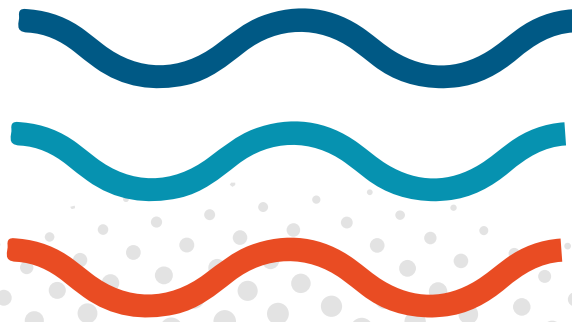




Boletín CEAZAMar ENERO 2024





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
» Diagnóstico de los sectores productivos	24
» PRONÓSTICO A CORTO PLAZO	26
» Temperatura Superficial del Mar (TSM), oleaje, mareas y viento	26
» INFOGRAFÍA	27
» GLOSARIO	28
» ANEXOS	32
» Parámetros e instrumentos de las estaciones de monitoreo costeras	32
» Procedencia de los datos analizados	33





» ¿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, promoviendo la participación ciudadana en la ciencia a través de actividades de generación y transferencia del conocimiento.

CEAZA tiene como misión promover el desarrollo científico y tecnológico, a través de la realización de ciencia básica y avanzada a nivel inter, multi y transdisciplinario en zonas áridas, ciencias biológicas y ciencias de la tierra, desde y para la Región de Coquimbo con un alto impacto en el territorio, sus ecosistemas terrestres y marinos, y actividades socioeconómicas.

La investigación y vinculación que desarrolla CEAZA está orientada 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.

» ¿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:

Claudio Álvarez, Orlando Astudillo, José Luis Castro, Boris Dewitte, Jorge Inostroza, Leonel Navas, Cristian Orrego, Esteban Quevedo, Marcelo Rivadeneira, José Rutllant.

Transferencia y Vinculación:

Pilar Molina

Comunicación:

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 - Enero (2024). Análisis de las Condiciones Atmosféricas y Oceanográficas de la Región de Coquimbo (Septiembre - Noviembre 2023). 33 páginas.
DOI: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.25078085>





» RESUMEN



El presente 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 septiembre y el 29 de noviembre de 2023. Adicionalmente, se provee un segundo diagnóstico del sector productivo del recurso loco en la región de Coquimbo.

Para el período comprendido entre septiembre y noviembre de 2023 se aprecia una reducción progresiva de la temperatura superficial del mar (TSM) en el Pacífico Central y Oriental, consistente con la declinación general de El Niño. Sin embargo, se anticipa que las condiciones cálidas persistirán durante el verano austral. A nivel nacional, se observa también una reducción constante en la intensidad de las anomalías cálidas de la TSM. Actualmente (enero 2024) la temperatura del mar ha retornado a valores cercanos o bajo el promedio histórico en el área oceánica y costera de toda la región de Coquimbo.

El calentamiento oceánico que comenzó a principios del año culminó en torno a Julio. A partir de ese momento los índices El Niño del Pacífico Este (EP) y Chile El Niño (CEN) han mostrado un decrecimiento sostenido, particularmente en este último trimestre.

El debilitamiento del índice EP a partir de su culminación indica una evolución hacia un El Niño de tipo Pacífico Central. Por su parte el índice CEN no ha mostrado incremento significativo pasando a condiciones neutras a partir de agosto.

Como ocurre cada primavera, el período de septiembre a noviembre de 2023 se caracterizó por un incremento en la magnitud del viento sur en relación al trimestre anterior. Sin embargo, se aprecia una menor magnitud del viento en relación a la primavera de 2022, consistente con el debilitamiento del anticiclón del Pacífico Sudeste que caracteriza la presencia de El Niño (primavera 2023) frente a La Niña del 2022. Para el trimestre en revisión se destacan tres períodos de máxima velocidades a lo largo de la costa: del 10 al 18 de septiembre, del 7 al 15 de octubre y del 12 al 20 de noviembre, con velocidades cercanas a los 10 m/s (19.4 nudos). Velocidades inferiores a 2 m/s (3.8 nudos) se observaron desde el 16 al 24 de octubre y del 3 al 11 de noviembre.

Más del 85% del tiempo y en todas las localidades la dirección del viento fue favorable a la surgencia (del sur), salvo la bahía de Coquimbo que presentó sólo un 77% de prevalencia de viento sur (11% de viento oeste).

A nivel local, se observaron temperaturas por sobre el promedio histórico en gran parte del trimestre en coherencia con la influencia de El Niño. Sin embargo, también se registraron períodos de surgencia costera y enfriamiento durante la intensificación del viento sur entre el 7 y 15 de octubre y del 21 al 29 de noviembre. En relación al promedio histórico se advierte una reducción de la temperatura a partir de mediados de noviembre probablemente asociado a la reducción en la intensidad de El Niño.

El incremento estacional de la clorofila satelital, consistente con el aumento de la intensidad del viento y la surgencia costera, se reflejó especialmente en los períodos entre el 19 y el 27 de septiembre, 28 al 6 de octubre y 7 al 15 de octubre, con promedios de 3.79, 6.14 y 4.95 mg/m³ respectivamente. Comparando con igual trimestre del año 2022, se observa una reducción de un 53% en la concentración promedio de clorofila a lo largo de la costa, esperable para años de “El Niño” por la reducción de la surgencia y del oxígeno disponible en la columna de agua.

A nivel de localidades costeras, las observaciones satelitales de clorofila muestran una mayor producción de fitoplancton en las localidades del centro norte de la región, en particular en Punta de Choros, bahía de Coquimbo y Tongoy con un promedio trimestral de 3.15, 5.10 y 3.46 mg/m³, respectivamente. Por otra parte, La Cebada y Huentelauquén registraron concentraciones promedio mínimas de 1.15 y 1.31 mg/m³.

El análisis de los índices de surgencia en la bahía de Tongoy, indica que el transporte de surgencia fue mayor en Tongoy que en Punta de Choros, con una acumulación de 180 y 114 m³/s en cada localidad, respectivamente. También destacamos la diferencia entre la actividad de surgencia de la pasada primavera en condiciones El Niño con lo observado durante la primavera del año 2022 bajo la influencia de La Niña, observándose un reducción significativa en el régimen de viento, los eventos de surgencia y la concentración de fitoplancton en superficie.

En relación al diagnóstico del sector productivo del loco, se analizaron dos factores asociados a la extracción de este recurso y su disponibilidad variable a lo largo de la Región de Coquimbo, el primero corresponde al régimen local de circulación y su efecto en la provisión de nutrientes y transporte de larvas. El segundo, corresponde a la extensión espacial del hábitat propicio (fondo rocoso) para el asentamiento y desarrollo de estos organismos, en ambos casos el sector norte de la región presenta condiciones más favorables que pueden asociarse con su mayor volumen de extracción y disponibilidad del recurso.



» MENSAJES DESTACADOS



1

El trimestre de septiembre a noviembre de 2023 se caracterizó por una expansión y migración hacia el oeste de las condiciones cálidas de El Niño observadas en el Pacífico oriental en el primer semestre del año 2023.

2

A la fecha las condiciones de El Niño aún persisten en el Pacífico tropical pero se ha observado un debilitamiento de las anomalías cálidas de temperatura y se espera la transición a condiciones neutras para el próximo otoño austral.

3

A nivel nacional se observó una disminución continua de las anomalías cálidas en la temperatura del mar producto de El Niño, en efecto en el mes de septiembre su extensión latitudinal alcanzaba los 40°S en la costa, retrocediendo a 35°S en octubre y durante noviembre alcanzando solo el límite norte de la región de Coquimbo.

4

A nivel local la temperatura en la costa y océano frente a la región de Coquimbo se mantuvo dentro de rangos normales (12 - 14° C), con registros en general por sobre el promedio histórico y episodios de enfriamiento durante los eventos de surgencia costera e intensificación del viento sur.

5

Los eventos de surgencia costera y las concentraciones de fitoplancton se incrementaron en relación a los meses de invierno, sin embargo resultaron notoriamente menores a lo observado a igual periodo del año 2022 en respuesta a la influencia de El Niño sobre la temperatura del mar (aumentó) y el régimen de viento favorable a la surgencia (disminución).

6

Se analizaron dos factores asociados a la extracción del recurso loco y su disponibilidad variable a lo largo de la región de Coquimbo, el primero corresponde al régimen local de circulación y su efecto en la provisión de nutrientes y transporte de larvas. El segundo, corresponde a la extensión espacial del hábitat propicio (fondo rocoso) para el asentamiento y desarrollo de estos organismos, en ambos casos se determina que el sector norte de la región presenta condiciones más favorables que pueden asociarse con su mayor volumen de extracción y disponibilidad del recurso.

» 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)

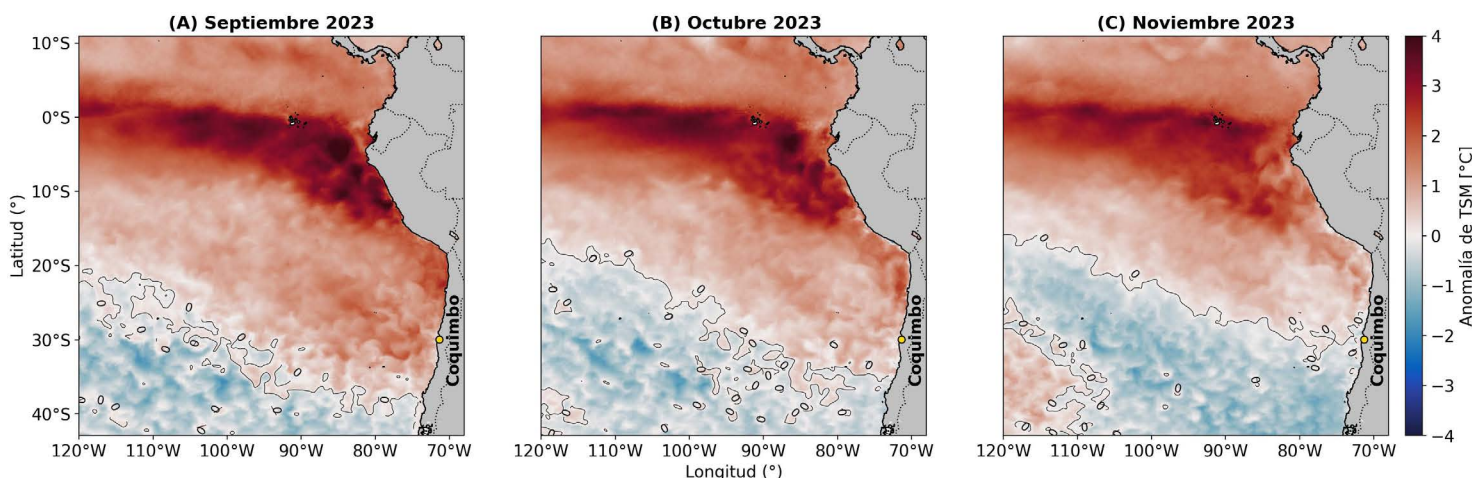


Figura 1. Anomalia mensual de la temperatura superficial del mar (TSM) (°C) de (A) septiembre de 2023, (B) octubre de 2023 y (C) noviembre de 2023 para la costa occidental de Sudamérica. Las anomalías de TSM se calculan con respecto al periodo 2007-2022. Los colores rojos en el mapa indican zonas en 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 punteados 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 punto amarillo la localidad de Coquimbo.

