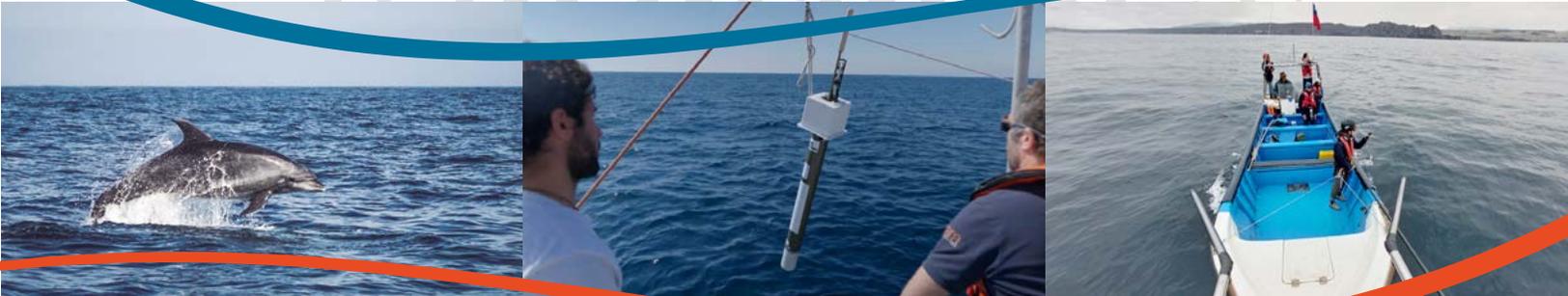




Boletín CEAZAMar ABRIL 2022



» ¿QUÉ ES CEAZA? ¿QUÉ ES CEAZAMar?	03
» CRÉDITOS Y AGRADECIMIENTOS	04
» RESUMEN	05
» MENSAJES DESTACADOS	06
» ESTRUCTURA DEL BOLETÍN	07
» DIAGNÓSTICO DE LA REGIÓN DE COQUIMBO	08
» Observaciones regionales	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 de monitoreo 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	26
» Diagnóstico de las condiciones de la Bahía de Tongoy y su relación con la productividad del recurso Ostión del Norte durante los años 2021 y 2022	26
» PRONÓSTICO A CORTO PLAZO	28
» Viento y temperatura superficial del mar (TSM)	28
» INVESTIGACIÓN CEAZAMar	29
» NOTICIAS CEAZAMar	32
» INFOGRAFÍA	35
» GLOSARIO	36
» ANEXO	39
» Parámetros e instrumentos de las estaciones de monitoreo costeras	39
» Procedencia de los datos analizados	40



» ¿QUÉ ES CEAZA?



El Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA) es un Centro Regional de Investigación Científica y Tecnológica localizado en la Región de Coquimbo. El CEAZA, fundado en el año 2003 tras el Segundo Concurso de Creación de Unidades Regionales de Desarrollo Científico y Tecnológico del entonces CONICYT (actual ANID), es un consorcio científico formado por la Universidad de La Serena (ULS), la Universidad Católica del Norte (UCN), el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA-Intihuasi), y el Gobierno Regional de Coquimbo (GORE Coquimbo).

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 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.

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.



✓ 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



» RESUMEN



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

Generación de productos atmosféricos y oceanográficos:
Orlando Astudillo, Boris Dewitte, Lucas Glasner, Jorge Inostroza, Cristian Orrego, José Rutllant, Pablo Salinas, María Valladares

Investigadores:
Víctor Aguilera, Claudio Álvarez, Orlando Astudillo, Boris Dewitte, Carlos Henríquez, Laura Ramajo, Marcelo Rivadeneira, José Rutllant, María Valladares

Transferencia y Vinculación:
Pilar Molina

Comunicación:
Marcela Zavala

Divulgación y Difusión:
Valentina Aliste, Paloma Núñez, José Luis Rojas

Diseño y Diagramación:
Janina Guerrero

Diseño y Mantención de Plataforma Web:
Carlo Guggiana-Díaz

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

Equipo Directivo CEAZA:
Carlos Olavarría, Claudio Vásquez

Agradecimientos: Fondecyt 11190999

Citar como:
Boletín CEAZAMar - Abril (2022). Análisis de las Condiciones Atmosféricas y Oceanográficas de la Región de Coquimbo (Diciembre 2021 - Febrero 2022). 40 páginas. DOI: 10.6084/m9.figshare.19525429

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 periodo comprendido entre el 1 de diciembre de 2021 al 28 de Febrero de 2022. Adicionalmente, se provee un diagnóstico de la productividad del Ostión del Norte en la Bahía de Tongoy a escala cuatrimestral para el año 2021 y 2022.

Para el periodo en análisis, la variabilidad en la Temperatura Superficial del Mar (TSM), en el Pacífico oriental ecuatorial y subtropical, muestra valores negativos para el índice CEN (Chile El Niño) y EN (El Niño EP) evidenciando una condición ENSO fría frente a la costa de América del Sur. Se observa también la ocurrencia de una onda de Kelvin de hundimiento (anomalías positivas del nivel y TSM) a partir de diciembre de 2021, lo que produjo una ligera elevación del nivel del mar en febrero de 2022. No obstante, esta onda no fue de amplitud suficiente para compensar las condiciones frías de superficie. En relación al trimestre anterior, se observó a lo largo de la costa de la región una reducción en la intensidad del viento con magnitudes promedio bajo los 5 m/s (9.7 nudos). La dirección del viento dominante en la región fue sur (71.1% a 80% del trimestre) y suroeste (3.3 a 11% del trimestre), así como también desde el norte, especialmente en el borde sur de la región (1.1 a 7.8% del trimestre). La predominancia de este viento sur y suroeste, favorable a la surgencia, fue especialmente evidente en las localidades costeras de Tongoy y La Cebada (80% del trimestre, 72 días).

Para el trimestre en revisión, la TSM en la zona oceánica y costera de la región de Coquimbo se incrementó gradualmente en respuesta al ciclo estacional de la radiación solar. No obstante y en respuesta a periodos de máxima intensificación del viento sur, se observaron temperaturas frías en todas las localidades costeras de la región de Coquimbo.

La concentración de clorofila que evidencia la cantidad de microalgas y la productividad pelágica, registró una disminución notoria con respecto al trimestre anterior (5.16 y 4.75 mg/m³) con promedios máximos a lo largo de la costa de tan solo 1.36 y 1.24 mg/m³. Los valores más altos del trimestre se asocian con periodos de mayor intensidad del viento favorable a la surgencia.

El análisis específico para Punta de Choros indica viento favorable a la surgencia durante 80% del trimestre, con magnitudes de viento dentro del rango histórico y en sincronía con el régimen de vientos registrados en el sistema Bahía de Tongoy-Punta Lengua de Vaca. La surgencia, en términos de volúmenes máximos de transporte, superaron los 6 m³/s en asociación a 4 eventos destacables de anomalías negativas de temperatura superficial del mar (TSM). En Tongoy, la temperatura y oxígeno disuelto a 10 m de profundidad estuvieron por debajo del rango histórico (2008-2020) durante gran parte del trimestre, siendo de todas formas más altos en promedio que el trimestre anterior (13.7°C - 12.8°C y 3 mL/L - 2.8 mL/L, respectivamente). Se evidenciaron además al menos 3 eventos de disminución de temperatura y oxígeno disuelto asociados a persistentes vientos del sur.

Efectos en la industria del Ostión del Norte

En cuanto a las condiciones de la Bahía de Tongoy y su relación con la productividad del recurso ostión, las condiciones de La Niña que se observaron durante el año 2021, particularmente en primavera, se manifestaron en un aumento de la velocidad media del viento con la consiguiente disminución de la temperatura superficial del mar (TSM) y de la concentración de oxígeno disuelto. Estas condiciones podrían haber afectado el rendimiento y calibre de los ostiones, revirtiendo la tendencia histórica observada en años anteriores. En efecto, los parámetros de talla y el rendimiento del cultivo de ostión presentaron los valores más bajos durante el comienzo del año 2022 en comparación a periodos similares desde el año 2018.





» MENSAJES DESTACADOS



1

Entre diciembre de 2021 y febrero de 2022, se mantuvieron las condiciones oceánicas frías a escala regional, consistentes con la presencia de La Niña, las cuales se mantienen en la actualidad.

2

A escala regional y local, se observó una reducción en la magnitud del viento en relación al trimestre anterior, con un predominio del viento sur favorable a la surgencia.

3

Los eventos de surgencia del periodo se asociaron con un enfriamiento de la temperatura oceánica y bajas concentraciones de la clorofila acordes a lo observado históricamente.

4

La concentración de oxígeno disuelto en la bahía de Tongoy se mantuvo bajo el promedio histórico en gran parte del trimestre, con valores mínimos en períodos de surgencia.

5

El primer diagnóstico de la producción de la industria ostonera revela una baja para el año 2021 respecto al ciclo anual histórico en términos productivos, particularmente en el calibre de los ostiones (talla) y en el rendimiento. Este período también se vio negativamente influenciado por la masiva presencia de picorocos.

6

Los parámetros de talla y el rendimiento del cultivo de ostión presentaron los valores más bajos durante el comienzo del año 2022 en comparación a periodos similares desde el año 2018.

» PRONÓSTICOS REGIONALES Y LOCALES

CEAZAMar provee pronósticos regionales y locales para la Región de Coquimbo para los próximos 10 días de temperatura superficial del mar (TSM) y vientos. Más información sobre cómo se construyen los pronósticos en la página 26 de este boletín.

Pronóstico Temperatura Superficial del Mar (TSM) 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), nivel del mar, 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 Chañaral de Aceituno, 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 regionales

Anomalia Mensual de la Temperatura Superficial del Mar (TSM)

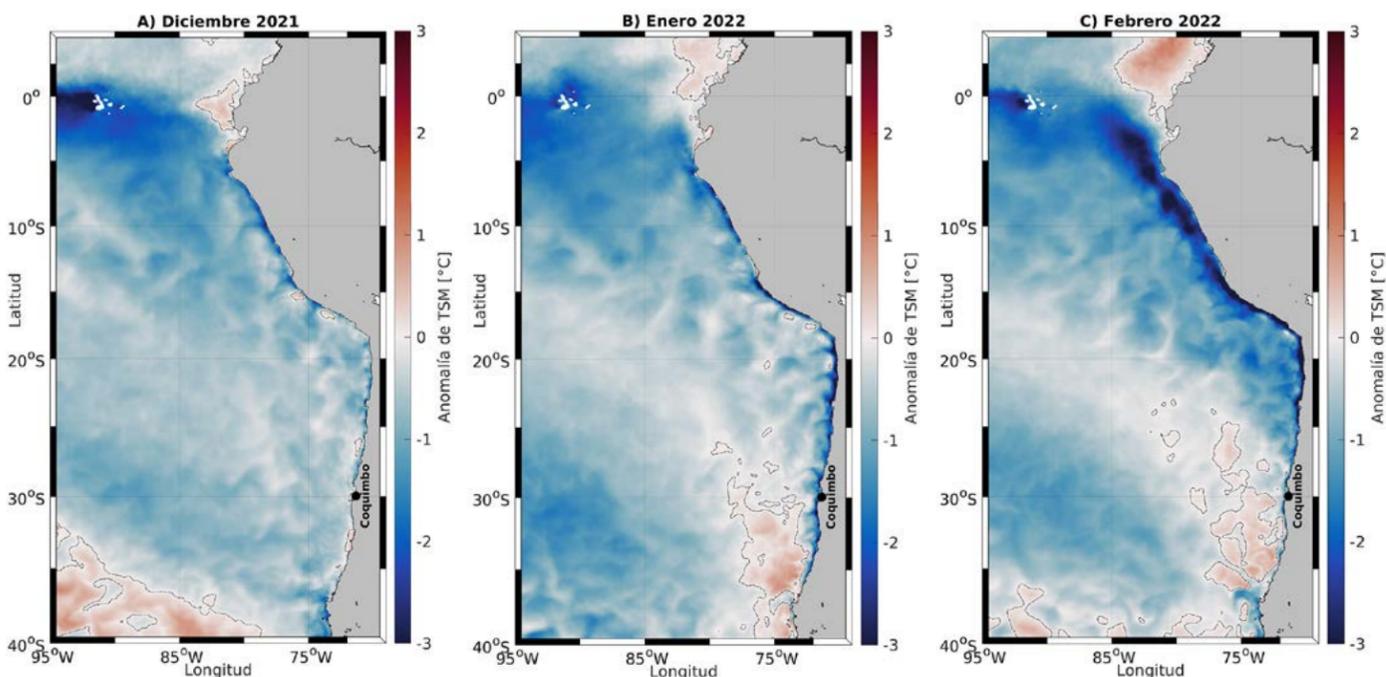


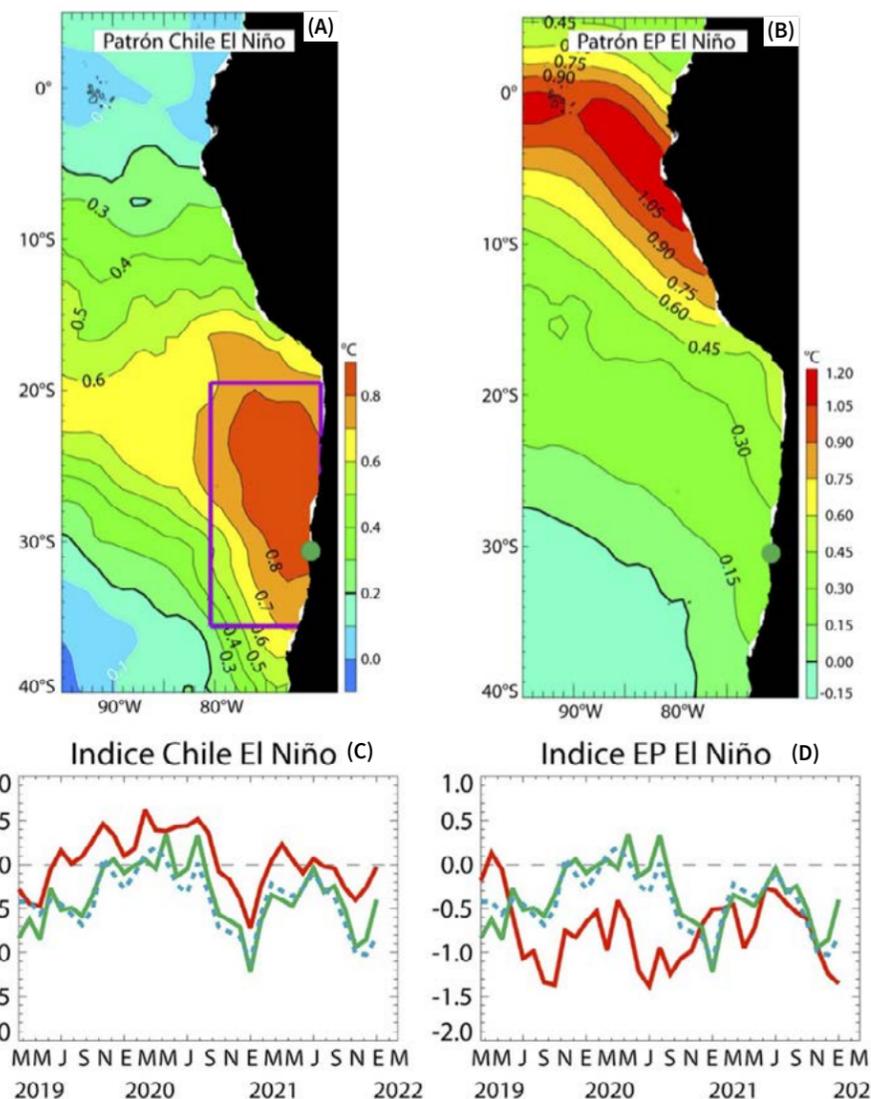
Figura 1. Anomalia mensual de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) (°C) de (A) diciembre de 2021, (B) enero de 2022 y (C) febrero de 2022. Las anomalías de TSM se calcularon con respecto al periodo 2006-2019. Los colores rojos en el mapa indican zonas en las que la TSM mostró valores por encima del promedio histórico para ese mes, mientras que los colores azules señalan TSMs por debajo del promedio mensual histórico observado entre los años 2006 y 2019. Los contornos punteados indican las localizaciones en las que la anomalía de TSM es igual a cero (valores similares a lo observado en el periodo comprendido entre el año 2006 y 2019). Se muestra con un punto negro la localidad de Coquimbo.

