



# Boletín CEAZAMar ENERO 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
» Sistema Bahía de Tongoy - Punta Lengua de Vaca .....	19
» Punta de Choros .....	24
» <b>PRONÓSTICO A CORTO PLAZO</b> .....	26
» <b>Viento</b> y temperatura superficial del mar (TSM) .....	26
» INVESTIGACIÓN CEAZAMar .....	27
» NOTICIAS CEAZAMar .....	29
» INFOGRAFÍA .....	35
» GLOSARIO .....	36
» ANEXO .....	39
» Parámetros e instrumentos de las estaciones de monitoreo costeras .....	37
» Procedencia de los datos analizados .....	38

**! NUEVA SECCIÓN!**

» **Viento** y temperatura superficial del mar (TSM)



## » ¿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.

» **! NUEVA WEB!** Ser un instrumento público de apoyo a procesos de adaptación productiva y socio-ecológica ante escenarios de cambio climático de la Región de Coquimbo.

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.

» Para saber más sobre CEAZAMar, ingresa a:

[www.ceazamar.cl](http://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: [FORMULARIO CEAZAMar](#).

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

### EQUIPO CEAZAMAR

**Coordinadora General:**  
Laura Ramajo

**Generación de productos atmosféricos y oceanográficos:**  
Orlando Astudillo, Boris Dewitte, José Rutllant, Pablo Salinas, María Valladares

**Investigadores:**  
Víctor Aguilera, Claudio Álvarez, Jacinta Arthur, Orlando Astudillo, Boris Dewitte, Carlos Henríquez, Jorge Inostroza, Cristian Orrego, Laura Ramajo, Marcelo Rivadeneira, José Rutllant, María Valladares

**Transferencia y Vinculación:**  
Pilar Molina

**Comunicación:**  
Marcela Zavala

**Divulgación y Difusión:**  
Valentina Aliste, Paloma Núñez, Jose Luis Rojas

**Diseño y Diagramación:**  
Janina Guerrero

**Diseño y Mantenimiento 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 - Enero (2022). Análisis de las Condiciones Atmosféricas y Oceanográficas de la Región de Coquimbo (Septiembre - Noviembre 2021). 40 páginas. DOI: 10.6084/m9.figshare.19009712

El presente Boletín CEAZAMar presenta un diagnóstico de las condiciones del sistema atmosférico-oceánico desde un ámbito regional (costa del Pacífico suroriental) y de la Región de Coquimbo para el periodo comprendido entre el 1 Septiembre al 30 de Noviembre de 2021.

Consistente con la condición La Niña en la región del Pacífico ecuatorial, se observaron anomalías negativas en la temperatura superficial del mar (TSM) en la región del Pacífico Sureste durante el trimestre Septiembre - Noviembre de 2021. Esta tendencia de temperatura relativamente baja se manifiesta además en los índices Chile El Niño (CEN) y El Niño EP (EPN), sugiriendo un enfriamiento durante el verano austral.

La variabilidad en el nivel del mar observada en el Pacífico Sureste, entre los 0°S y 15°S, involucró eventos negativos o de depresión del nivel del mar asociados a ondas de Kelvin atrapadas en la costa. Estas ondas no alcanzaron aún la Región de Coquimbo. Con una velocidad habitual de propagación de estas ondas, se puede proyectar para los próximos meses una persistencia de estas anomalías negativas (La Niña) a lo largo de la costa de Chile.

La variabilidad en la intensidad del viento observada en el trimestre mostró una tendencia positiva o mayor intensidad (promedio en torno a 8 m/s) del viento, consistente con el patrón estacional. No obstante, vientos más débiles en torno a los 5 m/s (10 nudos), se observaron entre el 25 de octubre y 2 de noviembre.

Isla Chañaral, Tongoy y La Cebada mostraron los mayores promedios diarios del trimestre con valores en torno a los 9 m/s (18 nudos) durante el periodo de intensificación de los vientos regionales. Los máximos valores diarios alcanzaron 13 m/s (25 nudos) en Isla Chañaral, Punta de Choros y Tongoy. En general, la variabilidad de los vientos en las localidades costeras se mantuvo dentro del promedio histórico (promedios entre 2008 y 2020).

El viento predominante en la región durante el trimestre correspondió principalmente a vientos del suroeste (favorables a la surgencia), alcanzado una frecuencia en torno al 80%.

La temperatura superficial del mar (TSM) respondió en gran medida a la intensificación del viento, ya que a pesar de la mayor irradiación solar de la primavera austral, los valores medios de la temperatura superficial del mar (TSM) fueron 12.5°C. Consistente con la disminución en la intensidad del viento y la mayor radiación solar estacional, la temperatura superficial del mar (TSM) se elevó hasta 14.8° C hacia la segunda mitad del periodo.

Entre las localidades de la región, La Cebada y Bahía de Coquimbo presentaron la menor (11.2°C) y mayor (15.6°C) temperatura TSM diaria, respectivamente. En términos generales, estos valores son concordantes con los registros históricos (entre 2008 y 2020). No obstante, es posible observar eventos de aproximadamente 10 días, donde los valores mínimos de temperatura superficial del mar (TSM) son más fríos que el registro histórico, destacándose en particular el periodo entre el 12 y 18 de noviembre.

Los valores de clorofila observados satelitalmente registraron su mayor nivel durante el año 2021 en particular durante los meses de septiembre y octubre con concentraciones por sobre los 4 mg/m<sup>3</sup> en acuerdo con la variabilidad climatológica de estos meses de intensificación de surgencia. Estos mayores valores de clorofila son consistentes con el ciclo estacional, obedeciendo a la mayor disponibilidad lumínica e intensidad de vientos. Por ejemplo, el periodo de mínima intensidad del viento (25 octubre al 2 de noviembre) coincide con los mínimos valores de clorofila, tanto a nivel regional como local. Los días de relajación de los vientos alrededor del 10 de septiembre explican las máximas concentraciones de clorofila (28.3 mg/m<sup>3</sup>) en la bahía de Tongoy.

En la Plataforma de Observación de Tongoy los registros hidrográficos a 10 m de profundidad muestran una disminución de temperatura y oxígeno disuelto durante el trimestre, aparentemente asociado al reforzamiento de los vientos del suroeste (favorables a la surgencia). La disminución en la temperatura dentro de la bahía puede entenderse mediante índices satelitales de surgencia, como transporte de Ekman y anomalía sinóptica de la temperatura superficial del mar (TSM). Este transporte involucra agua más fría en la costa sur de la región y dentro de la bahía de Tongoy. Estos eventos se concentraron entre el 20 de octubre y 16 de noviembre, con periodos de aproximadamente 10 días.

En Punta Lengua de Vaca, el 80% de los días del trimestre presentó vientos del suroeste favorables a la surgencia. Entre fines de septiembre y principios de octubre, y entre el 12 y 20 de noviembre, estos vientos alcanzaron promedios diarios de 6 m/s (12 nudos), consistentes estimaciones de viento satelital, y coincidentes con dos de los periodos de mayor enfriamiento costero superficial.

En Punta de Choros se presentó un patrón de viento con direcciones predominantes del sur y suroeste. La magnitud del viento en esta localidad fue cercana al valor promedio (2.8 m/s - 5.5 nudos), y fueron menores que las observadas en Bahía de Tongoy-Punta Lengua de Vaca. El índice termal de surgencia identifica dos periodos que coinciden con los de mayores vientos del suroeste en Punta Lengua de Vaca.





## » MENSAJES DESTACADOS



1

Entre septiembre y noviembre de 2021, a escala regional, preponderaron condiciones más frías consistentes con la presencia de La Niña.

2

A escala regional y local, mayores intensidades de vientos dirección suroeste (favorables a la surgencia) fueron observados.

3

A escala local, los vientos favorables a la surgencia generaron condiciones más frías y alta disponibilidad de alimento (mayor clorofila).

4

Las localidades costeras de la Región de Coquimbo no registraron eventos de viento por sobre o bajo los rangos históricos.

5

La tendencia de los índices El Niño y El Niño EP es hacia un enfriamiento sugiriendo una persistencia de estas condiciones frías durante el verano.

6

Se proyecta una persistencia de anomalías negativas del nivel del mar a lo largo de la costa durante los próximos meses.

## » 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 proveerá 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, 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.



# DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES ATMOSFÉRICAS Y OCEANOGRÁFICAS DE LA REGIÓN DE COQUIMBO

## Observaciones regionales

### Anomalía Mensual de la Temperatura Superficial del Mar (TSM)

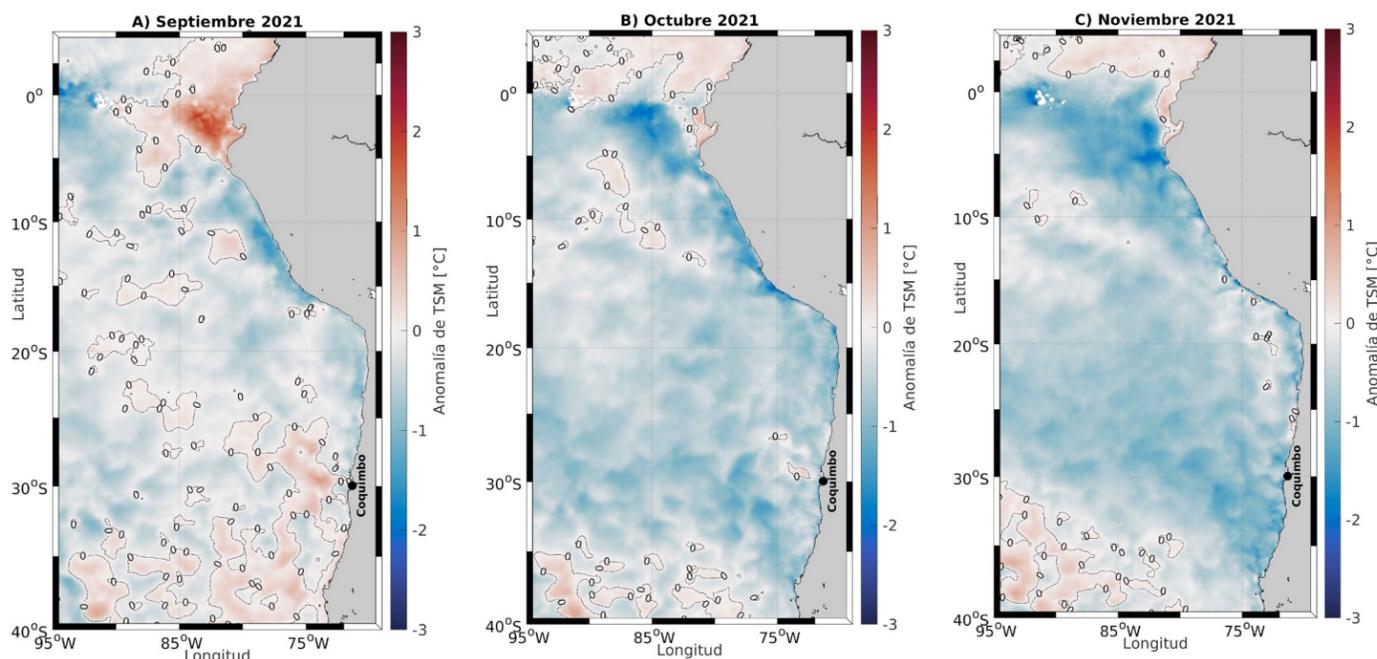


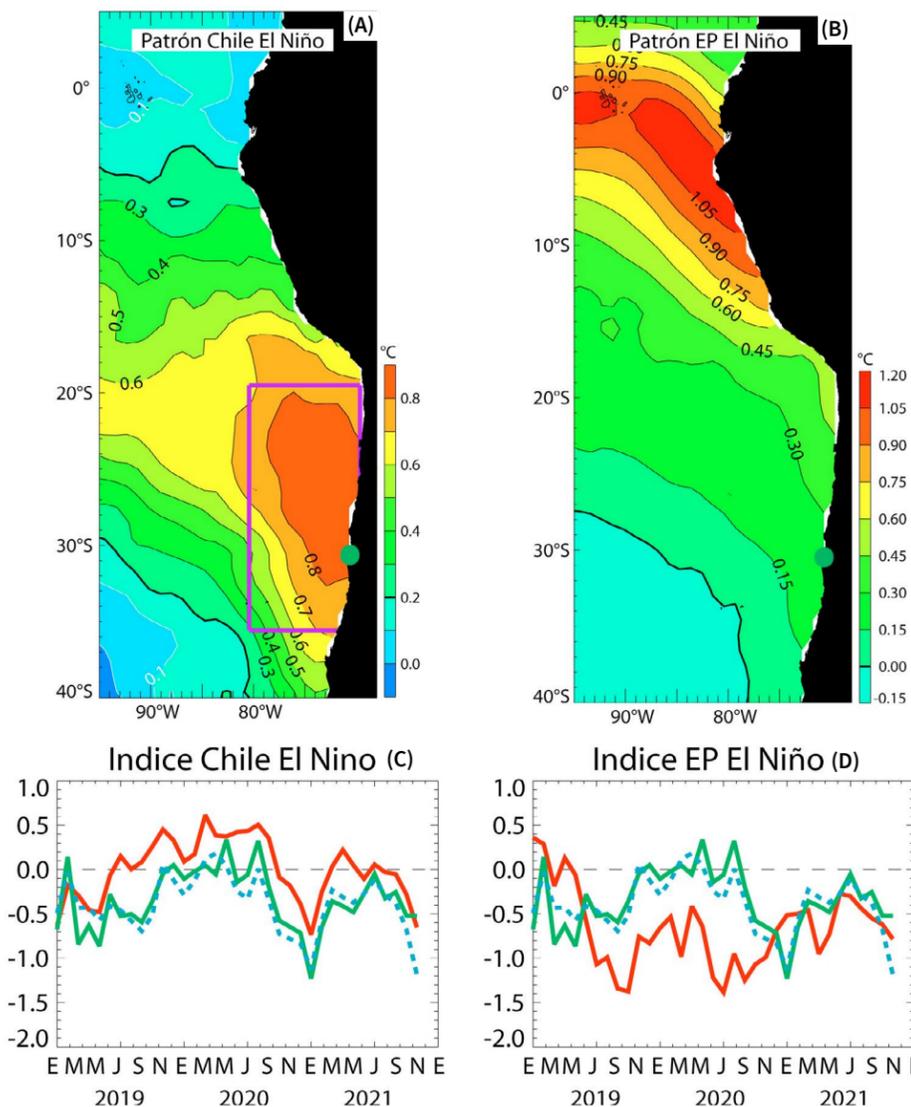
Figura 1. Anomalía mensual de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) (°C) de (A) septiembre de 2021, (B) octubre de 2021 y (C) noviembre de 2021. Las anomalías de TSM se calcularon con respecto al periodo 2006-2019. Los colores rojos en el mapa indican zonas en las que la TSM mostró valores por encima 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.

La disminución en la Temperatura Superficial del Mar (TSM) indica la presencia del fenómeno de La Niña en el Pacífico Ecuatorial. Para el trimestre comprendido entre septiembre y noviembre del 2021, se observan valores más

fríos en la Temperatura Superficial del Mar (TSM) respecto a un registro histórico calculado entre el año 2006 y 2019, lo cual es consistente con condiciones 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 enero de 2019 y agosto de 2021. El modelo estadístico está basado en una regresión multilíneal 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 enero 2019 y noviembre 2021. Las anomalías en temperatura superficial del mar (TSM) fueron calculadas usando como referencia el periodo comprendido entre 1960 y 2019.



Los distintos modos climáticos (ver Glosario) 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 período comprendido entre el 1 de septiembre de 2021 y el 30 de noviembre de 2021, el análisis de las condiciones climáticas (temperatura superficial del mar, TSM) indica que la amplitud del índice CEN (Chile El Niño) y del índice EN (El Niño EP) se mantienen con valores ligeramente negativos indicando la persistencia de condiciones frías frente a la costa de América del Sur (ver Figura 2).

La tendencia de los índices es hacia un enfriamiento sugiriendo una persistencia de estas condiciones frías durante el verano.



