



Boletín CEAZAMar ENERO 2025





Índice

» ¿QUÉ ES CEAZA? ¿QUÉ ES CEAZAMar?	03
» CRÉDITOS Y AGRADECIMIENTOS	04
» RESUMEN	05
» MENSAJES DESTACADOS	08
» ESTRUCTURA DEL BOLETÍN	09
» DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES ATMOSFÉRICAS Y OCEANOGRÁFICAS DE LA REGIÓN DE COQUIMBO	10
» Observaciones de la región Pacífico Sur Oriental	10
» Anomalía Mensual de la Temperatura Superficial del Mar (TSM)	10
» Condiciones Climáticas: Índices El-Niño Chileno (CEN) y El-Niño Este Pacífico (El-Niño EP)	11
» Nivel del Mar	12
» Velocidad y Dirección del Viento	14
» Temperatura Superficial del Mar (TSM)	16
» Clorofila superficial	18
» Observaciones locales	20
» Localización de las estaciones costeras en la Región de Coquimbo	20
» Punta de Choros	21
» Sistema Bahía de Tongoy - Punta Lengua de Vaca	24
» PRONÓSTICO A CORTO PLAZO	26
» Temperatura Superficial del Mar (TSM), oleaje, mareas y viento	26
» INFOGRAFÍA	27
» GLOSARIO	28
» ANEXOS	32
» Parámetros e instrumentos de las estaciones de monitoreo costeras	32
» Procedencia de los datos analizados	33





» ¿QUÉ ES CEAZA?



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

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 - Enero (2025). Análisis de las Condiciones Atmosféricas y Oceanográficas de la Región de Coquimbo (Septiembre - Noviembre 2024). 33 páginas. DOI: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.28296689>





» RESUMEN



El Boletín CEAZAMar contiene un diagnóstico de las condiciones atmosféricas y oceánicas generales del Pacífico Suroriental, y en detalle para la Región de Coquimbo durante el trimestre comprendido entre el 1 de septiembre y el 30 de noviembre de 2024.

En este período se observa en el Pacífico Suroriental una transición desde condiciones levemente frías hacia condiciones neutras del ciclo ENOS, reflejadas en anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) que transitan desde valores negativos cercanos a $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta valores levemente positivos. Esta misma tendencia se observa frente a la Región de Coquimbo, donde las anomalías de la TSM registraron valores de -0.29°C en septiembre, 0.37°C en octubre y 0.03°C en noviembre.

En este periodo, pulsos positivos en el nivel del mar, asociados a ondas de Kelvin, probablemente generadas por vientos costeros a lo largo de Perú, fueron observados en junio, septiembre y noviembre, mostrando una influencia local de estas anomalías en la región.

Desde enero de 2024, la disminución de la actividad de ondas de Kelvin en el Pacífico ecuatorial central marcó una transición a condiciones frías, aunque estas no se extendieron significativamente hacia la costa debido a la presencia de ondas de surgencia generadas localmente. En Tongoy, un evento cálido en octubre de 2024 fue identificado como un fenómeno muy local sin impacto en los índices climáticos generales. Las anomalías en la TSM y el nivel del mar continúan reflejando la interacción de dinámicas regionales y locales, manteniéndose en gran parte cercanas al promedio histórico.

Entre septiembre y noviembre de 2024 se observó una alta variabilidad de escala sinóptica en la magnitud y dirección de los vientos en la región oceánica frente a Coquimbo. Mientras en septiembre los vientos favorables a la surgencia superaron los 10 m/s , con valores máximos a principios del mes de 14 m/s frente a Punta Lengua de Vaca y a otras localidades expuestas al océano abierto; en octubre las magnitudes del viento promediaron entre 6 y 7 m/s con direcciones variables asociadas al paso de sistemas frontales.



Los vientos favorables a la surgencia se recuperan en noviembre, salvo por la irrupción de una vaguada costera a mediados de mes. A fines de noviembre se observó un extenso periodo de viento sur superior a 6 m/s que se prolongó hasta el 4 de diciembre, caracterizado por su alta intensidad y larga duración. Este evento estuvo acompañado de un descenso significativo en las temperaturas superficiales del mar, que se mantuvieron bajas desde el 19 de noviembre hasta el 8 de diciembre.

Consistente con la estación de primavera, se observó un aumento progresivo de la TSM satelital con valores entre 12 y 14 °C durante la primera mitad del trimestre. Coincidiendo con los periodos en que dominaron los vientos del sur, se observan a nivel costero, frentes de surgencia, contrastando con octubre cuando la actividad frontal favoreció el arribo hacia la costa de aguas superficiales más cálidas.

Las observaciones costeras de TSM muestran que la parte norte de la región presentó valores levemente superiores a los históricos durante los periodos de actividad frontal. En contraste, la parte sur de la Región mostró valores de TSM por debajo de los promedios históricos en periodos de surgencia intensa.

Las concentraciones satelitales de clorofila muestran, junto con el aumento estacional de primavera esperado en la actividad fitoplanctónica, una variabilidad espacio-temporal estrechamente modulada por la intensidad de la surgencia. En septiembre, las mayores concentraciones ($>5 \text{ mg/m}^3$) se registraron en áreas interiores como la bahía de Coquimbo, extendiéndose posteriormente hacia el norte frente a las costas de Atacama. Durante octubre, estas concentraciones disminuyeron debido a la influencia de sistemas de baja presión que debilitan los vientos favorables a la surgencia. Finalmente, en noviembre, el restablecimiento de estos vientos permitió un nuevo aumento de clorofila, alcanzando valores superiores a 9 mg/m^3 en sectores como la bahía de Coquimbo, Huentelauquén y Los Vilos.

En cuanto a observaciones locales, la estación meteorológica automática en Punta de Choros registró vientos favorables a la surgencia (componentes del S y SO) un 89% del tiempo, en

acuerdo con las mediciones satelitales. Los vientos del NW asociados a perturbaciones frontales y a la entrada de nubosidad baja durante la ocurrencia de bajas costeras presentaron velocidades cercanas a 1 m/s.

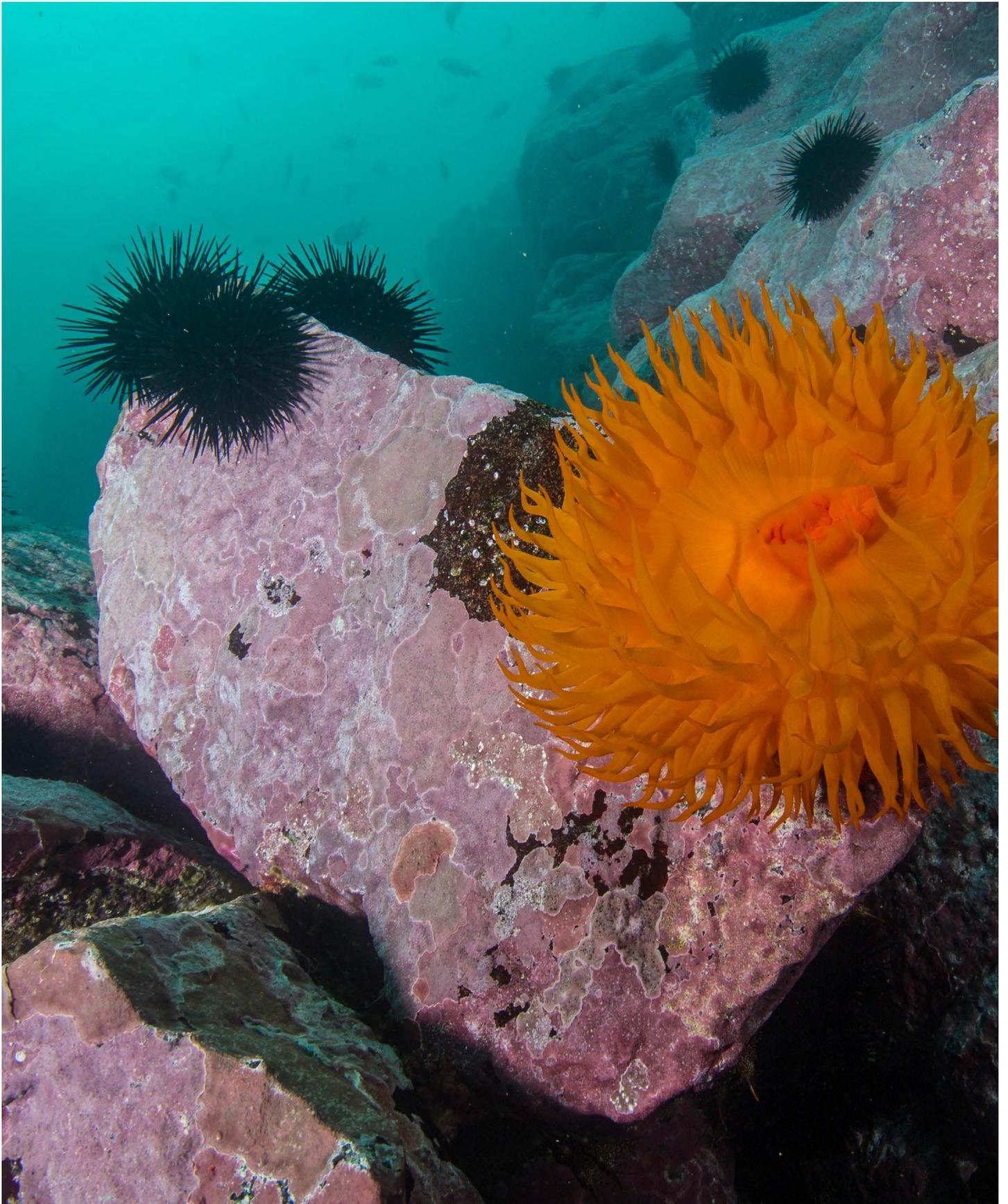
El índice de surgencia derivado del viento muestra tres periodos con transportes de 16.7, 11.3 y $8.8 \text{ m}^3/\text{s}$ entre el 1-9 y el 19-27 de septiembre y entre el 3-11 de noviembre respectivamente. Estos eventos fueron superiores en magnitud a lo observado durante el mismo periodo en el año 2023 caracterizado por condiciones El Niño. Por su parte, el índice de surgencia a partir de anomalías de la TSM destaca los mayores periodos de enfriamiento del 2-18 de septiembre y 14-18 de noviembre, con duraciones de 16 y 9 días, respectivamente.

El viento en Punta Lengua de Vaca también registró el dominio de vientos favorables a la surgencia durante un 86% del tiempo, alcanzando velocidades superiores a 8 m/s en varios eventos de los meses de septiembre y noviembre.

La temperatura del mar en la bahía de Tongoy registró en general valores cercanos al promedio histórico con desviaciones de $\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ (21 al 27 de septiembre/ 28 de octubre al 3 de noviembre).

Respecto del oxígeno disuelto, cabe destacar el desarrollo de anomalías positivas durante los periodos de debilitamiento del viento sur. Anomalías negativas por debajo del umbral de 3 ml/l (eventos severos de hipoxia) solo se observaron al final del trimestre en respuesta a la intensificación del viento sur.

El índice de surgencia basado en el viento observado en la bahía de Tongoy identificó tres periodos, notoriamente superiores a lo observado a igual trimestre del 2023, que acumularon transportes de $79 \text{ m}^3/\text{s}$ en septiembre y noviembre. Además, el índice de surgencia basado en anomalías de TSM registró tres eventos importantes de enfriamiento, destacando uno de 20 días entre noviembre y diciembre, con una anomalía de $9.28 \text{ }^\circ\text{C}$ y enfriamiento integrado de $16.79 \text{ }^\circ\text{C}$, asociado a un extenso periodo de viento sur. Otros dos eventos menores ocurrieron en octubre y noviembre, con enfriamientos integrados de hasta $3.01 \text{ }^\circ\text{C}$.





