

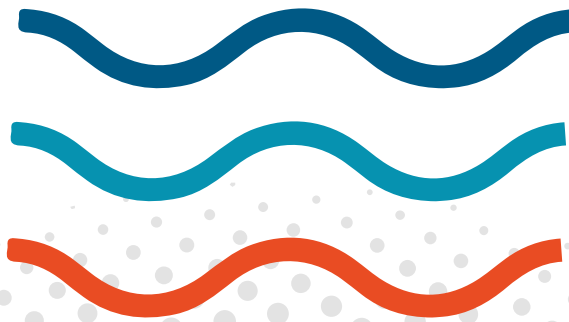


Boletín

CEAZAMar

JULIO

2023





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 y El-Niño Este Pacífico (El-Niño EP)	09
» Nivel del Mar	10
» Velocidad y Dirección del Viento	12
» Temperatura Superficial del Mar (TSM)	14
» Clorofila superficial	16
» Observaciones locales	18
» Localización de las estaciones costeras en la Región de Coquimbo	18
» Punta de Choros	19
» Sistema Bahía de Tongoy - Punta Lengua de Vaca	22
» Diagnóstico de los sectores productivos	24
» PRONÓSTICO A CORTO PLAZO	26
» Temperatura Superficial del Mar (TSM), oleaje, mareas y viento	26
» INFOGRAFÍA	27
» GLOSARIO	28
» ANEXOS	32
» Parámetros e instrumentos de las estaciones de monitoreo costeras	32
» Procedencia de los datos analizados	33





» ¿QUÉ ES CEAZA?



El Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas, CEAZA, es un Centro Regional que promueve el desarrollo científico y tecnológico, a través de la realización de ciencia avanzada a nivel interdisciplinario en zonas áridas, ciencias biológicas y ciencias de la tierra y orientado a mejorar la calidad de vida de las personas, promoviendo la participación ciudadana en la ciencia a través de actividades de generación y transferencia del conocimiento.

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

La investigación y vinculación que desarrolla CEAZA está orientada a mejorar la calidad de vida de las personas y actividades productivas y no productivas de la Región de Coquimbo, promoviendo la participación ciudadana en la ciencia a través de acciones de generación y transferencia del conocimiento.

» ¿QUÉ ES CEAZAMar?



CEAZAMar es una unidad de investigación y desarrollo de CEAZA creada el año 2021, destinada a implementar y mantener un sistema de observación y predicción de las condiciones oceanográficas y la salud del océano en la Región de Coquimbo.

CEAZAMar, a través de la transferencia de los resultados científicos y tecnológicos, busca generar un impacto en la competitividad de empresas locales (pesca, acuicultura, turismo, entre otros), en la planificación del territorio marítimo, y en general, en apoyar con evidencia científica la toma de decisiones de actores de los sectores público y privado.

CEAZAMar tiene como objetivos principales:

- ✓ Obtener información de variables oceanográficas relevantes a partir de estaciones oceanográficas y procesamiento de imágenes satelitales para monitorear la circulación oceánica y estudiar los procesos asociados a su variabilidad.
- ✓ Generar productos de modelos numéricos y estadísticos, incluyendo pronósticos a corto y mediano plazo.
- ✓ Ayudar a los usuarios del mar y las diferentes actividades productivas de la Región de Coquimbo en la toma de decisiones a partir del uso y aplicación de la información que provean las observaciones y proyecciones.
- ✓ Ser un instrumento público de apoyo a procesos de adaptación productiva y socio-ecológica ante escenarios de cambio climático de la Región de Coquimbo.

!NUEVA WEB!

» Para saber más sobre CEAZAMar, ingresa a:

www.ceazamar.cl





» CRÉDITOS Y AGRADECIMIENTOS



El Boletín CEAZAMar es un producto del proyecto R20F0008 “Programa de Investigación para la Planificación de la Acción Climática” (CLAP), adjudicado en el año 2021 a CEAZA por el “Concurso de Fortalecimiento al Desarrollo Científico de Centros Regionales 2020” de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID).

El Boletín del CEAZAMar además cuenta con el patrocinio del Gobierno Regional de Coquimbo y el apoyo de la Universidad Católica del Norte (UCN), OSTIMAR S.A., el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), la Asociación de Industriales Pesqueros (AIP) y el Programa Transforma MASMAR.

CONTACTO:

✉ ceazamar@ceaza.cl

🖱 www.ceazamar.cl



Si usted o alguno de sus contactos desea recibir las próximos Boletines CEAZAMar en su correo electrónico, por favor, use el siguiente [LINK](#).

Si desea desuscribirse y no recibir las futuras versiones del Boletín CEAZAMar en su correo electrónico, por favor, escriba a ceazamar@ceaza.cl

EQUIPO CEAZAMar

Coordinador general:

Orlando Astudillo

Monitoreo, análisis atmosféricos, oceanográficos y productivos:

Víctor Aguilera, Claudio Álvarez, Orlando Astudillo, José Luis Castro, Boris Dewitte, Lucas Glasner, Carlos Henríquez, Jorge Inostroza, Leonel Navas, Cristian Orrego, Esteban Quevedo, Marcelo Rivadeneira, José Rutllant.

Transferencia y Vinculación:

Pilar Molina

Comunicación:

Marcela Zavala, Catalina Velasco

Divulgación y difusión:

Valentina Aliste, Paloma Núñez, José Luis Rojas

Diseño y diagramación:

Janina Guerrero

Diseño y mantención de plataforma web:

Carlo Guggiana y Pablo Salinas

Comité externo:

Guillermo Molina (Programa Transforma MASMAR), Héctor Téllez (Asociación de Industriales Pesqueros)

Equipo directivo CEAZA:

Carlos Olavarría, Claudio Vásquez

Agradecimientos: Proyecto Fondecyt 11190999

Citar como:

Boletín CEAZAMar - Julio (2023). Análisis de las Condiciones Atmosféricas y Oceanográficas de la Región de Coquimbo (Marzo - Mayo 2023). 33 páginas. DOI: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.23796366.v1>





» RESUMEN



El presente Boletín CEAZAMar contiene un diagnóstico de las condiciones atmosféricas y oceánicas generales del Pacífico Suroriental, y en detalle para la Región de Coquimbo durante el trimestre comprendido entre el 1 de marzo y el 29 de mayo de 2023. Adicionalmente, se provee un primer diagnóstico del sector productivo para el recurso bentónico jaiba mora a nivel regional y local para cuatro caletas de la región (Punta de Choros, Coquimbo, Tongoy y Huentelauquén).

Durante este trimestre el calentamiento observado en las costas de Perú y Ecuador se mantuvo e incrementó gradualmente con respecto al trimestre anterior, registrando anomalías por sobre 5°C entre abril y mayo. La expansión de estas anomalías cálidas hacia el Pacífico central determinaron el fin de las condiciones neutrales y el inicio de un nuevo evento El Niño a fines de Mayo.

Las condiciones en la costa peruana favorecieron el calentamiento en la región costera norte y central de Chile mediante ondas Kelvin atrapadas por la costa que profundizaron la termoclina, oxigenando las aguas en nuestro litoral. En la medida que la onda Kelvin se desplazó desde el norte al sur de la región, incrementó la temperatura gradualmente y contribuyó a la subida del nivel del mar a partir de abril frente a la región de Coquimbo.

Vientos del sur, con alternancias de refuerzo y relajación, caracterizaron este período con una frecuencia que alcanzó un 85% del trimestre. También destaca un extenso período de calmas que ocurrió entre el 10 y 18 de marzo, cuando las velocidades medias no superaron los 5 m/s.

La reducción estacional en la magnitud del viento y la influencia del calentamiento en la costa peruana, indujo anomalías positivas de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en la región de Coquimbo durante el mes de marzo y abril. Con valores máximos de TSM de 19 °C y 18°C en los extremos norte y sur de la región, respectivamente. No obstante, a mediados de abril y principios de mayo dos eventos de surgencia contribuyeron a disminuir las temperaturas de la costa luego del calentamiento observado en marzo y abril. Los valores mínimos de TSM del trimestre se observaron entre el 3 y el 11 de mayo coincidentes con los fuertes vientos del sur.

La productividad marina del trimestre marzo-abril-mayo registró una menor concentración de clorofila en relación a lo observado en el mismo trimestre del año 2022, posiblemente asociado a la

baja intensidad del forzamiento del viento y de los eventos de surgencia. A nivel promedio, las mayores concentraciones se observaron durante el mes de abril para finalizar con valores mínimos a fines de mayo acorde con la reducción estacional del fitoplancton en otoño.

Consistente con las observaciones satelitales, los vientos medidos en Punta de Choros durante marzo fueron débiles con largos períodos de calma. Por otra parte, los índices de surgencia muestran para esta localidad dos eventos principales de surgencia alrededor de los días 17 de abril y 1 de mayo en sincronía con los eventos de viento sur del periodo, registrando transportes máximos de 2.32 m³/s y 2.95 m³/s respectivamente.

En el centro de la región, los vientos medidos en la bahía de Tongoy muestran durante el trimestre una evolución muy similar a la de Punta de Choros. Las temperaturas del mar alcanzaron en marzo un máximo de 18°C el día 11 de marzo en medio del periodo de calmas. La bahía se mantuvo oxigenada durante todo el trimestre, excepto durante el evento de surgencia del 29 de abril en que persistieron condiciones cercanas a la hipoxia durante 5 días. Un máximo de concentración de clorofila de 13 mg/l se alcanzó el 28 de abril, un día antes del evento de surgencia.

El índice de surgencia basado en la intensidad del viento para esta localidad, indica bajos transportes de agua costa afuera (índice de surgencia derivado del viento), inferiores a 2 m³/s en general, con excepción de valores de 2.7 y 3.9 m³/s durante los eventos de surgencia en torno al 17 y 29 de abril, respectivamente. Para estos mismos eventos, los correspondientes enfriamientos integrados fueron de 2.9 y 9.8 °C. Solo el primero de éstos se manifestó con una mayor respuesta en la concentración de clorofila medida en la bahía.

En relación al diagnóstico del sector productivo de la jaiba mora, nuestra región se encuentra entre las cuatro regiones que extraen este recurso bentónico a nivel nacional con un total acumulado de 367.5 toneladas extraídas desde el año 2011, con 13 toneladas reportadas en el 2022. Sin embargo se observan marcadas diferencias a lo largo del año en el volumen de extracción entre las diferentes caletas analizadas, con las estaciones de primavera y verano registrando mayor número de captura por caleta.



» MENSAJES DESTACADOS

**1**

Durante el trimestre marzo-abril-mayo se registraron temperaturas notoriamente cálidas en la costa de Chile producto del desarrollo de un Niño costero frente a Perú.

2

A fines de mayo las anomalías cálidas de temperatura del mar se amplificaron hasta alcanzar el Pacífico central, iniciando la fase cálida El Niño, el cual se mantiene en condiciones débiles hasta la actualidad.

3

Las anomalías de calor se propagaron desde el norte como ondas Kelvin atrapadas por la costa, profundizando la termoclina, oxigenando las aguas e incrementando la temperatura gradualmente en la costa de Coquimbo.

4

A nivel local, la Región de Coquimbo experimentó un alza de la temperatura del mar en particular desde el mes de marzo hasta mediados de abril, con valores máximos de 19°C y 18°C en los extremos norte y sur de la región, respectivamente.

5

A mediados de abril y principios de mayo hubo dos eventos de surgencia que destacaron, contribuyendo a disminuir las temperaturas costeras con una respuesta moderada en la concentración de clorofila (fitoplancton) a nivel regional.

6

Las mediciones en la bahía de Tongoy registraron una fuerte reducción del oxígeno hasta niveles casi hipóxicos (2.5 mg/L) durante 5 días durante el último evento de surgencia del periodo en el mes de mayo.

7

Se provee un primer diagnóstico del sector productivo para el recurso bentónico Jaiba mora, este recurso se explota en la mayoría de las caletas de la región totalizando una extracción de 380 toneladas desde el año 2011 hasta la fecha. Se observan marcadas diferencias en el volumen de extracción entre las caletas analizadas a lo largo del año, registrándose mayor volumen de captura en primavera y verano.

» PRONÓSTICOS REGIONALES Y LOCALES

CEAZAMar provee pronósticos regionales y locales para la Región de Coquimbo para los próximos 10 días de viento en superficie, Temperatura Superficial del Mar (TSM), oleaje y mareas (ver en www.ceazamar.cl). Más información sobre cómo se construyen los pronósticos en la página xx de este boletín.

Pronóstico Temperatura Superficial del Mar (TSM), viento, oleaje y mareas

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)

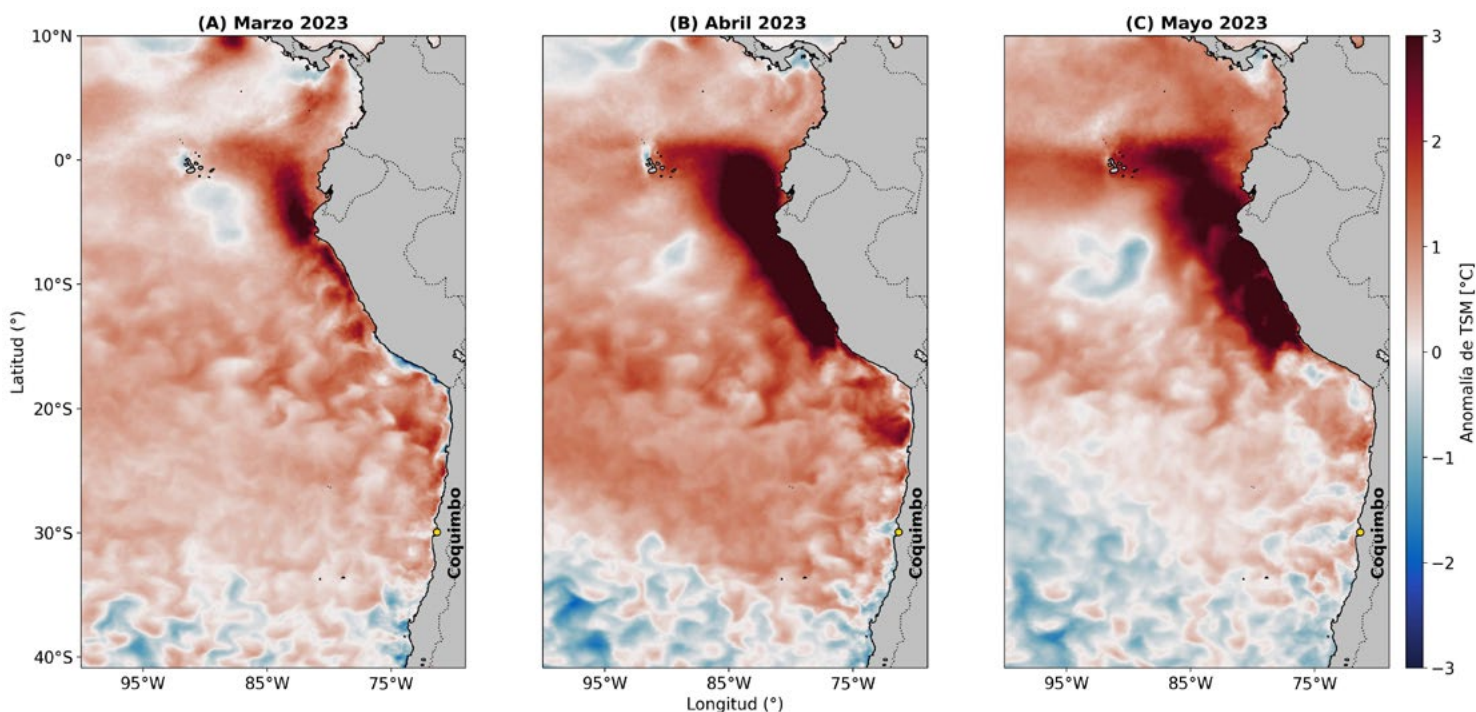


Figura 1. Anomalia mensual de la temperatura superficial del mar (TSM) ($^{\circ}\text{C}$) de (A) marzo de 2023, (B) abril de 2023 y (C) mayo de 2023 para la costa occidental de Sudamérica. Las anomalías de TSM se calculan con respecto al periodo 2007-2022. Los colores rojos en el mapa indican zonas en las que la TSM mostró valores por encima del promedio histórico de ese mes, mientras que los colores azules señalan TSMs por debajo del promedio histórico de ese mes. Los contornos punteados indican las regiones en que la anomalía de TSM es igual a cero (valores similares al promedio histórico de 2007-2022). Se muestra con un punto amarillo la localidad de Coquimbo.