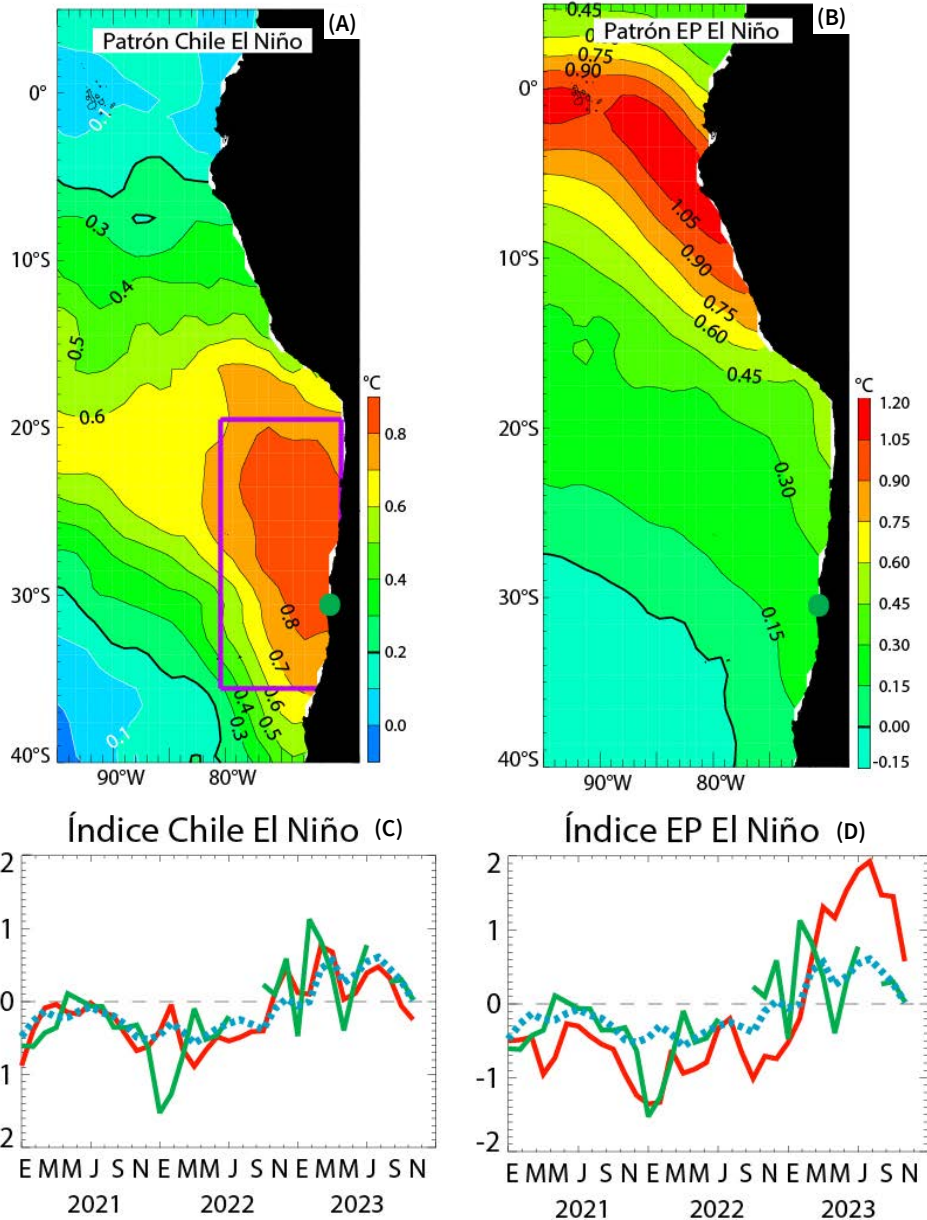
Para el período comprendido entre septiembre y noviembre de 2023 se aprecia una reducción progresiva de la temperatura superficial del mar (TSM) en el Pacífico central y oriental, consistente con el declive de El Niño, sin embargo, esta fase cálida aún sigue activa y los pronósticos indican la persistencia de sus impactos y una transición a condición neutral hasta el próximo otoño. A nivel nacional, también se aprecia un retroceso continuo de las anomalías cálidas en

la temperatura del mar, en efecto en el mes de septiembre su extensión latitudinal alcanzaba los 40°S en la costa (ver Figura 1a) retrocediendo a 35°S en octubre (ver Figura 1b) y durante noviembre bordeando los 30°S frente a las costas de la comuna de Coquimbo (ver Figura 1c). Actualmente (enero 2024) la temperatura del mar ha retornado a valores cercanos o bajo el promedio histórico en el área oceánica y costera de toda la Región de Coquimbo.



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 (EN) 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 enero de 2021 y noviembre de 2023. El modelo estadístico está basado en una regresión multilínea 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 enero de 2021 y noviembre de 2023. Las anomalías en temperatura superficial del mar (TSM) fueron calculadas usando como referencia el período comprendido entre 1960 y 2019.



Los distintos modos climáticos 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 frías prolongadas en el Pacífico ecuatorial, hemos evolucionado hacia condiciones cálidas desde el principio del año 2023. Eso se traduce en un incremento significativo del índice El Niño del Pacífico Este (EP) desde febrero de 2023 reflejando el desarrollo de El Niño costero frente a Perú con su máximo de anomalías en mayo 2023. Las anomalías de temperatura superficial del mar en el Pacífico ecuatorial han seguido creciendo, indicando una evolución hacia El Niño a escala de cuenca de fuerza moderada. El índice EP ha culminado en julio-agosto, y desde entonces se ha debilitado indicando una evolución hacia El Niño de tipo Pacífico Central. El índice Chile El Niño (CEN) no ha mostrado incremento significativo a pesar de que las anomalías frente a Chile se han ligeramente incrementado desde mayo de 2023. A partir de agosto el índice CEN se ha quedado neutro.



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.

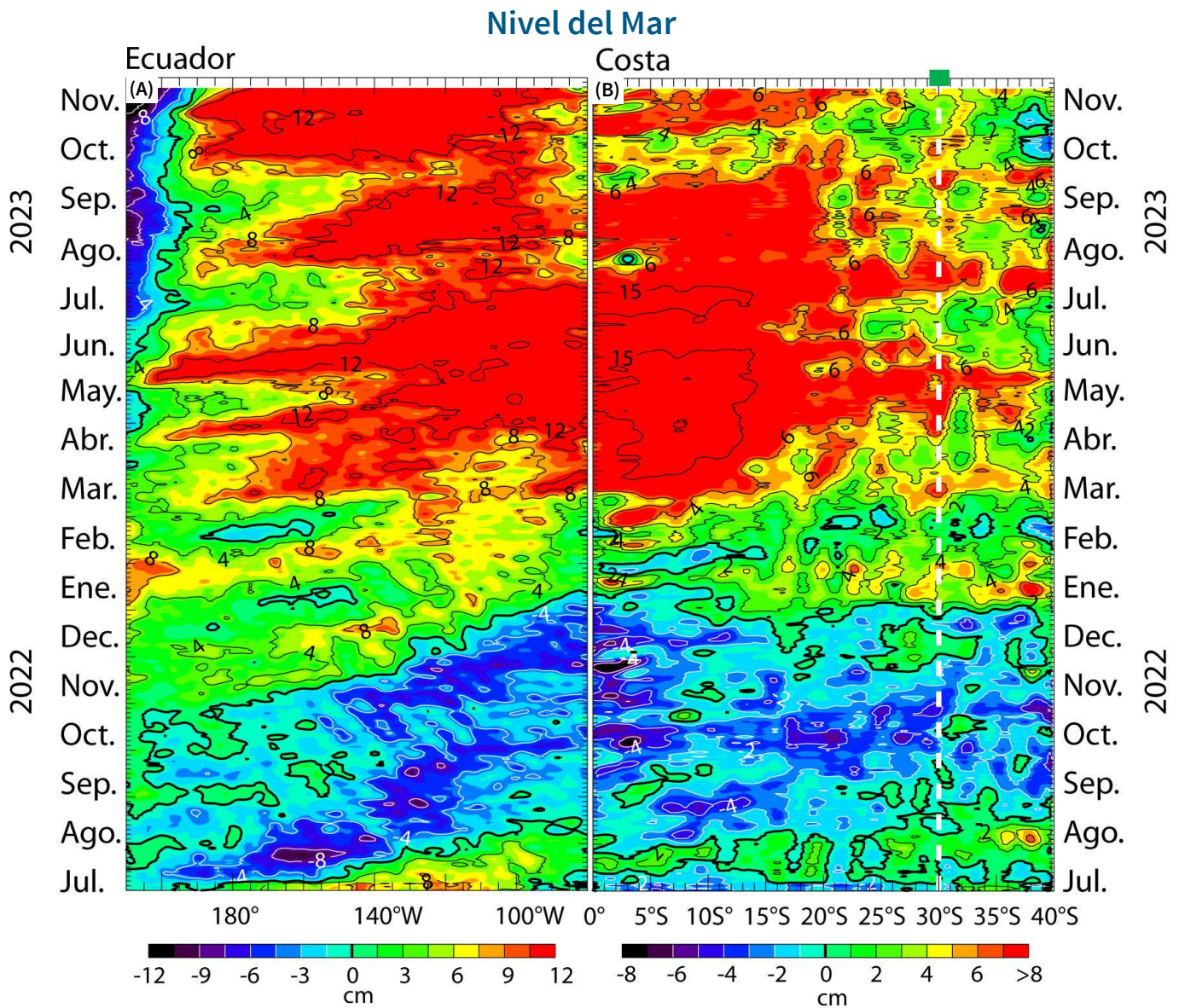
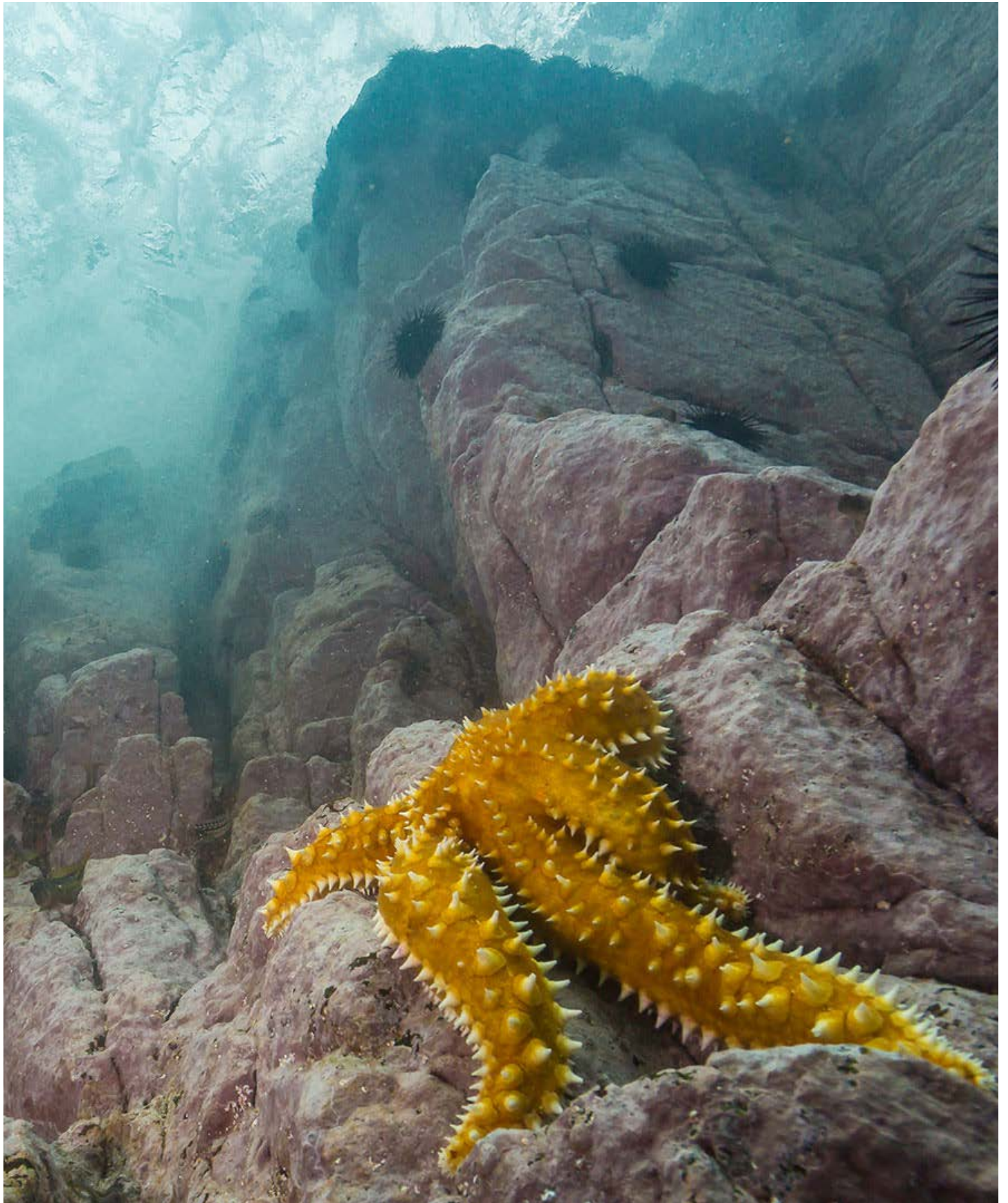


