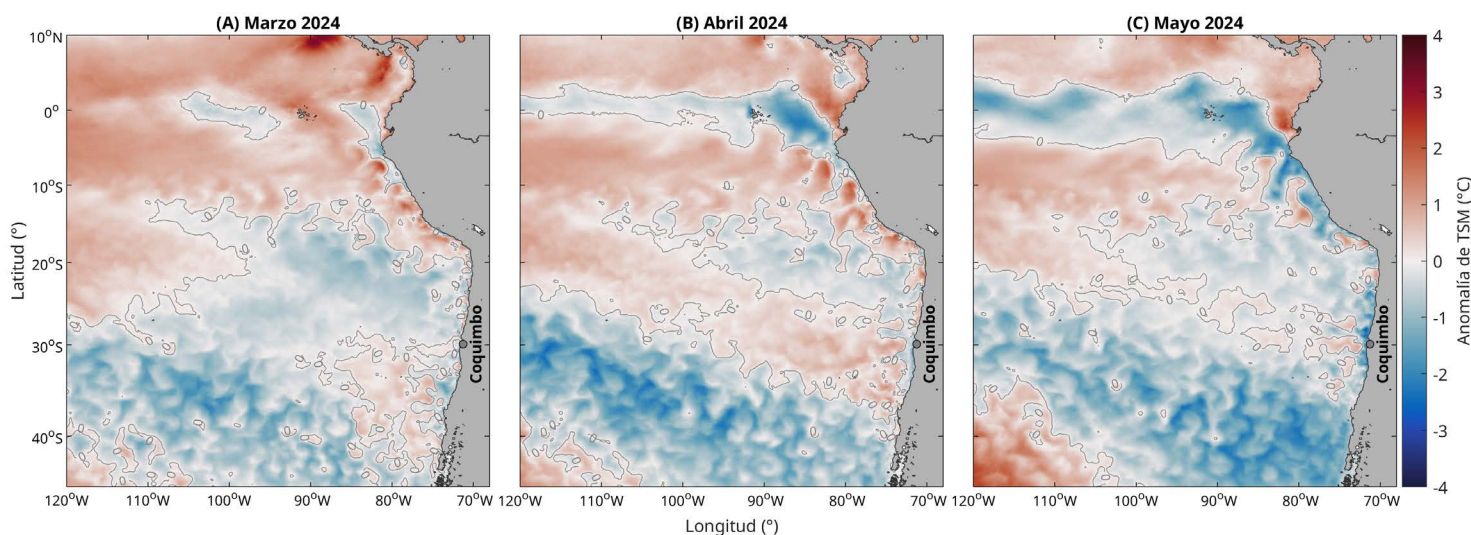


Figura 1. Anomalia mensual de la temperatura superficial del mar (TSM) de (A) Marzo, (B) Abril y (C) Mayo de 2024 para la costa occidental de Sudamérica. Las anomalías de TSM se calculan con respecto al periodo 2007-2022. Los colores rojos en el mapa indican zonas en las que la TSM mostró valores por encima del promedio histórico de ese mes, mientras que los colores azules señalan TSMs por debajo del promedio histórico de ese mes. Los contornos en gris indican las regiones en que la anomalía de TSM es igual a cero (valores similares al promedio histórico de 2007-2022). Se muestra con un círculo negro la localidad de Coquimbo.

El periodo comprendido entre marzo y mayo de 2024 se caracteriza por una disminución progresiva en las anomalías de temperatura superficial del mar en el Pacífico Central y Oriental. En este trimestre, las anomalías cálidas observadas durante el trimestre anterior no presentan la misma magnitud e incluso presentan valores negativos indicando una transición hacia condiciones climáticas neutrales para el final del periodo.

Durante marzo de 2024 (Figura 1A), aún se mantienen anomalías positivas al norte del ecuador, mientras que hacia el sur de 20°S persisten las anomalías negativas, aunque menos intensas en comparación con el trimestre anterior. En abril de 2024 (Figura 1B), se observa una notable disminución en las anomalías positivas en el Pacífico

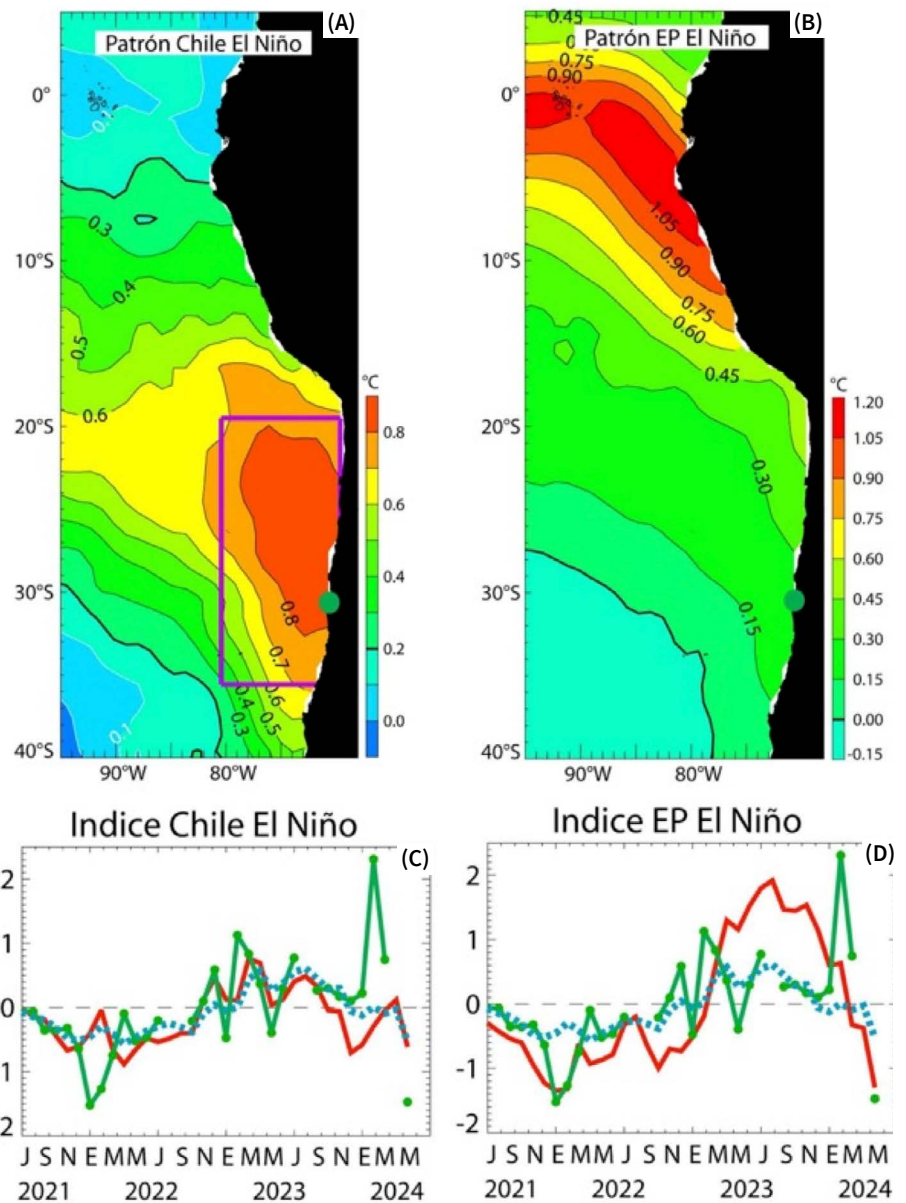
Central, y las anomalías negativas al sur de 20°S comienzan a reducirse en extensión. En mayo de 2024 (Figura 1C), las anomalías de temperatura superficial del mar muestran una mayor extensión de anomalías frías, tanto en el ecuador como en la región costera frente a Chile.

A nivel local, las anomalías presentan valores cercanos a los normales, con una ligera tendencia a condiciones negativas (-0.3°C, -0.8°C, y -1.2°C para marzo, abril y mayo respectivamente). Este cambio indica una recuperación gradual de las temperaturas superficiales del mar, lo que sugiere una normalización del clima local después de la influencia del fenómeno de El Niño observada en los meses anteriores.



Condiciones climáticas: Índices Chile El Niño (CEN) y El Niño Pacífico Este (El Niño EP)

Figura 2. Patrones e índices climáticos para la Región de Coquimbo: (A) Patrón del modo climático Chile El Niño (CEN). Colores y contornos indican anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) en °C. (B) Patrón del modo climático El Niño (EP) del Pacífico Este. Colores y contornos indican anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) en °C. (C) Comparación de la evolución del índice Chile El Niño (CEN) (rojo), de las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) en Tongoy entre las observaciones (en verde) y la solución de un modelo estadístico (en azul punteado) entre julio de 2021 y mayo de 2024. El modelo estadístico está basado en una regresión multilineal para las anomalías de TSM en Tongoy usando como predictores los dos índices climáticos (CEN y EN). (D) Comparación de la evolución del índice El Niño del Pacífico Este (en rojo) de las anomalías de la TSM en Tongoy para las observaciones (en verde) y la solución de un modelo estadístico (en azul punteado) entre julio de 2021 y mayo de 2024. Las anomalías en temperatura superficial del mar (TSM) fueron calculadas usando como referencia el período comprendido entre 1960 y 2019.



Los distintos modos climáticos (ver Figura 2 A y B) que se encuentran en el Pacífico Sudeste condicionan las características de la circulación costera y por ende el ambiente a gran escala a lo largo de la costa de la zona central de Chile. Después de las condiciones El Niño en el Pacífico ecuatorial, hemos evolucionado hacia condiciones frías desde el principio del año 2024. Eso se ha traducido en una disminución del índice El Niño del Pacífico Este (EP) desde julio de 2023 reflejando el retorno a condiciones neutras a frías. El índice Chile El Niño (CEN) se ha mantenido con valores débiles con una ligera disminución y anomalías negativas desde septiembre de 2023 (ver Figura 2 C, D). En febrero la temperatura en Tongoy ha subido de manera brusca, lo cual no se refleja en los índices climáticos y el modelo estadístico. Eso indica un proceso muy local asociado a esa ola de calor marina. En mayo hemos experimentado una anomalía negativa marcada en Tongoy (-1.47°C) la cual se refleja en los dos índices.



EL NIÑO: Es un fenómeno climático que se desarrolla en el océano Pacífico tropical. Está asociado a un debilitamiento de los vientos alisios, lo cual produce ondas oceánicas de hundimiento que se propagan a lo largo del ecuador hacia el este y que profundizan la termoclina, produciendo un calentamiento. La ubicación de la zona a lo largo del ecuador en la que aumenta la temperatura de la superficie del mar (TSM), define si estos eventos se llaman El Niño del Pacífico Central o El Niño del Pacífico Este. Los El Niño del Pacífico Este son los más intensos y los que más influyen la costa de Chile. Estos eventos en general son seguidos por una fase fría (La Niña), lo que resulta en una oscilación conocida por el nombre de El Niño Oscilación del Sur (ENOS). Eventos de calentamiento a escala más regional han sido también llamados “eventos El Niño”, como los que ocurren a lo largo de Perú (El Niño costero) o de Chile (Chile El Niño). Estos eventos son más breves y se relacionan con procesos locales de interacción océano-atmósfera.



Nivel del Mar

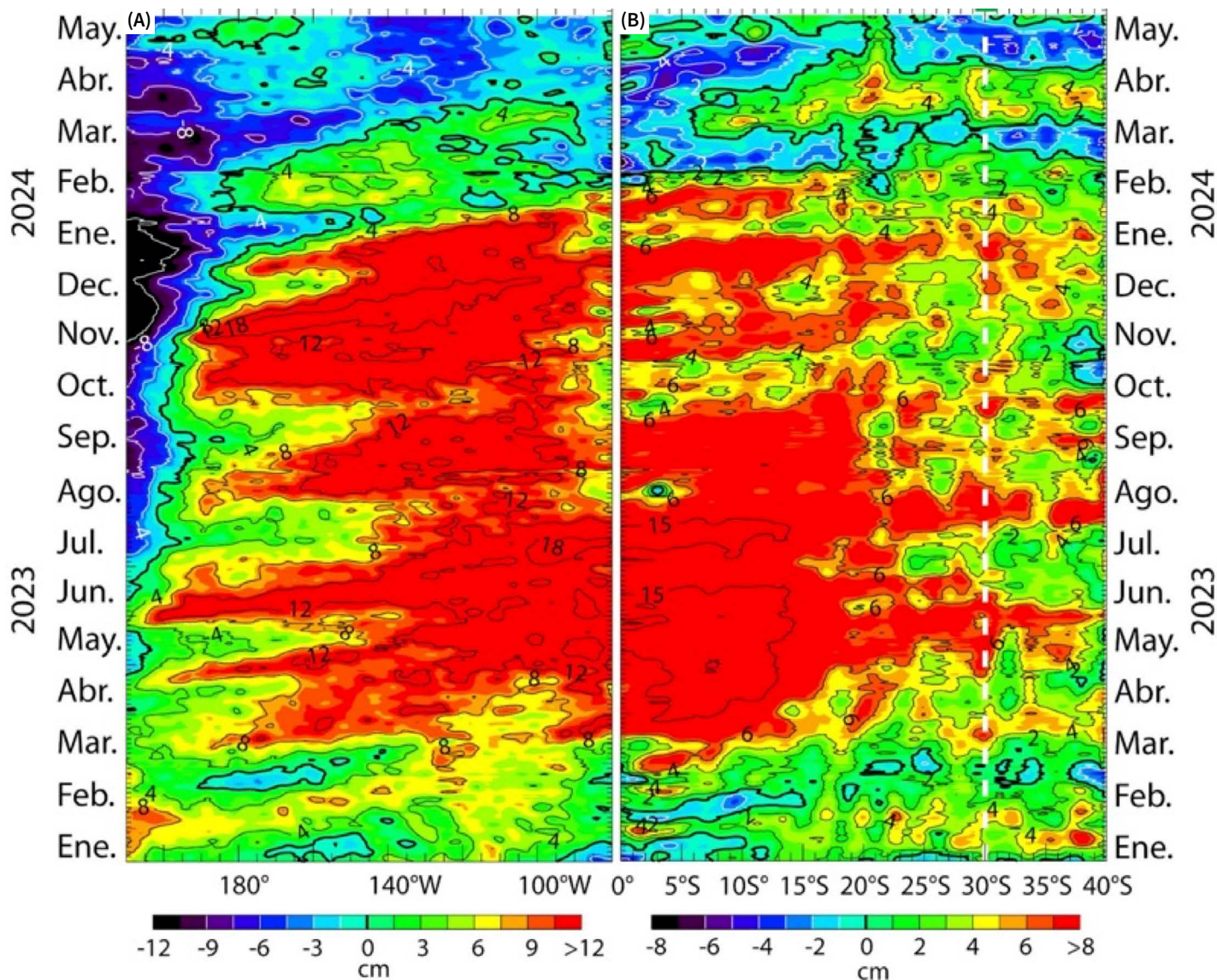


Figura 3: Evolución de las anomalías del nivel del mar a lo largo (A) del ecuador y (B) de la costa para el período comprendido entre el 1 enero de 2023 al 31 de mayo de 2024. Los cambios en el nivel del mar se muestran en centímetros (cm).

