



Boletín CEAZAMar ABRIL 2025





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, orientado a mejorar la calidad de vida de las personas, y actividades productivas y no productivas de la Región de Coquimbo, promoviendo la participación ciudadana en la ciencia a través de acciones de generación y transferencia del conocimiento.

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.

» ¿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.

» 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 los 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:

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

Transferencia y Vinculación:

Pilar Molina

Gestión de prensa:

Marcela Zavala, Catalina Velasco

Divulgación:

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 (2025). Análisis de las Condiciones Atmosféricas y Oceanográficas de la Región de Coquimbo (Diciembre 2024 - Febrero 2025). 31 páginas. DOI: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.28846853>





» RESUMEN



El Boletín CEAZAMar presenta un diagnóstico de las condiciones atmosféricas y oceanográficas del Pacífico Suroriental y, en detalle, de la Región de Coquimbo, para el trimestre del 1 de diciembre de 2024 al 28 de febrero de 2025.

En el Pacífico Suroriental, el trimestre estuvo marcado por la evolución de un evento La Niña, con alta variabilidad intraestacional. En diciembre de 2024, las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) frente a la costa chilena (10°S-40°S) fueron mayormente neutras (<1°C), reflejando una transición desde condiciones ENOS-neutral. En enero de 2025, con La Niña establecida (índice Niño-3.4 de -0.7°C) se desarrolló un núcleo cálido frente a Coquimbo (90°W, 30°S) con anomalías de +2°C, contrastando con anomalías frías (-1°C a -2°C) más al oeste (115°W, 20°S-40°S). En febrero, La Niña se debilitó, reduciendo las anomalías cálidas frente a Coquimbo a +1°C, en un contexto de transición hacia ENOS-neutral (66% de probabilidad para marzo-mayo 2025). El Índice Chile El Niño (CEN) se mantuvo con valores débiles, sin reflejar un evento cálido local en Tongoy en enero, sugiriendo un fenómeno de origen local. Un pulso de anomalías positivas en el nivel del mar, originado en el sur de Perú, alcanzó Coquimbo en diciembre y enero, probablemente impulsado por vientos costeros peruanos, sin conexión directa con el Ecuador. En febrero de 2025, una elevación del nivel del mar a lo largo de Perú podría indicar el desarrollo de un evento El Niño costero.

Los vientos en la Región de Coquimbo fueron predominantemente del sur, con magnitudes menores respecto al trimestre anterior, típicas del verano austral. Vientos intensos (>8 m/s) se registraron mar adentro en los primeros días de diciembre, la última quincena de enero y del 11 al 19 de febrero, disminuyendo hacia la costa, especialmente en Huentelauquén, Los Vilos y la bahía de Coquimbo. Las mediciones satelitales indican vientos favorables a la surgencia en más del 90% del tiempo en isla Chañaral, Punta de Choros, Tongoy, La Cebada y Huentelauquén, y un 88.8% en Los Vilos. La bahía de Coquimbo mostró sólo un 48.8% de vientos favorables a la surgencia, con un 32.2% de vientos del oeste. Breves interrupciones con vientos del norte se observaron el 23 de diciembre y del 9 al 10 de febrero.

La TSM mostró un aumento progresivo, típico del verano, oscilando entre 13 y 17°C en diciembre, y alcanzando 17 a 19°C en enero debido a la disminución de los vientos de surgencia. Un enfriamiento costero en diciembre, asociado a un evento intenso de surgencia, coincidió con vientos fuertes del sur. A finales de enero y en febrero, una leve disminución de la TSM frente a Los Vilos y al norte de la bahía de Coquimbo también reflejó la reactivación de la surgencia costera.

La concentración de clorofila superficial presentó alta variabilidad intraestacional. En diciembre, se registraron valores elevados entre isla Chañaral y Tongoy, coincidiendo con el enfriamiento de la TSM y vientos favorables a la surgencia, indicativos de afloramiento algal. Desde mediados de diciembre hasta fines de enero, la clorofila disminuyó, con patrones más homogéneos y limitados a la costa, debido al debilitamiento de la surgencia. Entre mediados de enero y mediados de febrero, aumentos locales de clorofila, especialmente en Huentelauquén y Los Vilos, acompañaron anomalías frías en la TSM.

En Punta de Choros, el índice de surgencia derivado del viento destacó dos eventos significativos, con transportes de 12.6 m³/s (1-18 de diciembre) y 4.53 m³/s (11-19 de febrero). El índice basado en la TSM registró enfriamientos de 2.05°C (13-24 de diciembre) y 6.83°C (24 de enero-7 de febrero). En la bahía de Tongoy, el índice de surgencia derivado del viento fue más intenso, con transportes de 16.87 m³/s (1-18 de diciembre), 6.90 m³/s (15-23 de enero) y 6.89 m³/s (11-19 de febrero). Los enfriamientos de la TSM acumularon 16.79°C (19 de noviembre-8 de diciembre) y 1.26°C (25 de enero-5 de febrero).

Las observaciones in situ en la bahía de Tongoy mostraron temperaturas dentro del rango histórico, salvo en la primera quincena de enero, con valores hasta 2°C por debajo del promedio, asociados a surgencia. El oxígeno disuelto presentó condiciones hipóxicas (<3 ml/L) en los primeros 12 días de diciembre, aumentando a >7 ml/L tras la primera semana de enero. Desde el 10 de febrero, el sensor de oxígeno falló, limitando los datos. La clorofila y la salinidad se mantuvieron dentro de rangos típicos, con un leve aumento de clorofila post-surgencia en diciembre y una disminución estacional de salinidad desde febrero.



» MENSAJES DESTACADOS



1 Durante diciembre 2024–febrero 2025, La Niña predominó en el Pacífico ecuatorial (índice Niño-3.4 de $-0,7^{\circ}\text{C}$ en enero), pero se debilitó a fines de febrero, retornando a condiciones ENOS-neutrales en marzo 2025. Frente a Coquimbo, anomalías cálidas de TSM ($+2^{\circ}\text{C}$ en enero) reflejaron menor surgencia y mayor radiación solar. Se espera que el ENOS-neutro persista hasta junio–agosto 2025 ($>62\%$ de probabilidad).

2 La actividad de ondas de Kelvin ecuatoriales fue reducida durante el trimestre, no se observaron condiciones frías, propias de La Niña, propagándose hacia las costas de Perú y Chile. Sin embargo, pulsos de anomalías positivas en el nivel del mar, alcanzaron Coquimbo en diciembre y enero. Un evento cálido local en Tongoy ($+2^{\circ}\text{C}$ en enero–febrero) no se reflejó en el índice Chile El Niño, sugiriendo un fenómeno costero independiente.

3 El trimestre se caracterizó por vientos predominantemente favorables a la surgencia (hasta 91% en Punta de Choros), con magnitudes máximas superiores a 8 m/s en diciembre y febrero. Sin embargo, períodos de vientos débiles o de dirección variable (e.g., 19–27 de diciembre) interrumpieron temporalmente la surgencia, reduciendo la productividad primaria en enero.

4 Las temperaturas superficiales del mar (TSM) en la costa de Coquimbo mostraron un aumento estacional, oscilando entre $13\text{--}19^{\circ}\text{C}$, con anomalías frías en diciembre (-2°C en Huentelauquén y Los Vilos) y febrero debido a eventos de surgencia. La balsa de Tongoy registró temperaturas hasta 2°C por debajo del promedio histórico en la primera quincena de enero, asociadas a surgencia intensa, mientras que la salinidad permaneció estable y la clorofila mostró máximos post-surgencia.

5 Las concentraciones de clorofila fueron elevadas en diciembre de 2024, especialmente entre isla Chañaral y Tongoy ($>5\text{ mg/m}^3$), asociadas a los eventos intensos de surgencia. En enero, la productividad disminuyó debido a vientos más débiles, pero repuntó en febrero en el sur de la región (Huentelauquén y Los Vilos), coincidiendo con anomalías frías de TSM.

6 Se registraron condiciones hipóxicas (oxígeno $<3\text{ ml/L}$) durante las primeras semanas de diciembre de 2024 en la bahía de Tongoy, asociadas a una surgencia intensa que trajo aguas profundas con bajo oxígeno. Posteriormente, los niveles de oxígeno aumentaron, superando los 7 ml/L hasta principios de febrero, reflejando una recuperación de la oxigenación.

» 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 26 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.



» 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)

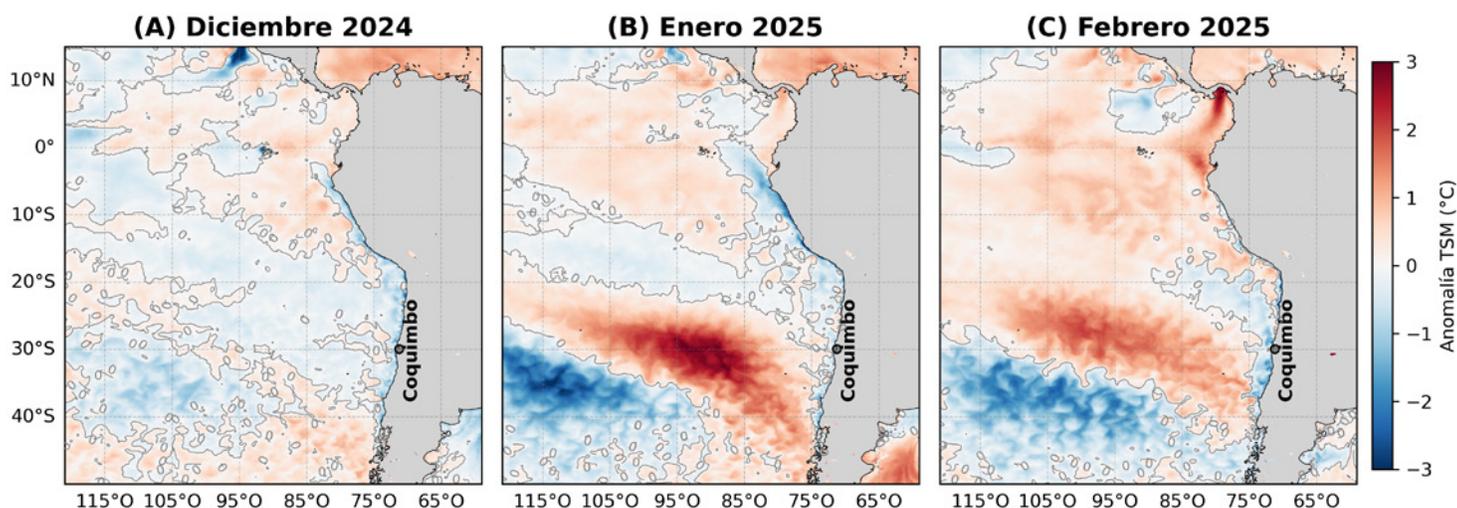


Figura 1. Anomalia mensual de la temperatura superficial del mar (TSM) de (A) Diciembre de 2024, (B) Enero de 2025 y (C) Febrero de 2025 para la costa occidental de Sudamérica. Las anomalías de TSM se calculan con respecto al periodo 2007-2022. Los colores rojos en el mapa indican zonas en las que la 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.