» MENSAJES DESTACADOS



1 Durante el trimestre septiembre a noviembre de 2024 la temperatura en el Pacífico ecuatorial y suroriental se mantuvo cercana al promedio histórico, al igual que lo observado durante el periodo anterior. Estas condiciones corresponden a la fase neutra de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) en la región.

2 En la costa de la Región de Coquimbo las temperaturas se mantuvieron cercanas al promedio histórico manteniéndose igualmente las condiciones ENOS neutrales del trimestre anterior.

3 A partir de diciembre, las temperaturas en el Pacífico ecuatorial indicaron la presencia de condiciones de La Niña. Actualmente, estas condiciones persisten y se espera que continúen hasta el período febrero-abril de 2025, con una probabilidad del 59%. Posteriormente, se proyecta una transición hacia una fase neutra ENOS durante los meses de marzo a mayo de 2025, con una probabilidad del 60%.

4 El trimestre de septiembre a noviembre de 2024 se caracterizó por la prevalencia de vientos favorables a la surgencia y el aumento de la radiación solar, lo que promovió altas concentraciones de clorofila. Sin embargo, durante octubre, el paso de sistemas de baja presión redujo la intensidad de estos vientos, limitando la surgencia costera y disminuyendo temporalmente la productividad primaria en la región.

5 Los vientos favorables a la surgencia generaron un mayor transporte durante el trimestre 2024 en contraste al trimestre anterior y al mismo periodo del año anterior bajo condiciones El Niño. Así mismo, las concentraciones de oxígeno y clorofila en la bahía de Tongoy fueron en promedio mayores, lo que se corresponde al cambio de fase del Niño a condiciones ENOS neutrales.

6 Durante el trimestre no se observaron eventos de hipoxia (concentración de oxígeno < 3 ml/L), salvo los últimos días de noviembre, en que se registraron 3 días continuos con bajas concentración de oxígeno.

» 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.

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)

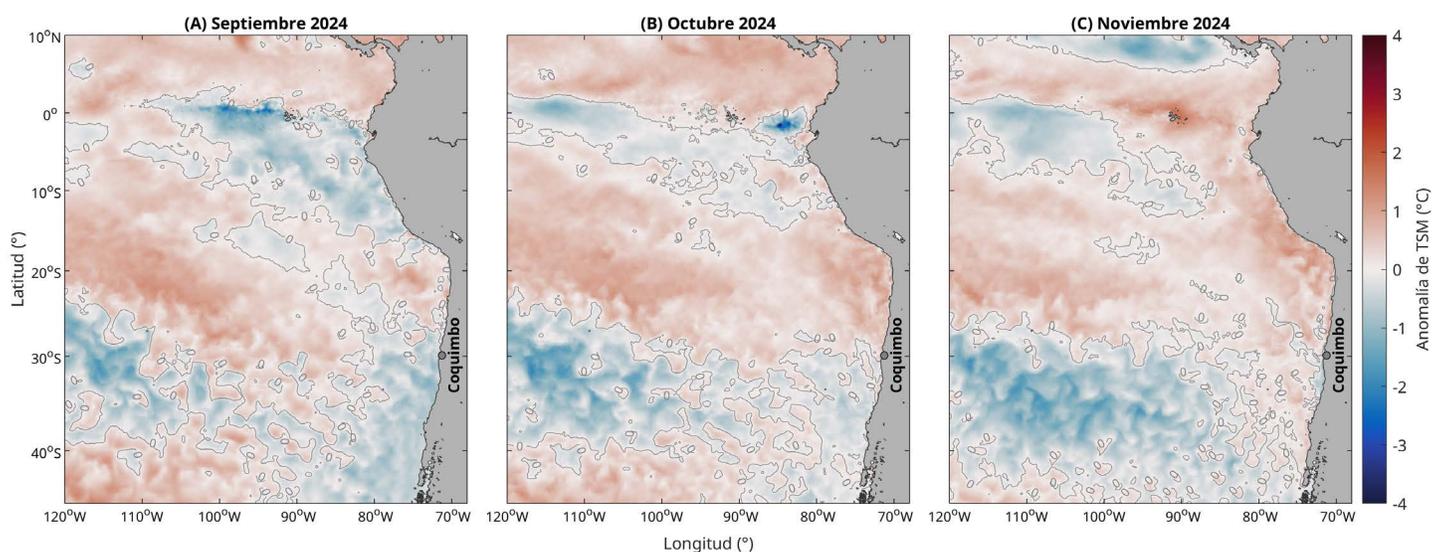


Figura 1. Anomalia mensual de la temperatura superficial del mar (TSM) de (A) Septiembre, (B) Octubre y (C) Noviembre de 2024 para la costa occidental de Sudamérica. Las anomalías de TSM se calculan con respecto al periodo 2007-2022. Los colores rojos en el mapa indican zonas en las que la TSM mostró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

Durante el trimestre analizado, se observaron anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) menores a 1 °C en gran parte del Pacífico suroriental, manteniendo un patrón similar al del trimestre anterior (ver figura 1). En la región ecuatorial, los valores mínimos cercanos a -1 °C en septiembre y octubre se transformaron en anomalías positivas en noviembre, indicando condiciones neutras del ciclo ENOS. Entre las regiones de Tarapacá (~20°S)

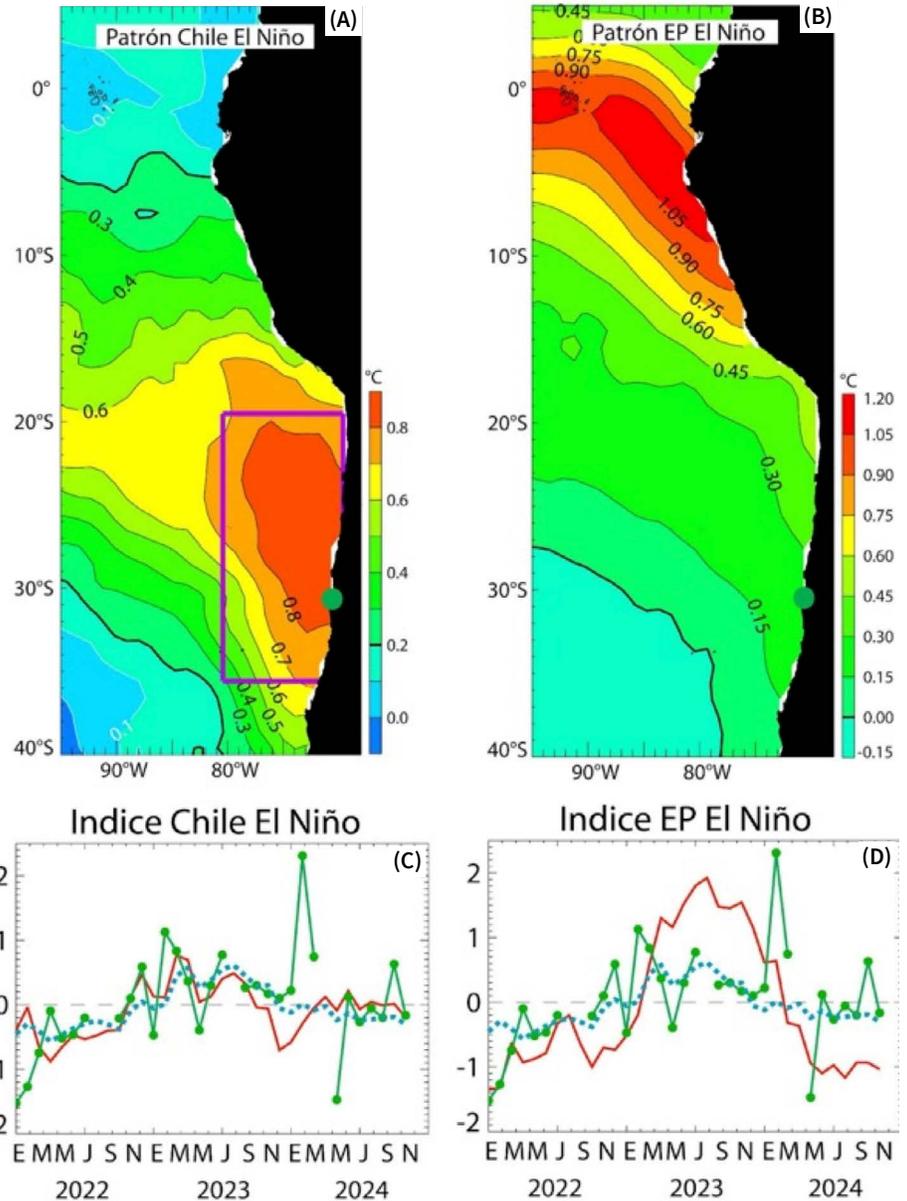
y Los Ríos (~40°S), una banda de anomalías frías en el océano abierto superó los -1 °C en noviembre, mientras que frente a las costas de Coquimbo, las anomalías se tornaron levemente positivas con el avance de los meses. A nivel local, las anomalías frente a Coquimbo registraron valores de -0,29 °C, 0,37 °C y 0,03 °C en septiembre, octubre y noviembre, respectivamente, reflejando una transición hacia condiciones neutras más cálidas en la costa.



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 enero de 2022 y noviembre de 2024. El modelo estadístico está basado en una regresión multilineal para las anomalías de TSM en Tongoy usando como predictores los dos índices climáticos (CEN y EN). (D) Comparación de la evolución del índice El Niño del Pacífico Este (en rojo) de las anomalías de la TSM en Tongoy para las observaciones (verde) y la solución de un modelo estadístico (azul) entre enero de 2022 y noviembre de 2024. 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. En octubre se registró un evento cálido en Tongoy, el cual no se reflejó en el índice CEN, lo que sugiere que se trató de un fenómeno muy 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