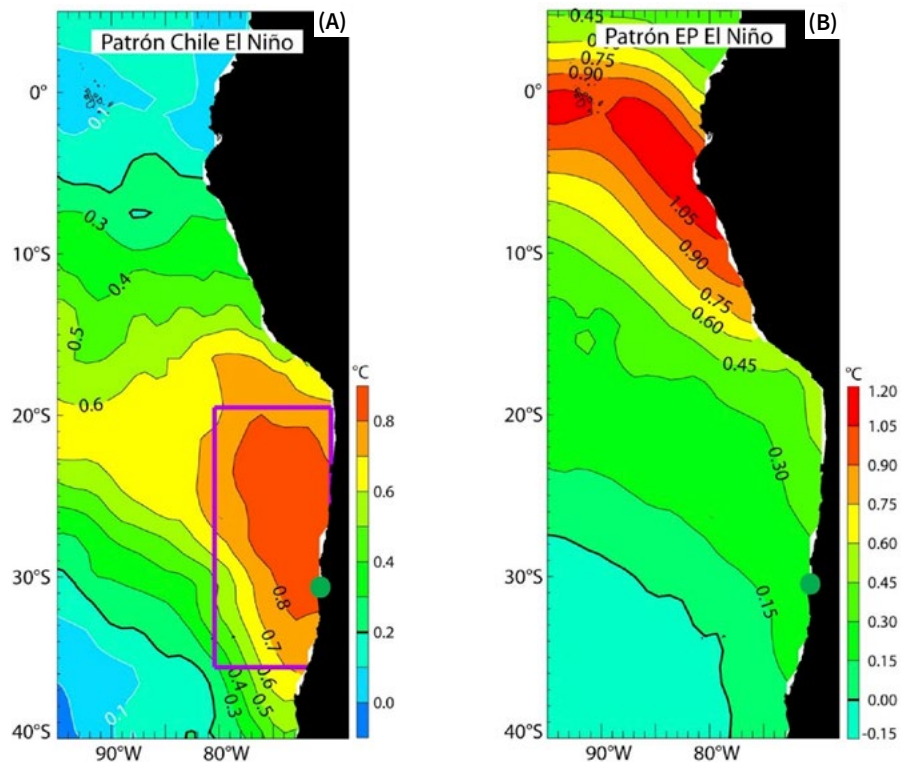
Para el período comprendido entre marzo y mayo de 2023 se mantuvo el calentamiento ecuatorial observado en el trimestre anterior (ver Boletín abril 2023), dando lugar a un fenómeno conocido como “El Niño Costero” o “El Niño Pacífico Este”, el que se diferencia del fenómeno tradicional por su confinada extensión a la zona costera de Perú y Ecuador. El evento comenzó a desarrollarse en el mes de marzo con anomalías cálidas de 3.4°C en la costa de Ecuador, para luego expandirse drásticamente a la costa de Perú con

anomalías de 6.8°C en abril y 5.2°C en mayo. Posteriormente, la expansión de estas anomalías cálidas hacia el Pacífico central determinaron el fin de las condiciones neutras y el inicio de la fase cálida de El Niño Oscilación del Sur (ENOS). A nivel local, la costa de la Región de Coquimbo registró anomalías mensuales cálidas cercanas a 1°C por sobre el promedio histórico (2007-2022) en todos los meses en revisión.

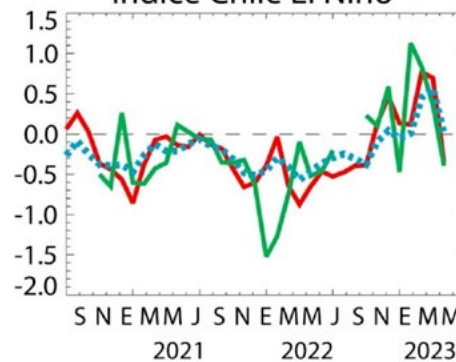


Condiciones climáticas: Índices Chile El Niño (CEN) y El Niño Pacífico Este (El Niño EP)

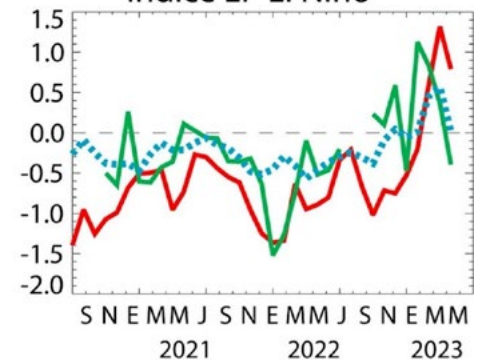
Figura 2. Patrones e índices climáticos para la Región de Coquimbo: (A) Patrón del modo climático Chile El Niño (CEN). Colores y contornos indican anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) en °C. (B) Patrón del modo climático El Niño (EN) del Pacífico Este. Colores y contornos indican anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) en °C. (C) Comparación de la evolución del índice Chile El Niño (CEN) (rojo), de las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) en Tongoy entre las observaciones (en verde) y la solución de un modelo estadístico (en azul punteado) entre julio de 2020 y mayo de 2023. 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 (en verde) y la solución de un modelo estadístico (en azul punteado) entre julio de 2020 y mayo de 2023. Las anomalías en temperatura superficial del mar (TSM) fueron calculadas usando como referencia el período comprendido entre 1960 y 2019.



Índice Chile El Niño



Índice EP El Niño



Los distintos modos climáticos que se encuentran en el Pacífico Sudeste condicionan las características de la circulación costera y por ende el ambiente a gran escala a lo largo de la costa de Chile central. Debido a las condiciones La Niña observadas en la región ecuatorial durante el 2022, el índice Chile El Niño (CEN) se incrementó gradualmente pero manteniendo valores negativos hasta finales del año pasado. No obstante, a partir de enero 2023 ha experimentado una subida abrupta debido al desarrollo de El Niño costero frente a Ecuador y Perú, (ver Figura 1C). Este evento ha favorecido el calentamiento en la región norte y central de Chile a partir de febrero de 2023, lo que se refleja en la subida del índice CEN lo que informa sobre la variabilidad de TSM en la región costera frente a Coquimbo. Desde enero de 2023, la temperatura en la bahía de Tongoy ha incrementado al igual que el índice CEN. Las condiciones observadas indican un cambio de fase (fría a cálida) frente a la costa de la región de Coquimbo de origen ecuatorial.



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.

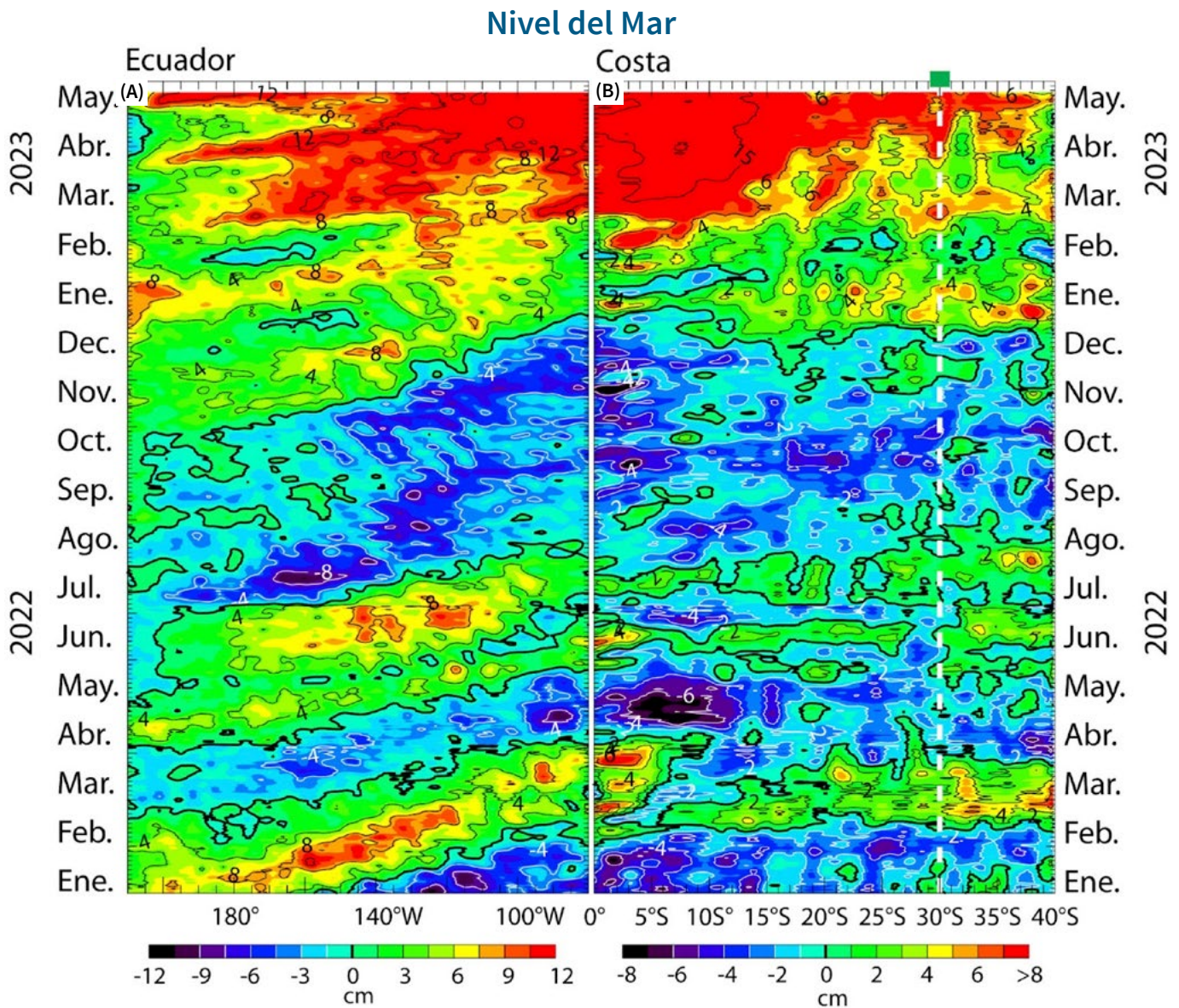
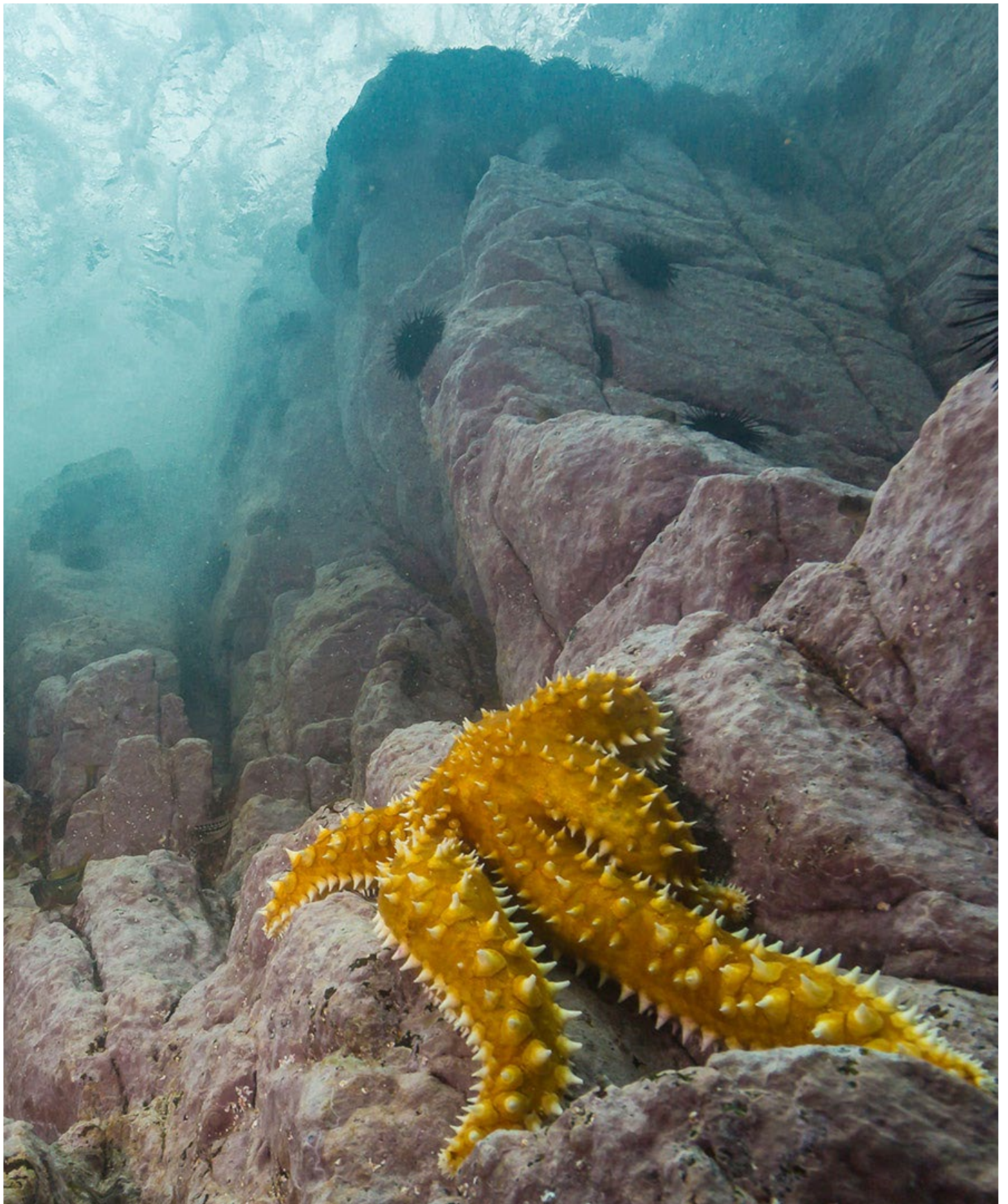


Figura 3: Evolución de las anomalías del nivel del mar a lo largo (A) del Ecuador y (B) de la costa para el período comprendido entre el 1 enero de 2022 al 31 de mayo de 2023. Los cambios en el nivel del mar se muestran en centímetros (cm).

