



Boletín CEAZAMar ABRIL 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, 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 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:

Victor Aguilera, Orlando Astudillo, José Luis Castro, Josse Contreras, Boris Dewitte, Jorge Inostroza, Cristian Orrego, 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 - Abril (2024). Análisis de las Condiciones Atmosféricas y Oceanográficas de la Región de Coquimbo (Diciembre 2023 - Febrero 2024). 31 páginas.
DOI: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.25715289>





» 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 diciembre de 2023 y el 29 de febrero de 2024.

Para el periodo comprendido entre diciembre de 2023 y febrero de 2024 se aprecia una disminución progresiva de la temperatura superficial del mar (TSM) en el Pacífico Central y Oriental, observada desde el trimestre anterior. Esta tendencia es coherente con el debilitamiento del evento El Niño 2023, y se proyecta hasta abril de 2024 luego de lo cual se espera una condición neutral. A nivel nacional, la TSM en la costa tiende a aumentar sobre todo hacia febrero. Reiteradas ondas Kelvin de hundimiento ocurrieron después de la ocurrencia del evento El Niño costero frente a Perú.

No obstante, esta actividad de onda de Kelvin no se propaga de manera clara a lo largo de la costa de Perú y Chile, y no alcanza la latitud de Coquimbo donde el nivel del mar se mantiene relativamente estable desde agosto de 2023. Desde enero de 2024, se ha terminado el episodio de onda de Kelvin de hundimiento, marcando un retorno a condiciones El Niño Oscilación del Sur (ENOS) neutrales. Cabe resaltar que a fines de enero y principios de febrero, se registró una ola de calor marina de 13 días con un alza promedio de temperatura de 3.3°C por sobre el promedio de este periodo. El evento fue registrado por las mediciones obtenidas a partir de la boya de Tongoy y las observaciones satelitales.

El período en análisis estuvo marcado por una notable reducción en la magnitud del viento sur en comparación con el trimestre anterior (primavera 2023). La velocidad promedio del viento estuvo por debajo de los 6 m/s (11.7 nudos), a excepción de algunos periodos acotados en diciembre 2023 y enero de 2024.

La velocidad del viento registró valores menores entre enero y febrero (4 m/s, 7.8 nudos). Cerca de la costa la velocidad del viento disminuye (3-4 m/s) durante todo el periodo analizado, excepto en la zona al oeste de punta Lengua de Vaca, región reconocida por presentar los máximos de viento a nivel regional. El análisis del viento satelital por localidades indica que las regiones más expuestas, como Isla Chañaral, Punta de Choros y La Cebada, presentan condiciones de viento sur en más del 90% del trimestre. Mientras tanto, Tongoy, Huentelauquén y Los Vilos experimentan este mismo patrón de viento sur en un 87%, 88% y 84% del tiempo, respectivamente. Por su parte, la bahía de Coquimbo registra un viento sur durante el 60% del trimestre y reporta las más bajas velocidades de viento. Consistente con la ocurrencia de períodos de intensificación del viento sur se observaron dos eventos importantes de surgencia en diciembre y enero acompañados de enfriamiento de la temperatura del mar, reducción del oxígeno e incremento de las concentración de clorofila en el periodo de relajación del viento sur.

Las observaciones satelitales de clorofila muestran mayores concentraciones durante el inicio de este trimestre. El sistema de bahías de Coquimbo y la zona sur de la región destacan como zonas de altas concentraciones (5 mg/m³) de clorofila, especialmente a principios de diciembre. Durante enero la zona con mayor concentración de clorofila en la región es la zona costera fue al norte de los 29°. Para otras localidades se observa una serie de eventos donde las concentraciones superan los 15 mg/m³, tales como el periodo entre el 6 y el 8 de diciembre en Punta de Choros, el 1 y 2 de diciembre en La Cebada y el 13 de diciembre en Huentelauquén



» MENSAJES DESTACADOS

**1**

El trimestre diciembre-enero-febrero se caracterizó por la disminución de las anomalías de temperatura en el Pacífico Oriental, reflejando el debilitamiento del evento El Niño. Frente a Coquimbo, estas anomalías presentaron valores de -0.5° , -0.7° y 0.9°C , para diciembre, enero y febrero respectivamente.

2

Se proyecta la transición hacia una condición ENSO neutral entre abril-junio de 2024 (85% de probabilidad). Posteriormente, hay un 60% de probabilidad para el desarrollo de condiciones La Niña entre junio y agosto de 2024.

3

A fines de enero y principios de febrero, se registró una ola de calor marina de 13 días con un alza promedio de temperatura de 3.3°C por sobre el promedio de este periodo. El evento fue registrado por las mediciones obtenidas a partir de la boya de Tongoy y las observaciones satelitales.

4

El trimestre registró un par de eventos de surgencia acompañados de enfriamiento de temperatura del mar y reducción de concentración de oxígeno.

5

Los periodos con mayor temperatura del mar, entre el 23 al 29 de diciembre y la primera quincena de febrero, se asociaron con periodos de relajación del viento y actividad de surgencia además de una reducción de la concentración clorofila.

6

Los niveles de concentración de oxígeno disuelto en la bahía de Tongoy se mantuvieron por sobre el promedio histórico durante todo el verano, alcanzando valores máximos en los periodos de mayor temperatura contrastando con lo observado a igual periodo en el verano 2022-2023 (concentración próxima al promedio) y 2021-2022 (concentración bajo el promedio).

» 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)

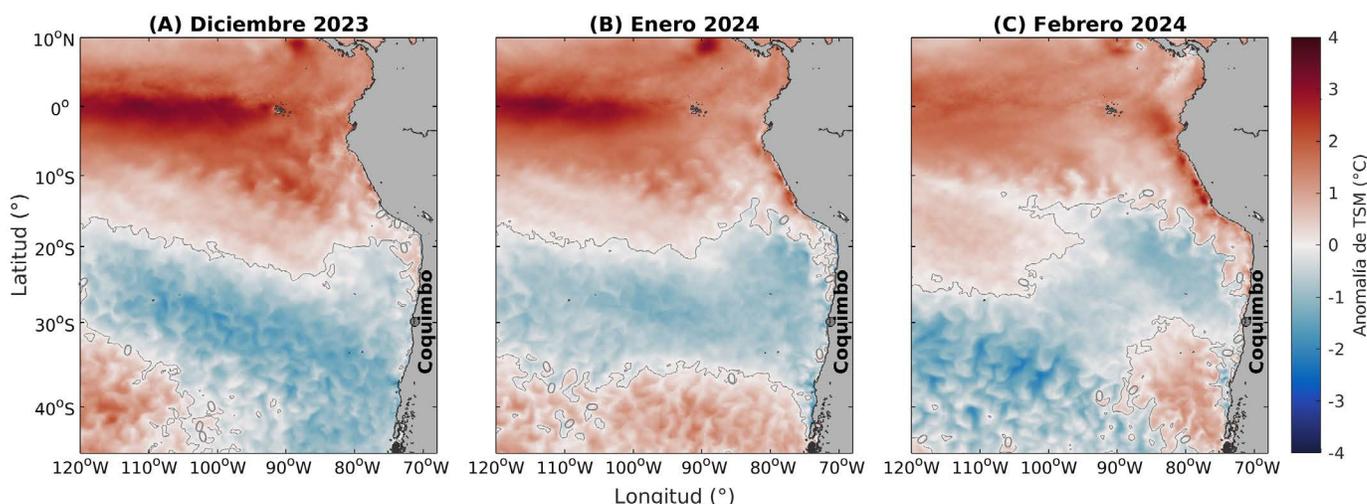


Figura 1. Anomalia mensual de la temperatura superficial del mar (TSM) de (A) Diciembre de 2023, (B) Enero de 2024 y (C) Febrero de 2024 para la costa occidental de Sudamérica. Las anomalías de TSM se calculan con respecto al periodo 2007-2022. Los colores rojos en el mapa indican zonas en las que la 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.

Para el periodo comprendido entre diciembre de 2023 y febrero de 2024 se aprecia una disminución progresiva en las anomalías de temperatura superficial del mar en el Pacífico central y oriental, continuando con la tendencia observada durante el trimestre anterior (ver boletín enero 2024). Esta evolución es coherente con la fase de debilitamiento del fenómeno de El Niño, una condición que se proyecta hasta abril de 2024, seguido de una posible transición a una condición climática neutral.