Durante el trimestre diciembre 2024 – febrero 2025, se observaron anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) con una alta variabilidad intraestacional (ver Figura 1), tanto en la región del Pacífico ecuatorial central, como en el Pacífico suroriental, influenciada por la evolución de un evento La Niña. En diciembre de 2024, La Niña comenzó a emerger, con anomalías de TSM mayormente neutras (inferiores a 1°C) frente a la costa chilena entre 10°S y 40°S, reflejando una transición desde condiciones ENOS-neutral. En enero de 2025, con La Niña plenamente establecida (índice Niño-3.4 de -0.7°C), se desarrolló un núcleo cálido frente a Coquimbo, aproximadamente a 90°W y 30°S,

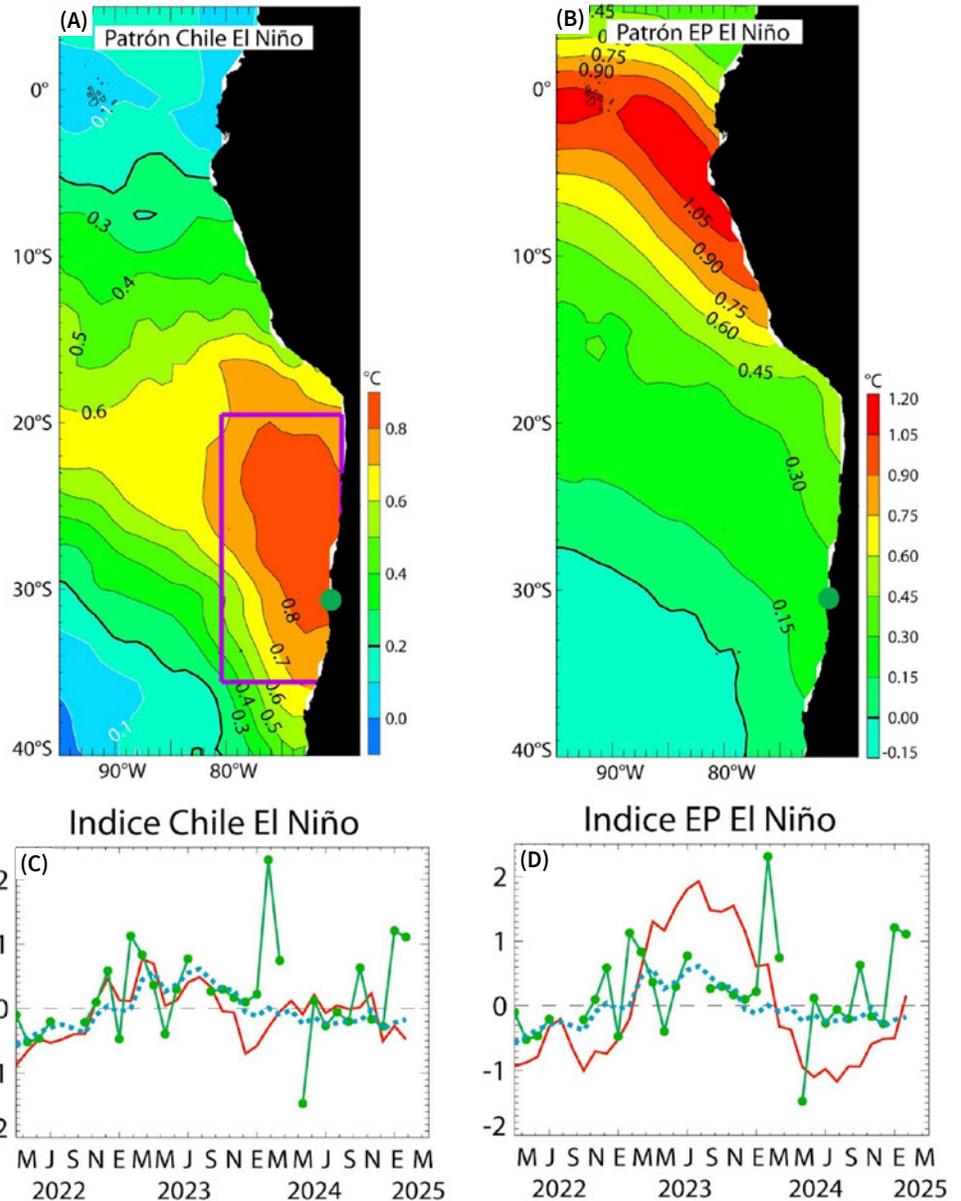
con anomalías de +2°C, mientras que más al oeste, hacia 115°W y entre 20°S y 40°S, en el Pacífico Sudeste abierto, se observaron anomalías negativas de -1°C a -2°C. En febrero, La Niña comenzó a debilitarse, reduciendo el contraste térmico frente a Coquimbo a anomalías de +1°C en la misma área (90°W, 30°S), en un contexto de transición hacia ENOS-neutral (66% de probabilidad para marzo-mayo 2025).

Aunque las anomalías cálidas persistieron localmente, las condiciones generales de La Niña dominaron el trimestre, sustentadas por temperaturas por debajo del promedio en el Pacífico ecuatorial central.



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 la temperatura superficial del mar (TSM) en °C. (B) Patrón del modo climático El Niño (EP) del Pacífico Este. Colores y contornos indican anomalías de la TSM en °C. (C) Comparación de la evolución del índice Chile El Niño (CEN) (rojo), de las anomalías de la TSM en Tongoy entre las observaciones (verde) y la solución de un modelo estadístico (azul punteado) entre abril de 2022 y febrero de 2025. 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 (verde) y la solución de un modelo estadístico (azul) entre abril de 2022 y febrero de 2025. Las anomalías de la TSM fueron calculadas usando como referencia el período comprendido entre 1960 y 2019.



Los distintos modos climáticos (ver Figura 2 A y B) que se encuentran en el Pacífico sudeste condicionan las características de la circulación costera y por ende el ambiente a gran escala a lo largo de la costa de la zona central de Chile. En el Pacífico ecuatorial central, desde enero 2024 hemos evolucionado hacia condiciones frías. El índice Chile El Niño (CEN) se ha mantenido con valores débiles desde ese cambio de condiciones en el Pacífico ecuatorial (ver Figura 2 C, D). Después del evento cálido de febrero de 2024 en Tongoy, la temperatura ha bajado de manera abrupta alcanzando una anomalía de -1.47°C en mayo 2024, la cual se refleja en el nivel del mar (ver Figura 3), y podría estar relacionado con una onda costera de afloramiento asociado a condiciones frías en la región ecuatorial. La evolución subsecuente indica que ese episodio fue muy breve, y que desde junio hemos regresado a condiciones cercanas a lo normal. Desde enero se registró un evento cálido en Tongoy que se ha mantenido hasta febrero 2025, el cual no se reflejó en el índice CEN, lo que sugiere que se trató de un fenómeno local.



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



Nivel del Mar

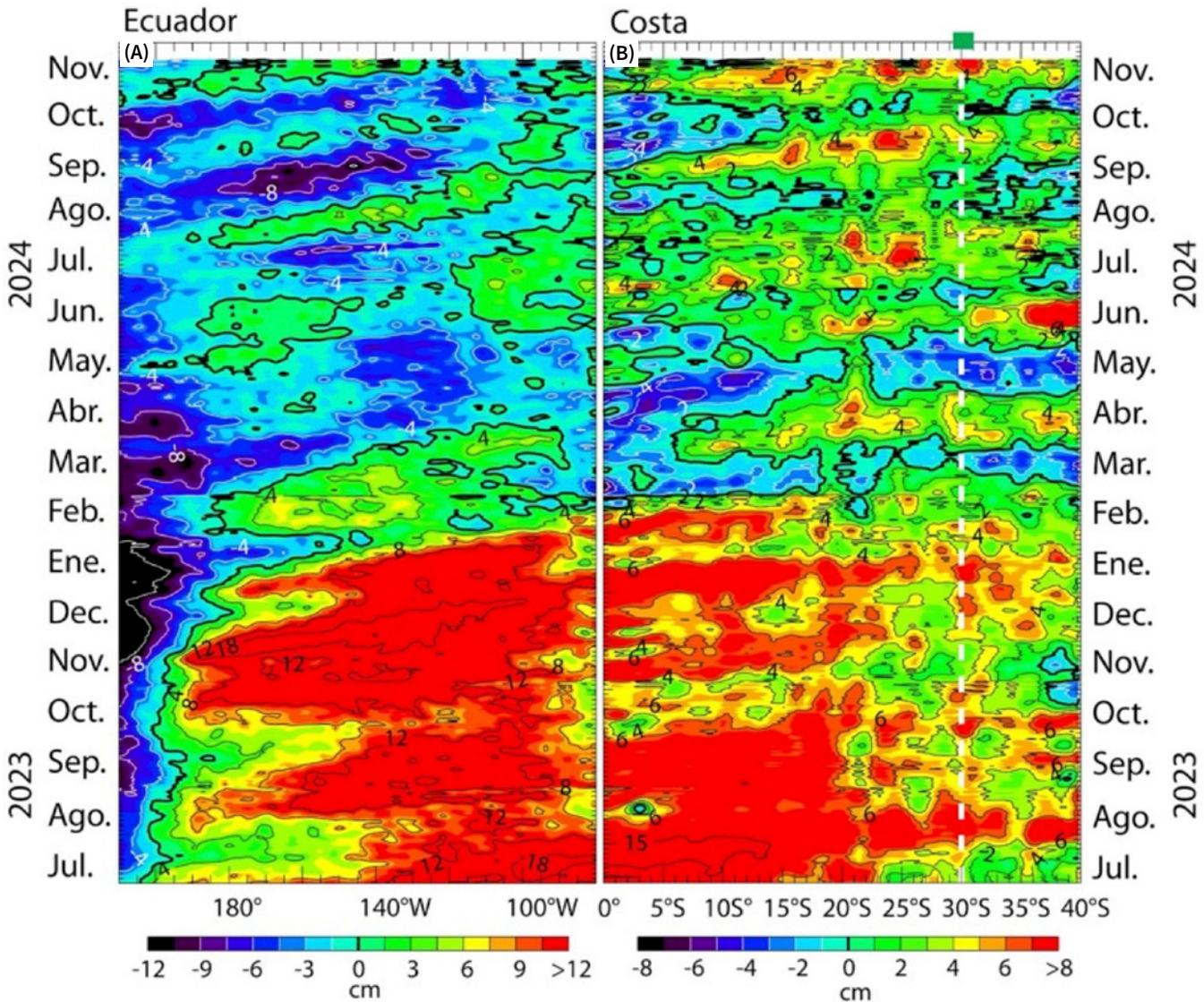
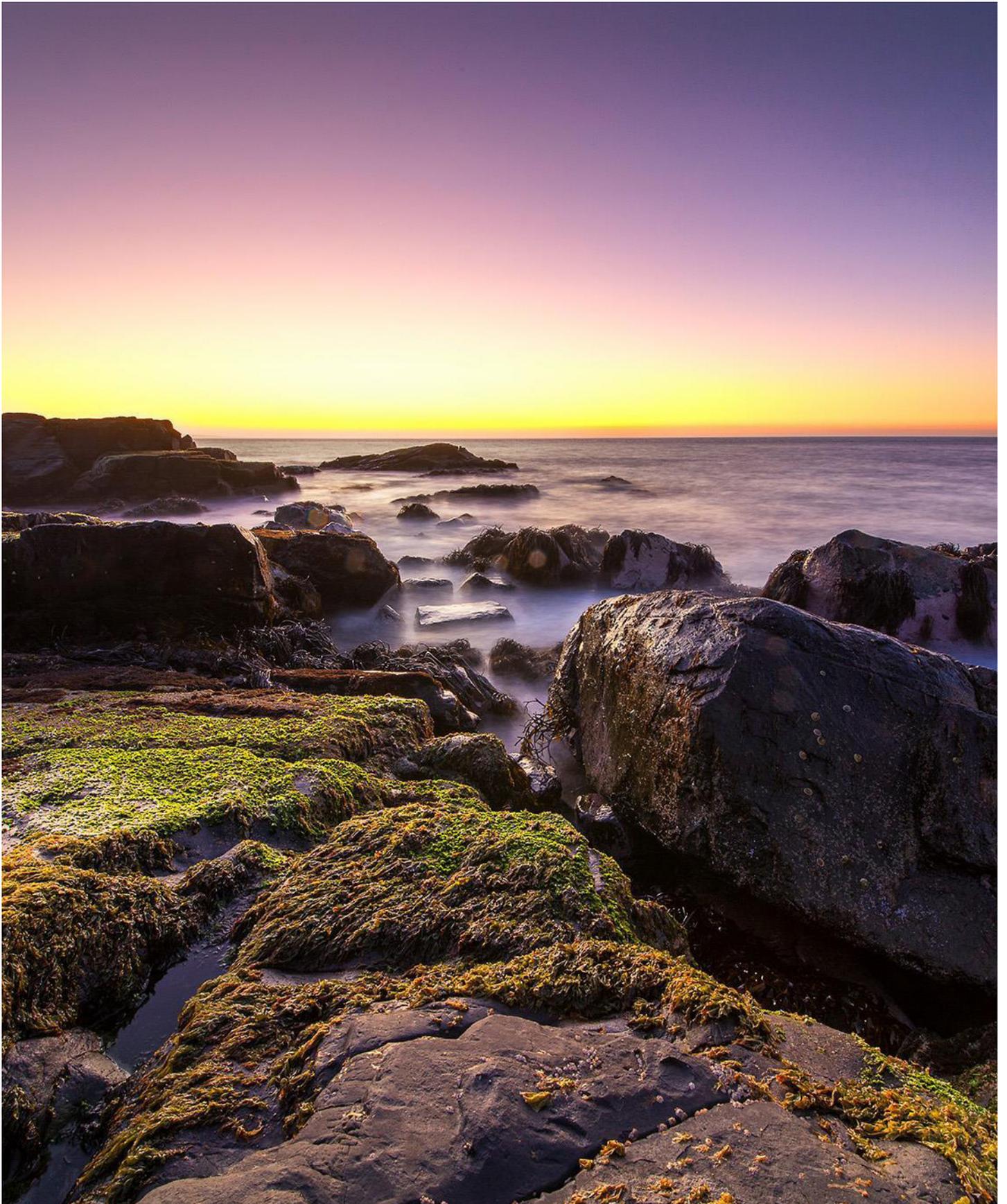