**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.

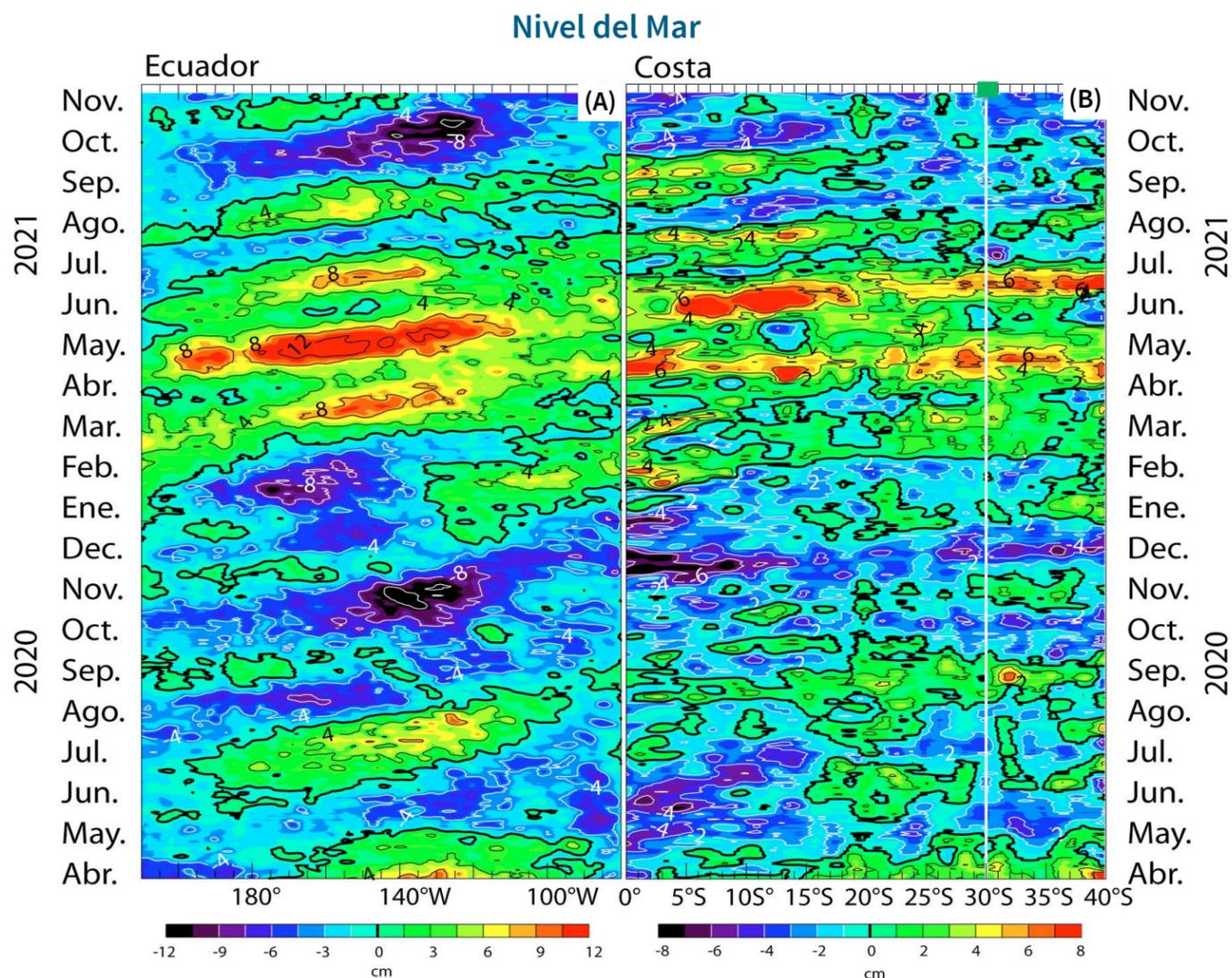


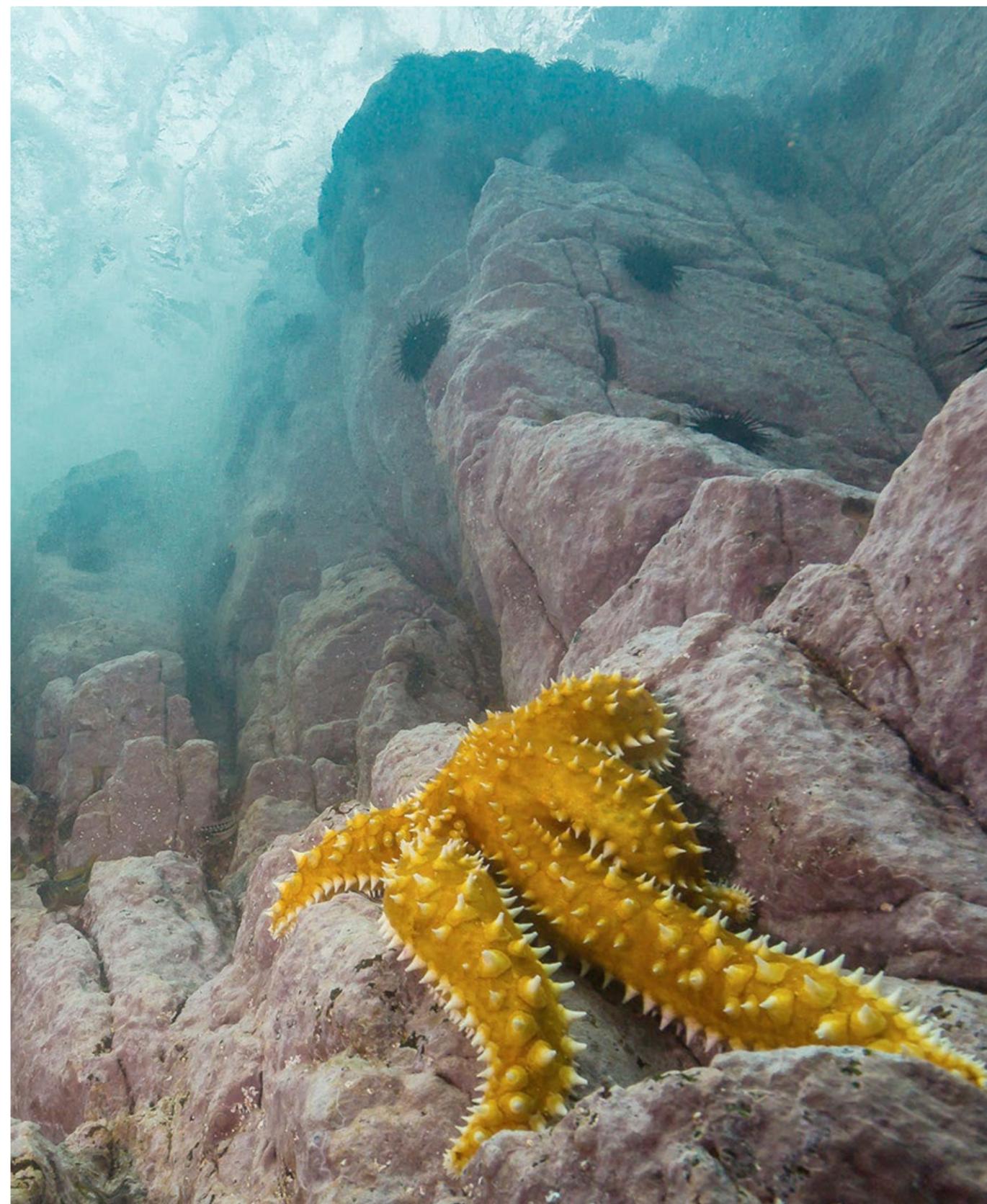
Figura 3: Evolución de las anomalías del nivel del mar a lo largo (A) del Ecuador y (B) de la costa para el período comprendido entre el 1 Abril de 2020 al 30 de noviembre de 2021. Los cambios en el nivel del mar se muestran en centímetros (cm).

La evolución de la actividad de ondas de Kelvin ecuatoriales de los últimos meses indican la ocurrencia de una onda de Kelvin de afloramiento (anomalías negativas del nivel del mar) en el Pacífico oeste en septiembre 2021, lo que ha generado condiciones ligeramente frías a lo largo del Ecuador (condiciones La Niña). Esa onda alcanzó la costa de Ecuador en noviembre de 2021. A lo largo de la costa entre 0 y 15°S se observaron también anomalías negativas del nivel del mar a partir de septiembre de 2021, las cuales parecen propagarse hacia el Sur. No obstante, no alcanzaron la latitud de Coquimbo, a pesar que se mantuvo una ligera disminución del nivel del mar en la costa a la latitud de Coquimbo (ver Figura 3).

Asumiendo una propagación de las condiciones del Ecuador a lo largo de la costa se proyecta una persistencia de anomalías negativas del nivel del mar a lo largo de la costa durante los próximos meses.

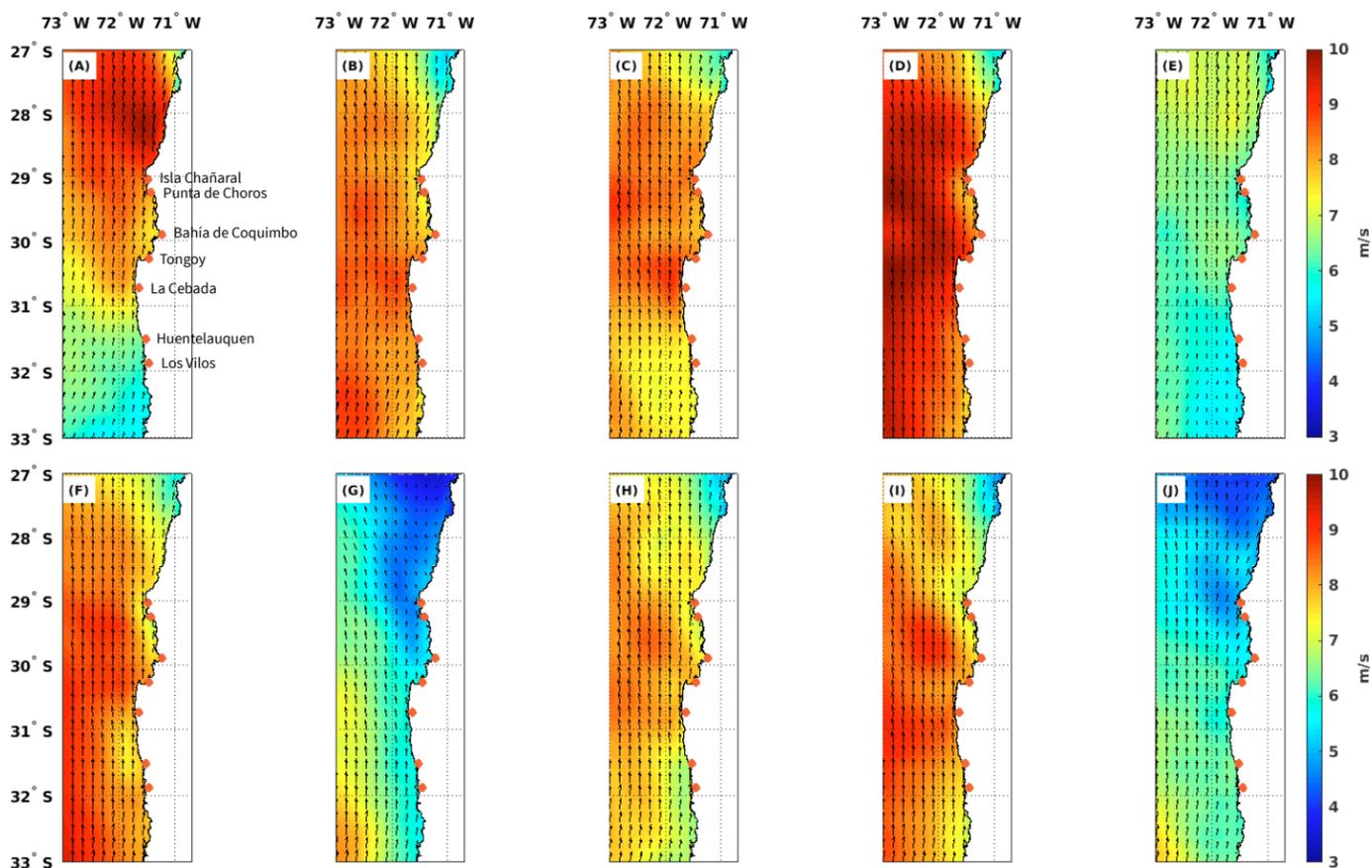


**ONDAS DE KELVIN:** Ondas que se generan en la zona ecuatorial del océano Pacífico a consecuencia de las variaciones en los vientos alisios que soplan desde el este al oeste. Una vez generadas, estas ondas viajan hacia el Ecuador (este) modulando a la vez el nivel del mar y la profundidad de la termoclina.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