Al sur de 15°S se observa una disminución de las anomalías negativas que se habían instalado frente a Chile central durante el periodo anterior (sep-nov), presentando su mayor extensión durante diciembre. A nivel nacional se observa la presencia de una banda costera con anomalías negativas que se debilita con el paso de los meses, y que

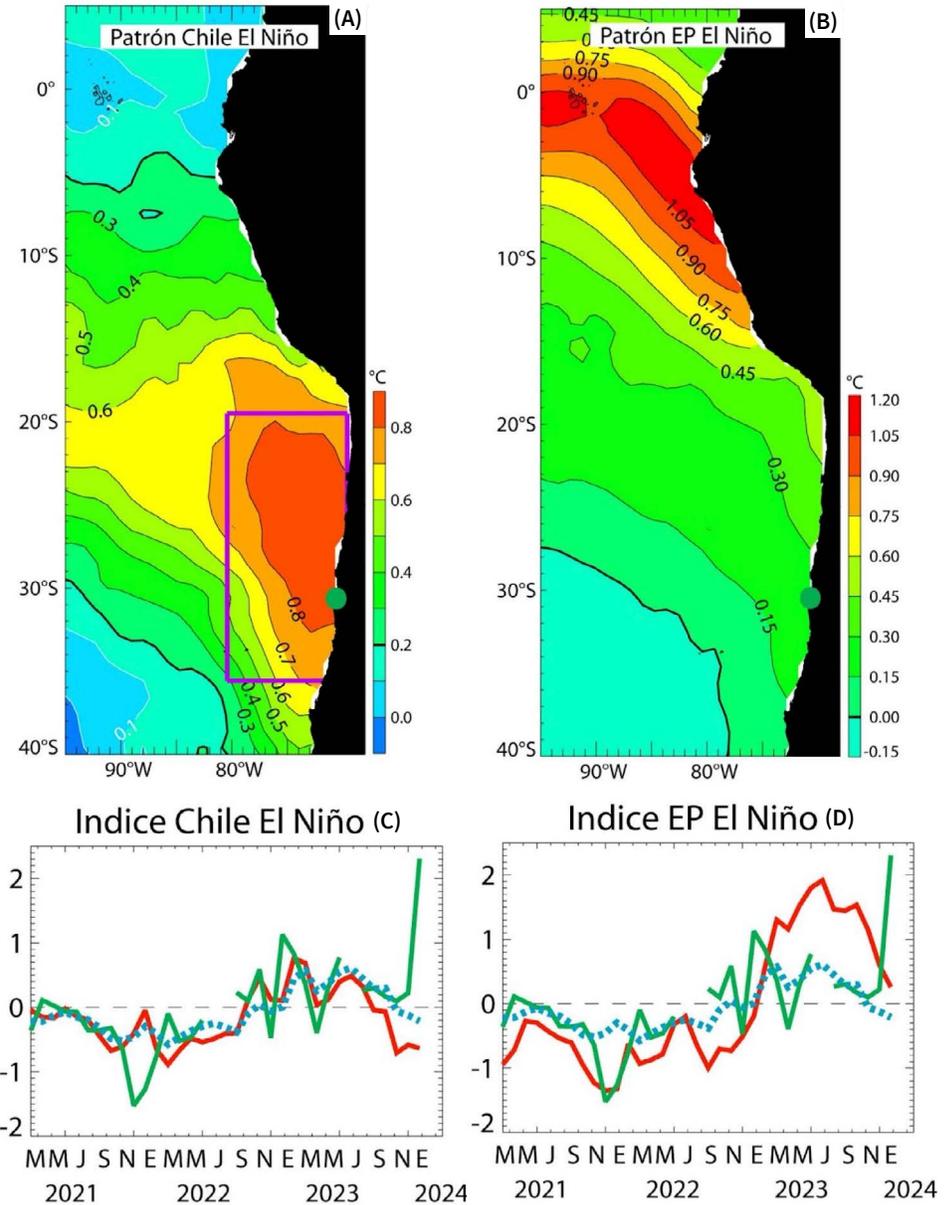
presenta su menor extensión zonal durante febrero debido a la presencia de una anomalía positiva centrada en 80°W. Durante diciembre y enero, las anomalías frente a las costas de Coquimbo presentaron valores levemente menores a los valores climatológicos (-0.5° y -0.7°C respectivamente), mientras que en febrero las anomalías cerca de la costa se tornaron positivas (entre 0.9 y 1.3°C).

En conclusión, el periodo de diciembre de 2023 a febrero de 2024 ha estado marcado por una continuación en la disminución de las anomalías de temperatura superficial del mar, en línea con el debilitamiento observado del evento El Niño. A medida que avanzamos hacia el otoño, se anticipa una transición hacia una fase climática neutral, con la expectativa de retornar a condiciones más habituales en el Pacífico Central y Oriental.



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) (roja), 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 abril de 2021 y febrero de 2024. El modelo estadístico está basado en una regresión multilíneal 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 abril de 2021 y febrero de 2024. Las anomalías de 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 ha traducido 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 se mantuvieron al alza, 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) se ha mantenido con valores débiles con una ligera disminución y anomalías negativas desde Septiembre de 2023. 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.



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.

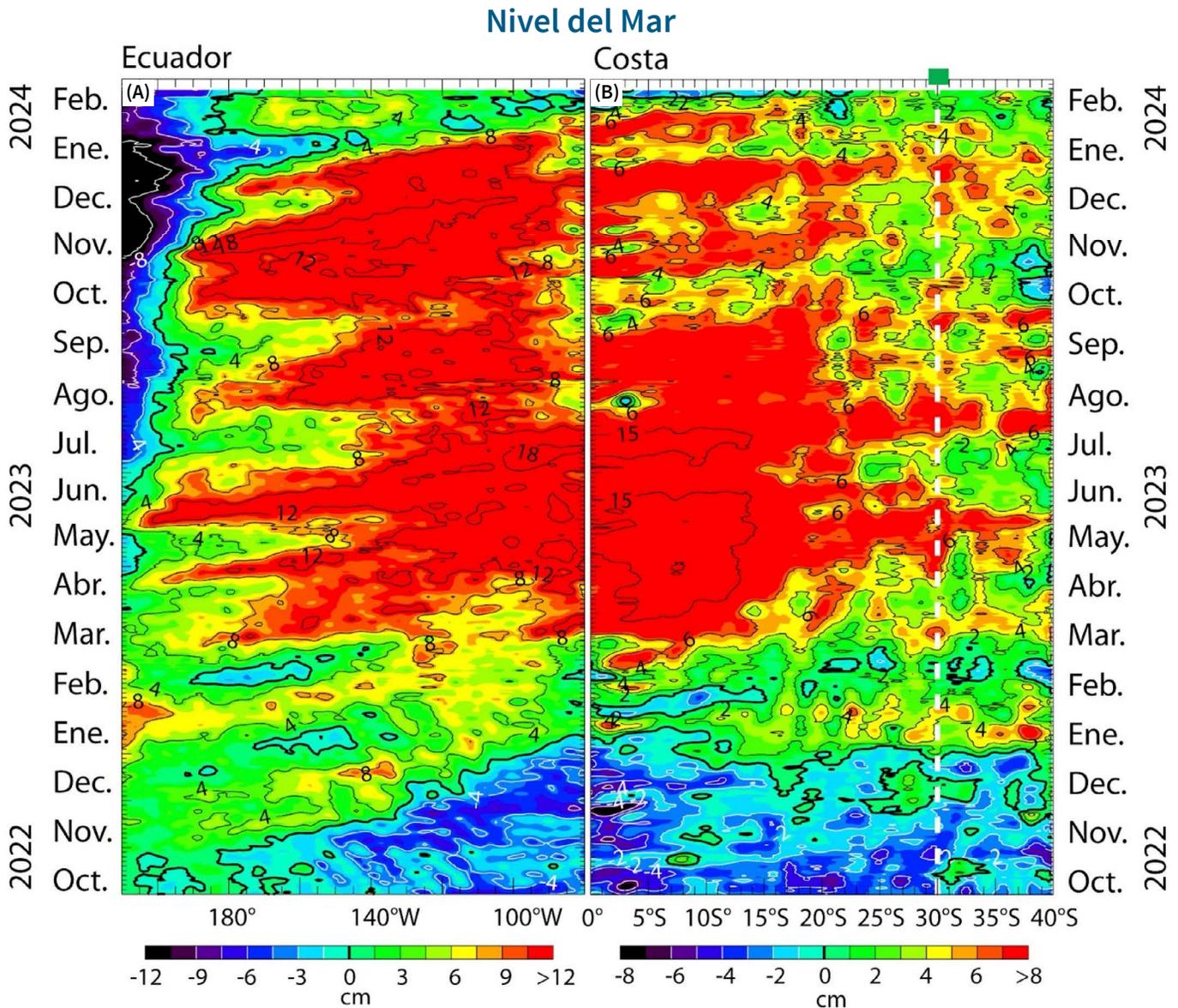


Figura 3: Evolución de las anomalías del nivel del mar a lo largo (A) del ecuador y (B) de la costa para el período comprendido entre el 1 octubre de 2022 al 29 de febrero de 2024. Los cambios en el nivel del mar se muestran en centímetros (cm).