Para el trimestre comprendido entre diciembre de 2021 y febrero de 2022, se observa la persistencia de la anomalía negativa de la temperatura superficial del mar (TSM) (es decir, el cambio de esta variable en relación al promedio

histórico calculado entre los años 2006 - 2019) para gran parte de la región del Pacífico Suroriental, lo cual es consistente con condiciones frías ENSO-La Niña.

Condiciones climáticas: Índices El-Niño Chileno y El-Niño Este Pacífico (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 Punta Lengua Vaca entre las observaciones (en verde) y la solución de un modelo estadístico (en azul punteado) entre marzo de 2019 y enero de 2022. El modelo estadístico está basado en una regresión multilineal para las anomalías de (TSM) en Punta Lengua Vaca 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 temperatura superficial del mar (TSM) en Punta Lengua Vaca para las observaciones (en verde) y la solución de un modelo estadístico (en azul punteado) entre marzo 2019 y enero 2022. Las anomalías en temperatura superficial del mar (TSM) fueron calculadas usando como referencia el periodo comprendido entre 1960 y 2019.



Los distintos modos climáticos que se encuentran en el Pacífico Sudeste condicionan las características de la circulación costera y ambientales a lo largo de la costa de Chile central. Para el periodo comprendido entre el 1 de Diciembre de 2021 y 31 de Enero de 2022, el análisis de las condiciones climáticas de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) indica que la amplitud del índice CEN (Chile El Niño) y de índice EN (El Niño EP) se mantienen con valores ligeramente negativos, indicando una persistencia de condiciones frías frente a la costa de América del Sur. La tendencia del índice CEN es hacia un calentamiento sugiriendo un retorno a condiciones normales frente a Coquimbo durante el Verano a pesar que la evolución del índice EN sugiere una persistencia de estas condiciones frías frente a Perú y en el Norte de Chile.



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 a la costa de Chile. Estos eventos en general son seguidos por una fase fría (La Niña), lo que resulta en una oscilación conocida por el nombre de El Niño Oscilación del Sur (ENOS). Eventos de calentamiento a escala más regional han sido también llamados "eventos El Niño", como los que ocurren a lo largo de Perú (El Niño costero) o de Chile (Chile El Niño). Estos eventos son más breves y se relacionan con procesos locales de interacción océano-atmósfera.

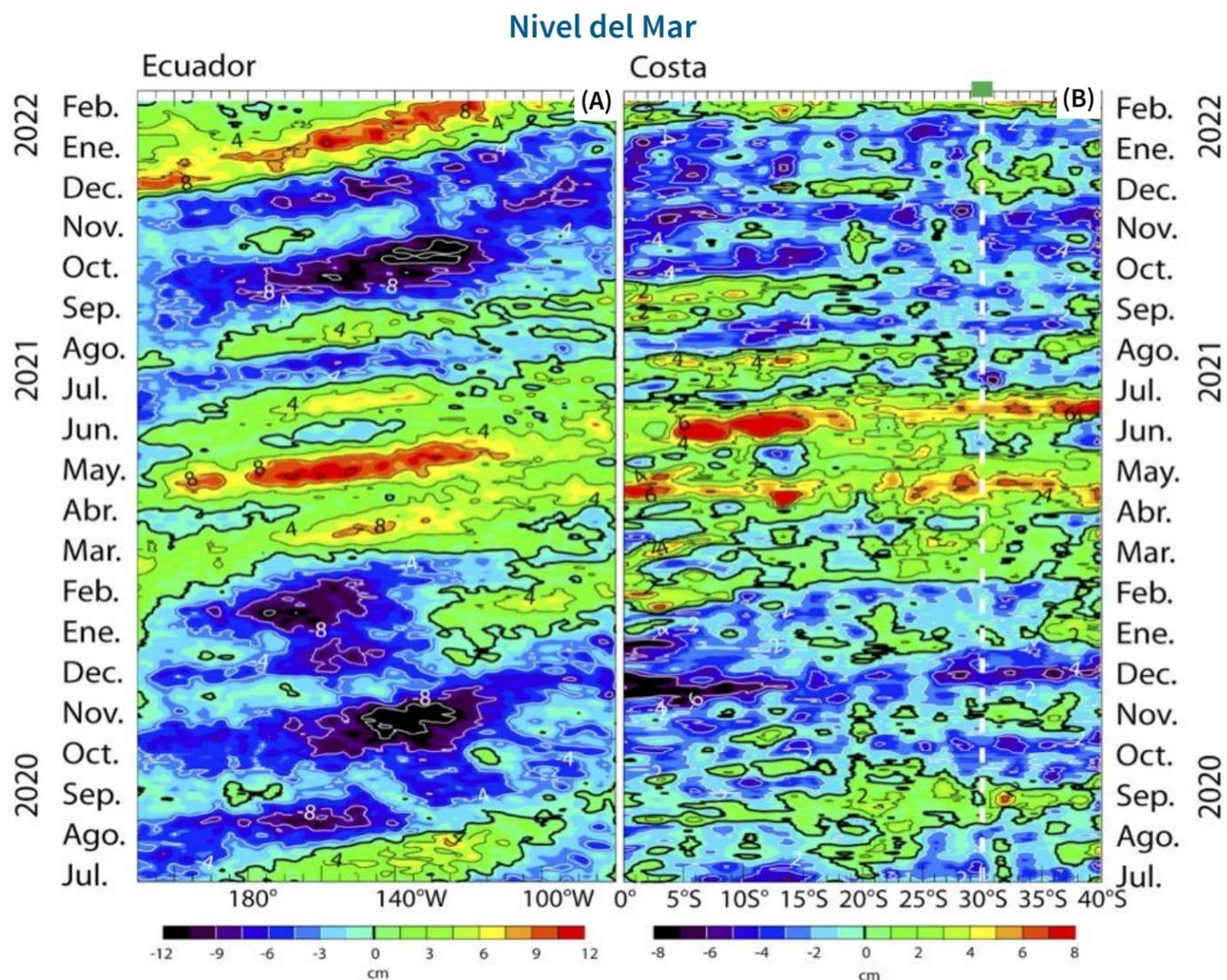
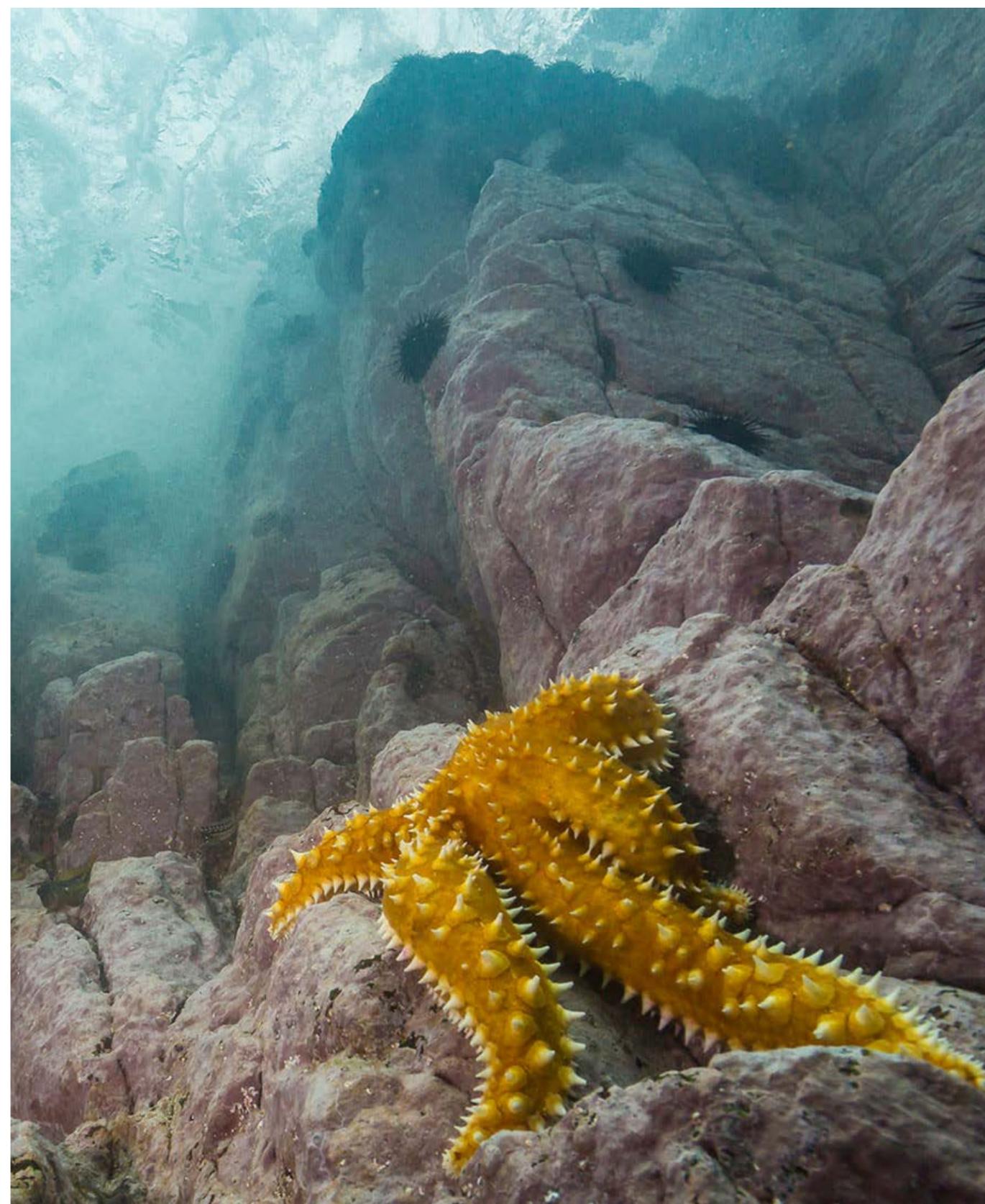


Figura 3: Evolución de las anomalías del nivel del mar a lo largo (A) del Ecuador y (B) de la costa para el periodo comprendido entre el 1 julio de 2020 al 28 de febrero de 2022. Los cambios en el nivel del mar se muestran en centímetros (cm).

La evolución de la actividad de ondas de Kelvin ecuatoriales de los últimos meses indican la ocurrencia de una onda de Kelvin de hundimiento (anomalías positivas del nivel del mar) a partir de diciembre de 2021 (Figura 3A izquierda), la cual se propagó a lo largo de la costa (Figura 3B derecha) produciendo una ligera elevación del nivel de mar en Febrero 2022. No obstante, esta onda no fue de amplitud suficiente para oponerse a las condiciones frías de superficie (Figura 1C).



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

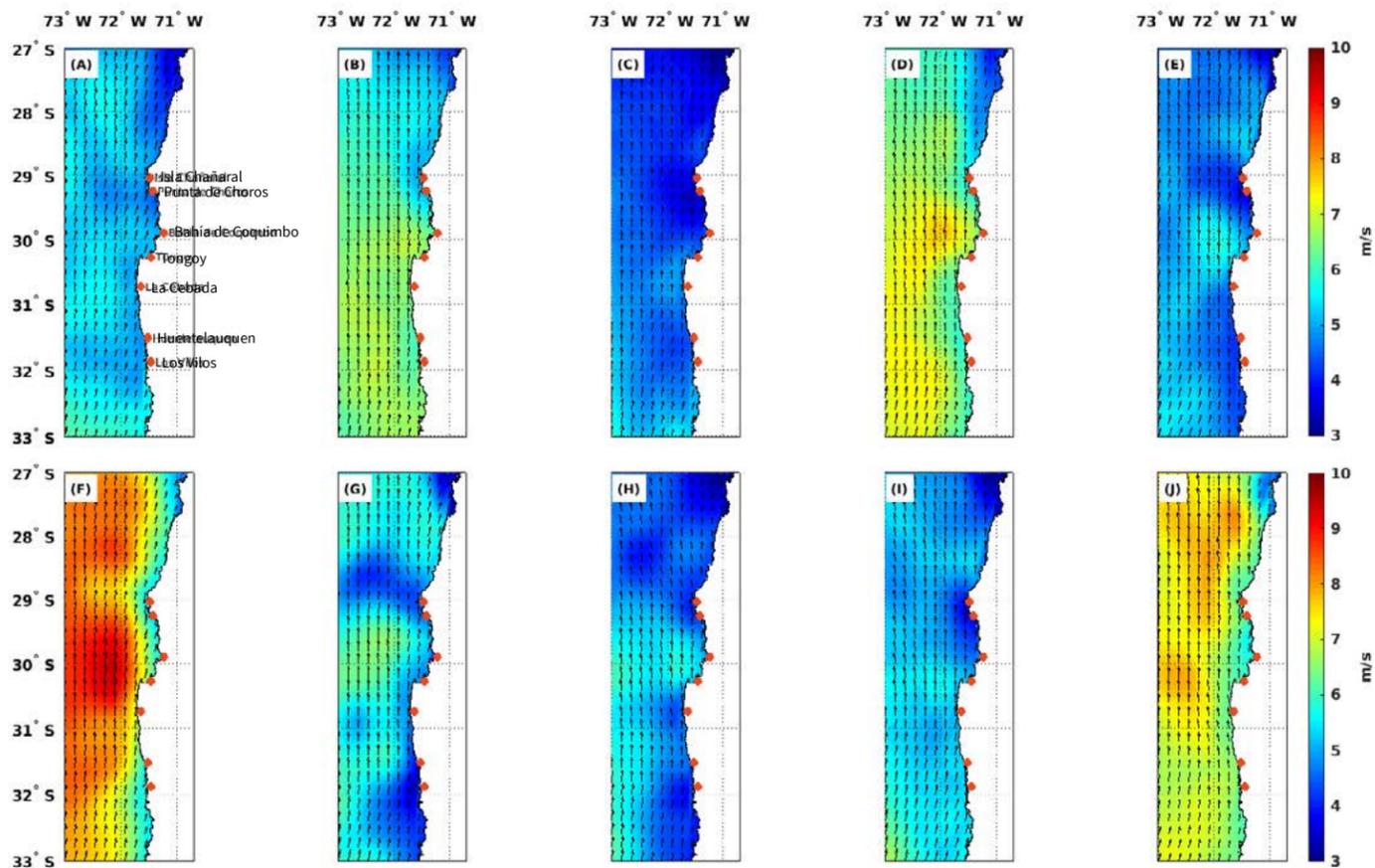


Figura 4. Promedio de la velocidad (m/s) y dirección de viento estimada a través de la observación satelital a 10 metros sobre el nivel del mar frente a la Región de Coquimbo entre el 1 de diciembre al 28 de febrero de 2022.