Figura 3: Evolución de las anomalías del nivel del mar a lo largo (A) del ecuador y (B) de la costa para el período comprendido entre el 1 octubre de 2023 al 28 de febrero de 2025. Los cambios en el nivel del mar se muestran en centímetros (cm).

La evolución de la actividad de ondas de Kelvin ecuatoriales indican que desde enero de 2024 (ver Figura 3), hemos entrado en un periodo neutro a frío con una disminución de la actividad de ondas. Sin embargo, estas condiciones frías no se extendieron a lo largo de las costas de Perú y Chile debido a la propagación de ondas de surgencia de Kelvin, excepto un evento breve durante el mes de noviembre con la indicación de la propagación de una onda desde la región ecuatorial. En su lugar, un pulso de anomalías positivas en el nivel del mar partiendo del sur de Perú alcanzó la latitud de Coquimbo en los meses de diciembre y enero. La falta de conexión con el ecuador sugiere que estas ondas fueron generadas por la acción de los vientos costeros a lo largo de la costa peruana. Desde febrero de 2025 se nota una elevación del nivel del mar a lo largo de Perú, lo que posiblemente se relaciona con el desarrollo de un evento El Niño costero.



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

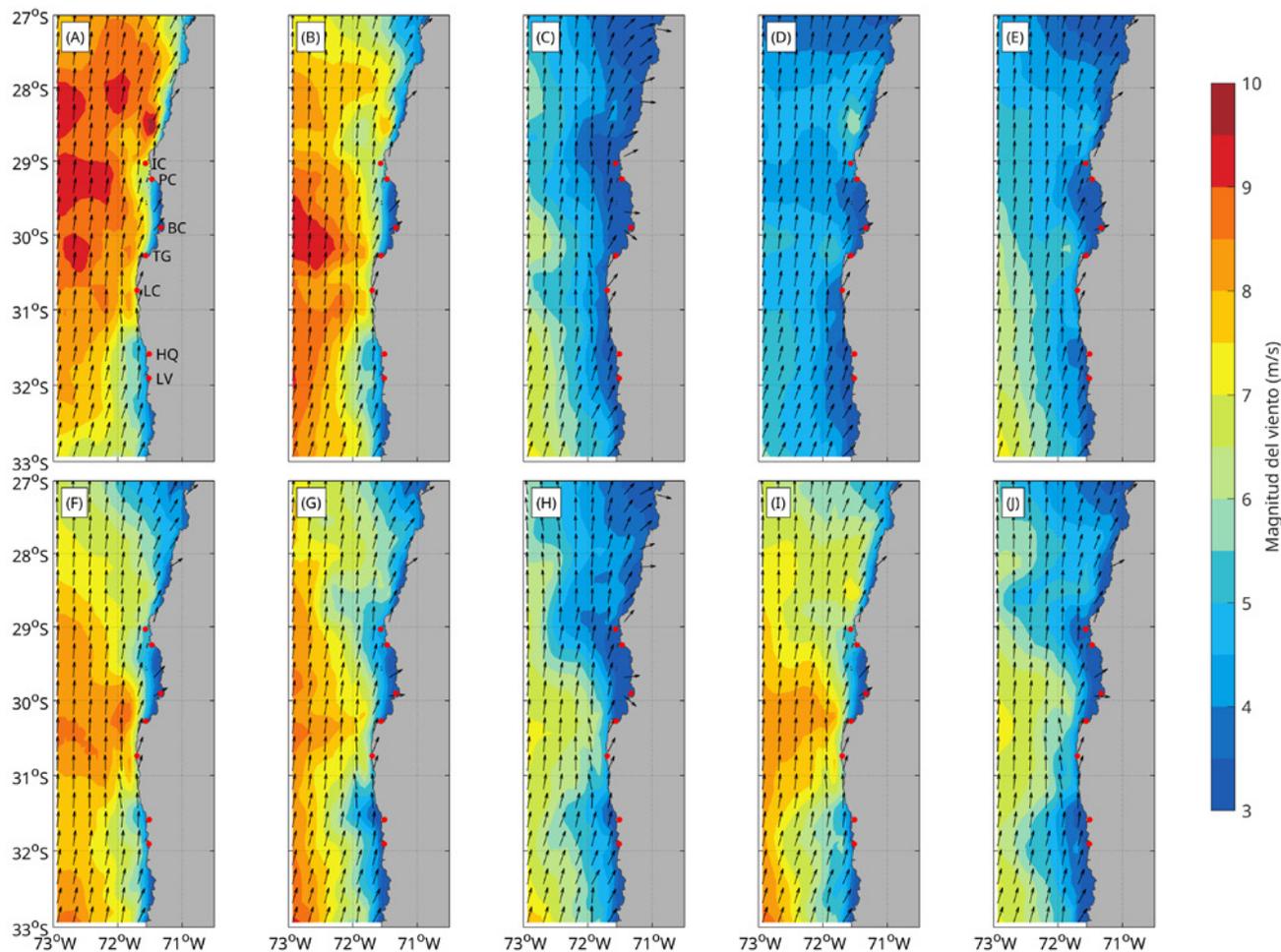


Figura 4. Promedio de la velocidad (m/s) y dirección del viento estimada a través de observación satelital a 10 metros sobre el nivel del mar frente a la Región de Coquimbo, desde el 1 de diciembre de 2024 al 28 de febrero de 2025. Cada imagen muestra el promedio para ambas variables (velocidad y dirección del viento) para un período de 9 días. (A) 1 a 9 de diciembre de 2024, (B) 10 a 18 de diciembre de 2024, (C) 19 a 27 de diciembre de 2024, (D) 28 de diciembre de 2024 a 5 de enero de 2025, (E) 6 a 14 de enero de 2025, (F) 15 a 23 de enero de 2025, (G) 24 de enero a 1 de febrero de 2025, (H) 2 a 10 de febrero de 2025, (I) 11 a 19 de febrero de 2025, y (J) 20 a 28 de febrero de 2025. Se indican con puntos rojos las localidades de isla Chañaral (IC), Punta de Choros (PC), bahía de Coquimbo (BC), bahía de Tongoy (TG), La Cebada (LC), Huentelauquén (HQ) y Los Vilos (LV).

Durante el período de diciembre de 2024 a febrero de 2025, los vientos en la región oceánica frente a Coquimbo presentaron una dirección mayoritariamente sur con magnitudes menores con respecto al trimestre anterior, típica de este periodo (ver Figura 4, boletín enero 2025). Los vientos de mayor magnitud se observaron durante los primeros días de diciembre con valores que superan los 8 m/s en gran parte de la región oceánica, con una importante disminución de la magnitud hacia la costa, especialmente frente a las localidades de Huentelauquén y Los Vilos y al interior de la bahía de Coquimbo donde se observa un leve cambio de dirección de viento sur a suroeste (Figura 4A-B). Para el viento comprendido entre el 19 de diciembre y el 14 de enero las magnitudes de viento sur disminuyeron a valores inferiores a 5 m/s en toda la región costera y alcanzando máximos entre 6 y 7 m/s en la región oceánica (Figura 4C-E). Adicionalmente se observa viento desde el oeste en la región costera al norte de

Isla Chañaral que evoluciona hacia una dirección suroeste con el paso de los días. Posterior al 15 de enero y hasta el 1 de febrero los vientos aumentan en magnitud, especialmente en la región oceánica, alcanzando valores mayores a 7 m/s (Figura 4F-G). En la región costera en contraste, las magnitudes oscilan entre 3 y 5 m/s. El promedio entre el 2 y el 10 de febrero (Figura 4H), presentó una disminución en la magnitud del viento con valores inferiores a 5 m/s presentes a lo largo de toda la costa y que se extienden costa afuera especialmente desde la bahía de Coquimbo hacia el norte, donde se observó además un cambio en la dirección similar a lo observado en el panel C. Desde el 11 al 19 de febrero se observó un nuevo aumento de magnitud de los vientos con valores entre 6 y 8 m/s en la región oceánica (Figura 4I). Posterior al 20 de febrero (Figura 4J) las magnitudes descienden a un patrón similar a lo observado a inicios del mes de febrero (ver panel H).