La evolución de la actividad de ondas de Kelvin ecuatoriales indican que desde mayo de 2023 hemos entrado en un periodo cálido con un serie de ondas de downwelling de amplitud significativa (> 8 cm), las cuales ocurrieron después de la ocurrencia del evento El Niño costero frente a Perú (ver anomalías positivas del nivel de mar entre 3°S y 15°S del orden de 15 cm). No obstante esta actividad de onda de Kelvin no se propaga de manera clara a lo largo de la costa de Perú y Chile, y no alcanza la latitud de Coquimbo donde el nivel del mar se ha quedado relativamente estable desde agosto de 2023. Desde enero de 2024, se ha terminado el episodio de onda de Kelvin de hundimiento, marcando un retorno a condiciones El Niño neutrales o regreso hacia condiciones La Niña.



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

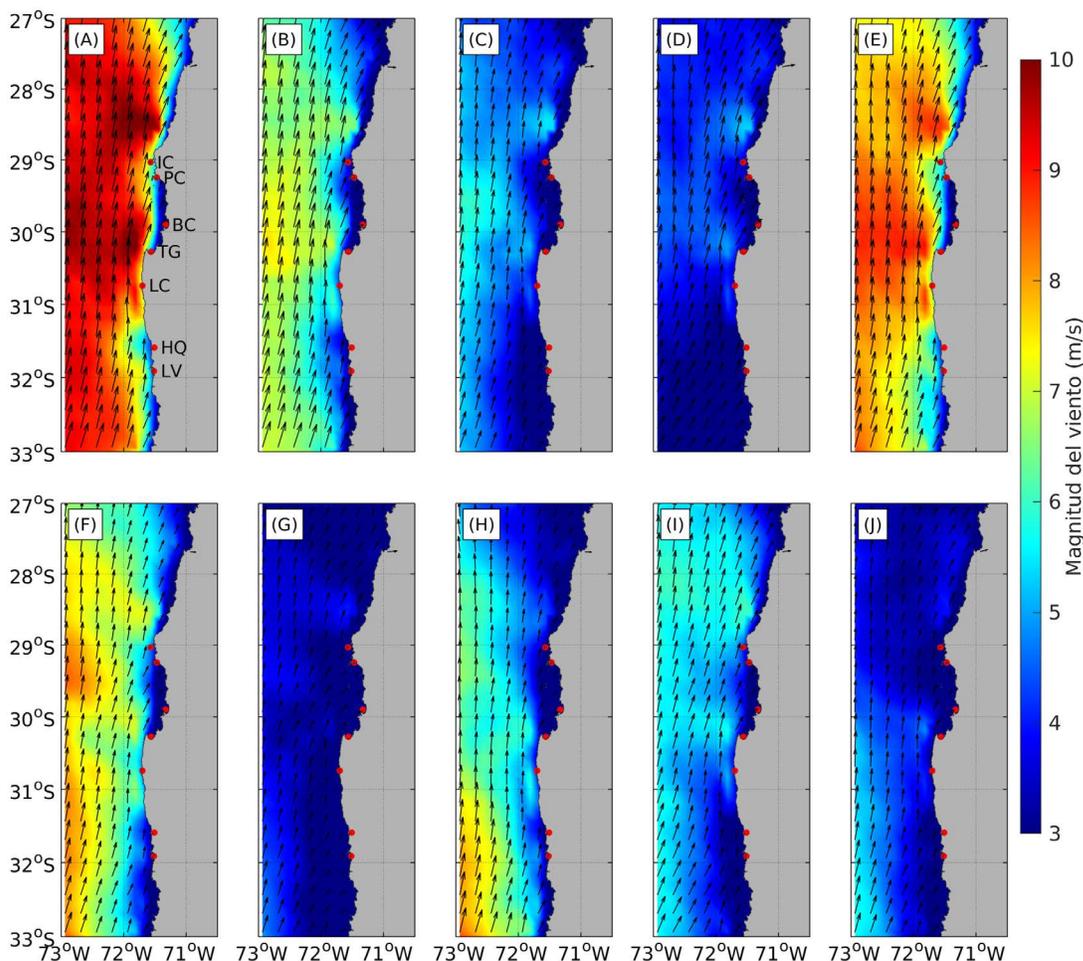


Figura 4. Promedio de la velocidad (m/s) y dirección de viento estimada a través de la observación satelital a 10 metros sobre el nivel del mar frente a la Región de Coquimbo desde el 1 de diciembre de 2023 al 29 de febrero de 2024. Cada imagen muestra el promedio para ambas variables (velocidad y dirección de viento) para un periodo de 9 días. (A) 1-dic-2023 a 9-dic-2023, (B) 10-dic-2023 a 18-dic-2023, (C) 19-dic-2023 a 27-dic-2023, (D) 28-dic-2023 a 5-ene-2024, (E) 6-ene-2024 a 14-ene-2024, (F) 15-ene-2024 a 23-ene-2024, (G) 24-ene-2024 a 1-feb-2024, (H) 2-feb-2024 a 10-feb-2024, (I) 11-feb-2024 a 19-feb-2024, (J) 20-feb-2024 a 28-feb-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).

El período de diciembre de 2023 a febrero de 2024 estuvo marcado por una notable reducción en la magnitud del viento sur en comparación con el trimestre anterior (ver boletín enero 2024). A lo largo de este período, se registraron valores promedio de velocidad de viento predominantemente por debajo de los 6 m/s (11.7 nudos), a excepción de los periodos entre el 1 y el 9 de diciembre (Figura 4A) y entre el 6 y el 14 de enero de 2024 (Figura 4E), los cuales presentaron magnitudes promedio sobre los 8 m/s (15.6 nudos) en gran parte de

la región oceánica. El periodo entre el 24 de enero y el 1 de febrero (Figura 4G) destaca por presentar los menores vientos del trimestre, con magnitudes promedio inferiores a 4 m/s (7.8 nudos). Cerca de la costa las velocidades disminuyen y la magnitud del viento registra una caída a valores en torno a los 3-4 m/s durante todo el periodo analizado, excepto en la zona al oeste de punta Lengua de Vaca, región reconocida por presentar los máximos de viento a nivel regional.