La evolución de la actividad de ondas de Kelvin ecuatoriales indican que, desde enero de 2024, hemos entrado en un periodo neutro a frío con una disminución de la actividad de ondas. Desde marzo de 2024, se puede observar una ligera actividad de ondas de afloramiento (anomalías negativas del nivel del mar, enfriamiento) de amplitud significativa (~4 cm), la cual se relaciona con las condiciones de La Niña actualmente en desarrollo (ver Figura 3A). Desde esa inversión de condiciones en el Pacífico Ecuatorial, no se ha observado una conexión clara con las condiciones costeras, a pesar que desde finales de abril se ha experimentado una disminución del nivel del mar (ver Figura 3b) frente a Coquimbo.



ONDAS DE KELVIN: Ondas que se generan en la zona ecuatorial del océano Pacífico a consecuencia de las variaciones en los vientos alisios que soplan desde el este al oeste. Una vez generadas, estas ondas viajan hacia el ecuador (este) modulando a la vez el nivel del mar y la profundidad de la termoclina. Al alcanzar la costa en el ecuador, estas se desplazan hacia los polos, apegadas a la línea costera haciendo subir el nivel y temperatura del mar. Dado que las costas de Chile y Perú suelen ser frías por el efecto de la corriente de Humboldt y la surgencia costera, las perturbaciones en la temperatura del mar generadas por las ondas de Kelvin pueden tener importantes consecuencias en la biología y propiedades del mar en las costas de estos países.





Velocidad y dirección del viento

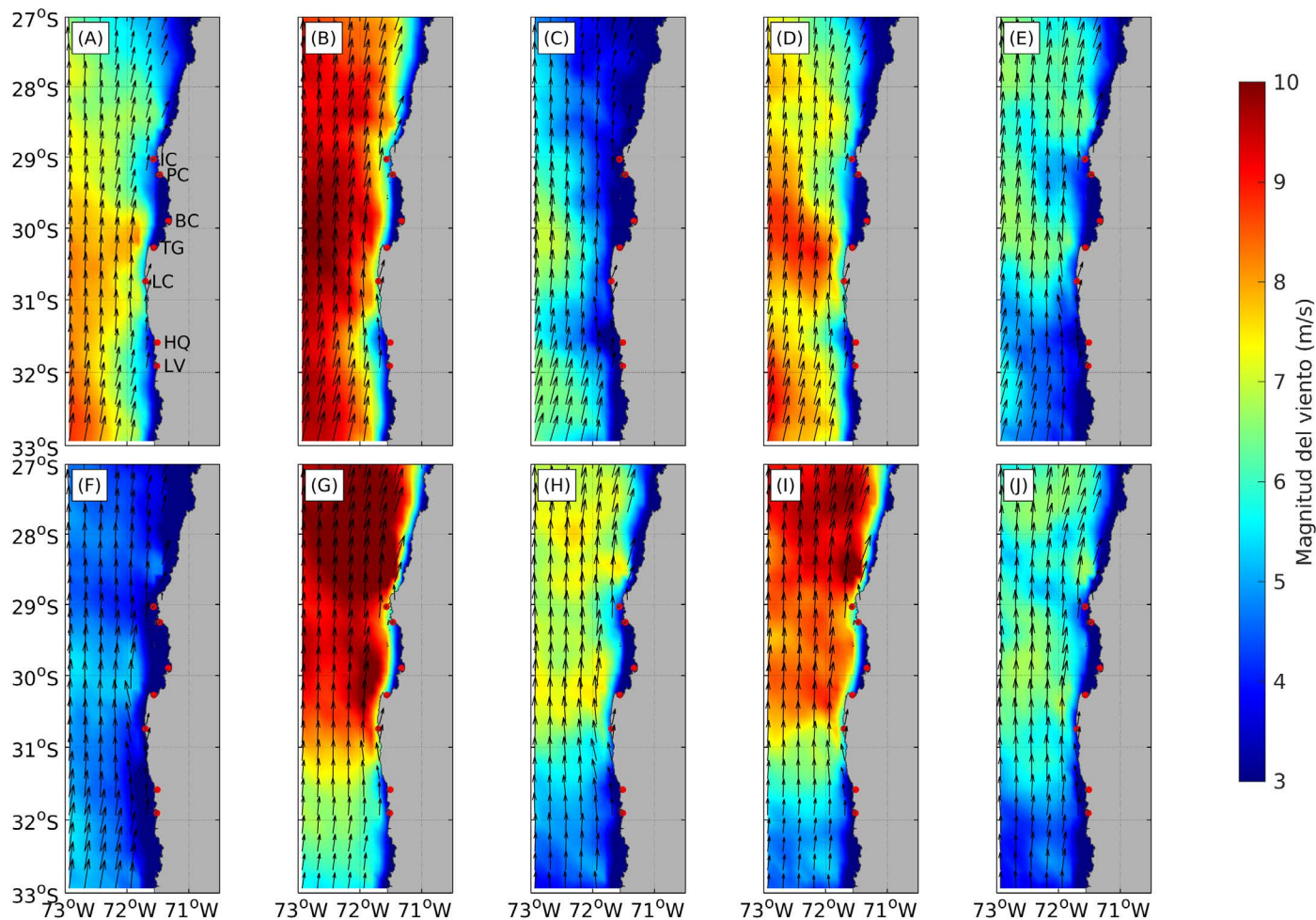


Figura 4. Promedio de la velocidad (m/s) y dirección de viento estimada a través de la observación satelital a 10 metros sobre el nivel del mar frente a la Región de Coquimbo desde el 1 de marzo de 2024 al 29 de mayo de 2024. Cada imagen muestra el promedio para ambas variables (velocidad y dirección de viento) para un período de 9 días. (A) 1 a 9 de marzo de 2024, (B) 10 a 18 de marzo de 2024, (C) 19 a 27 de marzo de 2024, (D) 28 de marzo a 5 de abril de 2024, (E) 6 a 14 de abril de 2024, (F) 15 a 23 de abril de 2024, (G) 24 de abril a 2 de mayo de 2024, (H) 3 a 11 de mayo de 2024, (I) 12 a 20 de mayo de 2024, (J) 21 a 29 de mayo de 2024. Se muestran con puntos rojos las localidades de Isla Chañaral (IC), Punta de Choros (PC), bahía de Coquimbo (BC), bahía de Tongoy (TG), Huentelauquén (HQ) y Los Vilos (LV).

Durante el período de marzo a mayo de 2024, la región oceánica frente a Coquimbo experimentó una variabilidad significativa en la velocidad del viento, con períodos prolongados de vientos intensos y otros de menor intensidad, típicos de un período de transición. Los vientos más intensos se registraron principalmente en la región oceánica y fueron superiores a 9 m/s en varios intervalos, particularmente del 10 al 18 de marzo, del 24 de abril al 2 de mayo y del 12 al 20 de mayo. Posterior al 24 de abril, los vientos de mayor

intensidad (sobre los 6 m/s) se concentraron al norte de 31°S. En contraste, los períodos del 19 al 27 de marzo de 2024 (figura 4C), del 6 al 23 de abril de 2024 (figuras 4E y 4F) y el período del 21 al 29 de mayo de 2024 (figura 4J) presentaron una disminución en la magnitud del viento, con valores promedio menores a 6 m/s. En general, los vientos cerca de la costa fueron consistentemente menores, con promedios de 3-4 m/s, salvo en la zona al oeste de Punta Lengua de Vaca, donde se registraron los máximos regionales.

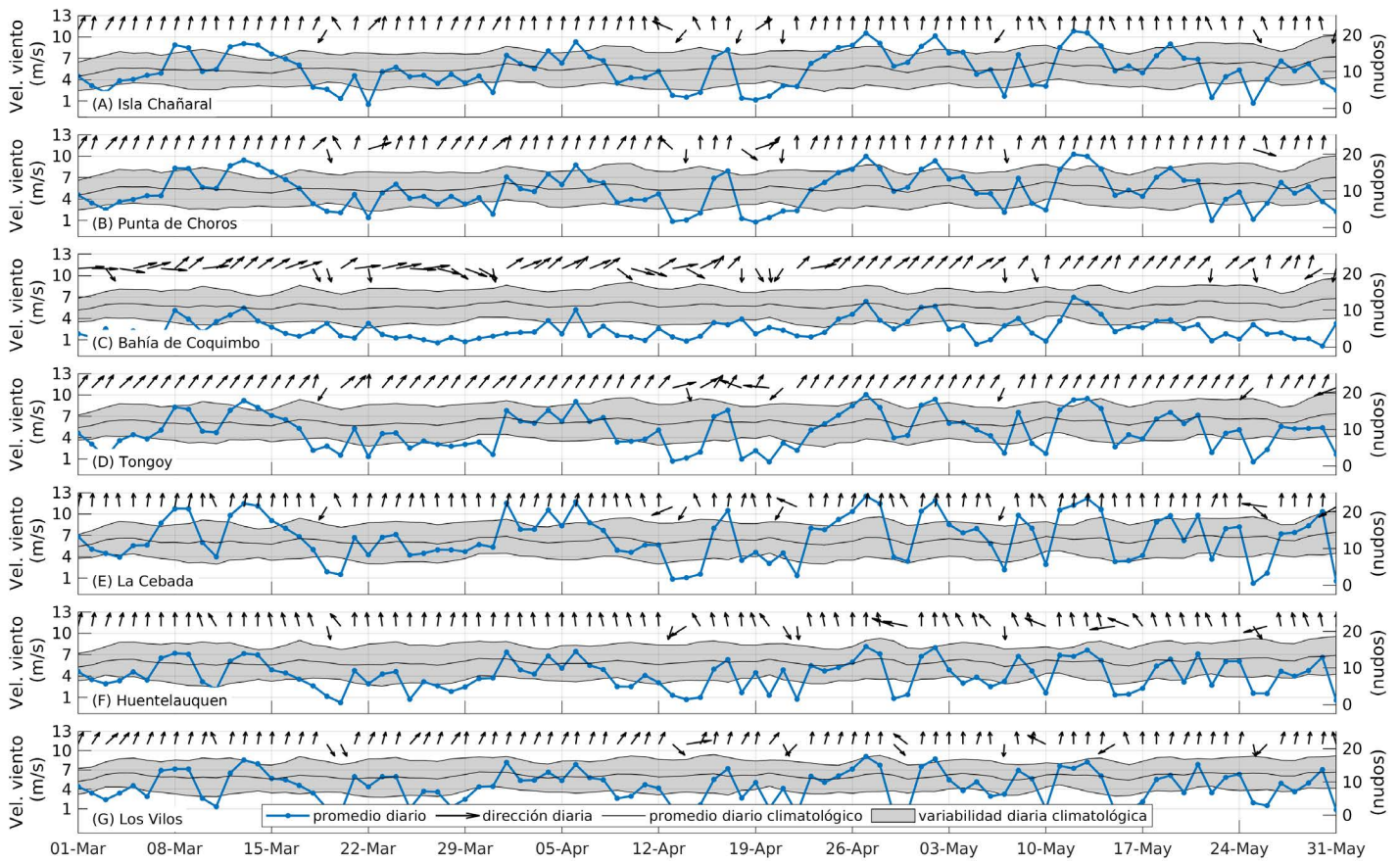


Figura 5. Series diarias de la velocidad (curva azul) y dirección (vectores) del viento promedio diario satelital (m/s y nudos) para las localidades de (A) Isla Chañaral, (B) Punta de Choros, (C) Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos desde el 1 de marzo al 31 de mayo de 2024 (curva azul punteada). Adicionalmente, se incluye el promedio diario histórico de velocidad de viento (curva negra) y su desviación estándar (sombreado azul) respecto al período histórico comprendido entre el año 2008 y 2022.