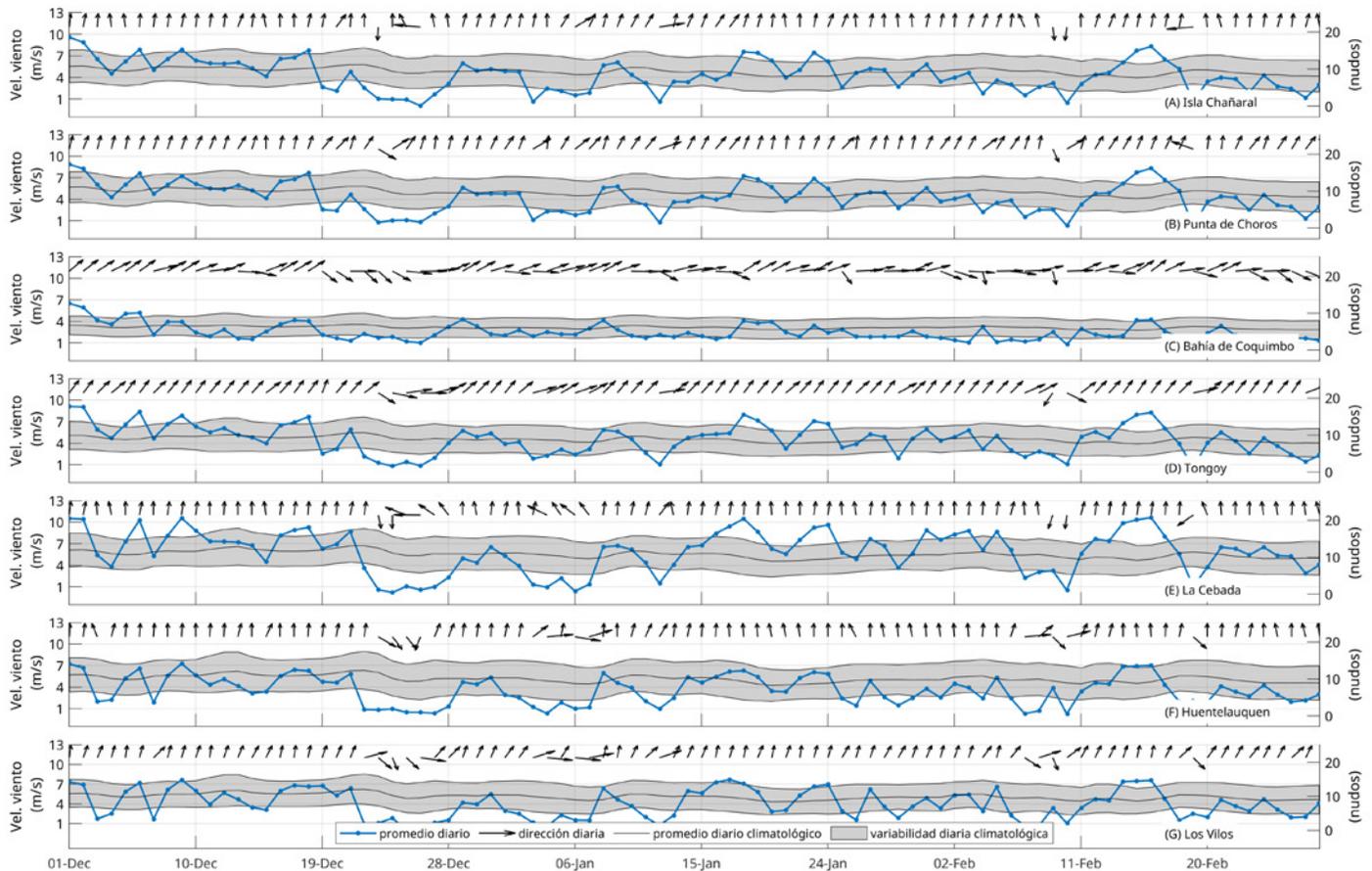


Figura 5. Series diarias de la velocidad (curva azul) y dirección (vectores) del viento promedio diario satelital (m/s y nudos) para las localidades de (A) Isla Chañaral, (B) Punta de Choros, (C) Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos desde el 1 de diciembre de 2024 al 28 de febrero de 2025 (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.

Las mediciones satelitales del viento en las localidades costeras de la Región de Coquimbo presentan comportamientos similares para el trimestre diciembre 2024 – febrero 2025. Las localidades de isla chañaral y Punta de Choros presentaron vientos con dirección favorable a la surgencia a excepción del 23 de diciembre y el 9-10 de febrero y donde se observó viento norte y disminución en la magnitud del viento a valores cercanos a 1 m/s (Figura 5A,B). En Coquimbo se observaron vientos principalmente desde el suroeste a lo largo del periodo, debido a la geografía de la zona (Figura 5C). Adicionalmente presentó una serie de eventos con viento desde el noroeste, donde el periodo entre el 20 y 25 de diciembre es el más significativo. Durante este periodo las magnitudes se mantuvieron entre 2 y 5 m/s, dentro del promedio histórico. La serie de Tongoy presentó vientos desde el suroeste con magnitudes similares al promedio histórico, a excepción de los periodos entre el 23 al 27 de diciembre y el 9 a 10 de febrero, donde la dirección cambió a viento norte y las magnitudes disminuyeron (Figura

5D). De igual forma, la Cebada, Huentelauquén y Los Vilos registraron vientos desde el sur a excepción del periodo comprendido entre el 23 al 27 de diciembre, 3 al 7 de enero y 8 al 10 de febrero (Figura 5 E-G). Durante estos periodos la magnitud del viento disminuyó a valores por debajo del promedio histórico, apenas superando 1 m/s. Durante el periodo comprendido entre 14 y el 18 de febrero, se observó un evento de viento favorable a la surgencia con magnitudes sobre el promedio histórico en la mayoría de las localidades analizadas.

La dirección del viento fue predominantemente favorable a la surgencia durante el trimestre, con porcentajes de ocurrencia sobre el 90% para las localidades de Isla Chañaral, Punta de Choros, Tongoy, La Cebada y Huentelauquén. Los Vilos presentó 88.8% de viento predominante a la surgencia, mientras que la bahía de Coquimbo, presentó sólo un 48,8% de viento favorable a la surgencia y un 32.2% de viento desde el oeste.



Temperatura superficial del mar (TSM)

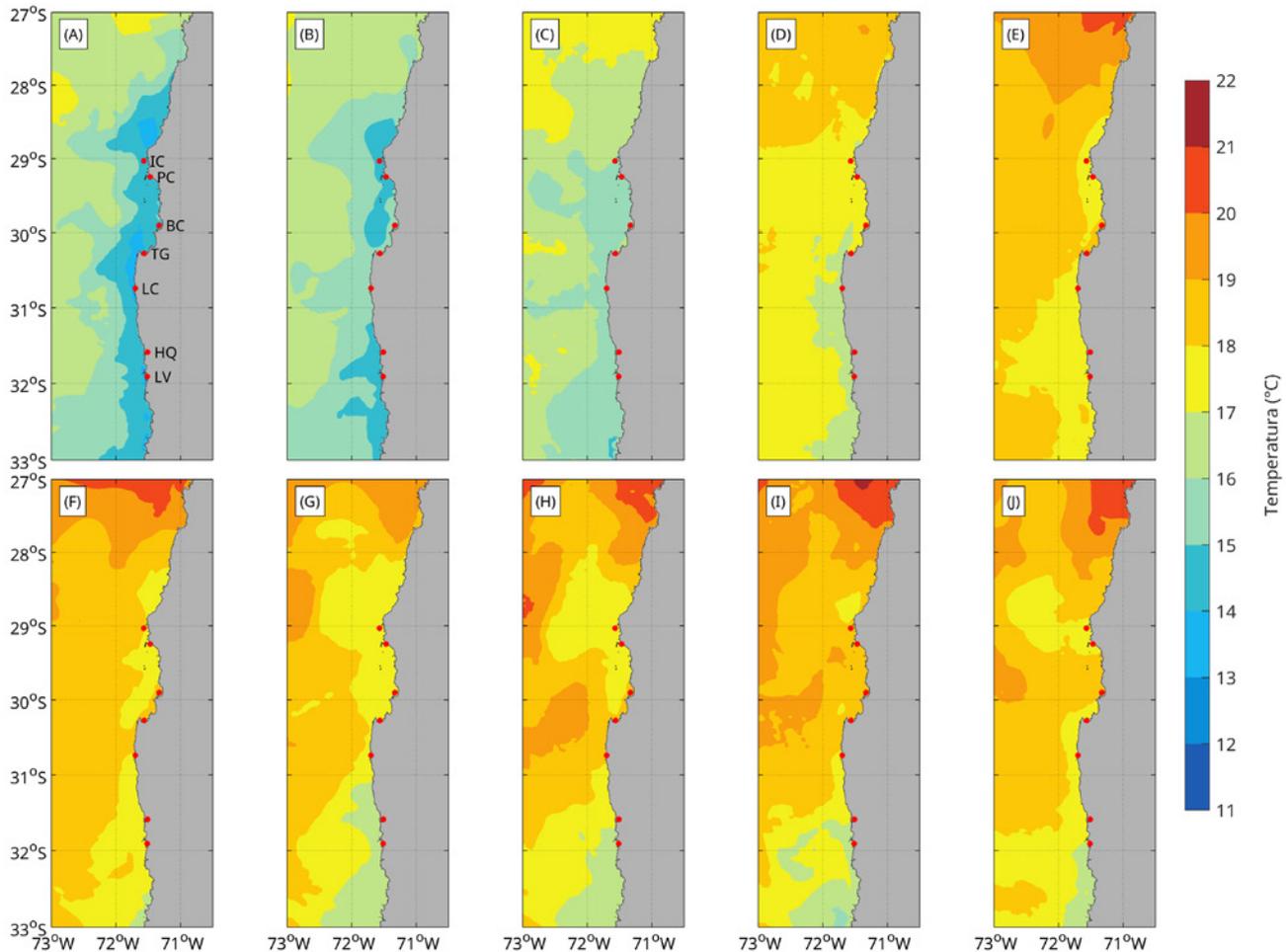


Figura 6. Temperatura superficial del mar (TSM) (°C) estimada a través de la observación satelital de la superficie oceánica frente a la Región de Coquimbo desde el 1 de diciembre de 2024 al 28 de febrero de 2025. Cada imagen muestra el promedio para la TSM para un período de 9 días. (A) 1 a 9 de diciembre de 2024, (B) 10 a 18 de diciembre de 2024, (C) 19 a 27 de diciembre de 2024, (D) 28 de diciembre de 2024 a 5 de enero de 2025, (E) 6 a 14 de enero de 2025, (F) 15 a 23 de enero de 2025, (G) 24 de enero a 1 de febrero de 2025, (H) 2 a 10 de febrero de 2025, (I) 11 a 19 de febrero de 2025, y (J) 20 a 28 de febrero de 2025. Se indican con puntos rojos las localidades de Isla Chañaral (IC), Punta de Choros (PC), bahía de Coquimbo (BC), bahía de Tongoy (TG), La Cebada (LC), Huentelauquén (HQ) y Los Vilos (LV).

La temperatura superficial para el trimestre de diciembre de 2024 a febrero de 2025 presentó un aumento general progresivo, típico del periodo de verano austral debido al aumento sostenido en la radiación solar. En diciembre, la temperatura promedio de la región osciló entre los 13 a los 17°C (Figura 6A-C). Un enfriamiento general durante los primeros días de diciembre (Figura 6A), se aprecia un claro frente frío de TSM a lo largo de la costa que se extiende a lo largo de toda la región, coincidiendo con el periodo de mayor extensión y magnitud de viento favorable a la surgencia (Figura 4A). Correspondiente a un evento intenso y prolongado de surgencia durante el inicio del trimestre.

En enero (Figura 6 D-F), la lengua fría costera se debilita y las temperaturas promedio aumentan hasta alcanzar valores entre 17 y 19°C. Este comportamiento coincide con una disminución en los vientos favorables a la surgencia (Figura 4C-E), lo que permite un aumento homogéneo de temperatura en la región. A finales de enero y hasta el término del trimestre (Figura 6G-J) se observa una leve disminución en la temperatura costera, específicamente frente a Los Vilos y al norte de la bahía de Coquimbo, lo cual se relaciona con el aumento del régimen de viento sur y la consecuente a una reactivación de la actividad de surgencia costera a lo largo de la costa.