Cada imagen muestra el promedio para ambas variables (velocidad y dirección de viento) para un período de 9 días (A) 1-dic-2021 a 9-dic-2021 (B) 10-dic-2021 a 18-dic-2021, (C) 19-dic-2021 a 27-dic-2021, (D) 28-dic-2021 a 05-ene-2022, (E) 6-ene-2022 a 14-ene-2022, (F) 15-ene-2022 a 23-ene-2022, (G) 24-ene-2022 a 1-feb-2022, (H) 2-feb-2022 a 10-feb-2022, (I) 11-feb-2022 a 19-feb-2022, y (J) 20-feb-2022 a 28-feb-2022.

Se muestran con puntos rojos las localidades de Chañaral de Aceituno, Punta de Choros, Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos.

Durante el trimestre comprendido entre diciembre del 2021 a febrero del 2022, se observó una reducción en la magnitud del viento en relación al trimestre anterior, evaluado en el boletín de enero 2021, registrándose mayoritariamente a lo largo de la costa magnitudes promedio bajo los 5 m/s (9.7 nudos), salvo por cuatro periodos (Figura 4 B, D, F y J) en que se midieron magnitudes del viento en superficie mayores a

6 m/s (11.7 nudos). Adicionalmente, los periodos del 15 al 23 de enero y del 20 al 28 de febrero del 2022 (Figura 4 F y J) exhibieron la mayor magnitud del trimestre con 6.2 m/s (12 nudos), en contraposición el subperíodo del 19 al 27 de diciembre del 2021 (Figura 4 C) presentó la menor magnitud promedio a lo largo de la costa con solo 4.32 m/s (8.4 nudos).

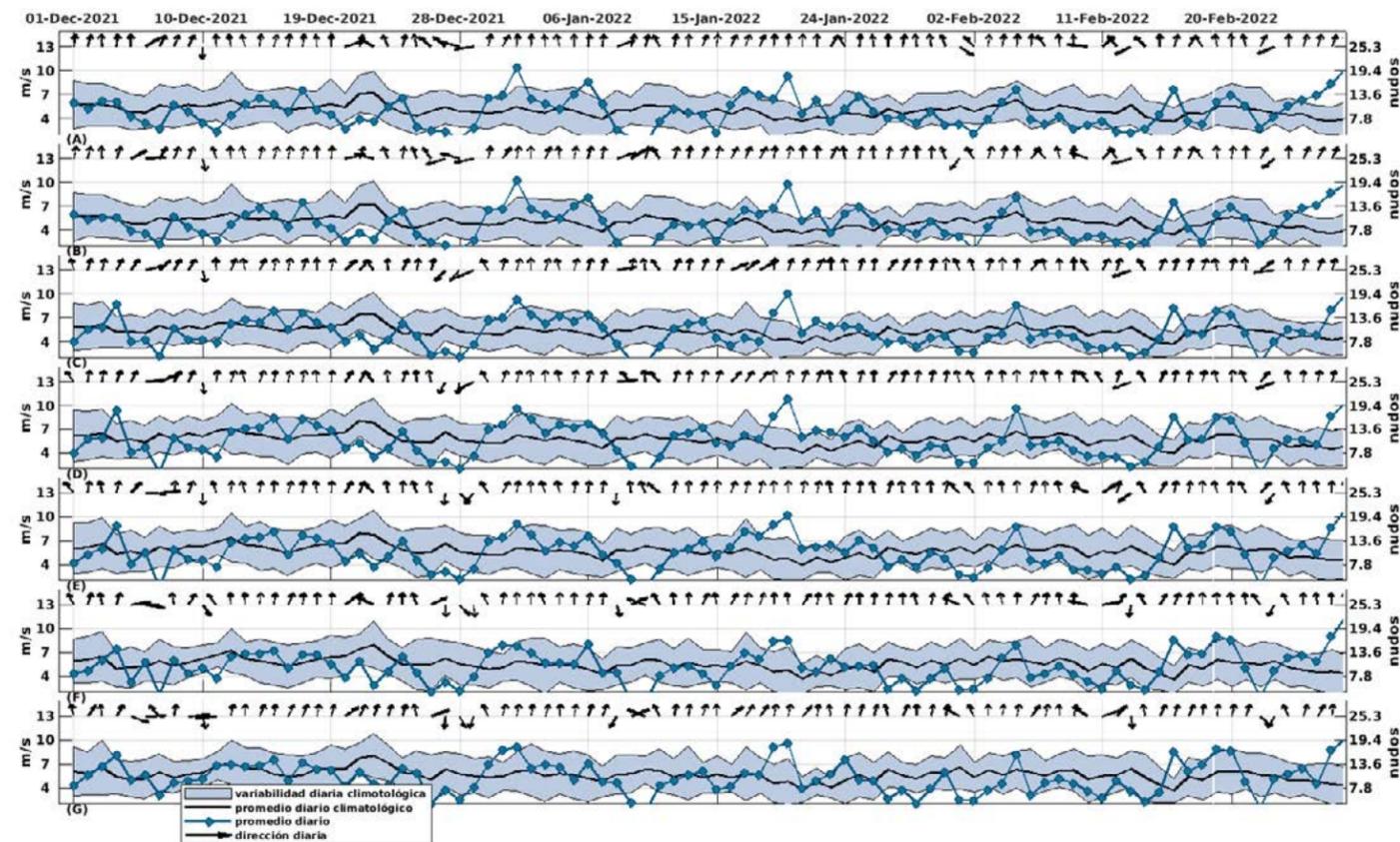


Figura 5. Series diarias de la velocidad (en m/s y nudos) y dirección de viento promedio diario satelital para las localidades de (A) Chañaral de Aceituno, (B) Punta de Choros, (C) Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, (F) Huentelauquén y Los Vilos entre el 1 de diciembre del 2021 al 28 de febrero del 2022 (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 período histórico comprendido entre el año 2008 y 2020.

El análisis de los registros de viento satelital para las localidades costeras (ver curvas punteadas en azul en la Figura 5) nos indica que las localidades costeras de La Cebada y Tongoy presentaron entre el 15 y el 23 de enero los valores promedios de viento máximos del trimestre con 7.21 y 6.81 m/s (14 y 13.2 nudos), respectivamente. Por otra parte, las localidades costeras de Chañaral de Aceituno y Punta de Choros registraron los menores promedios de viento en el subperíodo del 19 al 27 de diciembre con 3.82 y 3.64 m/s (7.1 y 7.4 nudos), respectivamente. A escala diaria, la magnitud mínima se registró el 9 de enero en Huentelauquén con 0.75 m/s (1.5 nudos) y la máxima el 28 de febrero en esta misma localidad costera con 11.58 m/s (22.5 nudos), respectivamente (Figura 5 A y F).

En cuanto a la dirección de viento, la totalidad de localidades costeras registraron mayoritariamente viento sur (71% a 80% del trimestre) y suroeste (3.3 a 11% del trimestre), así como también viento soplando desde el norte (1.1 a 7.8% del trimestre). También destacamos un predominio del viento sur favorable a la surgencia en las localidades costeras de Tongoy y La Cebada (80% del trimestre, 72 días). Adicionalmente, para Huentelauquén y Los Vilos, en el extremo sur de la región, se registraron mayores frecuencias de vientos norte, no favorables a la surgencia, durante 5 y 7 días, respectivamente (5.6% y 7.8% del trimestre).



Temperatura Superficial del Mar (TSM)

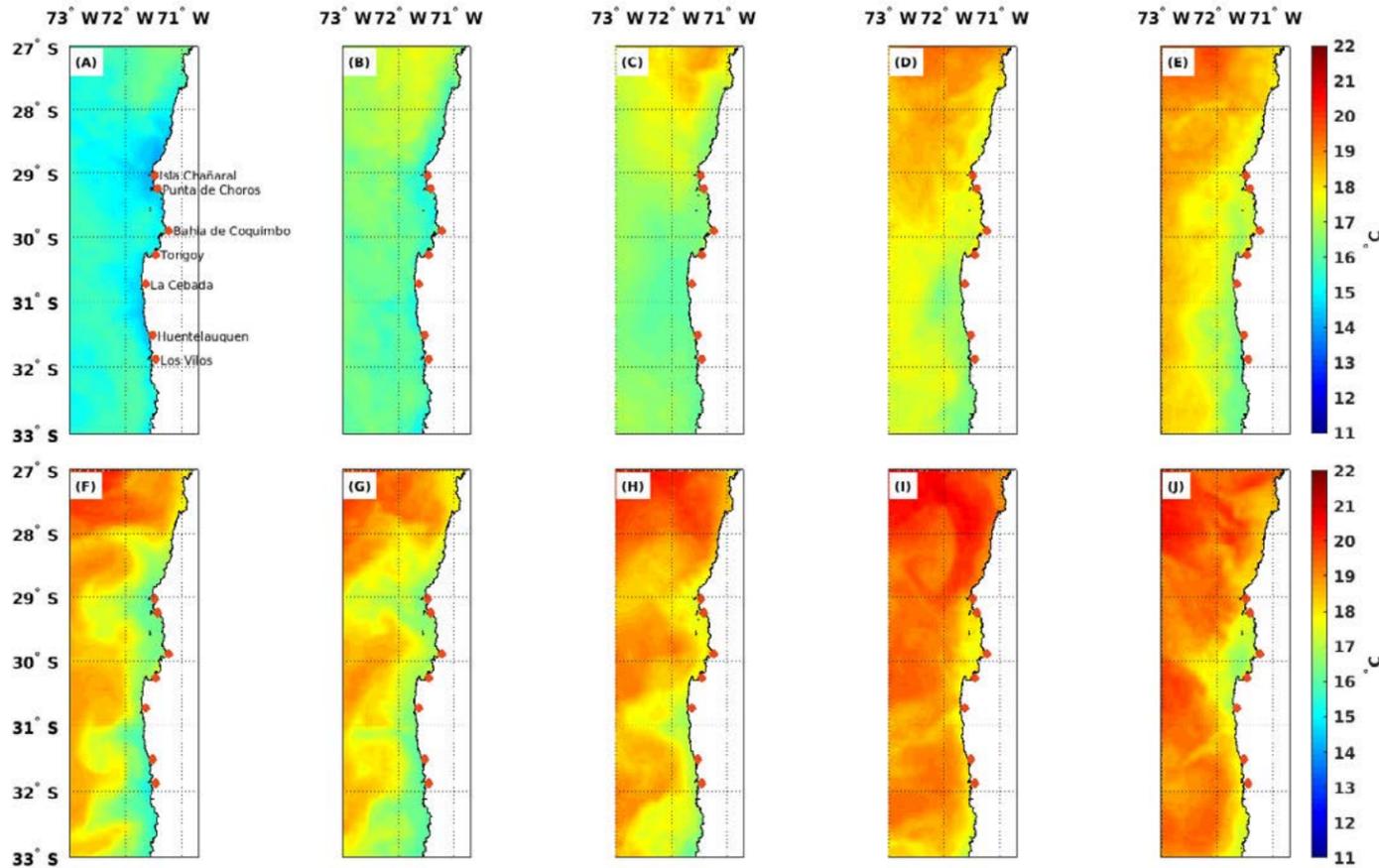


Figura 6. Temperatura Superficial del Mar (TSM) (°C) estimada a través de la observación satelital de la superficie oceánica frente a la Región de Coquimbo entre el 1 de diciembre de 2021 al 28 de febrero de 2022. Cada imagen muestra el promedio para la TSM para un período de 9 días (A) 1-dic-2021 a 9-dic-2021 (B) 10-dic-2021 a 18-dic-2021, (C) 19-dic-2021 a 27-dic-2021, (D) 28-dic-2021 a 05-ene-2022, (E) 6-ene-2022 a 14-ene-2022, (F) 15-ene-2022 a 23-ene-2022, (G) 24-ene-2022 a 1-feb-2022, (H) 2-feb-2022 a 10-feb-2022, (I) 11-feb-2022 a 19-feb-2022, y (J) 20-feb-2022 a 28-feb-2022. Se muestran con puntos rojos las localidades de Chañaral de Aceituno, Punta de Choros, Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos.

Para el trimestre en revisión, la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en la región oceánica y costera de la Región de Coquimbo se incrementó gradualmente en los meses de diciembre de 2021 a febrero de 2022, en respuesta a una mayor radiación solar propia de los meses de verano. Los subperíodos comprendidos entre el 1 al 9 de diciembre del 2021 y del 11 al 19 de febrero del 2022 exhibieron la menor y mayor TSM en promedio a lo largo de la costa con 14.8°C y 18.1°C, respectivamente (Figura 6 A e I).



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.