Figura 3: Evolución de las anomalías del nivel del mar a lo largo (A) del ecuador y (B) de la costa para el período comprendido entre el 1 julio de 2022 al 30 de noviembre de 2023. Los cambios en el nivel del mar se muestran en centímetros (cm).

La evolución de la actividad de ondas de Kelvin ecuatoriales indican que desde marzo de 2023 hemos entrado en un periodo cálido con un serie de ondas de downwelling de amplitud significativa (> 8 cm). No obstante esta actividad no explica la intensa subida del nivel del mar frente a Perú a partir de febrero-marzo, la cual corresponde a la ocurrencia de un El Niño costero fuerte. Es solamente a partir de abril-mayo que podemos establecer una relación entre las ondas ecuatoriales y la variabilidad a lo largo de la costa de Perú y Chile. No obstante, a pesar de que se ve una actividad significativa de la onda de Kelvin en el ecuador a medida que el evento El Niño costero evoluciona en El Niño de cuenca, la señal de nivel de mar (anomalías positivas) no alcanza la latitud de Coquimbo donde el nivel del mar se ha quedado relativamente estable desde agosto de 2023. Esta situación es consistente con las anomalías débiles de la temperatura del mar frente a Coquimbo en los últimos meses a pesar del desarrollo de un fenómeno El Niño en el ecuador.



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.





Velocidad y dirección del viento

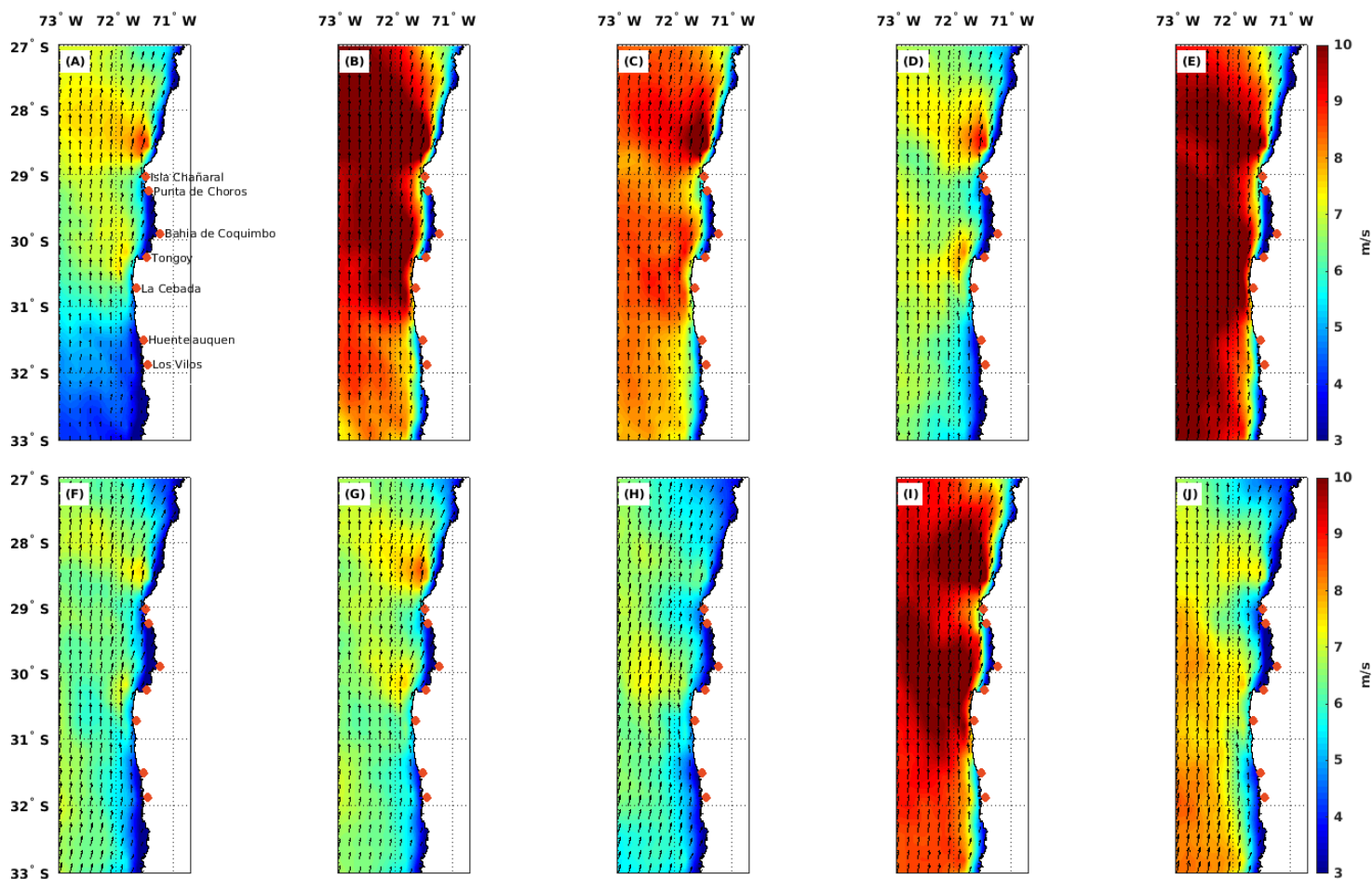


Figura 4. Promedio de la velocidad (m/s) y dirección de viento estimada a través de la observación satelital a 10 metros sobre el nivel del mar frente a la Región de Coquimbo desde el 1 de septiembre al 29 de noviembre de 2023. Cada imagen muestra el promedio para ambas variables (velocidad y dirección de viento) para un periodo de 9 días (A) 1-sep-2023 a 9-sep-2023 (B) 10-sep-2023 a 18-sep-2023, (C) 19-sep-2023 a 27-sep-2023, (D) 28-sep-2023 a 06-oct-2023, (E) 7-oct-2023 a 15-oct-2023, (F) 16-oct-2023 a 24-oct-2023, (G) 25-oct-2023 a 2-nov-2023, (H) 3-nov-2023 a 11-nov-2023, (I) 12-nov-2023 a 20-nov-2023, y (J) 21-nov-2023 a 29-nov-2023. Se muestran con puntos rojos las localidades de Isla Chañaral, Punta de Choros, bahía de Coquimbo, bahía de Tongoy, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos.

El periodo de septiembre a noviembre de 2023 se caracterizó por un incremento en la magnitud del viento sur, en relación al trimestre anterior (ver Boletín CEAZAMAR de octubre de 2023), típica de los meses de primavera. Sin embargo, la magnitud del viento presenta menor intensidad a lo observado en la primavera de 2022, lo cual se explica por las condiciones El Niño observadas durante el 2023 que debilitan el anticiclón del Pacífico Sur y el régimen de viento en relación a lo observado en la primavera de 2022 con condiciones La

Niña. Para el trimestre en revisión se destacan los periodos del 10 al 18 de septiembre, del 7 al 15 de octubre y del 12 al 20 de noviembre (Figuras 4B, 4E y 4I) por presentar los máximos vientos con velocidades de viento máximo cercanas a los 10 m/s (19.4 nudos) a lo largo de la costa. En contraposición se destaca el periodo del 16 al 24 de octubre y del 3 al 11 de noviembre (Figura 4F y 4H) por presentar los menores vientos del trimestre, con valores inferiores a 2 m/s (3.8 nudos).