La evolución de la actividad de ondas de Kelvin ecuatoriales indican que desde diciembre de 2022 hemos entrado en un período de actividades de ondas de Kelvin de hundimiento (anomalías positivas del nivel del mar, calentamiento) (Figura 3a). A pesar que esta actividad se mantuvo a nivel moderado en el Pacífico Ecuatorial Oeste y Central, el nivel de mar ha subido significativamente en el Pacífico Ecuatorial a partir de marzo 2023, lo que coincide con el desarrollo de un El Niño costero frente a Perú. Estas condiciones de anomalías del nivel de mar altas frente a Perú se han propagado hacia Chile a partir de abril conduciendo a una profundización de la termoclina frente a la Región de Coquimbo (anomalías positivas de nivel del mar implica una profundización de la termoclina). No obstante, estas condiciones favorables a un calentamiento de la TSM no han producido un aumento significativo de la temperatura de las aguas (ver Figura 1C), lo que sugiere procesos de compensación (disminución de la radiación solar a fines del verano).



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





Velocidad y dirección del viento

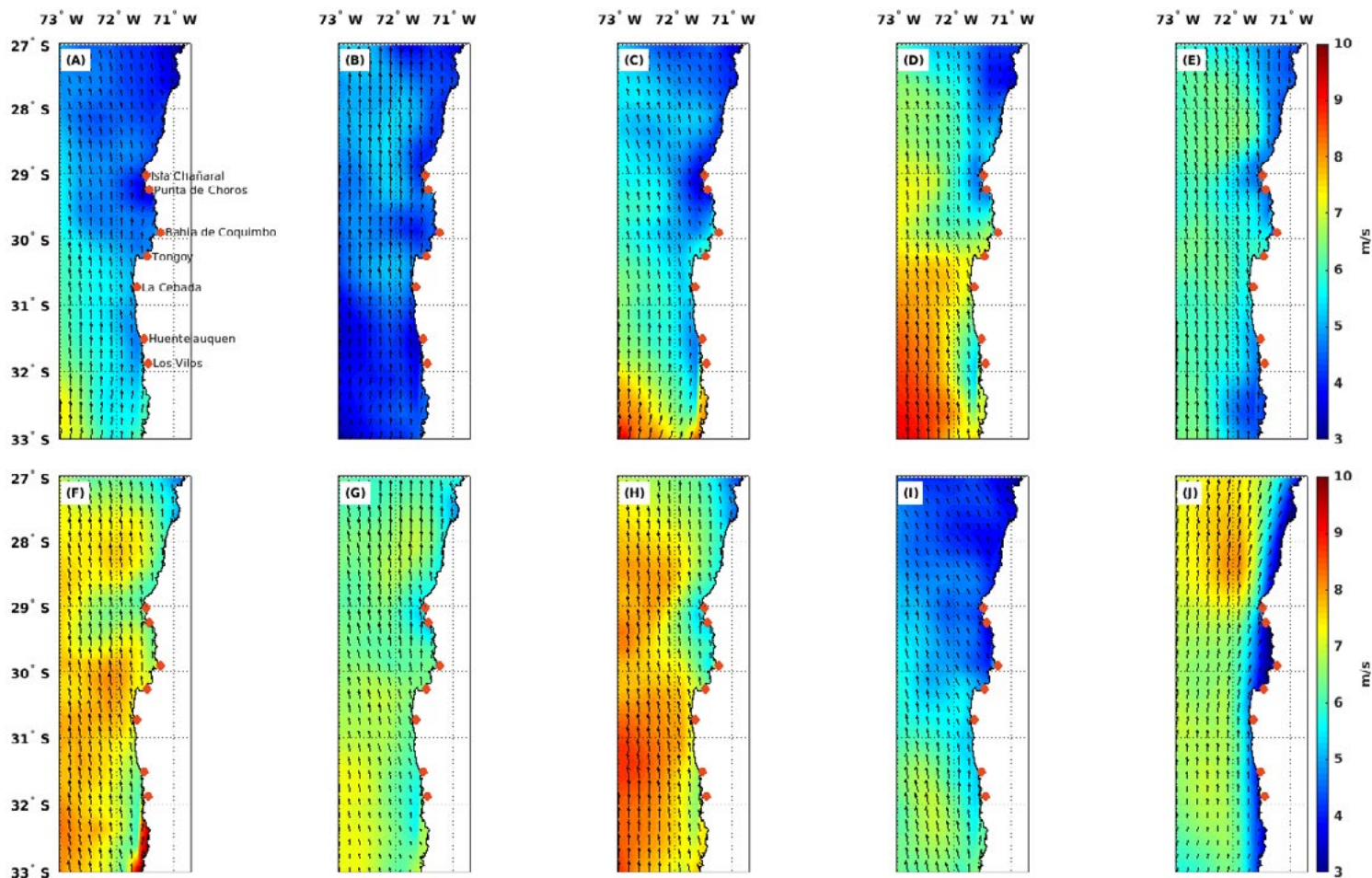


Figura 4. Promedio de la velocidad (m/s) y dirección de viento estimada a través de la observación satelital a 10 metros sobre el nivel del mar frente a la Región de Coquimbo desde el 1 de marzo al 29 de mayo de 2023. Cada imagen muestra el promedio para ambas variables (velocidad y dirección de viento) para un período de 9 días (A) 1-mar-2023 a 9-mar-2023 (B) 10-mar-2023 a 18-mar-2023, (C) 19-mar-2023 a 27-mar-2023, (D) 28-mar-2023 a 05-abr-2023, (E) 6-abr-2023 a 14-abr-2023, (F) 15-abr-2023 a 23-abr-2023, (G) 24-abr-2023 a 2-may-2023, (H) 3-may-2023 a 11-may-2023, (I) 12-may-2023 a 20-may-2023, y (J) 21-may-2023 a 29-may-2023. Se muestran con puntos rojos las localidades de Isla Chañaral, Punta de Choros, Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos.

Para el período comprendido entre marzo y mayo del 2023 se observa la presencia permanente del viento sur, el que notoriamente oscila entre períodos de relajación e intensificación. En términos medios destaca el período del 3 al 11 de mayo (Figura 4H) por presentar los máximos regionales, con magnitudes cercanas a los 10 m/s (19.4 nudos) en mar abierto y costa. Contrasta el plazo entre el 10 al 18 de marzo (Figura 1B) por presentar un extenso período

de calma, donde a nivel regional los vientos medios no superaron los 5 m/s (9.7 nudos). A nivel local se destaca el período del 28 de marzo al 5 de abril (Figura 1D) por presentar intensos vientos al sur de Punta Lengua de Vaca (PLdV), como también el período del 21 al 29 de mayo (Figura 1J) donde se observa un pulso intenso de viento frente a Punta de Choros (PCh).

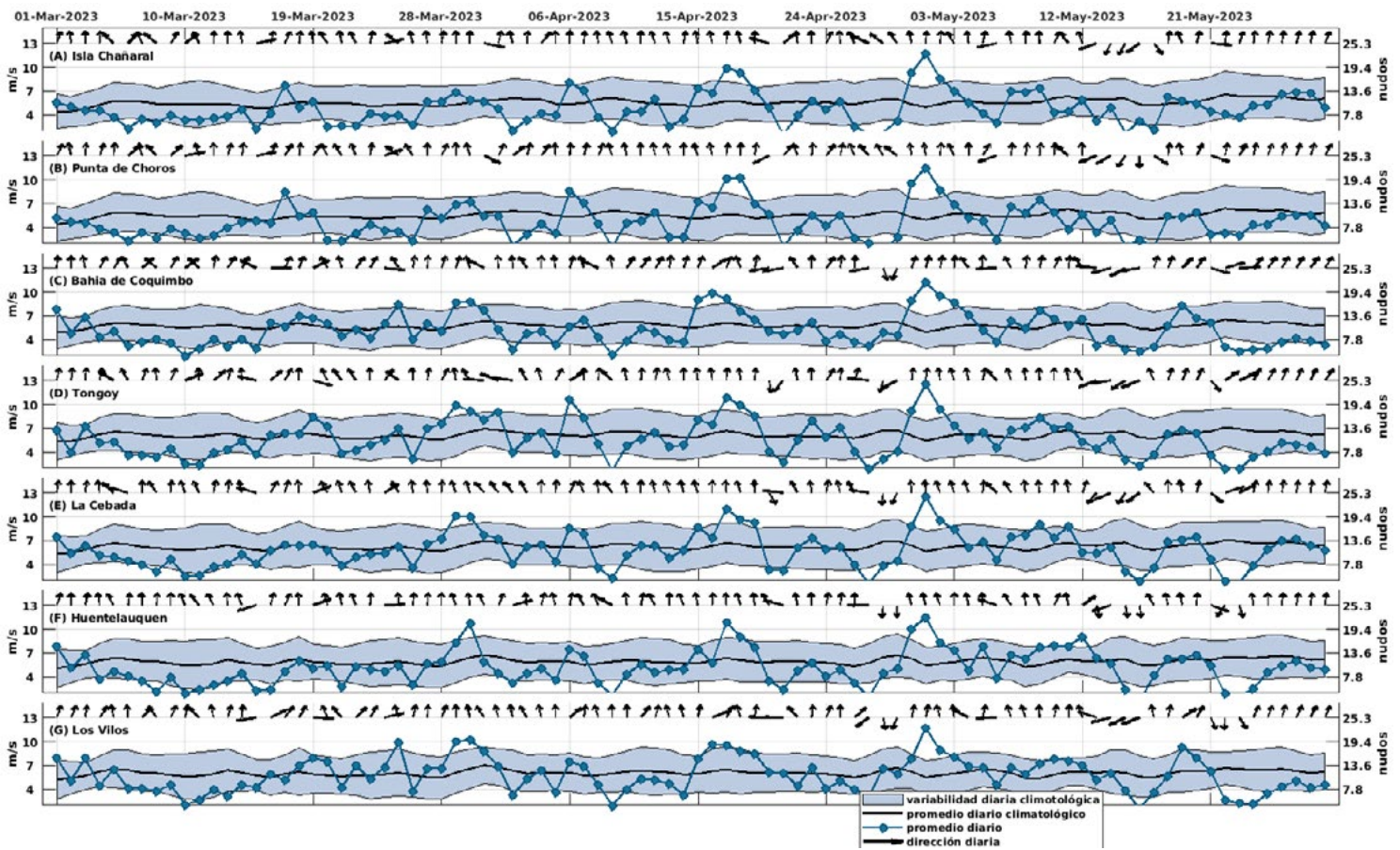


Figura 5. Series diarias de la velocidad (curva azul) y dirección (vectores) del viento promedio diario satelital (m/s y nudos) para las localidades de (A) Isla Chañaral, (B) Punta de Choros, (C) Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos desde el 1 de marzo al 29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

Respecto a los vientos próximos a la costa, se observa una evolución similar entre localidades para el período de estudio. Contrasta en general el mes de marzo por su calma respecto al resto del trimestre, alcanzando incluso magnitudes de viento bajo el promedio histórico durante más de 10 días consecutivos. A nivel de eventos, destaca el 1 de mayo con el máximo de viento en todas las localidades por sobre el rango histórico, y en particular en la Bahía de Tongoy (Figura 5D) con 12.5 m/s (24.3 nudos). Similar pero de menor intensidad destacan los vientos el 17 y 18 de abril en todas las localidades, aunque sólo en Punta de Choros (Figura 5B) se observa una notoria desviación por sobre el promedio histórico. Por último también resalta los días

en torno al 30 de marzo donde se observaron vientos anómalos en el extremo sur de la región, en particular Huentelauquén con 10.7 m/s (21.4 nudos).

Respecto a la dirección del viento se observa una prevalencia de viento sur, favorable a la surgencia, en más del 85% del trimestre para todas las localidades, siendo la más constante la localidad de La Cebada con un 88.9%. Los eventos de viento norte fueron escasos durante el período en cuestión, alcanzando sólo el 5.6% y 6.7% respectivamente en las localidades de Huentelauquén y Los Vilos.