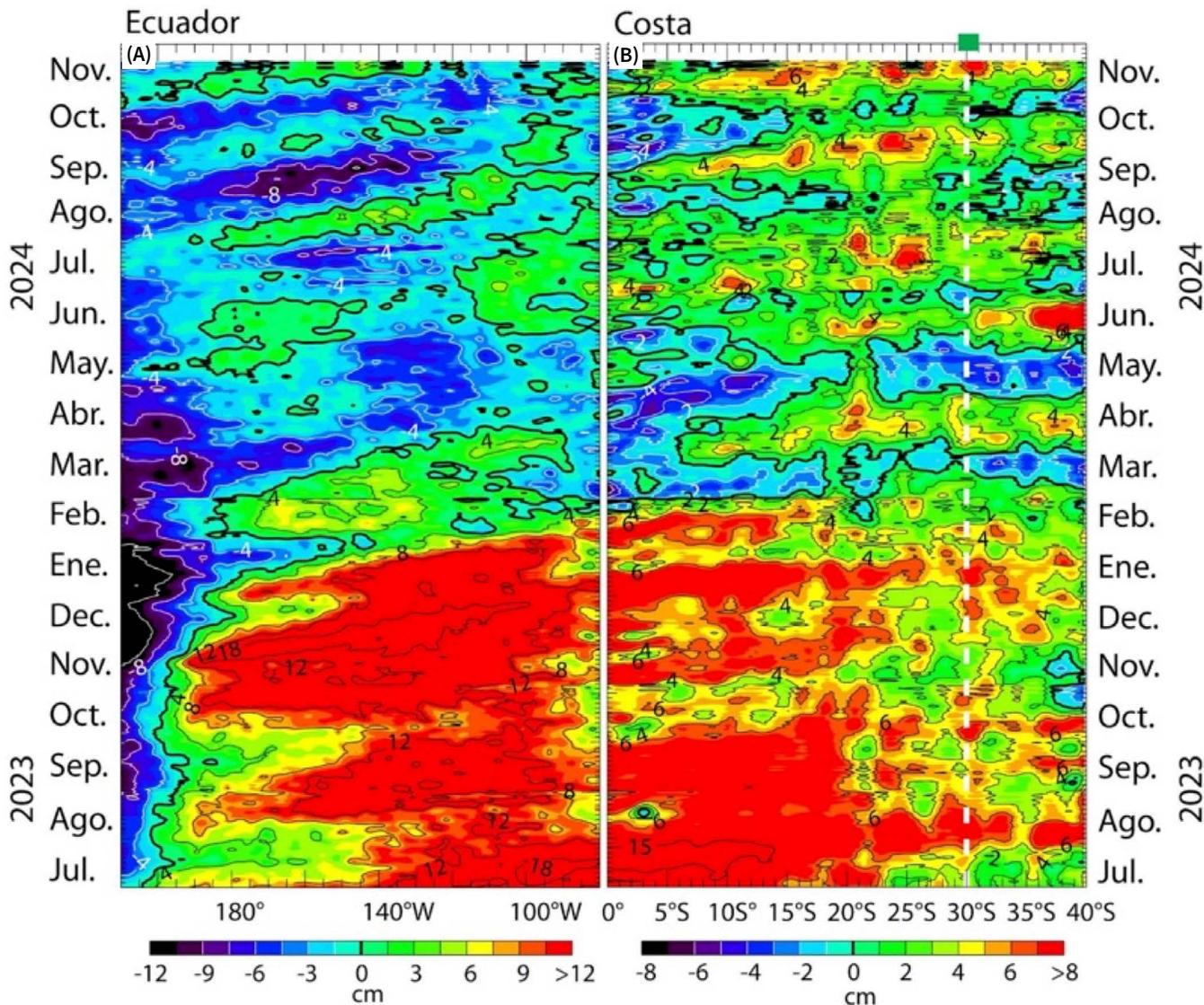
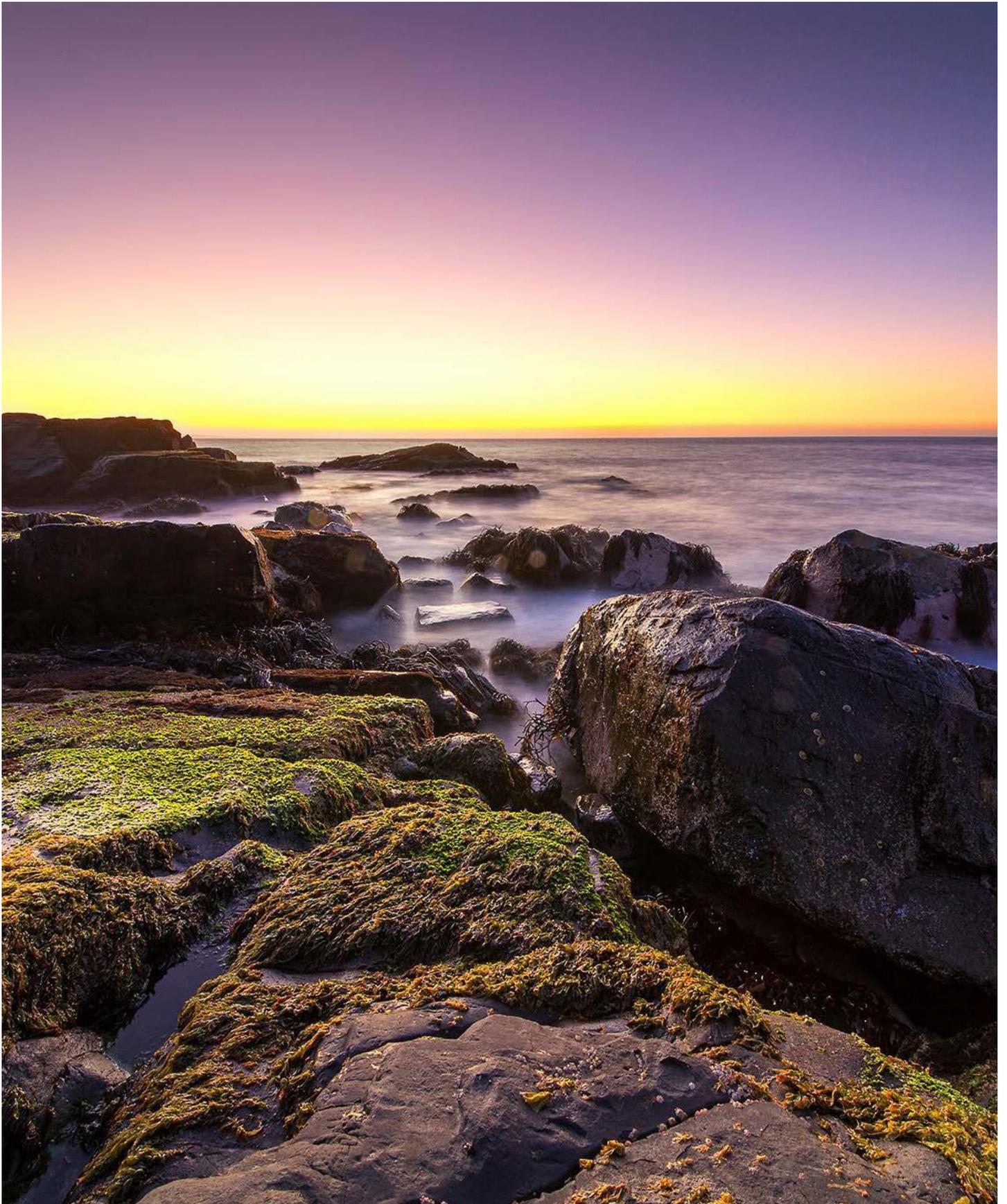


Figura 3: Evolución de las anomalías del nivel del mar a lo largo (A) del ecuador y (B) de la costa para el período comprendido entre el 1 julio de 2023 al 25 de noviembre de 2024. Los cambios en el nivel del mar se muestran en centímetros (cm).

La evolución de la actividad de ondas de Kelvin ecuatoriales indican que desde enero de 2024, hemos entrado en un periodo neutro a frío con una disminución de la actividad de ondas. 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. En su lugar, pulsos de anomalías positivas en el nivel del mar alcanzaron la latitud de Coquimbo en los meses de junio, septiembre y noviembre (ver figura 3). 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.



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





Velocidad y dirección del viento

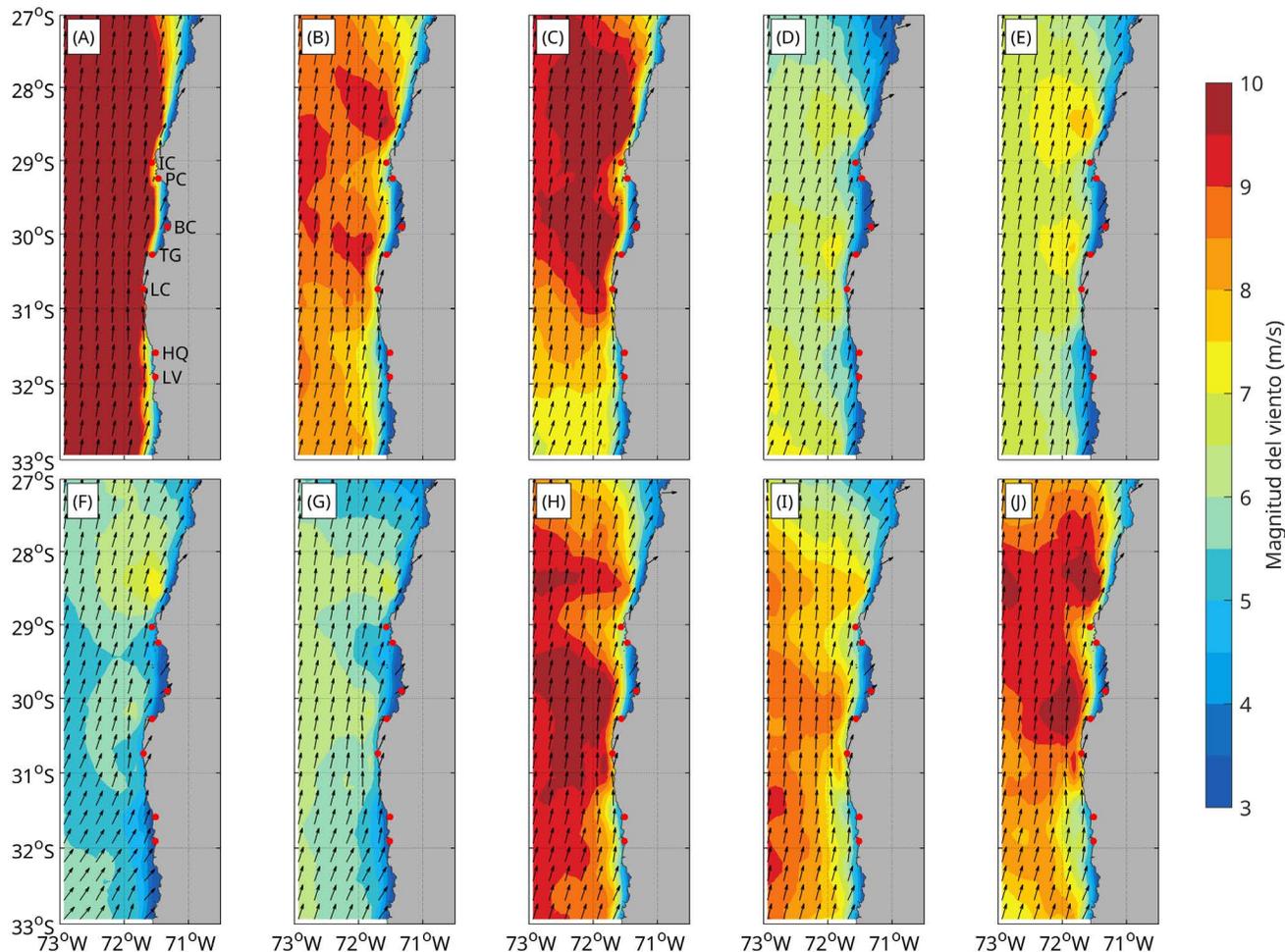


Figura 4. Promedio de la velocidad (m/s) y dirección de viento estimada a través de la observación satelital a 10 metros sobre el nivel del mar frente a la Región de Coquimbo, desde el 1 de junio de 2024 al 29 de agosto de 2024. Cada imagen muestra el promedio para ambas variables (velocidad y dirección de viento) para un periodo de 9 días. (A) 1 a 9 de septiembre de 2024, (B) 10 a 18 de septiembre de 2024, (C) 19 a 27 de septiembre de 2024, (D) 28 de septiembre a 6 de octubre de 2024, (E) 7 a 15 de octubre de 2024, (F) 16 a 24 de octubre de 2024, (G) 25 de octubre a 2 de noviembre de 2024, (H) 3 a 11 de noviembre de 2024, (I) 12 a 20 de noviembre de 2024, y (J) 21 a 29 de noviembre de 2024. 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 septiembre a noviembre de 2024, los vientos en la región oceánica frente a Coquimbo mostraron una alta variabilidad sinóptica. En septiembre (Figura 4A-C), los vientos favorables a la surgencia alcanzaron magnitudes superiores a 10 m/s en gran parte de la región, con valores máximos de 14 m/s frente a Punta Lengua de Vaca entre el 1 y el 9 de septiembre. En octubre (Figura 4D-G), las magnitudes del viento disminuyeron notablemente, promediando entre 6 y 7 m/s, como resultado del paso de diversos sistemas de baja presión que debilitaron el viento característico de

este período. Durante noviembre (Figura 4H-J), los vientos favorables a la surgencia se intensificaron nuevamente, con magnitudes que superaron los 8 m/s y máximos por encima de los 10 m/s frente a Punta Lengua de Vaca. Sin embargo, entre el 12 y el 20 de noviembre (Figura 4I), la presencia de una vaguada costera provocó una leve disminución en las intensidades del viento debilitando el promedio de ese periodo, el cual fue reestablecido para el periodo siguiente (Figura 4J)