El análisis del viento satelital en las localidades costeras de la Región de Coquimbo muestra patrones de viento similares a lo largo de la región, donde las respuestas diferentes son consistentes con los niveles de exposición de cada localidad. Las localidades más expuestas, como Isla Chañaral (figura 5A) y Punta de Choros (figura 5B), presentaron vientos predominantes del sur durante más del 90% del tiempo, con velocidades frecuentemente superiores a 7 m/s, especialmente notables a principios de marzo y finales de abril. En contraste, la Bahía de Coquimbo (figura 5C) experimentó vientos más suaves, con una velocidad

media de 3 m/s, significativamente inferior al promedio histórico, y presentó una dirección favorable a la surgencia en aproximadamente el 64.4% del período. Las localidades de Tongoy (figura 5D), La Cebada (figura 5E), Huentelauquén (figura 5F) y Los Vilos (figura 5G) también mostraron una predominancia de vientos del sur, sureste y suroeste en el 93.3%, 92.2%, 88.9% y 87.8% del tiempo, respectivamente. Eventos de vientos fuertes se destacan entre el 8 y el 15 de marzo, el 23 de abril al 3 de mayo, y el 10 al 15 de mayo donde varias localidades reportaron velocidades superiores a los 9 m/s.



Temperatura superficial del mar (TSM)

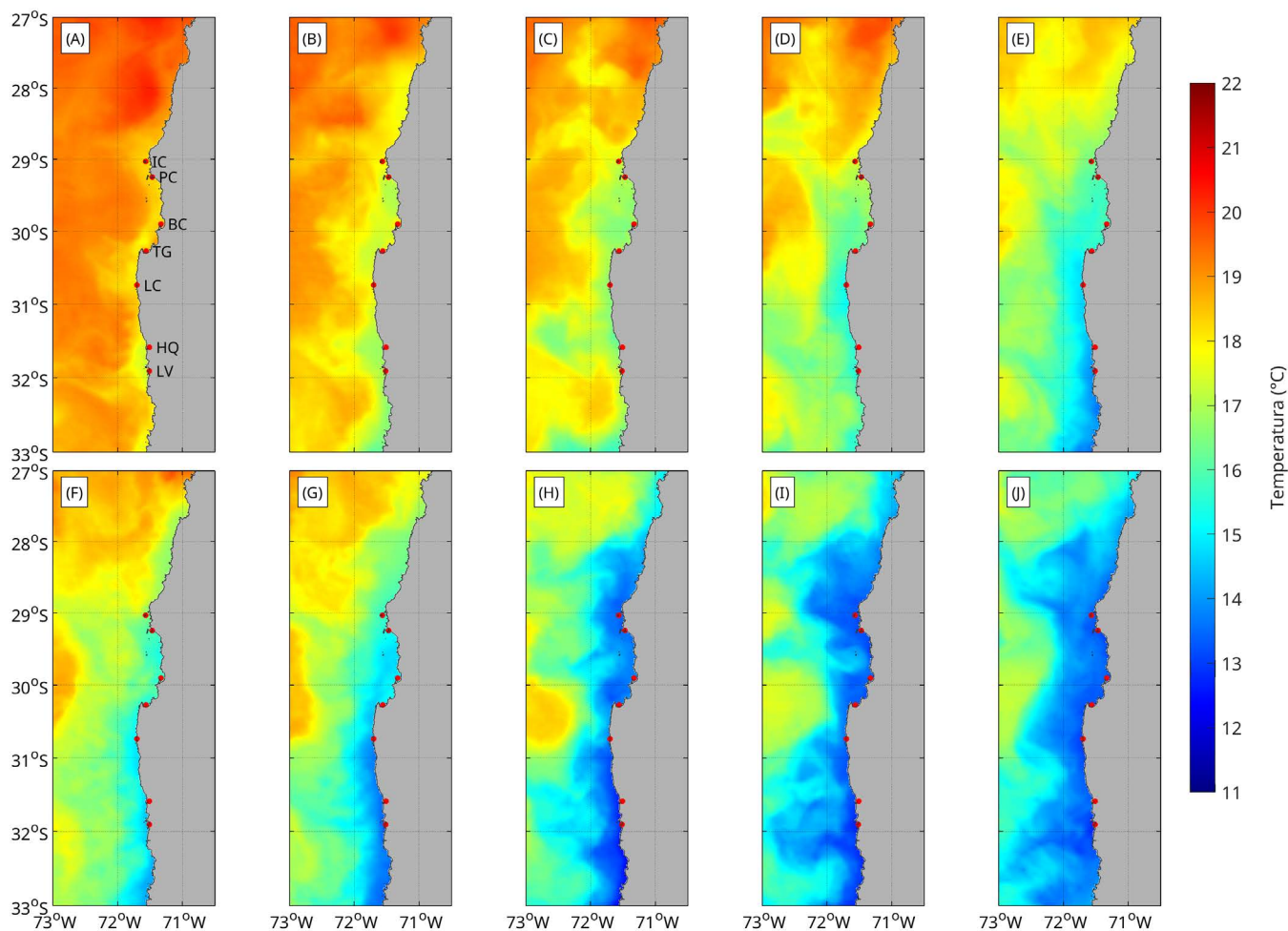


Figura 6. Temperatura superficial del mar (TSM) (°C) estimada a través de la observación satelital de la superficie oceánica frente a la Región de Coquimbo desde el 1 de marzo de 2024 al 29 de mayo de 2024. Cada imagen muestra el promedio para la TSM para un período de 9 días (A) 1 a 9 de marzo de 2024, (B) 10 a 18 de marzo de 2024, (C) 19 a 27 de marzo de 2024, (D) 28 de marzo a 5 de abril de 2024, (E) 6 a 14 de abril de 2024, (F) 15 a 23 de abril de 2024, (G) 24 de abril a 2 de mayo de 2024, (H) 3 a 11 de mayo de 2024, (I) 12 a 20 de mayo de 2024, (J) 21 a 29 de mayo de 2024. Se muestran con puntos rojos las localidades de Isla Chañaral (IC), Punta de Choros (PC), bahía de Coquimbo (BC), bahía de Tongoy (TG), Huentelauquén (HQ) y Los Vilos (LV).

Durante el período de marzo a mayo de 2024, la temperatura superficial del mar (TSM) frente a la Región de Coquimbo mostró una tendencia de enfriamiento progresivo, típica de otoño. Al inicio del período, entre el 1 y el 9 de marzo (Figura 6A), las temperaturas alcanzaron valores superiores a 21°C al norte de 28°S y se mantuvieron sobre los 19°C en la mayor parte de la región. Entre el 10 y el 18 de marzo (Figura 6B) y del 19 al 27 de marzo (Figura 6C), las temperaturas se mantuvieron altas al norte de 28°S, mientras que la región

costera entre 28°S y 31°S comenzó a enfriarse. Este patrón continuó en el período del 28 de marzo al 5 de abril (Figura 6D), con temperaturas cercanas a 16°C. A partir del 6 de abril (Figura 6E) se observa un enfriamiento progresivo, donde la región costera alcanza temperaturas menores a 13°C hacia el final del período. Este enfriamiento está asociado a la surgencia desencadenada por el viento sur observado durante este período (Figuras 4D, 4G y 4I).

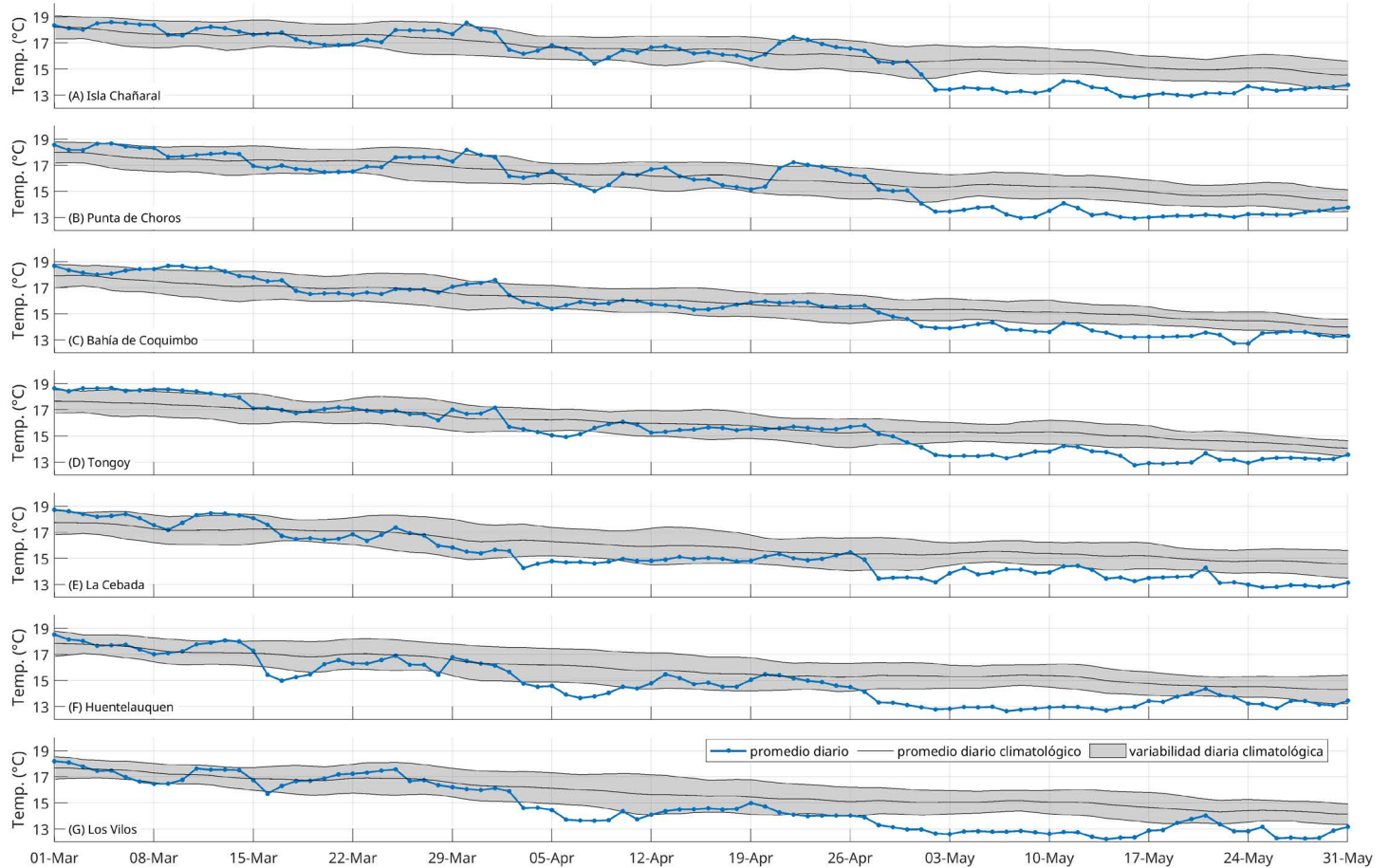


Figura 7. Series diarias de la temperatura superficial del mar (TSM) (°C) para las localidades de (A) Isla Chañaral, (B) Punta de Choros, (C) bahía de Coquimbo, (D) bahía de Tongoy, (E) La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos desde el 1 de diciembre de 2023 al 29 de febrero de 2024 (curva azul punteada). Promedio diario histórico de TSM (curva negra) y desviación estándar (sombreado azul) calculados entre 2003 y 2022.



TEMPERATURA DEL AGUA: La temperatura del agua depende de la radiación solar, la latitud, y de otros procesos atmosféricos-oceanográficos de diferente escala espacial y temporal. En términos generales, las aguas superficiales varían con la temperatura del aire, mientras que las más profundas se ven afectadas por las corrientes. Además, en la Región de Coquimbo, específicamente en la zona de Punta Lengua de Vaca, se encuentra uno de los focos más intensos de surgencia (ver Glosario) que produce un ascenso de aguas más profundas hacia la superficie generando una disminución en la temperatura del agua, además de modificar otras propiedades. La temperatura del agua a nivel regional también se ve afectada por procesos de mayor escala espacial, como por ejemplo las ondas de Kelvin, y temporal, como el ciclo ENOS (ver glosario). La temperatura del agua, en conjunto con otros parámetros, influyen en varios procesos biológicos-fisiológicos (crecimiento, reproducción) y en la distribución de los organismos marinos, entre otros.

Durante el período de marzo a mayo de 2024, las temperaturas superficiales del mar (TSM) en las localidades costeras de la Región de Coquimbo mostraron una tendencia de enfriamiento progresivo, consistente con el cambio estacional hacia el otoño. Al inicio del período, las temperaturas en todas las zonas costeras comenzaron entre los 18 y 19°C. A medida que avanzó el trimestre, se evidenció un descenso gradual en la TSM, alcanzando valores mínimos cercanos a los 13°C en algunas estaciones hacia finales de mayo. A pesar de que una disminución progresiva en las temperaturas es esperada durante este período, a partir del 26 de abril se presentaron temperaturas por debajo del promedio histórico en todas las estaciones. Esto se asocia a la serie de eventos de viento sur (figura 5) que desencadenaron una importante surgencia en la región provocando una reducción considerable en la temperatura superficial del mar.



