

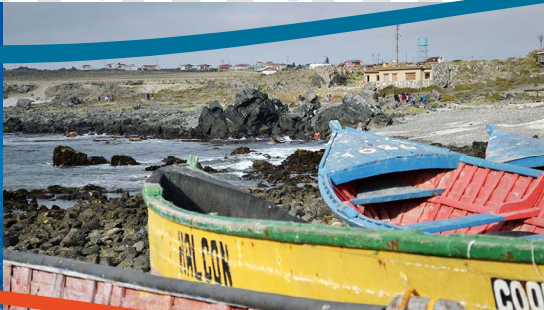


Boletín

CEAZAMar

ABRIL

2026





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
» Análisis de eventos anómalos del periodo	24
» Olas de Calor Marina en la región de Coquimbo: Verano 2025–2026	24
» Impacto por localidad costera	26
» INFOGRAFÍA	27
» GLOSARIO	28
» ANEXOS	32
» Parámetros e instrumentos de las estaciones de monitoreo costeras	32
» Procedencia de los datos analizados	33





» ¿QUÉ ES CEAZA?



El Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), es un centro regional que promueve el desarrollo científico y tecnológico a través de la realización de ciencia avanzada a nivel interdisciplinario en zonas áridas, ciencias biológicas y ciencias de la tierra y orientado a mejorar la calidad de vida de las personas, 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.

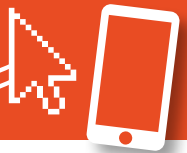
CEAZAMar, a través de la transferencia de los resultados científicos y tecnológicos, busca generar un impacto en la competitividad de empresas locales (pesca, acuicultura, turismo, entre otros), en la planificación del territorio marítimo, y en general, en apoyar con evidencia científica la toma de decisiones 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) y del proyecto BIP 40075844-0 “Anticipando el Futuro Costero en la región de Coquimbo”, adjudicado en el año 2025 a CEAZA por el “Concurso Fondo Regional para La Productividad y el Desarrollo 2025 (FRPD 2025)” de el Gobierno Regional de Coquimbo.

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 <https://forms.gle/e8CNpyeevMYgmaKA7>.

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, Linda Barranco, José Luis Castro, David Carrasco, Josse Contreras, Boris Dewitte, Jorge Inostroza, Cristian Orrego, Marcelo Rivadeneira, José Rutllant.

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

Proyectos Fondecyt 1231174, 1261140

Citar como:

Boletín CEAZAMar - Abril (2026). Análisis de las Condiciones Atmosféricas y Oceanográficas de la Región de Coquimbo (Diciembre 2025 - Febrero 2026). 33 páginas. DOI: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.32125201>





» RESUMEN



Durante el trimestre diciembre 2025 – febrero 2026, el Pacífico ecuatorial transitó desde condiciones La Niña hacia una fase ENOS neutral, evidenciando un debilitamiento progresivo de las anomalías frías. En contraste, el Pacífico suroriental presentó un calentamiento generalizado, con anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) que superaron los +1 °C cerca de la costa sudamericana entre Mejillones y Chiloé. Frente a la Región de Coquimbo (~30°S), las temperaturas se mantuvieron por sobre el promedio histórico, registrando anomalías de +0.9 °C en enero que disminuyeron a +0.1 °C durante febrero, comportamiento que resultó coherente con la evolución del índice Chile - El Niño.

La dinámica atmosférica estuvo marcada por una alta variabilidad sinóptica, con vientos predominantemente del sur favorables a la surgencia, aunque con fluctuaciones cuasi semanales entre períodos de intensificación y relajación. Se observó una reducción significativa en la actividad de surgencia respecto al trimestre anterior, con una disminución del 32% en el transporte acumulado tanto en Punta de Choros como en la bahía de Tongoy. Esta menor intensidad del viento, sumada al aumento estacional de la radiación solar, propició un incremento progresivo de la TSM, la cual aumentó desde los 17–19 °C en diciembre hasta alcanzar los 22 °C a inicios de febrero.

Estas condiciones de calentamiento anómalo y persistente, con anomalías de hasta +2.5 °C a fines de enero, son consistentes con el desarrollo de una Ola de Calor Marina (OCM) de alcance regional. El análisis detallado de este evento anómalo, incorporado en la nueva sección de eventos anómalos del boletín, revela que ha sido el más intenso y prolongado registrado en la región desde 2022, con una duración promedio de 65 días

y una intensidad máxima de hasta 3.30 °C sobre lo normal, focalizándose el núcleo de mayor calor frente a la gran bahía de Coquimbo, el Archipiélago de Humboldt y la costa de la región de Atacama. De manera concurrente con este fenómeno de calentamiento, a inicios del mes de enero se registró en la bahía de Tongoy un evento Floración Algal Nociva (FAN) o marea roja que derivó en la declaración de una alerta sanitaria por parte de las autoridades competentes. Este evento de marea roja puso en evidencia la vulnerabilidad de los sistemas productivos locales y la necesidad de fortalecer el monitoreo ante la coincidencia de estas condiciones ambientales anormales.

En términos de productividad biológica, la clorofila superficial osciló entre 0 y 8 mg/m³, mostrando una alta variabilidad espacial y temporal. Se registraron concentraciones elevadas a inicios de diciembre y mediados de febrero asociadas a la reactivación puntual de la surgencia, mientras que enero estuvo caracterizado por una baja actividad fitoplanctónica debido a la mayor estratificación de la columna de agua. A escala local en la bahía de Tongoy, el oxígeno disuelto se mantuvo mayoritariamente entre 5 y 7 mL/L, aunque se detectaron episodios críticos de hipoxia (<3 mL/L) sincronizados con pulsos de surgencia activa y descensos térmicos entre el 22 y 24 de diciembre y el 10 y 12 de febrero.

Finalmente, el trimestre se consolidó como un período de predominio de aguas superficiales inusualmente cálidas y surgencia debilitada, condiciones que solo fueron interrumpidas por eventos específicos de enfriamiento que contribuyeron a reducir parcialmente el extenso calentamiento observado durante el verano austral.



» MENSAJES DESTACADOS



1 Durante el trimestre diciembre 2025 – febrero 2026, el Pacífico ecuatorial transitó desde condiciones La Niña hacia una fase ENOS neutral. Actualmente se confirman condiciones neutrales y se proyecta su mantención hasta el trimestre abril-junio 2026 (80% de probabilidad) ; no obstante, se mantiene una vigilancia ante la probable activación de la fase de El Niño entre mayo y julio de 2026 (61% de probabilidad) y su posible persistencia hasta fines de año.

3 Se consolidó un evento de Ola de Calor Marina (OCM) de alcance regional, el cual ha sido el más intenso y prolongado registrado en la zona desde el año 2022. Este evento anómalo presentó una duración promedio de 65 días, con una intensidad máxima de hasta 3.30 °C sobre lo normal localizada frente a Punta de Choros y Punta Lengua de Vaca; de manera concurrente, en enero de 2026 se registró una Floración Algal Nociva (FAN) en la bahía de Tongoy que activó una alerta sanitaria.

5 La clorofila superficial mostró una alta variabilidad, con concentraciones elevadas a inicios de diciembre y mediados de febrero asociadas a pulsos puntuales de surgencia activa. Por el contrario, durante el mes de enero predominó una baja productividad biológica, condición coherente con el aumento de la temperatura superficial y la mayor estratificación de la columna de agua.

2 En el Pacífico suroriental se observó un calentamiento generalizado de las aguas superficiales, con anomalías de la TSM superiores a +1 °C frente a gran parte de la costa sudamericana entre Mejillones y Chiloé. Frente a la Región de Coquimbo, las temperaturas se mantuvieron por sobre el promedio histórico.

4 Los vientos dominantes del sur presentaron una alta variabilidad sinóptica, con fluctuaciones entre períodos de fortalecimiento y relajación. En términos generales, se observó una reducción significativa del 32% en el transporte de agua asociado a la surgencia respecto al trimestre anterior, lo que favoreció un aumento progresivo de la TSM hasta alcanzar los 22 °C a inicios de febrero.

6 A escala local en la bahía de Tongoy, el oxígeno disuelto se mantuvo mayoritariamente en niveles normales (5 a 7 mL/L). Sin embargo, se detectaron episodios críticos de hipoxia (<3 mL/L) sincronizados con eventos de surgencia activa y descensos térmicos registrados entre el 22 y 24 de diciembre y el 10 y 12 de febrero.



» 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)

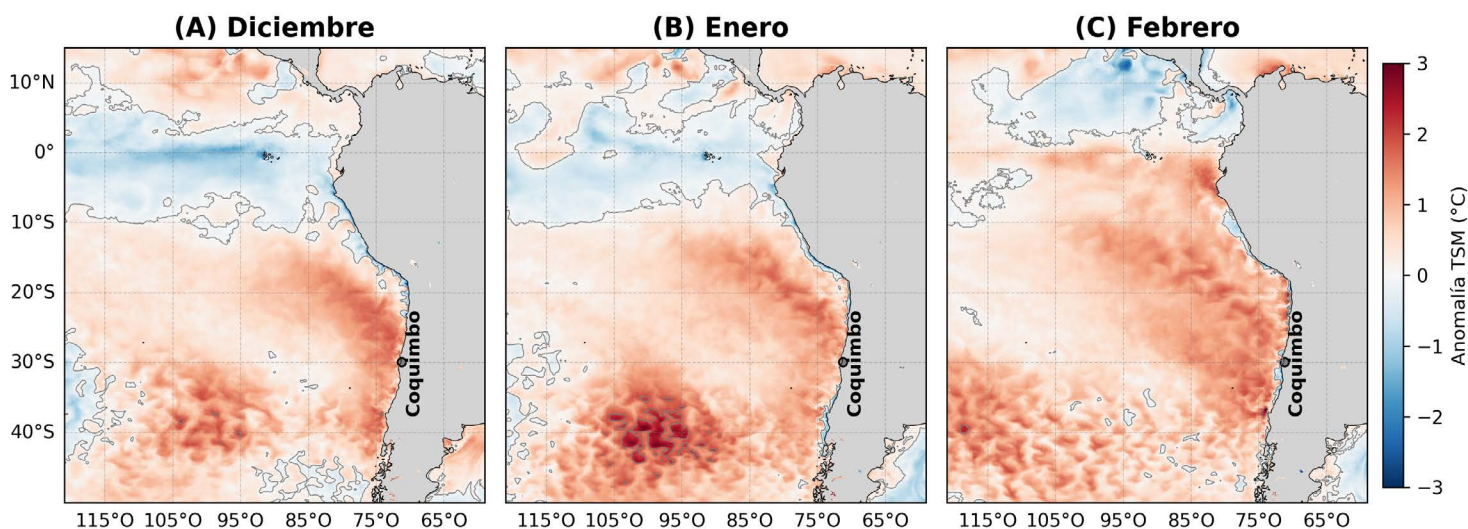


Figura 1. Anomalia mensual de la temperatura superficial del mar (TSM) de (A) Diciembre de 2025, (B) Enero de 2026 y, (C) Febrero de 2026 para la costa occidental de Sudamérica. Las anomalías de TSM se calcularon respecto al periodo 2007-2022. Los colores rojos en el mapa indican zonas en las que la TSM mostró valores por encima del promedio histórico de ese mes, mientras que los colores azules señalan valores de TSM por debajo del promedio histórico de ese mes. Los contornos en gris indican las regiones en las 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 2025 – febrero 2026, la temperatura superficial del mar presentó una anomalía cálida generalizada a lo largo de la cuenca del Pacífico suroriental (ver Figura 1). En contraste, en el Pacífico ecuatorial se observó un progresivo debilitamiento de las anomalías frías, consistente con la transición desde condiciones de La Niña hacia una fase ENOS neutral. Durante diciembre destacó la presencia de una extensa masa de agua cálida frente a Chile, con anomalías superiores a 1°C que se extendieron cerca de la costa desde Mejillones hasta Chiloé. En particular, frente a Coquimbo se registró una temperatura promedio de 16.7°C, aproximadamente 0.9°C por sobre el promedio histórico. Asimismo, se identificó un núcleo cálido en la zona oceánica entre 30° y 40°S, con anomalías entre 1 y 2°C.