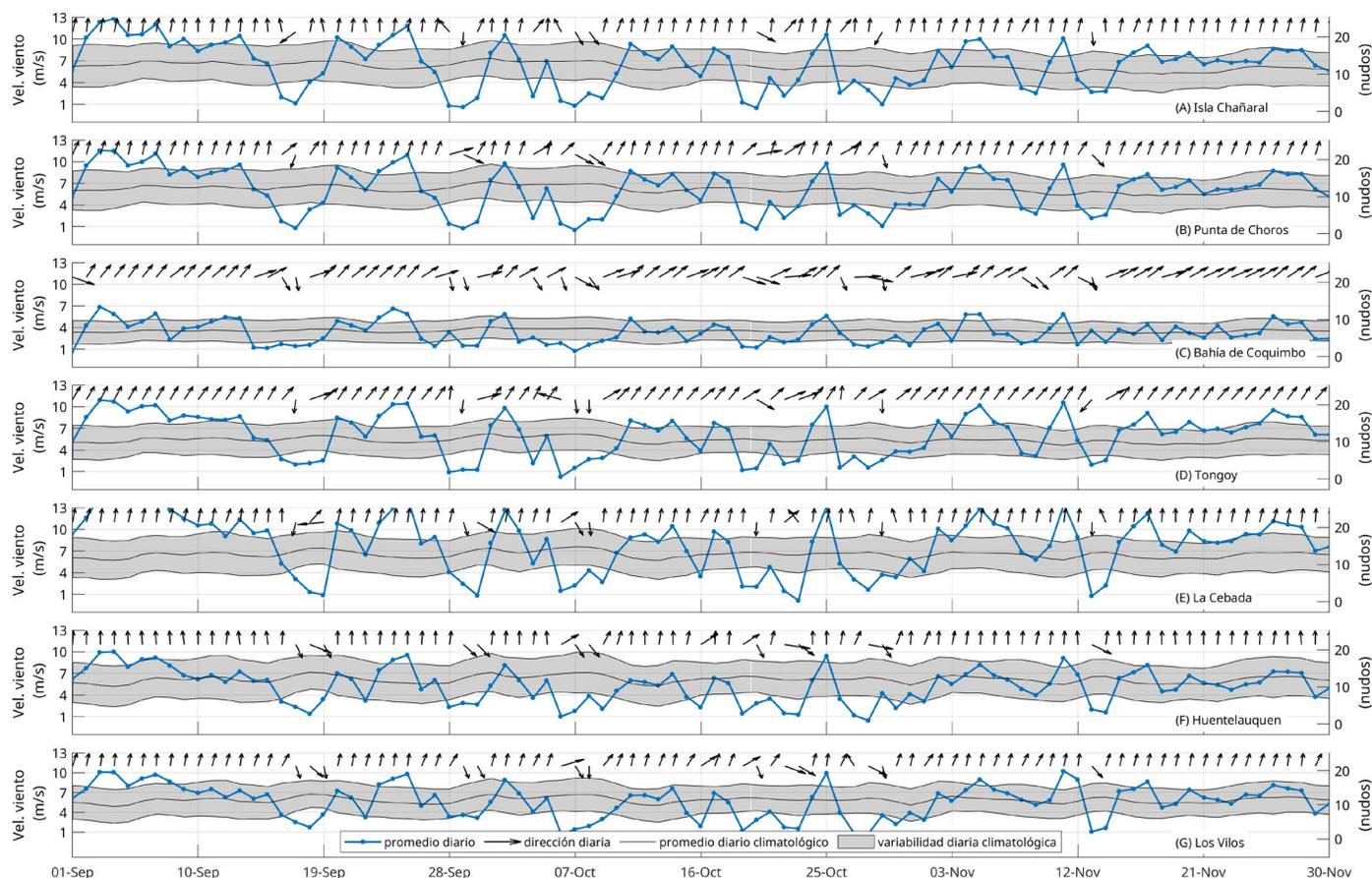


Figura 5. Series diarias de la velocidad (curva azul) y dirección (vectores) del viento promedio diario satelital (m/s y nudos) para las localidades de (A) Isla Chañaral, (B) Punta de Choros, (C) Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos desde el 1 de septiembre al 30 de noviembre de 2024 (curva azul punteada). Adicionalmente, se incluye el promedio diario histórico de velocidad de viento (curva negra) y su desviación estándar (sombreado azul) respecto al período histórico comprendido entre el año 2008 y 2022.

Las mediciones satelitales del viento en las localidades costeras de la Región de Coquimbo indican una importante variabilidad sinóptica para el trimestre septiembre - noviembre de 2024. En septiembre, se registraron vientos consistentes con condiciones favorables a la surgencia, con magnitudes superiores a los 10 m/s en localidades con mayor exposición como Isla Chañaral (Figura 5A), Punta de Choros (Figura 5B) y La Cebada (Figura 5E). Durante octubre, se observaron eventos de viento con magnitudes inferiores al promedio climatológico en todas las estaciones analizadas, asociados al paso de sistemas de baja presión que no solo debilitan los vientos del sur favorables a la surgencia, sino que en algunos casos cambiaron son acompañados por viento norte, como ocurrió durante los periodos de 6-9 de

octubre, 19-22 de octubre y 26-29 de octubre. Este tipo de eventos también se observó entre el 17-19 de septiembre y 13-14 de noviembre. En noviembre, los vientos mostraron una mayor estabilidad, manteniéndose dentro de los valores climatológicos y favoreciendo nuevamente la surgencia en la mayoría de las localidades.

La dirección del viento fue predominantemente favorable a la surgencia durante el trimestre, con porcentajes de ocurrencia del 92.2% en Isla Chañaral, Punta de Choros y Tongoy, del 90% en La Cebada, y del 85.6% en Huentelauquén y Los Vilos, mientras que Bahía de Coquimbo registró un valor menor, del 76.7%.



Temperatura superficial del mar (TSM)

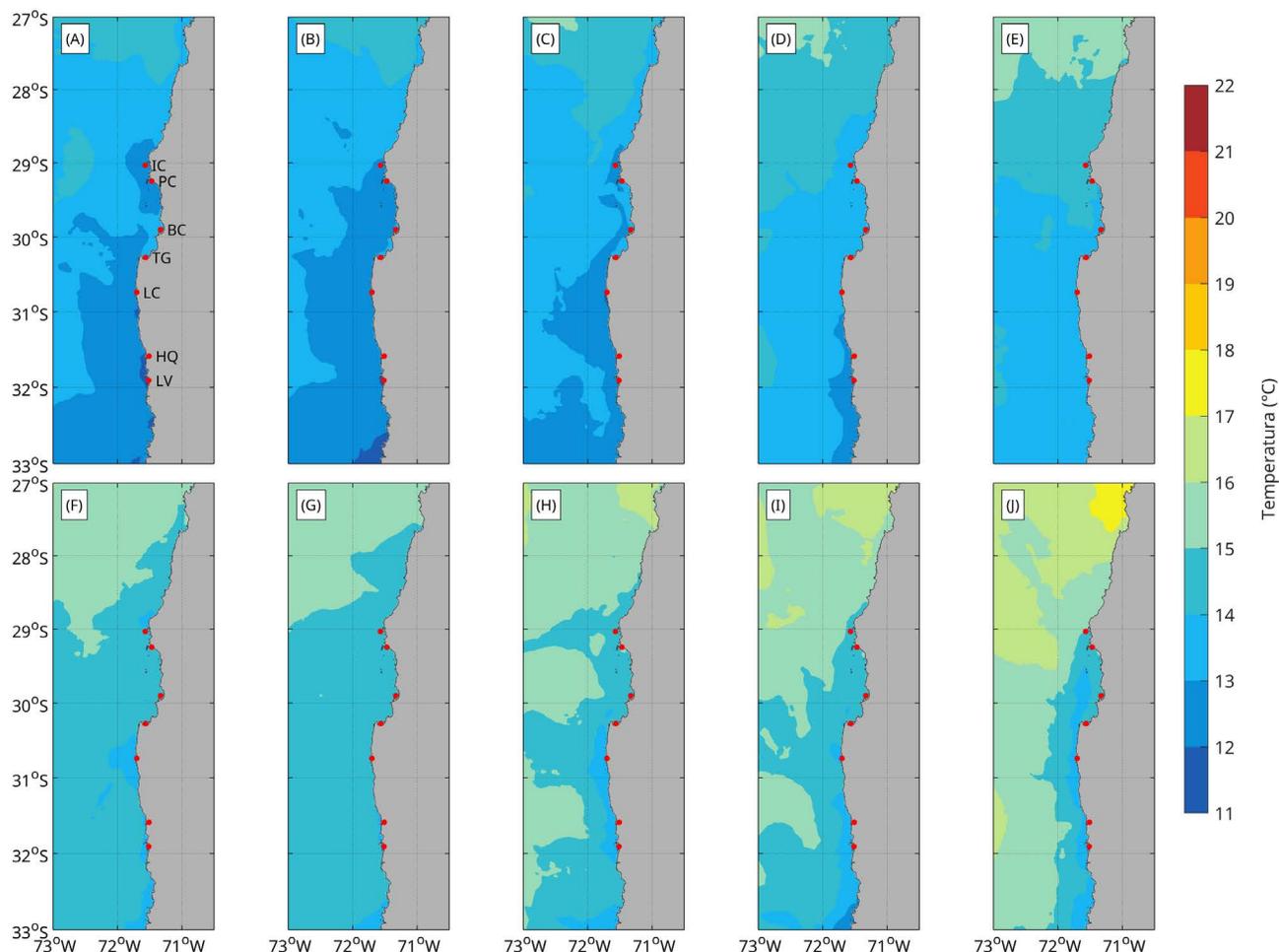


Figura 6. Temperatura superficial del mar (TSM) (°C) estimada a través de la observación satelital de la superficie oceánica frente a la Región de Coquimbo desde el 1 de junio de 2024 al 29 de agosto de 2024. Cada imagen muestra el promedio para la TSM para un período de 9 días. (A) 1 a 9 de septiembre de 2024, (B) 10 a 18 de septiembre de 2024, (C) 19 a 27 de septiembre de 2024, (D) 28 de septiembre a 6 de octubre de 2024, (E) 7 a 15 de octubre de 2024, (F) 16 a 24 de octubre de 2024, (G) 25 de octubre a 2 de noviembre de 2024, (H) 3 a 11 de noviembre de 2024, (I) 12 a 20 de noviembre de 2024, y (J) 21 a 29 de noviembre de 2024. 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 septiembre a noviembre presentó un aumento general progresivo, típico de este periodo debido al aumento en la radiación solar. La temperatura promedio osciló entre los 12 a los 14°C durante los primeros 45 días (Figura 6A-E), mientras que en la segunda mitad del trimestre la temperatura osciló entre los 14 y 17°C (Figura 6F-G). A nivel costero, se observa una lengua de agua más fría entre el 1 de septiembre y el 27

de septiembre (Figura 6A-C) y entre el 3 y 29 de noviembre (Figura 6H-J) coincidiendo con los periodos en los que el viento fue favorable a la surgencia (Figura 4). Por el contrario durante octubre (Figura 6D-G) la temperatura superficial se mantiene bastante homogénea lo que puede atribuirse a una mayor mezcla superficial y a una disminución en la surgencia debido al paso de sistemas de baja presión que modifican los patrones de viento.