Clorofila superficial

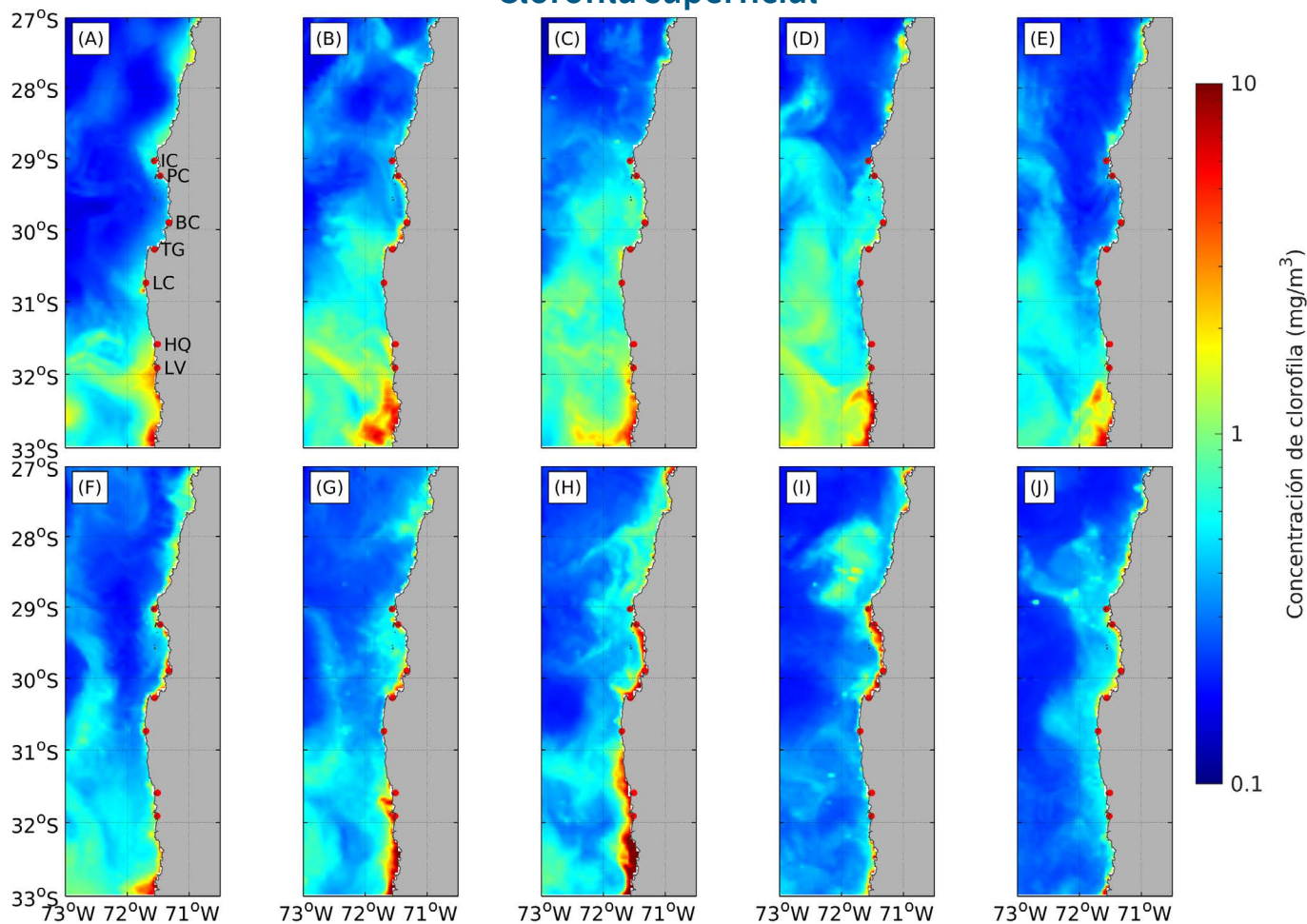


Figura 8. Concentración de clorofila superficial estimada a través de observaciones satelitales (mg/m^3) para la Región de Coquimbo desde el 1 de marzo de 2024 al 29 de mayo de 2024. Cada imagen muestra el promedio para la concentración de clorofila para un período de 9 días (A) 1 a 9 de marzo de 2024, (B) 10 a 18 de marzo de 2024, (C) 19 a 27 de marzo de 2024, (D) 28 de marzo a 5 de abril de 2024, (E) 6 a 14 de abril de 2024, (F) 15 a 23 de abril de 2024, (G) 24 de abril a 2 de mayo de 2024, (H) 3 a 11 de mayo de 2024, (I) 12 a 20 de mayo de 2024, (J) 21 a 29 de mayo de 2024. Se muestran con puntos rojos las localidades de Isla Chañaral (IC), Punta de Choros (PC), bahía de Coquimbo (BC), bahía de Tongoy (TG), Huentelauquén (HQ) y Los Vilos (LV).

Durante el período de marzo a mayo de 2024, las concentraciones de clorofila-a en la región de Coquimbo mostraron una gran variabilidad espacial y temporal. Al inicio del período, entre el 1 de marzo y el 9 de marzo (Figura 8A), los niveles de clorofila-a fueron relativamente bajos en la mayor parte de la región, con algunas áreas costeras al sur de la región mostrando valores sobre $1 \text{ mg}/\text{m}^3$. A medida que avanzó el trimestre, entre el 10 de marzo y el 5 de abril (Figuras 8B-D), se observaron incrementos en los niveles de clorofila en la zona costera al sur de 32°S , además de una mayor extensión hacia las regiones oceánicas al sur de 29°S . A partir del 14 de abril (Figura 8E), los niveles de clorofila presentaron un aumento en la región costera que se extiende progresivamente desde el sur, alcanzando el interior de la bahía de Coquimbo durante el 3 y el 20 de mayo (Figuras 8H y 8I), coincidiendo con las áreas de enfriamiento de la temperatura superficial del mar (Figura 6). Este comportamiento en la concentración de clorofila, sumado a la dirección de los vientos (Figura 4) y a los patrones de temperatura (Figura 6) es atribuida a eventos de surgencia.



CLOROFILA: La clorofila es un pigmento presente en el fitoplancton o microalgas marinas, empleado en la fotosíntesis para absorber dióxido de carbono atmosférico, para producir azúcares como combustible y liberar oxígeno. La clorofila es responsable del color verdoso del fitoplancton. La medición de la concentración de clorofila en el océano permite estimar la concentración del fitoplancton y por lo tanto, de la actividad biológica de éste, o incluso la disponibilidad de alimento para organismos que filtran (filtradores), así como las capturas de peces sujetos a pesquerías, o el éxito de la producción acuícola.

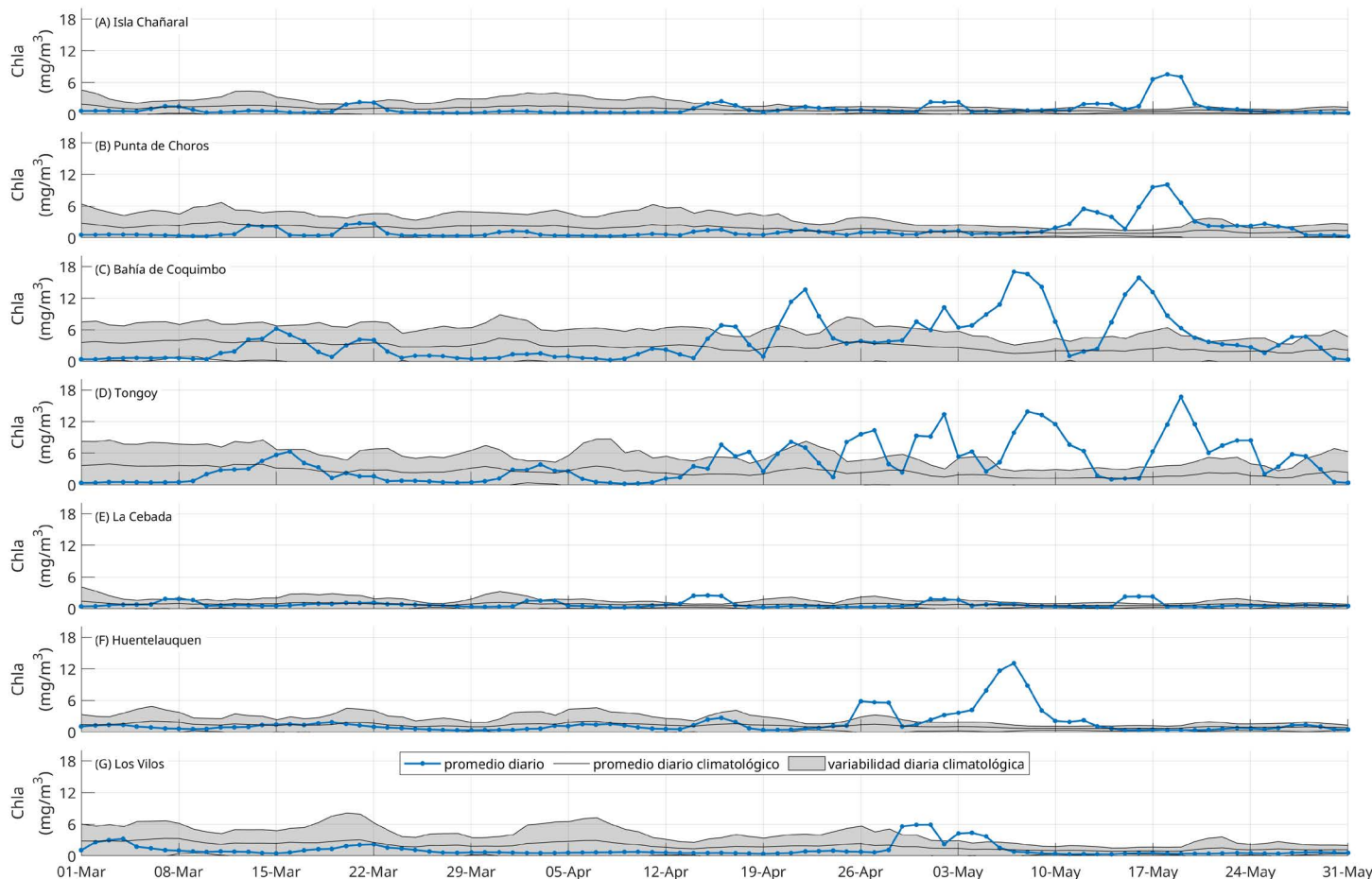


Figura 9. Series diarias de clorofila satelital (superficial) (mg/m^3) para las localidades de (A) Isla Chañaral, (B) Punta de Choros, (C) Bahía de Coquimbo, (D) Bahía de Tongoy, (E) La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos entre el 1 de marzo de 2024 al 31 de mayo del 2024. Se muestran los datos diarios de clorofila (curva azul punteada), el promedio diario histórico (línea negra) y su desviación estándar (sombreado azul) calculados entre 1998 y 2022.

Las series de tiempo de las regiones costeras presentan el mismo patrón observado en los mapas de concentración de clorofila (Figura 8), donde hay una menor producción de clorofila durante la primera mitad del trimestre marzo-mayo, mientras que hay un importante aumento durante la segunda mitad, asociado a los eventos de surgencia que se observan durante este periodo. En particular, se observa con mayor claridad el patrón de aumento de la clorofila desde el sur, con los primeros máximos de clorofila en la estación de Los Vilos ($5.9 \text{ mg}/\text{m}^3$) a finales de abril,

mientras que los valores en Tongoy y la bahía de Coquimbo alcanzan los máximos durante la primera quincena de mayo (13.8 y $17 \text{ mg}/\text{m}^3$ respectivamente) donde se observan dos grandes eventos de surgencia. Además, las estaciones de Isla Chañaral y Punta de Choros muestran incrementos menores pero significativos en los niveles de clorofila hacia el final del período (7.5 y $10 \text{ mg}/\text{m}^3$), alineándose con el enfriamiento observado en las temperaturas superficiales del mar (Figura 7) y los vientos favorables a la surgencia (Figura 5).



Observaciones locales

» Localización de las estaciones costeras en la Región de Coquimbo

Esta sección presenta información meteorológica y oceanográfica de las estaciones costeras de Punta de Choros y del Sistema Tongoy-Punta Lengua de Vaca.

Todos los datos analizados en esta sección son de dominio público y en el caso de Punta Choros y Tongoy son entregados en tiempo real a través de la plataforma web CEAZAMet (www.ceazamet.cl) y CEAZAMar (www.ceazamar.cl).



Variables oceanográficas (sólo Tongoy)

En la bahía de Tongoy se encuentra instalada una balsa (30.275°S; 71.561°W) que monitorea las condiciones atmosféricas y oceanográficas de la bahía de Tongoy. La estación comenzó su funcionamiento en junio de 2014, y actualmente cuenta con conectividad, transmisión y actualización de los datos en línea cada una hora. Durante el trimestre de estudio, se realizó mantención a la plataforma y se registraron cerca de 2 meses de datos oceanográficos.

La balsa de Tongoy se encuentra en un área concesionada para la empresa acuícola OSTIMAR S.A. quien colabora

en su mantenimiento y operatividad. Además, la balsa de Tongoy es parte de la Red Mundial de Observación de la Acidificación del Océano (GOA-ON).

Los datos oceanográficos provienen de un conjunto de sensores localizados a 10 metros de profundidad que monitorean la temperatura del agua, su salinidad, el oxígeno disuelto, la clorofila y turbidez de la bahía de Tongoy. Estos datos son de gran importancia para los sectores productivos como la acuicultura y la pesca que se desarrollan en la bahía de Tongoy (ver www.ceazamet.cl).