Temperatura superficial del mar (TSM)

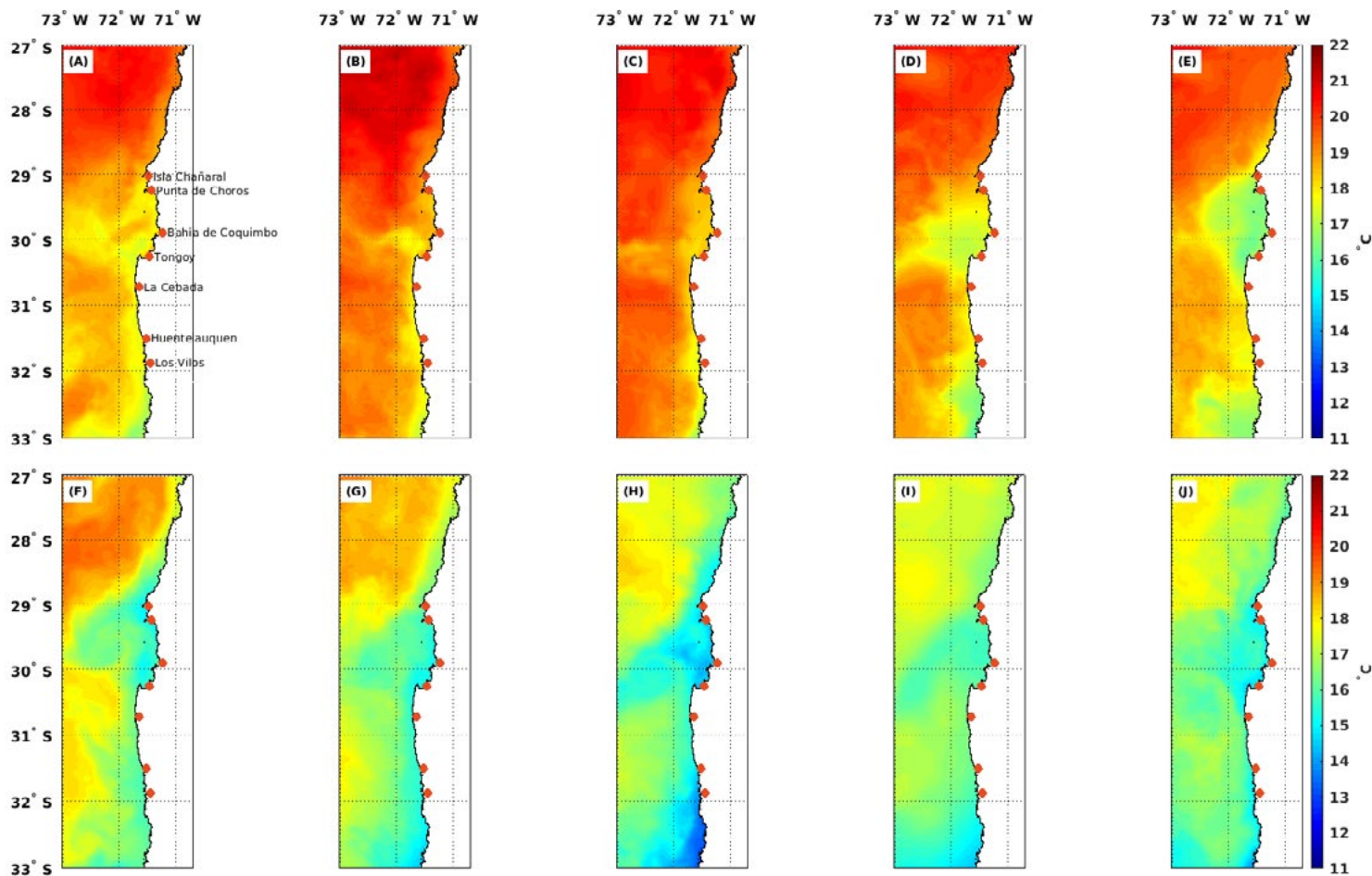


Figura 6. Temperatura superficial del mar (TSM) (°C) estimada a través de la observación satelital de la superficie oceánica frente a la Región de Coquimbo desde el 1 de marzo al 29 de mayo de 2023. Cada imagen muestra el promedio para la TSM para un período de 9 días (A) 1-mar-2023 a 9-mar-2023 (B) 10-mar-2023 a 18-mar-2023, (C) 19-mar-2023 a 27-mar-2023, (D) 28-mar-2023 a 05-abr-2023, (E) 6-abr-2023 a 14-abr-2023, (F) 15-abr-2023 a 23-abr-2023, (G) 24-abr-2023 a 2-may-2023, (H) 3-may-2023 a 11-may-2023, (I) 12-may-2023 a 20-may-2023, y (J) 21-may-2023 a 29-may-2023. Se muestran con puntos rojos las localidades de Isla Chañaral, Punta de Choros, Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos. Se muestran con puntos rojos las localidades de Isla Chañaral, Punta de Choros, Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos.

Consistente con la estacionalidad de la región se observa que las temperaturas superficiales del océano alcanzaron su máximo en los meses de marzo hasta mediados de abril (Figura 6A, B, C y E) para luego disminuir durante el resto del trimestre. Además, se aprecia un notorio aumento de las temperaturas regionales con respecto al año anterior (Figura 6 Boletín Julio 2022), lo cual se asocia al fin del evento de La Niña y el inicio del fenómeno de El Niño. A modo de ejemplo en el período del 10 al 18 de marzo (Figura 6B) las temperaturas en el extremo norte de la región alcanzaron las máximas de 22°C, mientras que para las mismas fechas del año anterior sólo se observaron

máximas de 20°C (Figura 6B Boletín Julio 2022).

Superpuesto a estos cambios regionales y estacionales se manifiesta el efecto de la surgencia como filamentos y regiones frías adyacentes a la costa. Destaca por ejemplo el período del 28 de marzo al 14 de abril (Figuras 6D y E) por el enfriamiento de la gran Bahía de Coquimbo, aunque también resalta el período del 3 al 11 de mayo (Figura 6H) donde se observan filamentos fríos de surgencia tanto al sur de Los Vilos como en la Bahía de Coquimbo, dando lugar a las mínimas temperaturas del trimestre.

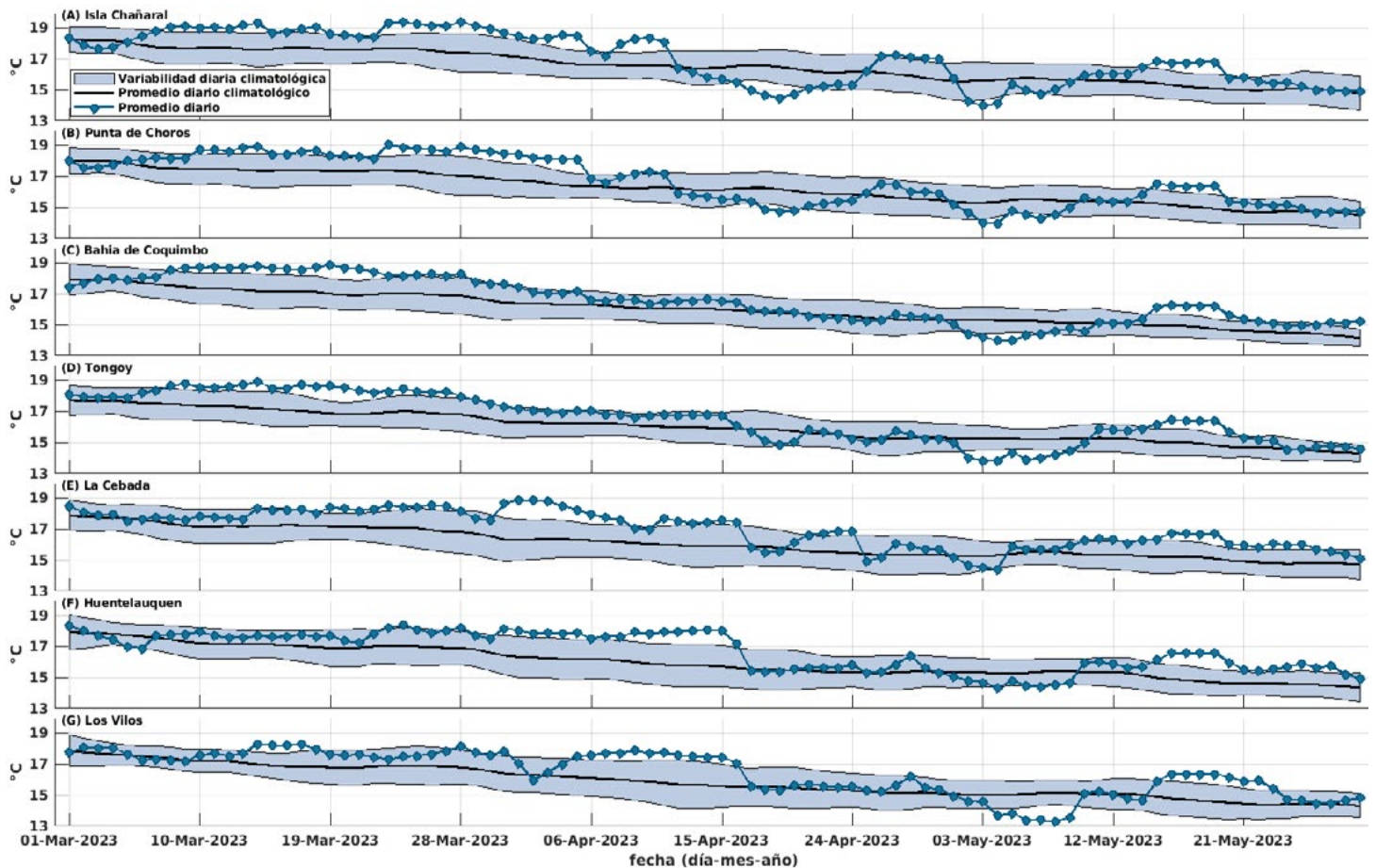


Figura 7. Series diarias de la temperatura superficial del mar (TSM) (°C) para las localidades de (A) Isla Chañaral, (B) Punta de Choros, (C) Bahía de Coquimbo, (D) Bahía de Tongoy, (E) La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos desde el 1 de marzo al 29 de mayo de 2023 (curva azul punteada). Promedio diario histórico de TSM (curva negra) y desviación estándar (sombreado azul) calculados entre 2003 y 2020.



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

Consistente con los vientos (Figura 4A, B y C), se observa que durante marzo y principios de abril no hubo eventos de surgencia, y todas las localidades registran temperaturas más cálidas de lo normal. Para Isla Chañaral, Punta de Choros y las bahías de Coquimbo y Tongoy las anomalías ($>1^{\circ}\text{C}$) son evidentes a mediados de marzo (Figuras 7A, B, C y D), mientras que en La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos el calentamiento se manifiesta más claro a principios de abril (Figuras 7E, F y G). Esta propagación de norte a sur es la consecuencia de una onda kelvin atrapada por la costa (ver glosario), la que viajó profundizando la termoclina desde las costas de Perú hasta la región de Coquimbo (Figura 3B). Durante estas fechas se registró la máxima del trimestre de 19.4°C en Isla Chañaral (Figura 7A) el 28 de marzo.

A mediados de abril y principios de mayo el aumento de variabilidad en los vientos (Figura 4) inició eventos de surgencia que permitieron reducir localmente la temperatura a niveles más cercanos al promedio histórico. Destaca por ejemplo Isla Chañaral el 19 de abril con la mínima local de 14°C (Figura 7A), como también La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos (Figura 7E, F y G) que entre el 14 y 17 de abril registraron una baja de temperatura de aproximadamente 2°C . Similar pero con una menor respuesta, el pulso de viento del 1 de mayo generó un enfriamiento de todas las localidades, registrando en Los Vilos la mínima del trimestre de 13.2°C el 8 de mayo. Para mediados y fines de mayo se observó nuevamente un calentamiento regional alcanzando anomalías por sobre el promedio histórico en todas las localidades, el cual también se interrumpió por un evento de surgencia el 23 de mayo.



Clorofila superficial

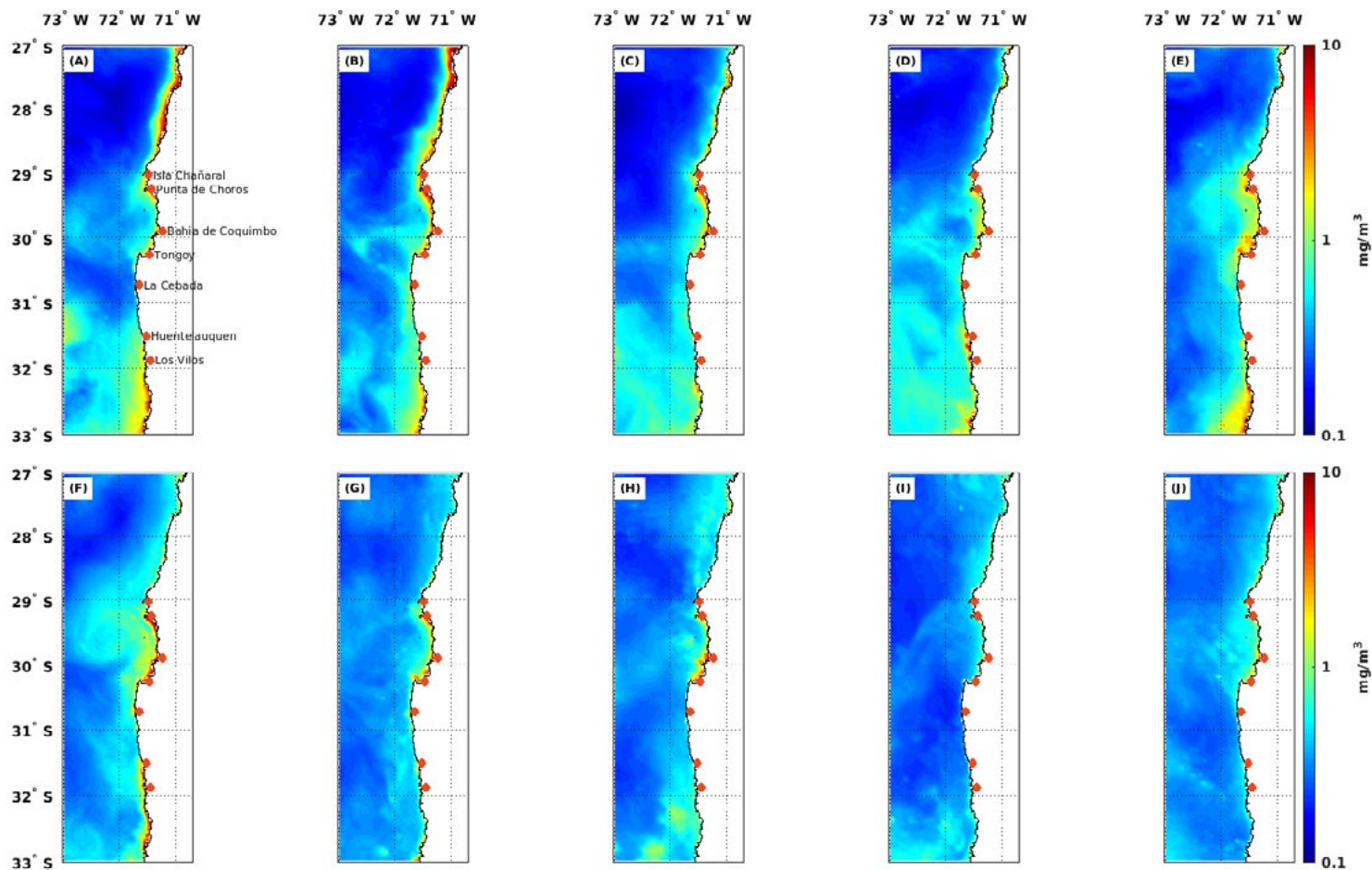


Figura 8. Concentración de clorofila superficial estimada a través de observaciones satelitales (mg/m^3) para la Región de Coquimbo desde el 1 de marzo al 29 de mayo de 2023. Cada imagen muestra el promedio para la concentración de clorofila para un período de 9 días (A) 1-mar-2023 a 9-dec-2023 (B) 10-mar-2023 a 18-mar-2023, (C) 19-mar-2023 a 27-mar-2023, (D) 28-mar-2023 a 05-abr-2023, (E) 6-abr-2023 a 14-abr-2023, (F) 15-abr-2023 a 23-abr-2023, (G) 24-abr-2023 a 2-may-2023, (H) 3-may-2023 a 11-may-2023, (I) 12-may-2023 a 20-may-2023, y (J) 21-may-2023 a 29-may-2023. Se muestran con puntos rojos las localidades de Isla Chañaral, Punta de Choros, Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos. Se muestran con puntos azules las localidades de Isla Chañaral, Punta de Choros, Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos.