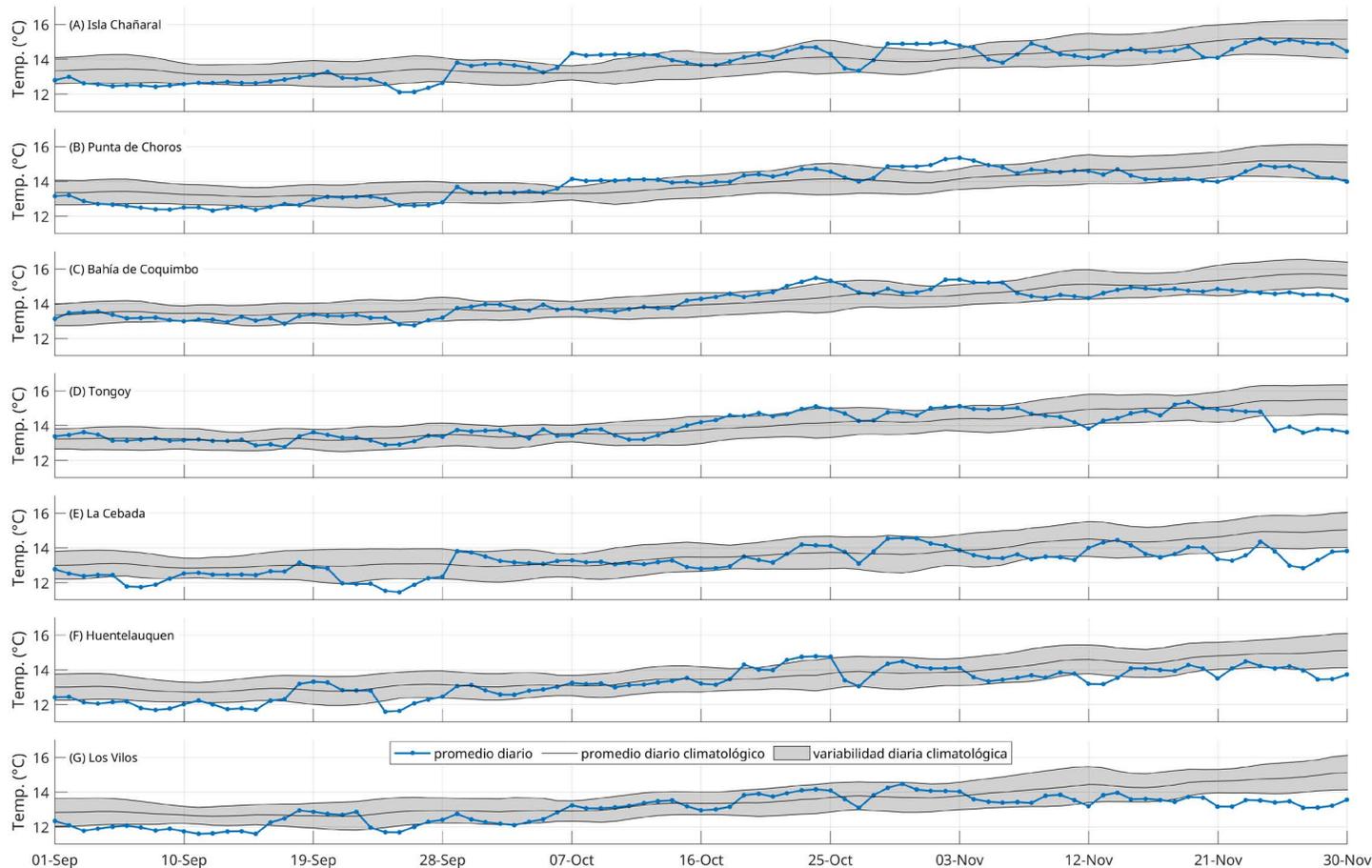


Figura 7. Series diarias de la temperatura superficial del mar (TSM) (°C) para las localidades de (A) Isla Chañaral, (B) Punta de Choros, (C) bahía de Coquimbo, (D) bahía de Tongoy, (E) La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos desde el 1 de septiembre al 30 de noviembre de 2024 (curva azul punteada). Promedio diario histórico de TSM (curva negra) y desviación estándar (sombreado azul) calculados entre 2003 y 2022.



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

A nivel costero, la temperatura se mantuvo dentro de los promedios históricos en la mayor parte del trimestre con una tendencia al aumento debido a la mayor radiación solar disponible en contraste con el trimestre anterior. Las localidades costeras de Isla Chañaral y Punta de Choros (Figura 7A y 7B) presentaron valores diarios superiores a los valores históricos durante los periodos comprendidos entre el 7 y el 11 de octubre y el 29 de octubre y el 3 de noviembre, periodos que coinciden con el paso de sistemas de baja presión que pueden provocar aumentos de temperatura debido a la interrupción de los procesos de surgencia.

Por el contrario, las estaciones de la Cebada, Huentelauquén y Los Vilos (Figuras 7E, 7F y 7G) mostraron valores de temperatura menores a los promedios históricos durante algunos periodos de septiembre, y hacia finales de noviembre. Esto se atribuye al gradiente latitudinal de temperatura, más cálido hacia el norte, producto del avance de la primavera y el incremento de la radiación solar.



Clorofila superficial

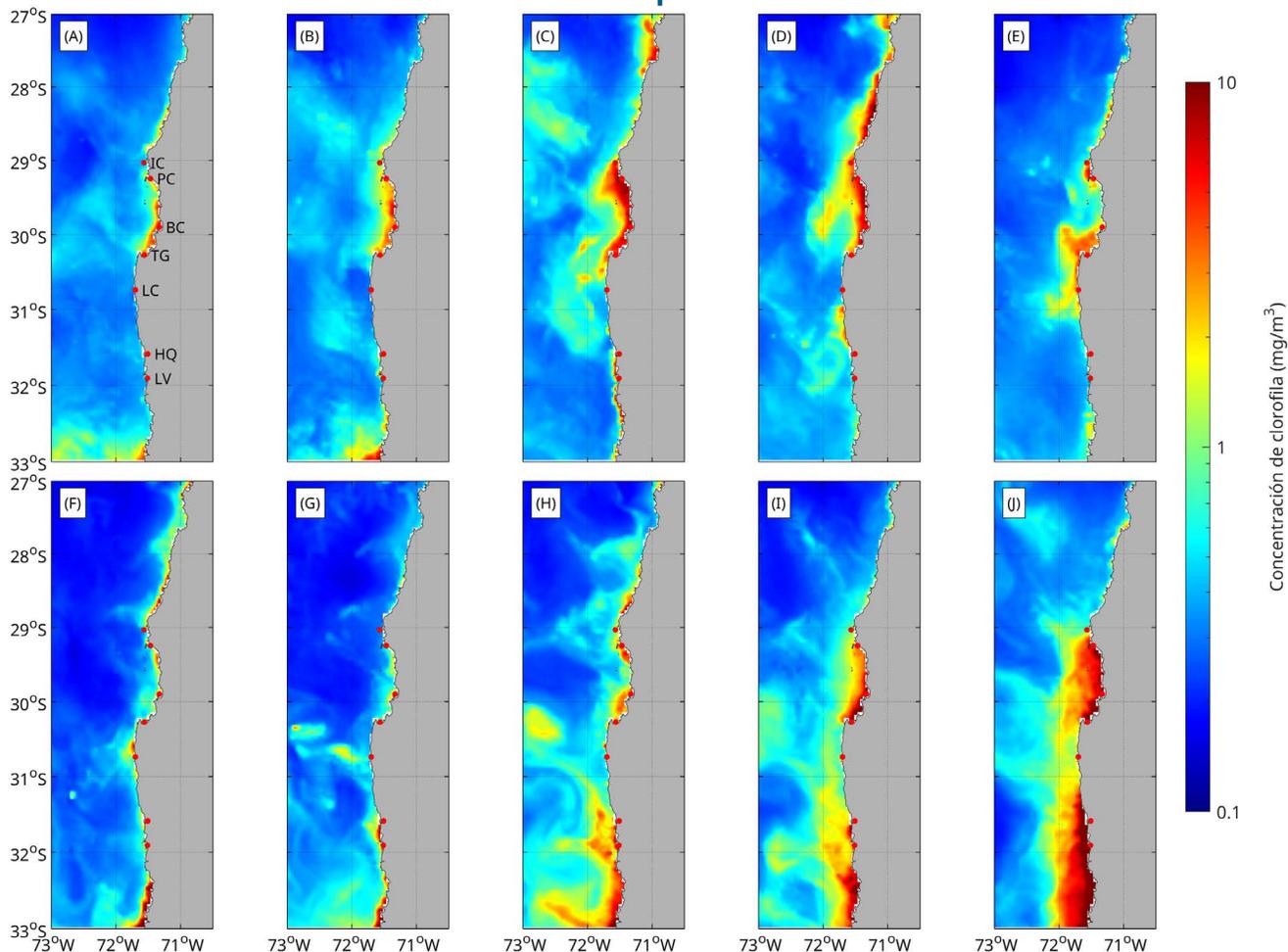


Figura 8. Concentración de clorofila superficial estimada a través de observaciones satelitales (mg/m^3) para la Región de Coquimbo desde el 1 de septiembre de 2024 al 29 de noviembre de 2024. Cada imagen muestra el promedio para la concentración de clorofila para un período de 9 días. (A) 1 a 9 de septiembre de 2024, (B) 10 a 18 de septiembre de 2024, (C) 19 a 27 de septiembre de 2024, (D) 28 de septiembre a 6 de octubre de 2024, (E) 7 a 15 de octubre de 2024, (F) 16 a 24 de octubre de 2024, (G) 25 de octubre a 2 de noviembre de 2024, (H) 3 a 11 de noviembre de 2024, (I) 12 a 20 de noviembre de 2024, y (J) 21 a 29 de noviembre de 2024. 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 en la región muestra un aumento progresivo en la actividad fitoplanctónica a lo largo del trimestre, consistente con el fortalecimiento de los vientos favorables a la surgencia y el incremento de la radiación solar. Durante septiembre (Figura 8A-C), se registran mayores concentraciones de clorofila en las áreas interiores, destacando la bahía de Coquimbo, donde se alcanzan valores superiores a $5 \text{ mg}/\text{m}^3$ entre el 19 y el 27 de septiembre. Entre el 28 de septiembre y el 6 de octubre (Figura 8D), estas concentraciones sobre $5 \text{ mg}/\text{m}^3$ también se extienden hacia la región al norte de la bahía de Coquimbo, frente a las costas de Atacama. Posteriormente, entre el 7 y el 25 de octubre (Figura 8E-G) se observa una disminución continua de las concentraciones de clorofila lo que se atribuye al paso de diversos sistemas de baja presión que modifican la dirección y magnitud del viento, disminuyendo los vientos favorables a la surgencia. Finalmente, durante noviembre, las concentraciones de clorofila vuelven a aumentar con el restablecimiento de los vientos favorables a la surgencia, alcanzando valores superiores a $9 \text{ mg}/\text{m}^3$ en el interior de la bahía de Coquimbo y frente a las costas de Huentelauquén y Los Vilos.