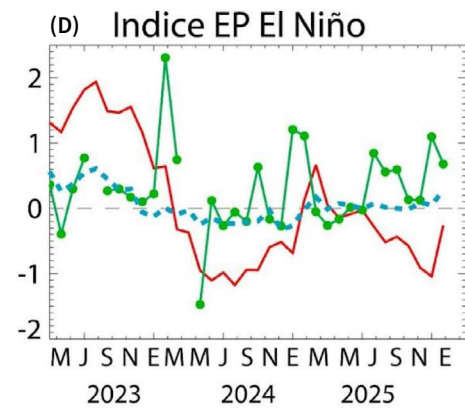
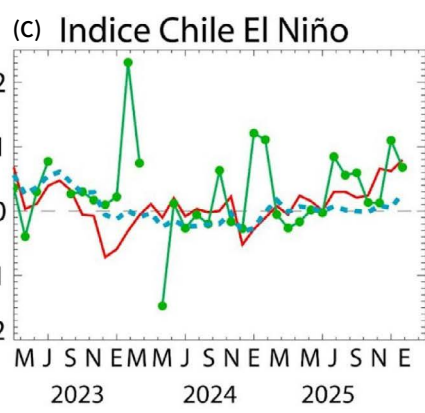
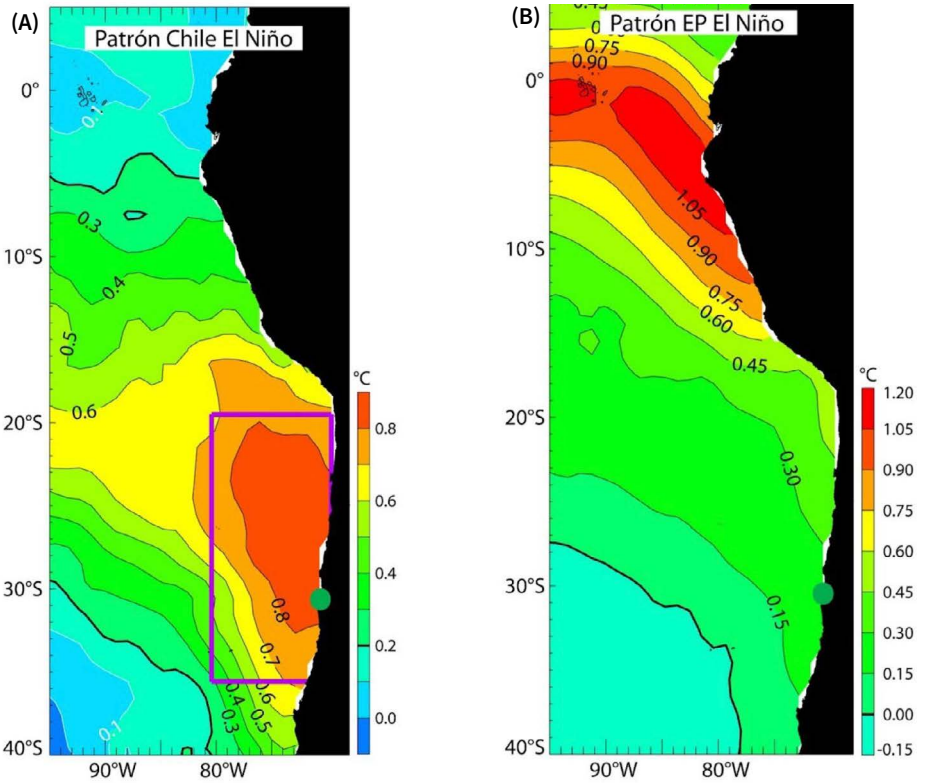
En enero, las anomalías cálidas en la región oceánica (centradas en torno a 40°S y 100°O) se intensificaron, superando los 2°C, mientras que las anomalías costeras en dichas latitudes tendieron a debilitarse. A nivel local, frente a Coquimbo, la temperatura alcanzó los 18.3°C, manteniendo una anomalía de +0.9°C respecto al promedio histórico.

Finalmente, en febrero, las anomalías superiores a 1°C se expandieron principalmente hacia el océano abierto, junto con la aparición de anomalías negativas cercanas a la costa, lo que sugiere un posible transporte de aguas superficiales hacia mar adentro. Este patrón también se reflejó localmente, con temperaturas promedio de 18°C frente a Coquimbo, correspondientes a una anomalía leve de +0.1°C en relación con los valores históricos.



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). Los colores y contornos indican anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) en °C. (B) Patrón del modo climático El Niño del Pacífico Este (EP). Los colores y contornos indican anomalías de la TSM en °C. (C) Comparación de la evolución del índice Chile El Niño (CEN; rojo), con las anomalías de la TSM en Tongoy obtenidas a partir de observaciones (verde) y de la solución de un modelo estadístico (azul punteado) entre mayo de 2023 y febrero de 2026. El modelo estadístico se basa en una regresión multilínea para las anomalías de TSM en Tongoy, utilizando como predictores los dos índices climáticos (CEN y EP). (D) Comparación de la evolución del índice El Niño del Pacífico Este (en rojo) con las anomalías de la TSM en Tongoy para las observaciones (verde) y la solución de un modelo estadístico (azul) entre mayo de 2023 y febrero de 2026. Las anomalías de la TSM fueron calculadas usando como referencia el período comprendido entre 1960 y 2019.



Los distintos modos climáticos presentes en el Pacífico sudeste (ver Figura 2 A y 2B) condicionan las características de la circulación costera y, por ende, el ambiente a gran escala a lo largo de la zona central de Chile. En el Pacífico ecuatorial central, desde enero de 2024 se ha observado una evolución hacia condiciones frías. En este contexto, el índice Chile El Niño (CEN) se ha mantenido con valores débiles desde este cambio en las condiciones oceánicas (ver Figura 2C y 2D).

A escala de la bahía de Tongoy, desde 2025 se registraron tres eventos cálidos: uno en febrero y otro en agosto de 2025 y, recientemente, uno en enero de 2026. Este último ha mostrado una evolución similar a la del índice El Niño Chile, indicando que se relaciona con condiciones cálidas a escala regional (ver también Figura 1). La persistencia de las anomalías cálidas asociadas a este evento ha sido la más significativa en comparación con los eventos cálidos registrados durante los últimos tres años.



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.

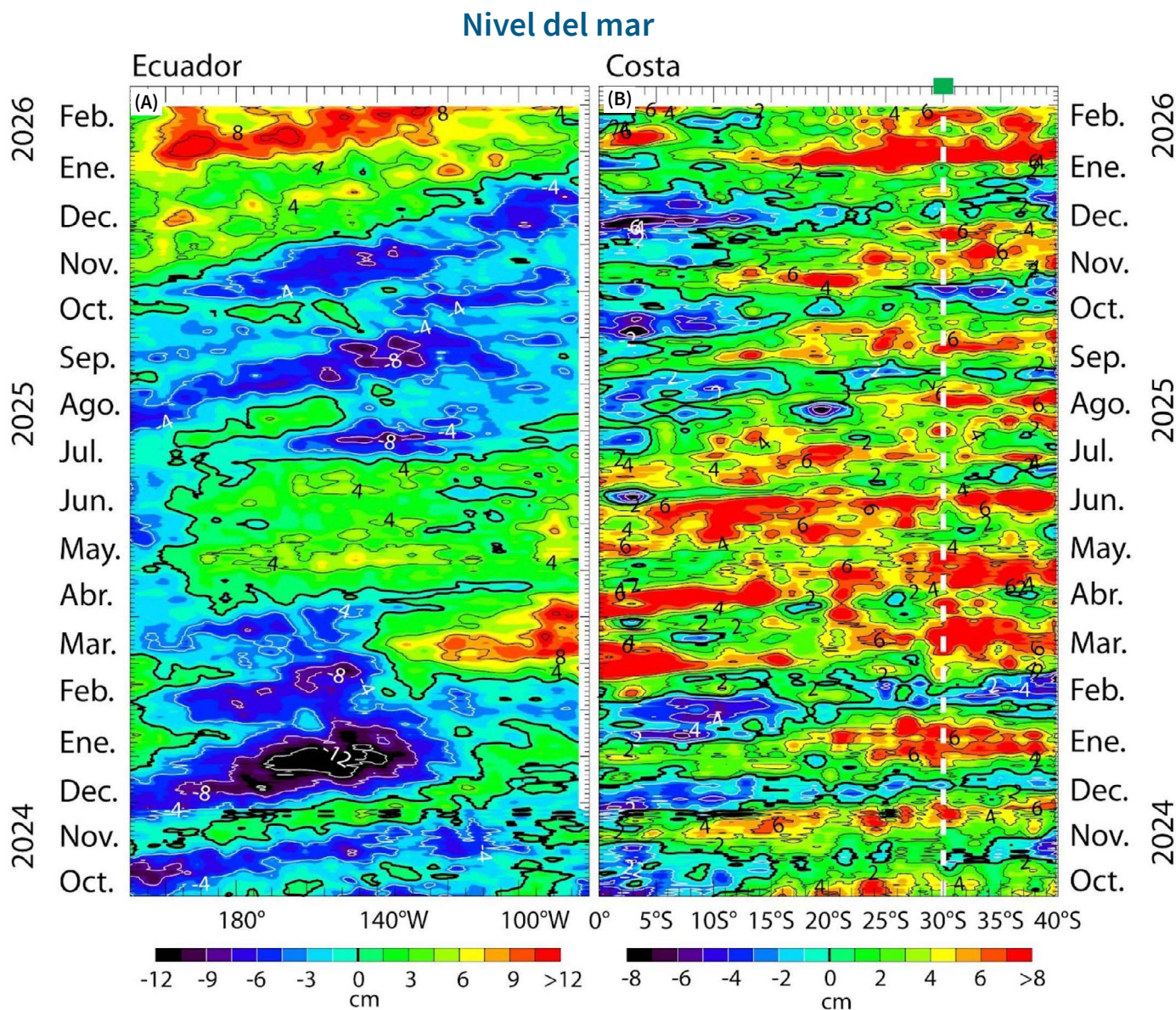


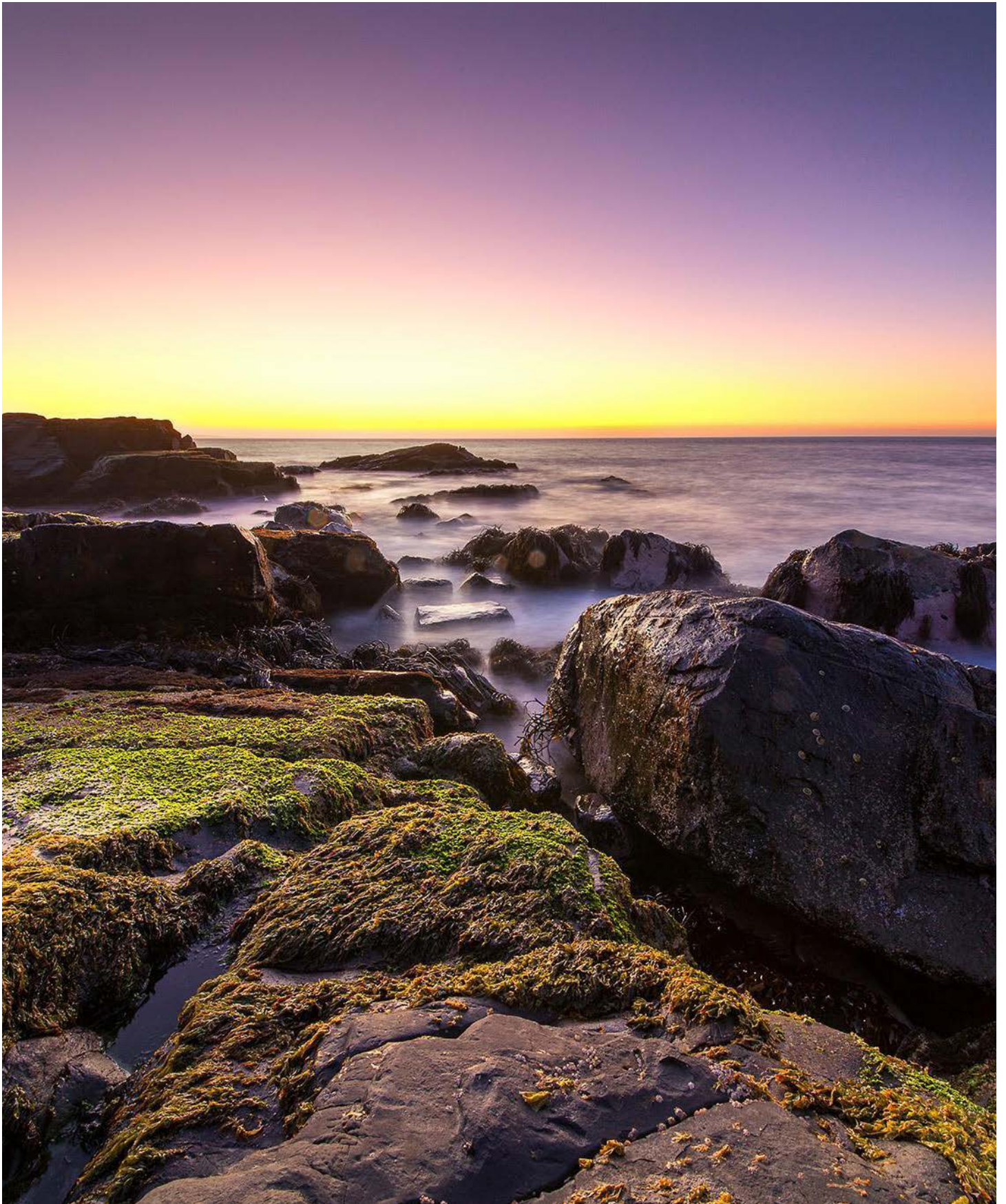
Figura 3: Evolución de las anomalías del nivel del mar a lo largo (A) del ecuador y (B) de la costa para el período comprendido entre el 1 de octubre de 2024 y el 28 de febrero de 2026. Los cambios en el nivel del mar se muestran en centímetros (cm).

Durante 2025, se observó una cierta desconexión entre las condiciones ecuatoriales y la variabilidad costera a lo largo de Chile (ver Figura 3 A y B), asociada en parte a la baja amplitud de las ondas de Kelvin y a la persistencia de condiciones frías (por ejemplo, condiciones tipo La Niña).

A la latitud de Coquimbo, el nivel del mar experimentó aumentos sucesivos de corta duración, más pronunciados entre marzo y julio de 2025, cuando las condiciones ecuatoriales evolucionaron hacia un estado neutro a cálido (ver Figura 3 B).

Entre agosto y diciembre de 2025, la variabilidad del nivel del mar disminuyó en un contexto de condiciones ecuatoriales más frías. Sin embargo, no fue sino hasta enero de 2026 cuando se registró una marcada anomalía positiva del nivel del mar a lo largo de la costa de Chile, asociada a un evento significativo de ola de calor marina.

Esta anomalía no parece estar vinculada a un forzamiento de origen ecuatorial. En cambio, la aparición de una onda de Kelvin ecuatorial en enero de 2026 en el Pacífico ecuatorial (ver Figura 3 A) occidental sugiere la posible instalación de condiciones más cálidas durante el otoño en la región de Coquimbo.