El análisis regional de clorofila satelital muestra un descenso de la actividad fitoplanctónica a lo largo del trimestre, lo que es consistente con la reducción del viento y radiación solar en la estación de otoño y la correspondiente reducción de la respuesta biológica. En general se observa una menor concentración de clorofila en mar abierto respecto al año anterior (ver Boletín Julio 2022), lo cual se asocia principalmente a la baja intensidad de la surgencia en el mes de marzo (Figura 4A, B y C). Aún así, muy confinado a la banda costera se observan concentraciones mayores a $1 \text{ mg}/\text{l}$ en el extremo norte de la región (Figura 8A y B).

Por último, en respuesta a los eventos de viento del mes de abril (Figura 4D y F) se observa un leve aumento regional de clorofila pero que no supera de $1 \text{ mg}/\text{l}$ en magnitud para el mar abierto. Para fines de abril y todo mayo los niveles de clorofila regional indican una muy baja actividad biológica con valores medios y variabilidad menor a $1 \text{ mg}/\text{l}$.



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.

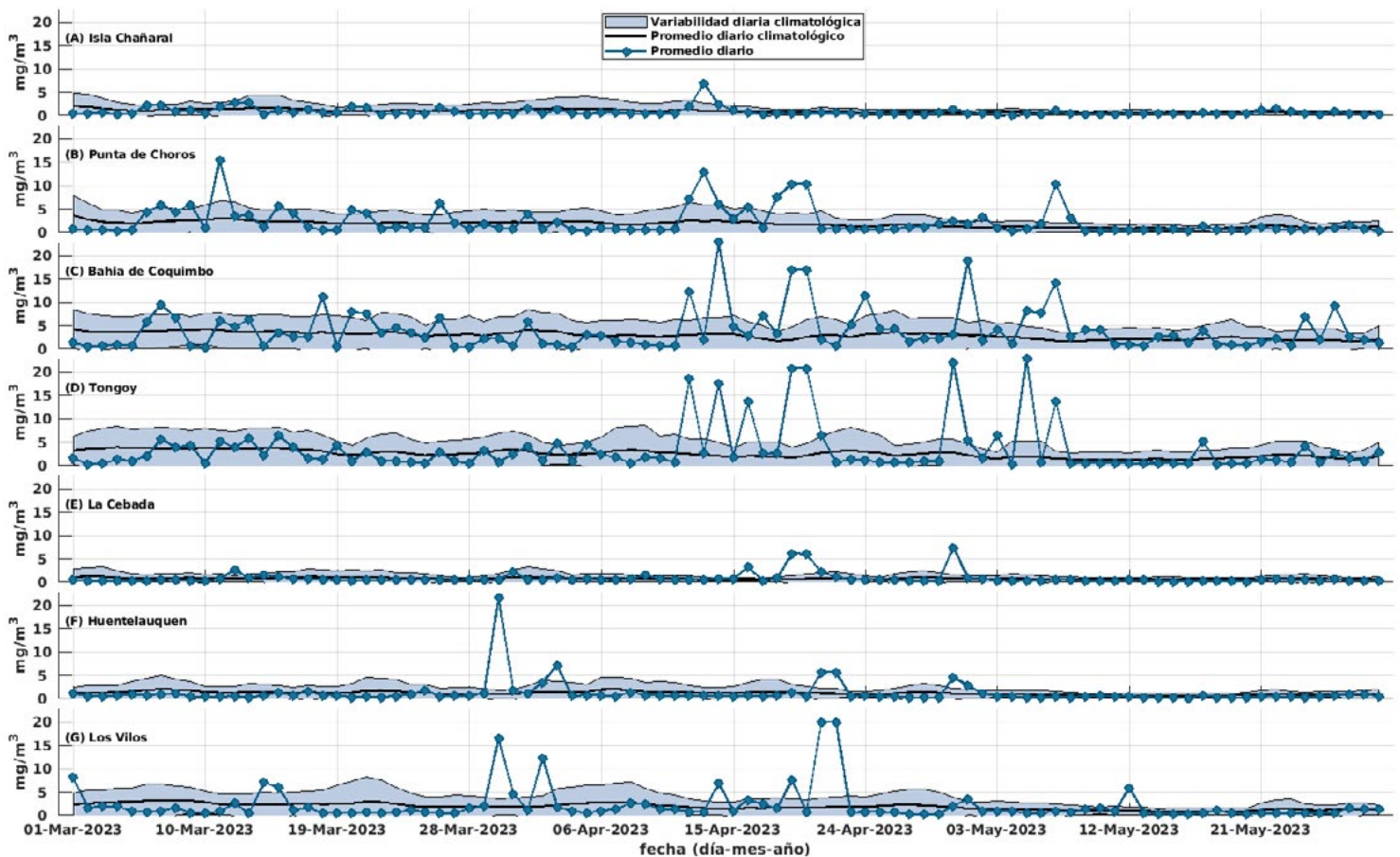


Figura 9. Series diarias de clorofila satelital (superficial) (mg/m³) para las localidades de (A) Isla Chañaral, (B) Punta de Choros, (C) Bahía de Coquimbo, (D) Bahía de Tongoy, (E) La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos entre el 1 de marzo al 29 de mayo del 2023. Se muestran los datos diarios de clorofila (curva azul punteada), el promedio diario histórico (línea negra) y su desviación estándar (sombreado azul) calculados entre 1998 y 2022.

A nivel de localidades costeras destaca Isla Chañaral y La Cebada por su baja productividad biológica, en contraste con las localidades más al sur como las bahías de Coquimbo, Tongoy y Punta de Choros. Durante marzo se observan fluctuaciones diarias cercanas a 3 mg/L en las localidades de la gran bahía de Coquimbo (Figuras 9B, C y D), mientras que en el resto de la región las variaciones fueron mínimas, exceptuando Huentelauquén y Los Vilos a fines de marzo con magnitudes de 21.6 mg/L y 16.4 mg/L respectivamente, también entre el 21 al 22 de abril se observó un aumento del fitoplancton en toda la región, salvo en el extremo norte en Isla Chañaral.

En directa relación con los eventos de surgencia de abril y mayo se observa un aumento en la variabilidad de la clorofila, especialmente en la Bahía de Coquimbo, Tongoy y Punta de Choros. Para el evento del 11 y el 23 de abril se observaron variaciones diarias cercanas a 6 mg/L, con la máxima del trimestre de 22 mg/L en la Bahía de Coquimbo el 14 de abril. De forma similar entre el 29 de abril y el 8 de mayo se registra un aumento de variabilidad focalizado en las localidades de las bahías de Tongoy y Coquimbo con la máxima de 22 mg/l en Tongoy el día 29 de abril. Fuera de este último evento, el mes de mayo presenta concentraciones de clorofila casi nulas en la totalidad de las localidades.



Observaciones locales

» Localización de las estaciones costeras en la Región de Coquimbo

Esta sección presenta un diagnóstico de la información meteorológica y oceanográfica para el trimestre comprendido entre el 1 de marzo hasta el 29 de mayo de 2023 para las estaciones costeras de Punta de Choros y del Sistema Tongoy-Punta Lengua de Vaca.

Todos los datos analizados en esta sección son de dominio público y en el caso de Punta Choros y Tongoy son entregados en tiempo real a través de la plataforma web CEAZAMet (www.ceazamet.cl) y CEAZAMar (www.ceazamar.cl).



Variables oceanográficas (sólo Tongoy)

En la Bahía de Tongoy se encuentra instalada una balsa (30.275°S; 71.561°W) que monitorea las condiciones atmosféricas y oceanográficas de la Bahía de Tongoy. La estación comenzó su funcionamiento en junio de 2014, y actualmente cuenta con conectividad, transmisión y actualización de los datos en línea cada una hora. Durante el trimestre de estudio, se realizó mantención a la plataforma y se registraron ~2 meses de datos oceanográficos.

La balsa de Tongoy se encuentra en un área concesionada para la empresa acuícola OSTIMAR S.A. quien colabora

en su mantenimiento y operatividad. Además, la balsa de Tongoy es parte de la Red Mundial de Observación de la Acidificación del Océano (GOA-ON).

Los datos oceanográficos provienen de un conjunto de sensores localizados a 10 metros de profundidad que monitorean la temperatura del agua, su salinidad, el oxígeno disuelto, la clorofila y turbidez de la Bahía de Tongoy. Estos datos son de gran importancia para los sectores productivos como la acuicultura y la pesca que se desarrollan en la Bahía de Tongoy (ver www.ceazamet.cl).



» Punta de Choros

Condiciones atmosféricas

En concordancia con las observaciones satelitales (Figura 5B) los vientos en Punta de Choros fueron mayoritariamente de dirección sur, alternando entre períodos de viento intenso y extensa relajación. A nivel diurno las mediciones indican que el comienzo del trimestre fue el más débil, con vientos cercanos a 2 m/s y largos períodos de calma entre el 1 y 10 de marzo y nuevamente entre el 19 y 28 marzo. A principios de abril se mantuvo esta condición, alcanzando la mínima del trimestre el 8 de abril, para luego incrementar entre el 15 y el 18 de abril con magnitudes anómalas para

la fecha. Luego de una breve calma, el 29 y 30 de abril se alcanzaron las máximas velocidades del trimestre, con magnitudes superiores a 4 m/s, también anómalas para la fecha. Durante el mes de mayo el viento permaneció dentro de los rangos normales alternando entre días de brisas leves y calma. Los eventos de viento norte fueron escasos, resaltando sólo el 30 de marzo y el 12 de mayo con una magnitud clara, pero dentro de los rangos normales para la fecha.

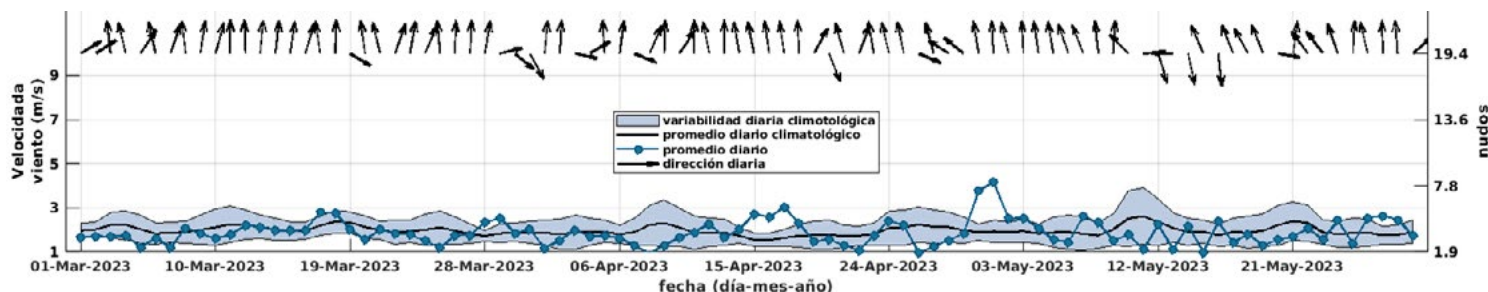


Figura 10. Serie diaria de la velocidad (curva azul punteada) y dirección (vectores) del viento promedio diario satelital (m/s y nudos) para la localidad de Punta de Choros desde el 1 de marzo al 29 de mayo del 2023. Adicionalmente, se incluye el promedio diario histórico de velocidad de viento (curva negra) y su anomalía (sombreado azul), es decir, su desviación estándar respecto al período histórico comprendido entre el año 2016 y 2020.