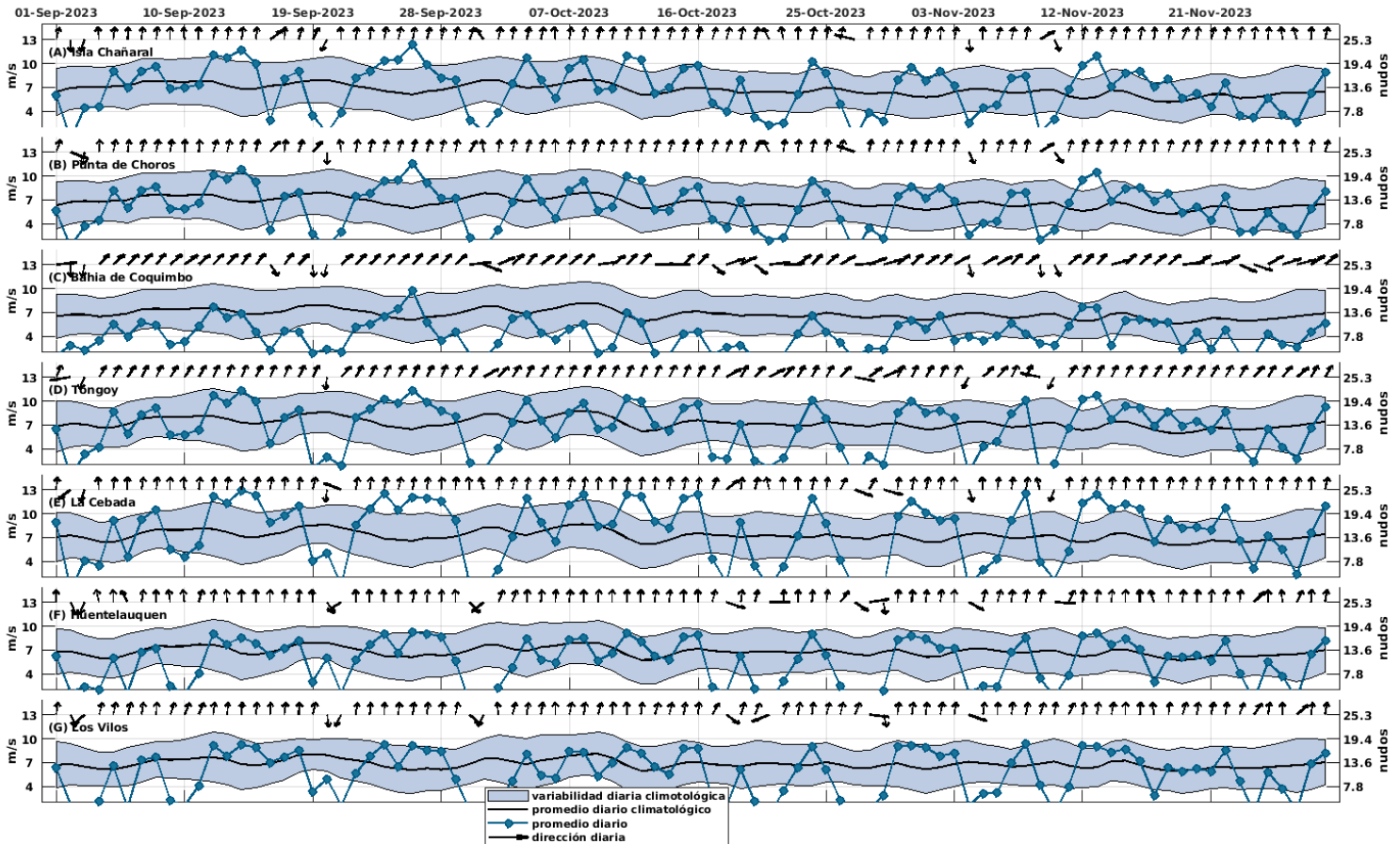


Figura 5. Series diarias de la velocidad (curva azul) y dirección (vectores) del viento promedio diario satelital (m/s y nudos) para las localidades de (A) Isla Chañaral, (B) Punta de Choros, (C) Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos desde el 1 de septiembre al 29 de noviembre de 2023 (curva azul punteada). Adicionalmente, se incluye el promedio diario histórico de velocidad de viento (curva negra) y su anomalía (sombreado azul), es decir, su desviación estándar respecto al período histórico comprendido entre el año 2008 y 2022.

El análisis de viento satelital indica que las localidades costeras fueron afectadas en conjunto por los mismos eventos de intensificación y relajación, sólo mostrando diferencias significativas en magnitud en particular en la bahía de Coquimbo que registró vientos por general bajo el promedio histórico. Destacamos los máximos de viento alcanzados en los periodos del 10 al 27 de septiembre, 7 al 15 de octubre y 12 al 20 de noviembre con valores superiores

o cercanos a 10 m/s. Respecto a la dirección del viento se destaca que la totalidad de las localidades presentaron mayoritariamente viento sur, favorable a la surgencia, en gran parte del trimestre con porcentajes superiores a 85% del periodo en todas las localidades, salvo por la bahía de Coquimbo que presentó un 77% de prevalencia de viento sur y 11% de viento oeste.



Temperatura superficial del mar (TSM)

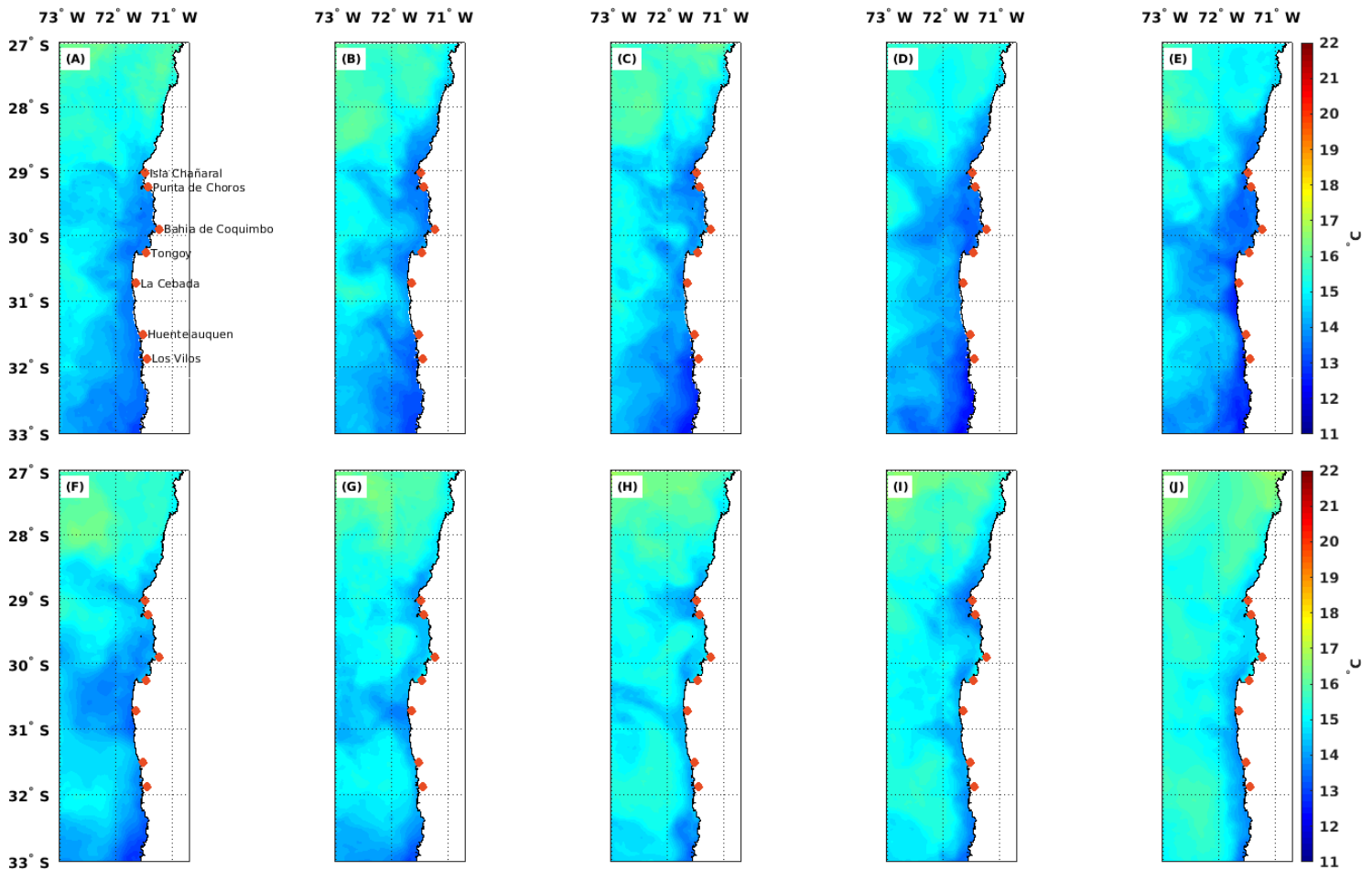


Figura 6. Temperatura superficial del mar (TSM) ($^{\circ}\text{C}$) estimada a través de la observación satelital de la superficie oceánica frente a la Región de Coquimbo desde el 1 de septiembre al 29 de noviembre de 2023. Cada imagen muestra el promedio para la TSM para un período de 9 días (A) 1-sep-2023 a 9-sep-2023 (B) 10-sep-2023 a 18-sep-2023, (C) 19-sep-2023 a 27-sep-2023, (D) 28-sep-2023 a 06-oct-2023, (E) 7-oct-2023 a 15-oct-2023, (F) 16-oct-2023 a 24-oct-2023, (G) 25-oct-2023 a 2-nov-2023, (H) 3-nov-2023 a 11-nov-2023, (I) 12-nov-2023 a 20-nov-2023, y (J) 21-nov-2023 a 29-nov-2023. Se muestran con puntos rojos las localidades de Isla Chañaral, Punta de Choros, bahía de Coquimbo, bahía de Tongoy, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos. Se muestran con puntos rojos las localidades de Isla Chañaral, Punta de Choros, bahía de Coquimbo, bahía de Tongoy, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos.

Consistente con el fin del invierno e inicio de la primavera durante el trimestre de septiembre a noviembre se observa un incremento gradual de la temperatura superficial del mar (TSM) a nivel oceánico y costero. El valor mínimo de la TSM en la costa (13.4°C) se alcanzó a mediados del trimestre, desde el 7 al 15 de octubre (ver Figura 6E),

producto del enfriamiento provisto por la intensificación del viento sur y la actividad de surgencia en dicho periodo. Por otra parte, a contar del 16 de octubre las temperaturas costeras se elevaron levemente a valores por sobre los 14°C (ver Figura 6F-J).