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

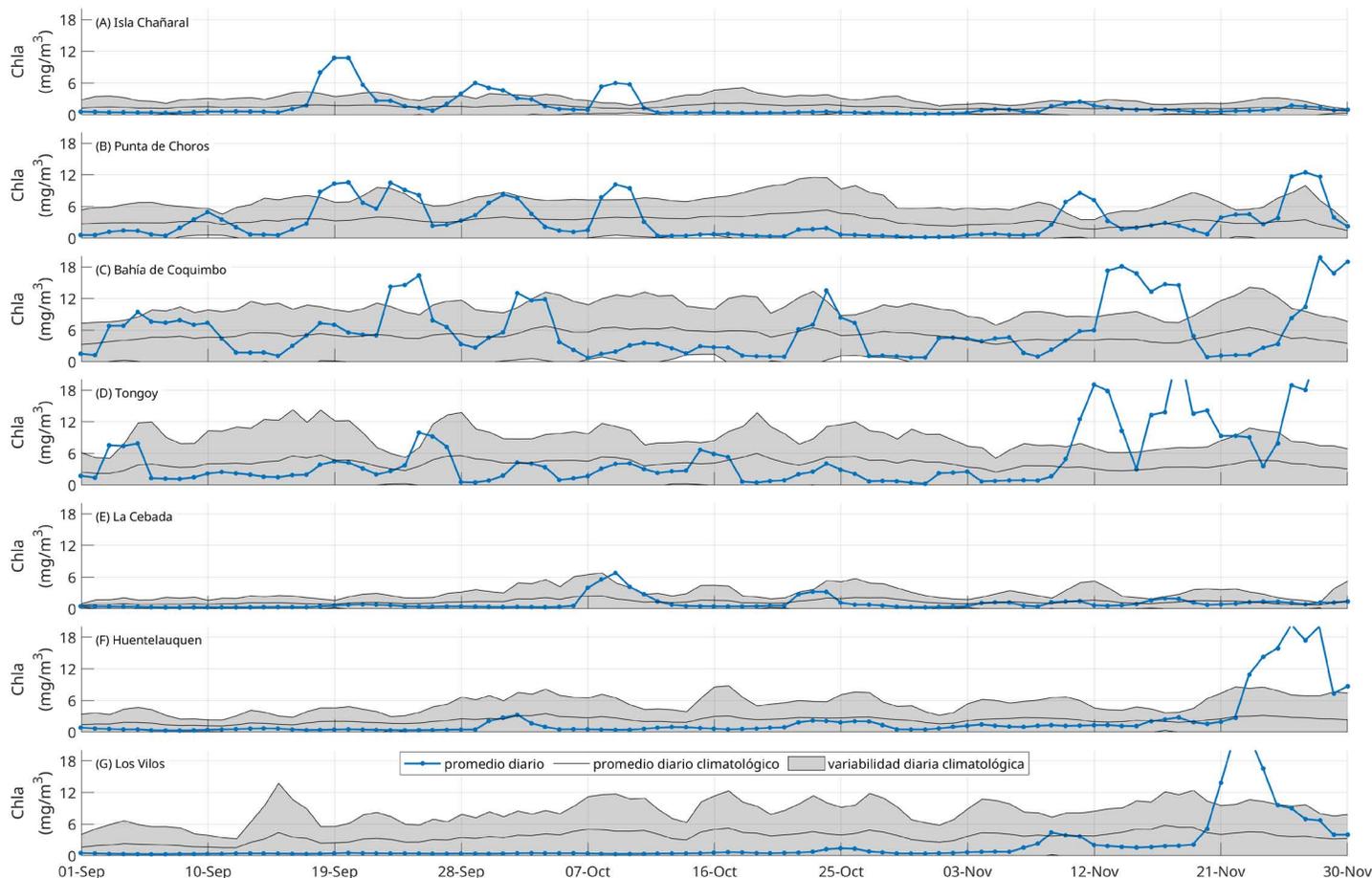


Figura 9. Series diarias de clorofila satelital (superficial) (mg/m^3) para las localidades de (A) Isla Chañaral, (B) Punta de Choros, (C) Bahía de Coquimbo, (D) Bahía de Tongoy, (E) La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos entre el 1 de septiembre de 2024 al 30 de noviembre del 2024. Se muestran los datos diarios de clorofila (curva azul punteada), el promedio diario histórico (línea negra) y su desviación estándar (sombreado azul) calculados entre 1998 y 2022.

A nivel local, se observa una marcada variabilidad en las concentraciones de clorofila durante el trimestre septiembre-noviembre de 2024. Tanto Isla Chañaral (Figura 9A) como Punta de Choros (Figura 9B) presentaron un máximo entre el 18 y el 21 de septiembre, con valores que superaron los $10 \text{ mg}/\text{m}^3$, seguidos por nuevos máximos de menor intensidad, superiores a los $6 \text{ mg}/\text{m}^3$ en ambos casos. Estos eventos excedieron los valores históricos registrados para estas estaciones. En Punta de Choros, se identificaron además dos máximos al final del periodo: entre el 10 y el 12 de noviembre, con valores de $8.5 \text{ mg}/\text{m}^3$, y entre el 26 y el 28 de noviembre, donde se alcanzó $12.5 \text{ mg}/\text{m}^3$. La bahía de Coquimbo (Figura 9C) mostró concentraciones dentro de los rangos esperados para el periodo, con máximos superiores a $12 \text{ mg}/\text{m}^3$ durante los días 23, 24 y 25 de septiembre, así como el 2 y 24 de octubre. Sin embargo, se

registraron dos eventos excepcionales por encima de los valores históricos, entre el 13 y el 18 de noviembre y del 28 al 30 de noviembre. En Tongoy, las concentraciones también oscilaron dentro de los valores históricos para el periodo ($0\text{-}12 \text{ mg}/\text{m}^3$), excepto en noviembre, cuando se observaron valores superiores a $18 \text{ mg}/\text{m}^3$. Destacan los máximos registrados los días 12, 18 y posteriormente el 26 de noviembre, alcanzando concentraciones sobre $25 \text{ mg}/\text{m}^3$ el 30 de noviembre. Por otro lado, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos presentaron concentraciones cercanas a cero, lo que es consistente con los valores típicos de La Cebada, pero no con lo esperado para Huentelauquén y Los Vilos, donde las concentraciones históricas suelen fluctuar alrededor de los $3 \text{ mg}/\text{m}^3$. Al final del periodo, posterior al 22 de noviembre, se registró un bloom consistente con lo observado en otras estaciones, con concentraciones superiores a $18 \text{ mg}/\text{m}^3$ en Huentelauquén y Los Vilos.

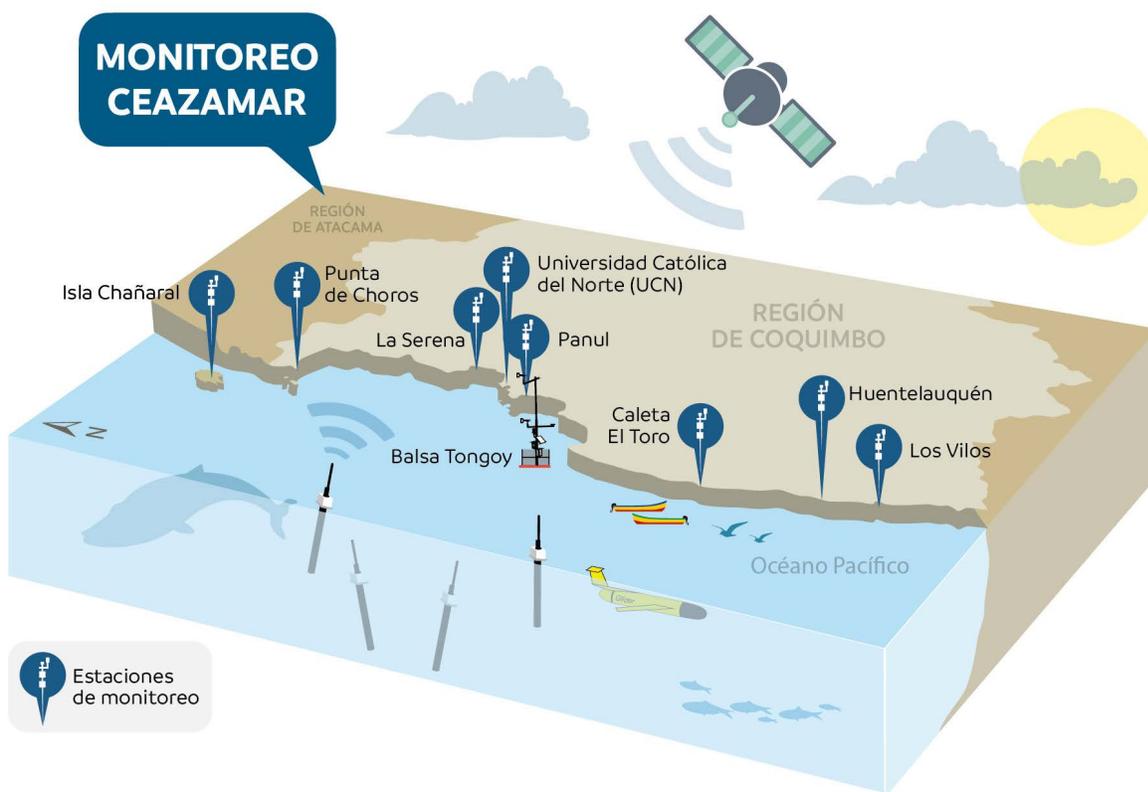


Observaciones locales

» 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

Similarmente a lo observado en las mediciones satelitales de viento, los vientos medidos desde la costa en la Estación Meteorológica Automática (EMA) CEAZAMET de Punta de Choros presentaron vientos principalmente favorables a la surgencia (89% del trimestre), interrumpidas ocasionalmente por breves periodos de vientos con dirección hacia el sureste (~5% del trimestre). Estos eventos están asociados con la presencia de sistemas de baja presión en la costa y se caracterizan por una marcada disminución

en la magnitud del viento, llegando a valores cercanos a 1 m/s (ver figura 10). Ejemplos de estos periodos se observan entre el 6 y el 8 de octubre, el 19 de octubre, el 27 de octubre y el 13 de noviembre. Fuera de estos periodos, la magnitud de los vientos se mantuvo dentro del rango histórico con oscilaciones entre los 0 y los 5 m/s (~10 nudos), con algunos peaks destacables como los registrados entre el 2 y el 9 de septiembre, el 23 y el 25 de septiembre, y el 4 y el 5 de noviembre.