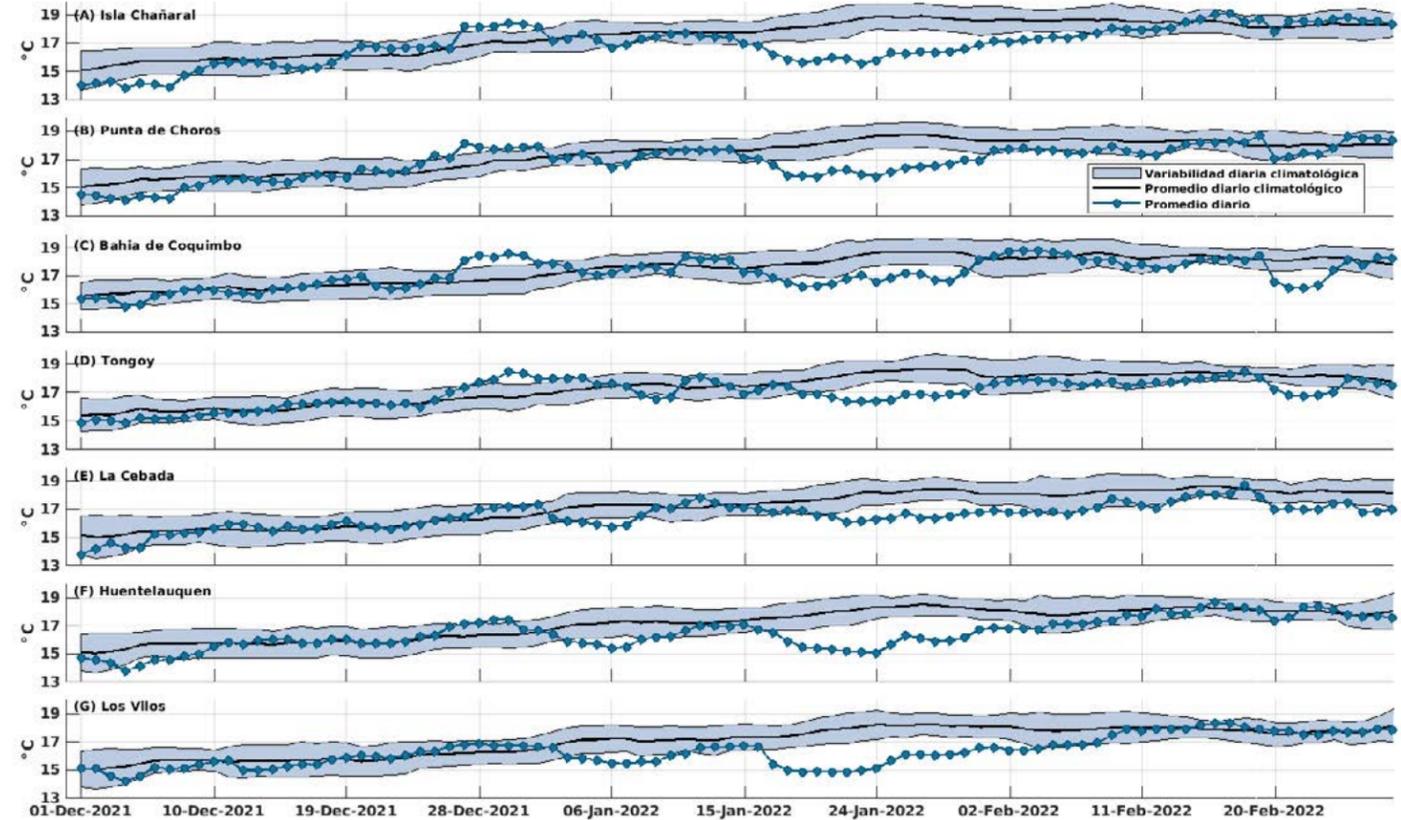


Figura 7. Series diarias de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) (°C) para las localidades de (A) Chañaral de Aceituno, (B) Punta de Choros, (C) Bahía de Coquimbo, (D) Bahía de Tongoy, (E) La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos desde el 1 de diciembre del 2021 al 28 de febrero del 2022 (curva azul punteada). Promedio diario histórico de TSM (curva negra) y desviación estándar (sombreado azul) calculados entre 2008 y 2020.

En cuanto a las localidades costeras, Chañaral de Aceituno y Punta de Choros, en el extremo norte de la región, registraron las menores (13.8 y 14.1 °C) y mayores (19.1 y 18.7 °C) temperaturas entre el 1 al 9 de diciembre del 2021 y el 11 al 19 de febrero del 2022 (Figura 7A y 7B). Adicionalmente, se observaron temperaturas frías por debajo del registro histórico (promedio de TSM 2008-2020)

en todas las localidades costeras entre el 15 de enero y el 2 de febrero, en correspondencia con el periodo de máxima intensificación del viento sur (Figura 4 F). También se destacan los periodos del 10 al 18 de diciembre de 2021 y del 6 al 23 de enero de 2022 por presentar la menor (+/-0.24 °C) y mayor (+/-0.53 °C) variabilidad de la TSM a lo largo de la costa en la región de Coquimbo.



Clorofila superficial

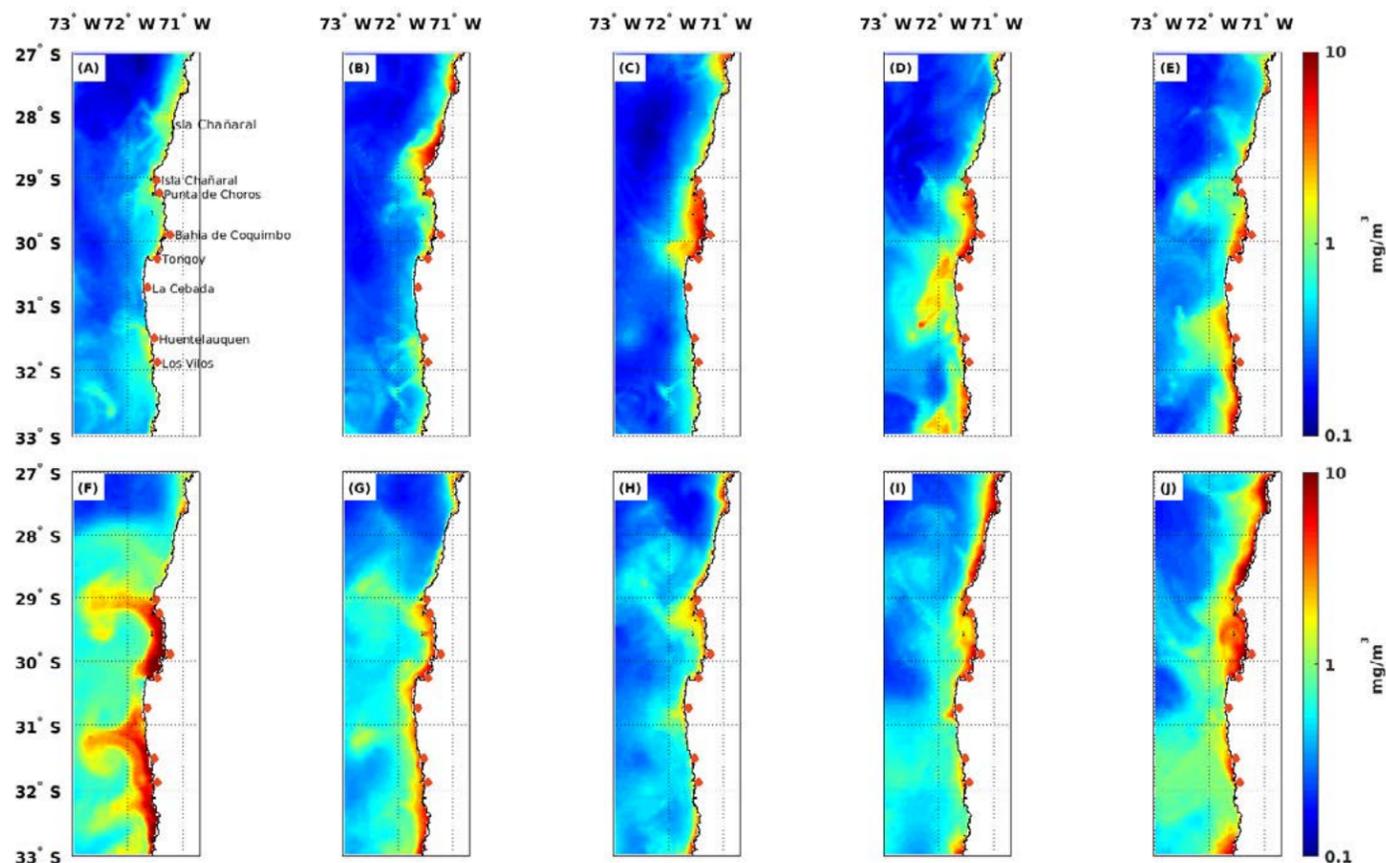


Figura 8. Concentración de clorofila superficial estimada a través de observaciones satelitales (mg/m^3) para la Región de Coquimbo entre el 1 de diciembre de 2021 y el 28 de febrero de 2022. Cada imagen muestra el promedio para la concentración de clorofila para un periodo de 9 días (A) 1-dic-2021 a 9-dic-2021 (B) 10-dic-2021 a 18-dic-2021, (C) 19-dic-2021 a 27-dic-2021, (D) 28-dic-2021 a 05-ene-2022, (E) 6-ene-2022 a 14-ene-2022, (F) 15-ene-2022 a 23-ene-2022, (G) 24-ene-2022 a 1-feb-2022, (H) 2-feb-2022 a 10-feb-2022, (I) 11-feb-2022 a 19-feb-2022, y (J) 20-feb-2022 a 28-feb-2022. Se muestran con puntos azules las localidades de Chañaral de Aceituno, Punta de Choros, Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos.

En el trimestre comprendido entre diciembre de 2021 y febrero de 2022 se registraron concentraciones de clorofila notoriamente menores al trimestre precedente (ver boletín anterior), con promedios máximos a lo largo de la costa de tan sólo 1.36 y 1.24 mg/m^3 en los subperiodos del 15 al 23 de enero y del 20 al 28 de febrero, respectivamente (Figura 8F y 8J). Estos subperiodos resultan coincidentes con los de mayor intensidad del viento favorable a la surgencia (Figuras 4 F y J) del trimestre. Por otra parte, entre el 1 y el 18 de diciembre (Figura 8A y 8B) se registraron las menores concentraciones promedio de clorofila superficial a lo largo de la costa con tan solo 0.32 mg/m^3 .



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

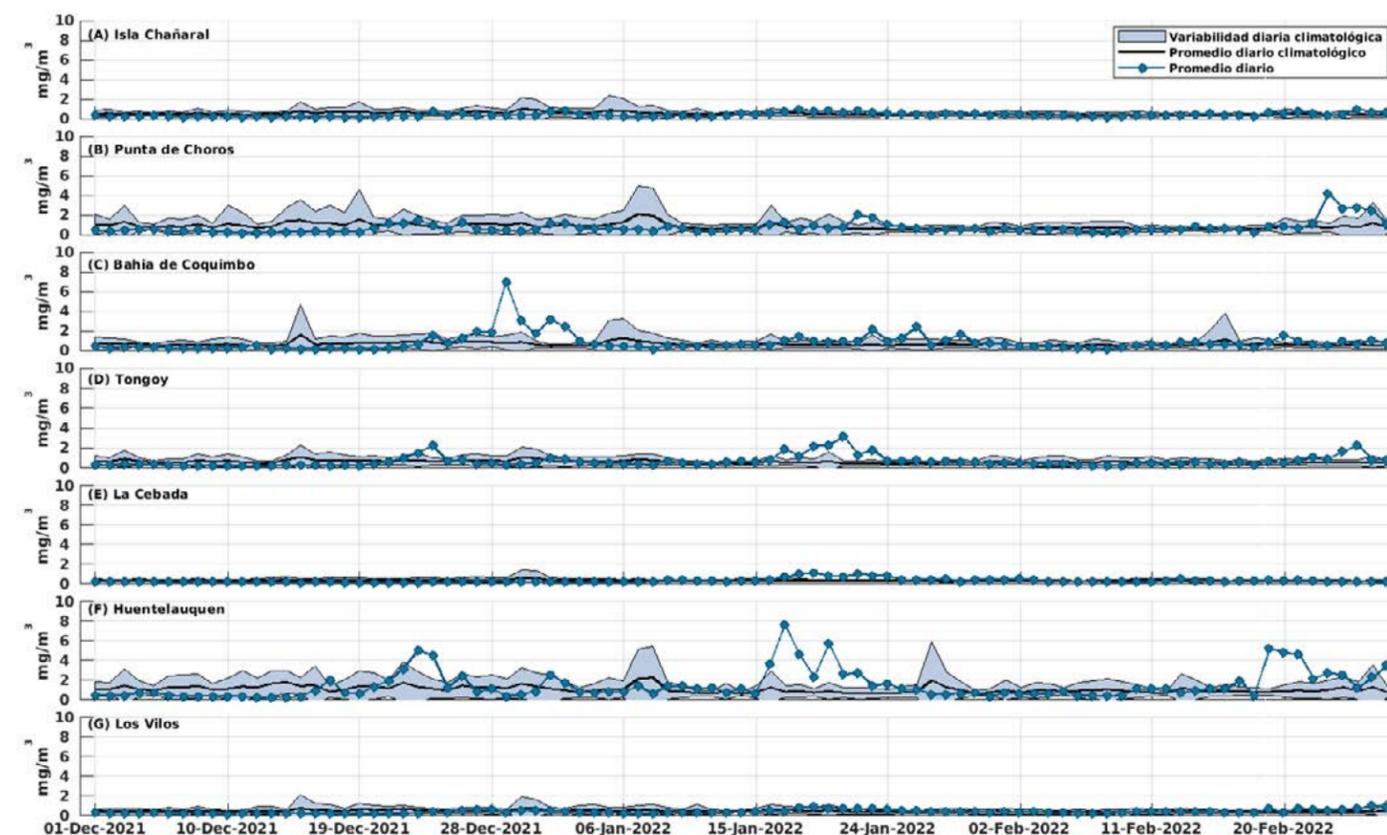


Figura 9. Series diarias de clorofila satelital (superficial) (mg/m^3) para las localidades de (A) Chañaral de Aceituno, (B) Punta de Choros, (C) Bahía de Coquimbo, (D) Bahía de Tongoy, (E) La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos entre el 1 de diciembre del 2021 al 28 de febrero del 2022. Se muestran los datos diarios de clorofila (curva azul punteada), el promedio diario histórico (línea negra) y su desviación estándar (sombreado azul) calculados entre 2008 y 2020.

A nivel de localidades costeras, las mediciones diarias de concentración de clorofila registraron máximos de 7 mg/m^3 en la Bahía de Coquimbo y de 7.67 mg/m^3 en la localidad de Huentelauquén el 29 de diciembre y el 17 de enero, respectivamente (Figura 9 C y F). Por otra parte, La Cebada registró concentraciones mínimas de clorofila superficial

durante todo el periodo con un promedio de 0.32 mg/m^3 , similar a lo observado en la Isla Chañaral y Los Vilos con promedios trimestrales de 0.43 mg/m^3 , sin embargo esta baja productividad biológica se encuentra dentro de lo observado históricamente (Figura 9 E).



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 diciembre de 2021 hasta el 28 de febrero de 2022 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** y **CEAZAMar**.



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.