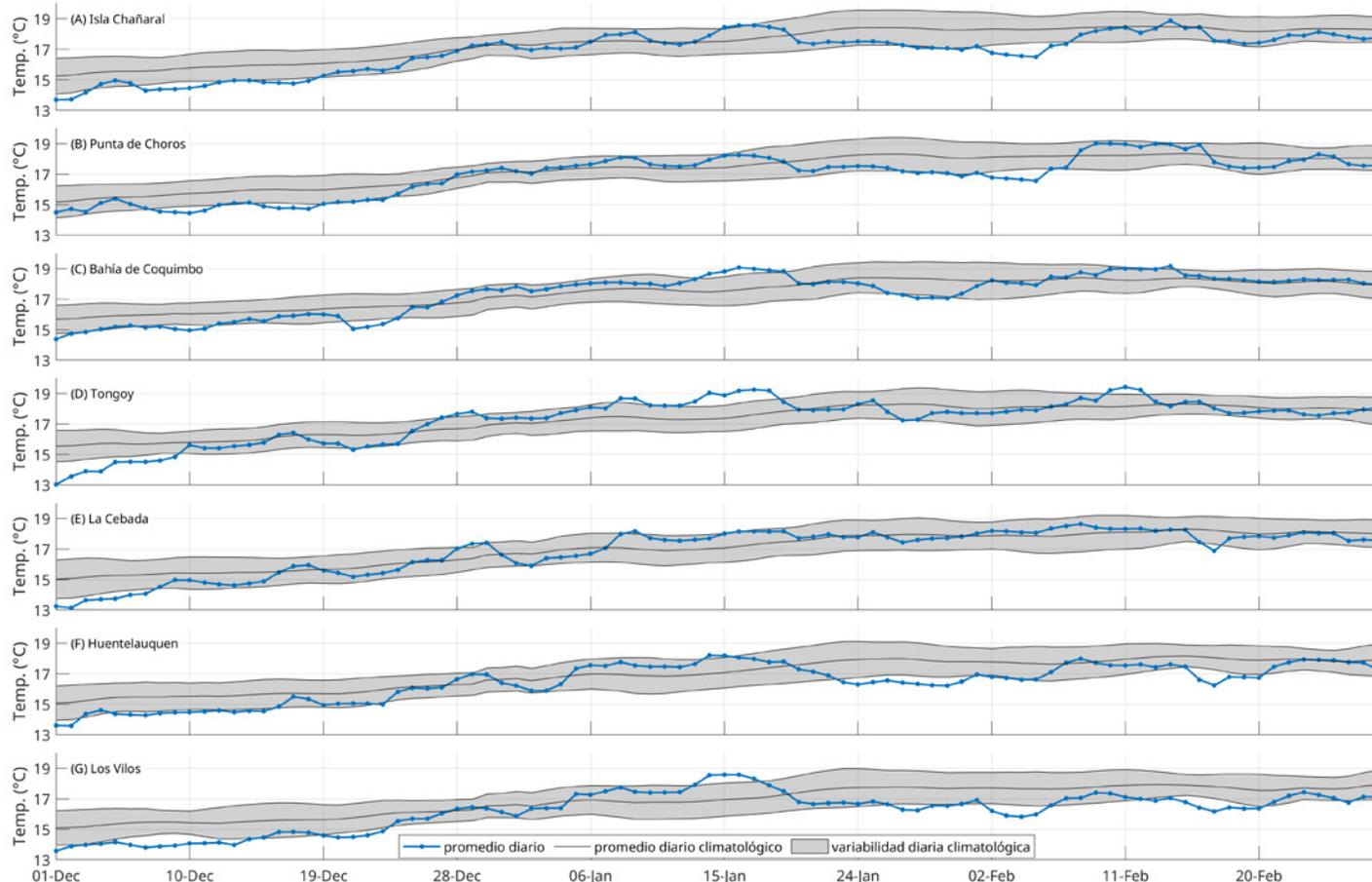


Figura 7. Series diarias de la temperatura superficial del mar (TSM) (°C) para las localidades de (A) Isla Chañaral, (B) Punta de Choros, (C) bahía de Coquimbo, (D) bahía de Tongoy, (E) La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos desde el 1 de diciembre de 2024 al 28 de febrero de 2025. (curva azul punteada). Promedio diario histórico de TSM (curva negra) y desviación estándar (sombreado azul) calculados entre 2003 y 2022.



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

A nivel costero, la temperatura se mantuvo dentro de los promedios históricos en la mayor parte del trimestre con una tendencia al aumento propia de los meses de verano. Las localidades costeras de isla Chañaral y Punta de Choros (Figura 7A-B) presentaron valores diarios inferiores a los valores históricos durante los periodos comprendidos entre el 7 y el 11 de diciembre y el 2 y 5 de febrero, coincidiendo con periodos de viento sur intenso favorable a la surgencia. En el caso de las bahías de Coquimbo y Tongoy (Figura 7C-D), las temperaturas presentaron valores cercanos al promedio climatológico, salvo por las anomalías frías observadas a principio de diciembre, en periodos de intensificación del viento sur, como durante las anomalías cálidas observadas a mediados de enero, que coinciden con una disminución del viento sur y en el caso de Tongoy en la presencia de viento noroeste. La Cebada (Figura 7E) presentó, al igual que Tongoy valores inferiores al rango histórico durante los primeros días de diciembre y posteriormente la temperatura se mantuvo dentro del rango de variabilidad histórica, sin registrar eventos extremos destacados. Por su parte, en Huentelauquén y Los Vilos (Figura 7F-G), la TSM presentó una evolución más variable, destacando anomalías frías intermitente durante la primera quincena de diciembre, la última semana de enero y entre el 15 y el 20 de febrero, todos periodos que coinciden con la presencia de viento favorable a la surgencia lo que sugiere eventos locales en la zona sur de la región. En general, durante el trimestre diciembre-febrero, se mantiene una tendencia estacional al aumento de TSM acorde al incremento de radiación solar, con interrupciones breves y localizadas en forma de enfriamientos moderados asociados a condiciones oceanográficas y atmosféricas propias del verano austral.



Clorofila superficial

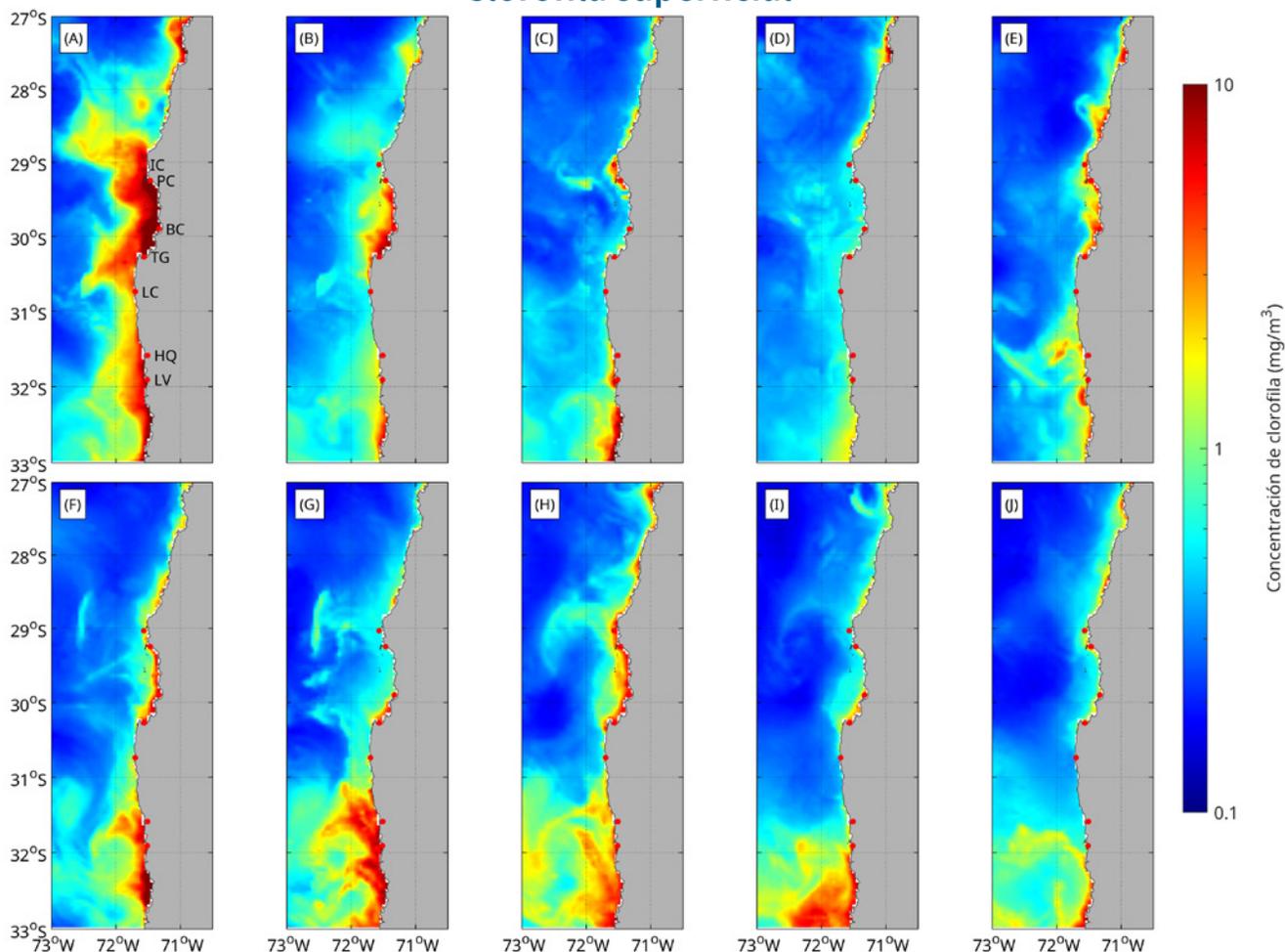


Figura 8. Concentración de clorofila superficial estimada a través de observaciones satelitales (mg/m^3) para la Región de Coquimbo desde el 1 de diciembre de 2024 al 28 de febrero de 2025. Cada imagen muestra el promedio para la concentración de clorofila para un período de 9 días. (A) 1 a 9 de diciembre de 2024, (B) 10 a 18 de diciembre de 2024, (C) 19 a 27 de diciembre de 2024, (D) 28 de diciembre de 2024 a 5 de enero de 2025, (E) 6 a 14 de enero de 2025, (F) 15 a 23 de enero de 2025, (G) 24 de enero a 1 de febrero de 2025, (H) 2 a 10 de febrero de 2025, (I) 11 a 19 de febrero de 2025, y (J) 20 a 28 de febrero de 2025. Se indican con puntos rojos las localidades de Isla Chañaral (IC), Punta de Choros (PC), bahía de Coquimbo (BC), bahía de Tongoy (TG), La Cebada (LC), Huentelauquén (HQ) y Los Vilos (LV).

El análisis de la concentración de clorofila satelital en la región mostró concentraciones ($0 - 27 \text{ mg}/\text{m}^3$) con una marcada variabilidad intraestacional durante el trimestre diciembre-enero-febrero. En el periodo inicial se observaron concentraciones elevadas a lo largo de toda la costa de la región, especialmente entre las localidades de isla Chañaral y Tongoy, con máximos entre el 1 y el 9 de diciembre de 2024 (Figura 8A), coincidiendo con el enfriamiento detectados en la temperatura (Figura 6A). Estas condiciones, sumadas al viento favorable a la surgencia observado durante este periodo (Figura 4) son típicas de eventos de afloramiento de fitoplancton. Durante la segunda y tercera semana de diciembre (Figuras 8B-C), la clorofila superficial comenzó a disminuir en conjunto con la reducción de los vientos favorables a la surgencia (Figura 4B-C). Este debilitamiento de la surgencia se mantuvo durante gran parte de enero (Figuras 8D-F), y se ve reflejado en el aumento sostenido de la temperatura superficial del mar (Figura 6D-F) lo que generó patrones de clorofila más homogéneos y con concentraciones limitadas hacia la costa. Desde mediados de enero a mediados de febrero (Figuras 8G-H), se evidenciaron aumentos de clorofila ($10 \text{ mg}/\text{m}^3$), especialmente en la zona sur del área de estudio (frente a Huentelauquén y Los Vilos). Estos incrementos coinciden con anomalías frías en la TSM, lo que sugiere un resurgimiento local de afloramiento costero y un renovado aporte de nutrientes. Finalmente, en la última quincena de febrero (Figuras 8I-J), estas concentraciones comienzan a disminuir y concentrarse sólo en la zona sur de la región de estudio.