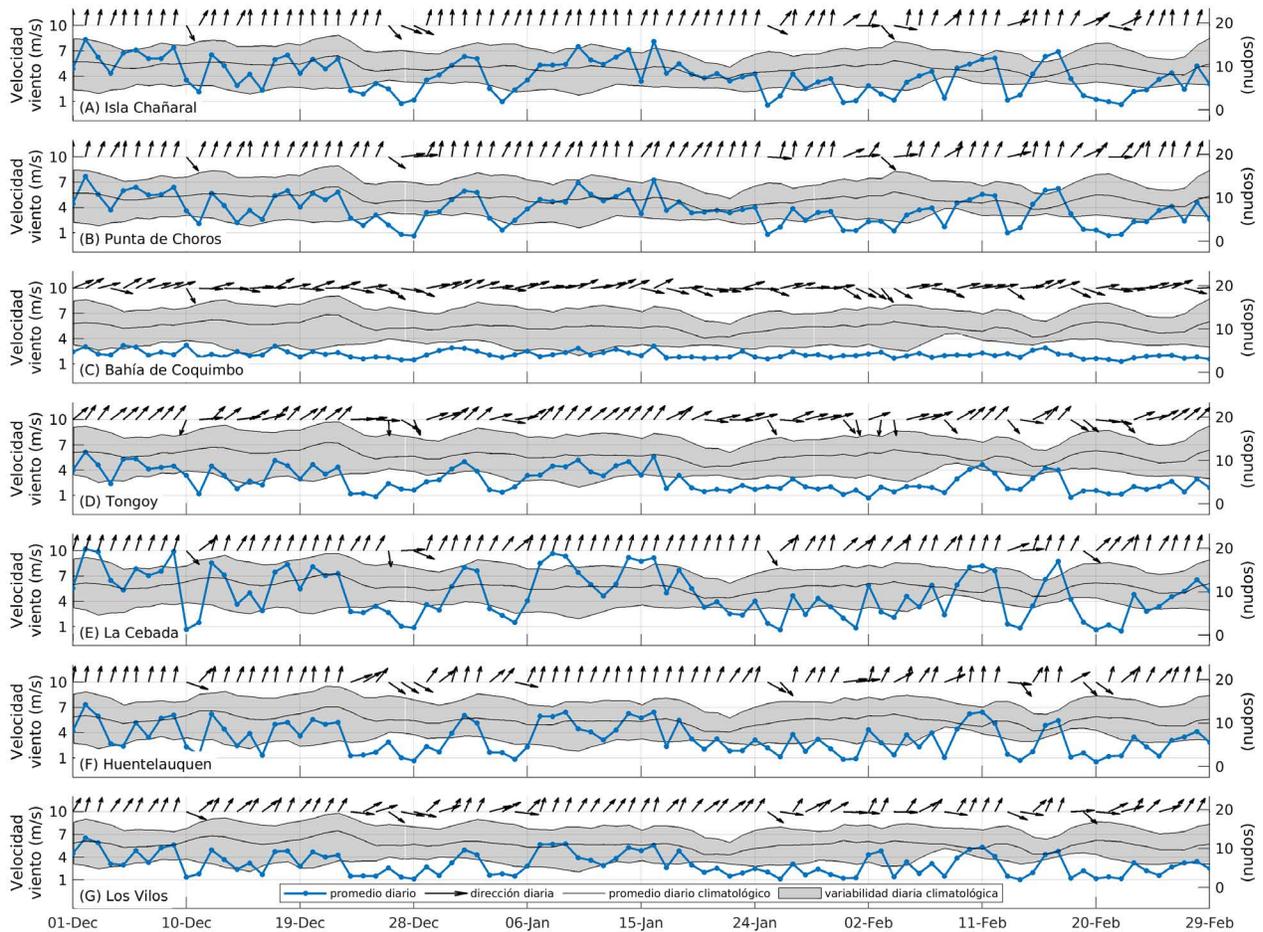


Figura 5. Series diarias de la velocidad (curva azul) y dirección (vectores) del viento promedio diario satelital (m/s y nudos) para las localidades de (A) Isla Chañaral, (B) Punta de Choros, (C) Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos desde el 1 de diciembre de 2023 al 29 de febrero 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 por localidades durante el último trimestre indica que la mayoría de las localidades exhiben patrones de viento similares. Esto se observa tanto en los periodos caracterizados por vientos que favorecen la surgencia como aquellos periodos de viento norte, destacándose en particular los días 10 de diciembre, 26 a 28 de diciembre y 25 de enero. Las regiones más expuestas, como Isla Chañaral, Punta de Choros y La Cebada, presentan condiciones de viento sur en más del 90% del trimestre. Mientras tanto, Tongoy, Huentelauquén y Los Vilos

experimentan este mismo patrón de viento sur un 87%, 88% y 84% del tiempo, respectivamente. Por su parte, la bahía de Coquimbo registra un viento sur durante el 60% del trimestre y reporta velocidades de viento que son inferiores al promedio histórico, con una velocidad media de 2.7 m/s, lo cual la posiciona como la localidad con los vientos más suaves. Cabe destacar los eventos de viento sur del 2 de diciembre, 8 de enero y 17 de febrero, los cuales se distinguen por presentar las magnitudes de viento más intensas durante el trimestre.



Temperatura superficial del mar (TSM)

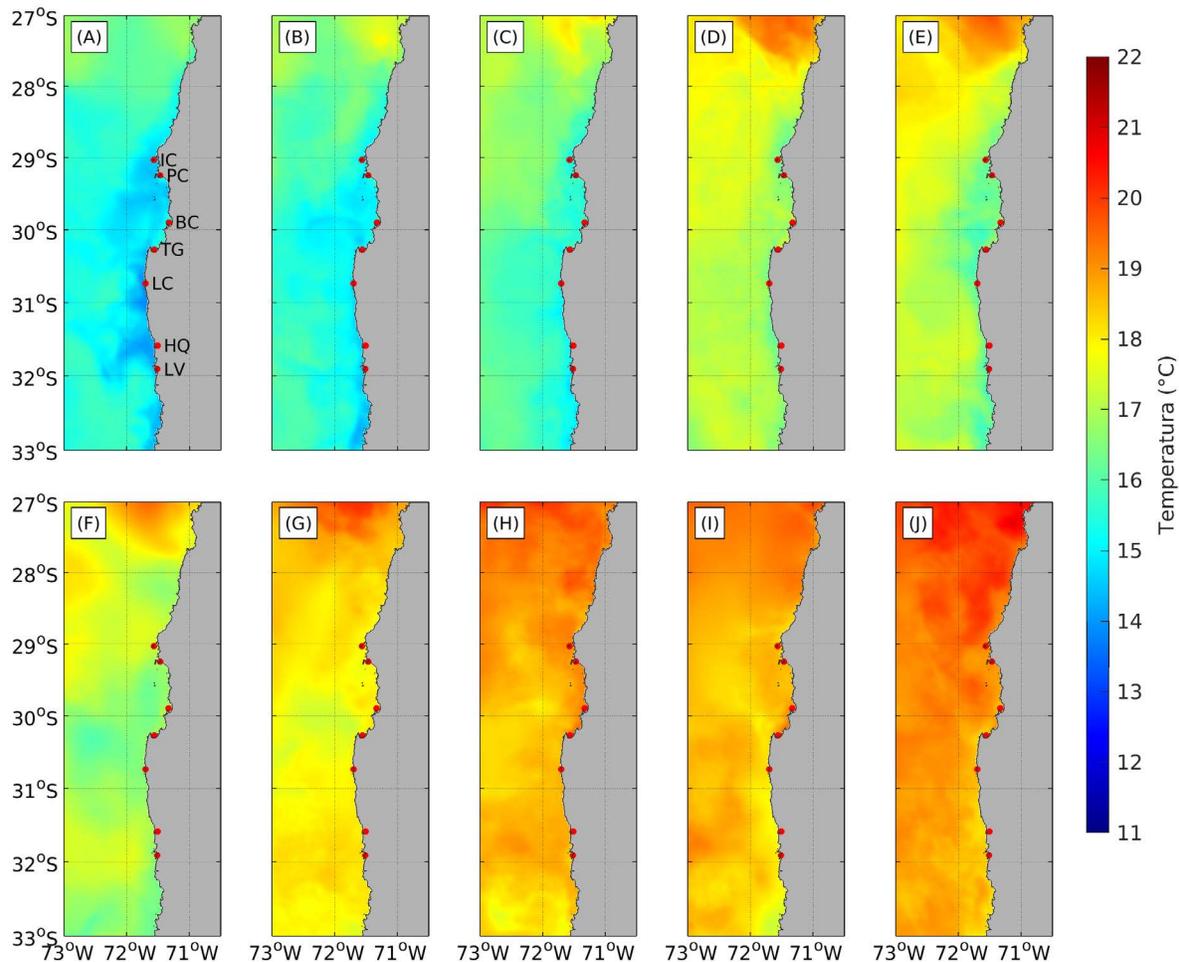


Figura 6. Temperatura superficial del mar (TSM) (°C) estimada a través de la observación satelital de la superficie oceánica frente a la Región de Coquimbo desde el 1 de diciembre de 2023 al 29 de febrero de 2024. Cada imagen muestra el promedio para la TSM para un período de 9 días (A) 1-dic-2023 a 9-dic-2023, (B) 10-dic-2023 a 18-dic-2023, (C) 19-dic-2023 a 27-dic-2023, (D) 28-dic-2023 a 5-ene-2024, (E) 6-ene-2024 a 14-ene-2024, (F) 15-ene-2024 a 23-ene-2024, (G) 24-ene-2024 a 1-feb-2024, (H) 2-feb-2024 a 10-feb-2024, (I) 11-feb-2024 a 19-feb-2024, (J) 20-feb-2024 a 28-feb-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).

La temperatura superficial del mar (TSM) durante este trimestre presentó un aumento progresivo, continuando con lo observado durante el trimestre anterior (ver boletín enero 2024). Esto corresponde a un aumento de temperatura típico que se presenta en la transición de primavera a verano. Se destaca una banda costera de agua levemente más fría (~15°C) durante los primeros 45 días (paneles A-E),

típica de este periodo debido a la surgencia que ocurre en la región (ver boletín abril 2023). Esta banda de agua fría deja de apreciarse a partir del 15 de enero (Figura 6F), lo que se atribuye al efecto combinado de la disminución de los vientos favorables a la surgencia (Figura 4) y a la presencia de aguas más cálidas en subsuperficie debido al fenómeno de El Niño presente en la región.