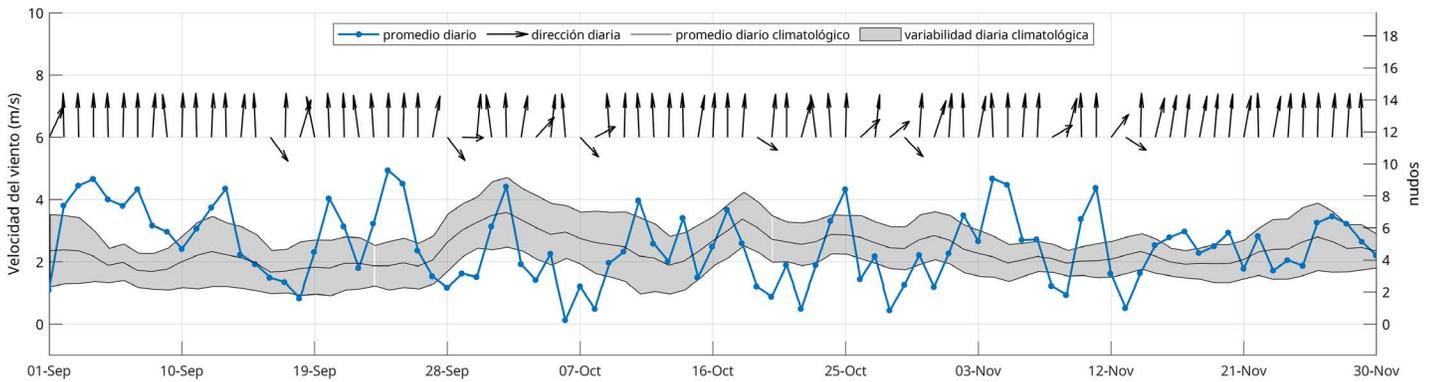


Figura 10. Serie diaria de la velocidad (curva azul punteada) y dirección (vectores) del viento promedio diario (m/s y nudos) medido por la estación CEAZAMET en la localidad de Punta de Choros desde el 1 de junio de 2024 al 31 de agosto de 2024. Adicionalmente, se incluye el promedio diario histórico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



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

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



Índice de surgencia

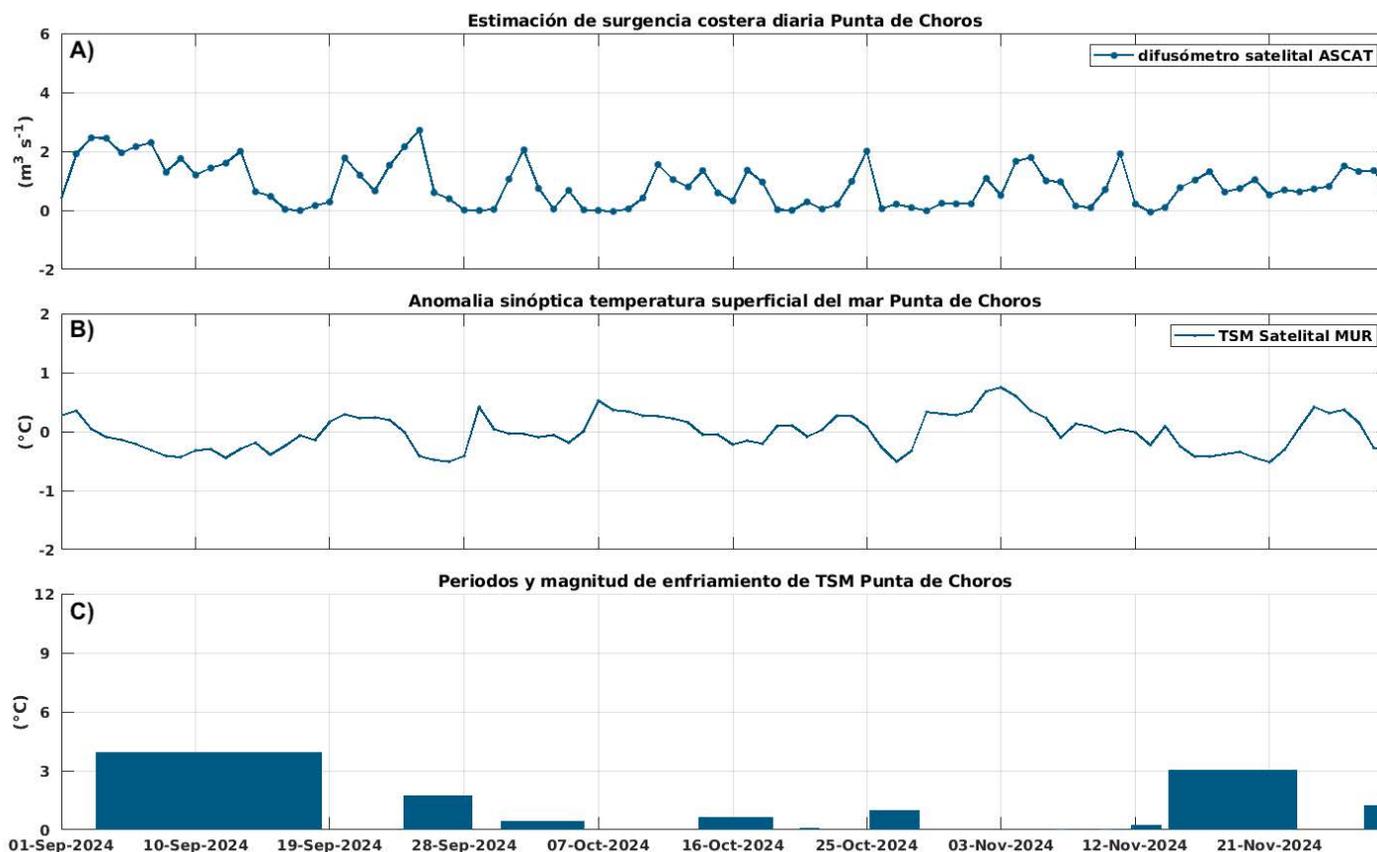


Figura 11. Indicadores de intensidad y duración de la surgencia costera en Punta de Choros entre el 1 de septiembre al 29 de noviembre de 2024. (A) Índice de surgencia costera (UI) estimado a partir del estrés del viento. (B) Anomalías sinópticas de la temperatura superficial del mar (TSM) ($^{\circ}C$). (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 11A), el índice derivado del viento registró tres periodos con transporte de surgencia de importancia, estos eventos se caracterizaron por su intensidad acumulando transporte de surgencia de 16.7, 11.3 y 8.79 m^3/s entre el 1 al 9 de septiembre, 19 al 27 de septiembre, y del 3 al 11 de noviembre, respectivamente. La comparativa con igual periodo del 2023 indica un nivel de la actividad del viento ligeramente superior a lo observado en el año anterior (ver boletín octubre 2023) acumulando un transporte de surgencia de 79 m^3/s el año 2023 versus 70 m^3/s durante el presente año.

Respecto a los índices obtenidos a partir de las anomalías de la temperatura superficial del mar (ver figura 11B y C), destacamos que los eventos más importantes de enfriamiento de la TSM se observaron entre el 2 al 18 de septiembre y desde el 14 al 18 de noviembre, durante los periodos de viento máximo antes indicado. Estos eventos de enfriamiento registraron una duración de 16 y 9 días, respectivamente acumulando una anomalía / enfriamiento de TSM de 3.94 / 2.22 $^{\circ}C$ y 3.03 / 1.15 $^{\circ}C$ respectivamente. Finalmente, a fines de noviembre e inicio de diciembre se observó otro evento de enfriamiento con una duración de 5 días, durante el último periodo de viento intenso a fines de noviembre, acumulando una anomalía / enfriamiento de TSM de 1.2 / 1.72 $^{\circ}C$.



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

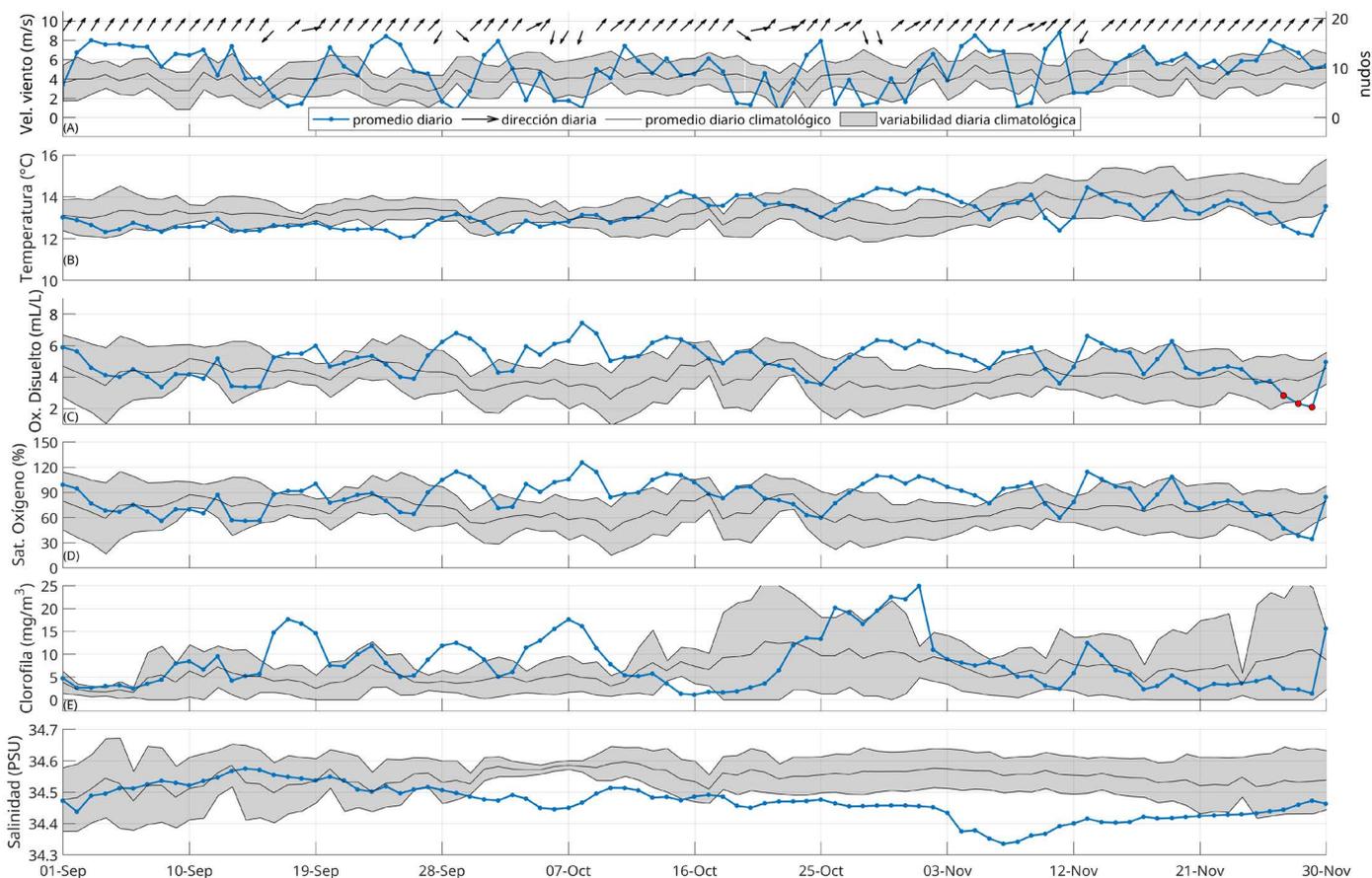


Figura 12. (A) Serie diaria de la velocidad (curva azul punteada) y dirección (vectores) del viento promedio diario satelital (m/s y nudos) en Punta Lengua de Vaca (PLV) desde el 1 de septiembre al 30 de noviembre de 2024. Promedio histórico diario (línea negra) y desviación estándar (sombreado azul) de la velocidad del viento en PLV calculados entre 2000 y 2022. (B) temperatura del agua (°C), (C) oxígeno disuelto (mL/L), (D) saturación de oxígeno (%), (E) clorofila (mg/m^3) y (F) salinidad (psu) registrados a 10 m de profundidad por la boyea CEAZA localizada en la bahía de Tongoy. 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 (85.7%). Esta surgencia se vio interrumpida por algunos eventos débiles de viento norte, producto del paso de diversos sistemas de baja presión como se observa el 17-18 de septiembre, 28-29 de septiembre y el 6-8 de octubre. Por el contrario, para los periodos comprendidos entre 2-7 de septiembre, 23-25 de septiembre, 4-6 de noviembre, y 10-11 de noviembre, se observó una serie de eventos de viento favorable a la surgencia que superan los valores históricos alcanzando velocidades superiores a los 8 m/s.