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

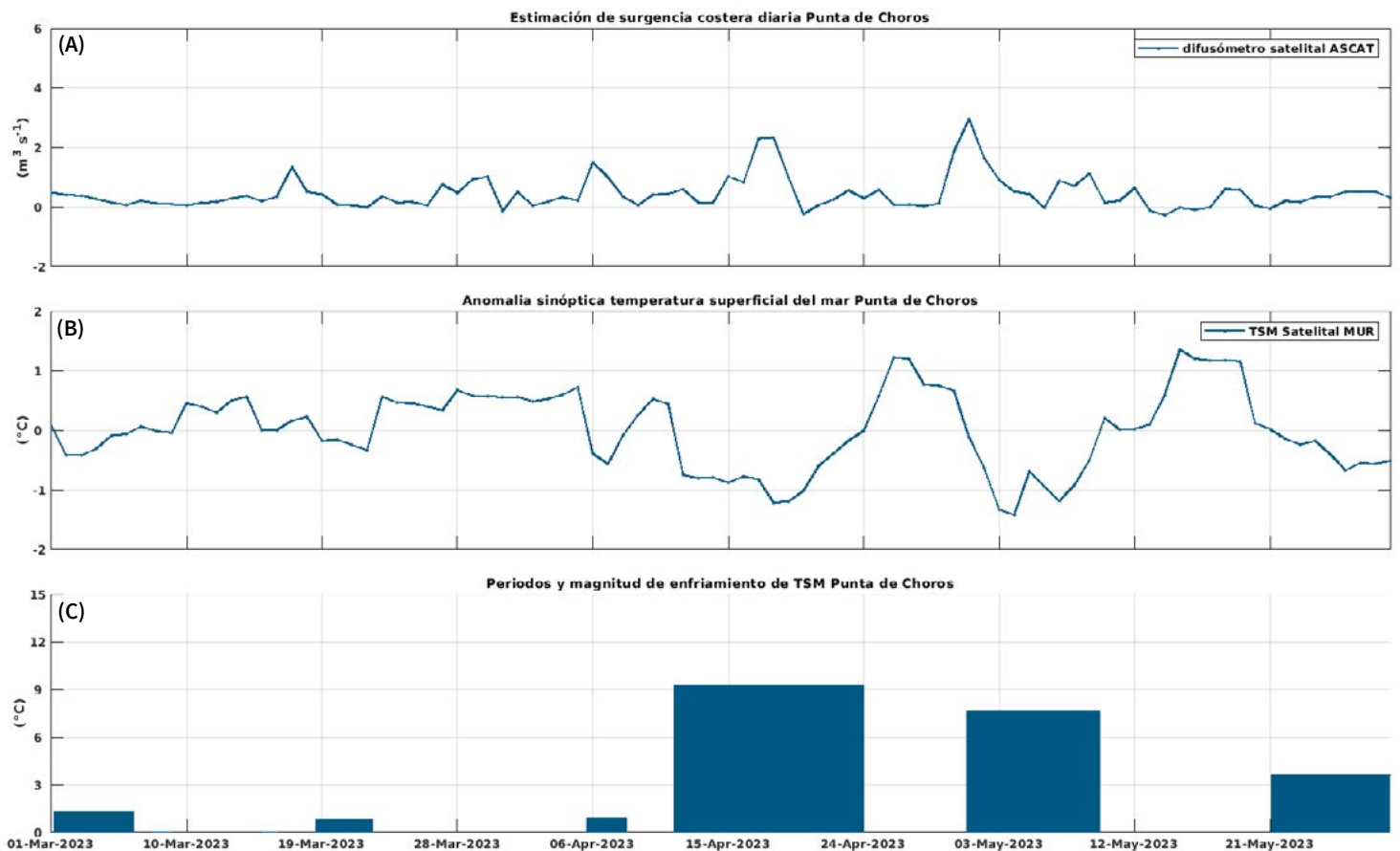


Figura 11. Indicadores de intensidad y duración de la surgencia costera en Punta de Choros entre el 1 de marzo al 29 de mayo de 2023. (A) Índice de surgencia costera (UI) estimado a partir del estrés del viento. (B) Anomalías sinópticas de la temperatura superficial del mar (TSM) ($^{\circ}C$). (C) Índice termal de surgencia costera (enfriamiento costero superficial) estimado a partir de las anomalías sinópticas de la temperatura superficial del mar (TSM). Las anomalías de temperatura se obtienen sustrayendo el promedio móvil de 30 días de la serie diaria de TSM satelital en la localidad de interés.

Con respecto a los indicadores de surgencia en Punta de Choros, el índice derivado del viento muestra una baja actividad durante el mes de marzo, consistente con las magnitudes observadas en el diagnóstico in situ (Figura 10). Asimismo se destacan dos principales eventos de surgencia alrededor de los días 17 y 29 de abril, registrando transportes máximos de $2.32 m^3/s$ y $2.95 m^3/s$ respectivamente.

Respecto a los índices derivados de la TSM, se destacan tres principales eventos: (i) entre el 10 y 24 de abril, (ii) entre

el 26 de abril y 9 de mayo y (iii) entre el 18 y 31 de mayo. Estos eventos se caracterizan por anomalías sinópticas cercanas $-1^{\circ}C$ con un enfriamiento integrado de $9.3^{\circ}C$, $7.6^{\circ}C$ y $3.6^{\circ}C$ respectivamente. Este último enfriamiento no tuvo correlativo con el índice de viento costero, pero sí con el pulso de viento que ocurrió costa afuera de Punta de Choros (ver Figura 4J). Finalmente destacamos que con el tiempo la surgencia se vuelve menos eficiente para enfriar la superficie, lo cual es indicador de que la columna de agua se encuentra cada vez en una condición más mezclada.



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



» Sistema Bahía de Tongoy - Punta Lengua de Vaca

Condiciones atmosféricas y oceanográficas

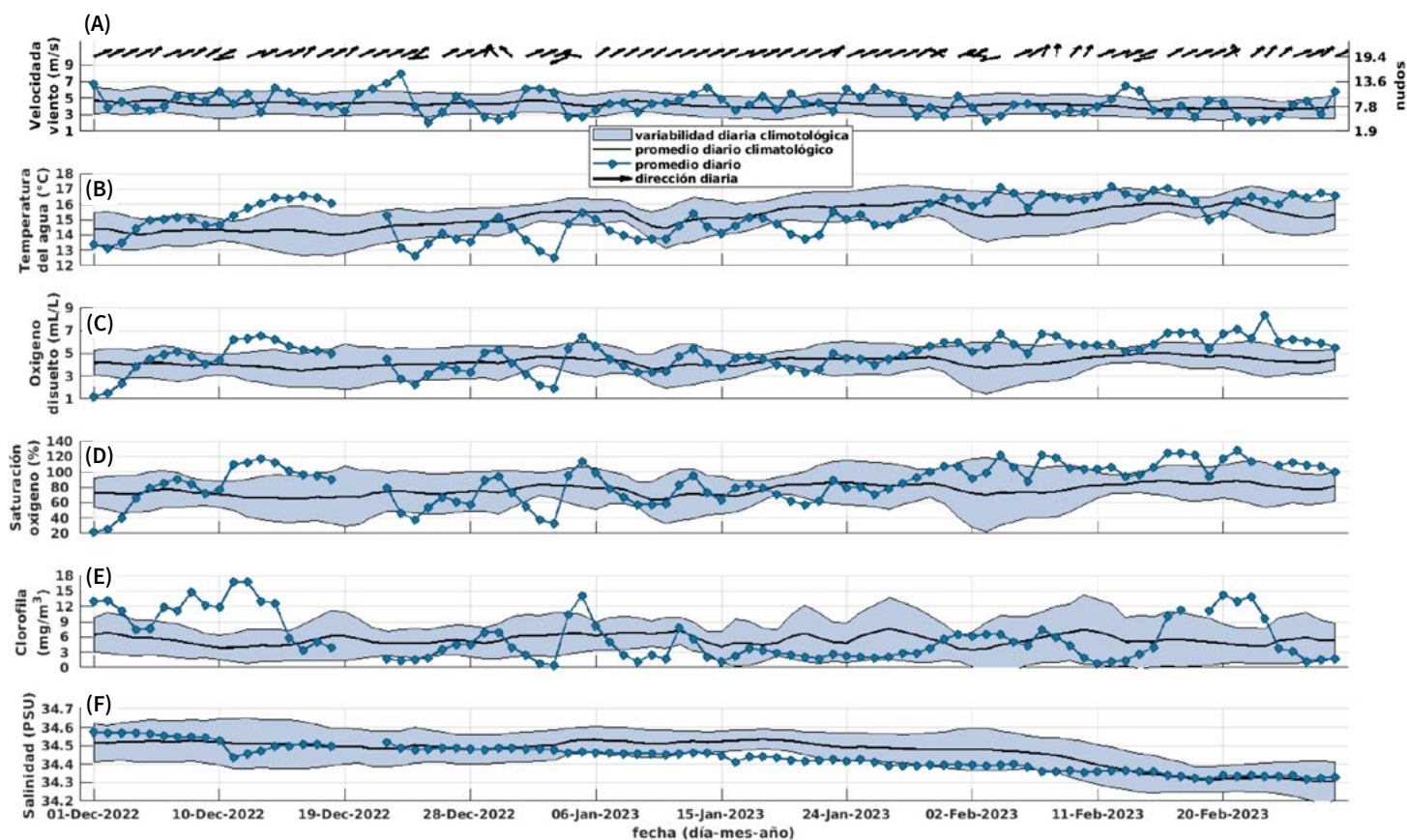


Figura 12. (A) Serie diaria de la velocidad (curva azul punteada) y dirección (vectores) del viento promedio diario satelital (m/s y nudos) en Punta Lengua de Vaca (PLV) desde el 1 de marzo al 29 de mayo de 2023. Promedio histórico diario (línea negra) y desviación estándar (sombreado azul) de la velocidad del viento en PLV calculados entre 2000 y 2022. (B) temperatura del agua (°C), (C) oxígeno disuelto (mL/L), (D) saturación de oxígeno (%), (E) clorofila (mg/m³) y (F) salinidad (psu) registrados a 10 m de profundidad por la boya CEAZA localizada en la Bahía de Tongoy. Datos diarios (línea azul) entre el 1 de marzo y el 29 de mayo de 2023. Promedio trimestral (línea negra) y desviación estándar (sombreado azul) calculados entre 2014 y 2020 para las variables temperatura del agua, oxígeno disuelto y salinidad; y entre 2015 y 2020 para saturación de oxígeno y clorofila.

Respecto al viento en la Bahía de Tongoy, se observa una evolución similar con respecto a Punta de Choros, tanto en eventos de calma como de intensificación, y especialmente en los eventos de surgencia del 17 y 29 de abril.

Las temperaturas fueron más cálidas de lo normal durante el mes de marzo, con una máxima de 18°C en Tongoy el día 11. Sucesivos eventos de surgencia permitieron mantener las temperaturas cercanas al promedio histórico durante abril y mayo, alcanzando incluso anomalías negativas los días peak. Producto a la intrusión de aguas ecuatoriales cálidas, la bahía estuvo bien oxigenada

durante el trimestre (Figura 12 B y C). Sólo se destaca el evento de surgencia del 29 de abril por disminuir el oxígeno hasta niveles casi hipóxicos (2.5 mg/L) durante 5 días.

La clorofila se mantuvo dentro de los niveles normales, exceptuando el período del 15 de abril al 12 de mayo, donde los pulsos de surgencia generaron transitoriamente concentraciones por sobre lo normal, alcanzando un máximo de 13 mg/L el día el 28 de abril. Respecto a la salinidad, esta se mantuvo dentro de la variabilidad natural para todo el trimestre en revisión.



Índice de surgencia (Bahía de Tongoy)

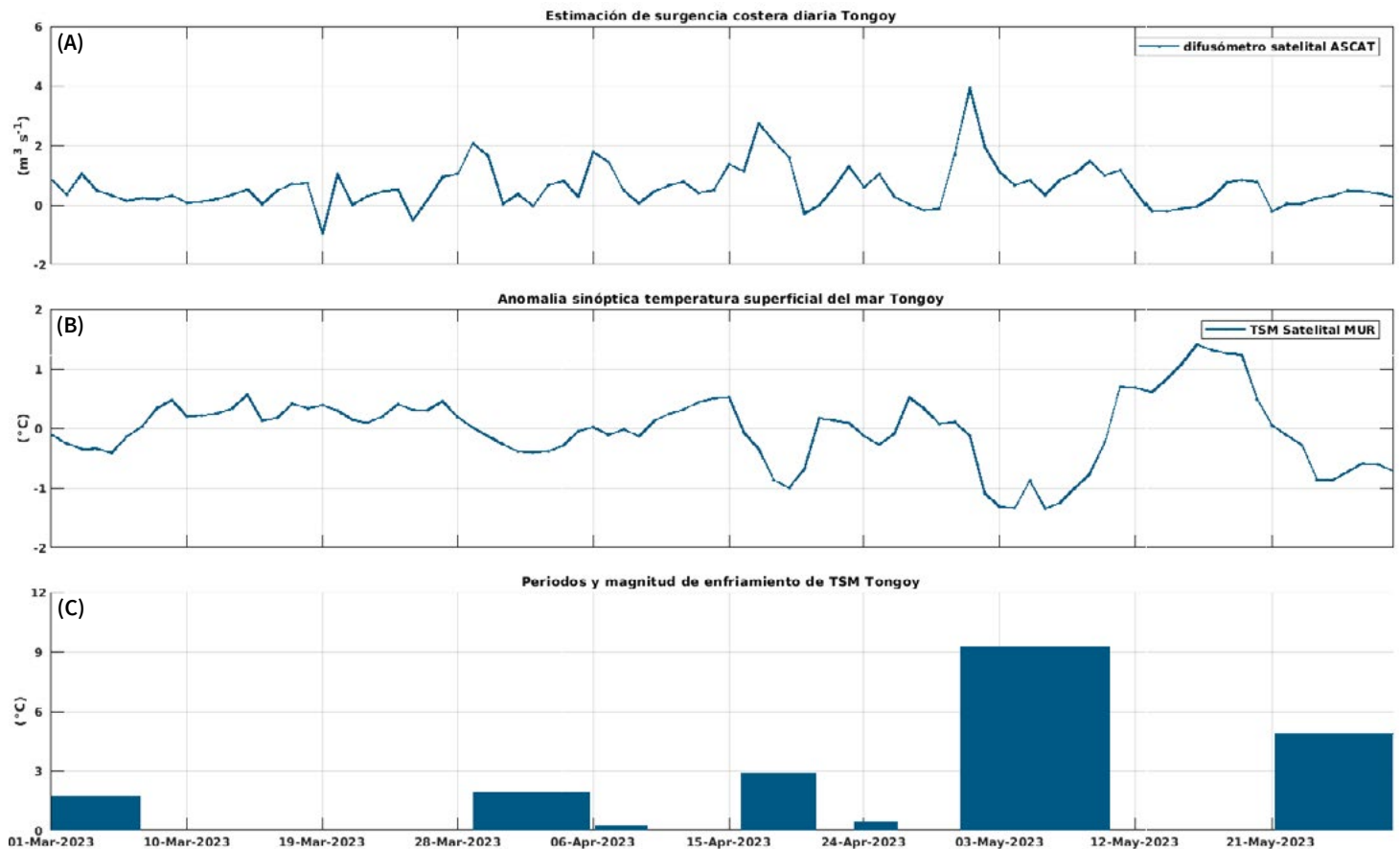


Figura 13. Indicadores de intensidad y duración de la surgencia costera en la Bahía de Tongoy entre el 1 de marzo al 29 de mayo de 2023. (A) Índice de surgencia costera (UI) estimado a partir del estrés del viento. (B) Anomalías sinópticas de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) (°C). (C) Índice 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, estimado a partir del forzamiento del viento, indica un bajo transporte de aguas costa afuera durante todo el trimestre ($< 2 \text{ m}^3/\text{s}$), a excepción de eventos particulares como el 17 y 29 de abril con magnitudes de 2.7 y 3.9 m^3/s respectivamente.

Se destacan estos eventos por presentar una notoria respuesta en las temperaturas, donde respectivamente se observaron

enfriamientos integrados de 2.9°C y 9.8°C, ambos con anomalías sinópticas de temperatura cercanas a -1°C. A pesar de que el segundo evento fue más intenso en términos de enfriamiento, fue el primero el que tuvo una mayor respuesta en la clorofila medida en la bahía (Figura 12E).



Diagnóstico de los sectores productivos

La jaiba mora es un crustáceo bentónico que habita en fondos de arena del submareal. Es una especie de importancia económica, con régimen de extracción artesanal con trampas, mediante buceo semi autónomo. Su pesquería está definida con tallas mínimas de captura de 12 cm durante todo el año y veda indefinida para las hembras ovígeras.