### Velocidad y Dirección del Viento



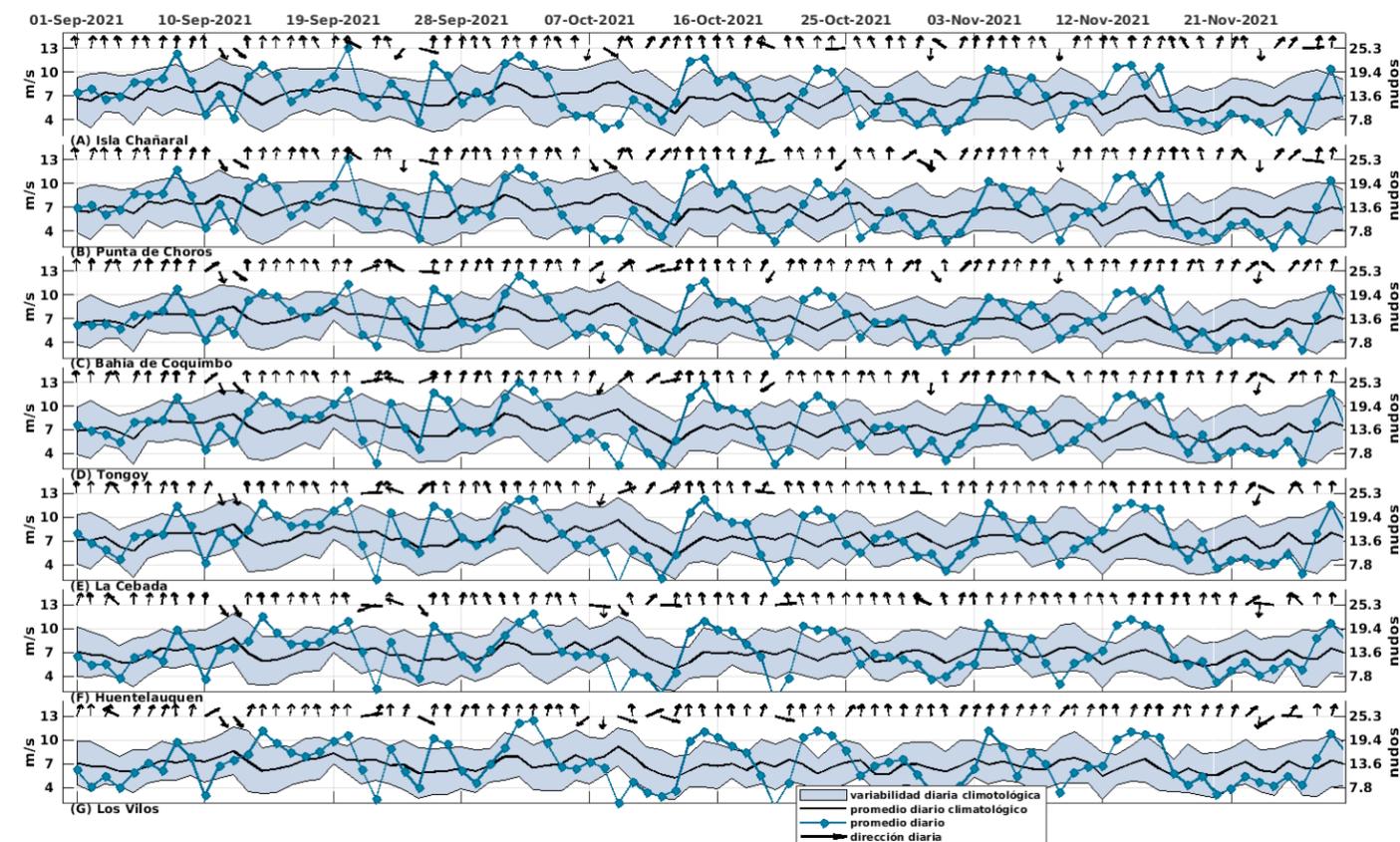
**Figura 4.** Promedio de la velocidad (m/s) y dirección de viento estimada a través de la observación satelital a 10 metros sobre el nivel del mar frente a la Región de Coquimbo entre el 1 de septiembre al 29 de noviembre del 2021.

Cada imagen muestra el promedio para ambas variables (velocidad y dirección de viento) para un período de 9 días (A) 1-sep-2021 a 9-sep-2021 (B) 10-sep-2021 a 18-sep-2021, (C) 19-sep-2021 a 27-sep-2021, (D) 28-sep-2021 a 06-oct-2021, (E) 7-oct-2021 a 15-oct-2021, (F) 16-oct-2021 a 24-oct-2021, (G) 25-oct-2021 a 2-nov-2021, (H) 3-nov-2021 a 11-nov-2021, (I) 12-nov-2021 a 20-nov-2021, y (J) 21-nov-2021 a 29-nov-2021.

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

Durante el trimestre comprendido entre septiembre y noviembre de 2021, se observó una intensificación del viento entre el 1 de septiembre al 6 de octubre con un promedio inicial y final a lo largo de la costa de 7.4 y 8.4 m/s (14.4 y 16.3 nudos), interesantemente durante los primeros 9 días, las mediciones satelitales de viento registraron magnitudes superiores en el extremo norte de la región (ver Figuras 4A y 5A). Por otra parte, en el periodo comprendido entre el 25

de octubre y el 2 de noviembre de 2021 se registró el mínimo del viento del trimestre, con un promedio de 5.47 m/s (10.63 nudos) en las localidades costeras. Adicionalmente, durante los periodos comprendidos entre el 7 al 15 de octubre y del 21 al 29 de noviembre se registró un debilitamiento en la intensidad, con promedios en la banda costera de 6.0 y 5.7 m/s, respectivamente (11.7 y 11.1 nudos, respectivamente).



**Figura 5.** Series diarias de la velocidad (en m/s y nudos) y dirección de viento promedio diario satelital para las localidades de Chañaral de Aceituno, Punta de Choros, Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, Huentelauquen y Los Vilos entre el 1 de septiembre al 29 de noviembre del 2021 (curva azul punteada).

Adicionalmente, se incluye el promedio diario histórico de velocidad de viento (curva negra) y su anomalía (sombreado azul), es decir, su desviación estándar respecto al periodo histórico comprendido entre el año 2008 y 2020.

El análisis de los registros de viento satelital para las localidades costeras (ver línea azul punteada en Figura 5) indica que la Isla Chañaral (entre 1 y el 9 de septiembre) así como las localidades de Tongoy (entre 1 y el 9 de septiembre) y La Cebada (entre el 28 de septiembre y el 6 de octubre) registraron los valores promedios de viento máximos del trimestre con 8.5, 9.0, y 8.9 m/s respectivamente (16.5, 17.5 y 17.3 nudos, respectivamente).

En términos de valores mínimos y máximos diarios, se observaron magnitudes de 13 m/s (25.3 nudos) en Isla Chañaral, Punta de Choros y Tongoy el 20 de Septiembre para las dos primeras localidades y el 2 de Octubre en el caso de Tongoy.

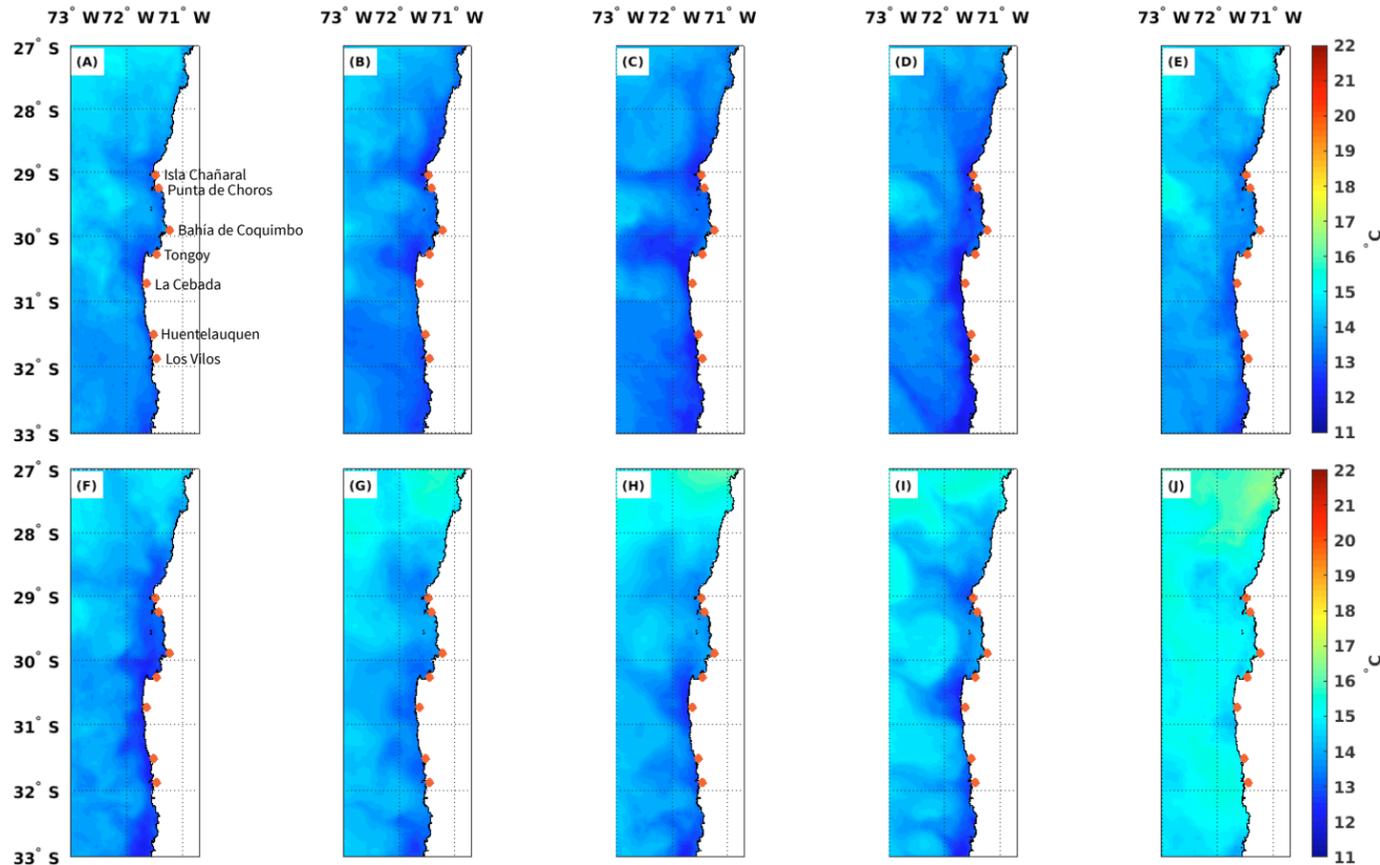
En términos de variabilidad del promedio diario del viento, se registraron la mayor y menor variabilidad entre el 7

al 15 de noviembre y el 25 de octubre al 2 de noviembre, respectivamente.

En relación a la dirección predominante del viento, la totalidad de localidades costeras (Chañaral de Aceituno, Punta de Choros, Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, Huentelauquen y Los Vilos) registraron mayoritariamente viento con dirección suroeste (72 al 85% del trimestre) y noreste (5 a 8% del trimestre). Finalmente, destacamos un predominio del viento suroeste favorable a la surgencia durante el trimestre en diagnóstico en las localidades costeras de La Cebada (82.2%, 74 días) e Isla Chañaral (84.4%, 76 días). También para la Isla Chañaral y Punta de Choros se registraron mayores vientos dirección noreste, no favorable a la surgencia, en los meses de septiembre a noviembre (5.6% (5 días) y 6.7% (6 días) respectivamente).