Velocidad y dirección del viento

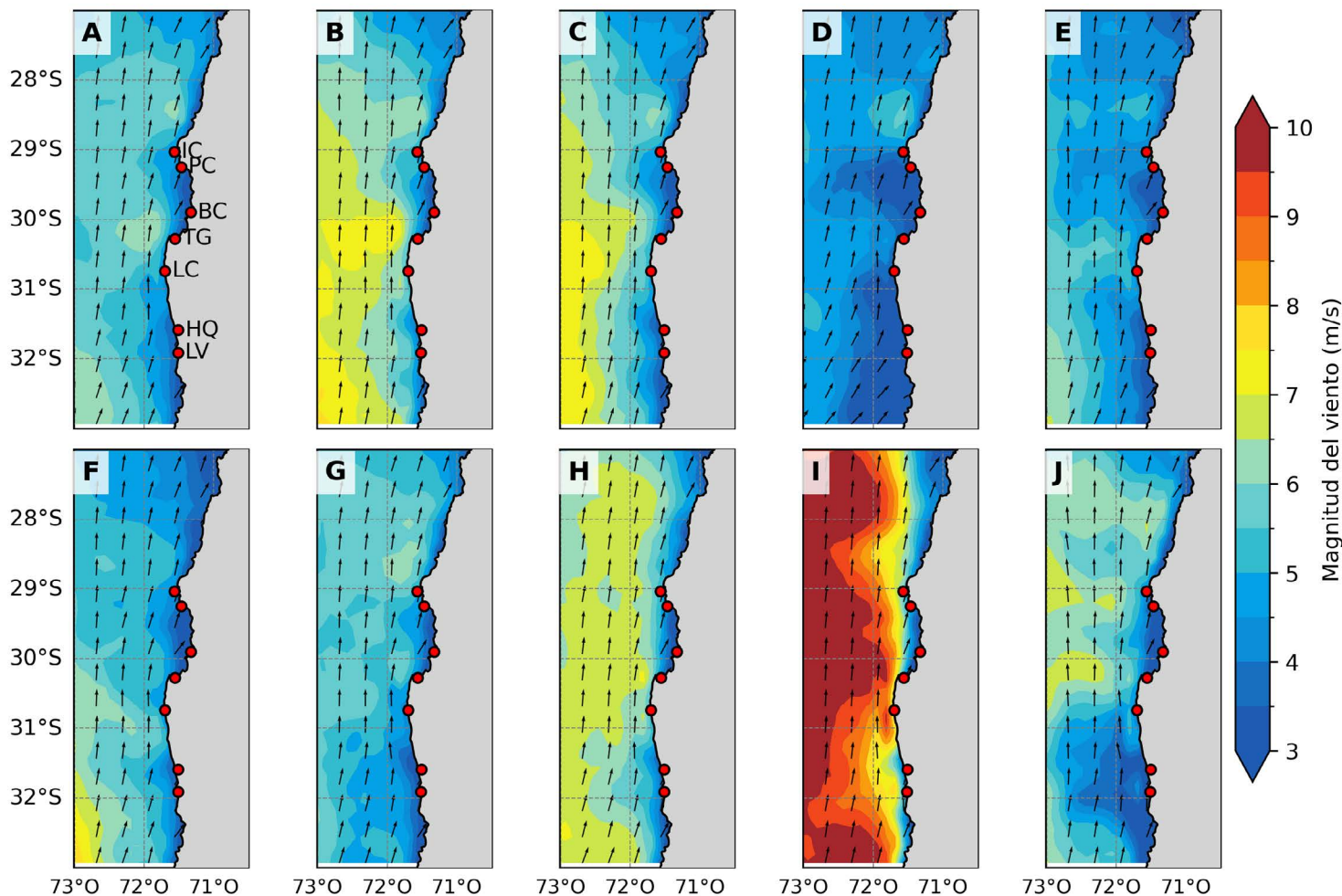


Figura 4. Promedio de la velocidad (m/s) y dirección del viento estimada a través de la observación satelital a 10 metros sobre el nivel del mar frente a la Región de Coquimbo, desde el 1 de diciembre de 2025 al 28 de febrero de 2026. Cada imagen muestra el promedio para ambas variables (velocidad y dirección del viento) para un período de 9 días. (A) 1 a 9 de diciembre de 2025, (B) 10 a 18 de diciembre de 2025, (C) 19 a 27 de diciembre de 2025, (D) 28 de diciembre a 5 de enero de 2026, (E) 6 a 14 de enero de 2026, (F) 15 a 23 de enero de 2026, (G) 24 de enero a 1 de febrero de 2026, (H) 2 a 10 de febrero de 2026, (I) 11 a 19 de febrero de 2026, y (J) 20 a 28 de febrero de 2026. 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 diciembre de 2025 a febrero de 2026, los vientos en la región oceánica frente a Coquimbo presentaron una dirección predominante desde el sur, con alta variabilidad intraestacional. A inicios de diciembre (Fig 4A), se observaron magnitudes entre 5 y 6 m/s en la región oceánica, disminuyendo hacia la costa a valores inferiores a 5 m/s, asociadas a un debilitamiento del anticiclón del Pacífico suroriental. Entre el 10 y el 27 de diciembre se evidenció un fortalecimiento del viento sur, alcanzando magnitudes cercanas a 7 m/s en la zona oceánica, mientras que en sectores costeros las velocidades se mantuvieron por debajo de 5 m/s (Figura 4 B-C). Hacia finales de diciembre (Figura 4 D), las magnitudes disminuyeron nuevamente a valores cercanos a 5 m/s en la región oceánica y bajo 4 m/s en zonas costeras, particularmente en la bahía de Coquimbo y al sur de la región.

Durante el período comprendido entre el 6 de enero y el 1 de febrero (Figura 4E-G), los vientos presentaron condiciones relativamente similares, con magnitudes entre 4 y 6 m/s en la región oceánica y valores inferiores a 4 m/s en la franja costera. En febrero, se observó un nuevo fortalecimiento del viento, con magnitudes entre 6 y 7 m/s en gran parte de la región oceánica y el característico decaimiento hacia la costa (Figura 4 H). El intervalo entre el 11 y el 19 de febrero destacó por presentar las mayores magnitudes del período, con valores promedio superiores a 9 m/s en la región oceánica, especialmente frente a Punta Lengua de Vaca (Figura 4I). Finalmente, entre el 20 y el 28 de febrero (Figura 4 J), las velocidades del viento disminuyeron en la zona costera a valores inferiores a 5 m/s, mientras que en la región oceánica y en zonas típicas de surgencia, como Punta de Choros y Punta Lengua de Vaca, se mantuvieron sobre los 6 m/s.

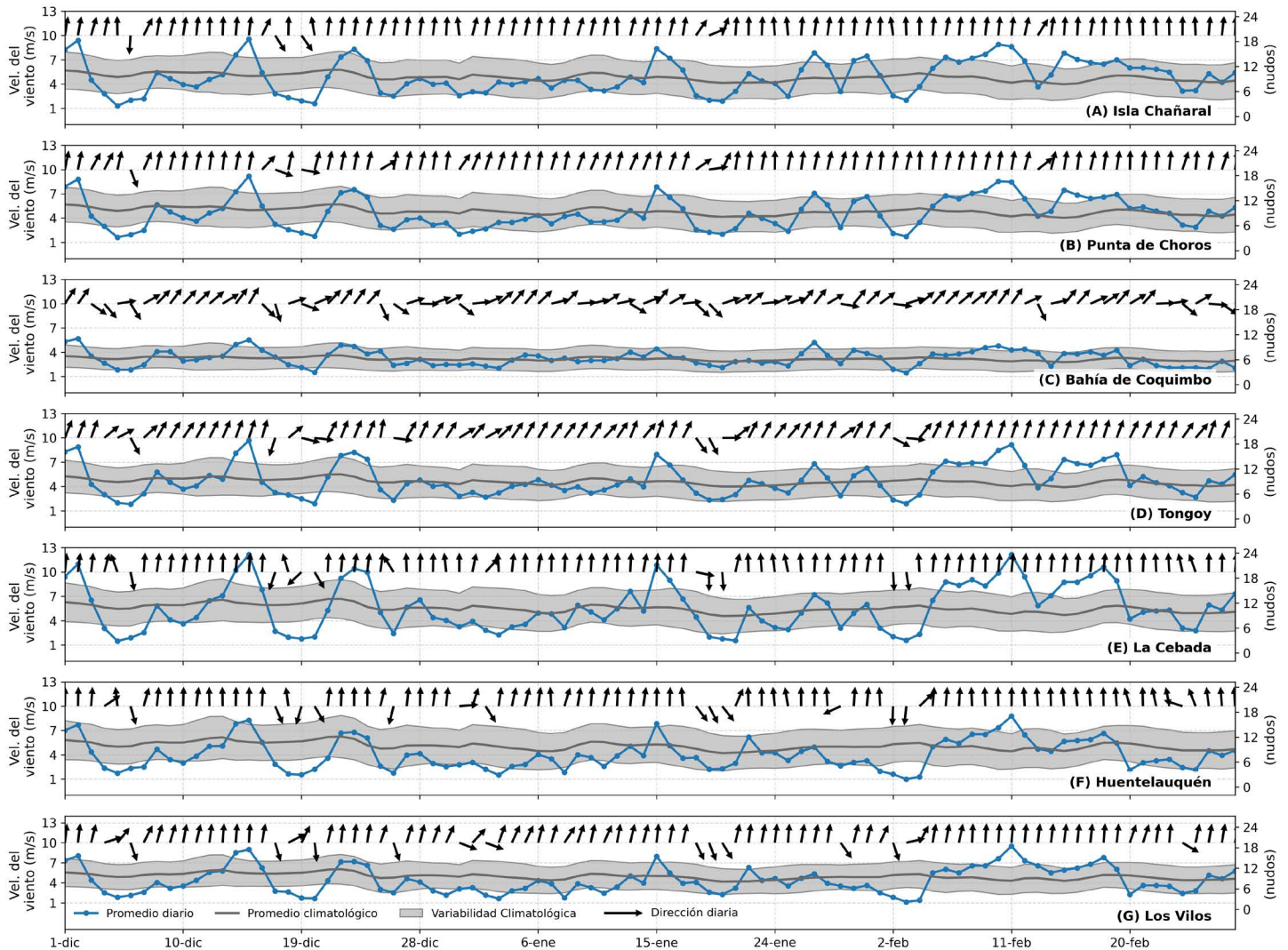


Figura 5. Series temporales de la velocidad (curva azul) y dirección (vectores) del viento promedio diario satelital (m/s y nudos) para las localidades de (A) Isla Chañaral, (B) Punta de Choros, (C) Bahía de Coquimbo, (D) Bahía de Tongoy, (E) La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos, entre el 1 de diciembre de 2025 y el 28 de febrero de 2026 (curva azul punteada). Se incluye el promedio diario histórico de velocidad de viento (curva negra) y su desviación estándar (sombreado azul) respecto al período histórico comprendido entre 2008 y 2022.

A lo largo de la costa, las mediciones de viento satelital mostraron comportamientos similares para el trimestre diciembre 2025 a febrero 2026 (ver Figura 5), con series de tiempo que presentaron una variabilidad sinóptica moderada, alternando entre períodos con intensificación y relajación de vientos favorables a la surgencia. A inicios de diciembre se observó una disminución generalizada en la magnitud del viento y una leve rotación en su dirección, consistente con un debilitamiento del anticiclón subtropical del Pacífico suroriental. Posteriormente, hacia el 14-15 de diciembre, el fortalecimiento del anticiclón generó un aumento simultáneo de la magnitud del viento en toda la región, alcanzando valores por sobre el promedio histórico y reforzando el predominio de vientos del sur favorables a la surgencia.

Entre el 17 y el 20 de diciembre, el desarrollo de una vaguada costera produjo una disminución de la magnitud del viento por debajo del promedio histórico y una rotación en su dirección en todas las estaciones. Hacia el 23-24 de diciembre, se observó un nuevo fortalecimiento del anticiclón, seguido de un período de condiciones relativamente estables hasta mediados de enero. En torno al 15 de enero, se registró uno de los principales eventos de intensificación del trimestre, con un aumento

generalizado de la magnitud del viento en todas las estaciones. Sin embargo, el 19 de enero, el desarrollo de una vaguada de mayor extensión volvió a generar una disminución en la magnitud del viento y cambios en su dirección a escala regional. A comienzos de febrero (2-4 de febrero), el paso de un sistema frontal al sur del país indujo una disminución en la magnitud del viento y una rotación hacia componentes norte en todas las estaciones. Posteriormente, desde el 6 de febrero, se observó un nuevo fortalecimiento del anticiclón, particularmente marcado en las estaciones ubicadas desde Tongoy hacia el sur, donde se intensificaron los vientos favorables a la surgencia. Este patrón persistió hasta aproximadamente el 17 de febrero, cuando un nuevo sistema frontal provocó una disminución en la magnitud del viento, con mayor impacto en las estaciones del sur de la región. En términos de persistencia, los vientos favorables a la surgencia dominaron el trimestre en la mayoría de las estaciones, con frecuencias superiores al 80%, destacando Isla Chañaral y Punta de Choros con un 95.6%, seguidas por La Cebada (90.0%), Tongoy (88.9%) y Huentelauquén y Los Vilos (84.4%). En contraste, Bahía de Coquimbo presentó una menor proporción de días favorables (58.9%), evidenciando una mayor modulación local asociada a la configuración costera y topográfica.