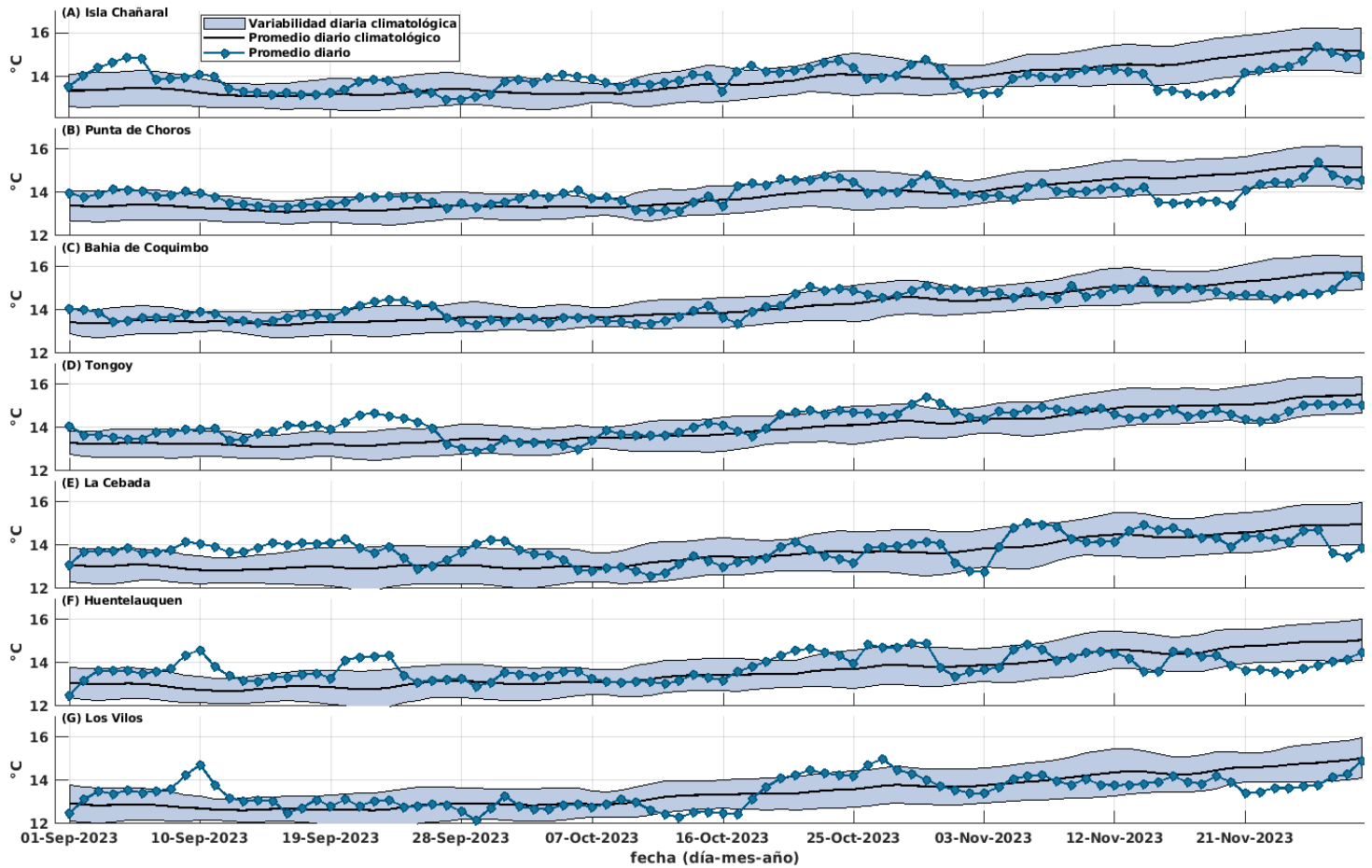


Figura 7. Series diarias de la temperatura superficial del mar (TSM) (°C) para las localidades de (A) Isla Chañaral, (B) Punta de Choros, (C) bahía de Coquimbo, (D) bahía de Tongoy, (E) La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos desde el 1 de septiembre al 29 de noviembre de 2023 (curva azul punteada). 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 atmosférico-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.

A nivel local, se observaron temperaturas por sobre el promedio histórico en gran parte del trimestre en coherencia con la influencia del régimen cálido de temperatura de El Niño. Sin embargo, también se registraron períodos de enfriamiento durante los días de intensificación del viento sur como es el caso de las fechas entre el 7 y 15 de octubre o del 21 al 29 de noviembre. También se observa a contar del 12 de noviembre una reducción de la temperatura en relación al promedio histórico en coherencia con el peak de primavera y la reducción en la intensidad de El Niño.



Clorofila superficial

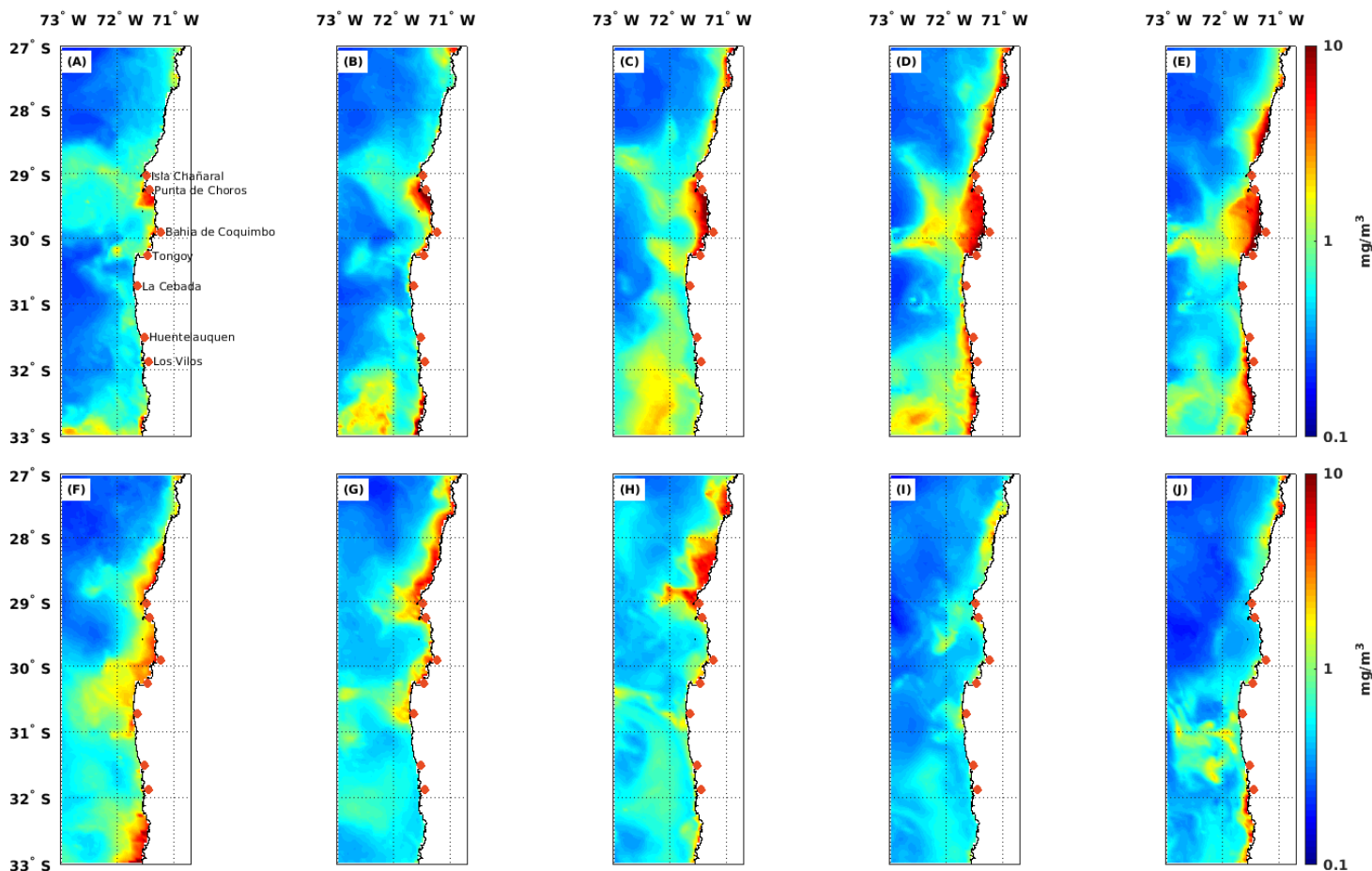


Figura 8. Concentración de clorofila superficial estimada a través de observaciones satelitales (mg/m^3) para la Región de Coquimbo desde el 1 de septiembre al 29 de noviembre de 2023. Cada imagen muestra el promedio para la concentración de clorofila para un período de 9 días (A) 1-sep-2023 a 9-sep-2023 (B) 10-sep-2023 a 18-sep-2023, (C) 19-sep-2023 a 27-sep-2023, (D) 28-sep-2023 a 06-oct-2023, (E) 7-oct-2023 a 15-oct-2023, (F) 16-oct-2023 a 24-oct-2023, (G) 25-oct-2023 a 2-nov-2023, (H) 3-nov-2023 a 11-nov-2023, (I) 12-nov-2023 a 20-nov-2023, y (J) 21-nov-2023 a 29-nov-2023. Se muestran con puntos rojos las localidades de Isla Chañaral, Punta de Choros, bahía de Coquimbo, bahía de Tongoy, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos. Se muestran con puntos rojos las localidades de Isla Chañaral, Punta de Choros, bahía de Coquimbo, bahía de Tongoy, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos.

El análisis regional de clorofila satelital muestra un incremento de la actividad fitoplanctónica a lo largo del trimestre, lo que es consistente con el aumento de la intensidad del viento y la surgencia costera. Los períodos consecutivos en que se observó la mayor concentración de fitoplancton a lo largo de la costa corresponden al 19 al 27 de septiembre, 28 al 6 de octubre y 7 al 15 de octubre con promedios de 3.79 , 6.14 y $4.95 \text{ mg}/\text{m}^3$ (Figura 8 C,D y E) respectivamente. Comparando con igual trimestre del año 2022, se observa una reducción de un 53% en la concentración promedio de clorofila a lo largo de la costa (6.2 y $2.9 \text{ mg}/\text{m}^3$ en el 2022 y 2023), lo cual es esperable para años de El Niño que involucran una reducción en la actividad de la surgencia y en el oxígeno disponible en la columna de agua.



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.