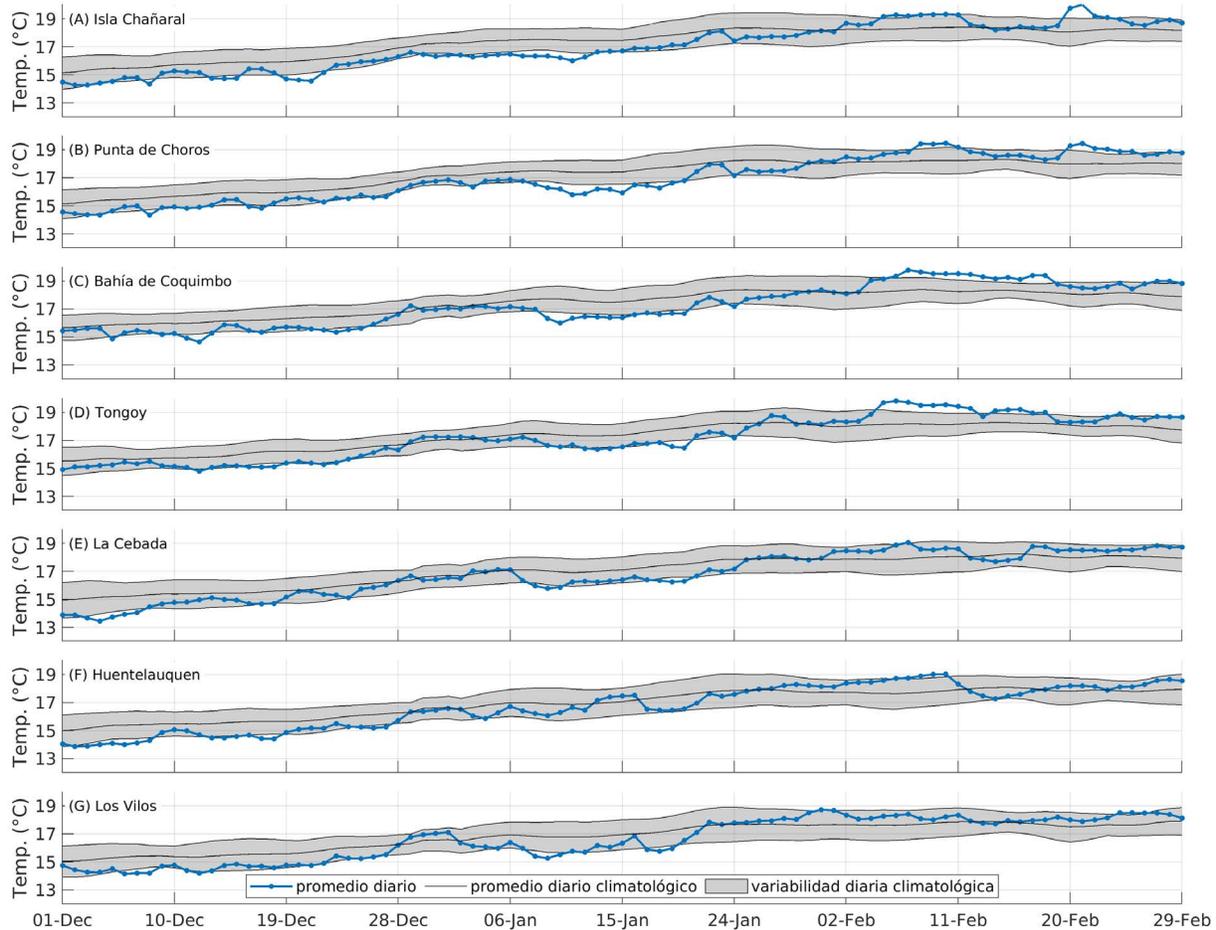


Figura 7. Series diarias de la temperatura superficial del mar (TSM) (°C) para las localidades de (A) Isla Chañaral, (B) Punta de Choros, (C) bahía de Coquimbo, (D) bahía de Tongoy, (E) La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos desde el 1 de diciembre de 2023 al 29 de febrero de 2024 (curva azul punteada). 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 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, durante la mayor parte del trimestre se registraron temperaturas que se mantuvieron dentro del rango de los valores históricos, exhibiendo una tendencia positiva característica del periodo de verano. Estos valores dentro del rango histórico son coherentes con el debilitamiento del evento El Niño y el retorno gradual hacia un estado más neutro. A escala sinóptica se observa una serie de eventos de enfriamiento durante la primera mitad de la serie, donde destacan los eventos del 3 al 7 de diciembre y desde el 7 al 10 de enero, consistentes con la ocurrencia de vientos favorables a la surgencia (figura 5). Durante los primeros días de febrero, se observó un notable aumento de temperatura en la región, evidenciado particularmente en estaciones como Punta de Choros (Figura 5B), bahía de Coquimbo (Figura 5C) y Tongoy (Figura 5D), donde las mediciones excedieron los valores típicos para este periodo. Además, cabe destacar que, entre el 2 y el 11 de febrero, todas las estaciones registraron temperaturas por encima de la media histórica, marcando un periodo de calentamiento generalizado en la zona.



Clorofila superficial

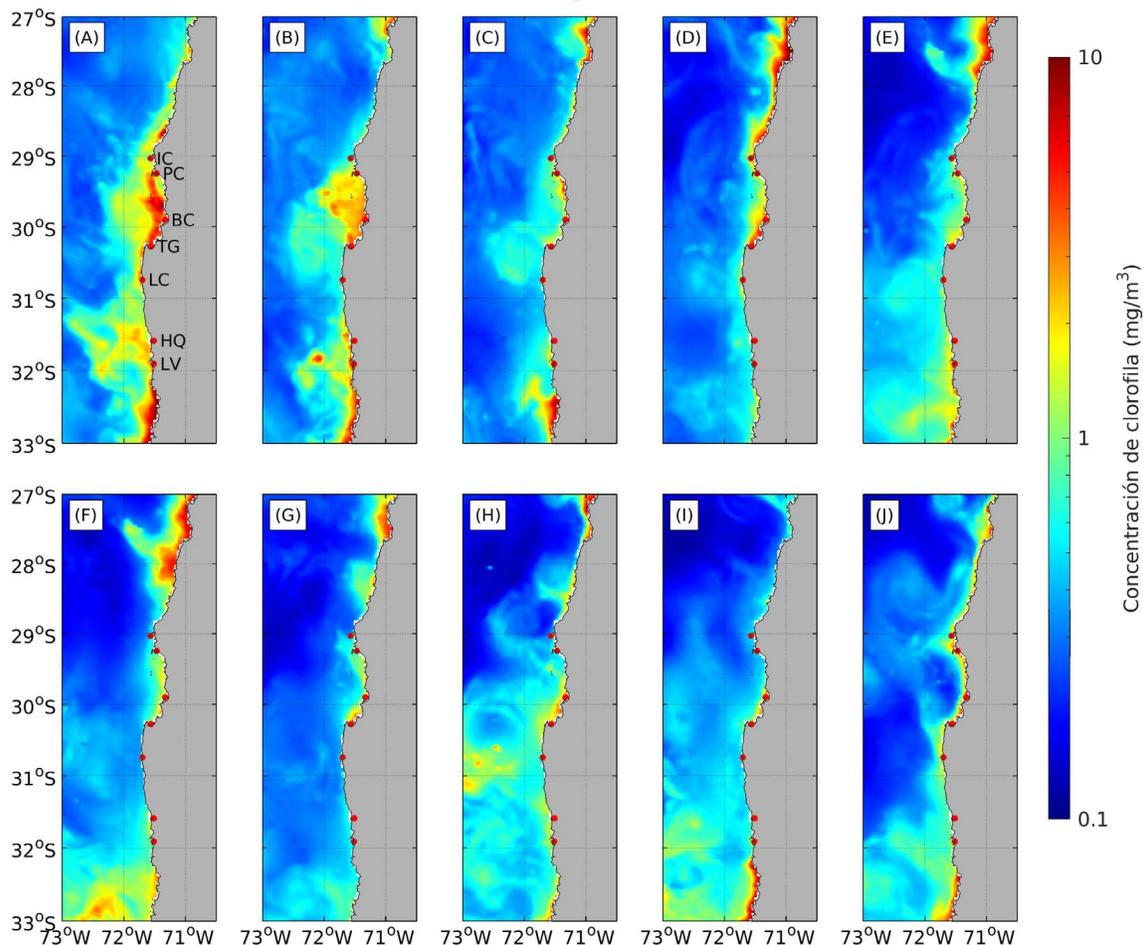


Figura 8. Concentración de clorofila superficial estimada a través de observaciones satelitales (mg/m^3) para la Región de Coquimbo desde el 1 de diciembre de 2023 al 29 de febrero de 2024. Cada imagen muestra el promedio para la concentración de clorofila para un período de 9 días (A) 1-dic-2023 a 9-dic-2023, (B) 10-dic-2023 a 18-dic-2023, (C) 19-dic-2023 a 27-dic-2023, (D) 28-dic-2023 a 5-ene-2024, (E) 6-ene-2024 a 14-ene-2024, (F) 15-ene-2024 a 23-ene-2024, (G) 24-ene-2024 a 1-feb-2024, (H) 2-feb-2024 a 10-feb-2024, (I) 11-feb-2024 a 19-feb-2024, (J) 20-feb-2024 a 28-feb-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).

Las observaciones satelitales de clorofila presentan mayores concentraciones, tanto en magnitud como en extensión durante el inicio de este trimestre, donde destaca el periodo entre 1 al 18 de diciembre y entre el 6 y el 23 de enero (figuras 8A, 8B, 8E y 8F). Este comportamiento en la concentración de clorofila es atribuida a eventos de surgencia seguido de un transporte hacia el oeste lo cual es evidenciado por la presencia de filamentos fríos (figuras 6A, 6B, 6E y 6F) y de vientos favorables a la surgencia (figuras 4A, 4B, 4E y 4F) durante estos periodo. Similarmente a lo observado durante el verano anterior (ver boletín abril 2023) el sistema de bahías de Coquimbo y la zona sur de la región destacan como zonas de altas concentraciones de clorofila, especialmente a principios de diciembre donde ambas ubicaciones alcanzan valores superiores a los $5 \text{ mg}/\text{m}^3$. Durante enero (figura 8D, 8E, 8F y 8G) la zona con mayor concentración de clorofila en la región es la zona costera al norte de los 29°S la cual también alcanza valores superiores a los $5 \text{ mg}/\text{m}^3$.