Temperatura superficial del mar (TSM)

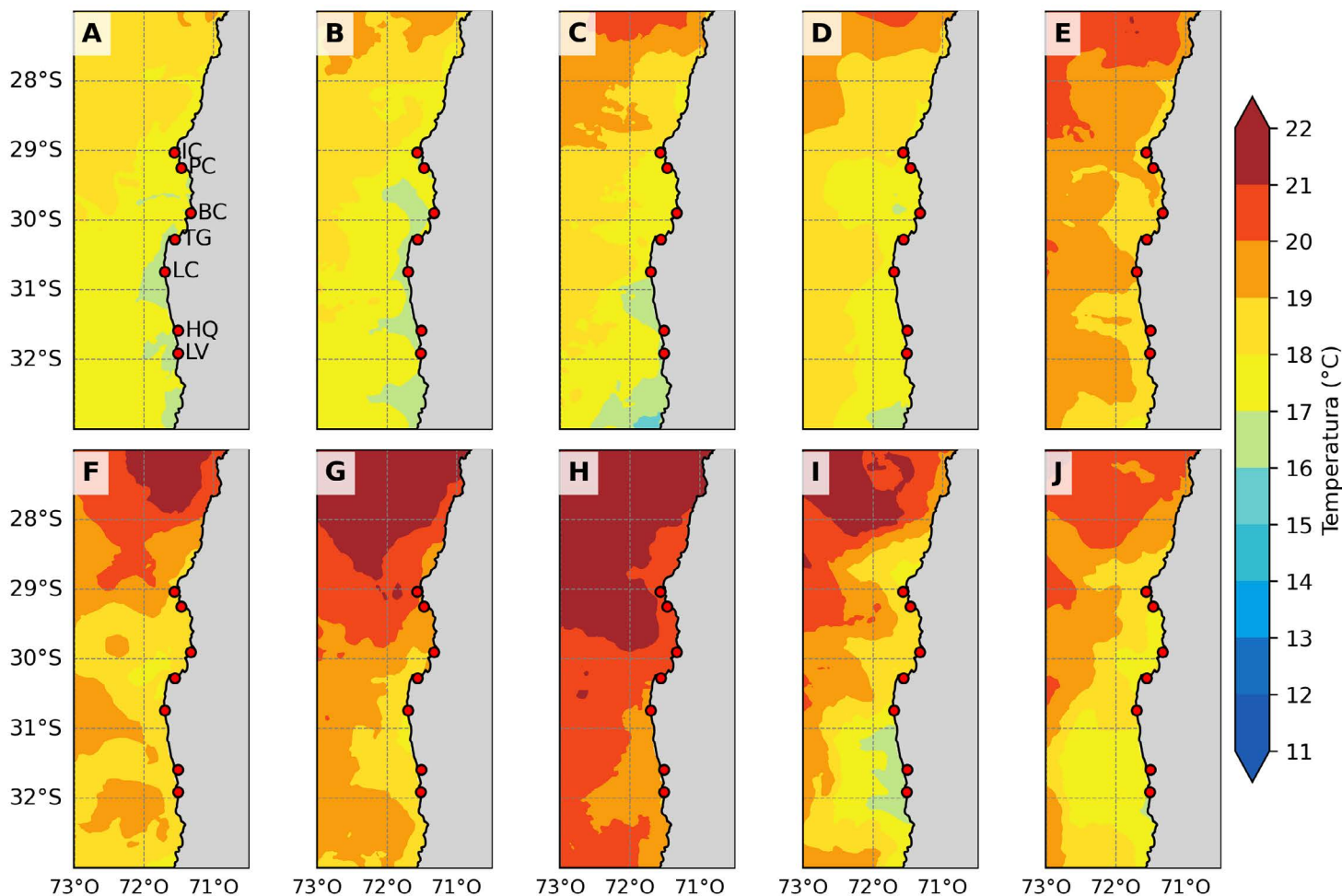


Figura 6. Temperatura superficial del mar (TSM) (°C) estimada a través de observaciones satelitales de la superficie oceánica frente a la Región de Coquimbo desde el 1 de diciembre de 2025 al 28 de febrero de 2026. Cada imagen muestra el promedio de la TSM para un período de 9 días. (A) 1 a 9 de diciembre de 2025, (B) 10 a 18 de diciembre de 2025, (C) 19 a 27 de diciembre de 2025, (D) 28 de diciembre a 5 de enero de 2026, (E) 6 a 14 de enero de 2026, (F) 15 a 23 de enero de 2026, (G) 24 de enero a 1 de febrero de 2026, (H) 2 a 10 de febrero de 2026, (I) 11 a 19 de febrero de 2026, y (J) 20 a 28 de febrero de 2026. 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 trimestre diciembre de 2025 a febrero de 2026, la temperatura superficial del mar (TSM) frente a la Región de Coquimbo presentó un aumento progresivo, consistente con el incremento estacional de la radiación solar, alcanzando sus valores más altos en febrero. A inicios de diciembre (Figura 6 A–B), la TSM se mantuvo entre 17 y 19 °C en gran parte de la región oceánica, con focos de aguas más frías (<17 °C) restringidos a la zona costera sur, entre La Cebada y Los Vilos, en un contexto de vientos débiles y baja intensidad de surgencia. Este patrón se mantuvo hasta comienzos de enero (Figura 6 C–E). Posteriormente, se observó un aumento progresivo de la temperatura desde el norte, alcanzando valores superiores a 19 °C entre el 6 y el 14 de enero (Figura 6 E) y extendiéndose sobre los 22 °C a inicios de febrero

(Figura 6 H). Durante este período no se identificaron señales claras de surgencia costera, evidenciado por la ausencia de aguas frías (<17 °C) en el borde costero, en concordancia con condiciones de viento menos favorables a la surgencia. A mediados de febrero (Figura 6 I), se observó una disminución de la TSM, particularmente en la zona sur frente a Huentelauquén y Los Vilos, donde se desarrolló una lengua de agua más fría (<17 °C), indicando un período de surgencia más activa asociado al fortalecimiento de los vientos del sur. Finalmente, hacia fines de febrero (Figura 6 J), este patrón se mantuvo, aunque con un leve aumento de la temperatura superficial, consistente con una relajación parcial de la surgencia en la región.

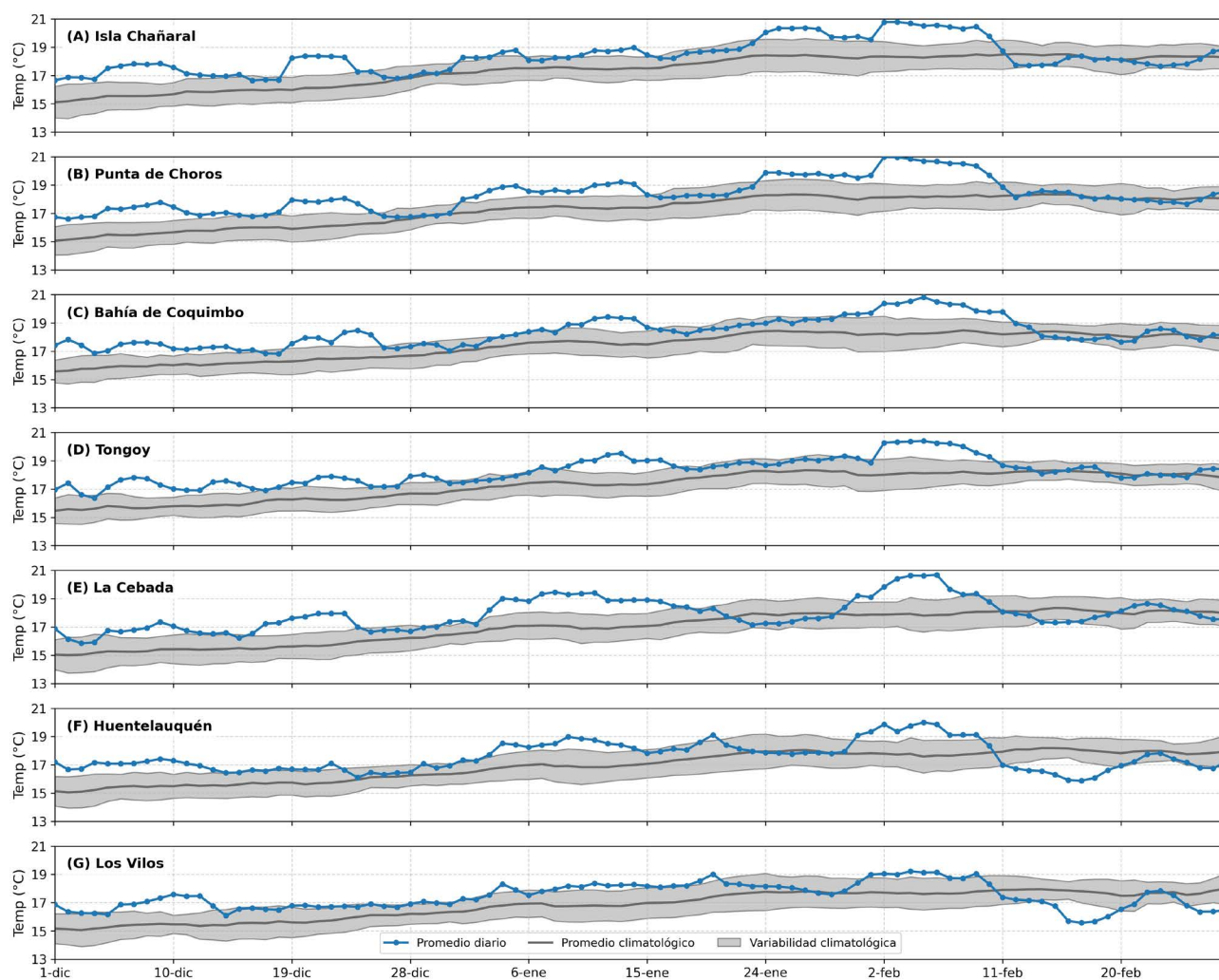


Figura 7. Series diarias de la temperatura superficial del mar (TSM) (°C) para las localidades de (A) Isla Chañaral, (B) Punta de Choros, (C) bahía de Coquimbo, (D) bahía de Tongoy, (E) La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos desde el 1 de diciembre de 2025 al 28 de febrero de 2026 (curva azul punteada). Se incluye el promedio diario histórico de TSM (curva negra) y desviación estándar (sombreado azul) calculados entre 2003 y 2022.

Las series temporales de temperatura superficial del mar (TSM) en las localidades costeras evidencian un comportamiento coherente a lo largo del trimestre diciembre 2025 – febrero 2026, caracterizado por anomalías positivas persistentes durante gran parte del período, lo que sugiere condiciones tipo ola de calor marina en la región. Durante la primera quincena de diciembre, todas las estaciones presentaron temperaturas significativamente sobre el promedio histórico, con anomalías cercanas a +2 °C. Entre el 15 y el 19 de diciembre se observó una disminución generalizada de la TSM; sin embargo, las temperaturas se mantuvieron por sobre el promedio histórico, con anomalías aún cercanas a +1 °C. Posteriormente, entre el 19 y el 25 de diciembre, las estaciones ubicadas entre Isla Chañaral (Figura 7 A) y La Cebada (Figura 7 E) volvieron a presentar una anomalía cálida significativa, similar a la observada durante la primera mitad de diciembre. Desde fines de diciembre y hasta el 22 de enero, las estaciones mantuvieron condiciones cálidas persistentes, con anomalías consistentemente positivas en toda la región, destacando incrementos transitorios entre el 9 y el 15 de enero. En particular, La Cebada (Figura 7 E) presentó valores cercanos a +2 °C por sobre el promedio histórico durante prácticamente todo el período.

Entre el 22 y el 31 de enero, se observó una diferenciación espacial, donde las estaciones de isla Chañaral (Figura 7 A), Punta de Choros (Figura 7 B), bahía de Coquimbo (Figura 7 C) y Tongoy (Figura 7 D) presentaron un aumento de la TSM, mientras que en La Cebada (Figura 7 E), Huentelauquén (Figura 7 F) y Los Vilos (Figura 7 G) se registró una disminución, alcanzando valores bajo el promedio histórico. A partir del 31 de enero, se observó un aumento generalizado de la TSM en todas las estaciones, con anomalías que superan los +2.5 °C respecto del promedio histórico. Esta condición se mantuvo hasta el 10 de febrero, cuando comenzó una disminución progresiva de las temperaturas. Desde el 11 de febrero, las estaciones ubicadas entre Isla Chañaral (Figura 7 A) y La Cebada (Figura 7 E) retornaron a valores dentro del rango típico del período, mientras que en Huentelauquén (Figura 7 F) y Los Vilos (Figura 7 G) se registraron temperaturas bajo el promedio histórico, lo que sugiere una reactivación de la surgencia en la zona sur. En conjunto, la evolución de la TSM durante el trimestre refleja una predominancia de condiciones cálidas superficiales, interrumpidas por eventos puntuales de enfriamiento asociados a la reactivación de la surgencia, especialmente en la zona sur de la región.