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 verde 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.

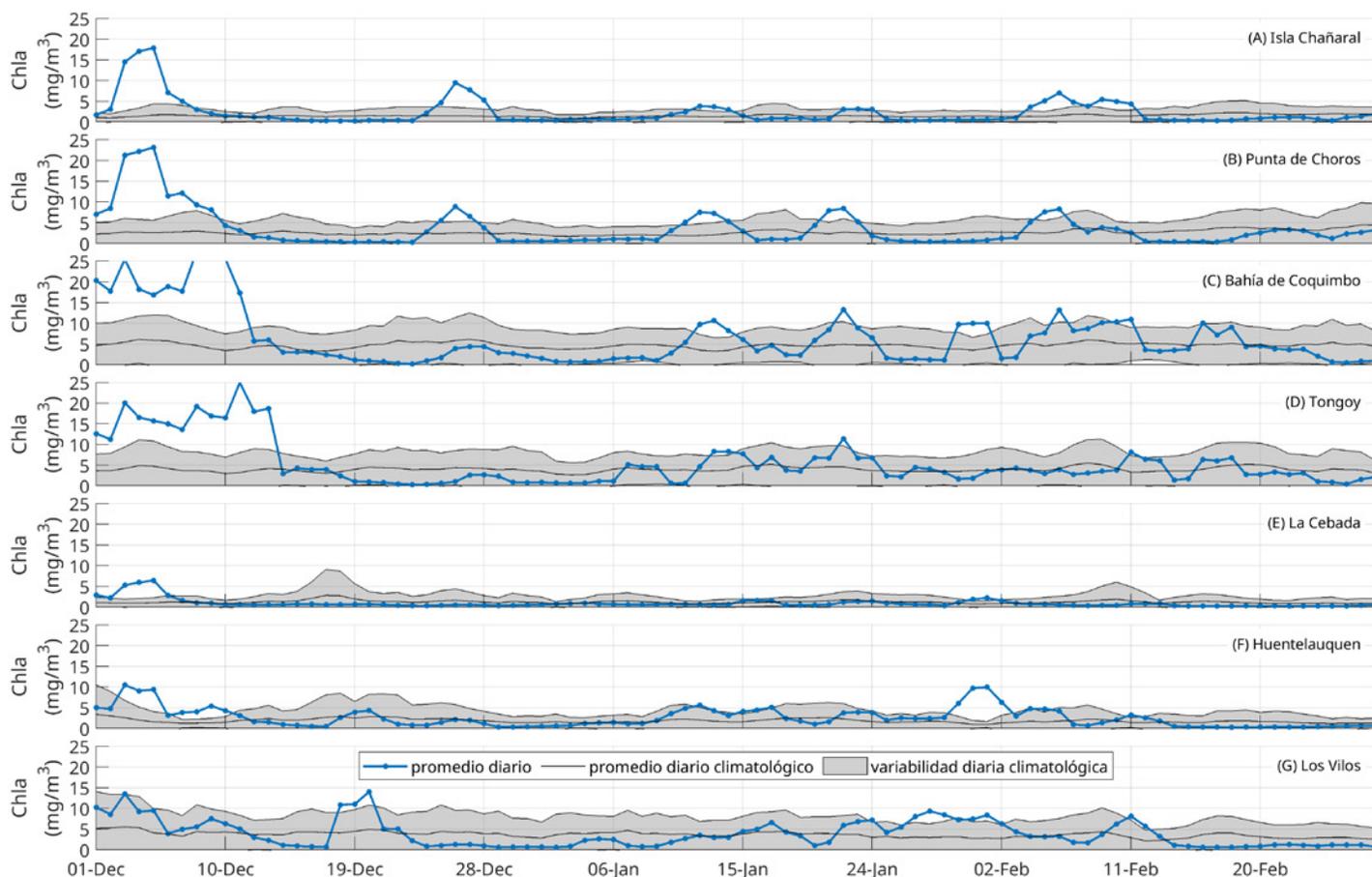


Figura 9. Series diarias de clorofila satelital (superficial) (mg/m^3) para las localidades de (A) Isla Chañaral, (B) Punta de Choros, (C) Bahía de Coquimbo, (D) Bahía de Tongoy, (E) La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos entre el 1 de diciembre de 2024 al 28 de febrero de 2025. Se muestran los 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 lo largo de la costa, durante el trimestre diciembre 2024 – febrero 2025, la concentración de clorofila superficial mostró una alta variabilidad temporal en las distintas localidades costeras de la Región de Coquimbo (Figura 9). Las mayores concentraciones se registraron durante los primeros días de diciembre en toda la zona al norte de Tongoy (Figura 9A–D), con valores ampliamente superiores al promedio histórico ($>20\text{mg}/\text{m}^3$). Este comportamiento coincidió con anomalías frías en la temperatura superficial del mar (Figura 7) y con viento favorable a la surgencia (Figura 5) durante el mismo período.

A partir de mediados de diciembre, las concentraciones de clorofila en la isla Chañaral y Punta de Choros (Figura 9A–B) se mantuvieron mayormente dentro del rango histórico, con valores bajo $5\text{mg}/\text{m}^3$. Sin embargo, se observaron incrementos puntuales entre el 25 y 27 de diciembre ($>8\text{mg}/\text{m}^3$), el 11 y 13 de enero ($>3\text{mg}/\text{m}^3$), el 21

y 22 de enero ($>8\text{mg}/\text{m}^3$ en Punta de Choros), y entre el 5 y 11 de febrero ($>7\text{mg}/\text{m}^3$), coincidiendo con cambios en la dirección del viento en ambas localidades. En la bahía de Coquimbo y Tongoy (Figura 9C–D), las concentraciones disminuyeron luego del evento de alta clorofila en diciembre, manteniéndose en niveles bajo el promedio histórico ($\sim 5\text{mg}/\text{m}^3$) hasta la primera quincena de enero. Posteriormente, se evidenció una mayor actividad fitoplanctónica, con varios pulsos que superaron el promedio histórico, destacando eventos en torno al 13 de enero ($>8\text{mg}/\text{m}^3$) y al 22 de enero ($>11\text{mg}/\text{m}^3$). En La Cebada (Figura 9E), la clorofila permaneció en niveles bajos durante la mayor parte del trimestre, comportamiento típico de esta localidad para este período. Por su parte, Huentelauquén y Los Vilos presentaron concentraciones dentro del rango histórico ($0\text{--}4.5\text{mg}/\text{m}^3$ y $0\text{--}8.2\text{mg}/\text{m}^3$ respectivamente), salvo entre el 30 de enero y el 2 de febrero, cuando ambas localidades registraron valores por sobre el promedio histórico.

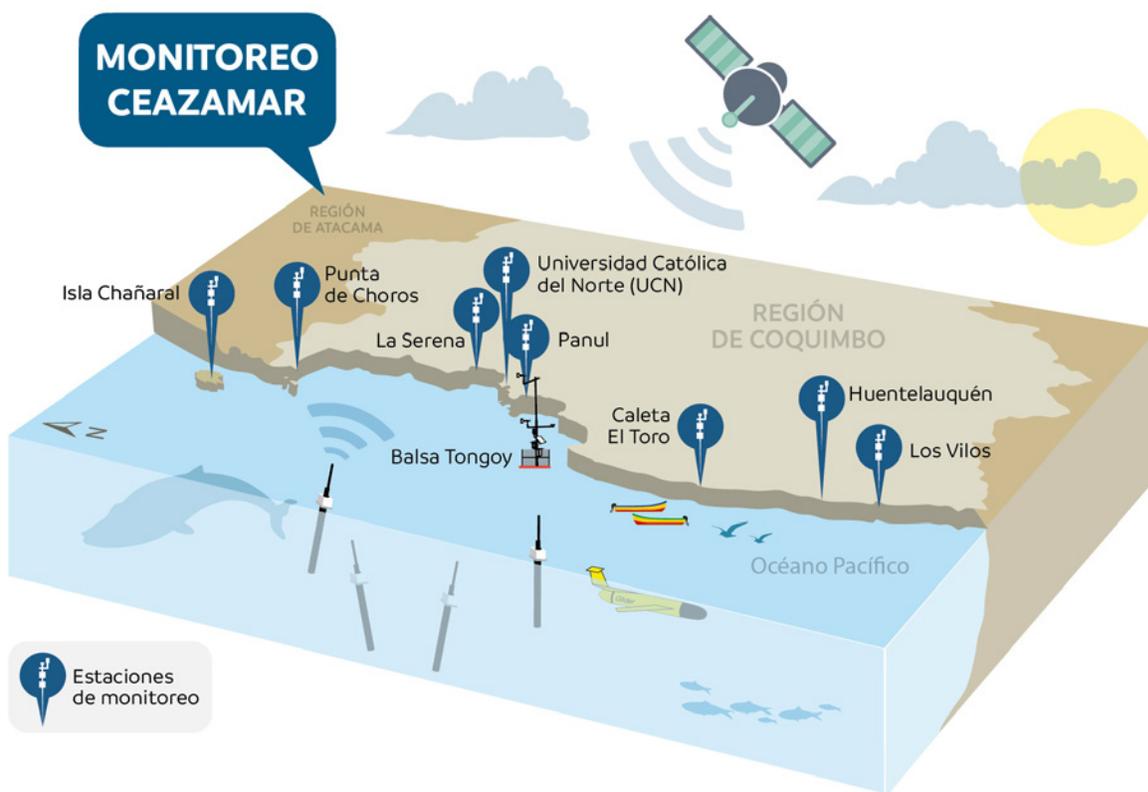


Observaciones locales

» 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

Durante el trimestre diciembre 2024 – febrero 2025, los vientos registrados en la Estación Meteorológica Automática (EMA) CEAZAMET de Punta de Choros (ver Figura 10) fueron predominantemente favorables a la surgencia, con una dirección sur en aproximadamente el 91 % del período en concordancia con las observaciones satelitales. Esta condición fue interrumpida por breves episodios de viento desde el este, los cuales representaron cerca del 8 % del

trimestre. Uno de los cambios más notables se observó entre el 19 y el 27 de diciembre, cuando la dirección del viento varió de sur a suroeste y su magnitud disminuyó desde valores sobre el promedio histórico (~3 m/s) hasta aproximadamente 1 m/s. Además, se registraron períodos de mayor intensidad de viento entre el 7 y 9 de enero, el 17 al 23 de enero y entre el 13 y 18 de febrero.