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.

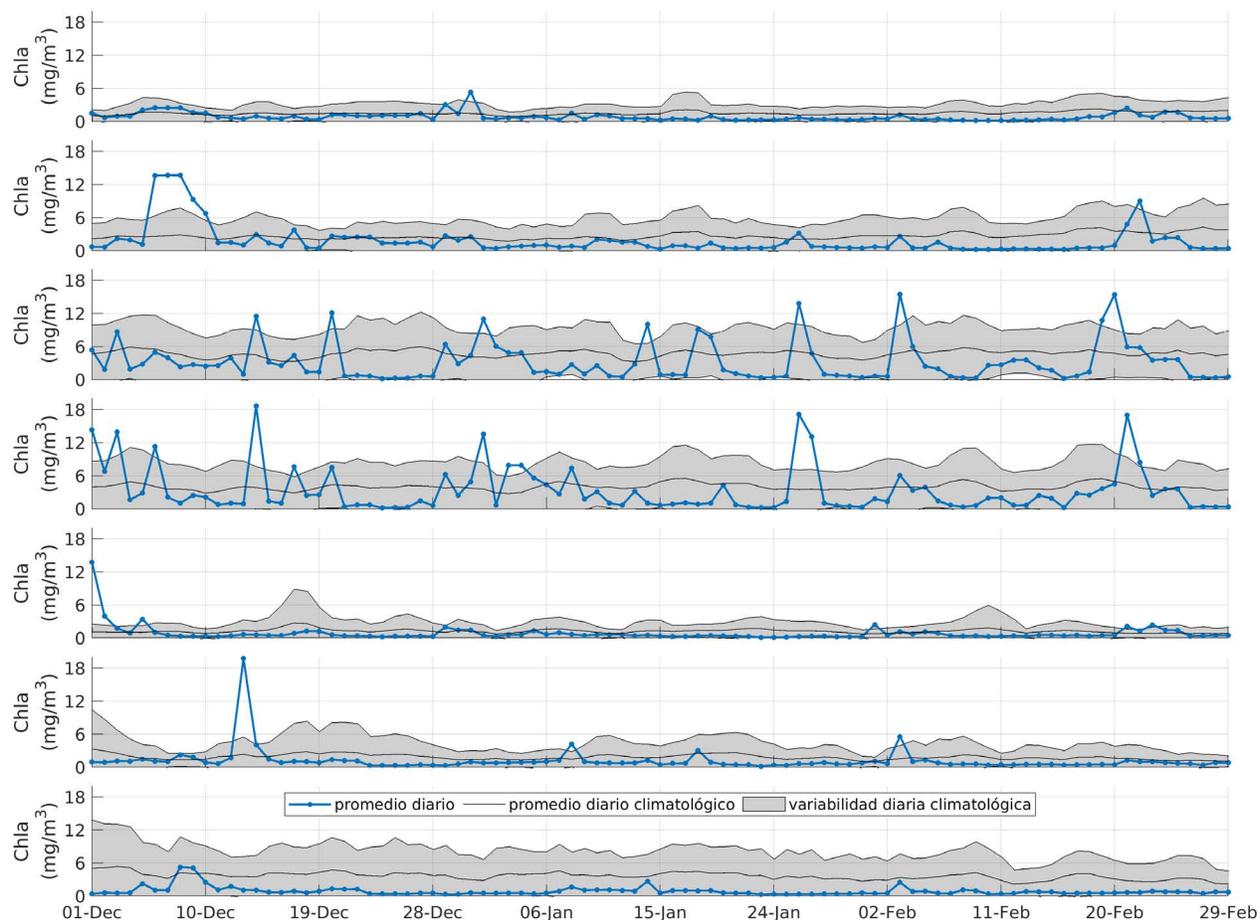


Figura 9. Series diarias de clorofila satelital (superficial) (mg/m^3) para las localidades de (A) Isla Chañaral, (B) Punta de Choros, (C) Bahía de Coquimbo, (D) Bahía de Tongoy, (E) La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos entre el 1 de diciembre de 2023 al 29 de febrero del 2024. Se muestran los datos diarios de clorofila (curva azul punteada), el promedio diario histórico (línea negra) y su desviación estándar (sombreado azul) calculados entre 1998 y 2022.

Siguiendo lo observado durante el trimestre anterior, las observaciones satelitales de clorofila muestran una mayor producción de fitoplancton en las localidades del centro norte de la región, en particular en bahía de Coquimbo y Tongoy con los promedios trimestrales de 3.3 y $3.4 \text{ mg}/\text{m}^3$ respectivamente. Para el resto de las estaciones se observa

una serie de eventos donde las concentraciones superan los $15 \text{ mg}/\text{m}^3$, tales como el periodo entre el 6 y el 8 de diciembre en Punta de Choros, el 1 y 2 de diciembre en La Cebada y el 13 de diciembre en Huentelauquén. Las concentraciones durante el resto del periodo se mantuvieron bajo los promedios históricos en estas estaciones.



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 dentro del rango histórico. Durante este periodo, el mes de diciembre presentó las magnitudes más altas, alcanzando un promedio de 2.7 m/s (5.2 nudos), mientras que enero y febrero presentaron magnitudes promedio de 2.3 (4.4 nudos) y 2 m/s (3.9 nudos) respectivamente. El viento durante este periodo fue

principalmente favorable a la surgencia (92% del trimestre), típico de este periodo, con un 66% de los días presentando una dirección desde el sur y con un 26% de los días con una dirección desde el suroeste. El 8% restante presentó una dirección hacia el este-sureste y coincidió con la disminución en la magnitud de los vientos. Estos periodos de relajación de surgencia se pueden observar los días 10 y 26 de diciembre, 25 de enero, 3 y 13 de febrero.

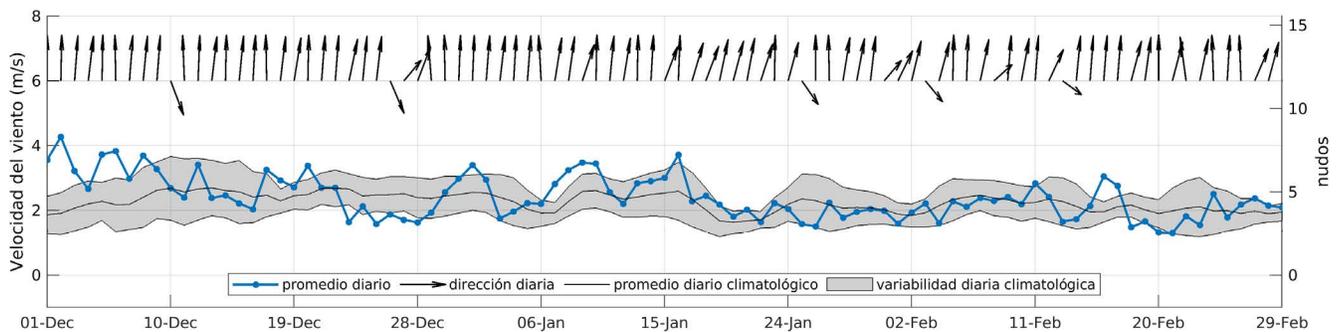


Figura 10. Serie diaria de la velocidad (curva azul punteada) y dirección (vectores) del viento promedio diario (m/s y nudos) medido por la estación CEAZAMET en la localidad de Punta de Choros desde el 1 de diciembre de 2023 al 29 de febrero de 2024. Adicionalmente, se incluye el promedio diario histórico 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 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