Clorofila superficial

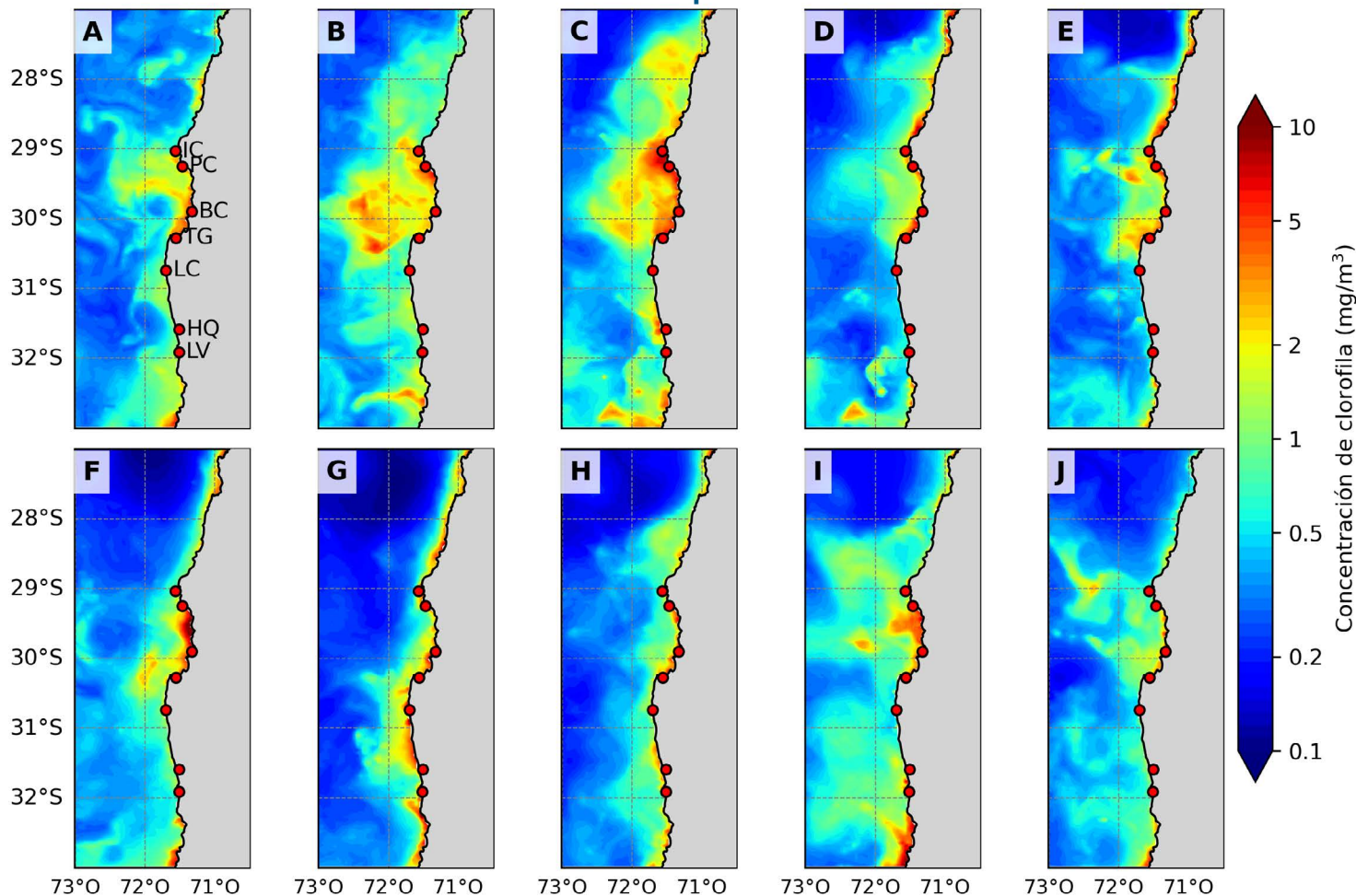


Figura 8. Concentración de clorofila superficial estimada a través de observaciones satelitales (mg/m^3) para la Región de Coquimbo desde el 1 de diciembre de 2025 al 28 de febrero de 2026. Cada imagen muestra el promedio de la concentración de clorofila para un período de 9 días. (A) 1 a 9 de diciembre de 2025, (B) 10 a 18 de diciembre de 2025, (C) 19 a 27 de diciembre de 2025, (D) 28 de diciembre a 5 de enero de 2026, (E) 6 a 14 de enero de 2026, (F) 15 a 23 de enero de 2026, (G) 24 de enero a 1 de febrero de 2026, (H) 2 a 10 de febrero de 2026, (I) 11 a 19 de febrero de 2026, y (J) 20 a 28 de febrero de 2026. 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 superficial durante el trimestre diciembre de 2025 a febrero de 2026 evidenció una marcada variabilidad intraestacional, con valores que oscilaron entre 0 y $8 \text{ mg}/\text{m}^3$ a lo largo de la región. A inicios de diciembre (Figura 8 A–C), se observaron concentraciones elevadas principalmente en la franja costera, con máximos frente a Isla Chañaral, Punta de Choros y al interior de la bahía de Coquimbo, donde los valores superaron los $6 \text{ mg}/\text{m}^3$. Estas condiciones coinciden con un período de temperaturas relativamente más bajas (Figura 6 A–C) y la presencia de vientos favorables a la surgencia (Figura 4), lo que sugiere un aumento de la productividad asociado al afloramiento costero. Hacia fines de diciembre y comienzos de enero (Figura 8 D–F), se observó una disminución generalizada de la clorofila, con concentraciones más bajas y confinadas a la costa, manteniéndose focos localizados de mayor concentración en la bahía de Coquimbo. Este comportamiento es consistente con el debilitamiento de la surgencia, evidenciado por el aumento de la TSM (Figura 6 D–F) y condiciones de viento menos favorables (Figura 4), lo que favorece una mayor estratificación de la columna de agua.

Durante la segunda mitad de enero y comienzos de febrero (Figura 8 G–H), la clorofila presentó valores bajos y relativamente homogéneos, restringidos a la franja costera, en concordancia con el período de temperaturas máximas observadas (Figura 6 G–H) y una menor intensidad de los vientos favorables a la surgencia (Figura 4). Posteriormente, a mediados de febrero (Figura 8 I), se evidencia un aumento en la concentración de clorofila, especialmente en la zona sur de la región frente a Huentelauquén y Los Vilos, así como en sectores frente a Punta de Choros y la bahía de Coquimbo, alcanzando valores cercanos a $6 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Este incremento coincide con una disminución de la TSM (Figura 6 I) y un fortalecimiento de los vientos del sur (Figura 4), lo que sugiere una reactivación de la surgencia y un mayor aporte de nutrientes a la zona eufótica. Finalmente, hacia fines de febrero (Figura 8 J), las concentraciones de clorofila disminuyeron nuevamente y se concentraron principalmente en la franja costera, en respuesta a una relajación de las condiciones de surgencia en la región.

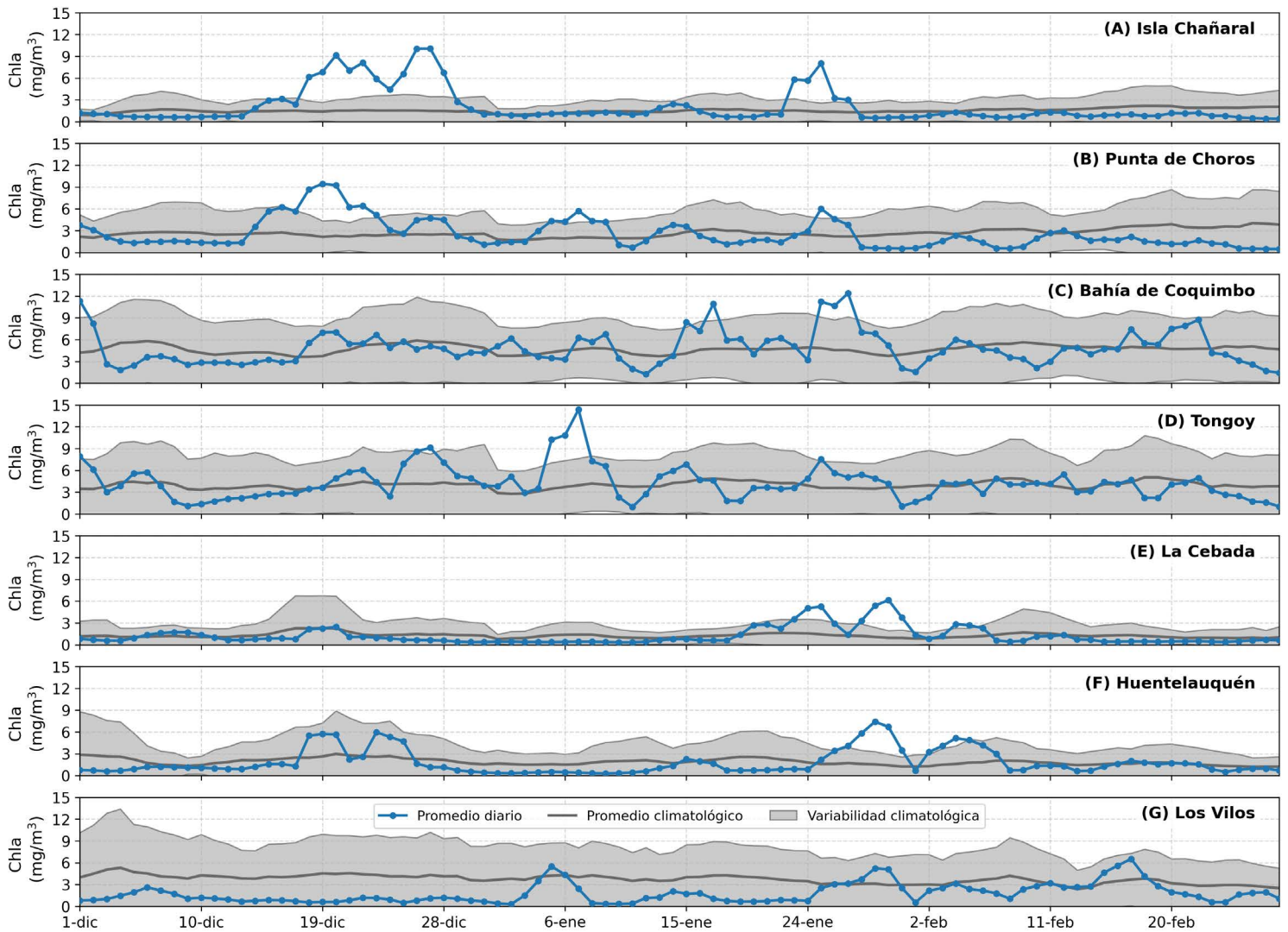


Figura 9. Series diarias de clorofila satelital (superficial) (mg/m^3) para las localidades de (A) Isla Chañaral, (B) Punta de Choros, (C) Bahía de Coquimbo, (D) Bahía de Tongoy, (E) La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos entre el 1 de diciembre de 2025 y el 28 de febrero de 2026. Se muestran los datos diarios de clorofila (curva azul punteada), el promedio diario histórico (línea negra) y su desviación estándar (sombreado azul) calculados entre 1998 y 2022.

Las series temporales de clorofila superficial evidencian una alta variabilidad espacial y temporal durante el trimestre diciembre de 2025 a febrero de 2026, con diferencias marcadas entre las estaciones del norte, centro y sur de la región. En las estaciones del norte, isla Chañaral (Figura 9 A) y Punta de Choros (Figura 9 B), se observaron episodios con concentraciones por sobre el rango histórico durante la segunda quincena de diciembre y entre el 23 y el 25 de enero. Estos eventos ocurrieron posteriormente a periodos de surgencia activa, en un contexto de debilitamiento del viento (Figura 5) y aumento de la temperatura superficial del mar (Figura 7), lo que sugiere una respuesta biológica retardada frente al forzamiento físico. Fuera de estos episodios, ambas estaciones presentaron valores mayoritariamente dentro del rango histórico. En la zona centro, bahía de Coquimbo (Figura 9 C) y Tongoy (Figura 9 D) mostraron una mayor variabilidad y los valores promedio más altos del trimestre (4.86 y 4.27 mg/m^3 , respectivamente), destacando eventos que superaron el rango histórico, como el

observado en Tongoy entre el 5 y 7 de enero (máximo de 14.38 mg/m^3) y en Bahía de Coquimbo durante el 25 y el 27 de enero (máximo de 12.39 mg/m^3). Estos patrones sugieren una mayor retención y acumulación de biomasa fitoplanctónica en estas zonas, favorecida por la configuración costera local. Por su parte, las estaciones de La Cebada (Figura 9 E) y Huentelauquén (Figura 9 F) presentaron concentraciones de clorofila generalmente bajas y acordes a los rangos históricos, con valores promedio de 1.23 y 1.81 mg/m^3 , respectivamente. No obstante, se identificaron eventos puntuales de aumento asociados a condiciones favorables de surgencia, destacando un evento el 19 de diciembre y otro hacia la última semana de enero, con máximos de 6.16 mg/m^3 en La Cebada y 7.42 mg/m^3 en Huentelauquén. En contraste, Los Vilos (Figura 9 G) presentó concentraciones persistentemente bajo el promedio histórico, con un valor promedio del trimestre de 1.8 mg/m^3 . Solo se observaron tres eventos de aumento de clorofila el día 5 de enero, el 28–29 de enero y el 16–17 de febrero, cuyos valores alcanzaron magnitudes cercanas al 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. 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, registrándose cerca de dos meses de datos oceanográficos.

La balsa de Tongoy se ubica en un área concesionada a la empresa acuícola OSTIMAR S.A., que colabora en su

mantenimiento y operatividad. Además, la balsa forma 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, la salinidad, el oxígeno disuelto, la clorofila y la turbidez. Esta información es 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 2025 – febrero 2026, los vientos registrados en la Estación Meteorológica Automática (EMA) CEAZAMET de Punta de Choros (ver Figura 10) muestran una variabilidad intraestacional marcada, con un claro predominio de vientos del sur favorables a la surgencia (90% del período). Al inicio del trimestre se observa un debilitamiento del viento favorable a la surgencia desde valores cercanos a 3.5 m/s a menos de 1 m/s y una rotación en la dirección del viento hacia viento del oeste.