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 en **CEAZAMet**)

» Punta de Choros

En el caso de Punta de Choros, el periodo comprendido entre el 1 de diciembre de 2021 y el 28 de febrero de 2022 presentó un patrón de viento favorable a la surgencia durante un 80% del trimestre, con magnitudes de viento dentro del rango histórico. Destaca el periodo comprendido entre el 15 y 23 de enero de 2022, que presentó mayor intensidad, en sincronía con

el régimen de vientos registrados en el sistema Bahía de Tongoy-Punta Lengua de Vaca, pero de menor magnitud en Punta de Choros. Este mismo periodo presentó mayor magnitud y duración en el índice termal de surgencia, en coherencia con el sistema Bahía de Tongoy-Punta Lengua de Vaca.

Índice de surgencia

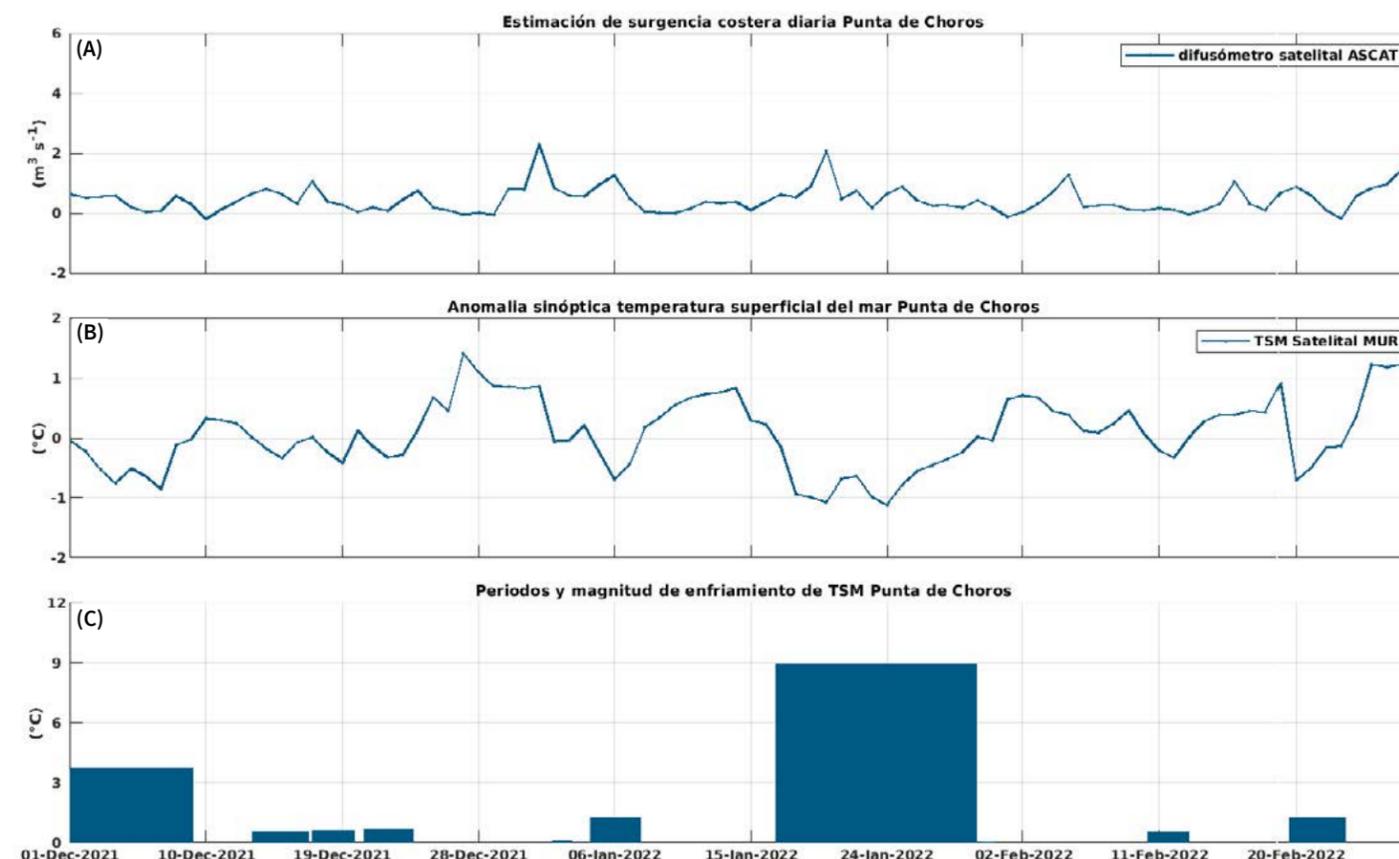


Figura 10. Indicadores de intensidad y duración de la surgencia costera en Punta de Choros. (A) Índice de surgencia costera (UI) estimado a partir del estrés del viento. (B) Anomalías sinópticas de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) ($^{\circ}C$). (C) Índice termal de surgencia costera (enfriamiento 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.



El análisis de los periodos de surgencia en la localidad costera de Punta de Choros, estimado a partir del forzamiento del viento, indica que los volúmenes máximos de transporte de surgencia acumulado superaron los 6 m³/s entre el 28 de diciembre y el 5 de enero, el 15 al 23 de enero y del 20 al 28 de febrero, subperiodo que al igual que Tongoy registró el peak de acumulación con 7.25 m³/s y un máximo diario de 2.03 m³/s. En el otro extremo, los volúmenes mínimos de surgencia no superaron los 3 m³/s entre el 19 al 27 de diciembre y el 11 al 19 de febrero (ver Figura 10A).

En base al segundo índice de surgencia, el cual está basado en las anomalías sinópticas de temperatura (ver Glosario), se identificaron 4 eventos destacables de anomalías negativas de temperatura superficial del mar (TSM) (temperaturas más frías) el primero con una duración de 14, 3.7, 15.9, y 4.3 días que estuvieron asociados a un enfriamiento integrado de 3.7°C, 1.26°C, 8.92°C, y 1.25°C, respectivamente (Figura 10B y Figura 10C), note que el primer evento comenzó el 25 de noviembre. Adicionalmente, los 3 periodos consecutivos de enfriamiento entre el 10 al 23 de diciembre totalizaron un enfriamiento integrado acumulado de 1.87 °C.



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.



Condiciones atmosféricas

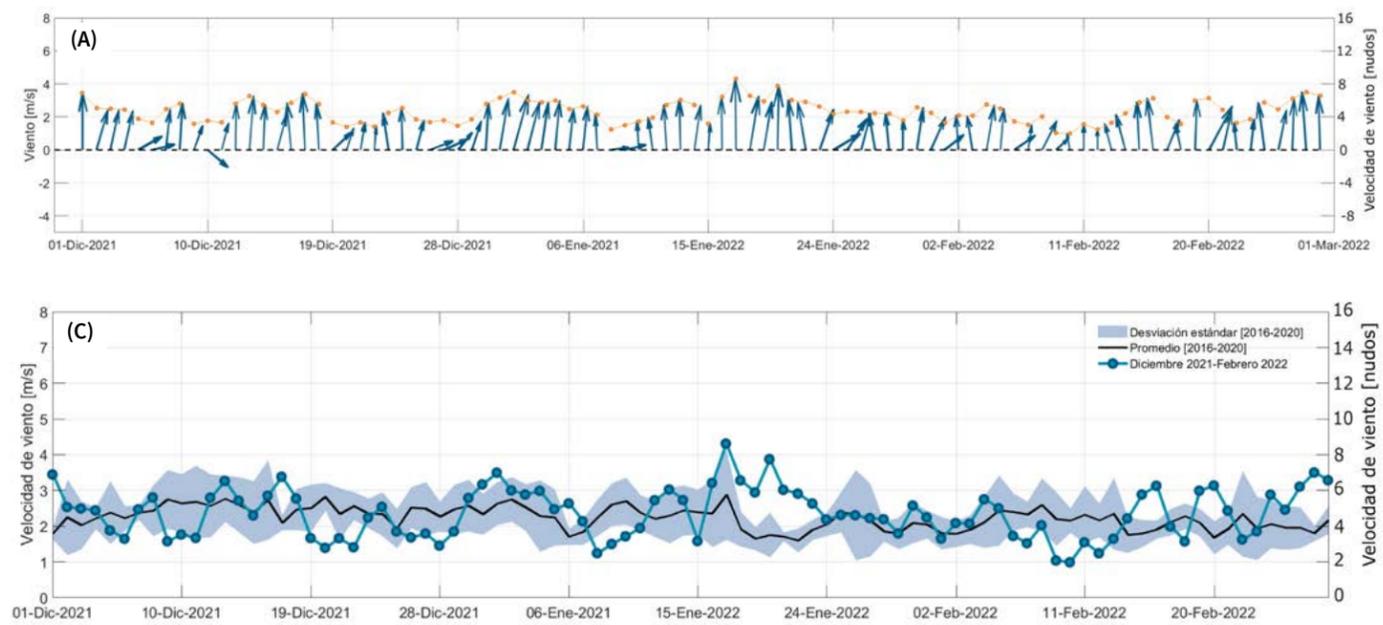


Figura 11. (A) Promedio del vector y magnitud del viento diario (en m/s y nudos) registrados en la estación costera de Punta de Choros. (B) Rosa de los vientos con datos horarios. Los datos corresponden al periodo comprendido entre el 1 de diciembre de 2021 y el 28 de febrero de 2022. (C) Velocidad de viento (m/s y nudos) registrada en la estación costera de Punta de Choros. Datos diarios (línea azul) entre el 1 de diciembre de 2021 y el 28 de febrero de 2022. Promedio trimestral de velocidad de viento (línea negra) y desviación estándar (sombreado azul) calculados entre 2016 y 2020.

Durante el trimestre en análisis, las mediciones de viento de la estación CEAZAMet de Punta de Choros, registraron valores cercanos al rango histórico observado (entre los años 2016 al 2020), excepto en dos periodos comprendidos entre el 18-23 de enero de 2022 que superó el rango, y algunos días a partir del 7 de febrero de 2022 que presentaron variaciones bajo y sobre el umbral histórico. La velocidad promedio de viento de 2.4 m/s (4.7 nudos) es similar a la registrada en el periodo anterior (2.9 m/s – 5.6 nudos). El valor máximo de

viento de 4.3 m/s (8.4 nudos) se registró el 17 de enero de 2022 asociado a viento Sur, mientras que el valor mínimo de 1 m/s (1.9 nudos) se observó el 10 de febrero de 2022 ligado a una relajación del viento. En términos de dirección del viento, Punta de Choros presentó vientos predominantes del Sur (71 días) y del Suroeste (13 días) en el trimestre de estudio, intercalado con eventos esporádicos de viento proveniente del Oeste (5 días) y Noroeste (1 día).



» Sistema Bahía de Tongoy - Punta Lengua de Vaca

El sistema Bahía de Tongoy – Punta Lengua de Vaca presentó predominancia de viento proveniente del Sur (Figura 4, Figura 5D, Figura 13A y Figura 13B), con mayor intensidad durante el periodo comprendido entre 15 al 23 de enero de 2022 (Figura 4F y Figura 5D), coincidente con la mayor magnitud y duración del índice termal de surgencia costera (Figura 12C), y una disminución de la Temperatura Superficial del Mar (Figura 7D) por debajo del rango histórico para estas fechas. Dentro de la Bahía de Tongoy, se registraron valores de temperatura

del mar (Figura 13D) y oxígeno disuelto (Figura 13E) a 10 m de profundidad por debajo del rango histórico para gran parte del trimestre, con disminuciones de estos parámetros asociadas a periodos de viento favorable a la surgencia. Por otro lado, se registraron valores de clorofila superficial (Figura 8 y Figura 9D) y clorofila a 10 m de profundidad (Figura 13G) menores con respecto al trimestre anterior y con máximos asociados al periodo de mayor intensidad de viento.

Índice de surgencia (Bahía de Tongoy)

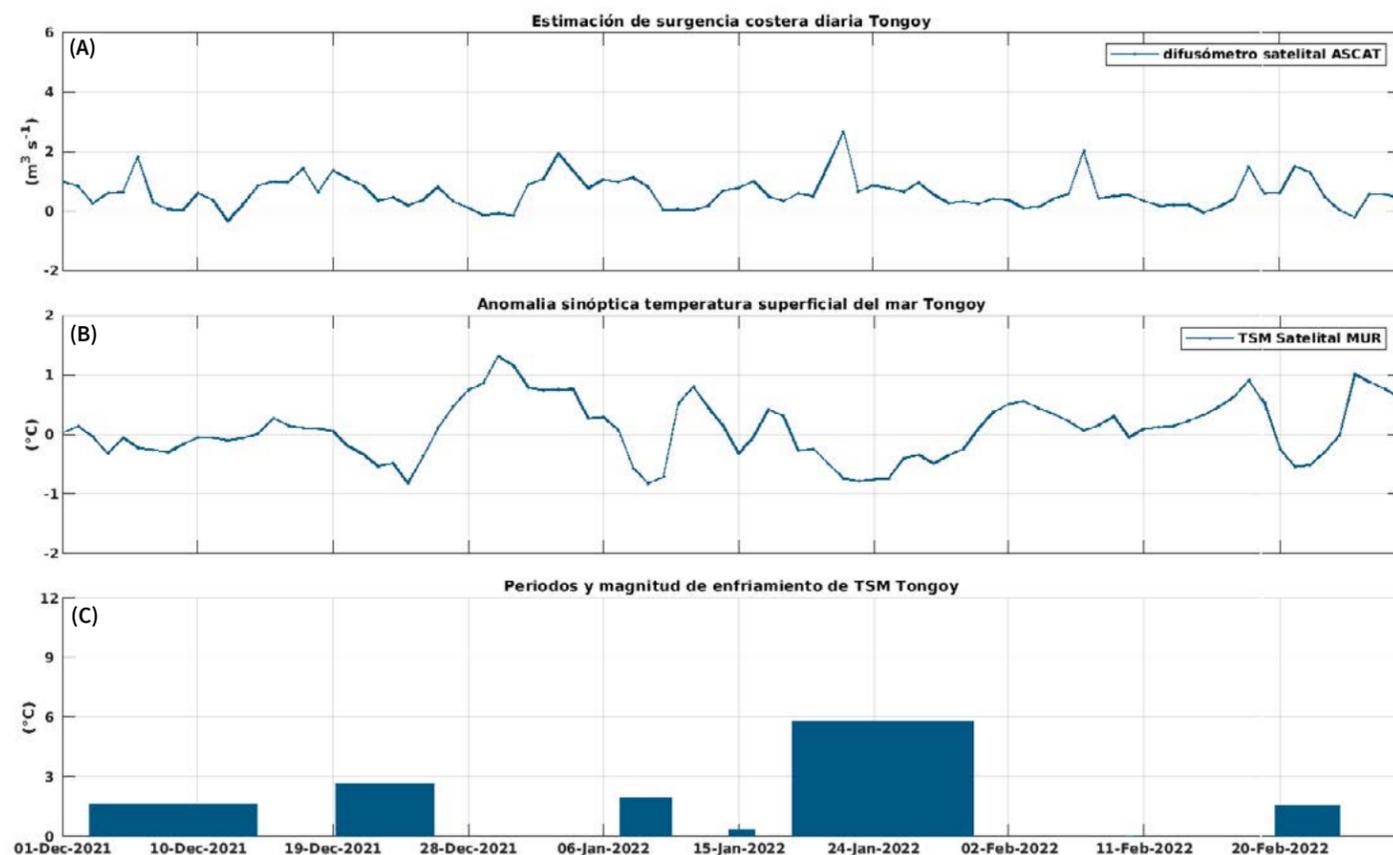


Figura 12. Indicadores de intensidad y duración de la surgencia costera en la Bahía de Tongoy. (A) Índice de surgencia costera (UI) estimado a partir del estrés del viento. (B) Anomalías sinópticas de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) ($^{\circ}C$). (C) Índice termal de surgencia costera (enfriamiento costero superficial) estimado a partir de las anomalías sinópticas (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 que los volúmenes máximos de transporte de surgencia acumulado superaron los $7 m^3/s$ en los periodos del 10 al 18 de diciembre, 28 de diciembre al 5 de enero y 15 al 23 de enero, periodo que registró el peak de acumulación con $8.43 m^3/s$ y un máximo diario de $2.67 m^3/s$. En el otro extremo, los volúmenes mínimos de surgencia no superaron los $4 m^3/s$ entre el 19 al 27 de diciembre y el 24 de enero al 1 de febrero (ver Figura 12A).