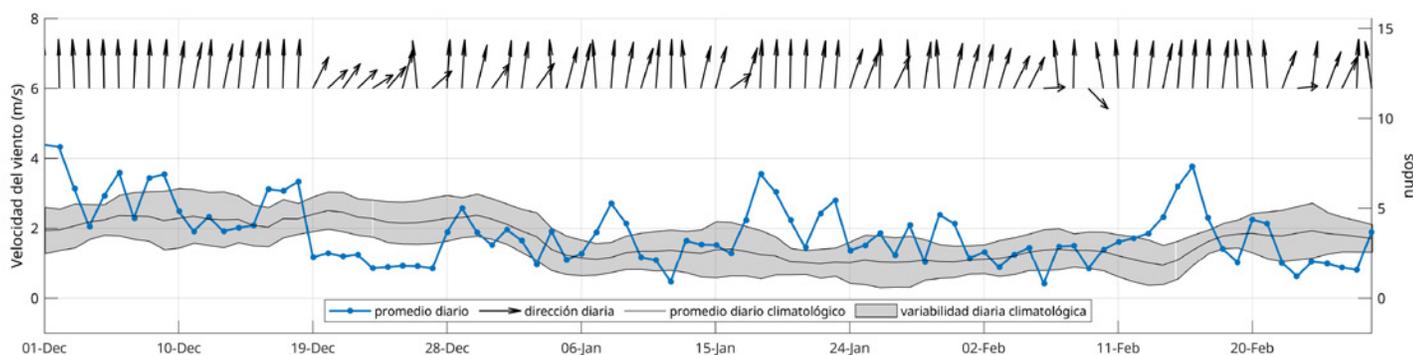


Figura 10. Serie diaria de la velocidad (curva azul punteada) y dirección (vectores) del viento promedio diario (m/s y nudos) medido por la estación CEAZAMET en la localidad de Punta de Choros desde el 1 de diciembre de 2024 al 28 de febrero de 2025. Adicionalmente, se incluye el promedio diario histórico de velocidad de viento (curva negra) y su desviación estándar respecto al período histórico comprendido entre el año 2016 y 2020.



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

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



Índice de surgencia

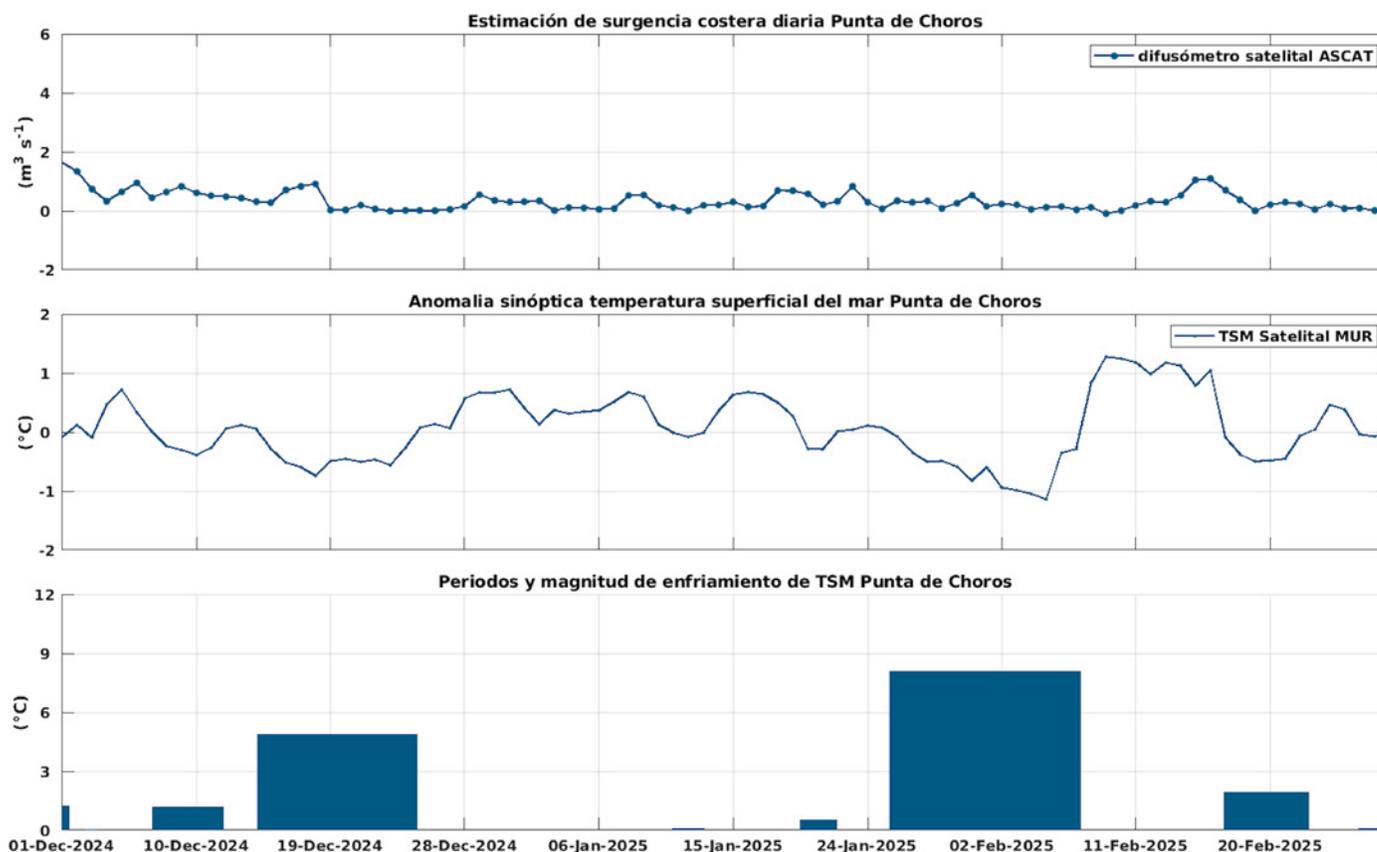


Figura 11. Indicadores de intensidad y duración de la surgencia costera en Punta de Choros entre el 1 de septiembre al 29 de noviembre de 2024. (A) Índice de surgencia costera (UI) estimado a partir del estrés del viento. (B) Anomalías sinópticas de la temperatura superficial del mar (TSM) ($^\circ\text{C}$). (C) Índice termal de surgencia costera (enfriamiento costero superficial) estimado a partir de las anomalías sinópticas 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 (ver Figura 11), el índice derivado del viento registró dos periodos con transporte de surgencia de importancia, estos eventos acumularon transporte de surgencia de 12.6 y 4.53 m^3/s entre el 1 al 18 de diciembre de 2024 y del 11 al 19 de febrero, respectivamente. La comparativa con igual periodo de los años 2023 indica un nivel de la actividad del viento ligeramente inferior a lo observado en el año anterior (ver boletín abril 2023) acumulando un transporte de surgencia de 37 m^3/s el trimestre diciembre de 2023 a febrero de 2024 versus 30 m^3/s durante el presente año.

Respecto a los índices obtenidos a partir de las anomalías de la temperatura superficial del mar, destacamos que los eventos más importantes de enfriamiento de la TSM se observaron entre el 13 al 24 de diciembre y desde el 24 de enero al 7 de febrero, durante los periodos de viento máximo antes indicado. Estos eventos de enfriamiento registraron una duración de 12 y 14 días, respectivamente acumulando una anomalía / enfriamiento de TSM de 4.85 / 2.05 $^\circ\text{C}$ y 8.05 / 6.83 $^\circ\text{C}$ respectivamente. Este segundo evento se caracterizó por un mayor enfriamiento producto del extenso periodo de relajación y alza de la TSM observado previamente entre el 28 de diciembre de 2024 al 23 de enero de 2025.



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



» Sistema Bahía de Tongoy - Punta Lengua de Vaca

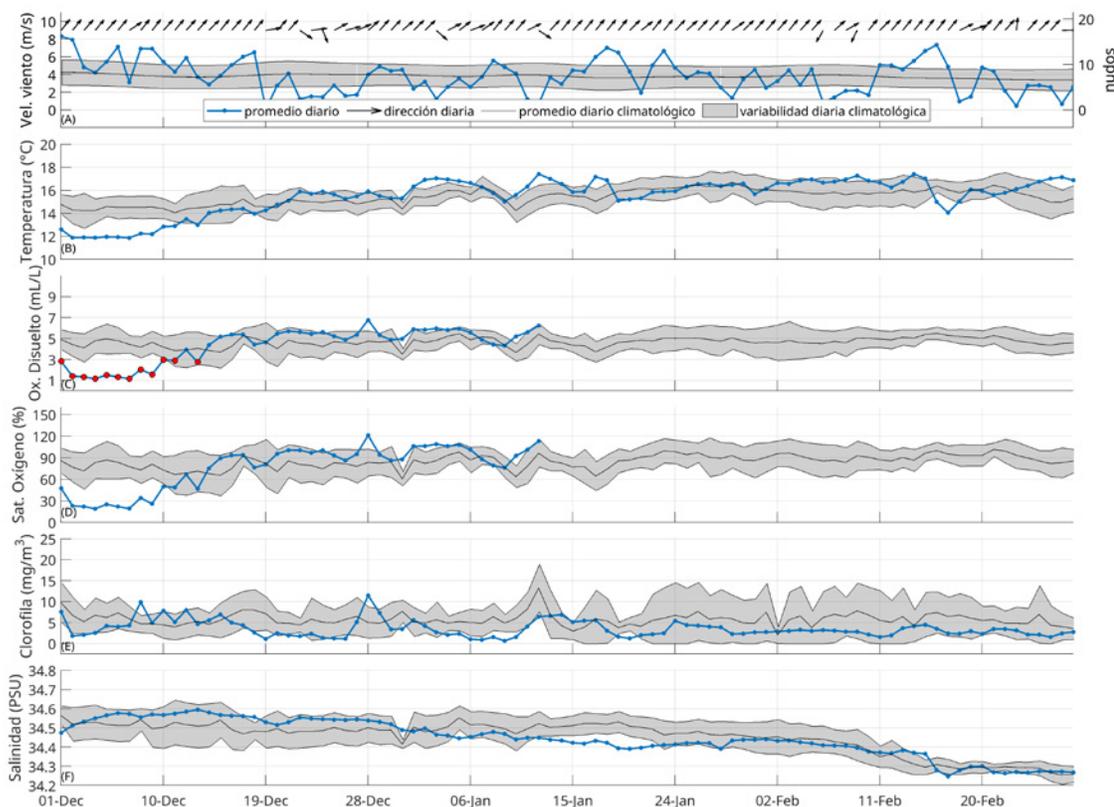


Figura 12. (A) Serie diaria de la velocidad (curva azul punteada) y dirección (vectores) del viento promedio diario satelital (m/s y nudos) en Punta Lengua de Vaca (PLV) desde el 1 de diciembre de 2024 al 28 de febrero de 2025. Promedio histórico diario (línea negra) y desviación estándar (sombreado 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/m³) y (F) salinidad (psu) registrados a 10 m de profundidad por la boya CEAZA localizada en la bahía de Tongoy. Los puntos rojos en el panel C indican días con concentración de oxígeno disuelto menores a 3 mL/L.

Al igual que en Punta de Choros (Figura 10), el viento en Punta Lengua de Vaca (Figura 12A) también presentó condiciones favorables a la surgencia durante gran parte del trimestre (86.7%), con eventos intermitentes de viento norte. El período entre el 19 y el 27 de diciembre se caracterizó por un cambio en el régimen del viento, observándose una circulación variable, de baja intensidad, y con predominio de dirección oeste, lo que interrumpió temporalmente las condiciones típicas de surgencia. Durante los días con viento desde el norte, la magnitud del viento descendió a valores por debajo del umbral histórico, como se registró el 3 de enero, el 12 de enero y entre el 6 y 9 de febrero. En contraste, la serie también mostró eventos de alta intensidad con magnitudes superiores al promedio histórico, destacando los períodos entre el 17 y 19 de enero y entre el 14 y 17 de febrero.