### Temperatura Superficial del Mar (TSM)

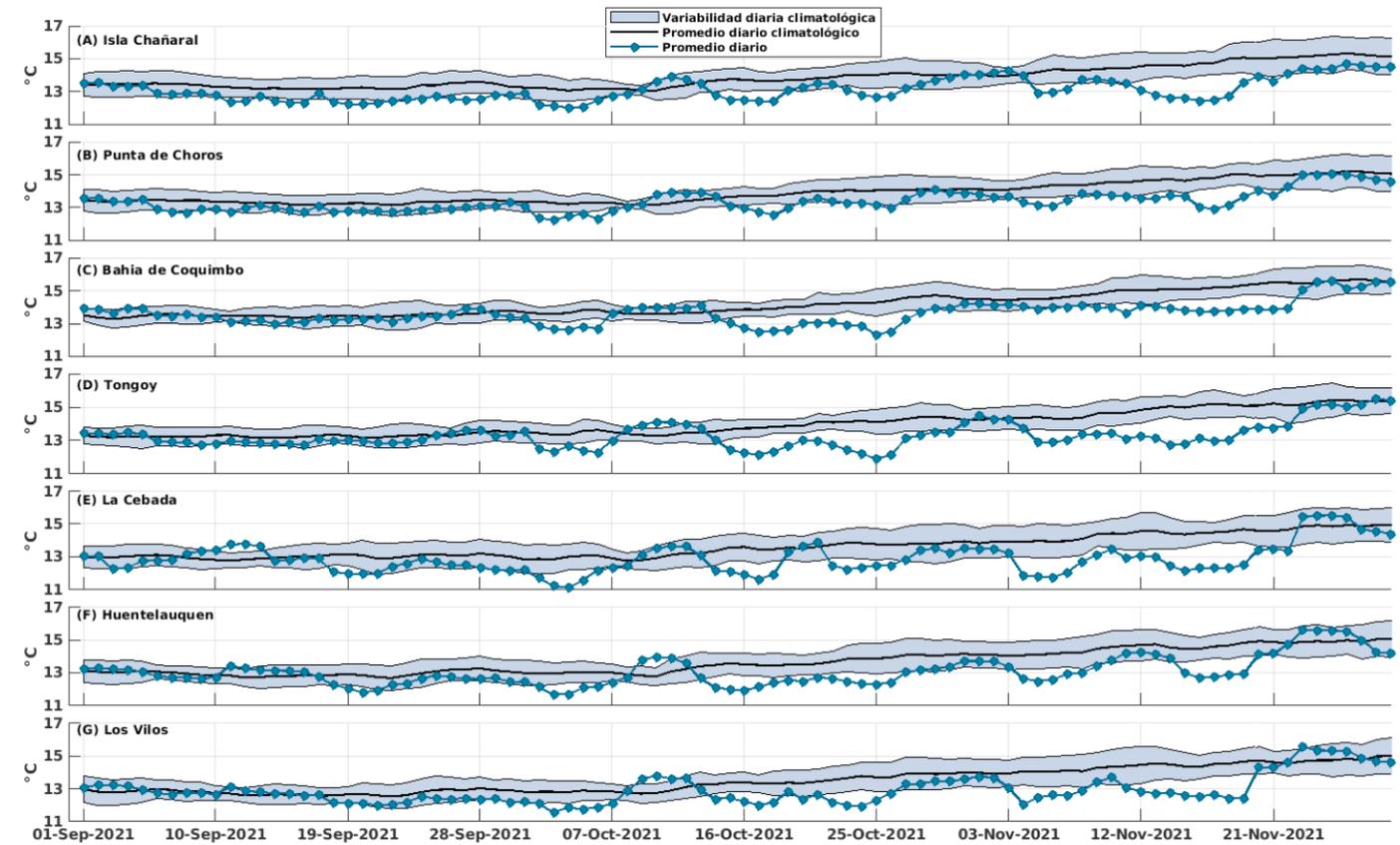


**Figura 6.** Temperatura Superficial del Mar (TSM) (°C) estimada a través de la observación satelital de la superficie oceánica frente a la Región de Coquimbo entre el 1 de septiembre al 29 de noviembre del 2021. Cada imagen muestra el promedio de la temperatura superficial del mar (TSM) para un período de 9 días (A) 1-sep-2021 a 9-sep-2021 (B) 10-sep-2021 a 18-sep-2021, (C) 19-sep-2021 a 27-sep-2021, (D) 28-sep-2021 a 06-oct-2021, (E) 7-oct-2021 a 15-oct-2021, (F) 16-oct-2021 a 24-oct-2021, (G) 25-oct-2021 a 2-nov-2021, (H) 3-nov-2021 a 11-nov-2021, (I) 12-nov-2021 a 20-nov-2021, y (J) 21-nov-2021 a 29-nov-2021. 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.

La Temperatura Superficial del Mar (TSM) durante los periodos comprendidos entre el 28 de septiembre al 6 de octubre y del 21 al 29 de noviembre muestran, en promedio, los menores (12.5°C) y mayores (14.8°C) valores, respectivamente. Esto está en concordancia con el periodo de mayor magnitud del viento y actividad de surgencia en el primer caso (temperaturas frías), así como a una mayor radiación solar estacional a finales de noviembre (temperaturas más cálidas).



**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 Chañaral de Aceituno, Punta de Choros, Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos desde el 1 de septiembre al 29 de noviembre del 2021 (curva azul punteada). Promedio diario histórico de TSM (curva negra) y desviación estándar (sombreado azul) calculados entre 2008 y 2020.

Para el periodo de análisis, las localidades de La Cebada y la Bahía de Coquimbo presentaron entre el 4 y 25 de octubre la menor (11.2°C) y mayor (15.6°C) Temperatura Superficial del Mar diaria (TSM) de todas las localidades costeras de la Región de Coquimbo.

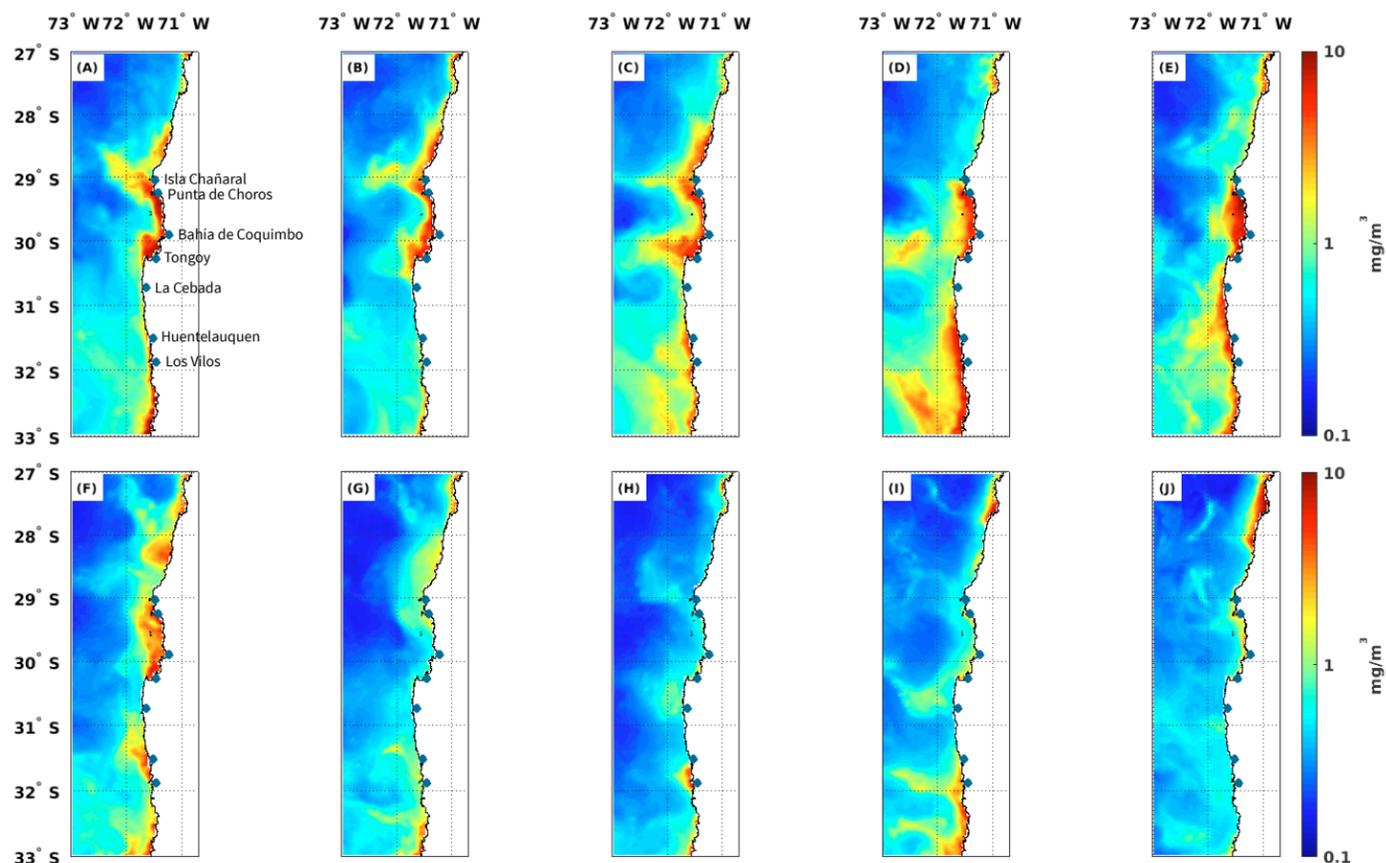
Adicionalmente, se observaron temperaturas frías por debajo del registro histórico (entre 2008 y 2020) en todas

las localidades costeras entre el 16 al 24 de octubre y desde el 12 al 20 de noviembre.

Por último, destacamos los periodos del 25 de octubre al 2 de noviembre y del 19 al 26 de septiembre por presentar la mayor (0.58 °C) y menor (0.24 °C) variabilidad en la Temperatura Superficial del Mar (TSM), respectivamente, a lo largo de la costa de la Región de Coquimbo.