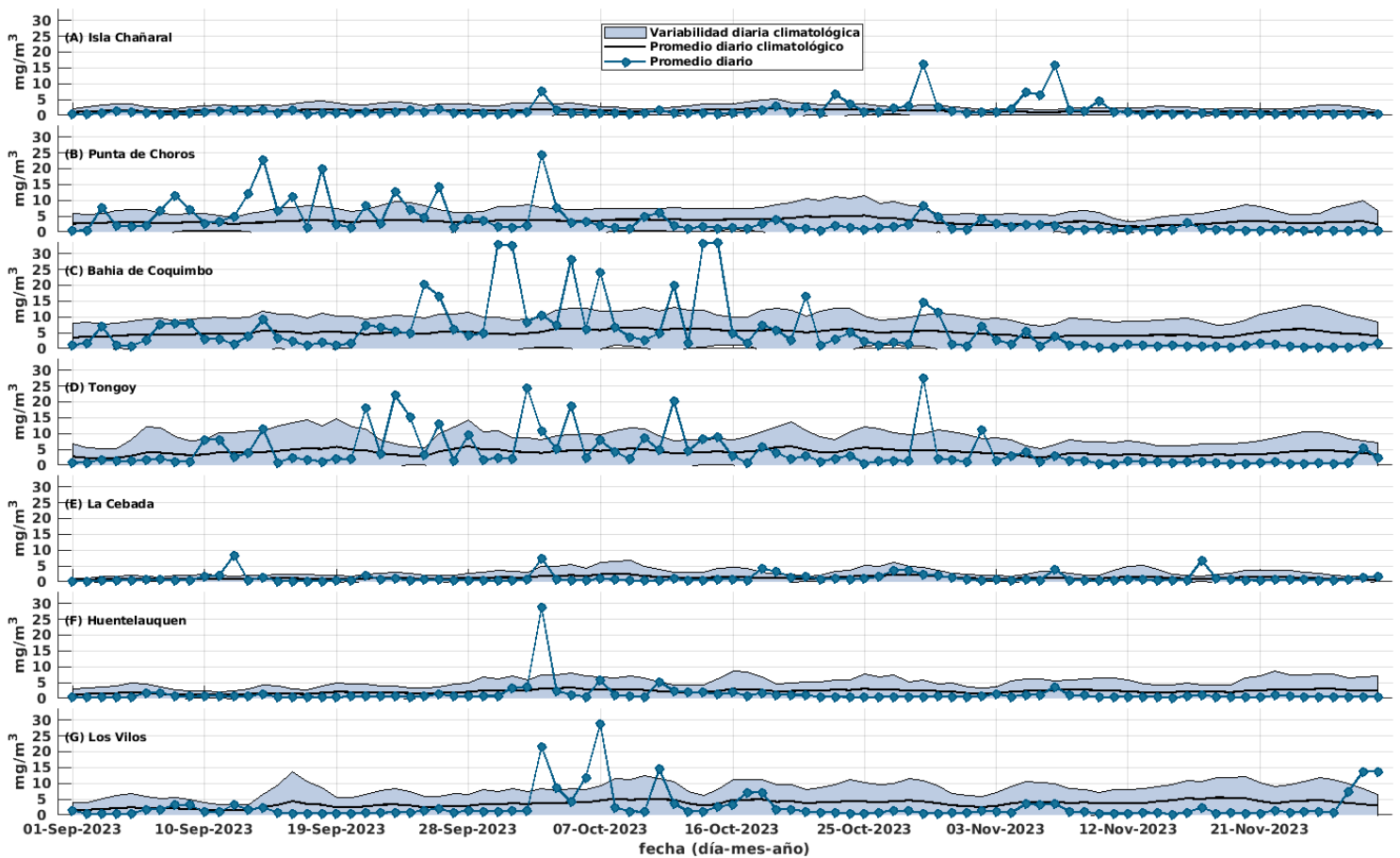


Figura 9. Series diarias de clorofila satelital (superficial) (mg/m^3) para las localidades de (A) Isla Chañaral, (B) Punta de Choros, (C) Bahía de Coquimbo, (D) Bahía de Tongoy, (E) La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos entre el 1 de septiembre al 29 de noviembre del 2023. Se muestran los datos diarios de clorofila (curva azul punteada), el promedio diario histórico (línea negra) y su desviación estándar (sombreado azul) calculados entre 1998 y 2022.

A nivel de localidades costeras, las observaciones satelitales de clorofila muestran una mayor producción de fitoplancton en las localidades del centro norte de la región, en particular en Punta de Choros, bahía de Coquimbo y

Tongoy con un promedio trimestral de 3.15, 5.10 y 3.46 mg/m^3 , respectivamente. Por otra parte, las localidades de La Cebada y Huentelauquén registraron concentraciones promedio mínimas de 1.15 y 1.31 mg/m^3 .



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 ~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

En concordancia con la variabilidad de las observaciones satelitales (Figura 5B) los vientos medidos desde la costa en la Estación Meteorológica Automática (EMA) CEAZAMET de Punta de Choros presentaron en general magnitudes dentro del rango histórico con periodos de intensificación coincidentes a lo observado por el satélite pero de menor

intensidad en respuesta a la ubicación de la EMA en un sector protegido de la bahía de Punta de Choros. Destacamos en particular, los periodos del 19 al 28 de septiembre, 3 al 16 de octubre y del 10 al 18 de noviembre por presentar máximos de viento durante el trimestre. En términos de dirección, predominó el régimen de viento sur un 87% del periodo.

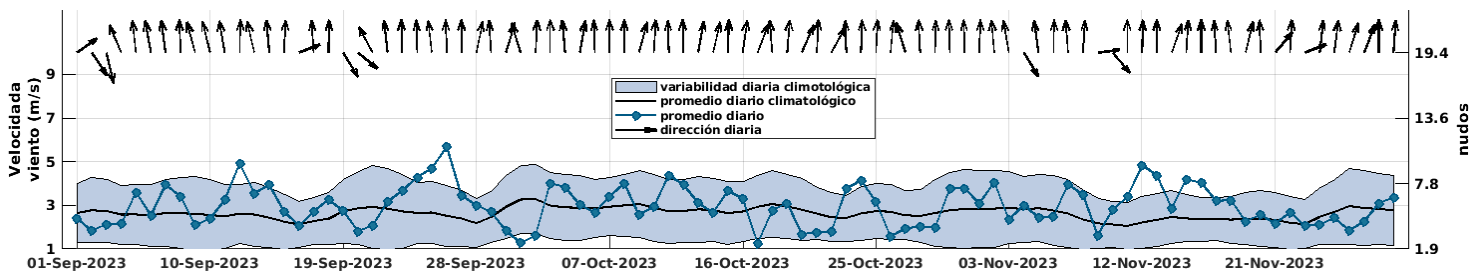


Figura 10. Serie diaria de la velocidad (curva azul punteada) y dirección (vectores) del viento promedio diario (m/s y nudos) medido por la estación CEAZAMET en la localidad de Punta de Choros desde el 1 de septiembre al 29 de noviembre de 2023. Adicionalmente, se incluye el promedio diario histórico de velocidad de viento (curva negra) y su anomalía (sombreado azul), es decir, 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 de 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

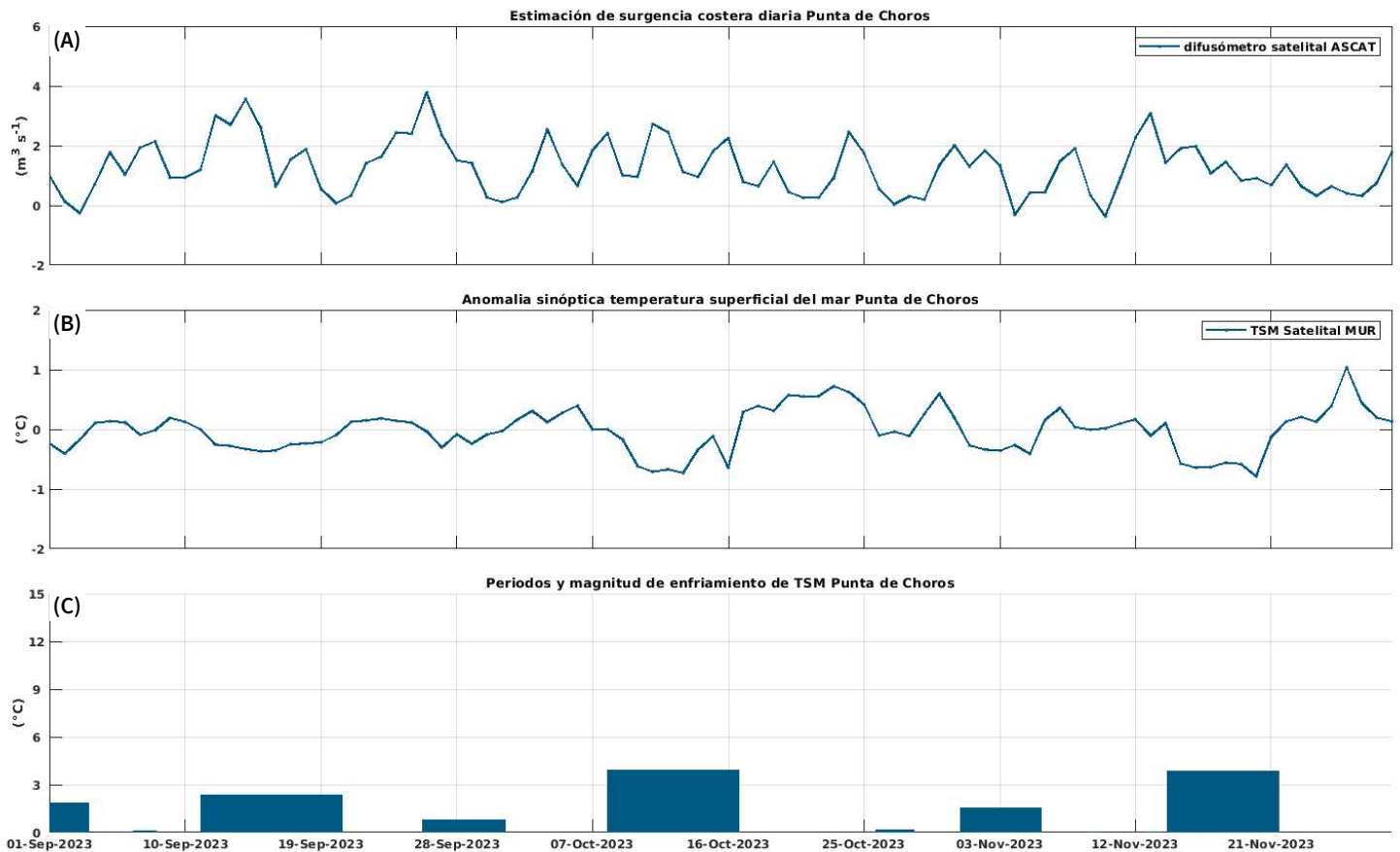


Figura 11. Indicadores de intensidad y duración de la surgencia costera en Punta de Choros entre el 1 de septiembre al 29 de noviembre de 2023. (A) Índice de surgencia costera (UI) estimado a partir del estrés del viento. (B) Anomalías sinópticas de la temperatura superficial del mar (TSM) ($^{\circ}C$). (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 muestra el dominio de los eventos de surgencia durante todo el trimestre, con transporte máximos superiores a $2 m^3/s$ en periodos acotados coincidentes con eventos de viento intenso y reducción de temperatura, la comparativa con igual periodo del 2022 indica un nivel de la actividad de surgencia menor a lo observado en el año anterior al presente diagnóstico (ver boletín octubre 2022). Se destacan los periodos del 10 al 19 de septiembre, del 7 al 16 de octubre y del 14 al

22 de noviembre por presentar eventos prolongados de transporte de surgencia.

Respecto a los índices obtenidos a partir de las anomalías de la temperatura superficial del mar, se observaron tres eventos significativos de enfriamiento de la TSM en correspondencia con los periodos de viento intenso y transporte de surgencia antes mencionados destacamos lo prolongados de estos episodios de surgencia con duración de 9, 9 y 8 días de duración acumulando un enfriamiento de 2.8, 4 y $4^{\circ}C$ en cada evento 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