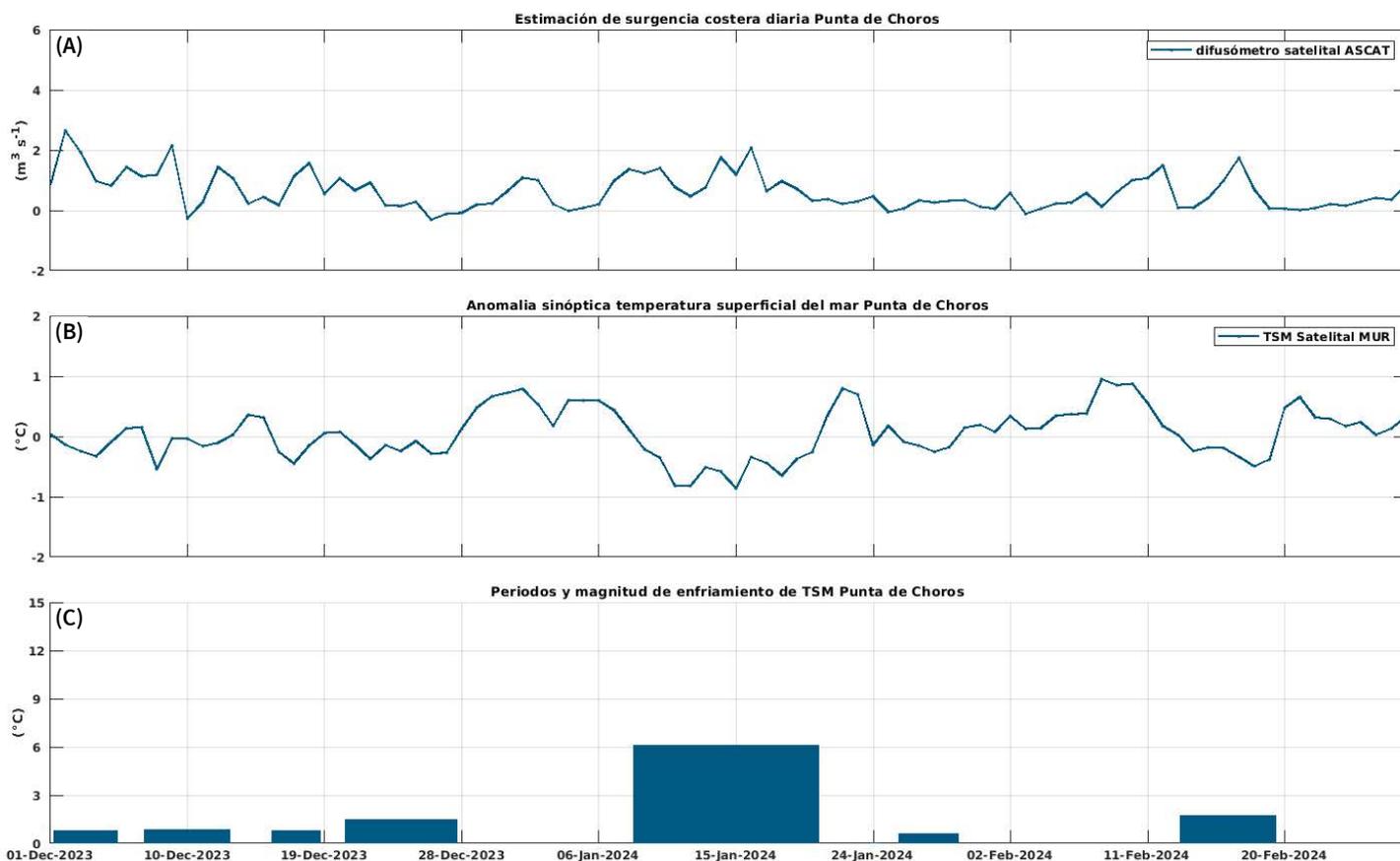


Figura 11. Indicadores de intensidad y duración de la surgencia costera en Punta de Choros entre el 1 de diciembre de 2023 al 28 de febrero de 2024. (A) Índice de surgencia costera (UI) estimado a partir del estrés del viento. (B) Anomalías sinópticas de la temperatura superficial del mar (TSM) ($^{\circ}C$). (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 sólo un periodo con transporte de surgencia de importancia, correspondiente a los días entre el 1 al 9 de diciembre de 2023, con $13.10 m^3/s$ de transporte acumulado, seguido por el periodo del 6 al 14 de enero con $8.95 m^3/s$. La comparativa con igual periodo del 2022 indica un nivel de la actividad levemente menor a lo observado en el año anterior al presente diagnóstico (ver boletín abril 2023). Asimismo, en relación con los meses de primavera, la reducción es notoria alcanzando solo un 50% del transporte observado en primavera que corresponde a la estación de

mayor intensidad para la surgencia costera en la Región de Coquimbo.

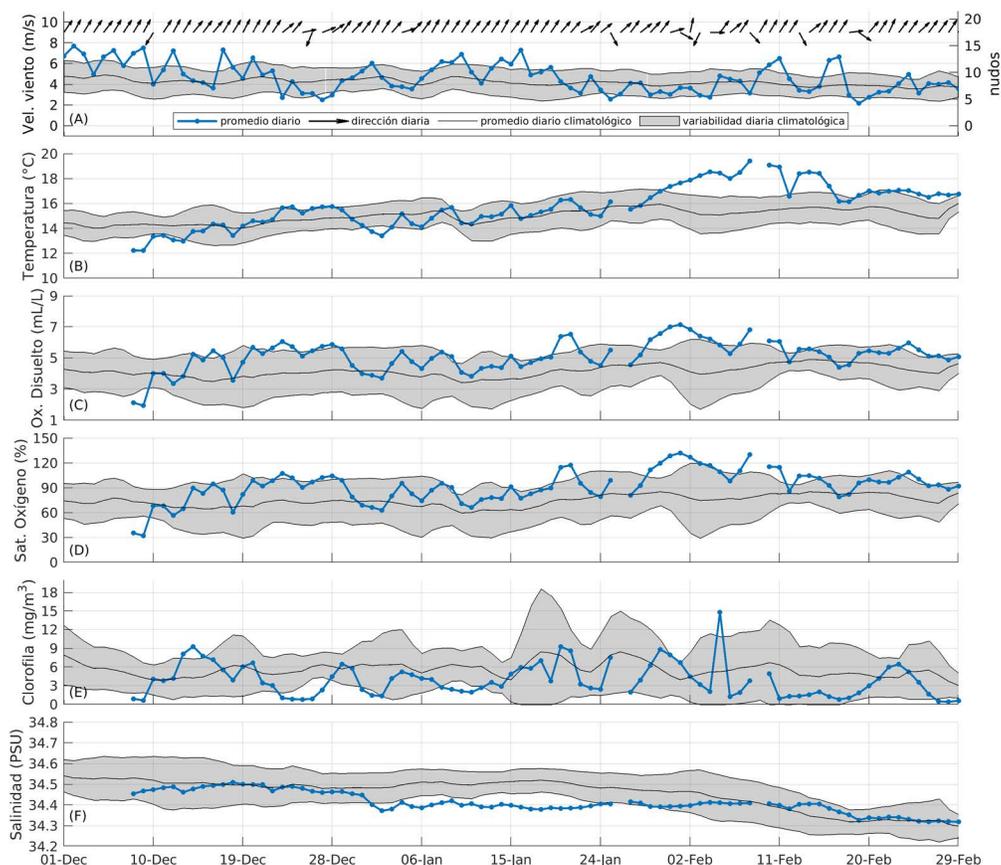
Respecto a los índices obtenidos a partir de las anomalías de la temperatura superficial del mar, se observó sólo un evento significativo de enfriamiento de la TSM, asociado al segundo y tercer periodo con mayor intensidad de viento y acumulación de transporte de surgencia, entre el 6 y el 23 de enero de 2023. El evento de enfriamiento tuvo una duración de cerca de 16 días acumulando una anomalía y enfriamiento de $6.11 ^{\circ}C$ y $7.78 ^{\circ}C$, 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



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 dentro de los rangos históricos con promedios diarios bajo los 8 m/s (15.5 nudos) a lo largo de todo el trimestre. La dirección del viento se mantuvo principalmente fluyendo desde el suroeste (83.5%), es decir favorable a la surgencia, interrumpido por eventos intermitentes de viento favorable a la subsidencia, especialmente durante el mes de febrero.

Las observaciones obtenidas desde la balsa CEAZA en la bahía de Tongoy presentaron datos disponibles desde el 8 de diciembre, producto de labores de mantenimiento realizadas en la plataforma marina de observación. Adicionalmente, los días 26 de enero y 9 de febrero presentaron mediciones intermitentes y no fueron considerados en el análisis. La temperatura del agua a los 10 metros de la superficie presentó valores que oscilan entre los 12 y los 17°C a excepción del periodo entre el 31 de enero y el 15 de febrero donde se observó una ola de calor marina con valores superiores a los 18°C. Este periodo coincide con una serie de eventos de relajación

de surgencia lo que sumado a la reducción en la magnitud del viento y las condiciones El Niño podría gatillar el intenso calentamiento observado en la región. Los eventos de aumento en la temperatura del mar durante la relajación de surgencia se observan a lo largo de toda la serie. La concentración de oxígeno disuelto en la bahía de Tongoy se mantuvo por sobre el promedio histórico durante todo el trimestre y al igual que en el trimestre anterior covaría con la temperatura, disminuyendo en los periodos de enfriamiento, cuando el viento es favorable a la surgencia y aumentando en los periodos de calentamiento. La clorofila por su parte, tiende a aumentar durante o posterior a los eventos de relajación de surgencia. Sin embargo durante el periodo de calentamiento a inicios de febrero registró un mínimo de concentración presentando su valor máximo el 5 de febrero, durante el evento de calentamiento más intenso del periodo. Finalmente, la salinidad se mantuvo relativamente estable, fluctuando levemente entre 34.3 y 34.5 PSU, reflejando las condiciones habituales para este periodo del año.