➤ Punta de Choros

Condiciones atmosféricas

Los vientos medidos desde la costa en la Estación Meteorológica Automática (EMA) CEAZAMET de Punta de Choros presentaron magnitudes levemente superiores a los rangos históricos. A lo largo de este trimestre, los meses presentaron vientos de similar magnitud, promediando 1.6 m/s (3.1 nudos), 1.5 m/s (3 nudos) y 1.8 m/s (3.5 nudos) para marzo, abril y mayo respectivamente. Durante marzo se observaron períodos de calma con magnitudes menores a 2 m/s a excepción del periodo entre el 8 y el 14 de marzo.

Se observaron eventos de viento sur de gran magnitud a finales de abril y principio de mayo, donde en 3 ocasiones el promedio diario de los vientos superó los 4 m/s, (27 de abril, 2 de mayo y 12 de mayo). Estos eventos coinciden con el enfriamiento observado en los análisis satelitales (figura 7). Se presentaron escasos eventos de viento norte, durante el 19 de marzo, el 19 al 22 de abril, el 5 al 7 de mayo y el 22 de mayo. Todos estos eventos presentaron magnitudes menores a 1 m/s.

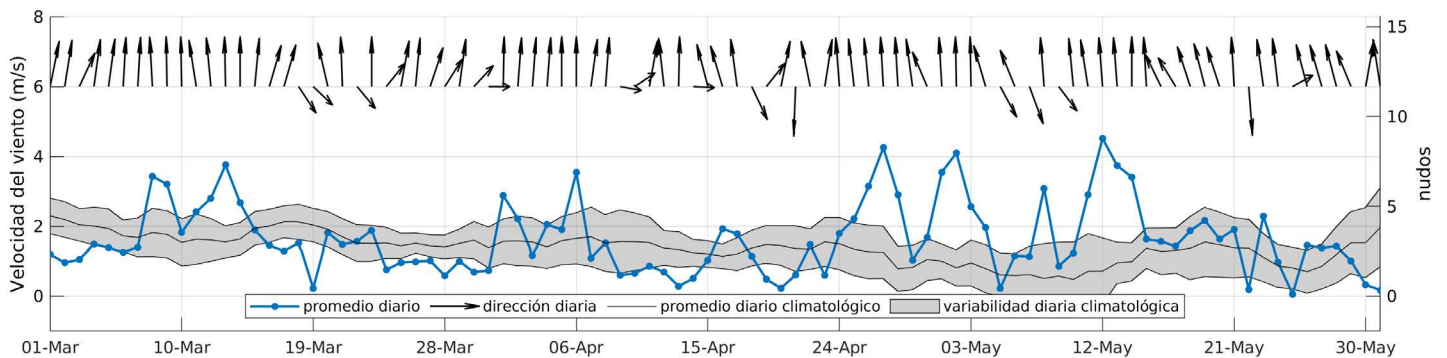


Figura 10. Serie diaria de la velocidad (curva azul punteada) y dirección (vectores) del viento promedio diario (m/s y nudos) medido por la estación CEAZAMET en la localidad de Punta de Choros desde el 1 de marzo de 2024 al 31 de mayo de 2024. Adicionalmente, se incluye el promedio diario histórico de velocidad de viento (curva negra) y su desviación estándar respecto al período histórico comprendido entre el año 2016 y 2020.



SURGENCIA: La surgencia, o afloramiento de aguas profundas, es un proceso oceanográfico provocado por la interacción entre el viento, la superficie del mar y la rotación de la Tierra, cuyo resultado es el movimiento y reemplazo de las aguas superficiales del océano por aguas más profundas. El viento que sopla paralelo a la costa, de sur a norte en el hemisferio sur, provoca el movimiento o transporte del agua superficial hacia mar abierto (hacia el oeste). Este transporte del agua superficial (llamado transporte de Ekman) permite

que aguas más profundas la reemplacen. Estas aguas más profundas son más frías lo que genera fuertes contrastes en la temperatura superficial del mar (TSM), pero también presentan elevados niveles de nutrientes que estimulan el crecimiento de las microalgas o fitoplancton. Finalmente, las aguas de surgencia también presentan altas concentraciones de CO₂ (elevada acidez) y bajas concentraciones de oxígeno disuelto lo que genera eventos locales de acidificación y desoxigenación del océano, respectivamente.



Índice de surgencia

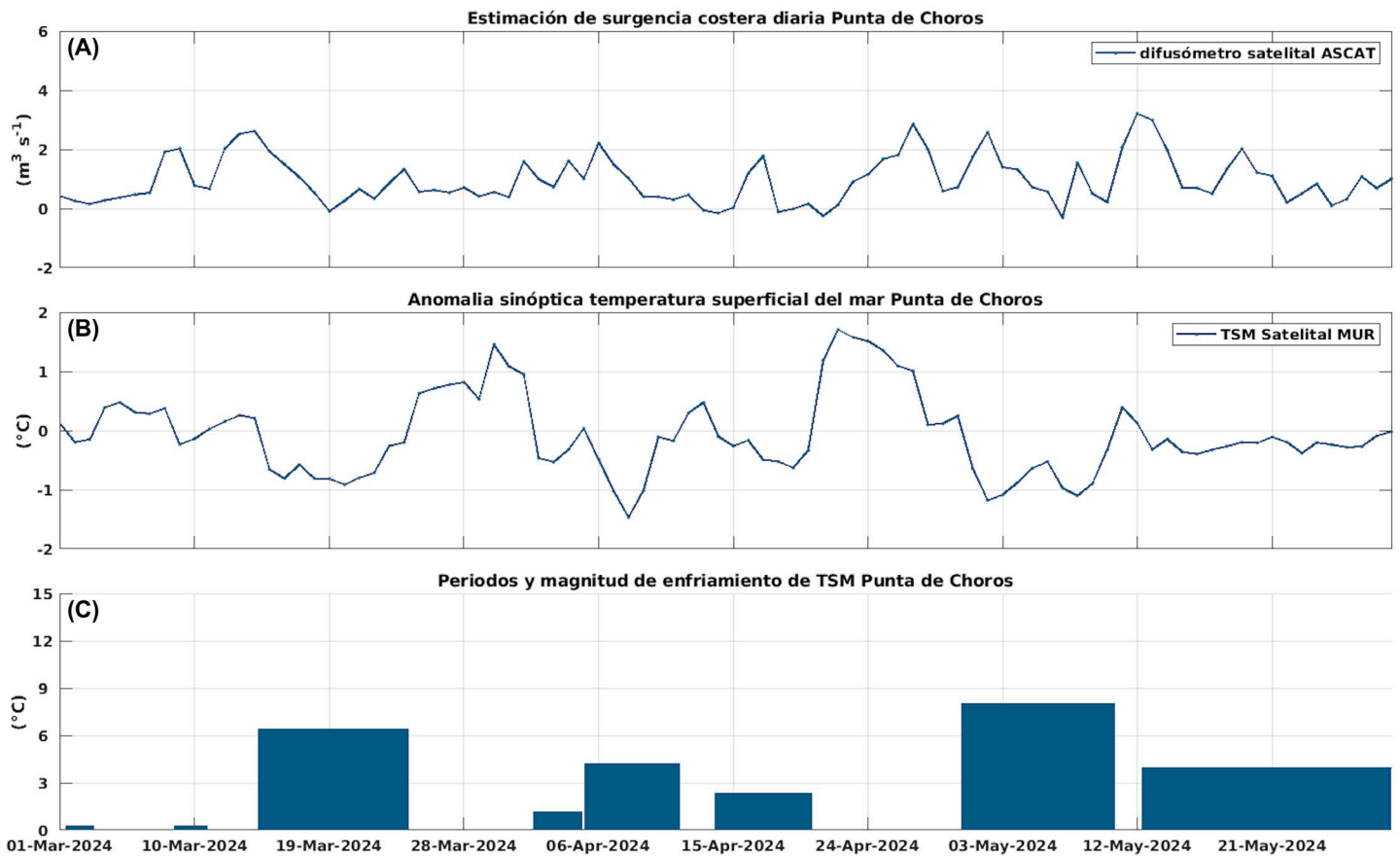


Figura 11. Indicadores de intensidad y duración de la surgencia costera en Punta de Choros entre el 1 de marzo al 29 de mayo de 2024. (A) Índice de surgencia costera (UI) estimado a partir del estrés del viento. (B) Anomalías sinópticas de la temperatura superficial del mar (TSM) ($^{\circ}C$). (C) Índice termal de surgencia costera (enfriamiento costero superficial) estimado a partir de las anomalías sinópticas de la temperatura superficial del mar (TSM). Las anomalías de temperatura se obtienen sustrayendo el promedio móvil de 30 días de la serie diaria de TSM satelital en la localidad de interés.

Con respecto a los indicadores de surgencia en Punta de Choros, el índice derivado del viento registró cuatro extensos periodos con transporte de surgencia de importancia, estos eventos se caracterizaron por su extensión temporal acumulando transporte de surgencia de 17, 36, 18.7 y 17.8 m^3/s entre el 8 al 17 de marzo, 1 al 8 de abril, 23 de abril al 4 de mayo y del 11 al 21 de mayo, respectivamente. La comparativa con igual periodo del 2023 indica un nivel de la actividad del viento muy superior a lo observado en el año anterior (ver boletín julio 2023) acumulando un transporte de surgencia de 40 m^3/s el año 2023 versus 86.7 m^3/s durante el presente año. Asimismo, en relación con los meses de verano, el incremento del transporte de surgencia

acumulado es notorio aumentando de 55.9 a 86.6 m^3/s entre el trimestre diciembre-enero-febrero y marzo-abril-mayo, respectivamente.

Respecto a los índices obtenidos a partir de las anomalías de la temperatura superficial del mar, se observaron tres eventos importantes de enfriamiento de la TSM, a posteriori de los tres periodos con mayor intensidad de viento y acumulación de transporte de surgencia detallados en el párrafo anterior. Estos eventos de enfriamiento registraron una duración de 11, 10.5 y 18 días acumulando una anomalía / enfriamiento de TSM de 6.4 / 2.6 $^{\circ}C$, 8 / 1.3 $^{\circ}C$ y 3.9 / 1.3 $^{\circ}C$ respectivamente.



OXÍGENO DISUELTO: La concentración de oxígeno disuelto que encontramos en los océanos depende de múltiples factores físico-químicos (ej. intercambio atmósfera-océano, temperatura, etc.) y biológicos (ej., fotosíntesis, respiración, etc.). Las costas de Chile son afectadas por una de las zonas mínimas de oxígeno las cuales presentan valores muy bajos de oxígeno disuelto (en algunos puntos valores cercanos a 0). Además, en nuestra región, la surgencia costera transporta agua con bajo contenido en oxígeno desde capas más profundas hacia la superficie (ver glosario). El cambio climático y la descarga de exceso de nutrientes desde ríos al océano generan importantes disminuciones en la concentración de oxígeno disuelto en el océano, produciendo en ocasiones eventos de hipoxia (contenidos de oxígeno muy bajos). La cantidad de oxígeno disuelto presente en el agua de mar es importante para los organismos marinos, ya que afecta su crecimiento, mortalidad, éxito reproductivo, además de la distribución de especies, entre otros.



» Sistema Bahía de Tongoy - Punta Lengua de Vaca

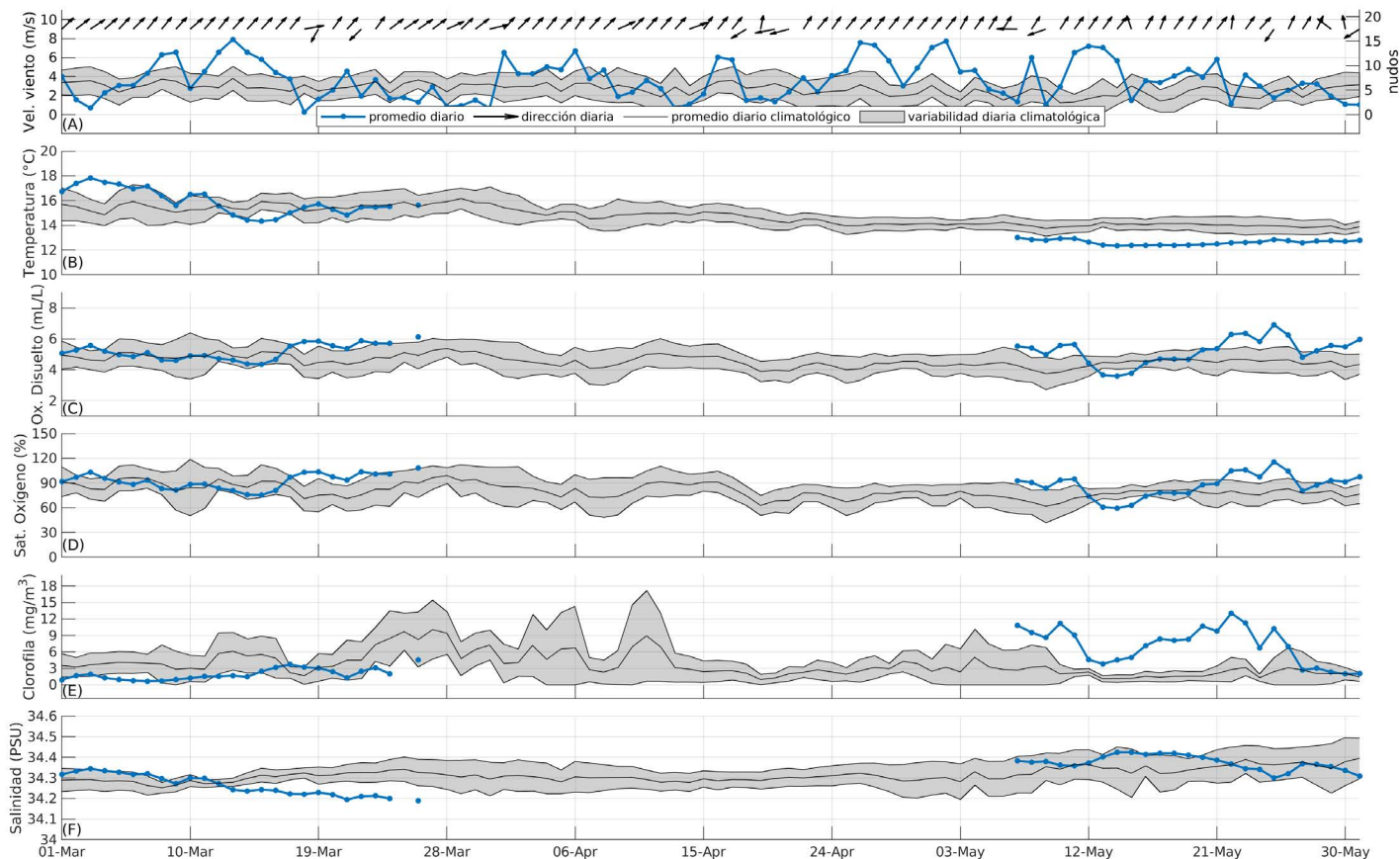


Figura 12. (A) Serie diaria de la velocidad (curva azul punteada) y dirección (vectores) del viento promedio diario satelital (m/s y nudos) en Punta Lengua de Vaca (PLV) desde el 1 de diciembre de 2023 al 29 de febrero de 2024. Promedio histórico diario (línea negra) y desviación estándar (sombreado azul) de la velocidad del viento en PLV calculados entre 2000 y 2022. (B) temperatura del agua (°C), (C) oxígeno disuelto (mL/L), (D) saturación de oxígeno (%), (E) clorofila (mg/m^3) y (F) salinidad (psu) registrados a 10 m de profundidad por la boyea CEAZA localizada en la bahía de Tongoy.