Posteriormente, las velocidades aumentan alcanzando un máximo cercano a 3.8 m/s entre el 14 y 15 de diciembre, seguido por una nueva disminución entre el 16 y el 20 de diciembre, consistente con condiciones de relajación asociadas al

desarrollo de una vaguada costera. Desde fines de diciembre y hasta comienzos de febrero, las magnitudes del viento se mantienen dentro del rango histórico, aunque levemente por debajo del promedio, oscilando en torno a 2 m/s.

A partir del 6 de febrero, se observa una breve intensificación del viento, asociada al fortalecimiento del anticiclón del Pacífico, lo que favorece condiciones más propicias para la surgencia. Posteriormente, hacia mediados de febrero, las magnitudes disminuyen nuevamente, coincidiendo con el paso de un sistema frontal al sur del país, tras lo cual el viento se mantiene en valores ligeramente inferiores al promedio histórico, pero dentro de los rangos normales, hasta el término del trimestre.

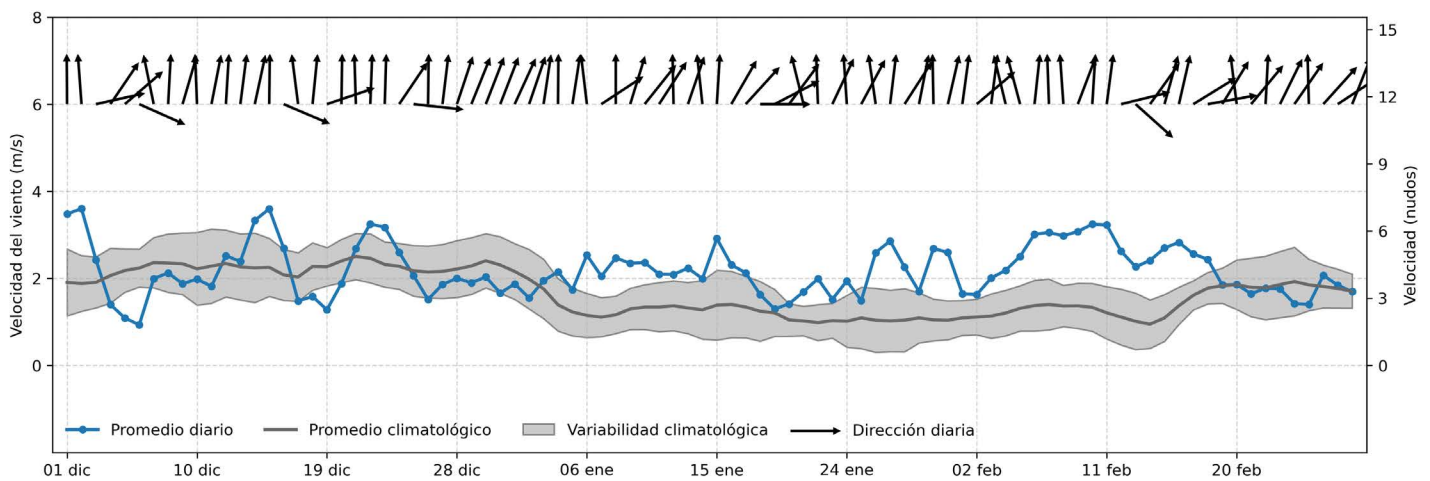


Figura 10. Serie diaria de la velocidad (curva azul punteada) y dirección (vectores) del viento promedio (m/s y nudos), medido por la estación CEAZAMET en la localidad de Punta de Choros, desde el 1 de diciembre de 2025 al 28 de febrero de 2026. Adicionalmente, se incluye el promedio histórico diario de la velocidad del viento (curva negra) y su desviación estándar, calculados para el periodo 2016-2020.



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

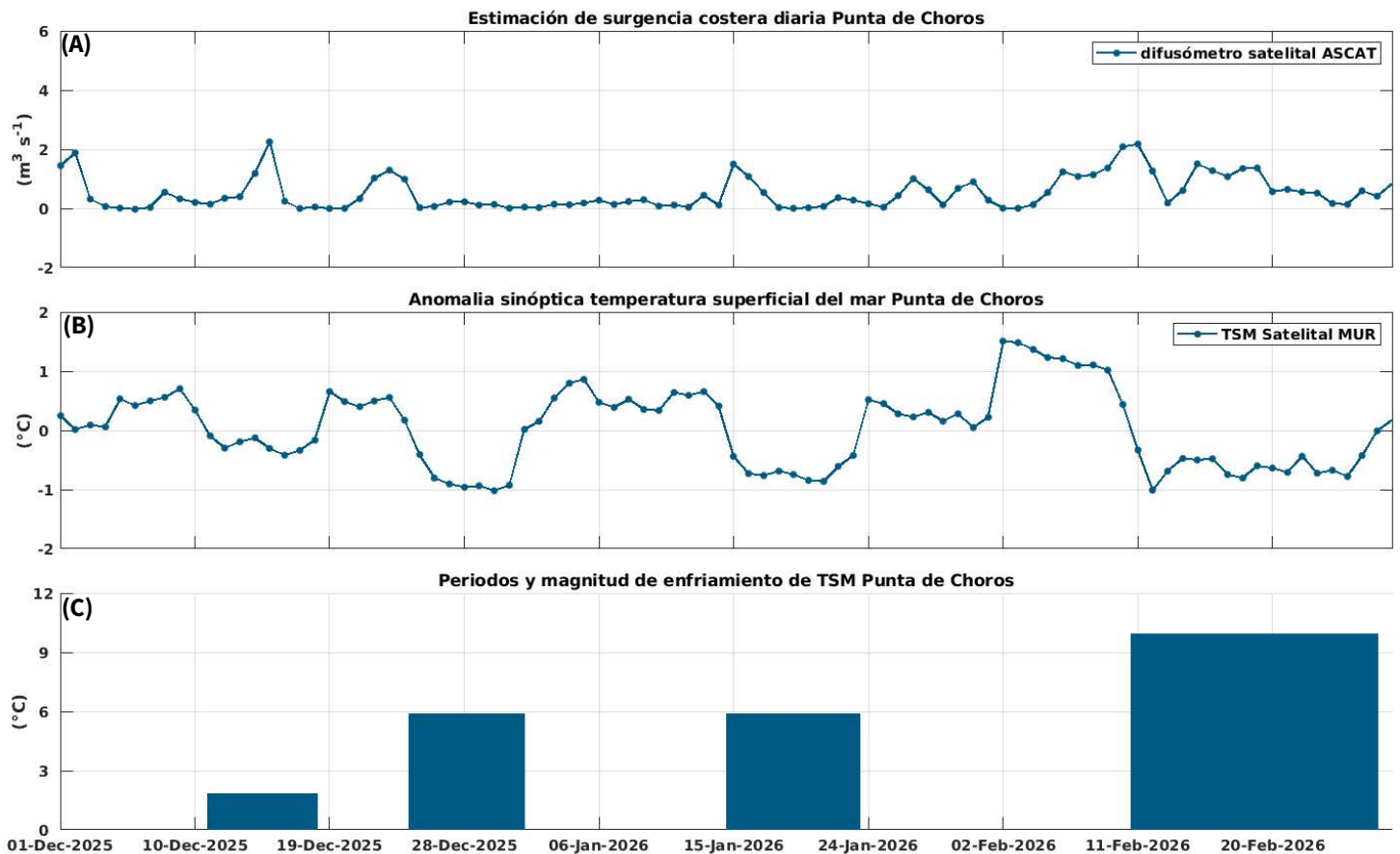


Figura 11. Indicadores de intensidad y duración de la surgencia costera en Punta de Choros entre el 1 de diciembre de 2025 y el 28 de febrero de 2026. (A) Índice de surgencia costera (UI) estimado a partir del estrés del viento. (B) Anomalías sinópticas de la temperatura superficial del mar (TSM) ($^{\circ}\text{C}$). (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.

En relación a los indicadores de surgencia en Punta de Choros, el índice derivado del viento (ver Figura 11 A) registró una marcada reducción en la actividad de surgencia, en particular durante diciembre de 2025 y enero de 2026, destacando el periodo del 25 de diciembre al 14 de enero por sus valores mínimos de transporte de surgencia. Esta reducción del viento sur favorable a la surgencia se tradujo en una disminución del 32% en el transporte acumulado ($47 \text{ m}^3/\text{s}$) en comparación al trimestre anterior (septiembre - enero de 2025; $69.2 \text{ m}^3/\text{s}$); no obstante, este valor es superior al registrado en el mismo periodo del verano 2024 - 2025 que acumulo ($36.7 \text{ m}^3/\text{s}$).

El análisis del índice de surgencia obtenido a partir de las anomalías de la temperatura superficial del mar (ver Figura

11 C), indica que el evento más importante de enfriamiento se observó entre el 8 y el 27 de febrero de 2026, con una duración de 20 días y una anomalía/enfriamiento de la TSM de $9.94/5.22 \text{ }^{\circ}\text{C}$, coincidiendo con el periodos de mayor intensificación del viento sur.

Adicionalmente se observaron dos periodos adicionales de enfriamiento: entre el 23 y el 31 de diciembre y entre el 13 y el 23 de enero, con duraciones de 9 y 10.5 días y anomalía/enfriamiento de la TSM de $5.90/3.06 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y $5.88/2.99$, respectivamente. Estos tres eventos contribuyeron a reducir el extenso periodo de anomalías positivas de la temperatura superficial del mar observado en el verano 2025-2026.



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

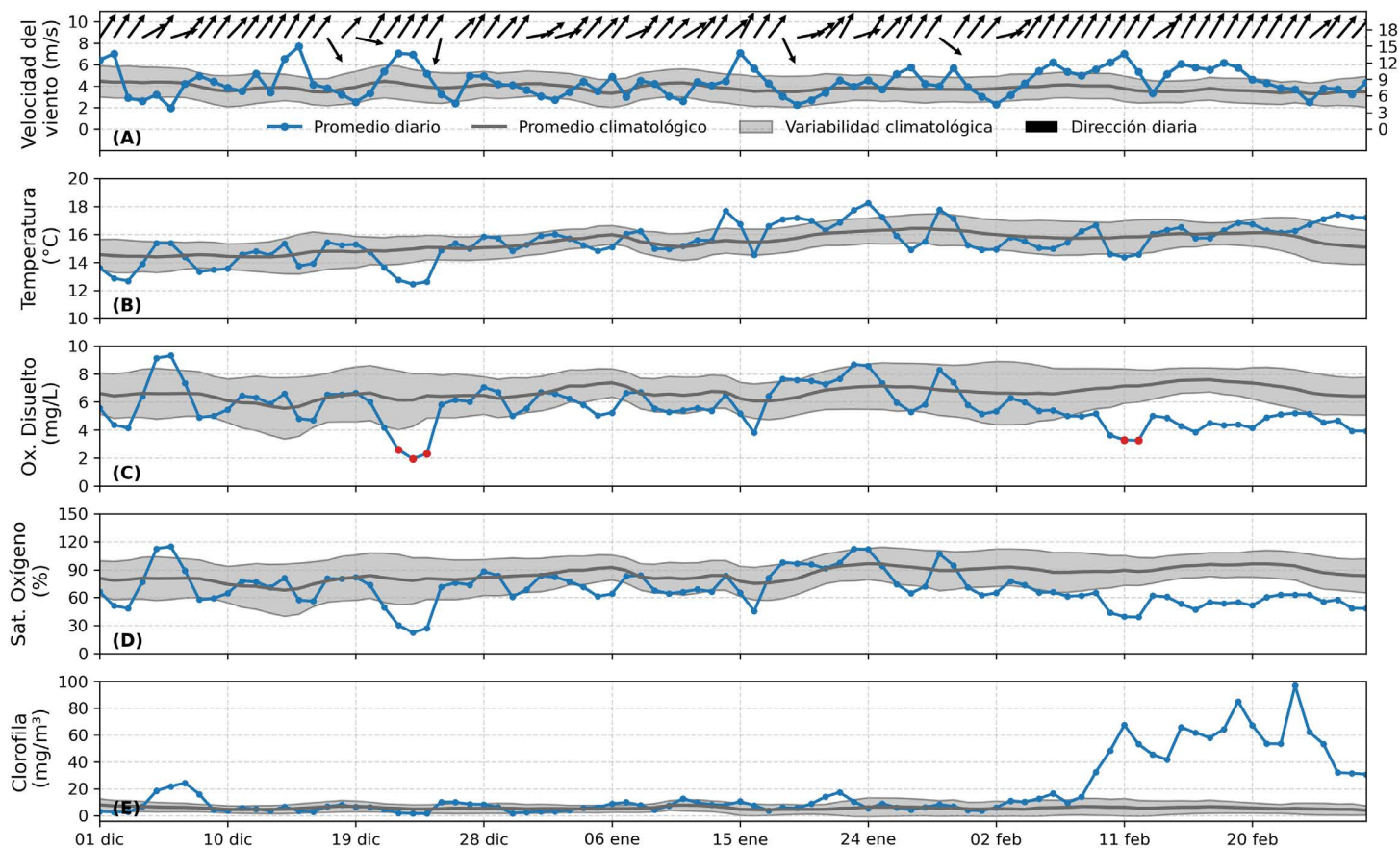


Figura 12. (A) Serie diaria de la velocidad (curva azul punteada) y dirección (vectores) del viento promedio satelital (m/s y nudos) en Punta Lengua de Vaca (PLV) desde el 1 de diciembre de 2025 al 28 de febrero de 2026. Se incluye el promedio histórico diario (línea negra) y la desviación estándar (sombreado azul) de la velocidad del viento en PLV, calculados para el período 2000 - 2022. (B) Temperatura del agua a 10 metros de profundidad (°C), (C) oxígeno disuelto (mg/L), (D) saturación de oxígeno (%), (E) clorofila (mg/m^3) y (F) salinidad (psu), registrados a 10 m de profundidad por la boya CEAZA localizada en la bahía de Tongoy. Los puntos rojos en el panel C indican días con concentración de oxígeno disuelto menores a 3.5 mg/L.