### Clorofila Superficial

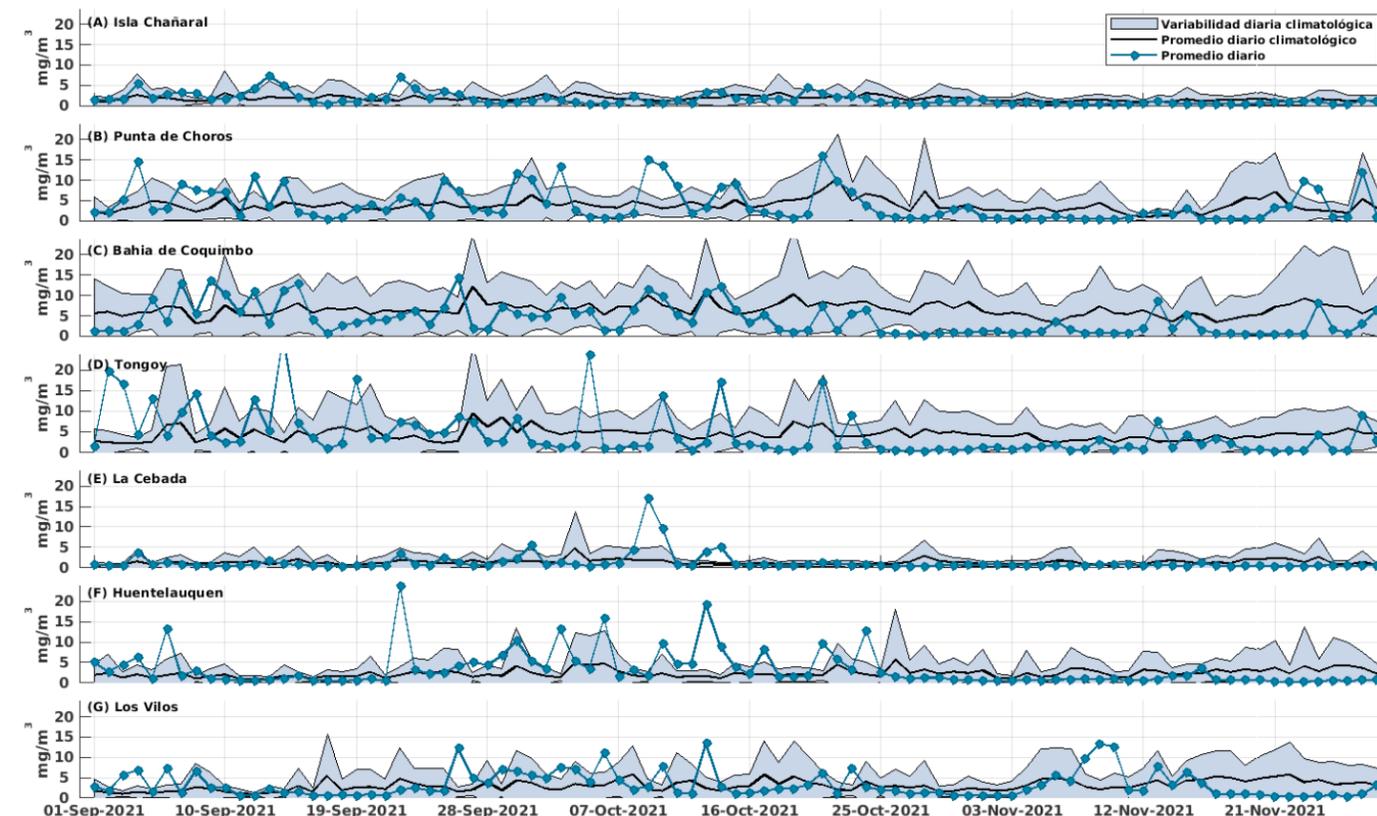


**Figura 8.** Concentración de clorofila superficial estimada a través de observaciones satelitales ( $mg/m^3$ ) para la Región de Coquimbo entre el 1 de septiembre y el 29 de noviembre del 2021. Cada imagen muestra el promedio para ambas variables (velocidad y dirección de viento) para un período de 9 días (A) 1-sep-2021 a 9-sep-2021 (B) 10-sep-2021 a 18-sep-2021, (C) 19-sep-2021 a 27-sep-2021, (D) 28-sep-2021 a 06-oct-2021, (E) 7-oct-2021 a 15-oct-2021, (F) 16-oct-2021 a 24-oct-2021, (G) 25-oct-2021 a 2-nov-2021, (H) 3-nov-2021 a 11-nov-2021, (I) 12-nov-2021 a 20-nov-2021, y (J) 21-nov-2021 a 29-nov-2021. 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 septiembre y noviembre del 2021 se registraron las mayores concentraciones de clorofila del año (ver boletines anteriores) con concentraciones por sobre los  $4 mg/m^3$ . Esto fue más notable durante todo el mes de septiembre y hasta mediados de octubre en respuesta a la intensificación del viento favorable a la surgencia (ver Figuras 4 y 5). En particular, el mayor valor de concentración de clorofila se alcanzó durante el periodo comprendido entre el 7 al 15 de octubre, posterior al período que registró la intensidad máxima del viento (28 al 6 de octubre) del trimestre. A contar de esa fecha se observa una reducción en las concentraciones de clorofila con un mínimo a fines de octubre e inicios de noviembre.



**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 Chañaral de Aceituno, Punta de Choros, Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos entre el 1 de septiembre al 29 de noviembre del 2021. 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, durante el periodo comprendido entre el 28 de septiembre y el 15 de octubre se registraron, en promedio, las mayores ( $5.16 mg/m^3$ ) concentraciones de clorofila, mientras que entre el 25 de octubre y el 11 de noviembre se registraron las menores concentraciones ( $0.95 mg/m^3$ ) a lo largo de la región.

A nivel diario, se registraron máximos de  $28.3 mg/m^3$  en Tongoy y  $23.76 mg/m^3$  en Huentelauquén entre el 14 y el

22 de septiembre, respectivamente. Estos valores estuvieron en sincronía con periodos consecutivos de intensificación y relajación del viento favorable para la surgencia (ver Figura 5).

En el otro extremo, las localidades de La Cebada y Huentelauquén exhibieron los mínimos diarios del periodo comprendido entre septiembre y noviembre del 2021 con valores bajo los  $0.27 mg/m^3$ .



## 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 septiembre hasta el 30 de noviembre de 2021 para las estaciones costeras de Punta de Choros y del Sistema Tongoy-Punta Lengua de Vaca.

Todos los datos analizados en esta sección son de dominio público y en el caso de Punta Choros y Tongoy son entregados en tiempo real a través de la plataforma web CEAZAMet ([www.cezamet.cl](http://www.cezamet.cl)) y CEAZAMar ([www.cezamar.cl](http://www.cezamar.cl)).



### Variables oceanográficas (sólo Tongoy)

En la Bahía de Tongoy se encuentra instalada una balsa (30.275°S; 71.561°W) que monitorea las condiciones atmosféricas y oceanográficas de la Bahía de Tongoy. La estación comenzó su funcionamiento en junio de 2014, y actualmente cuenta con conectividad, transmisión y actualización de los datos en línea cada una hora.

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

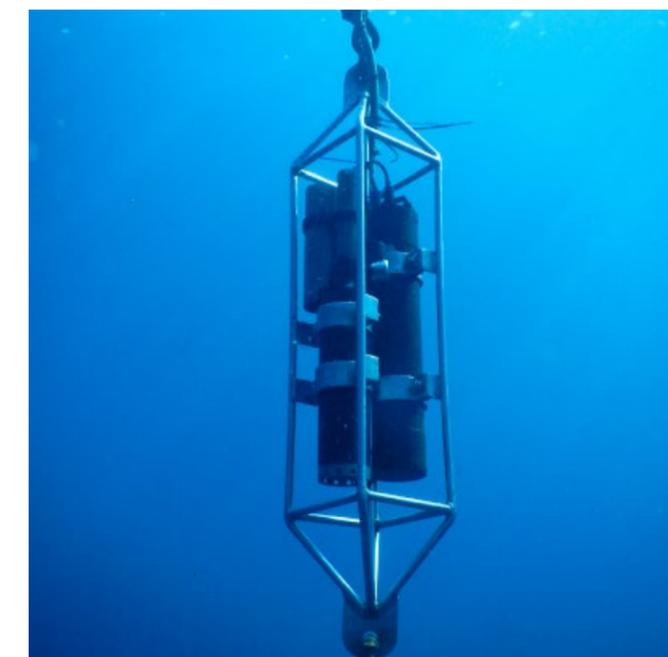
monitorean la temperatura del agua, su salinidad, el oxígeno disuelto, la clorofila y turbidez de la Bahía de Tongoy. Estos datos son de gran importancia para los sectores productivos como la acuicultura y la pesca que se desarrollan en la Bahía de Tongoy.

Dentro del trimestre en análisis, se instaló un nuevo sensor de viento en la balsa oceanográfica-meteorológica, por lo que no se disponen de datos entre el 13 y 26 de octubre de 2021 debido a la logística de instalación.

### » Sistema Bahía de Tongoy - Punta Lengua de Vaca



El sistema Bahía de Tongoy - Punta Lengua de Vaca presentó predominancia de viento proveniente del Sudoeste (Figura 11A y Figura 11B) durante el trimestre en análisis. El viento favorable a la surgencia generó una respuesta en las variables oceanográficas registradas a 10 m de profundidad dentro de la Bahía de Tongoy, con eventos de disminución de temperatura del mar (Figura 11D) y oxígeno disuelto (Figura 11E y Figura 11F). Los indicadores de surgencia costera (Figura 10) identifican 3 periodos principales en el trimestre de estudio, en coherencia con las observaciones obtenidas por los sensores (in-situ) (Figura 11).