Continuando con la tendencia observada en Punta de Choros (Figura 10), las mediciones de viento provenientes de la red CEAZAMET en el sector Punta Lengua de Vaca, en el extremo sur de la bahía de Tongoy, registraron valores sobre los rangos históricos, especialmente para el periodo posterior al 26 de abril, donde se observan 3 máximos de viento que superan los 6 m/s (11.6 nudos). Similarmente a lo observado en el trimestre anterior, el viento fluyó principalmente desde el suroeste (76.1%), siendo interrumpido por 4 eventos de viento desde el noreste (5.4%). Debido a labores de mantenimiento, las observaciones obtenidas desde la balsa CEAZA en la bahía de Tongoy solo presentaron disponibilidad desde el 1 al 24 de marzo y desde el 7 al 31 de mayo. A pesar de esto, los datos de temperatura del agua disponibles durante marzo muestran una relación inversa entre temperatura y magnitud del viento. Durante mayo, la temperatura presentó valores bajo la tendencia histórica lo que

sugiere un enfriamiento debido a la surgencia que se ha observado posterior al 26 de abril en los datos satelitales a lo largo de toda la región (Figura 7). La concentración de oxígeno durante marzo se mantuvo dentro de los valores históricos, sin embargo en mayo presentó un máximo entre el 7 y el 11 y entre el 22 y el 26, ambos periodos donde el viento cambió su dirección típica favorable a la surgencia hacia el SO. La clorofila también presentó valores típicos durante marzo, y sobre la distribución histórica durante mayo, lo que sugiere un aumento en la surgencia durante este periodo. Por su parte, la salinidad se mantuvo dentro de la tendencia histórica, excepto entre el 13 al 24 de marzo donde presentó valores levemente más bajos, pero fluctuando siempre entre 34.2 y 34.5 PSU, reflejando las condiciones habituales para este periodo del año.



Índice de surgencia (Bahía de Tongoy)

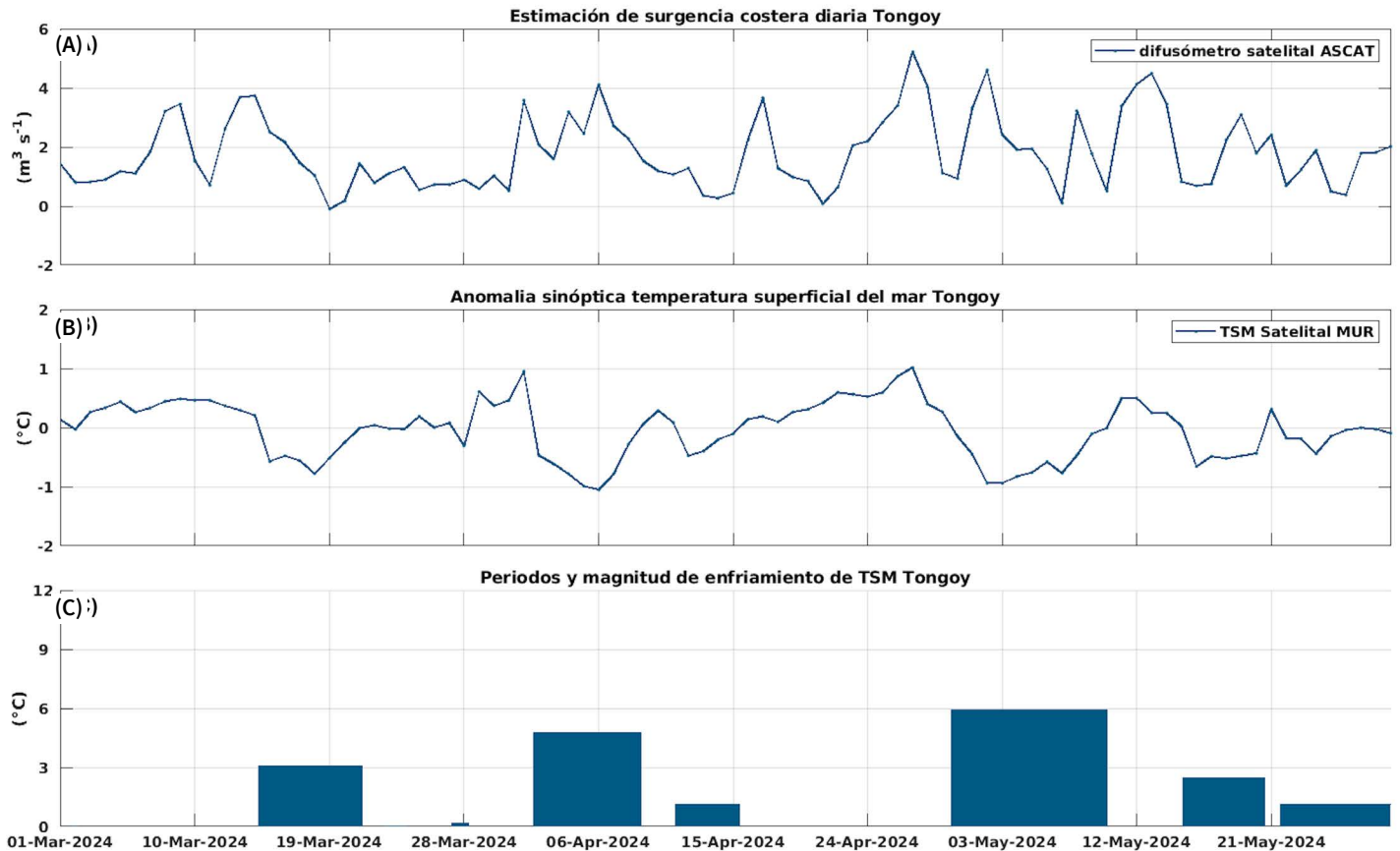


Figura 13. Indicadores de intensidad y duración de la surgencia costera en la Bahía de Tongoy entre el 1 de marzo al 29 de mayo de 2024. (A) Índice de surgencia costera (UI) estimado a partir del estrés del viento. (B) Anomalías sinópticas de la temperatura superficial del mar (TSM) ($^\circ\text{C}$). (C) Índice termal de surgencia costera (enfriamiento costero superficial) estimado a partir de las anomalías sinópticas (ver Glosario) de la temperatura superficial del mar (TSM). Las anomalías de temperatura se obtienen sustrayendo el promedio móvil de 30 días de la serie diaria de TSM satelital en la localidad de interés.

El análisis de los periodos de surgencia en la bahía de Tongoy, derivados a partir del viento, registra al igual que Punta de Choros cuatro extensos periodos con transporte de surgencia de importancia pero con mayor intensidad, estos eventos se caracterizaron por su extensión temporal e intensidad inusual acumulando transporte de surgencia de 25, 78.3, 34 y 27.2 m^3/s entre el 8 al 17 de marzo, 1 al 8 de abril, 23 de abril al 4 de mayo y del 11 al 21 de mayo, respectivamente. La comparativa con igual periodo del 2023 indica un nivel de la actividad del

viento muy superior a lo observado en el año anterior (ver boletín julio 2023) acumulando un transporte de surgencia de 55 m^3/s el año 2023 versus 162 m^3/s durante el presente año. Asimismo, en relación con los meses de verano, el incremento del transporte de surgencia acumulado es ligeramente superior aumentando de 125 a 162 m^3/s desde el trimestre diciembre-enero-febrero al trimestre marzo-abril-mayo, respectivamente.

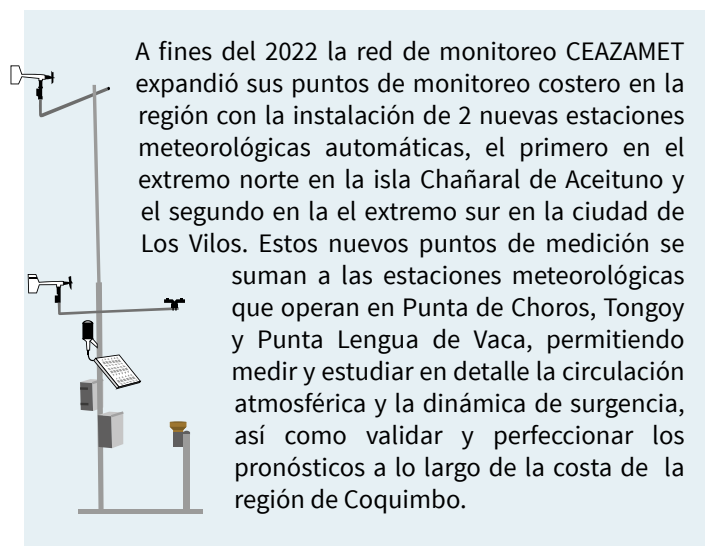
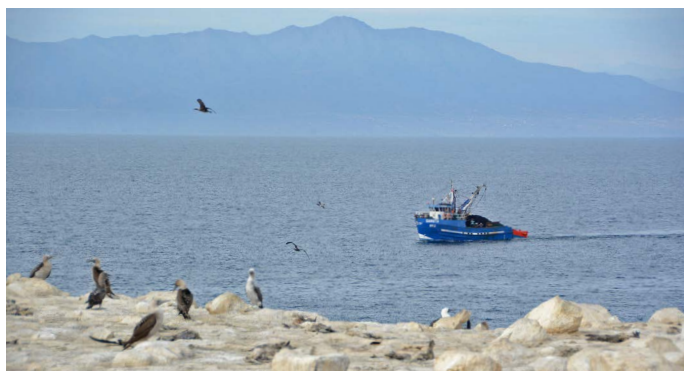


» PRONÓSTICOS A CORTO PLAZO

» Temperatura superficial del mar (TSM), oleaje, mareas y viento

En esta sección se introduce y presenta el sistema de pronóstico atmosférico y oceanográfico de CEAZA. Los pronósticos de TSM, oleaje, mareas y viento a escala regional y local se encuentran en el portal CEAZAMar (www.ceazamar.cl) donde se muestra una síntesis de la evolución futura de estas variables para los próximos 10 días.

Adicionalmente en esta versión del Boletín, a solicitud de los usuarios, se da a conocer una nueva actualización de los pronósticos locales, los cuales ahora pueden ser descargados en formato .pdf para su posterior impresión en tamaño carta u oficio. Para obtener el “oceanograma” impreso, se debe acceder al sitio <http://ceazamar.cl/pronosticos/oceanograma-porcaleta/>, seleccionar la caleta de interés y después presionar el botón “descargar”. Mediante esta herramienta los usuarios con conexión a internet baja o intermitente pueden descargar un archivo .pdf listo para ser impreso (a color) con los pronósticos a 10 días de las principales variables oceanográficas (viento, oleaje, mareas, etc). Se resalta que los pronósticos que se alejan más allá del quinto día en que fueron realizadas son de una gran incertidumbre por lo que se invita a los usuarios a revisar las actualizaciones diarias de nuestros servidores de manera frecuente.



A fines del 2022 la red de monitoreo CEAZAMET expandió sus puntos de monitoreo costero en la región con la instalación de 2 nuevas estaciones meteorológicas automáticas, el primero en el extremo norte en la isla Chañaral de Aceituno y el segundo en el extremo sur en la ciudad de Los Vilos. Estos nuevos puntos de medición se suman a las estaciones meteorológicas que operan en Punta de Choros, Tongoy y Punta Lengua de Vaca, permitiendo medir y estudiar en detalle la circulación atmosférica y la dinámica de surgencia, así como validar y perfeccionar los pronósticos a lo largo de la costa de la región de Coquimbo.