En conjunto, la magnitud del viento presentó una variabilidad mayor a la esperada para la época, con una alternancia entre episodios débiles y pulsos intensos. En cuanto a la temperatura del agua en Punta Lengua de Vaca (Figura 12B), esta se mantuvo mayormente dentro del rango histórico durante el trimestre, con excepción de la primera quincena de enero, donde se registraron valores hasta 2 °C por debajo del promedio. Este descenso térmico se asocia al evento de surgencia de intensidad significativa durante ese período. En contraste, los episodios en que la temperatura superó el rango histórico coincidieron con los eventos de viento norte previamente descritos, reflejando la influencia de estos pulsos sobre la dinámica superficial de

la columna de agua. En coherencia con los patrones observados en la temperatura, tanto el oxígeno disuelto (Figura 12C) como la saturación de oxígeno (Figura 12D) mostraron valores por debajo del promedio histórico durante la primera parte del trimestre, lo que refuerza la evidencia de una fuerte surgencia en ese período. En particular, se registraron condiciones hipóxicas (valores inferiores a 3 mL/L) durante 12 de los primeros 13 días de diciembre. Posteriormente, tras la primera semana de enero, las concentraciones de oxígeno aumentaron considerablemente, superando los 7 mL/L en la mayor parte del período hasta el 10 de febrero. A partir de esa fecha, el sensor de oxígeno presentó errores, lo que impidió la recolección de datos confiables para el resto del trimestre. La clorofila superficial (Figura 12E) se mantuvo en su mayoría dentro del rango histórico durante el trimestre. No obstante, se observaron valores levemente superiores al promedio inmediatamente después del evento de surgencia ocurrido entre el 8 y el 12 de diciembre, lo que sugiere una respuesta biológica asociada al afloramiento de aguas ricas en nutrientes. Finalmente, la salinidad (Figura 12F) presentó valores típicos para el trimestre, manteniéndose dentro del rango esperado. A partir del 10 de febrero, se observó una tendencia a la disminución de la salinidad, comportamiento que también se replica en el promedio histórico para este período del año, indicando una variación estacional recurrente.



Índice de surgencia (Bahía de Tongoy)

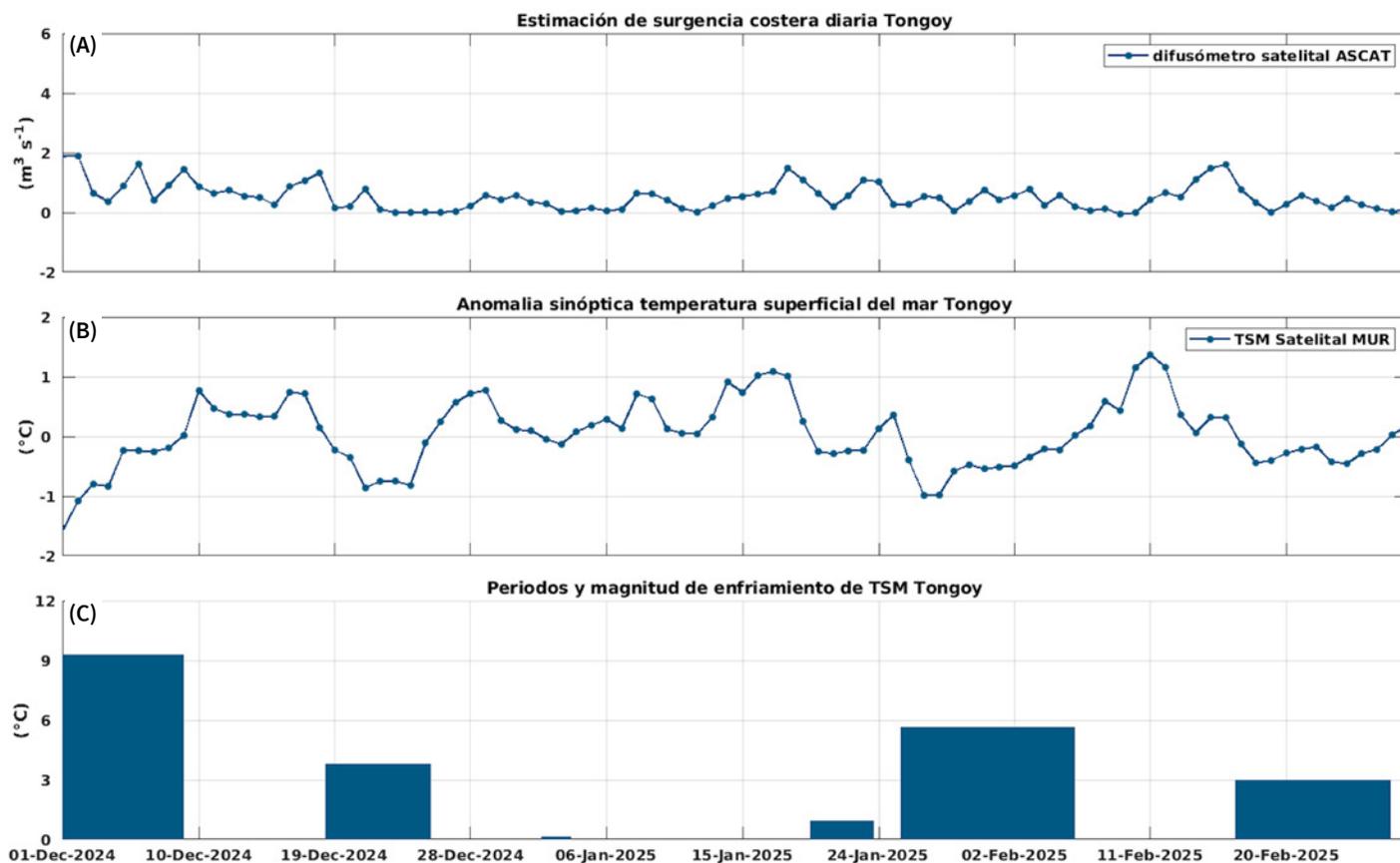


Figura 13. Indicadores de intensidad y duración de la surgencia costera en la bahía de Tongoy entre el 1 de diciembre de 2024 al 28 de febrero de 2025. (A) Índice de surgencia costera (UI) estimado a partir del estrés del viento. (B) Anomalías sinópticas de la temperatura superficial del mar (TSM) ($^{\circ}\text{C}$). (C) Índice termal de surgencia costera (enfriamiento costero superficial) estimado a partir de las anomalías sinópticas (ver Glosario) de la temperatura superficial del mar (TSM). Las anomalías de temperatura se obtienen sustrayendo el promedio móvil de 30 días de la serie diaria de TSM satelital en la localidad de interés.

El análisis de los periodos de surgencia en la bahía de Tongoy, derivados a partir del viento (ver Figura 13), registra tres periodos con transporte de surgencia de importancia, superando en frecuencia e intensidad lo observado en Punta de Choros. Estos eventos acumularon transporte de surgencia de 16.87, 6.90 y 6.89 m^3/s entre el 1 al 18 de diciembre de 2024, 15 al 23 de enero y del 11 al 19 de febrero de 2025, respectivamente. La comparativa con igual periodo del 2023-2024 indica un nivel de la actividad del viento superior a lo observado en el año anterior, contrario a lo observado en Punta de Choros, acumulando durante el trimestre diciembre-enero-febrero un transporte de surgencia de 30.17 m^3/s el año 2023 versus 46.30 m^3/s durante el presente año. Por otra

parte, el índice de surgencia basado en las anomalías de TSM registró dos eventos de enfriamiento de importancia, el de mayor intensidad y duración se extendió por casi 20 días, iniciándose el 19 de noviembre y finalizando el 8 de diciembre, durante el extenso periodo de viento sur que se observó a fines de noviembre de 2024 e inicios de diciembre de 2025, este evento de surgencia acumuló una anomalía y enfriamiento integrado en el transcurso del episodio de 9.28 $^{\circ}\text{C}$ y 16.79 $^{\circ}\text{C}$, respectivamente. El otro evento se prolongó por 12 días desde el 25 de enero al 5 de febrero de 2025 con 5.64/1.26 $^{\circ}\text{C}$ de anomalía/enfriamiento integrado, respectivamente.



» PRONÓSTICOS A CORTO PLAZO

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

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

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



A fines del 2022 la red de monitoreo CEAZAMET expandió sus puntos de monitoreo costero en la región con la instalación de 2 nuevas estaciones meteorológicas automáticas, el primero en el extremo norte en la isla Chañaral de Aceituno y el segundo en la 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



Conozcamos más sobre el loco

Su nombre común "loco" proviene de la lengua mapudungún "loko" que hacía referencia a este molusco recolectado por las comunidades indígenas desde tiempos prehispánicos.



DISTRIBUCIÓN:
El loco habita exclusivamente en las costas de Chile y Perú.

» FICHA:

Nombre común: loco
Nombre científico: *Concholepas concholepas*
Familia: Muricidae

- Es un molusco marino bentónico que habita en fondos rocosos hasta 30 m de profundidad.
- Prefiere aguas frías y bien oxigenadas de corrientes costeras.
- Mide hasta 20 cm.

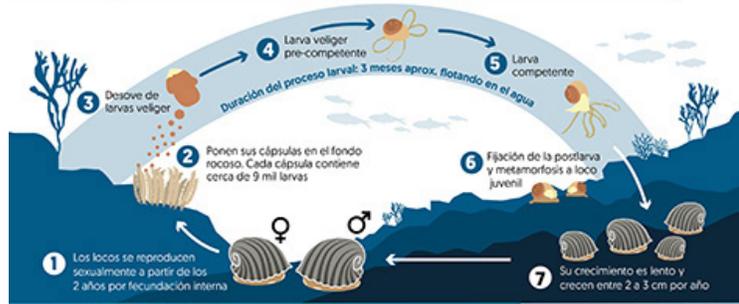
» ALIMENTACIÓN

- ✓ Es un caracol carnívoro, aunque es sedentario, puede moverse lentamente para buscar alimento.
- ✓ Es un depredador natural que se alimenta de estos organismos, regulando sus poblaciones.



» REPRODUCCIÓN

La reproducción del loco es sexual y su temporada de desova ocurre entre marzo y junio (Fuente: SERNAPESCA), dependiendo de las condiciones ambientales. Para proteger su etapa de reproducción, SUBPESCA establece una veda reproductiva entre el 1 de febrero al 30 de junio en la macrozona norte de Chile.



» ¿QUÉ FACTORES AMBIENTALES AFECTAN AL LOCO?

El cambio climático está modificando las condiciones del mar que afectan la vida en el océano.



La disminución de los bosques de algas provoca una pérdida significativa del hábitat del loco.

El Centro Científico CEAZA estudia estas variables claves para la adaptación de las comunidades costeras al cambio climático.

» REGULACIÓN EN CHILE

La extracción del loco está regulada por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA) con vedas extractivas permanentes, por lo que sólo se permite su extracción desde las áreas de manejo con un tamaño mínimo de 10 cm cuando no está en veda reproductiva.

» DATO CURIOSO

Este molusco carnívoro tiene una especie de lengua llamada rádula, llena de "dientecitos" que le permite raspar superficies en busca de alimento o para perforar agujeros en sus presas.



Descárgala: AQUÍ



» 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.

ENOS: 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 clorófitas 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 (ENOS).

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 (ENOS) 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.

Sistemas frontales: Los sistemas frontales corresponden a zonas de baja presión que transportan masas de aire frío desde las latitudes australes, las cuales al encontrarse con aire más cálido y húmedo proveniente de latitudes subtropicales, producen inestabilidad atmosférica que puede generar cambios abruptos en las condiciones meteorológicas, como la temperatura, el viento, la presión atmosférica y las precipitaciones.

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 la 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
ABRIL
2025