### Índice de Surgencia (Bahía de Tongoy)

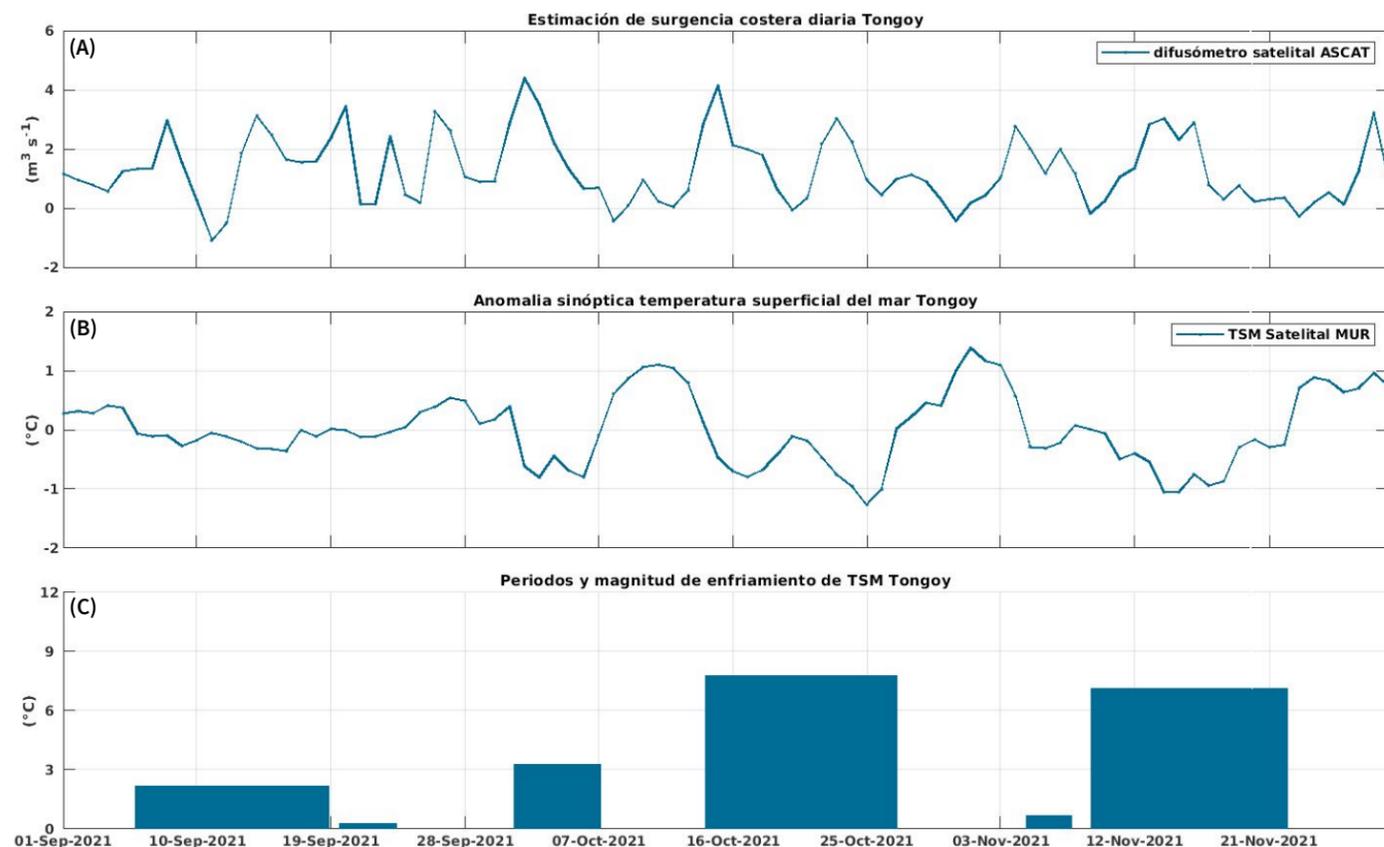


Figura 10. Indicadores de intensidad y duración de la surgencia costera en la Bahía de Tongoy. (A) Índice de surgencia costera (UI) estimado a partir del estrés del viento. (B) Anomalías sinópticas de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) ( $^{\circ}\text{C}$ ). (C) Índice termal de surgencia costera (enfriamiento costero superficial) estimado a partir de las anomalías sinópticas (ver Glosario) de la Temperatura Superficial del Mar (TSM). Las anomalías de temperatura se obtienen sustrayendo el promedio móvil de 30 días de la serie diaria de TSM satelital en la localidad de interés.

El análisis de los periodos de surgencia en la Bahía de Tongoy, estimado a partir del forzamiento del viento, indica que los volúmenes máximos de transporte de surgencia se produjeron durante gran parte del trimestre septiembre-noviembre (ver Figura 10A), lo cual coincide con la estación del año en que se maximizan los vientos favorables a la surgencia (sur, suroeste).

Adicionalmente, los máximos volúmenes de transporte de surgencia se registraron durante los periodos comprendidos entre el 19 y el 27 de septiembre ( $15 \text{ m}^3/\text{s}$ ); 28 septiembre al 6 de octubre ( $17.8 \text{ m}^3/\text{s}$ ); 16 al 24 de octubre ( $14.32 \text{ m}^3/\text{s}$ ), y 12 al 20 de noviembre de 2021 ( $14.53 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Por otro lado, los volúmenes mínimos de surgencia se registraron entre el 25 de octubre y el 2 de noviembre y del 21 al 29 de noviembre ( $4.93$  y  $6.73 \text{ m}^3/\text{s}$ , respectivamente).

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) con una duración de 15, 6.1, 16.0, y 14.3 días que estuvieron asociados a un enfriamiento integrado de  $2.18^{\circ}\text{C}$ ,  $3.3^{\circ}\text{C}$ ,  $7.8^{\circ}\text{C}$  y  $7.1^{\circ}\text{C}$  entre el 5 y 19 de septiembre, 2 y 7 de octubre; entre el 15 y 27 de octubre y entre el 9 y 22 de noviembre, respectivamente (Figura 10B y Figura 10C).

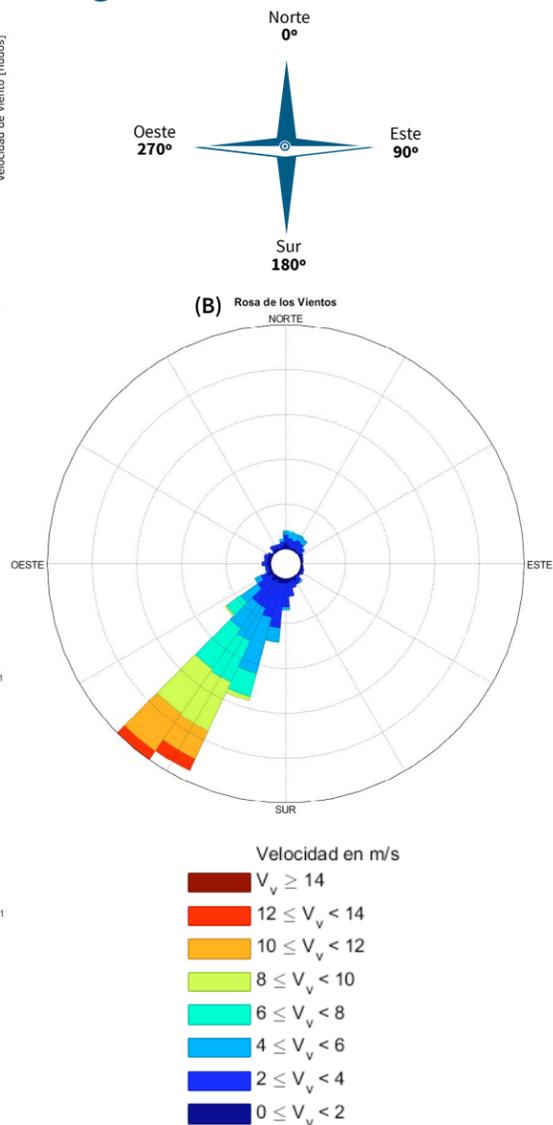
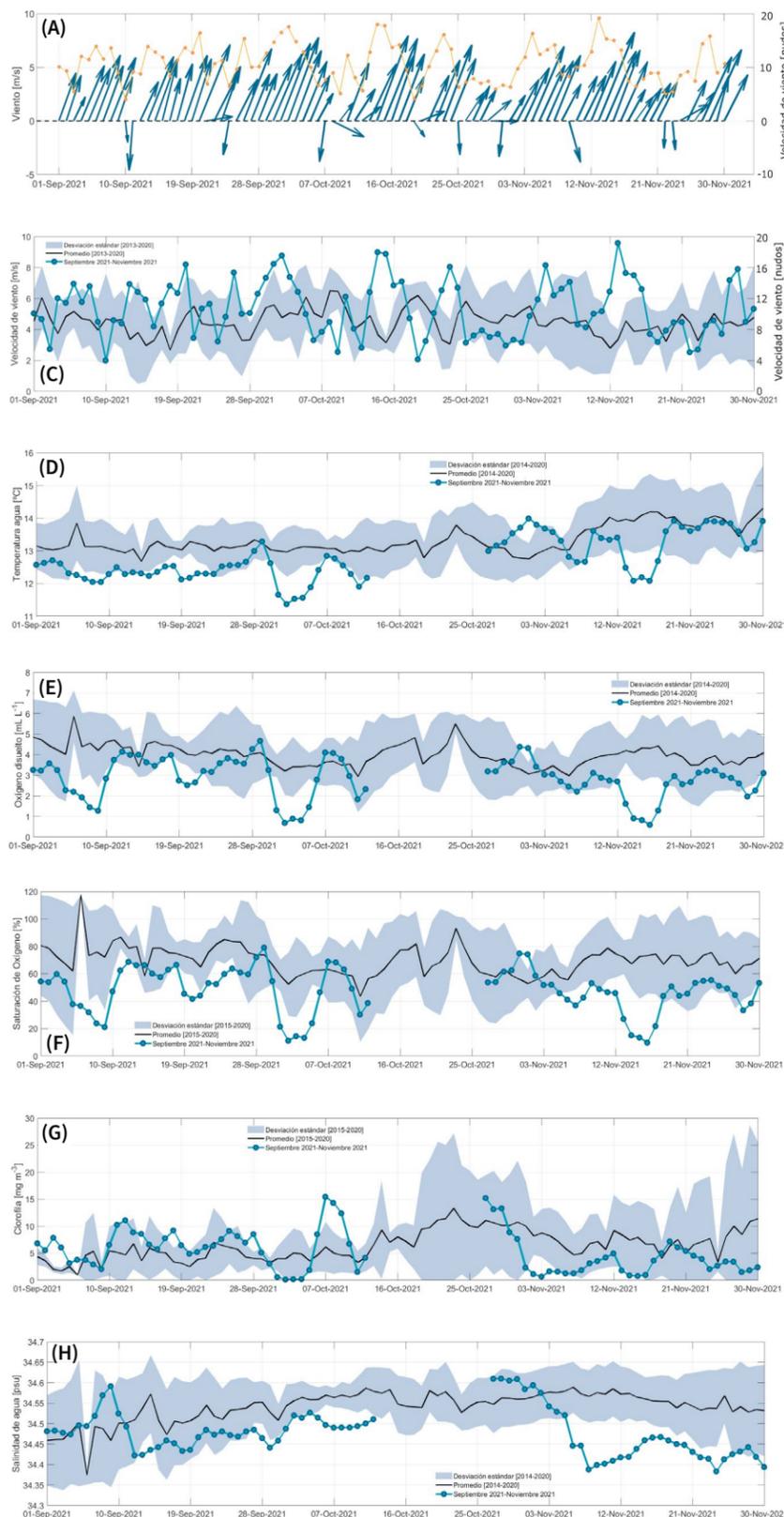