La jaiba mora es el recurso con la mayor cantidad de reportes de extracción de la Región de Coquimbo desde el 2011, con 1540 desembarcos, con una extracción acumulada de 367.5 toneladas entre las 30 de 35 caletas analizadas. Siendo el tercer desembarco más grande del país, en los últimos 5 años. Durante el año 2022 se reportaron 13 toneladas desembarcadas.

Las caletas de Los Hornos (136) y Coquimbo (133) representan el mayor número de desembarques de la región, seguido por Tongoy (123) y San Pedro Los Vilos (122). Un análisis detallado de la dinámica extractiva del producto, a lo largo de la región, nos permite determinar la variabilidad estacional del proceso, así como también la tendencia de los últimos 11 años.

En el caso de la dinámica anual, observamos marcadas diferencias en la extracción del recurso a lo largo de la costa de la región. Así, en la zona norte, por ejemplo, en Punta de Choros, observamos que los mayores desembarques en términos de toneladas ocurren durante el periodo de marzo y abril, es decir, en la transición entre otoño e invierno. Mientras que en la zona sur, desde Tongoy a Huentelauquén observamos una mayor extracción en la transición entre primavera y verano. En el caso de la bahía de Coquimbo no se observan diferencias en la extracción del recurso a lo largo del año (Figura 14).

Al analizar la dinámica de extracción en el largo plazo, también observamos diferencias entre las caletas de la comuna, con un patrón opuesto de extracción entre la caleta localizada más al norte (Punta de Choros, panel B) y la caleta localizada más al sur (Huentelauquén, panel L). En Punta de Choros, se reportaron las mayores extracciones durante los años 2016 al 2019, con un máximo de extracciones el año 2016, con un total de 11 toneladas (panel C).



Foto: Héctor Basaure.

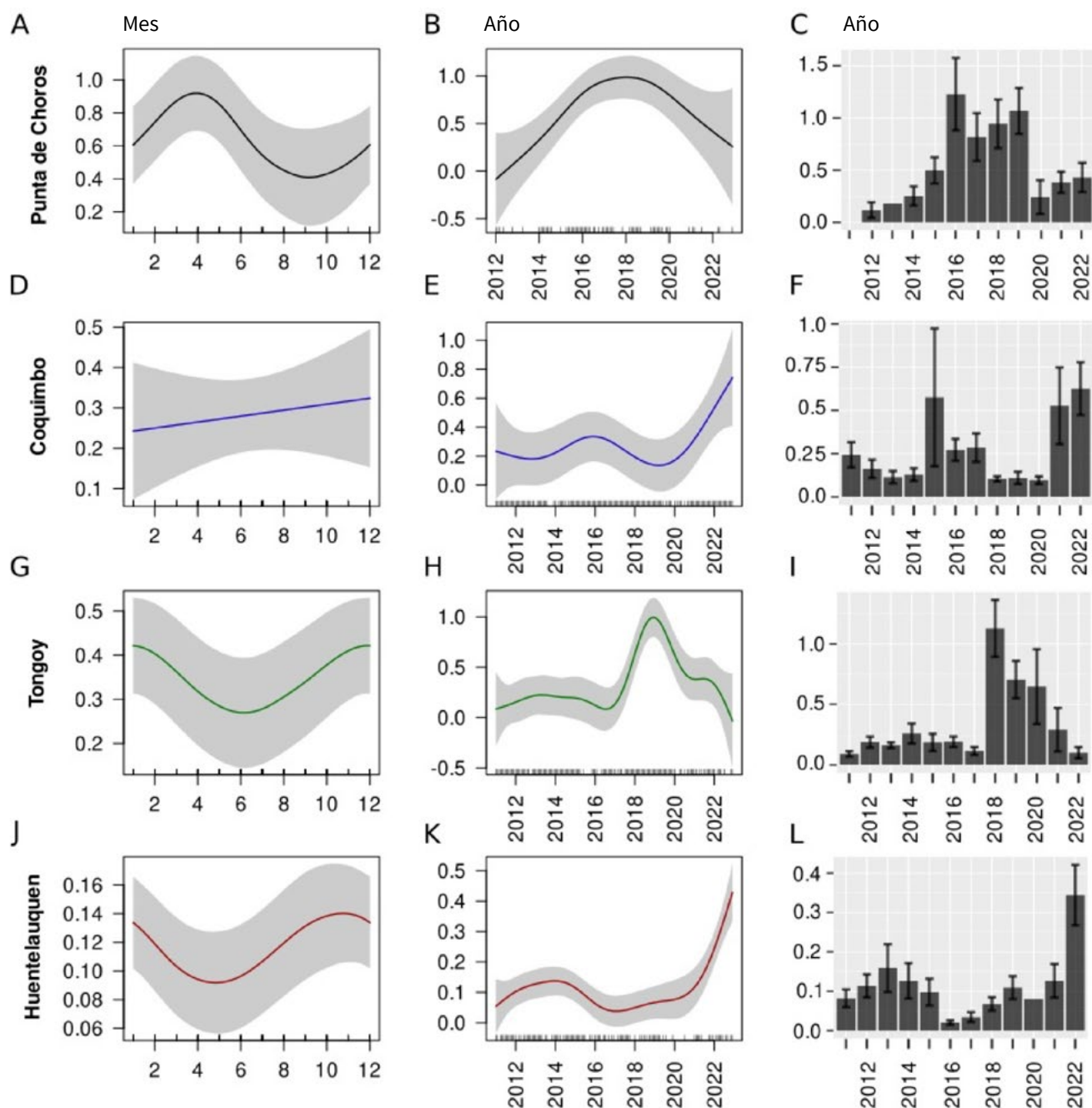


Figura 14. Series temporales de los desembarcos de jaiba mora (*Homalaspis plana*) desde las caletas de Punta de Choros, Coquimbo, Tongoy y Huentelauquén utilizando un modelo aditivo generalizado para estimar las tendencias anuales (ciclo estacional, A, D, G, J) y las tendencias históricas (B, E, H, K). Las bandas sombreadas que rodean las tendencias estimadas son los intervalos de confianza aproximados del 95% a lo largo de la función. Los paneles C, F, I, L muestran el promedio más el error estándar anual para cada caleta.

En resumen, se presenta un primer diagnóstico del sector productivo para el recurso jaiba mora en cuatro caletas (Punta de Choros, Coquimbo, Tongoy y Huentelauquén) a lo largo de la región. De acuerdo a los datos de SERNAPESCA, se registró la extracción de 108 especies marinas diferentes en la región entre los años 2011 y 2022, por lo que, en los próximos

boletines, se continuará analizando el proceso extractivo, incluyendo caletas de las tres provincias de la región con el propósito de comprender su dinámica tanto anual como en el largo plazo, que nos permitan encontrar especies centinelas claves para el estudio del efecto del cambio climático sobre los procesos productivos de la región.



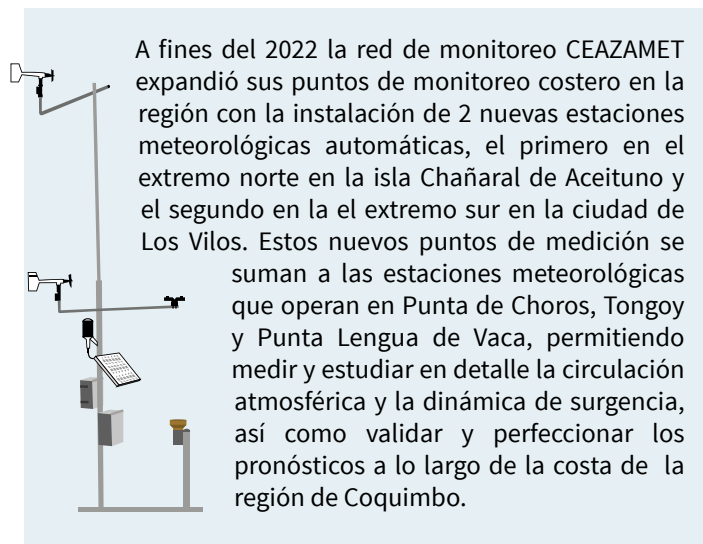
» PRONÓSTICOS A CORTO PLAZO

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

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

Adicionalmente, en esta versión del Boletín se da a conocer una nueva actualización de los pronósticos locales, incluyendo ahora los cambios del nivel del mar producto de las mareas. Este nuevo servicio está basado en una simulación global llamada TPXO (<https://www.tpxo.net/>), la cual está diseñada para estimar las variaciones del nivel del mar producto de la gravedad y movimiento de la tierra, la luna y el sol. Este producto fue evaluado por CEAZA con las observaciones de los mareógrafos públicos del puerto de Coquimbo y Punta de Choros (SHOA). A partir de esta validación, se determinó que los errores de pronóstico a 10 días están en el orden de los centímetros de amplitud y unos pocos minutos de diferencia de fase.

A nivel gráfico el pronóstico de mareas se presenta en el “oceanograma” de cada localidad, donde ahora se ilustran las oscilaciones pronosticadas del nivel del mar, junto a la amplitud y hora en que ocurrirán las pleamares y bajamares de cada día (mareas altas y bajas). Se espera que con este nuevo producto los usuarios del pronóstico puedan planificar de mejor manera sus actividades laborales, económicas, turísticas y recreativas en el borde costero de la Región de Coquimbo.



LINKS DE ACCESO:

PRONÓSTICOS REGIONALES:

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

PRONÓSTICOS LOCALES:

- ✓ OCEANOGRAMA POR CALETA ¡AHORA CON MAREAS!





» INFOGRAFÍA



Esta infografía contiene un manual de uso de la app de pronósticos del CEAZA. **app.ceaza.cl**

CONOCE LA app.ceaza.cl

La **app.ceaza.cl** es una plataforma web para ver información de monitoreo y pronóstico ambiental en la Región de Coquimbo co-creada con las personas del territorio, investigadores y profesionales del Centro Científico CEAZA.



» ¿Cómo usar la Web App para el sector costero?

1 Ingresamos a **app.ceaza.cl** o escanea este código QR

Si deseas dejar esta app en tu teléfono:
1. Ingresa a app.ceaza.cl
2. Ir al botón [Android] / [iPhone] / Agregar a inicio
3. Tendrás la app en el escritorio de tu celular

2 Click en sector costero

3 Selecciona tu caleta

» Menú principal

4 **ACTUAL**
La condición actual indica los datos medidos en estaciones costeras más cercanas a tu caleta.

5 **MONITOREO**
Monitoreo en las 6 comunas costeras y una boya oceanográfica en Tongoy.

Gira la pantalla para mejor visualización | Pincha el gráfico para más información

SET DE SENSORES DE MONITOREO:

- Temperatura del aire
- Clorofila
- Temperatura del agua
- Velocidad de viento
- Presión atmosférica
- Turbidez
- Oxígeno en el agua
- Radiación solar
- Humedad relativa

6 **PRONÓSTICO A 10 DÍAS**
Pronóstico individual e integrado de las condiciones del mar (oceanograma) para los próximos 10 días en tu caleta.

PRONÓSTICOS DISPONIBLES:

- Oceanograma (Pronóstico integrado)
- Pronóstico meteorológico
- Pronóstico de TSM animado
- Pronóstico de viento animado
- Pronóstico de oleaje animado
- Pronóstico de mareas

Selección de unidad de velocidad:
- m/s
- Km/h
- nudos

TSM: Temperatura superficial del mar

El color de los iconos representa la magnitud e intensidad de las variables.

» Esta información científica apoya a:

Pesca

Acuicultura

Turismo

Agricultura

Minería

Juntas de vigilancia (agua)

Gobierno Regional

Comunidad regional

Educación

65 puntos de monitoreo terrestre

Pronóstico meteorológico para las 31 localidades de la región

05 puntos de monitoreo costero

Pronóstico oceanográfico para las 33 caletas de la región

01 punto de monitoreo oceanográfico

Redacción: Christian Adalberto, Flor Múgica, Claudio Viqueo y Mónica Torres. Diseño: Sergio Quirós. Agradecimientos: Programa de Investigación en Participación de la Región Coquimbo (2019).



» GLOSARIO



Advección vertical: El proceso de advección vertical se refiere al transporte de propiedades de aguas (calor, oxígeno, nutriente) en la dirección vertical cuando se genera una velocidad vertical a través de un gradiente vertical de esa propiedad. Por ejemplo, una onda de hundimiento a lo largo de la costa tiende a producir un calentamiento superficial por la generación de anomalías de velocidad vertical negativas (hundimiento de la termoclina) en la base de la capa de mezcla (i.e. donde hay un gradiente vertical de temperatura).

Altimetría: Estudio de la altura o la medición de la altitud y se usa en la oceanografía desde la década de los 70 's para estudiar superficies continentales, especialmente en las áreas de la hidrología y la glaciología. Actualmente nos referimos con altimetría a misiones altimétricas satelitales que tienen incorporado un radar. A través de la altimetría se puede inferir una variedad de parámetros incluida la altura de la superficie del mar, la topografía del océano (fondo marino), la extensión lateral del hielo marino y la altitud de grandes icebergs sobre el nivel del mar, además de la topografía de la tierra y las capas de hielo e incluso la del mar. La altimetría satelital también proporciona información útil para mapear las velocidades del viento en la superficie del mar y las alturas significativas de las olas.

Altura de ola: Diferencia vertical entre la cresta (máximo) y el valle (mínimo) de una única ola.

Altura significativa de ola: Media aritmética del tercio superior de todas las alturas de ola medidas durante un período de tiempo fijo. Esta variable se utiliza convencionalmente como una medida de las "máximas olas que se pueden observar en un instante dado".

Anomalía: Se refiere a la desviación en los valores de una determinada variable o parámetro ambiental, con respecto a un promedio histórico o climatológico.

Anomalías sinópticas de la temperatura superficial del mar: Se refiere a la diferencia entre el valor observado y el valor histórico de cierto parámetro. En este caso, corresponde a la diferencia entre el valor de temperatura observado y el promedio histórico para el mismo período de tiempo. Por lo tanto, la anomalía sinóptica de la temperatura superficial del mar corresponde a un horizonte temporal que no excede de una o dos semanas.

Boya oceanográfica: Plataforma para el estudio hidrográfico, diseñada para el monitoreo de las propiedades fisicoquímicas del mar, generalmente utilizadas para estudios oceanográficos

y climáticos, pero también con aplicación en la acuicultura. Las boyas oceanográficas tienen un punto de anclaje al piso marino, y en ellas se disponen diversos instrumentos (también llamados sensores) tanto atmosféricos como oceanográficos, que miden con precisión una multitud de parámetros como la velocidad y dirección del viento a través del diámetro de los rotores de las turbinas eólicas. Los sensores oceanográficos registran parámetros como la temperatura y salinidad del mar, turbidez, fluorescencia, clorofila, el oxígeno disuelto, la concentración de CO₂ y pH, corrientes, entre otros.