En base al segundo índice de surgencia, el cual está basado en las anomalías sinópticas de temperatura (ver Glosario), se identificaron 5 eventos destacables de anomalías negativas de temperatura superficial del mar (TSM) (temperaturas más frías) con una duración de 11.9, 10.8, 4.6, 13.7 y 6 días que estuvieron asociados a un enfriamiento integrado de $1.63^{\circ}C$, $2.68^{\circ}C$, $1.94^{\circ}C$, $5.79^{\circ}C$ y $1.53^{\circ}C$, respectivamente (Figura 12B y Figura 12C).





Condiciones Atmosféricas y Oceanográficas

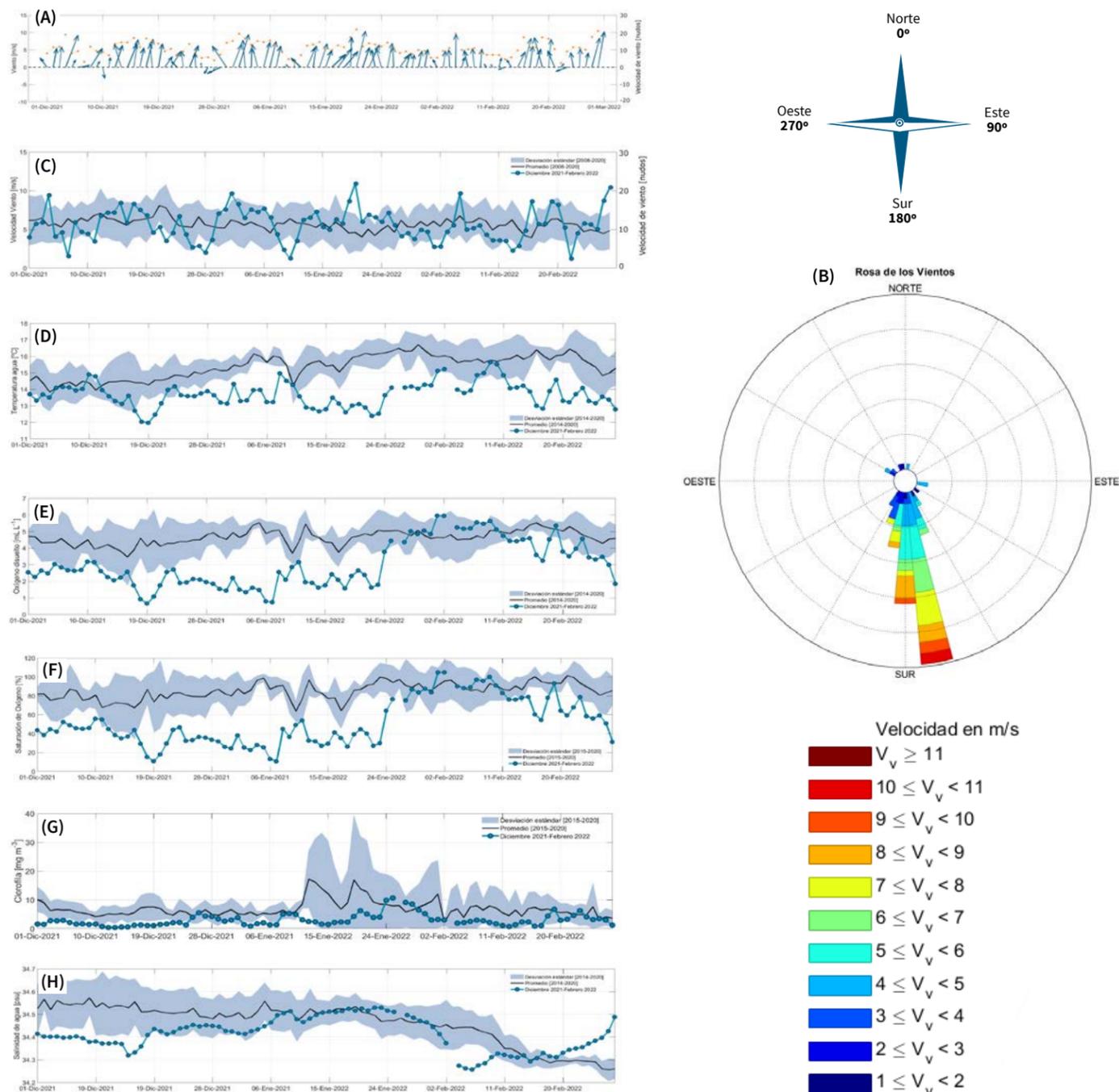


Figura 13. (A) Promedio del vector y magnitud del viento diario (en m/s y nudos) (B) Rosa de los vientos con datos horarios y (C) Velocidad de viento (m/s y nudos) registrada en la estación costera de Punta Lengua de Vaca. Datos diarios (línea azul) entre el 1 de diciembre de 2021 y el 28 de febrero de 2022. Promedio trimestral de velocidad de viento (línea negra) y desviación estándar (sombreado azul) calculados entre 2013 y 2020. (D) Temperatura del agua (°C), (E) Oxígeno disuelto (mL/L), (F) Saturación de oxígeno (%), (G) Clorofila (mg/m^3) y (H) Salinidad (psu) registrados a 10 m de profundidad por la estación de monitoreo localizada en la Bahía de Tongoy. Datos diarios (línea azul) entre el 1 de diciembre de 2021 y el 28 de febrero de 2022. 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.



En el presente boletín se utilizaron datos de viento satelital, debido a que no se cuenta con datos observacionales de viento provenientes de la estación meteorológica de Punta Lengua de Vaca para el periodo de estudio (1 de diciembre de 2021 a 28 de febrero de 2022).

El promedio diario de velocidad de viento durante el trimestre en análisis presentó en general valores dentro de los rangos históricos (área sombreada en azul claro) con un promedio de 5.6 m/s (10.9 nudos). El valor máximo diario de magnitud de viento con 10.9 m/s (21.2 nudos) se registró el 20 de enero de 2022, mientras que el valor mínimo de 1.2 m/s (2.3 nudos) se observó el 22 de febrero de 2022. El periodo comprendido entre el 15 y 23 de enero 2022 registró valores de velocidad de viento superiores que el resto del trimestre, con 6.8 m/s (13.2 nudos), además de presentarse 2 periodos con viento sostenido del Sur a mediados de diciembre de 2021 y finales del trimestre de estudio.

La dirección de viento predominante en Punta Lengua de Vaca fue Sur, con un total de 72 días, y se registraron escasos días de viento provenientes del Sudeste (5 días), Sudoeste (5 días), Norte (3 días), Noreste (3 días) y Oeste (2 días).

Dentro de la Bahía de Tongoy, se obtuvieron datos de temperatura del agua (Figura 13D), oxígeno disuelto (Figura 13E), saturación de oxígeno (Figura 13F), clorofila (Figura 13G) y salinidad (Figura 13H) medidos por un instrumento oceanográfico instalado a 10 m de profundidad.

Se observaron valores de la temperatura del agua a 10 m de profundidad por debajo del rango histórico para gran parte del trimestre (desde el 18 de diciembre hasta el 28 de febrero de 2022). Se registraron tres eventos de disminución de temperatura del agua asociado a viento sostenido del sur en los siguientes periodos: 16-21 diciembre de 2021, 10-31 enero de 2022 y las dos

últimas semanas de febrero 2022. La temperatura del agua promedio para el trimestre fue de 13.7°C, superior al valor promedio de 12.8°C registrado el trimestre anterior (Figura 13D). El valor mínimo del trimestre con 12°C se observó el 19 de diciembre de 2021 asociado a viento Sur, y el valor máximo con 15.6°C se presentó el 9 de febrero de 2022 asociado a relajación del viento.

De igual forma, el oxígeno disuelto (Figura 13E) y la saturación de oxígeno (Figura 13F) se mantuvieron por debajo de los valores históricos desde el 1 de diciembre de 2021 hasta el 24 de enero de 2022. Entre esta fecha y el 11 de febrero de 2022, el oxígeno mantuvo valores dentro de los rangos históricos, para posteriormente descender hasta el final del trimestre en estudio. El oxígeno disuelto presenta un patrón de variabilidad similar al de temperatura del agua, con 3 descensos de su concentración en las mismas fechas previamente mencionadas. El valor de oxígeno disuelto promedio fue de 3 mL/L (51.6%), similar al valor promedio de 2.8 mL/L registrado el trimestre anterior (Figura 13D). El valor mínimo del trimestre con 0.7 mL/L (10.7%) se observó el 19 de diciembre de 2021 asociado a viento Sur y mínimo de temperatura del agua, y el valor máximo con 6 mL/L (104.9%) se presentó el 1 y 2 de febrero de 2022 asociado a relajación de viento.

En cuanto a los niveles de clorofila (Figura 13G), el valor promedio trimestral fue de 2.9 mg/m^3 , menor que el registrado en el trimestre previo (5.2 mg/m^3). Se observaron valores de clorofila bajos al comienzo del periodo (entre 0.9 a 2.6 mg/m^3) y por debajo del rango histórico, con un incremento durante la última semana de enero de 2022 (promedio 7 mg/m^3). Se registró un valor mínimo de 0.4 mg/m^3 el 12 de diciembre de 2021, y un valor máximo de 10.7 mg/m^3 el 25 de enero de 2022.

O₂

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.



Diagnóstico de los sectores productivos

En la región de Coquimbo, la industria del Ostión del Norte se concentra casi exclusivamente en las bahías de Tongoy y Guanaqueros, las cuales representan el 94% del desembarque a nivel nacional. La mayor parte de los cultivos se ubican en la bahía de Tongoy, donde existen diferencias en la disponibilidad de alimento, el que se concentra principalmente en la boca norte, lo que podría explicar diferencias productivas entre algunas empresas. También sabemos que el “peak” de fitoplancton (y por ende la mayor disposición de alimento) ocurre entre los 0 y 5 metros. Sin embargo, los sistemas de cultivos se instalan entre los 8 y 13 metros de profundidad con el objeto de evitar el “biofouling”, principalmente la incrustación de epibiontes, por lo cual, los ostiones no utilizan todo el potencial alimenticio del sistema. Se estima también, que la oferta de alimento depende en gran medida del viento, el cual presenta una variabilidad a distintas escalas de tiempo (sinóptica, intraestacional, estacional, anual e interanual).

Los epibiontes u organismos incrustantes han llegado a producir grandes pérdidas a la industria del ostión en la región. Los sistemas de cultivos representan arrecifes artificiales en donde

los organismos incrustantes se asientan, aumentando los costos de producción. Las condiciones ambientales en la bahía, modulan la aparición de especies que afectan a los sistemas de cultivo. Hasta el año 2020, especies como la *Ciona intestinalis*, *Polydora spp.* y en menor medida los picorocos, provocaron problemas para los acuicultores.

La industria del ostión en la Bahía de Tongoy, atraviesa momentos complejos. Uno de los factores a los que los ostioneros asocian la merma en la población de ostiones durante el último trimestre del 2021 corresponde a un crecimiento excesivo en la población de picorocos. Representantes de las diversas empresas acuícolas acusan mermas de hasta un 60% en sus desembarques. Además, acusan que el crecimiento de estos picorocos sobre las conchas del ostión afectan su comercialización, fundamentalmente en aspectos visuales y de presentación del producto. El picoroco no es una especie invasora, sin embargo, en las linternas de cultivo de ostión se generan condiciones ideales para su sobrepoblación, ya que no se enfrentan a depredadores naturales y disponen de una gran superficie para asentarse.

» Diagnóstico de las condiciones de la Bahía de Tongoy y su relación con la productividad del recurso Ostión del Norte durante los años 2021 y 2022

La bahía de Tongoy durante el año 2021, dominado por condiciones La Niña, registró un distanciamiento de la variabilidad histórica ambiental, en particular durante el segundo semestre con un marcado incremento en la magnitud del viento, una reducción en superficie de la temperatura del agua y la concentración de oxígeno, además de una baja en las concentraciones de clorofila en relación al promedio histórico de observaciones in-situ (ver figura 14 A, B, D y E).

El comportamiento anómalo reportado en los principales parámetros fisicoquímicos medidos para el 2021, ocurre en

simultaneidad con una baja en términos productivos, particularmente en el calibre de los ostiones y en el rendimiento. En efecto, durante el año 2021, se registra la menor talla promedio (~72 mm) de los últimos 5 años con menores rendimientos. Adicionalmente, los mínimos en talla y rendimiento presentan un desfase temporal en relación al comportamiento histórico, caracterizado por mínimos durante la primavera (ver figura 14 C y D). Estos datos podrían ser el reflejo de una extracción anticipada de individuos, tal y como lo reportan los empresarios locales, en respuesta a las condiciones ambientales de la bahía de Tongoy así como a la abundante presencia de picorocos.