Índice de surgencia (Bahía de Tongoy)

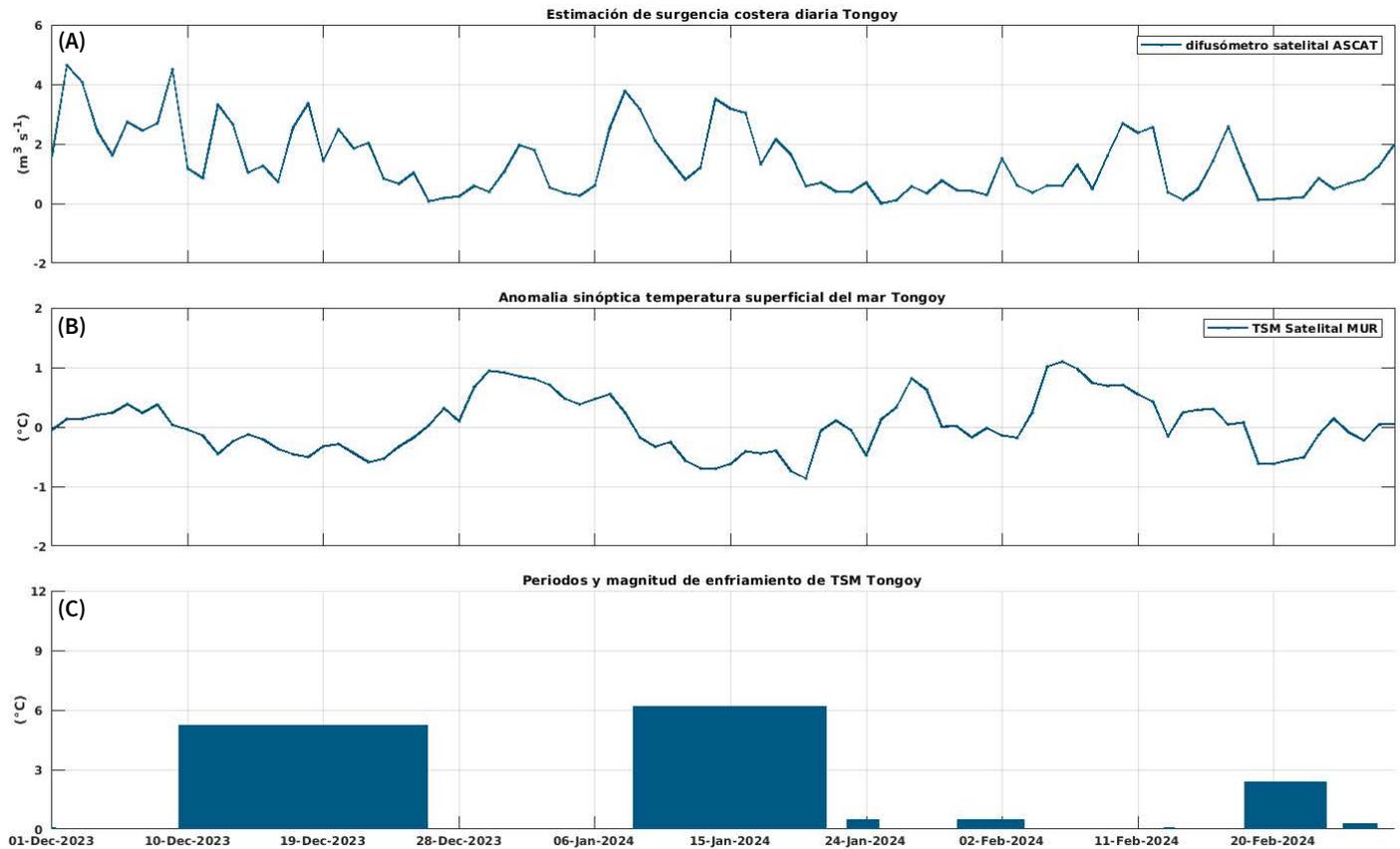


Figura 13. Indicadores de intensidad y duración de la surgencia costera en la Bahía de Tongoy entre el 1 de septiembre al 29 de noviembre de 2023. (A) Índice de surgencia costera (UI) estimado a partir del estrés del viento. (B) Anomalías sinópticas de la temperatura superficial del mar (TSM) ($^\circ\text{C}$). (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 períodos de surgencia en la bahía de Tongoy, derivados a partir del viento, registra dos eventos de importancia que acumularon transporte de surgencia de 27 y 19 m^3/s entre el 1 al 9 de febrero y el 6 al 14 de enero, respectivamente. En cuanto al índice basado en la TSM, se registraron dos períodos de enfriamiento de temperatura

con anomalías acumuladas de 5 y 6 $^\circ\text{C}$ entre el 8 y 25 de diciembre de 2023 y el 7 al 21 de enero de 2024, respectivamente. Estos eventos ocurrieron a posteriori o durante los eventos de mayor intensidad de viento sur del período.



» PRONÓSTICOS A CORTO PLAZO

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

En esta sección se introducen 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



Fitoplancton Secretos errantes del océano



» ¿Qué es el fitoplancton?

Son microorganismos unicelulares fotosintéticos que se mueven con las corrientes. Se pueden encontrar en distintos cuerpos de agua dulce y salada, y presentan una gran diversidad de formas y tamaños.

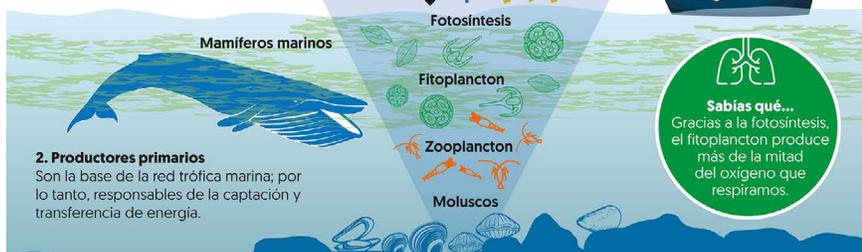
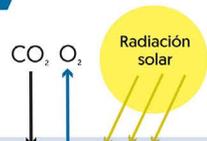
» ¿Dónde vive el fitoplancton?

Viven suspendidos en la columna de agua hasta donde penetra la luz, ya que requieren de ésta y de nutrientes para realizar la fotosíntesis.

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE EL FITOPLANCTON?

1. Función principal: FOTOSÍNTESIS

Para hacer fotosíntesis, el fitoplancton captura dióxido de carbono y genera oxígeno. Por medio de este proceso, provee de oxígeno al planeta y regula el clima al capturar el CO₂.



2. Productores primarios

Son la base de la red trófica marina; por lo tanto, responsables de la captación y transferencia de energía.

EXISTEN 3 GRUPOS PRINCIPALES DE FITOPLANCTON:



DIATOMEAS: presentan formas de disco o alargadas. Es el grupo más abundante de fitoplancton y son las únicas que usan sílice (vidrio) para formar sus paredes celulares.



DINOFLAGELADOS: son capaces de desplazarse con ayuda de dos flagelos. Algunas especies realizan únicamente fotosíntesis, pero otras tienen la capacidad de alimentarse de organismos más pequeños como los protozoos y bacterias.



COCOLITOFÓRIDOS: son esféricos, cubiertos con placas de carbonato de calcio. Son considerados indicadores climáticos del pasado (registro fósil) y de la acidificación del océano.

Sabías qué...

El incremento de la biomasa de algunas microalgas es llamado **marea roja**, pero no todas las mareas rojas producen toxinas que afecten al ser humano.

EL ESTUDIO DEL FITOPLANCTON NOS HA PERMITIDO SABER QUE:



Algunas especies del género **Pseudo-nitzschia (diatomea)** producen ácido domoico, conocida como toxina amnésica de moluscos.

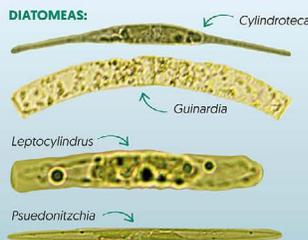


Dinophysis (dinoflagelado) produce intoxicación diarreica al ser humano a través del consumo de moluscos.



Alexandrium (dinoflagelado) produce la toxina paralizante.

ORGANISMOS FITOPLACTÓNICOS IDENTIFICADOS EN LA ISLA CHAÑARAL DE ACEITUNO:

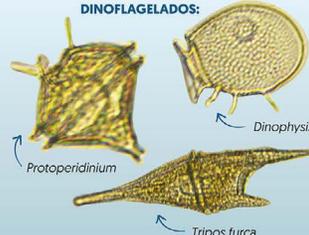


DIATOMEA CÉNTRICA:

Thalassiosira



DINOFLAGELADOS:





» 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 en 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 acuáticos, 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 fijas 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
ABRIL
2024