Para la bahía de Tongoy, el trimestre analizado se caracterizó por una marcada variabilidad intraestacional, con alternancia entre eventos de intensificación favorables a la surgencia y periodos de relajación asociados a cambios en la dirección del viento. Los vientos de Punta Lengua de Vaca presentaron pulsos de viento sur con magnitudes entre 6 y 8 m/s a inicios de diciembre (1–2), mediados de diciembre (14–15), fines de diciembre (22–23), mediados de enero (15 de enero) y durante febrero (6–12 y 14–20 de febrero). Estos eventos fueron interrumpidos por periodos de debilitamiento del viento y rotación hacia componentes oeste o norte, particularmente entre el 16–18 de diciembre, 25–26 de diciembre y 18–20 de enero, asociados a condiciones de relajación de la surgencia. En general, fuera de estos eventos, las magnitudes del viento se mantienen dentro del rango histórico, evidenciando un régimen dominado por la variabilidad sinóptica característica de la zona. La temperatura del agua en Tongoy (Figura 12 B), presentó una respuesta altamente sincronizada con estos eventos, con caídas de temperatura posteriores a los pulsos de viento, como se observa a inicios de diciembre (2–3 de diciembre), entre el 21–25 de diciembre, el 16 de enero, el 27 de enero y entre el 10 y el 12 de febrero. Por el contrario, los aumentos en la temperatura, se asociaron a periodos de relajación del viento o cambios en su dirección, como lo ocurrido entre el

14–15 de enero, entre el 17 y el 25 de enero, y hacia fines de febrero. Asimismo, el oxígeno disuelto (Figura 12 C) y la saturación de oxígeno (Figura 12 D) reflejaron claramente la influencia de la surgencia. En general, los valores se mantuvieron entre 5 y 7 mL/L, con eventos de hipoxia (<3 mL/L) registrados entre el 22 y el 24 de diciembre y entre el 10 y el 12 de febrero, coincidiendo con descensos de temperatura y condiciones de surgencia activa.

Posterior a estos eventos, las concentraciones de oxígeno disuelto se mantuvieron persistentemente por debajo del promedio histórico, bordeando los 5 mL/L, lo que sugiere la presencia sostenida de aguas de menor contenido de oxígeno en la zona. En contraste, se observó un evento de alta oxigenación entre el 5 y 6 de diciembre, con valores cercanos a 9 mL/L. La clorofila superficial (Figura 12 E) mostró un bloom inicial entre el 5 y el 8 de diciembre, con valores cercanos a $20 \text{ mg}/\text{m}^3$, seguido de un período de bajas concentraciones durante gran parte de diciembre y enero. Posteriormente, a partir del 9 de febrero, se desarrolló un bloom de mayor magnitud, con concentraciones que superan ampliamente el rango histórico.



Índice de surgencia (Bahía de Tongoy)

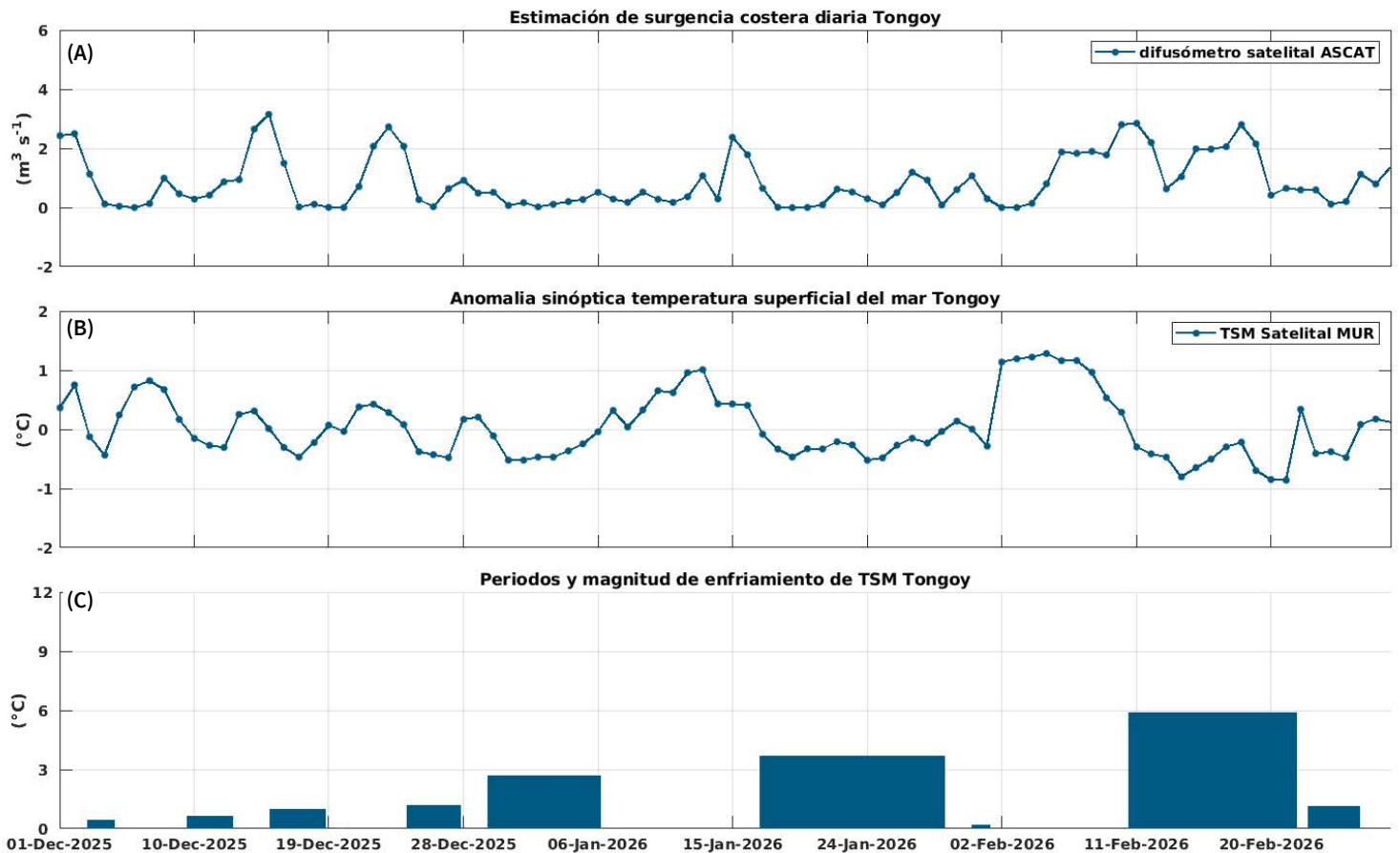


Figura 13. Indicadores de intensidad y duración de la surgencia costera en la bahía de Tongoy, entre el 1 de diciembre de 2025 y el 28 de febrero de 2026. (A) Índice de surgencia costera (UI), estimado a partir del estrés del viento. (B) Anomalías sinópticas de la temperatura superficial del mar (TSM) ($^\circ\text{C}$). (C) Índice termal de surgencia costera (enfriamiento costero superficial), estimado a partir de las anomalías sinópticas (ver Glosario) de la 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.

Los indicadores de surgencia, basados en el forzamiento del viento en superficie, en la bahía de Tongoy (ver Figura 13 A) registraron una reducción en la actividad de surgencia, en particular a fines de diciembre de 2025 y durante el mes enero de 2026. Esta reducción del viento sur favorable a la surgencia se tradujo en una disminución del 33.2% el transporte acumulado ($78.45 \text{ m}^3/\text{s}$) en comparación al trimestre anterior (septiembre - enero de 2025; $117.47 \text{ m}^3/\text{s}$); no obstante, este valor es superior al registrado en el mismo periodo del verano 2024 - 2025 ($60.1 \text{ m}^3/\text{s}$).

El análisis del índice de surgencia obtenido a partir de las anomalías de la temperatura superficial del mar (ver Figura 13 C), identificó dos eventos principales: entre el 13 al 29 de enero y entre el 7 y 21 de febrero, con duraciones de 16.2 y 14.7 días, respectivamente, y anomalía/enfriamiento de la TSM de $3.65/5.23$ y $5.86/8.79$ $^\circ\text{C}$. Estos dos eventos, sumados a otros de menor intensidad y duración, contribuyeron a reducir el extenso periodo de anomalías de temperatura superficial del mar positiva observado en el verano 2025-2026.



Análisis de eventos anómalos del periodo

El monitoreo oceanográfico costero permite detectar episodios en que las condiciones del mar se apartan significativamente de su variabilidad histórica, con consecuencias directas sobre los ecosistemas marinos, la pesca artesanal y la acuicultura.

En esta edición se documenta la Ola de Calor Marina (OCM) que afectó la costa de la región de Coquimbo durante el verano austral 2025–2026, el evento de OCM de mayor magnitud registrado en la región en los últimos 5 años.

Olas de Calor Marina en la región de Coquimbo: Verano 2025–2026

Frente a Coquimbo, las OCM se asocian a variaciones en el régimen de viento y su impacto sobre la actividad de la surgencia costera. En condiciones normales, el viento del sur impulsa el afloramiento de aguas frías desde el fondo del océano periódicamente. Sin embargo, cuando la magnitud del viento favorable a la surgencia se debilita, reduce la frecuencia e intensidad de estos eventos dando pie a una marcada alza de la temperatura del mar. En particular, los focos de surgencia más activos de la región, como Punta Lengua de Vaca al sur de la bahía de Tongoy o Punta de Choros en el Archipiélago de Humboldt, son los sectores donde se registran los mayores calentamientos anómalos debido al contraste respecto a sus condiciones oceano-atmósfera habituales durante los periodos de OCM.

Desde 2022 se han registrado seis eventos destacables de OCM en la franja costera entre Atacama y Valparaíso, analizados a partir de datos satelitales de temperatura superficial del mar a resolución de 27 km (ver Figura 14 A). Los eventos de 2023 fueron los más relevantes del período previo, con duraciones de hasta 97 días, cobertura máxima de 74% y anomalía de temperatura del mar máxima de 2.64 °C. Sin embargo, el verano 2025–2026 los superó en todas las métricas: El evento alcanzó una intensidad máxima de hasta 3.30°C sobre lo normal, 84 días de duración y una cobertura de hasta el 74% del área costera analizada, posicionándolo como el evento más intenso y prolongado desde el 2022. El núcleo de mayor calentamiento — con anomalías superiores a 3°C — se concentró entre los 29° y 30°S, frente a Punta de Choros y Punta Lengua de Vaca (ver Figura 14 B).

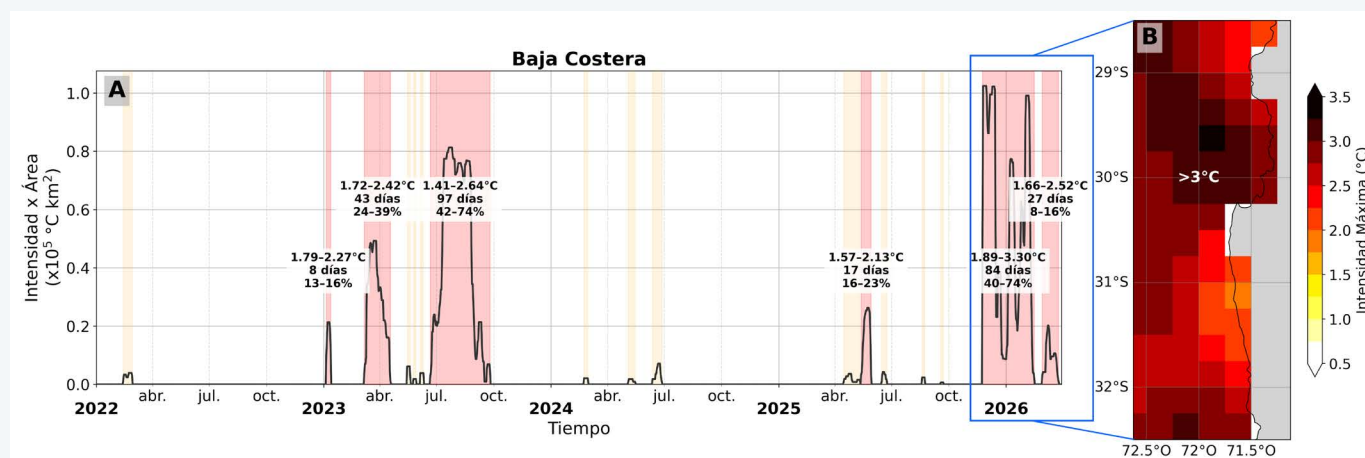


Figura 14. Panel A: Serie temporal de la intensidad integrada de Olas de Calor Marina (OCM) identificadas entre enero de 2022 y marzo de 2026 en la franja costera entre las regiones de Atacama, Coquimbo y Valparaíso, calculada a partir de datos NOAA OISST a resolución de 1/4° (~27 km). Las áreas sombreadas en rosa y amarillo indican los periodos bajo condición de OCM. Sobre cada evento se indica el rango de intensidad de la anomalía termal del agua (°C), la duración (días) y el porcentaje de área afectada. Panel B: Distribución espacial de la intensidad máxima de temperatura (°C sobre la climatología) durante el evento de verano 2025–2026, destacando el núcleo de mayor anomalía (>3°C) frente a Punta de Choros y Punta Lengua de Vaca.