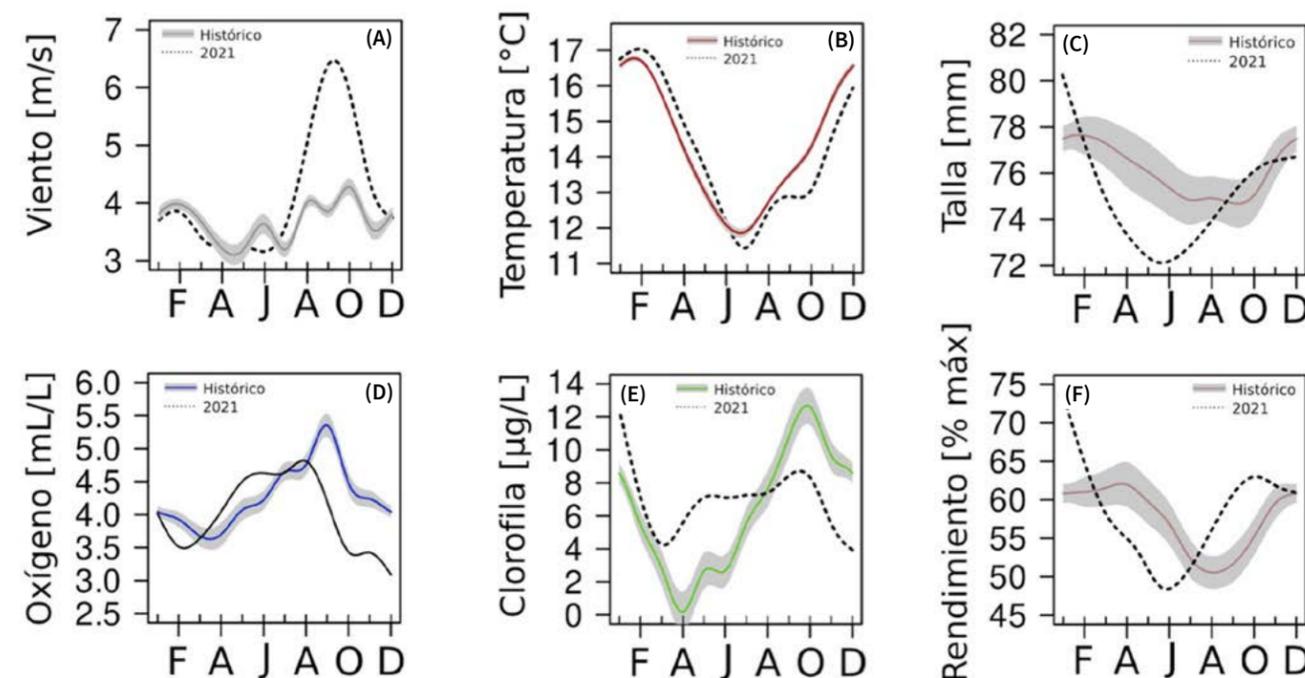


Figura 14. Variación estacional de los diferentes parámetros obtenidos desde la boya oceanográfica, en conjunto con los valores de productividad y rendimiento de los desembarcos de ostión para el periodo entre 2018 y 2022. La línea sólida corresponde al promedio histórico, mientras que la línea punteada representa los valores para el año 2021 para cada parámetro analizado.

En términos de productividad de la industria, para el inicio del año 2022, se observa un calibre menor de los individuos desembarcados desde el año 2018, lo que se traduce en un mayor número de individuos por kilogramo (Figura 15). Estos

rendimientos podrían reflejar las condiciones oceanográficas anómalas imperantes durante el año 2021, y/o la disminución sostenida del calibre desde el 2020.

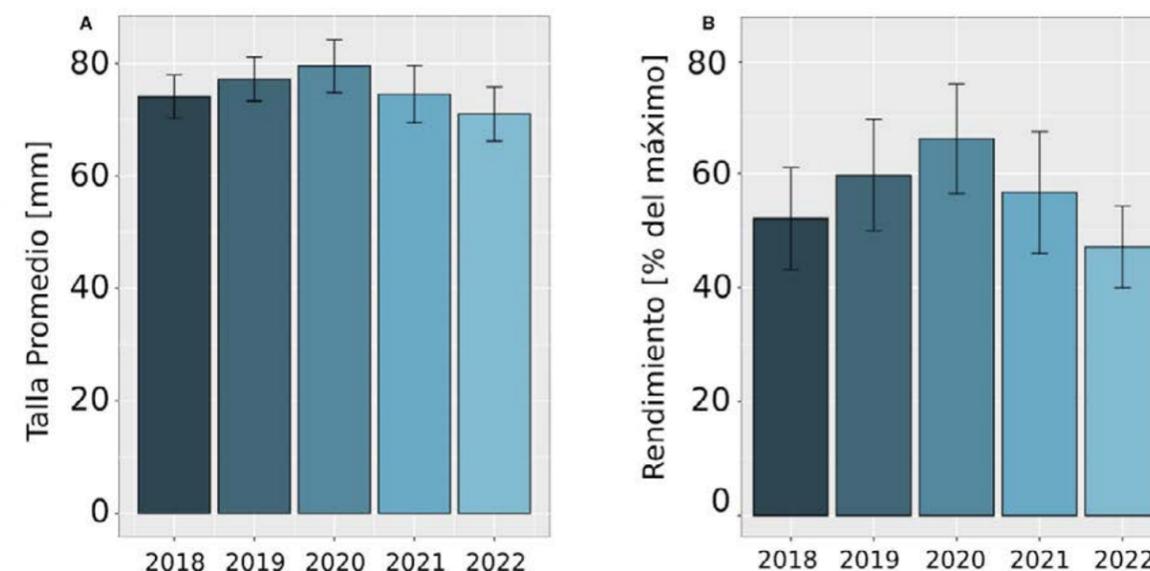
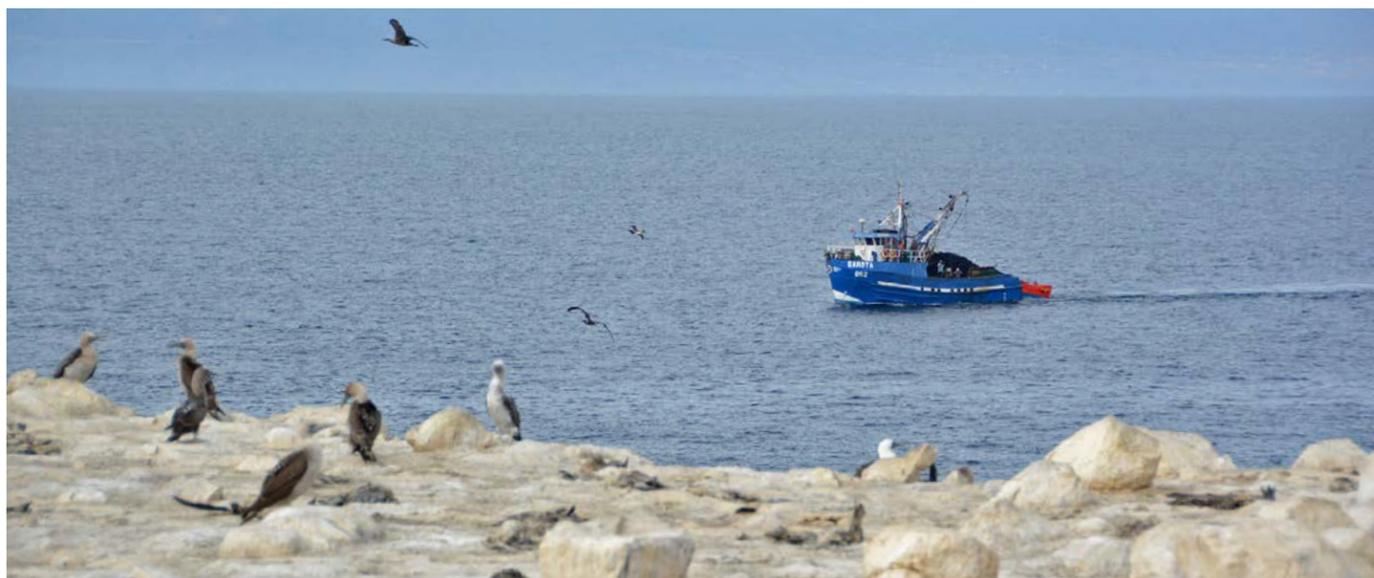


Figura 15. Análisis comparativo del rendimiento y talla promedio en los desembarques de ostiones en la bahía de Tongoy durante los meses de Enero a Marzo del periodo comprendido entre el 2018 y 2022.



» PRONÓSTICOS A CORTO PLAZO

» Viento y Temperatura Superficial del Mar (TSM)



En esta sección se introducen y presentan las predicciones de viento y Temperatura Superficial del Mar (TSM) de corto plazo (10 días) obtenidas a partir del sistema de pronóstico atmosférico de CEAZA y del servicio operacional de la agencia francesa Mercator Ocean, respectivamente.

Los pronósticos de viento y Temperatura Superficial del Mar (TSM) a escala regional y local se encuentran en el portal **CEAZAMar**, donde se muestra una síntesis de la evolución futura de los vientos a 10 m y las Temperaturas Superficiales del Mar (TSM) promedio diarias para los próximos 10 días.

En esta versión del boletín, se proporciona adicionalmente una evaluación estadística del grado de acierto y error de las predicciones atmosféricas y oceanográficas mediante su evaluación sistemática contra las observaciones satelitales diarias del viento en superficie y de la TSM, además de las mediciones in-situ de las estaciones CEAZAMet de Punta de Choros, Punta Lengua de Vaca y la boyea oceanográfica de Tongoy. Estos indicadores le permiten al usuario conocer el grado de error de los pronósticos de viento y temperatura oceánica en superficie tanto a escala regional como para las localidades costeras de interés.

LINKS DE ACCESO:

VIENTO:

 **PRONÓSTICO REGIONAL**
PRONÓSTICO LOCAL

¡Nuevo link!

VALIDACIÓN PRONÓSTICO VIENTO

TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR:

 **PRONÓSTICO REGIONAL**
PRONÓSTICO LOCAL

¡Nuevo link!

VALIDACIÓN PRONÓSTICO TEMPERATURA

» INVESTIGACIÓN CEAZAMar



6° Informe del IPCC: impacto, adaptación y vulnerabilidad al cambio climático en Sudamérica



El cambio climático ha afectado todos los sistemas naturales y humanos en América Central y del Sur. Altos niveles de desigualdad y pobreza, niveles críticos de deforestación y pérdida de biodiversidad, junto a economías basadas en la explotación de recursos naturales, hacen que esta región sea altamente vulnerable al cambio climático. Impactos en todos los ecosistemas terrestres, acuáticos y marinos, así como importantes cambios en los sistemas humanos (agricultura, pesca, ganadería, forestal) ponen en riesgo la seguridad alimentaria e hídrica de la región, así como sus economías.

 **Palabras claves:** cambio climático, impactos, adaptación, vulnerabilidad, Chile

 <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/>

Referencias:

Castellanos, E., M.F. Lemos, L. Astigarraga, N. Chacón, N. Cuví, C. Huggel, L. Miranda, M. Moncassim Vale, J.P. Ometto, P.L. Peri, J.C. Postigo, L. Ramajo, L. Roco, and M. Rusticucci, 2022: Central and South America. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

Identifican 9 riesgos del cambio climático para América Central y del Sur



Los riesgos relacionados con el cambio climático en América Central y del Sur han recibido una mayor atención y preocupación en la ciencia y la política. Después de la revisión de más de 200 artículos revisados desde el año 2012 se determinó que durante el siglo XXI la región podría aumentar el riesgo a niveles severos para la seguridad alimentaria; impactos de Inundaciones y deslizamientos de tierra, escasez de agua, epidemias de enfermedades transmitidas por vectores, cambios en la Amazonía, aumento del blanqueamiento de corales, e impactos por el aumento del nivel del mar, marejadas ciclónicas y erosión en las costas de la región. El artículo presenta también un análisis sobre potenciales medidas de adaptación factibles para cada riesgo.

 **Palabras claves:** riesgo, cambio climático, adaptación, Chile

 <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac5271>

Referencias:

Hagen Isabel, Huggel, Christian, Ramajo Laura, Chacón, Noemí, Ometto Jean, Postigo, Julio & Castellanos Edwin (2022). Climate change-related risks and adaptation potential in Central and South America during the 21st century. Environmental Research Letters.



Estudian efectos del cambio climático en el recurso marino Loco



El gasterópodo marino *Concholepas concholepas*, conocido en Chile como “loco”, es una especie nativa e icónica de nuestro maritorio donde tiene gran importancia ecológica, económica y social. Un artículo, publicado recientemente en *Environmental Pollution*, encabezado por el Dr. Patricio Manríquez (investigador asociado a CEAZA) reporta el efecto combinado de aumentos de la temperatura, la acidificación de los océanos (estresores asociados al cambio climático) y la presencia de jaibas que depredan pequeños “locos” juveniles sobre varios atributos de este gasterópodo. La presencia de jaibas redujo el número de choritos consumidos por los “locos” y el aumento de la temperatura incrementó su gasto energético. Sin embargo, la sobrevivencia, el crecimiento en término de longitud, peso de sus conchas y peso húmedo no fueron afectados por los estresores investigados.



Palabras claves: Biología del cambio climático, estresores, acidificación de los océanos, calentamiento de los océanos, efectos no consumptivos, *Concholepas concholepas*



<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.118918>
(requiere suscripción)

Referencias:

Manríquez PH, Jara ME, González CP, Jenó K, Domenici P, Watson S-A, Duarte C, Brockordt K (2022). Multiple-stressor effects of ocean acidification, warming and predation risk cues on the early ontogeny of a rocky-shore keystone gastropod. *Environmental Pollution* 118918/ Proyecto Fondecyt 1181609 a PHM

Una enzima antimicrobiana participa en la respuesta inmune del Ostión



Las lisozimas son enzimas antimicrobianas y desempeñan un papel biológico importante en la biodefensa, ya que estas enzimas pueden actuar como agentes antibacterianos e inmunomoduladores. Se identificó una lisozima de tipo g a partir de los hemocitos del ostión, denominada ApGlys. ApGlys es un nuevo miembro de las lisozimas de ostión que está implicado en la respuesta inmune y en la homeostasis microbiana de la hemolinfa de *A. purpuratus*.



Palabras claves: Inmunidad innata, efectores inmunes, Interacción microbiota-huésped



<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2022.03.015>

Referencias:

González, R., González, D., Stambuk, F., Ramírez, F., Guzmán, F., Mercado, L., Henríquez C, Brockordt K & Schmitt, P. (2022). A g-type lysozyme from the scallop *Argopecten purpuratus* participates in the immune response and in the stability of the hemolymph microbiota. *Fish & Shellfish Immunology*.