Condiciones atmosféricas y oceanográficas

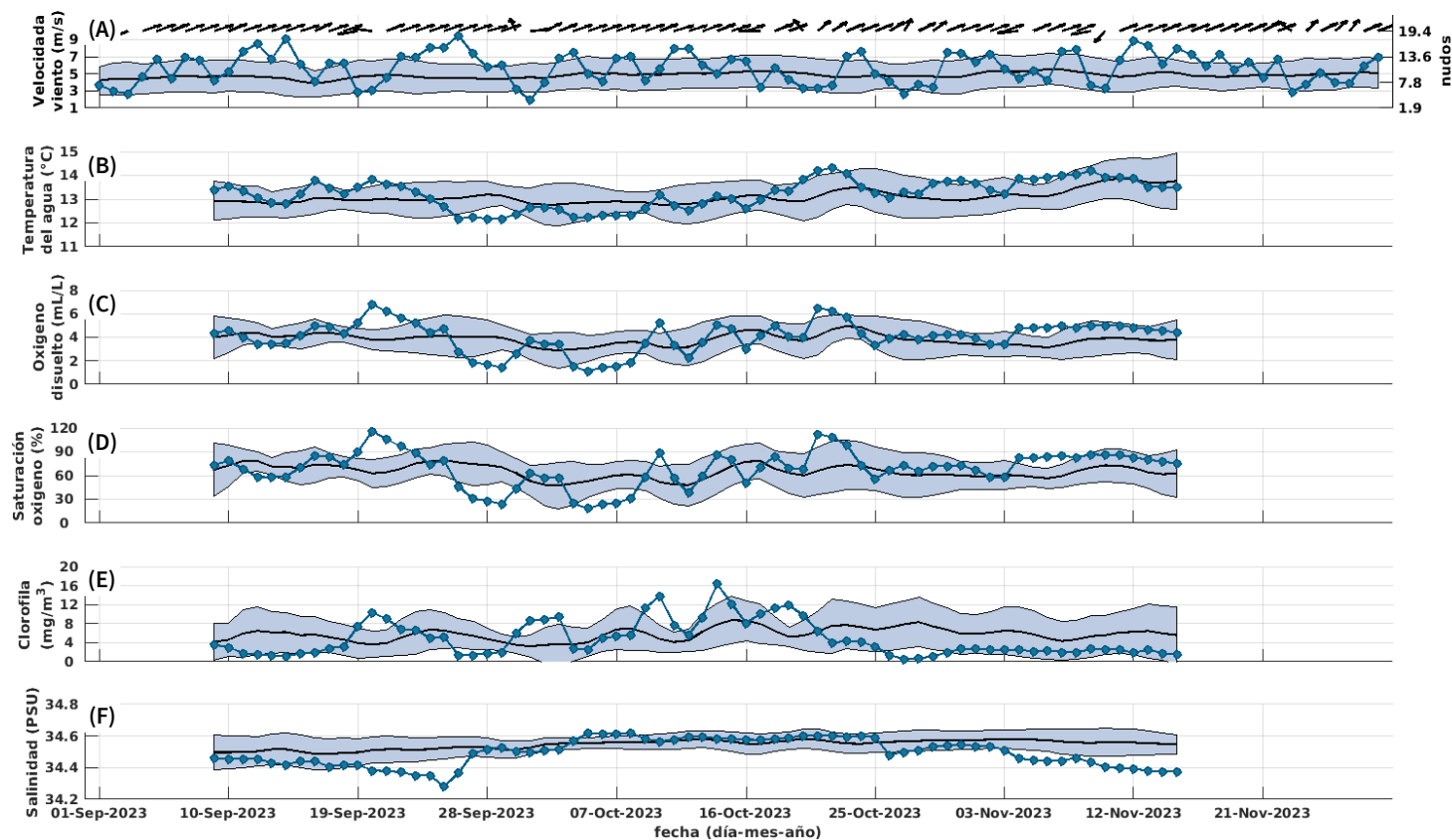


Figura 12. (A) Serie diaria de la velocidad (curva azul punteada) y dirección (vectores) del viento promedio diario satelital (m/s y nudos) en Punta Lengua de Vaca (PLV) desde el 1 de septiembre al 29 de noviembre de 2023. Promedio histórico diario (línea negra) y desviación estándar (sombreado azul) 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 boya CEAZA localizada en la bahía de Tongoy. Datos diarios (línea azul) entre el 1 de marzo y el 29 de mayo de 2023. Promedio trimestral (línea negra) y desviación estándar (sombreado azul) calculados entre 2014 y 2020 para las variables temperatura del agua, oxígeno disuelto y salinidad; y entre 2015 y 2020 para saturación de oxígeno y clorofila.

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 acordes a las observaciones satelitales (Figura 5d), con una variabilidad diaria comparable pero de menor magnitud a lo observado por el satélite. El régimen de viento se observó mayoritariamente dentro de los rangos históricos, salvo por los períodos de viento máximo que alcanzaron los 9 m/s en promedio en nueve días del periodo de estudio.

Por otra parte, las observaciones obtenidas desde la balsa CEAZA en la bahía de Tongoy disponen de sólo 67 días con mediciones bajo el agua producto de las labores de mantenimiento de esta plataforma marina de observación. En el caso de la temperatura del agua a 10 metros de la superficie observamos primeramente un buen acuerdo con los registros satelitales de TSM, el rango de variabilidad oscila entre los 12 a 14.5°C con temperatura más altas al inicio y fin del trimestre en correspondencia con la presencia de anomalías cálidas producto

de El Niño y coincidentes con el avance de la primavera, respectivamente. Además, se observa una clara coherencia entre la disminución (incremento) de la temperatura del agua y el incremento (disminución) del forzamiento del viento y la actividad de surgencia. Dicho vínculo también se observa claramente en el oxígeno que covaría directamente con la temperatura disminuyendo en los períodos de enfriamiento a posteriori de los períodos de intensificación del viento. En cuanto a la clorofila se observan incrementos notorios en su concentración en los períodos de mayor disponibilidad de oxígeno y con menor temperatura, destacándose una caída abrupta del fitoplancton a contar del 22 de octubre. Finalmente, en el caso de la salinidad, se observan dos períodos al inicio y finales del trimestre caracterizados por una menor concentración salina, entre el 20 al 26 de septiembre y el 9 al 15 de noviembre coincidente con alzas de la temperatura del mar.



Índice de surgencia (Bahía de Tongoy)

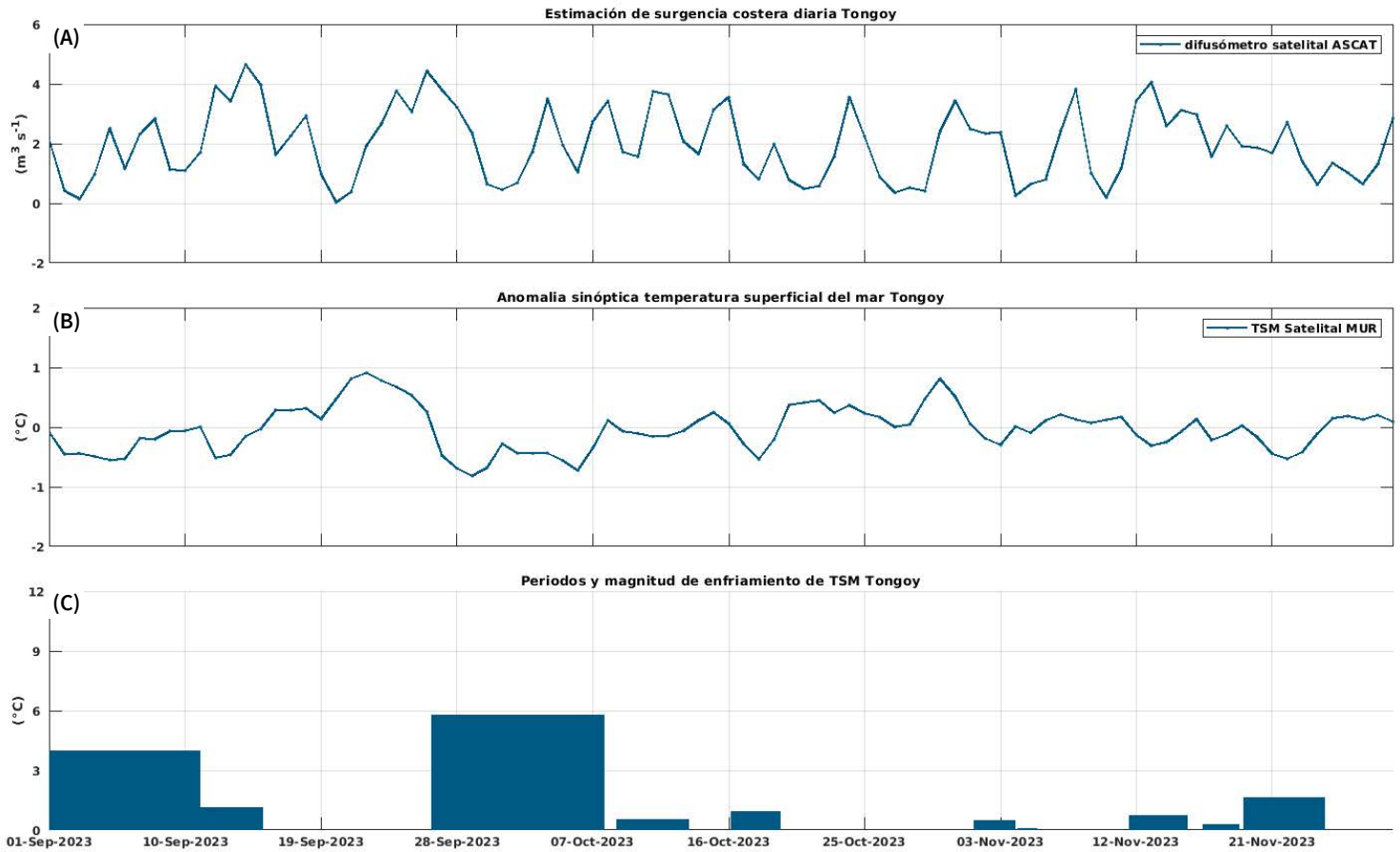


Figura 13. Indicadores de intensidad y duración de la surgencia costera en la Bahía de Tongoy entre el 1 de septiembre al 29 de noviembre de 2023. (A) Índice de surgencia costera (UI) estimado a partir del estrés del viento. (B) Anomalías sinópticas de la temperatura superficial del mar (TSM) ($^{\circ}C$). (C) Índice termal de surgencia costera (enfriamiento costero superficial) estimado a partir de las anomalías sinópticas (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, indica que el transporte de surgencia fue mayor Tongoy que en Punta de Choros, con una acumulación trimestral de 180 y 114 m^3/s en cada localidad, respectivamente. Sin embargo, se observa un enfriamiento reducido de la TSM, focalizado

mayormente en la primera mitad del trimestre, con una disminución en el nivel de enfriamiento en los periodos de intensificación del viento y aumento del transporte de surgencia a contar del 9 de octubre.



Diagnóstico de los sectores productivos

CEAZAMAR busca entender la dinámica de explotación de recursos marinos estratégicos para la Región de Coquimbo. Por esta razón, en los últimos boletines hemos incorporado análisis de registros históricos de desembarques de diferentes especies de importancia para la pesca y acuicultura. Una de ellas es el molusco gasterópodo *Concholepas concholepas*, comúnmente conocido como 'loco'.

El loco en la Región de Coquimbo es explotado en “Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos” (AMERB). Como se logró apreciar en el boletín anterior (ver Boletín octubre 2023), las AMERB ubicadas en Punta de Choros, son las que poseen mayor disponibilidad de este recurso, superando los 300.000 individuos extraídos anualmente, y además, presentando una talla promedio anual mayor, comparado con otros dos sectores que fueron analizados (Huentelauquén y Totalillo).

Intentando explicar estas diferencias en la explotación del recurso loco, se ha considerado informaciones obtenidas a partir del análisis de modelos oceanográficos de circulación, los cuales pueden proporcionar en particular una estimación del nivel de dispersión de larvas por localidad. Se considera también la información de superficie del sustrato apto para el recurso obtenido en base a informes técnicos de SUBPESCA.

Con ambas fuentes de datos se busca avanzar en la comprensión de la dinámica de la población existente de *C. concholepas* en los sectores de la región donde se explota dicho recurso.