Para caracterizar en detalle cómo se distribuyó la OCM a lo largo de la costa regional, empleamos datos satelitales de alta resolución del producto MUR (Multi-scale Ultra-high Resolution SST, NASA) con una resolución de 1 km que permite observar la temperatura al interior de bahías y caletas. El análisis abarcó los eventos que se desarrollaron entre diciembre de 2025 y febrero de 2026 y los resultados se presentan en tres mapas (ver Figura 15 A, B, C) que describen la frecuencia (N° eventos), la duración (días) y la intensidad (°C sobre la climatología) de las OCM frente a las regiones de Atacama, Coquimbo y Valparaíso.

Frecuencia de eventos: La mayoría de la franja costera experimentó entre 2 y 4 eventos extensos de OCM durante el trimestre. Las zonas más oscuras del mapa, concentradas en la costa de las regiones de Atacama y la gran bahía de Coquimbo, desde Tongoy hasta Punta de Choros, registraron el mayor número de episodios de OCM (ver Figura 15 A).

Duración acumulada: La banda costera de la región de Coquimbo registró entre 60 y 90 días bajo condición de OCM durante el trimestre (ver Figura 15 B). Esto significa que en la mayor parte de la costa regional el mar estuvo bajo OCM gran parte del verano alternada solamente por eventos de surgencia esporádicos y de baja intensidad, no obstante porciones de la costa como al sur de la bahía de Tongoy hasta La Cebada o hacia el norte de Punta de Choros se mantuvieron continuamente en condición de OCM.

Intensidad media: La intensidad promedio de los eventos de OCM varió entre 1.6 °C, en océano abierto hasta 2.8 °C de anomalía en el área de los focos de surgencia de Punta Lengua de Vaca al sur de la bahía de Tongoy, Archipiélago de Humboldt y extremo sur de la región de Atacama.

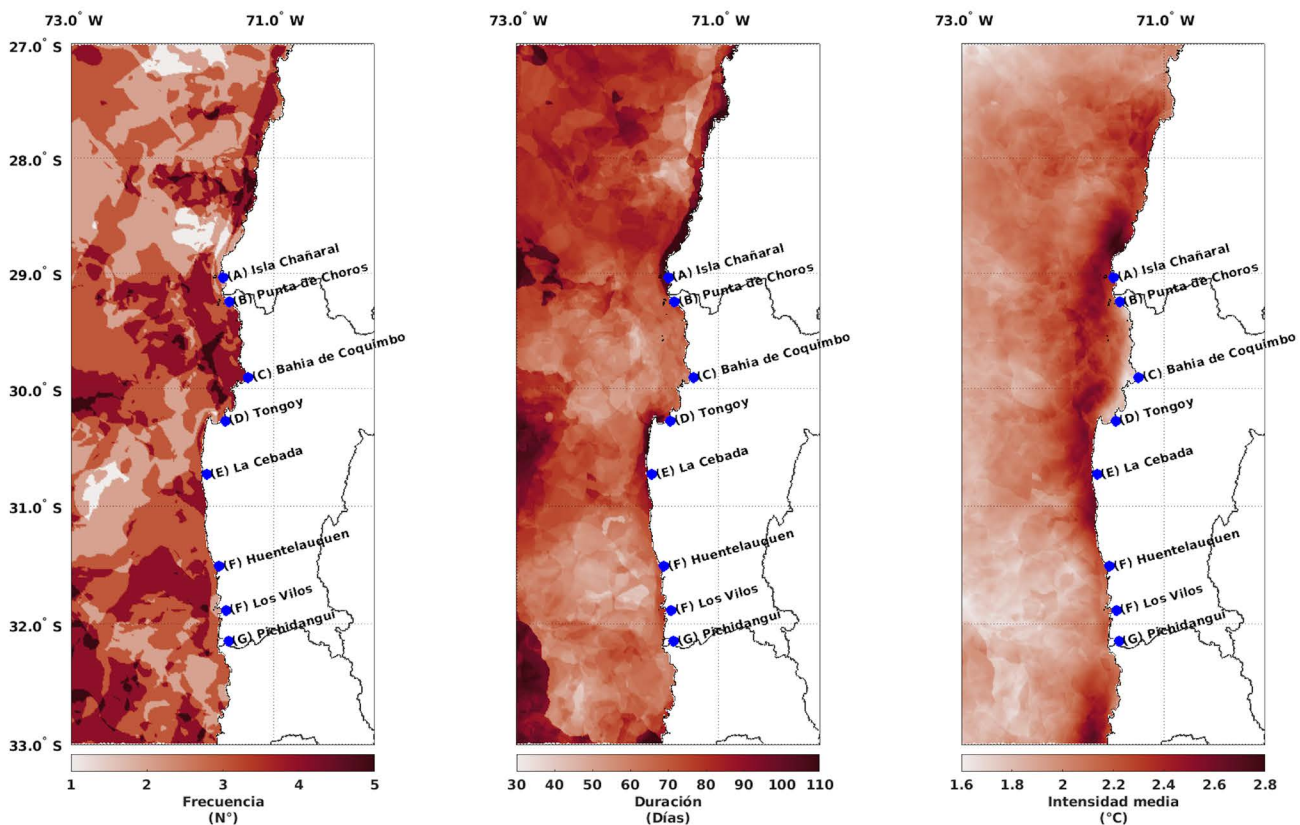


Figura 15. Distribución espacial de las métricas de Olas de Calor Marina (OCM) para el período diciembre 2025 – febrero 2026 en la banda costera de 150 km frente a las regiones de Atacama y Coquimbo, calculadas a partir de datos MUR SST (NASA) a resolución de 1 km. De izquierda a derecha: frecuencia de eventos de OCM (N°), duración acumulada (días) e intensidad media (°C sobre la climatología 1980–2023). Los círculos azules y etiquetas indican las localidades costeras de referencia descritas en la Tabla 1.



Impacto por localidad costera

La Tabla 1 resume las métricas de OCM para ocho localidades costeras de referencia, desde Isla Chañaral hasta Pichidangui, calculadas sobre la banda costera de 50 km adyacente a cada localidad, dentro de un área de ± 10 km. Para la frecuencia se

reporta la moda (el número de eventos más frecuente dentro del área de la localidad) y el promedio como referencia. Para la duración y la intensidad se reporta la mediana (el valor central de las mediciones en el área) y el promedio.

Localidad	Nº OCM (moda)	Nº OCM (promedio)	Duración (mediana)	Duración (promedio)	Intensidad (mediana)	Intensidad (promedio)
Isla Chañaral	4	3.3	71	76.9	2.42	2.64
Punta de Choros	4	3.5	69	70.1	2.41	2.59
Bahía de Coquimbo	4	3.8	58	58.7	2.29	2.6
Tongoy	2	2.6	66	74.8	2.33	2.63
La Cebada	2	2.8	67	71.8	2.32	2.55
Huentelauquén	4	3.5	55	56.5	1.93	2.29
Los Vilos	3	3.3	57	58	1.97	2.19
Pichidangui	3	3.1	66	66.6	1.98	2.24

Tabla 1. Estadística de la OCM por localidad costera para el período diciembre 2025 – febrero 2026. Los valores fueron calculados sobre la banda costera de 50 km adyacente a cada localidad, dentro de un área de ± 10 km de latitud. Para la frecuencia de las OCM por localidad se reporta la moda y el promedio por localidad costera; para su duración e intensidad se reporta la mediana y el promedio por localidad costera. Análisis basado en datos MUR SST (NASA) a 1 km de resolución. Climatología de referencia: 1980–2023.

Los datos de la Tabla 1 revelan un gradiente norte-sur claro en el impacto de la OCM a lo largo de la costa regional (ver Tabla 1 y Figura 15): tanto la duración como la intensidad de la anomalía térmica disminuyen progresivamente desde Isla Chañaral en el norte hasta Pichidangui en el sur, aunque con matices importantes entre localidades.

En efecto, Isla Chañaral y Punta de Choros registraron las condiciones más intensas y prolongadas del dominio, con duraciones típicas de 71 y 69 días y anomalías de 2.42 y 2.41°C respectivamente. Más al sur, Tongoy y La Cebada presentaron duraciones típicas de 66 y 67 días con anomalías de 2.33 y 2.32°C, valores similares entre sí que confirman un impacto comparable en este tramo de costa.

La bahía de Coquimbo registró la duración más corta de las localidades del norte (58 días típicos) con una anomalía de 2.29°C. A partir de Huentelauquén se observa una caída clara en ambas métricas respecto al norte del dominio: las anomalías bajan a 1.93°C y la duración típica a 55 días. Esta localidad, junto a Los Vilos y Pichidangui, forma un grupo claramente diferenciado

del norte, con anomalías que oscilan entre 1.93 y 1.98°C y duraciones de 55 a 66 días. Aunque los valores son menores que en el norte, confirman que la OCM afectó toda la costa regional sin excepción durante el verano. La diferencia entre el extremo norte del dominio (Isla Chañaral, 2.42°C y 71 días) y el extremo sur (Pichidangui, 1.98°C y 66 días) resume el gradiente regional del evento: casi medio grado de diferencia en anomalía típica y 5 días en duración a lo largo de los 330 km de costa analizada.

Concurrentemente a inicios del mes de enero se gatilló una Floración Algal Nociva (FAN) en la bahía de Tongoy, que motivó una alerta sanitaria por parte de la Seremi de Salud. Este evento favoreció la proliferación de la microalga *Pseudo-nitzschia*, responsable del Veneno Amnésico de los Mariscos (VAM). Frente a este evento, se relevó la necesidad de avanzar hacia un sistema de monitoreo y alerta temprana con capacidades predictivas para la región, que permita anticipar estos episodios y reducir sus impactos económicos, sociales y productivos. Para mayor información sobre las Floraciones Algales Nocivas y su monitoreo en la costa de Coquimbo, se invita a revisar la infografía del boletín de enero de 2026 dedicada a esta temática.



» INFOGRAFÍA



OLAS DE CALOR MARINA EN LA REGIÓN DE COQUIMBO

Estos eventos tienen consecuencias directas sobre los ecosistemas marinos, la pesca artesanal y la acuicultura, siendo más frecuentes en periodos de El Niño.



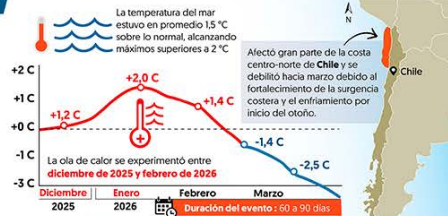
» ¿QUÉ ES UNA OLA DE CALOR MARINA?

Ocurre cuando la temperatura del mar se mantiene mucho más alta de lo normal durante al menos **cinco días consecutivos**. (Se compara la temperatura actual, con las del pasado en la misma fecha).

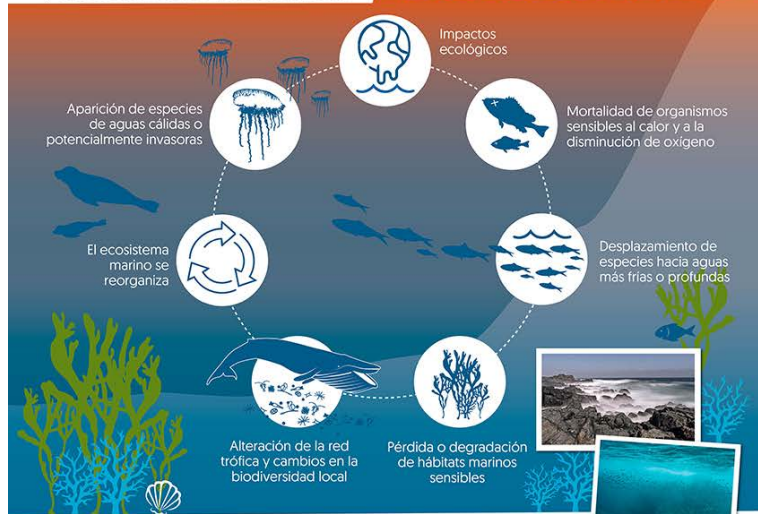
Alteran la temperatura del mar, la surgencia costera y la productividad del sistema de Humboldt, afectando directamente la pesca, la acuicultura y los ecosistemas costeros, poniendo en riesgo a especies sensibles al aumento prolongado de temperatura.



» 2026: Ola de calor marina en la Región de Coquimbo



» ¿QUÉ OCURRE CUANDO EL MAR SE CALIENTA?



» IMPACTOS DE LA OLA DE CALOR MARINA:

» OCEANOGRÁFICOS Y CLIMÁTICOS

- Alteración de corrientes marinas y procesos de surgencia.
- Cambios en la productividad del ecosistema marino.
- Mayor aporte de calor y humedad a la atmósfera, intensificando lluvias y tormentas.

» EN PESCA, ACUICULTURA Y TURISMO

- Disminución o desplazamiento de recursos pesqueros, afectando zonas de captura y rendimiento de la pesca artesanal.
- Mayor estrés fisiológico, enfermedades y riesgo de mortalidad masiva en especies en cultivo.
- Reducción de la productividad acuícola y aumento de costos operacionales.

72 km

puede desplazarse la vida marina por década para seguir aguas más frías

cada +1°C

de temperatura del mar, proporciona un 7% más de humedad en la atmósfera



Un océano más cálido altera los sistemas de circulación atmosférica, lo que puede intensificar fenómenos meteorológicos como los huracanes.

0,4°C!

ha aumentado la temperatura marina global desde 1993

50%

han aumentado en la última década las olas de calor marinas



» 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 a 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 (periodos) 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 periodos 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 Marina (OCM): 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
2026