Identifican migración más extensa de ballena jorobada



Las ballenas jorobadas que se alimentan en la Península Antártica migran a lo largo de Chile a áreas tropicales desde Perú hasta Nicaragua. Sin embargo, en este trabajo se describe una ballena hembra que en un espacio de 15 años fue observada en la Península Antártica y luego en Byron Bay en la costa este de Australia, constituyendo la migración longitudinal más larga conocida para la especie



Palabras claves: Ballenas jorobadas, migración, Península Antártica, Australia



<https://link.springer.com/article/10.1007/s42991-021-00195-2>

Referencias:

Jorge Acevedo, Anelio Aguayo-Lobo, Peta Beeman, Ted Ted Cheeseman & Carlos Olavarria. 2022. From the Antarctic Peninsula to eastern Australia: the longest migration of a humpback whale through the South Pacific Ocean. *Mammalian Biology*. <https://doi.org/10.1007/s42991-021-00195-2>



» NOTICIAS CEAZAMAR



Revelan la vida secreta de las ballenas en el Archipiélago de Humboldt

La investigación realizada en el Archipiélago de Humboldt está revelando la conducta de alimentación y acústica de las ballenas que visitan el sector año tras año. Esto ha sido posible gracias a que se ha logrado adherir de manera no invasiva pequeños instrumentos de monitoreo que registran profundidad, sonidos, temperatura y los movimientos en 3D de las ballenas. Uno de los objetivos del estudio es proveer información científica de excelencia de este verdadero laboratorio natural localizado en las Regiones de Coquimbo y Atacama a los tomadores de decisión y al ámbito productivo del turismo, lo que posibilitará aportar en estrategias de conservación y protección de estos animales y su hábitat, y promover el desarrollo del turismo sustentable de observación del patrimonio natural del territorio, que es realizado principalmente por los mismos habitantes.



La investigación, forma parte de un estudio liderado por el Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA) junto al instituto ENSTA Bretagne en Francia y otros colabora-

dores nacionales e internacionales, y se enfoca en el estudio de la ballena fin y la ballena azul, los animales más grandes de la historia del planeta.

Presentan avances de Proyecto CLAP

El 3-4 de enero 2021 se organizó un taller en el marco del proyecto CLAP titulado: "Identificando gaps en procesos claves en el acoplamiento océano-atmósfera-biogeoquímica frente a las zonas norte y centro de Chile" y que reunió 18 participantes de 5 instituciones (CEAZA, UCN, Universidad de Concepción, Universidad Católica del Maule y Universidad de Valparaíso). En el taller se presentó un balance de las actividades de modelación y monitoreo de la circulación oceánica en la Región de Coquimbo desarrollado en el marco del Proyecto CLAP durante el año 2021, y se coordinaron actividades para el año 2022. Este taller fue también la oportunidad de buscar sinergias con otros grupos a nivel nacional que desarrollan investigaciones relevantes, en particular con el grupo Paleo-Surgencia del Núcleo UPWELL a través de la participación de la Doctora Catalina Aguirre.



Trabajan en implementación de sistema de monitoreo de la Bahía de Coquimbo

El proyecto CLAP tiene entre sus objetivos el diseño e implementación de estrategias de adaptación para el cambio climático. Basado en esto, el fortalecimiento del monitoreo de las condiciones oceanográficas de la Región de Coquimbo, es clave para entender cómo los cambios ambientales afectan actividades productivas como las pesquerías artesanales. En este contexto, investigadores del CEAZA que trabajan en el Proyecto CLAP (María Valladares, Jorge Inostroza y Laura Ramajo) están co-diseñando e implementando un sistema de monitoreo de temperatura del mar, oxígeno disuelto y pH en conjunto con los macheros del Área de Manejo de Recursos Bentónicos de Peñuelas (Coquimbo). La instalación de sensores durante el próximo mes tiene como objetivo el monitoreo periódico de la columna de agua, lo que proveerá datos de gran relevancia para los pescadores artesanales del recurso macha, para la comunidad costera de la Bahía de Coquimbo en general y la ciencia.



Fortalecimiento capacidades de cómputo CEAZA

CEAZA incrementa la capacidad computacional y las prestaciones de su centro de datos. Esta infraestructura se utiliza para mejorar el procesamiento de observaciones y modelos numéricos de circulación oceánica y atmosférica. El nuevo equipamiento se instalará en el centro de cálculo de CEAZA sede La Serena, expandiendo la capacidad de su cluster de cálculo numérico a 120 núcleos de procesamiento, 384 GigaBytes (GB) de memoria distribuida y 72 Terabytes (TB) de almacenamiento de datos. Adicionalmente, se adquirió e instaló recientemente un nuevo servidor de procesamiento de datos de alta capacidad (20 núcleos y 128 GB de memoria) el que se suma a los servidores CEAZA instalados en el centro de datos del campus Guayacán de la Universidad Católica del Norte, estos proveen de 30 núcleos, 224 GB de memoria y 88 TB de almacenamiento. En paralelo, CEAZA acaba de renovar la climatización de su sala de servidores y proyecta para el presente año la instalación de un nuevo sistema de energía eléctrica ininterrumpida. El financiamiento del equipamiento proviene de diferentes proyectos de investigación liderados por investigadores de CEAZA: "FSEQ210017: Oceanographic and biological rationale for planning and design water desalination plants in central-northern Chile" Fondo de Investigación Estratégica en Sequía 2021 de ANID, "11190999: Coupling



between the ocean-atmosphere-land system off central Chile: the non-linear response of the upwelling dynamics to coastal wind patterns" FONDECYT iniciación, "1190276: Non-linear response of the South Eastern Pacific Oxygen Minimum Zone to ENSO" y "1171861: Response of the upwelling-favorable winds in the Humboldt system to global warming : from regional to local scales", ambos financiados por FONDECYT regular.



Presentan nuevo cuento para la valoración de los humedales costeros “La Orquesta del Humedal”

“La Orquesta del Humedal” es una historia que busca mostrar la importancia de los humedales costeros, los beneficios que traen para la sociedad y sus amenazas debido a la intervención del ser humano.

“El libro hace una metáfora entre una orquesta sinfónica con el equilibrio del ecosistema del humedal. Estos músicos están tocando de manera sincrónica y ordenada, pero ese ritmo se ve influenciado por la toma de decisiones de los seres humanos”, detalla Paloma Núñez, encargada del Programa de Ciencia Ciudadana del CEAZA y autora de la historia.

“La Orquesta del Humedal” forma parte de la línea de Cuentos con Ciencia del CEAZA y autoría de Paloma Nuñez, encargada de Ciencia Ciudadana del CEAZA.



CEAZA participa en seminario

Durante el mes de marzo, CEAZA participó de actividades relacionadas a la sequía que atraviesa una parte importante del país y del rol de la ciencia en la sostenibilidad socio-ecológica de las plantas desaladoras como una herramienta para asegurar la creciente demanda hídrica. Estas actividades fueron organizadas por la comisión de medio ambiente del CORE, y el diario regional El Día.

El Seminario puede revisarse [AQUÍ](#).

WEBINAR

DESAFÍO DE IMPLEMENTAR PLANTAS DESALADORAS PARA PALIAR ESCASEZ HÍDRICA

Lunes 28 de marzo
11:00 horas

Por las plataformas digitales de El Día:

[diarioeldia.cl](#) | [@eldiacl](#) | [eldiacl](#)

EXPOSITORES:



DR. PABLO ALVARES L.
Ingeniero Agrónomo,
Directivo Especialista en Gestión de Recursos Hídricos PRCOMMA U.S.



ALEJANDRA MEDINA
Directora de Asesoría Pública Marea Los Ralambos, Abogada en la U. de Chile M2, en Ciencias Sociales Ambiental, Reino Unido.



CRISTIAN BAQUEDANO
Ingeniero Civil Industrial, Universidad Católica de Chile, Ejecutivo Cargo Ejec. Recursos Hídricos CHDF.



ROBERTO VEGA
Abogado Magister en Derecho, Comisionado Constituyente, 8° Distrito, Comisión Medio Ambiente, Derechos de la Naturaleza, Bienes Naturales Comunes y Modelo Económico.



DR. VICTOR AGUILERA
Investigador CEAZA, Línea Investigación Oceanografía, Ecología Pelágica, Ecología Costanera, Acidificación del Océano y comunicación Científica.



» INFOGRAFÍAS

» IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN OCEANOS Y COSTAS SEGÚN LOS ÚLTIMOS REPORTES DEL IPCC

» ¿QUE ES EL IPCC?
El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por su sigla en inglés), se creó en el año 1988 por la Organización Mundial de Meteorología (WMO, por sus siglas en inglés) y el programa de Medio Ambiente de Naciones Unidas (UNEP). Es una organización de gobiernos miembros de Naciones Unidas (ONU) o la Organización Mundial de Meteorología (WMO) que junto a miles de expertos proveen de manera regular evaluaciones sobre el cambio climático, sus consecuencias y soluciones.

Función: Proveer a los gobiernos y tomadores de decisiones información científica que pueda ser usada para desarrollar políticas climáticas.

Gráfico de los Cambios en la Temperatura Superficial del Mar global:
Año: 1950: -0,3 °C
Año: 2000: +0,3 °C
Año: 2021: +0,6 °C

» ¿QUÉ ES UNA AMENAZA EN EL CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO?
La ocurrencia potencial de un evento o tendencia física natural o inducida por el ser humano que podría causar la pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, además de daños y pérdidas en la propiedad, infraestructura, medios de subsistencia, prestación de servicios, ecosistemas y recursos ambientales.

» ¿QUÉ ES UN IMPACTO?
Efectos sobre los sistemas naturales y humanos de los eventos extremos meteorológicos y climáticos y del cambio climático. Estos efectos pueden ser en vidas, medios de subsistencia, salud, ecosistemas, economías, sociedades, culturas, servicios o infraestructura.

» AMENAZAS OBSERVADAS A NIVEL GLOBAL EN:

ECOSISTEMAS	Fuerza de impacto:	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS
<ul style="list-style-type: none"> Región Antártica Playas arenosas Praderas de macroalgas Sistema de Afloramiento del Bordo Oriental Estuarios y lagos Costas rocosas Plataforma continental 	<ul style="list-style-type: none"> Muy bajo a bajo De alto a muy alto Medio Dirección mixta (negativo-positivo) 	<ul style="list-style-type: none"> Biodiversidad Provisión de alimento Regulación de las amenazas físicas Servicios culturales

» ¿QUÉ ES LA ADAPTACIÓN?
La adaptación comprende una serie de medidas que disminuyen los impactos y/o aprovechan las oportunidades del cambio climático.

» ¿Qué medidas de adaptación son factibles para océanos y costas?

- Creación de áreas marinas protegidas
- Investigación y monitoreo
- Manejo de recursos
- Tecnologías e infraestructura
- Nuevas herramientas financieras
- Educación
- Equidad de género
- Incorporación de prácticas tradicionales

Redacción: Mario Villalón, Bibiana Jozal y Laura Romo. Diseño: Javiera Guerrero. Agradecimientos: Programa de Investigación en Planificación de la Acción Climática (CLAP) - ANID - CENTROS REGIONALES RDFOOB (CEAZA), PROYECTO PATER - ANID-CENTROS REGIONALES RDFOOB (Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la Patagonia, CIP) Chile21 y I3B IPCC.

PICOROCOS: ¿CONVIVIR Y ADAPTARNOS A NUESTROS VECINOS MOLESTOS?

¿CUÁL ES EL PROBLEMA?
El aumento de la población de picorocos en la Región de Coquimbo ha provocado importantes pérdidas a los productores de Ostión del Norte. A partir del 2007, se ha observado en Tongoy que generalmente durante periodos fríos (La Niña), hay un cambio en el patrón de viento a lo largo de la costa y con ello aumenta la llegada de larvas de distintas especies de picorocos.

Los organismos incrustantes causan graves problemas en los cultivos marinos de la zona norte de Chile.

1. Disminuyen la vida útil de los materiales del cultivo (Ejemplo: por el peso de los picorocos, se cortan y caen las líneas de ostión).

2. Afectan la sobrevivencia y el crecimiento de los animales en cultivo.

3. Cuando los picorocos crecen sobre los ostiones, dificultan su desarrollo adecuado ya que no pueden alimentarse ni respirar normalmente y además son poco atractivos comercialmente.

TAMAÑO: Hasta 20 cm de alto

¿QUÉ SON LOS PICOROCOS?
Existen muchas especies de picoroco en la costa de Chile, son crustáceos cirripedios, insectos que se adhieren en toda la costa de Chile. Son especies muy importantes en los ecosistemas, porque otorgan hábitat y alimento a otras especies marinas.

CICLO DE VIDA

DISTRIBUCIÓN: Costa sudamericana desde Lima, Perú (latitud 12° S) hasta Costa del Pacífico chileno.

REGIÓN DE COQUIMBO 2do mayor número de picorocos de Chile. (También ha sido reportada en la Isla Juan Fernández frente a Chile)

OTONO: Madurez sexual y fecundación

PRIMAVERA: Fecundación de embriones

LIBERACIÓN Y INCLINACIÓN DE HUEVOS

LARVA YEGRIT: Cuando la larva yegrit, mide 1mm, está lista para asentarse

LARVA MAGILLO: Fase la VI

SE REPLETE EL CICLO DE VIDA: Desde los 5 mm ya se pueden reproducir

HÁBITAT: Rocas, Conchas, Superficies y objetos de los cultivos marinos

ALIMENTACIÓN: Materia orgánica en suspensión y Microcrustáceos

DEPREDAORES: Estado larval: Camarón de roca, erizo y larva de peces; Estado adulto: Locos, estrellas y jelsos

¿Y AHORA QUÉ HACEMOS? RECOMENDACIONES

- ✔ Estimar el ciclo de vida del picoroco (periodos de madurez sexual, fecundidad y desarrollo de reclutamiento)
- ✔ Monitorear variables oceanográficas que permitan diseñar un plan de manejo, para anticiparse a esta problemática o mitigar efectos negativos en el cultivo del ostión.
- ✔ Promover la vinculación ciencia/empresa para resolver las problemáticas basadas en conocimiento científico-técnico.
- ✔ Proteger los bosques de huiles que sirven de hábitat a los depredadores de las larvas de picorocos.

MASMAR | SECOS

Ver y descargarlas: [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.

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 (TSM): 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 (TSM) 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.

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 (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.

El Niño Chileno: Corresponde al modo dominante de la variabilidad de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) 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 (TSM), 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.

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

Fitoplancton: Derivado de las palabras griegas phyto (planta) y plancton (hecho para desplazarse), el fitoplancton está

compuesto por organismos microscópicos que viven en ambientes acuáticos, tanto salados como dulces. Entre los tipos más comunes se encuentran las cianobacterias, las diatomeas recubiertas de sílice, los dinoflagelados, las algas verdes o clorofitas y los coccolitóforos 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).

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.

!Nuevo término!



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 (TSM) 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.

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 (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.

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



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

» Procedencia de los datos analizados

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

Boletín
CEAZAMar
ABRIL
2022