LINKS DE ACCESO:

PRONÓSTICOS REGIONALES:

- VIENTOS
- OLAS
- TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR (TSM)

PRONÓSTICOS LOCALES:

- OCEANOGRAMA POR CALETA:
¡Ahora descargable para imprimir!





» INFOGRAFÍA



Red de Monitoreo Costero del Centro Científico CEAZA

Con los datos registrados por las estaciones, el CEAZA realiza investigaciones científicas y además, entrega esta información de manera abierta y gratuita a los sectores productivos.



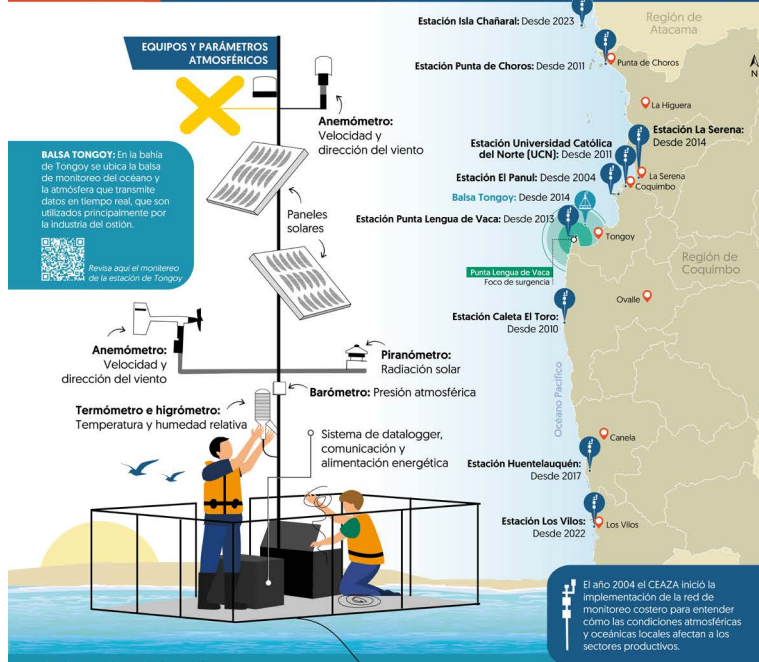
» Datos del monitoreo: Información para la ciencia y la industria

- 1. El monitoreo del océano y la atmósfera** es una herramienta para la adaptación al cambio climático
- 2. Investigación y análisis científico** de las condiciones en la Región de Coquimbo realizados por especialistas en climatología, oceanografía, modelación matemática, meteorología, biología marina, etc.
- 3. Resultados:**
 - ✓ Pronóstico oceanográfico
 - ✓ Alertas tempranas
 - ✓ Análisis de los efectos locales de eventos de El Niño y La Niña, surgencia, oxígeno, etc.
 - ✓ Proyecciones locales de los efectos del cambio climático

Accede a los datos y análisis del CEAZAMar: ceazamar.cl/boletines-ceazamar

APP de pronóstico oceanográfico: app.ceaza.cl

Web CEAZAMar: ceazamar.cl



» Usuarios de la red

- Acicultura
- Pesca
- AMERB
- Conservación
- Puertos
- Turismo
- Comunidades costeras
- Sector público
- Eólica



- #### Equipos y Parámetros Oceanográficos
- Salinidad
 - Oxígeno en el agua
 - Temperatura superficial del mar
 - Clorofila
 - Turbidez

» El monitoreo como herramienta:

- Planificación de las actividades en el mar y borde costero.
- Optimizar los recursos económicos.
- Planes de acción para anticiparse a eventos climáticos [Temporales, marejadas, bajas de oxígeno, El Niño, surgencia, etc.]
- Adaptación de las comunidades y sectores productivos al cambio climático.



» GLOSARIO



Advección vertical: El proceso de advección vertical se refiere al transporte de propiedades de aguas (calor, oxígeno, nutriente) en la dirección vertical cuando se genera una velocidad vertical a través de un gradiente vertical de esa propiedad. Por ejemplo, una onda de hundimiento a lo largo de la costa tiende a producir un calentamiento superficial por la generación de anomalías de velocidad vertical negativas (hundimiento de la termoclina) en la base de la capa de mezcla (i.e. donde hay un gradiente vertical de temperatura)

Altimetría: Estudio de la altura o la medición de la altitud y se usa en la oceanografía desde la década de los 70 's para estudiar superficies continentales, especialmente en las áreas de la hidrología y la glaciología. Actualmente nos referimos con altimetría a misiones altimétricas satelitales que tienen incorporado un radar. A través de la altimetría se puede inferir una variedad de parámetros incluida la altura de la superficie del mar, la topografía del océano (fondo marino), la extensión lateral del hielo marino y la altitud de grandes icebergs sobre el nivel del mar, además de la topografía de la tierra y las capas de hielo e incluso la del mar. La altimetría satelital también proporciona información útil para mapear las velocidades del viento en la superficie del mar y las alturas significativas de las olas.

Altura de ola: Diferencia vertical entre la cresta (máximo) y el valle (mínimo) de una única ola.

Altura significativa de ola: Media aritmética del tercio superior de todas las alturas de ola medidas durante un período de tiempo fijo. Esta variable se utiliza convencionalmente como una medida de las "máximas olas que se pueden observar en un instante dado".

Anomalía: Se refiere a la desviación en los valores de una determinada variable o parámetro ambiental, con respecto a un promedio histórico o climatológico.

Anomalías sinópticas de la temperatura superficial del mar: Se refiere a la diferencia entre el valor observado y el valor histórico de cierto parámetro. En este caso, corresponde a la diferencia entre el valor de temperatura observado y el promedio histórico para el mismo período de tiempo. Por lo tanto, la anomalía sinóptica de la temperatura superficial del mar corresponde a un horizonte temporal que no excede de una o dos semanas.

Boya oceanográfica: Plataforma para el estudio hidrográfico, diseñada para el monitoreo de las propiedades fisicoquímicas del mar, generalmente utilizadas para estudios oceanográficos

y climáticos, pero también con aplicación en la acuicultura. Las boyas oceanográficas tienen un punto de anclaje al piso marino, y en ellas se disponen diversos instrumentos (también llamados sensores) tanto atmosféricos como oceanográficos, que miden con precisión una multitud de parámetros como la velocidad y dirección del viento a través del diámetro de los rotores de las turbinas eólicas. Los sensores oceanográficos registran parámetros como la temperatura y salinidad del mar, turbidez, fluorescencia, clorofila, el oxígeno disuelto, la concentración de CO₂ y pH, corrientes, entre otros.

Calibres Ostión del Norte: Número de individuos de ostión por unidad de masa. Comúnmente expresada en libras o kilogramo. Así tenemos por ejemplo: el calibre A corresponde entre 22-44 unidades en un kilogramo, calibre B 44-66 unidades por kilogramo, calibre C 66-88 unidades por kilogramo, etc.

Climatología: Estudio de los parámetros y variables atmosféricas observadas en un período de al menos 30 años, que permite describir las características térmicas, pluviométricas y de nubosidad de una zona o región.

Clorofila: Pigmento presente en el fitoplancton o microalgas marinas, empleado en la fotosíntesis para absorber dióxido de carbono atmosférico, para producir azúcares como combustible y liberar oxígeno. La clorofila es responsable del color verdoso del fitoplancton. La medición de la concentración de clorofila en el océano permite estimar la concentración del fitoplancton y por lo tanto, de la actividad biológica de éste, o incluso la disponibilidad de alimento para organismos que filtran (filtradores). Los valores de clorofila superficial del mar pueden ser estimados en forma satelital. A través de la columna de agua, la concentración de clorofila se puede estimar o medir utilizando sensores oceanográficos, o mediante muestras discretas de agua tomadas con botellas oceanográficas (llamadas botellas Niskin), y analizadas posteriormente en un laboratorio.

Corrientes de superficie: Las corrientes superficiales se originan en respuesta al viento, alcanzan importantes velocidades, y debido a que recorren largas distancias, son un efectivo mecanismo de transporte para la fauna marina. En la categoría de corrientes marinas superficiales se incluyen las corrientes permanentes de los océanos tales como la corriente de Humboldt, Deriva del Oeste, Kuroshio, Australiana, la del Golfo y las corrientes Ecuatoriales, las cuales son una parte importante de la circulación general de los océanos.

CTD: Es un acrónimo en inglés de conductividad-temperatura-profundidad (en inglés, conductivity-temperature-depth).



Además, así se denomina al instrumento científico que se usa para determinar las propiedades físicas esenciales del agua de mar. El CTD brinda a los científicos información precisa y completa de la distribución y variación de la temperatura, la salinidad y la densidad a lo largo de la columna de agua. Este instrumento se puede utilizar para obtener información a diferentes profundidades o anclado a una determinada profundidad para generar series de tiempo sobre la variabilidad de estos parámetros. Al día de hoy, a los CTDs se le puede añadir más instrumentos de medición (sensores oceanográficos) de oxígeno disuelto, clorofila, turbidez, pH, concentración de CO₂ (pCO₂), entre otros, lo que entrega una información más completa de las propiedades de la columna de agua.

El Niño: Es un fenómeno climático que se desarrolla en el océano Pacífico tropical. Está asociado a un debilitamiento de los vientos alisios, lo que produce ondas oceánicas de hundimiento que se propagan a lo largo del ecuador hacia el este y que profundizan la termoclina, produciendo un calentamiento. La ubicación de la zona a lo largo del ecuador en la que aumenta la temperatura de la superficie del mar, define si estos eventos se llaman El Niño del Pacífico Central o El Niño del Pacífico Este. Los El Niño del Pacífico Este son los más intensos y los que más influyen la costa de Chile. Estos eventos en general son seguidos por una fase fría (La Niña), lo que resulta en una oscilación conocida por el nombre de El Niño Oscilación del Sur (ENOS)**. Eventos de calentamiento a escala más regional han sido también llamados “eventos El Niño”, como los que ocurren a lo largo de Perú (El Niño costero) o de Chile (Chile El Niño). Estos eventos son más breves y se relacionan con procesos locales de interacción océano-atmósfera.

El Niño Chileno: Corresponde al modo dominante de la variabilidad de la temperatura superficial del mar a escala de tiempo interanual frente a Chile central, y que es independiente del El Niño del Pacífico tropical.

Epibiontes: Son organismos con movilidad reducida o nula en su estado adulto (sésiles) que habitan y crecen sobre otros seres vivos. Algunos ejemplos locales, corresponden a los cirripedios o picorocos y también algunas especies de algas que se encuentran sobre las conchas de los moluscos.

ENSO: Acrónimo de “El Niño” Southern Oscillation (El Niño/Oscilación del Sur ENOS en español). El ciclo ENOS se refiere a las variaciones coherentes y, a veces, muy fuertes de un año a otro en las temperaturas de la superficie del mar, la lluvia convectiva, la presión del aire en la superficie y la circulación atmosférica que ocurren a través del océano Pacífico ecuatorial. El Niño y La Niña representan extremos opuestos en el ciclo ENOS.

Espectro direccional de olas: Se refiere a la variable que mide la distribución de energía de las olas a lo largo de un rango de frecuencias (períodos) y direcciones. Esta variable es la que se trabaja para evaluar las oscilaciones de la superficie libre del mar, ya que para cada instante y punto sobre el océano, el espectro define las direcciones, frecuencias y alturas (energía) de las distintas olas que dan lugar en conjunto, a un estado de mar particular.

Estrés del viento: Fuerza por unidad de área sobre la superficie del mar ejercida por el viento que sopla por encima de ella.

Fitoplancton: Derivado de las palabras griegas *phyto* (planta) y *plancton* (hecho para desplazarse), el fitoplancton está compuesto por organismos microscópicos que viven en ambientes acuosos, tanto salados como dulces. Entre los tipos más comunes se encuentran las cianobacterias, las diatomeas recubiertas de sílice, los dinoflagelados, las algas verdes o clorofitas y los cocolitóforos recubiertos de calcio.

Índice de surgencia costera: Corresponde a la determinación de un valor que posibilita estimar la actividad de surgencia a mesoescala, gracias al análisis de series de tiempo de datos oceanográficos. Por ejemplo, en el caso de los reportados en este boletín, se estimó el índice de surgencia costera (*UI*, *Upwelling index* por su sigla en Inglés) a partir del estrés del viento. Con lo anterior se obtiene un índice en valores relativos que permite clasificar la surgencia como alta, media, baja y muy baja.

La Niña: Fase fría de la oscilación ENOS vinculada al enfriamiento periódico de las temperaturas de la superficie del océano en el Pacífico ecuatorial central y centro-este que ocurre cada 3 a 5 años aproximadamente. La Niña representa la fase fría del ciclo El Niño / Oscilación del Sur (ENSO).

Mareas astronómicas: Se entiende como mareas astronómicas al ir y venir de la superficie del mar producto de las fuerzas gravitacionales que ejercen la Luna y el Sol sobre la Tierra. Típicamente en unas horas generan cambios de unos cuantos metros en el nivel del mar, siendo esta amplitud muy dependiente de la localidad.

Mareas meteorológicas: Se entiende por marea meteorológica a los cambios del nivel del mar producto a las variaciones de presión atmosférica en la interfaz aire/agua. Típicamente generan cambios del nivel del mar mucho menores a los de la marea astronómica.

Mareas de sizigia: También llamadas “mareas vivas”, corresponden a los períodos en donde las órbitas de la Tierra y la Luna están aproximadamente alineadas con el Sol, de manera que las fuerzas gravitacionales de la Luna y el Sol actúan en conjunto para aumentar la amplitud de la marea. Estos períodos se observan principalmente cuando la luna está en su fase “llena” y “nueva”.