En lo que respecta a las variables oceanográficas, la temperatura del mar en la bahía de Tongoy exhibió valores dentro del promedio histórico, a excepción del periodo 21-27 de septiembre donde los valores son $\sim 1^\circ\text{C}$ más bajos que el promedio y en el periodo entre 28 de octubre al 3 de noviembre donde la temperatura fue $\sim 1^\circ\text{C}$ superior al promedio histórico (Figura 12B). Estos cambios en la temperatura se asocian a eventos con máximos de viento sur (surgencia) y viento norte respectivamente, debido a la dirección y magnitud de los vientos en los días previos y durante estos registros. El oxígeno durante el trimestre mostró una serie de eventos con valores sobre el promedio histórico,

como los registrados entre el 28 de septiembre al 10 de octubre y entre el 28 de octubre al 5 de noviembre (Figuras 12C-D). Estos eventos se asocian a cambios en la dirección del viento de sur a norte, los cuales suprimen la actividad de la surgencia costera e inducen el arribo de aguas superficiales desde el océano abierto hacia la costa, incrementando la oxigenación de la zona. Al final del periodo, entre los días 27 y 29 de noviembre se observaron concentraciones de oxígeno disuelto por debajo del umbral de 3 mL/L lo que corresponde a condiciones de alerta en la región. Este comportamiento es atribuido al aumento de la magnitud de los vientos del sur forzando eventos prolongados e intensos de surgencia costera. Adicionalmente, la clorofila registró concentraciones que superan el promedio histórico a posteriori de los eventos de viento intenso y en periodos que coinciden con los aquellos donde se observa un aumento de oxígeno disuelto y una disminución de los vientos favorables a la surgencia (Figura 12E). Fuera de estos eventos específicos, la clorofila se mantuvo dentro del rango histórico. Por último, la salinidad (Figura 12F) se mantuvo dentro del rango histórico al inicio del trimestre, con una leve disminución registrada posteriormente



Índice de surgencia (Bahía de Tongoy)

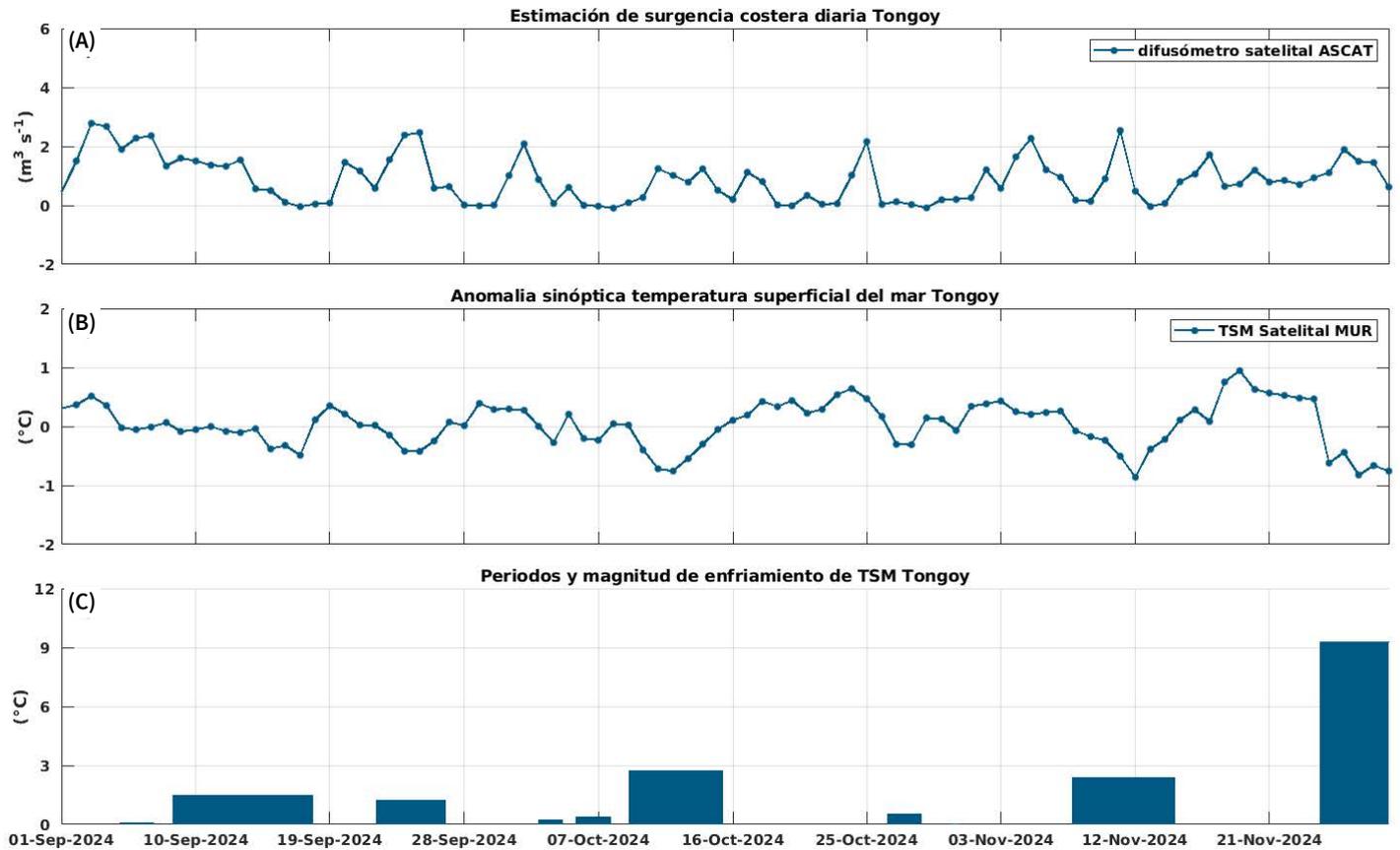


Figura 13. Indicadores de intensidad y duración de la surgencia costera en la bahía de Tongoy entre el 1 de septiembre al 29 de noviembre de 2024. (A) Índice de surgencia costera (UI) estimado a partir del estrés del viento. (B) Anomalías sinópticas de la temperatura superficial del mar (TSM) ($^{\circ}\text{C}$).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

El análisis de los periodos de surgencia en la bahía de Tongoy (ver figura 11A), derivados a partir del viento, registra, al igual que Punta de Choros, tres periodos con transporte de surgencia de importancia, acumulando transporte de surgencia de 16.89, 10.9 y 10.41 m^3/s entre el 1 al 9 de septiembre, 19 al 27 de septiembre, y del 3 al 11 de noviembre, respectivamente. La comparativa con igual periodo del 2023 indica un nivel de la actividad del viento muy superior a lo observado en el año anterior acumulando durante el trimestre septiembre-octubre-noviembre un transporte de surgencia de 50 m^3/s el año 2023 versus 79 m^3/s durante el presente año. Por otra parte el índice de surgencia basado en las

anomalías de TSM (ver figura 11B y C), registró tres 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, 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. Los otros dos eventos se prolongaron por 7 días cada uno entre el 8 al 15 de octubre y del 17 al 14 de noviembre con 2.74/1.58 y 2.39/3.01 $^{\circ}\text{C}$ 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



EL OXÍGENO EN EL MAR

¿Qué es el oxígeno disuelto y cómo llega al mar?
El oxígeno disuelto en el mar es un indicador de la salud del océano. Se origina a partir del intercambio gaseoso con la atmósfera impulsado por el viento, junto con el aporte de oxígeno producido de la fotosíntesis de las algas y el fitoplancton.

« EL OXÍGENO NO SE DISTRIBUYE DE MANERA UNIFORME EN EL OCEANO »

La concentración del oxígeno disminuye al irse en profundidad y sigue un ciclo que depende de:

- Temperatura
- Salinidad
- Ciclo y producción de la columna de agua
- Fotosíntesis
- Deposición de la materia orgánica

COMO SON EL OXÍGENO EN EL AGUA

HIPERÓXICA: sobre 8 mg/L	HIPÓXICA: bajo 2 mg/L	ANÓXICA: bajo 0,5 mg/L
<p>Alta concentración de oxígeno:</p> <ul style="list-style-type: none"> Mayor actividad de los organismos marinos Mayor biomasa de especies 	<p>Baja concentración de oxígeno:</p> <ul style="list-style-type: none"> Menor actividad de los organismos marinos Puede provocar migraciones verticales buscando más oxígeno Puede disminuir la biodiversidad y aumentar la mortalidad 	<p>Alta concentración de oxígeno:</p> <ul style="list-style-type: none"> Mayor actividad de los organismos marinos Puede provocar migraciones verticales buscando más oxígeno Puede disminuir la biodiversidad y aumentar la mortalidad

¿ZONAS MÍNIMAS DE OXÍGENO A NIVEL MUNDIAL?

Estas zonas crean un nicho en los ecosistemas marinos, generando brechas en la distribución de los recursos.

4,5 millones de km²
es la que ha crecido la superficie de agua con bajo oxígeno en los últimos 50 años.

Manejo sostenible del océano: Para la gestión y protección de los recursos marinos, es necesario considerar el ciclo de vida de los organismos marinos, la regeneración climática y el ciclo de nutrientes y otros.

« ZONA MÍNIMA DE OXÍGENO (ZMO) EN LA REGIÓN DE COQUIMBO »

En la Región de Coquimbo la Zona Mínima de Oxígeno está cercana a la costa y se intensifica por el fenómeno de upwelling que trae aguas frías.

Evento El Niño: Durante los eventos de El Niño, la ZMO se desplaza hacia el sur, aumentando la extensión del fenómeno.	Evento La Niña: Durante los eventos de La Niña, la ZMO se intensifica hacia el norte, aumentando la extensión del fenómeno.	Evento de surgencia: Durante los eventos de surgencia, la ZMO se intensifica hacia el norte, aumentando la extensión del fenómeno.
--	---	--

¿CÓMO AFECTA EL CAMBIO CLIMÁTICO A LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO EN EL MAR?

El aumento de la temperatura en el océano provoca que el agua tenga menos oxígeno. Además, el agua más cálida incrementa la demanda de oxígeno por parte de los organismos marinos.

Aumento de temperatura: El calentamiento global eleva la temperatura superficial del océano, reduciendo la capacidad de retención de oxígeno.	Estroficación térmica: Las aguas cálidas en la superficie no se mezclan con las frías en las profundidades, reduciendo el intercambio de oxígeno.	Mayor carga de nutrientes: El exceso de nutrientes, proveniente de actividades agrícolas y urbanas, causa un crecimiento excesivo de algas, consumiendo oxígeno.	Acidificación: El aumento de CO ₂ en la atmósfera incrementa la acidez del océano, afectando la salud de los organismos marinos y reduciendo el oxígeno disponible.
---	---	--	--

Monitoreo del oxígeno en la Región de Coquimbo

El Centro Científico CEAZA, monitorea las condiciones oceanográficas de la Región de Coquimbo, entre ellas el oxígeno disuelto en el mar.

Monitoreo oceanográfico CEAZAMAR

Inscripción de información gratuita

© 2025 CEAZA. Todos los derechos reservados. CEAZA es un proyecto de la Universidad de Coquimbo. CEAZA es un proyecto de la Universidad de Coquimbo.

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 CO_2 (pCO_2), entre otros, lo que entrega una información más completa de las propiedades de la columna de agua.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

Ondas de Kelvin: Ondas que se generan en la zona ecuatorial del océano Pacífico a consecuencia de las variaciones en los vientos alisios que soplan desde el este al oeste. Una vez generadas, estas ondas viajan hacia el ecuador (este) modulando a la vez el nivel del mar y la profundidad de la termoclina. Al alcanzar la costa en el ecuador, estas se desplazan hacia los polos, apegadas a la línea costera haciendo subir el nivel y temperatura del mar. Dado que las costas de Chile y Perú suelen ser frías por el efecto de la corriente de Humboldt y la surgencia costera, las perturbaciones en la temperatura del mar generadas por las 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 CO_2 (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
ENERO
2025