Calibres Ostión del Norte: Número de individuos de ostión por unidad de masa. Comúnmente expresada en libras o kilogramo. Así tenemos por ejemplo: el calibre A corresponde entre 22-44 unidades en un kilogramo, calibre B 44-66 unidades por kilogramo, calibre C 66-88 unidades por kilogramo, etc.

Climatología: Estudio de los parámetros y variables atmosféricas observadas en un período de al menos 30 años, que permite describir las características térmicas, pluviométricas y de nubosidad de una zona o región.

Clorofila: Pigmento presente en el fitoplancton o microalgas marinas, empleado en la fotosíntesis para absorber dióxido de carbono atmosférico, para producir azúcares como combustible y liberar oxígeno. La clorofila es responsable del color verdoso del fitoplancton. La medición de la concentración de clorofila en el océano permite estimar la concentración del fitoplancton y por lo tanto, de la actividad biológica de éste, o incluso la disponibilidad de alimento para organismos que filtran (filtradores). Los valores de clorofila superficial del mar pueden ser estimados en forma satelital. A través de la columna de agua, la concentración de clorofila se puede estimar o medir utilizando sensores oceanográficos, o mediante muestras discretas de agua tomadas con botellas oceanográficas (llamadas botellas Niskin), y analizadas posteriormente en un laboratorio.

Corrientes de superficie: Las corrientes superficiales se originan en respuesta al viento, alcanzan importantes velocidades, y debido a que recorren largas distancias, son un efectivo mecanismo de transporte para la fauna marina. En la categoría de corrientes marinas superficiales se incluyen las corrientes permanentes de los océanos tales como la corriente de Humboldt, Deriva del Oeste, Kuroshio, Australiana, la del Golfo y las corrientes Ecuatoriales, las cuales son una parte importante de la circulación general de los océanos.



CTD: Es un acrónimo en inglés de conductividad-temperatura-profundidad (en inglés, conductivity-temperature-depth). Además, así se denomina al instrumento científico que se usa para determinar las propiedades físicas esenciales del agua de mar. El CTD brinda a los científicos información precisa y completa de la distribución y variación de la temperatura, la salinidad y la densidad a lo largo de la columna de agua. Este instrumento se puede utilizar para obtener información a diferentes profundidades o anclado a una determinada profundidad para generar series de tiempo sobre la variabilidad de estos parámetros. Al día de hoy, a los CTDs se le puede añadir más instrumentos de medición (sensores oceanográficos) de oxígeno disuelto, clorofila, turbidez, pH, concentración de CO₂ (pCO₂), entre otros, lo que entrega una información más completa de las propiedades de la columna de agua.

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

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

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

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

Espectro direccional de olas: Se refiere a la variable que mide la distribución de energía de las olas a lo largo de un rango de

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

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

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

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

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

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

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

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

Mareas de cuadratura: También llamadas “mareas muertas”, corresponden a los períodos en donde el ángulo entre el sol, la



tierra y la luna forma aproximadamente un ángulo recto (90°), de manera que las fuerzas gravitacionales del Sol y la Luna se contrarrestan generando una menor amplitud en la marea. Estos períodos se observan principalmente cuando la luna está en su fase de “cuarto menguante” y “cuarto creciente”.

Mar de fondo: Se entiende como mar de fondo a las características de las olas de baja frecuencia (alto período) del espectro de energía de oleaje. En otras palabras, se puede entender como aquellas olas que fueron generadas por tormentas de mar abierto, que no necesariamente afectan de manera directa, el punto de interés en el que se desea evaluar las condiciones de oleaje.

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

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

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

Ondas planetarias: Son ondas que ocurren naturalmente en fluidos en rotación. Estas ondas se forman como resultado de la rotación del planeta, dentro del océano y la atmósfera de la Tierra y pueden afectar el tiempo y el clima del planeta. También son conocidas como ondas de Rossby.

Ondas atrapadas a la costa (OAC): Las ondas atrapadas a la costa son perturbaciones de la estratificación que se propagan a lo largo de la costa. La amplitud y velocidad de corrientes son máximas en la costa y disminuyen de forma exponencial mar

adentro, viajando con la costa a la derecha (izquierda) de la dirección de propagación en el hemisferio norte (sur), por lo que se propagan en sentido ciclónico alrededor de las grandes cuencas oceánicas.

Oscilación interdecadal del Pacífico (IPO): Oscilación a largo plazo de las temperaturas superficiales del mar en el océano Pacífico que puede durar de 20 a 30 años. Sus fases positivas y negativas afectan la fuerza y frecuencia de El Niño y La Niña.

Oxígeno disuelto (OD): El oxígeno disuelto es la cantidad de oxígeno gaseoso que está disuelto en el agua. El oxígeno libre es fundamental para la vida de los peces, plantas, algas, y otros organismos. La concentración de este elemento es resultado del oxígeno que entra en el sistema y el que se consume por los organismos vivos. La entrada de oxígeno puede estar provocada por muchas fuentes, pero la principal es el oxígeno absorbido de la atmósfera.

Período y frecuencia de olas: La frecuencia del oleaje se refiere al número de olas que pasan por un punto en un intervalo de tiempo dado, análogamente el período es el tiempo que demora en pasar entre una ola y otra.

Período pico o del peak espectral: Se refiere al período del máximo de energía del espectro de olas de un lugar e instante dado. Usualmente se ocupa para representar el período del oleaje predominante en un instante y lugar de interés.

Pleamar y bajamar: La pleamar y bajamar corresponden a los máximos y mínimos del nivel del mar en un día del año en particular. Comúnmente se conocen como “mareas altas” y “mareas bajas” respectivamente, y su origen se debe a la rotación de la Tierra y la forma en que la gravedad lunar y solar deforman los océanos. Aproximadamente ocurren dos pleamares cada 12 horas y 48 minutos, intervalo de tiempo determinado principalmente por la rotación de la tierra y el desfase de la órbita de la luna.

Productividad primaria: La producción primaria es la síntesis de sustancias orgánicas por organismos autótrofos (principalmente fitoplancton) a partir de dióxido de carbono (CO₂) atmosférico o acuoso. En general, la productividad marina es similar a la terrestre. La producción neta marina es de aproximadamente 35,000-50,000 millones de toneladas métricas por año, mientras que la producción terrestre alcanza los 50,000-70,000 mil millones de toneladas por año.

Saturación de oxígeno: En ambientes acuáticos, la saturación de oxígeno en unidades de porcentaje (%) es una relación entre la concentración de oxígeno disuelto y la cantidad máxima de oxígeno que se disolverá en ese cuerpo de agua, a la temperatura y presión que constituyen las condiciones de equilibrio estable. Por ejemplo, en condiciones ideales en que el agua se encuentra bien aireada y sin productores o consumidores de oxígeno se dice que está 100% saturada de oxígeno.



Surgencia: La surgencia, o afloramiento de aguas profundas, es un proceso oceanográfico resultante de la interacción entre el viento, la superficie del mar y la rotación de la Tierra, cuyo resultado es el movimiento y reemplazo de las aguas superficiales del océano por agua más profunda. El viento que sopla paralelo a la costa, de sur a norte en el hemisferio sur, provoca el movimiento o transporte del agua superficial hacia mar abierto (hacia el oeste). Este transporte del agua superficial (llamado transporte de Ekman) permite que aguas más profundas la reemplacen. Estas aguas más profundas son más frías, lo que genera fuertes contrastes en la temperatura superficial del mar, pero también presentan elevados niveles de nutrientes que estimulan el crecimiento de las microalgas o fitoplancton. Finalmente, las aguas de surgencia también presentan altas concentraciones de CO₂ (elevada acidez) y bajas concentraciones de oxígeno disuelto lo que genera eventos locales de acidificación y desoxigenación del océano, respectivamente.

Temperatura superficial del mar (TSM): Corresponde a la temperatura obtenida utilizando percepción remota satelital del mar. Esta aplicación es posible debido a que todo cuerpo emite energía electromagnética de acuerdo, principalmente, a su temperatura. Los instrumentos satelitales (también llamados sensores) captan la emisión de superficie del mar, y se obtiene lo que se denomina temperatura superficial del mar (TSM) con un grado adecuado de confiabilidad ($\pm 1^\circ\text{C}$).

Zona fótica: Es la capa superior del océano, más cercana a la superficie. En esta zona penetra la suficiente luz para permitir la fotosíntesis, la que es realizada por el fitoplancton, así como también por las algas fijadas en la superficie. La profundidad a la que se extiende la zona fótica está determinada en gran medida por la densidad de la materia que se encuentra suspendida en el agua.

Zonas mínimas de oxígeno (ZMO): Son regiones del océano con bajo contenido de oxígeno (menores a 1 ml por litro), que generalmente se encuentran entre 100-1000 m de profundidad. Estas masas de agua pobremente ventiladas por la circulación oceánica de gran escala que se generan debido a la combinación de una circulación relativamente lenta y altas tasas de respiración de la materia orgánica. Las ZMOs cumplen un rol clave en el ecosistema marino y el clima, por ejemplo, comprimen el hábitat de los organismos ya que representan una barrera respiratoria e interviene en los ciclos biogeoquímicos globales (nitrógeno, carbono y fósforo, entre otros) y, en consecuencia son consideradas como una fuente de gases invernadero (óxido nitroso).



» ANEXOS



» Parámetros e instrumentos de las estaciones de monitoreo costeras

Estación Coordenadas Lat/Lon (WGS-84)	Instrumentos de Medición			Rango/ sensibilidad	Precisión	Resolución	
	Parámetro	Unidad	Altura de ubicación				Marca/Modelo
Punta de Choros (7 msnm) 29°14'50"S, 71°28'5"O	ATMOSFÉRICO						
	Temperatura del aire	°C	1,5 m	Campbell 107	-35° a +50°C	± 0,2°C	0,01°C
	Velocidad del viento	m/s	2 m	RM Young Marine Wind Monitor Model 05106	0 a 100 m/s	± 0,3 m/s	0,1 m/s
	Dirección del viento	°	2 m	RM Young Marine Wind Monitor Model 05106	0 a 360°C	± 3°	0,01°
	Radiación Solar Global	W/m ²	2 m	Licor Li200	400 a 1100 nm	± 5%	0,1
	Presión Atmosférica	hPa	2 m	Vaisala PTB110	500 a 1100 hPa	± 0,3 hPa	0,1 hpa
Precipitación	mm	1,5 m	Texas Instrument TR-525M	0 a 700 mm/h	2 mm	1%	
Tongoy Balsa (0 msnm) 30°16'30"S, 71°33'42"O	ATMOSFÉRICO						
	Temperatura del aire	°C	1,5 m	Termistor Beta Therm/T109 (10K3A1iA)	-50°C a +70°C	± 0,2°C	0,1°C
	Velocidad del viento	m/s	5 m	Anemómetro RM Young/ Model 86000	0 a 75 m/s	30 m/s ± 2%	0,01 m/s
	Dirección del viento	°	5 m	Anemómetro RM Young/ Model 86000	0 a 360 °	± 2°	0,1°
	Presión Atmosférica	hPa	2 m	Vaisala/PTB110	500 a 110 hPa	± 0,3 hPa a 20°C	0,1 hPa
	OCEANOGRÁFICO						
	Oxígeno del agua	mL/L	-10 m	WetLabs/WQM	-	0,2 mL/L (a 0°C y 35 psu salinidad)	0,003 mL/L
	Saturación de oxígeno	%	-10 m	WetLabs/WQM	0 a 120% saturación	2% de saturación	0,035% de saturación (0,003 mL/L a 0°C, 35 psu)
	Conductividad	S/m	-10 m	WetLabs/WQM	0 a 9 S/m	0,0003 S/m	0,0005 S/m
	Temperatura del agua	°C	-10 m	WetLabs/WQM	-5°C a 35°C	0,002 °C	0,001 °C
Clorofila	mg/m ³	-10 m	WetLabs/WQM	0 a 50 mg/m ³	0,015 mg/m ³	0,01 mg/m ³	
Turbidez	NTU	-10 m	WetLabs/WQM	0 a 100 NTU	0,013 NTU	0,04% FSNTU	



Estación Coordenadas Lat/Lon (WGS-84)	Parámetro	Instrumentos de Medición			Rango/ sensibilidad	Precisión	Resolución
		Unidad	Altura de ubicación	Marca/Modelo			
Punta Lengua de Vaca (17 msnm) 30°14'42"S, 71°37'59"O	ATMOSFÉRICO						
	Temperatura del aire	°C	2 m	Vaisala/HMP155	-80°C a 60°C	± 0,2°C	0,001°C
	Humedad Relativa	%	2 m	Vaisala/HMP155	0 a 100%	± 1% RH	0,001%
	Velocidad del viento	m/s	5 m	RM Young/5103 Wind Monitor	0 a 100 m/s	± 0,3 m/s	0,01m/s
	Dirección del viento	°	5 m	RM Young/5103 Wind Monitor	0 a 360°C	± 3°C	0,01°
	Presión Atmosférica	hPa	2 m	Sutron/5600-0120	500 a 1100 mb (hPa)	± 0,5 mb	0,01 mb
Precipitación	mm	1,5 m	Texas Instrument TR-525M	0 a 700 mm/h	2 mm	1%	

» Procedencia de los datos analizados

PARÁMETRO	PRODUCTO SATELITAL	INSTITUCIÓN	RESOLUCIÓN ESPACIAL (EN KM) / TEMPORAL	FIGURA DEL BOLETÍN
Temperatura Superficial del Mar (TSM)	HadISST y ERSSTv5	The Hadley Centre (UK) y the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)	~100 km / mensual	2
	Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis (OSTIA)	UK Meteorological Office	~4 km / diario	1
	Multi-Scale Ultra High Resolution (MUR) Sea Surface Temperature	NASA	~1 km / diario	6 y 7
Índices El-Niño Chileno y El-Niño Este Pacífico	HadISST y ERSSTv5	The Hadley Centre (UK) y the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)	~100 km / mensual	2
Nivel del mar	Ocean Surface topography from Altimetry (JASON3)	Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS)	~25 km / diario	3
Viento (velocidad y dirección)	Satellite Metop, instrumento Advanced SCATterometer (ASCAT)	Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER)	~27 km / diario	4 y 5
Clorofila superficial	Aqua, Suomi-NPP, Sentinel-3a, JPSS-1 (NOAA-20), Sentinel-3b	Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS)	~4km / diario	8 y 9

Boletín
CEAZAMar
JULIO
2023