Mareas de cuadratura: También llamadas “mareas muertas”, corresponden a los períodos en donde el ángulo entre el Sol, la Tierra y la Luna forma aproximadamente un ángulo recto (90°), de manera que las fuerzas gravitacionales del Sol y la Luna se contrarrestan generando una menor amplitud en la marea. Estos períodos se observan principalmente cuando la luna está en su fase de “cuarto menguante” y “cuarto creciente”.

Mar de fondo: Se entiende como mar de fondo a las características de las olas de baja frecuencia (alto período) del espectro de energía de oleaje. En otras palabras, se puede entender como aquellas olas que fueron generadas por



tormentas de mar abierto, que no necesariamente afectan de manera directa, el punto de interés en el que se desea evaluar las condiciones de oleaje.

Mar de viento: Se entiende como mar de viento a las características de las olas de alta frecuencia (bajo período) del espectro de energía de oleaje. Lo cual, se puede entender como aquellas olas que fueron generadas localmente por el viento, afectando de manera directa y rápida, el sitio de interés en el que se desea evaluar las condiciones de oleaje.

Modo climático: También llamado modo de variabilidad climática, se refiere a la preferencia del sistema climático por ciertas pautas o patrones recurrentes tanto espaciales como temporales, los cuales están relacionados a la circulación atmosférica y a sus interacciones con las superficies terrestres y oceánicas. Algunos de los modos de variabilidad climática más estudiados son el Dipolo del Océano Índico (OID), El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) y la Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO). El entendimiento de los patrones que generan los modos de variabilidad pueden ayudar a predecir las condiciones futuras del tiempo en el corto y mediano plazo.

Ondas de Kelvin: Ondas que se generan en la zona ecuatorial del océano Pacífico a consecuencia de las variaciones en los vientos alisios que soplan desde el este al oeste. Una vez generadas, estas ondas viajan hacia el ecuador (este) modulando a la vez el nivel del mar y la profundidad de la termoclina. Al alcanzar la costa en el ecuador, estas se desplazan hacia los polos, apegadas a la línea costera haciendo subir el nivel y temperatura del mar. Dado que las costas de Chile y Perú suelen ser frías por el efecto de la corriente de Humboldt y la surgencia costera, las perturbaciones en la temperatura del mar generadas por la ondas de Kelvin pueden tener importantes consecuencias en la biología y propiedades del mar en las costas de estos países.

Ondas planetarias: Son ondas que ocurren naturalmente en fluidos en rotación. Estas ondas se forman como resultado de la rotación del planeta, dentro del océano y la atmósfera de la Tierra y pueden afectar el tiempo y el clima del planeta. También son conocidas como ondas de Rossby.

Ondas atrapadas a la costa (OAC): Las ondas atrapadas a la costa son perturbaciones de la estratificación que se propagan a lo largo de la costa. La amplitud y velocidad de corrientes son máximas en la costa y disminuyen de forma exponencial mar adentro, viajando con la costa a la derecha (izquierda) de la dirección de propagación en el hemisferio norte (sur), por lo que se propagan en sentido ciclónico alrededor de las grandes cuencas oceánicas.

Olas de calor marinas: Eventos donde la temperatura del océano supera un percentil del registro de temperaturas históricas (usualmente 90%) y su persistencia es de al menos 5 días seguidos.

Oscilación interdecadal del Pacífico (IPO): Oscilación a largo plazo de las temperaturas superficiales del mar en el océano Pacífico que puede durar de 20 a 30 años. Sus fases positivas

y negativas afectan la fuerza y frecuencia de El Niño y La Niña.

Oxígeno disuelto (OD): El oxígeno disuelto es la cantidad de oxígeno gaseoso que está disuelto en el agua. El oxígeno libre es fundamental para la vida de los peces, plantas, algas, y otros organismos. La concentración de este elemento es resultado del oxígeno que entra en el sistema y el que se consume por los organismos vivos. La entrada de oxígeno puede estar provocada por muchas fuentes, pero la principal es el oxígeno absorbido de la atmósfera.

Período y frecuencia de olas: La frecuencia del oleaje se refiere al número de olas que pasan por un punto en un intervalo de tiempo dado, análogamente el período es el tiempo que demora en pasar entre una ola y otra.

Período pico o del peak espectral: Se refiere al período del máximo de energía del espectro de olas de un lugar e instante dado. Usualmente se ocupa para representar el período del oleaje predominante en un instante y lugar de interés.

Pleamar y bajamar: La pleamar y bajamar corresponden a los máximos y mínimos del nivel del mar en un día del año en particular. Comúnmente se conocen como “mareas altas” y “mareas bajas” respectivamente, y su origen se debe a la rotación de la Tierra y la forma en que la gravedad lunar y solar deforman los océanos. Aproximadamente ocurren dos pleamares cada 12 horas y 48 minutos, intervalo de tiempo determinado principalmente por la rotación de la tierra y el desfase de la órbita de la luna.

Productividad primaria: La producción primaria es la síntesis de sustancias orgánicas por organismos autótrofos (principalmente fitoplancton) a partir de dióxido de carbono (CO₂) atmosférico o acuoso. En general, la productividad marina es similar a la terrestre. La producción neta marina es de aproximadamente 35,000-50,000 millones de toneladas métricas por año, mientras que la producción terrestre alcanza los 50,000-70,000 mil millones de toneladas por año.

Saturación de oxígeno: En ambientes acuáticos, la saturación de oxígeno en unidades de porcentaje (%) es una relación entre la concentración de oxígeno disuelto y la cantidad máxima de oxígeno que se disolverá en ese cuerpo de agua, a la temperatura y presión que constituyen las condiciones de equilibrio estable. Por ejemplo, en condiciones ideales en que el agua se encuentra bien aireada y sin productores o consumidores de oxígeno se dice que está 100% saturada de oxígeno.

Surgencia: La surgencia, o afloramiento de aguas profundas, es un proceso oceanográfico resultante de la interacción entre el viento, la superficie del mar y la rotación de la Tierra, cuyo resultado es el movimiento y reemplazo de las aguas superficiales del océano por agua más profunda. El viento que sopla paralelo a la costa, de sur a norte en el hemisferio sur, provoca el movimiento o transporte del agua superficial hacia mar abierto (hacia el oeste). Este transporte del agua superficial (llamado transporte de Ekman) permite que aguas más profundas la reemplacen. Estas aguas más profundas son



más frías, lo que genera fuertes contrastes en la temperatura superficial del mar, pero también presentan elevados niveles de nutrientes que estimulan el crecimiento de las microalgas o fitoplancton. Finalmente, las aguas de surgencia también presentan altas concentraciones de CO₂ (elevada acidez) y bajas concentraciones de oxígeno disuelto lo que genera eventos locales de acidificación y desoxigenación del océano, respectivamente.

Temperatura superficial del mar (TSM): Corresponde a la temperatura obtenida utilizando percepción remota satelital del mar. Esta aplicación es posible debido a que todo cuerpo emite energía electromagnética de acuerdo, principalmente, a su temperatura. Los instrumentos satelitales (también llamados sensores) captan la emisión de superficie del mar, y se obtiene lo que se denomina temperatura superficial del mar (TSM) con un grado adecuado de confiabilidad ($\pm 1^\circ\text{C}$).

Zona fótica: Es la capa superior del océano, más cercana a la superficie. En esta zona penetra la suficiente luz para permitir la fotosíntesis, la que es realizada por el fitoplancton, así como también por las algas fijadas en la superficie. La profundidad a la que se extiende la zona fótica está determinada en gran medida por la densidad de la materia que se encuentra suspendida en el agua.

Zonas mínimas de oxígeno (ZMO): Son regiones del océano con bajo contenido de oxígeno (menores a 1 ml por litro), que generalmente se encuentran entre 100-1000 m de profundidad. Estas masas de agua pobremente ventiladas por la circulación oceánica de gran escala que se generan debido a la combinación de una circulación relativamente lenta y altas tasas de respiración de la materia orgánica. Las ZMOs cumplen un rol clave en el ecosistema marino y el clima, por ejemplo, comprimen el hábitat de los organismos ya que representan una barrera respiratoria e interviene en los ciclos biogeoquímicos globales (nitrógeno, carbono y fósforo, entre otros) y, en consecuencia son consideradas como una fuente de gases invernadero (óxido nitroso).



» ANEXOS



» Parámetros e instrumentos de las estaciones de monitoreo costeras

Estación Coordenadas Lat/Lon (WGS-84)	Instrumentos de Medición			Rango/ sensibilidad	Precisión	Resolución	
	Parámetro	Unidad	Altura de ubicación				Marca/Modelo
Punta de Choros (7 msnm) 29°14'50"S, 71°28'5"O	ATMOSFÉRICO						
	Temperatura del aire	°C	1,5 m	Campbell 107	-35° a +50°C	± 0,2°C	0,01°C
	Velocidad del viento	m/s	2 m	RM Young Marine Wind Monitor Model 05106	0 a 100 m/s	± 0,3 m/s	0,1 m/s
	Dirección del viento	°	2 m	RM Young Marine Wind Monitor Model 05106	0 a 360°C	± 3°	0,01°
	Radiación Solar Global	W/m ²	2 m	Licor Li200	400 a 1100 nm	± 5%	0,1
	Presión Atmosférica	hPa	2 m	Vaisala PTB110	500 a 1100 hPa	± 0,3 hPa	0,1 hpa
Precipitación	mm	1,5 m	Texas Instrument TR-525M	0 a 700 mm/h	2 mm	1%	
Tongoy Balsa (0 msnm) 30°16'30"S, 71°33'42"O	ATMOSFÉRICO						
	Temperatura del aire	°C	1,5 m	Termistor Beta Therm/T109 (10K3A1iA)	-50°C a +70°C	± 0,2°C	0,1°C
	Velocidad del viento	m/s	5 m	Anemómetro RM Young/ Model 86000	0 a 75 m/s	30 m/s ± 2%	0,01 m/s
	Dirección del viento	°	5 m	Anemómetro RM Young/ Model 86000	0 a 360 °	± 2°	0,1°
	Presión Atmosférica	hPa	2 m	Vaisala/PTB110	500 a 110 hPa	± 0,3 hPa a 20°C	0,1 hPa
	OCEANOGRÁFICO						
	Oxígeno del agua	mL/L	-10 m	WetLabs/WQM	-	0,2 mL/L (a 0°C y 35 psu salinidad)	0,003 mL/L
	Saturación de oxígeno	%	-10 m	WetLabs/WQM	0 a 120% saturación	2% de saturación	0,035% de saturación (0,003 mL/L a 0°C, 35 psu)
	Conductividad	S/m	-10 m	WetLabs/WQM	0 a 9 S/m	0,0003 S/m	0,0005 S/m
	Temperatura del agua	°C	-10 m	WetLabs/WQM	-5°C a 35°C	0,002 °C	0,001 °C
Clorofila	mg/m ³	-10 m	WetLabs/WQM	0 a 50 mg/m ³	0,015 mg/m ³	0,01 mg/m ³	
Turbidez	NTU	-10 m	WetLabs/WQM	0 a 100 NTU	0,013 NTU	0,04% FSNTU	



Estación Coordenadas Lat/Lon (WGS-84)	Parámetro	Instrumentos de Medición			Rango/ sensibilidad	Precisión	Resolución
		Unidad	Altura de ubicación	Marca/Modelo			
Punta Lengua de Vaca (17 msnm) 30°14'42"S, 71°37'59"O	ATMOSFÉRICO						
	Temperatura del aire	°C	2 m	Vaisala/HMP155	-80°C a 60°C	± 0,2°C	0,001°C
	Humedad Relativa	%	2 m	Vaisala/HMP155	0 a 100%	± 1% RH	0,001%
	Velocidad del viento	m/s	5 m	RM Young/5103 Wind Monitor	0 a 100 m/s	± 0,3 m/s	0,01m/s
	Dirección del viento	°	5 m	RM Young/5103 Wind Monitor	0 a 360°C	± 3°C	0,01°
	Presión Atmosférica	hPa	2 m	Sutron/5600-0120	500 a 1100 mb (hPa)	± 0,5 mb	0,01 mb
Precipitación	mm	1,5 m	Texas Instrument TR-525M	0 a 700 mm/h	2 mm	1%	

» Procedencia de los datos analizados

PARÁMETRO	PRODUCTO SATELITAL	INSTITUCIÓN	RESOLUCIÓN ESPACIAL (EN KM) / TEMPORAL	FIGURA DEL BOLETÍN
Temperatura superficial del mar (TSM)	HadISST y ERSSTv5	The Hadley Centre (UK) y the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)	~100 km / mensual	2
	Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis (OSTIA)	UK Meteorological Office	~4 km / diario	1
	Multi-Scale Ultra High Resolution (MUR) Sea Surface Temperature	NASA	~1 km / diario	6 y 7
Índices El-Niño Chileno y El-Niño Este Pacífico	HadISST y ERSSTv5	The Hadley Centre (UK) y the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)	~100 km / mensual	2
Nivel del mar	Ocean Surface topography from Altimetry (JASON3)	Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS)	~25 km / diario	3
Viento (velocidad y dirección)	Satellite Metop, instrumento Advanced SCATterometer (ASCAT)	Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER)	~27 km / diario	4 y 5
Clorofila superficial	Aqua, Suomi-NPP, Sentinel-3a, JPSS-1 (NOAA-20), Sentinel-3b	Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS)	~4km / diario	8 y 9

Boletín
CEAZAMar
JULIO
2024