El primer factor consiste en la dispersión simulada de partículas mediante modelos de circulación costera, esta es una aproximación para el estudio de los procesos de transporte en áreas marinas, analizando la influencia de eventos costeros como los episodios de surgencia o relajación. Lo anterior nos permite proyectar el movimiento de larvas de moluscos en las bahías o la disponibilidad de nutrientes según distintos escenarios de condiciones ambientales (aquí se consideran eventos de surgencia o relajación de vientos) (Figura 14). Nuestro análisis evidencia como la surgencia incrementa fuertemente las corrientes costeras en todos los sectores analizados, siendo mucho más fuerte en Punta de Choros y en caletas del sur de la Región de Coquimbo. Con este primer factor, podemos identificar un vínculo entre el potencial de circulación y la provisión de nutrientes y transporte de larvas que maximicen la sobrevivencia y asentamiento de estos organismos.

En relación al asentamiento larval del loco, el segundo factor que hemos incorporado es una recopilación de datos de informes técnicos de SUBPESCA que hacen alusión a la proyección del área de distribución del recurso loco en las



Foto: Camila González.

tres caletas consideradas para esta evaluación. Como se aprecia en la Tabla 1, la estimación del sustrato apto para *C. concholepas* muestra una mayor disponibilidad de área para que el recurso pueda asentarse y desarrollarse en las AMERB de Punta de Choros, seguido por Huentelauquén y Totalillo.

El resultado de estos análisis revela un nexo entre estos dos factores y su posible influencia en la explotación del recurso loco con rendimientos contrastantes a lo largo de la Región de Coquimbo. En los próximos boletines, se continuará analizando el proceso extractivo de otros recursos estratégicos y su relación con las variables ambientales donde se desarrollan, con el propósito de comprender su dinámica tanto anual como en el largo plazo.

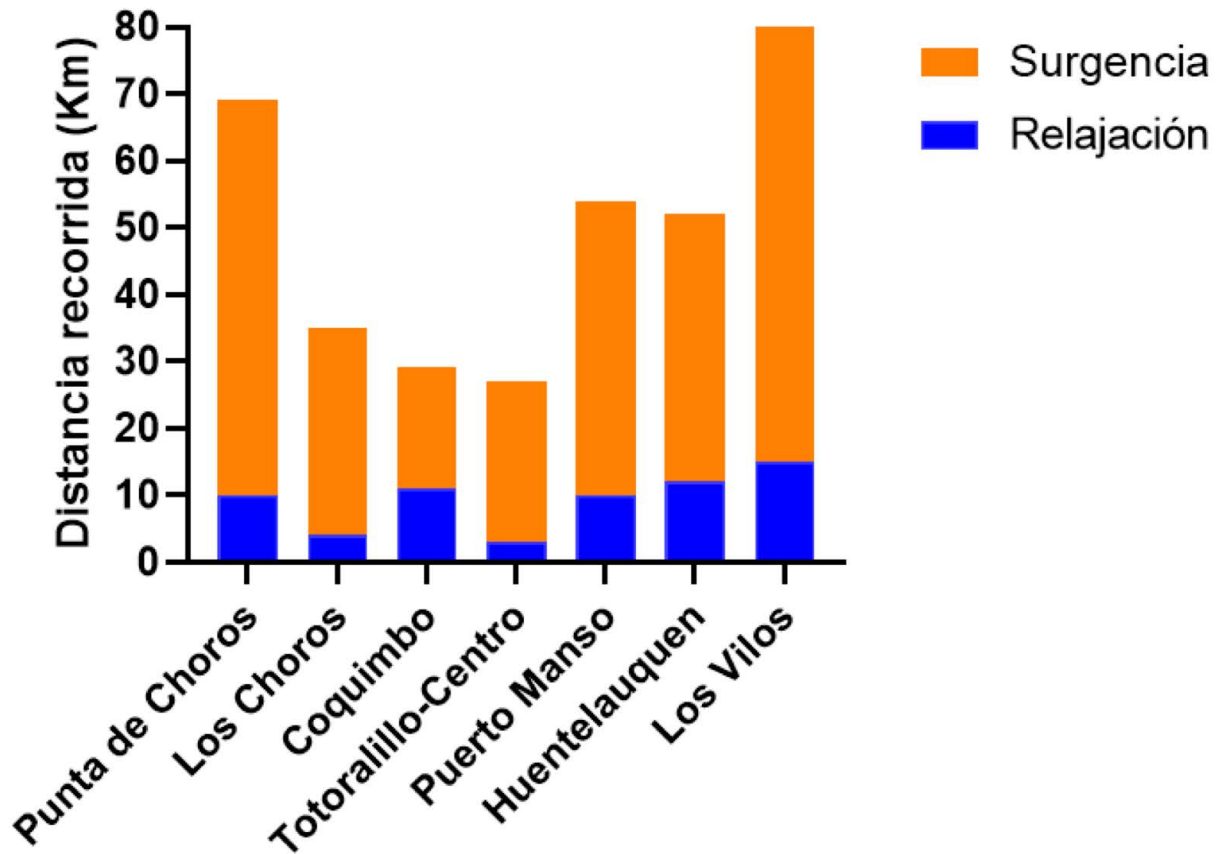


Figura 14. Potencial de dispersión medido desde la costa y hasta al final de la trayectoria de las partículas en escenarios de surgencia y relajación obtenido por modelación numérica de la circulación oceánica.

Caleta

Área de distribución (hectáreas)

Punta de Choros	609,17
Totoralillo-centro	32,35
Huentelauquén	55,2

Tabla 1. Estimación del sustrato apto (área de distribución) en áreas de manejo de la región de Coquimbo para el recurso loco (*C. concholepas*) extraído de informes de SUBPESCA.

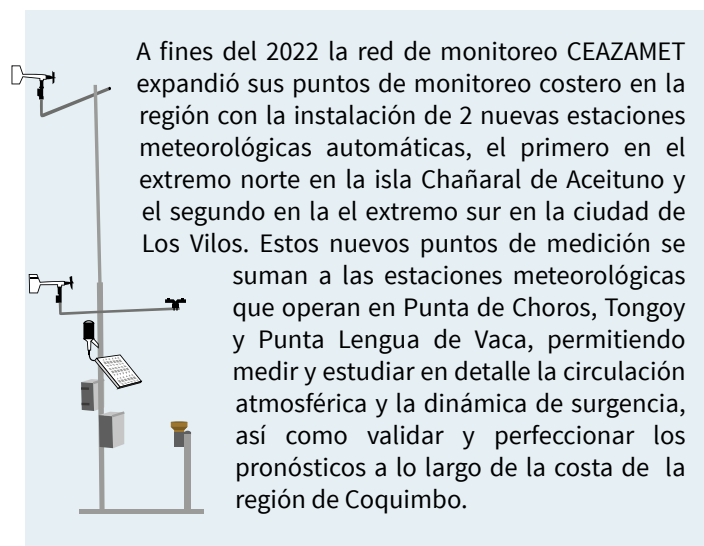


» PRONÓSTICOS A CORTO PLAZO

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

En esta sección se introducen y presentan las predicciones del 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 las predicciones a 10 días de las principales variables oceanográficas (viento, oleaje, mareas, etc). Se resalta que las predicciones 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.



LINKS DE ACCESO:

PRONÓSTICOS REGIONALES:

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

PRONÓSTICOS LOCALES:

- OCEANOGRAMA POR CALETA:
¡AHORA DESCARGABLE PARA IMPRIMIR!





» INFOGRAFÍA



¿QUÉ ES LA SURGENCIA?

La surgencia, o afloramiento de aguas profundas, es un proceso oceanográfico provocado por la interacción entre el viento sur, 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.



Foco de surgencia de menor magnitud: **Punta de Choros**.

Foco de surgencia más importante del país: **Punta Lengua de Vaca, Puerto Aikea**.



» CARACTERÍSTICAS DE LA SURGENCIA DE AGUAS PROFUNDAS



Temperaturas más frías.



Bajas concentraciones de oxígeno disuelto.



Altas concentraciones de CO₂ (elevada acidez).

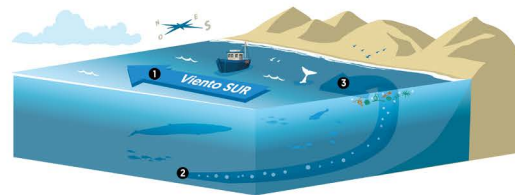


Elevados niveles de nutrientes.

» ¿CÓMO SE COMPORTA LA SURGENCIA EN LA REGIÓN DE COQUIMBO?

Toda la costa de la zona centro norte de Chile se encuentra influenciada por aguas de surgencia costeras.

- 1 En Chile, el viento que proviene del SUR es un buen indicador de los eventos de surgencia costera.
- 2 La masa de agua profunda y fría, sube a la superficie cargada de nutrientes, baja en O₂ y en pH (desoxigenada y corrosiva).
- 3 En la superficie se mezclan las condiciones (TSM, O₂, CO₂, nutrientes) de la masa de agua profunda con la superficial.



Viento sur Promedio diario sobre 5 m/s

SURGENCIA COSTERA

Tipos de surgencias según duración

- Baja: 1 a 3 días
- Media: 4 a 7 días
- Alta: + de 8 días

Disponibilidad de nutrientes según la intensidad del viento



Eventos prolongados de surgencia, pueden ser letales para los organismos del mar.

» VARIABLES INDICADORAS DE SURGENCIAS EN LA REGIÓN DE COQUIMBO

IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS DE SURGENCIA:



EL VIENTO

- 1. Viento sur oeste
- 2. Velocidad: 5 m/s / 9,7 nudos / o 18 km/hr



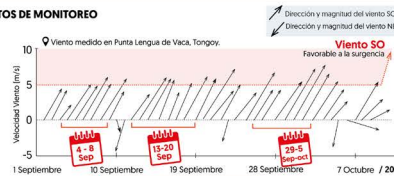
ELEVADOS NIVELES DE CLOROFILA

Posterior a la activación del evento de surgencia, normalmente se puede observar un aumento en la concentración de fitoplancton.

» ASÍ OBSERVAMOS LOS EVENTOS DE SURGENCIA CON LOS DATOS DE MONITOREO

» Análisis de viento

3 periodos de viento que promueven eventos de surgencia



» Temperatura superficial del mar (TSM)



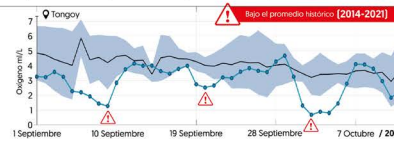
En estos 3 periodos de viento, se registraron las temperaturas más bajas del período



» Oxígeno disuelto



En estos 3 periodos de surgencia, la concentración de oxígeno, registró una importante disminución



» Clorofila (microalgas)

Fase 1: La Clorofila disminuye
La clorofila disminuye durante los 3 periodos de viento intenso como resultado del incremento de las corrientes oceánicas costeras que transportan el fitoplancton hacia el océano abierto.

Fase 2: La Clorofila aumenta
Cuando baja la intensidad del viento, las corrientes oceánicas costeras se reanuda permitiendo que los nutrientes que vienen del fondo sean consumidos por el fitoplancton favoreciendo su posterior proliferación a lo largo de la costa.





» 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.

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
ENERO
2024