**SURGENCIA:** La surgencia, o afloramiento de aguas profundas, es un proceso oceanográfico provocado por la interacción entre el viento, la superficie del mar y la rotación de la Tierra, cuyo resultado es el movimiento y reemplazo de las aguas superficiales del océano por aguas más profundas. El viento 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  $\text{CO}_2$  (elevada acidez) y bajas concentraciones de oxígeno disuelto lo que genera eventos locales de acidificación y desoxigenación del océano, respectivamente.





### Condiciones Atmosféricas y Oceanográficas



**Figura 11.** (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 septiembre de 2021 y el 30 de noviembre de 2021. Promedio trimestral (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<sup>3</sup>) 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 septiembre de 2021 y el 30 de noviembre de 2021. 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.

Para el periodo de estudio (septiembre - noviembre de 2021), las observaciones de viento CEAZAMet disponibles para Punta Lengua de Vaca (Figura 11A, Figura 11B y Figura 11C) presentaron promedios diarios dentro de los rangos históricos entre los años 2013 y 2020 (área sombreada en azul claro).

En Punta Lengua de Vaca la dirección de viento predominante fue sudoeste (72 días, 79%), con escasos días de viento provenientes del norte (9 días), oeste (5 días), sur (4 días) y Noroeste (1 día). Se observaron valores máximos de velocidad de viento entre el 28 de septiembre y el 6 de octubre de 2021 con 6.4 m/s (12.4 nudos) y del 12 al 20 de noviembre de 2021 con 5.9 m/s (11.5 nudos) que estuvieron asociados mayormente al viento proveniente del sudoeste (Figura 11A y Figura 11B).

El valor máximo diario de magnitud de viento (9.6 m/s, 18.7 nudos) se registró el 13 de noviembre, mientras que el valor mínimo (1.7 m/s, 3.3 nudos) se observó el 10 de septiembre con dirección norte.

**O<sub>2</sub> 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.

Dentro de la Bahía de Tongoy, se obtuvieron datos de temperatura del agua (Figura 11D), oxígeno disuelto (Figura 11E), saturación de oxígeno (Figura 11F), clorofila (Figura 11G) y salinidad (Figura 11H) medidos por un instrumento oceanográfico instalado a 10 m de profundidad. Entre el 13 y 26 de octubre no se registraron datos oceanográficos, debido a que se realizó la instalación de un nuevo sensor de viento en la plataforma de monitoreo oceanográfico-atmosférico.

Durante el trimestre de estudio, se observaron dos periodos con vientos persistentes del sudoeste mencionados previamente. Asociado a estos eventos de viento favorable a la surgencia (ver Glosario), se observó un descenso en la temperatura del agua, oxígeno disuelto y saturación de oxígeno (del 30 de septiembre al 6 de octubre de 2021 y del 13 al 17 de noviembre de 2021), y una disminución de menor magnitud de estas variables entre el 6 y 9 de septiembre (Figura 11D, Figura 11E y Figura 11F).

El valor promedio de temperatura del agua a 10 m (Figura 11D) para el trimestre de estudio (12.8°C) es menor respecto al trimestre anterior (13.2°C), y se mantiene por debajo de los valores históricos (Figura 11D). El valor mínimo del trimestre (11.4°C) se observó el 2 de octubre de 2021 asociado a valores máximos de viento sudoeste. El valor máximo (14°C) se presentó el 1 de noviembre asociado a viento Norte.

De igual forma, el oxígeno disuelto (Figura 11E) y la saturación de oxígeno (Figura 11F) a 10 m presentaron valores menores con respecto al trimestre anterior (2.8 mL/L - 3.8 mL/L y 47.8% - 64% saturación de oxígeno, respectivamente). Se observaron valores de oxígeno disuelto cercanos a los 0 mL/L, con 0.6 (9.8%) y 0.7 mL/L (11.1%), registrados el 16 de noviembre y el 2 de octubre, respectivamente. El valor máximo de oxígeno disuelto fue de 4.7 mL/L (79.1% de saturación), y se registró el 29 de septiembre de 2021.

En cuanto a los niveles de clorofila (Figura 11G), el valor promedio trimestral fue de 5.2 mg/m<sup>3</sup>. Se observaron mayores valores promedio al comienzo del periodo (entre 3.1 a 9.1 mg/m<sup>3</sup>), con una disminución hacia el final del trimestre (2.1 a 3.5 mg/m<sup>3</sup>). La variabilidad se encuentra dentro de los rangos históricos, con un valor mínimo de 0.1 mg/m<sup>3</sup> registrado el 2 de octubre de 2021, y un valor máximo de 15.5 mg/m<sup>3</sup> registrado el 7 de octubre de 2021.



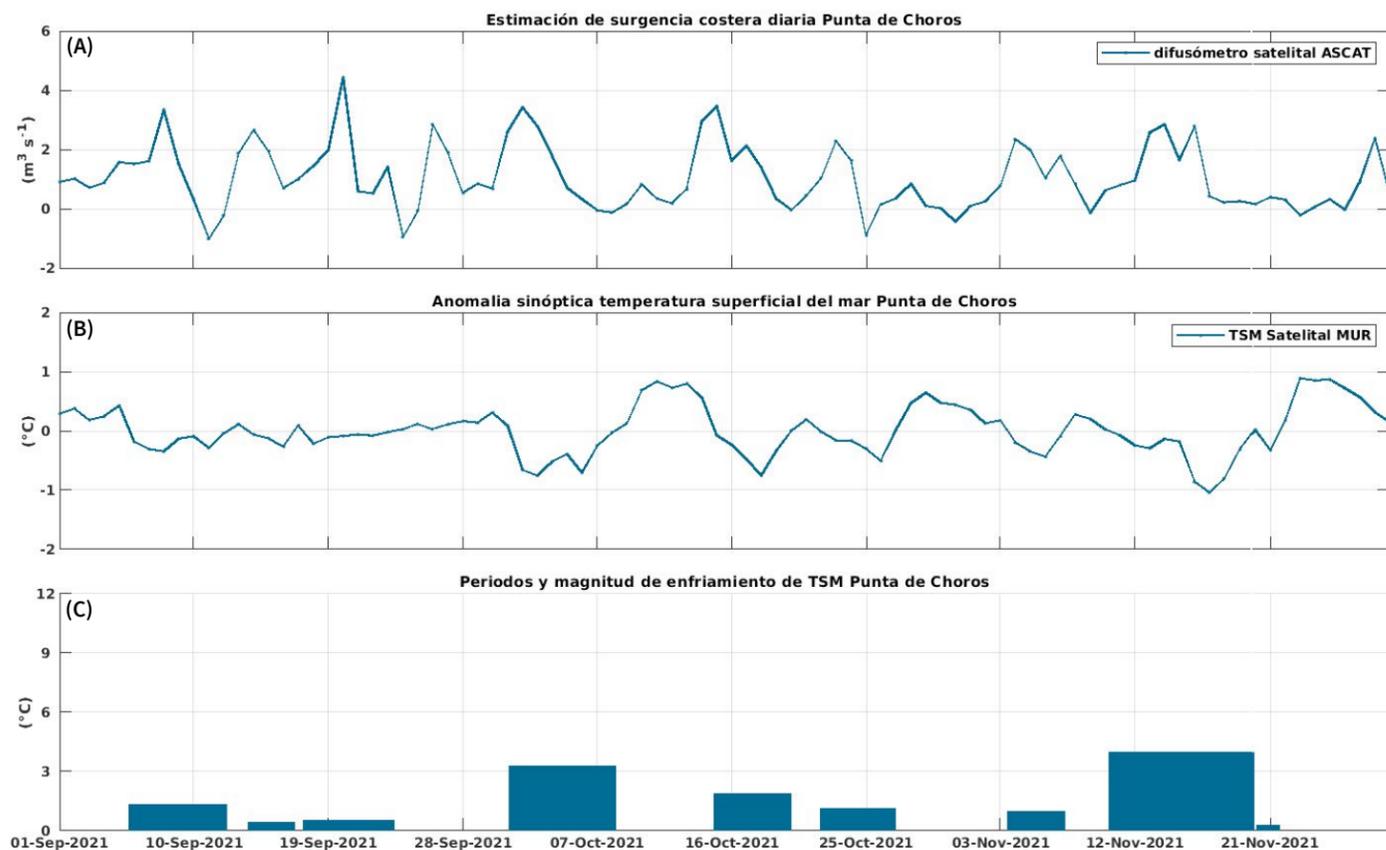


## » Punta de Choros

En el caso de Punta de Choros, el periodo comprendido entre el 1 de septiembre y el 30 de noviembre de 2021 presentó un patrón de viento con direcciones predominantes del sur y suroeste (Figura 4, Figura 5B y Figura 13A-C), con magnitudes de

viento cercanas al promedio y variabilidad históricas, y menores que las observadas en el sistema Bahía de Tongoy-Punta Lengua de Vaca.

### Índice de Surgencia

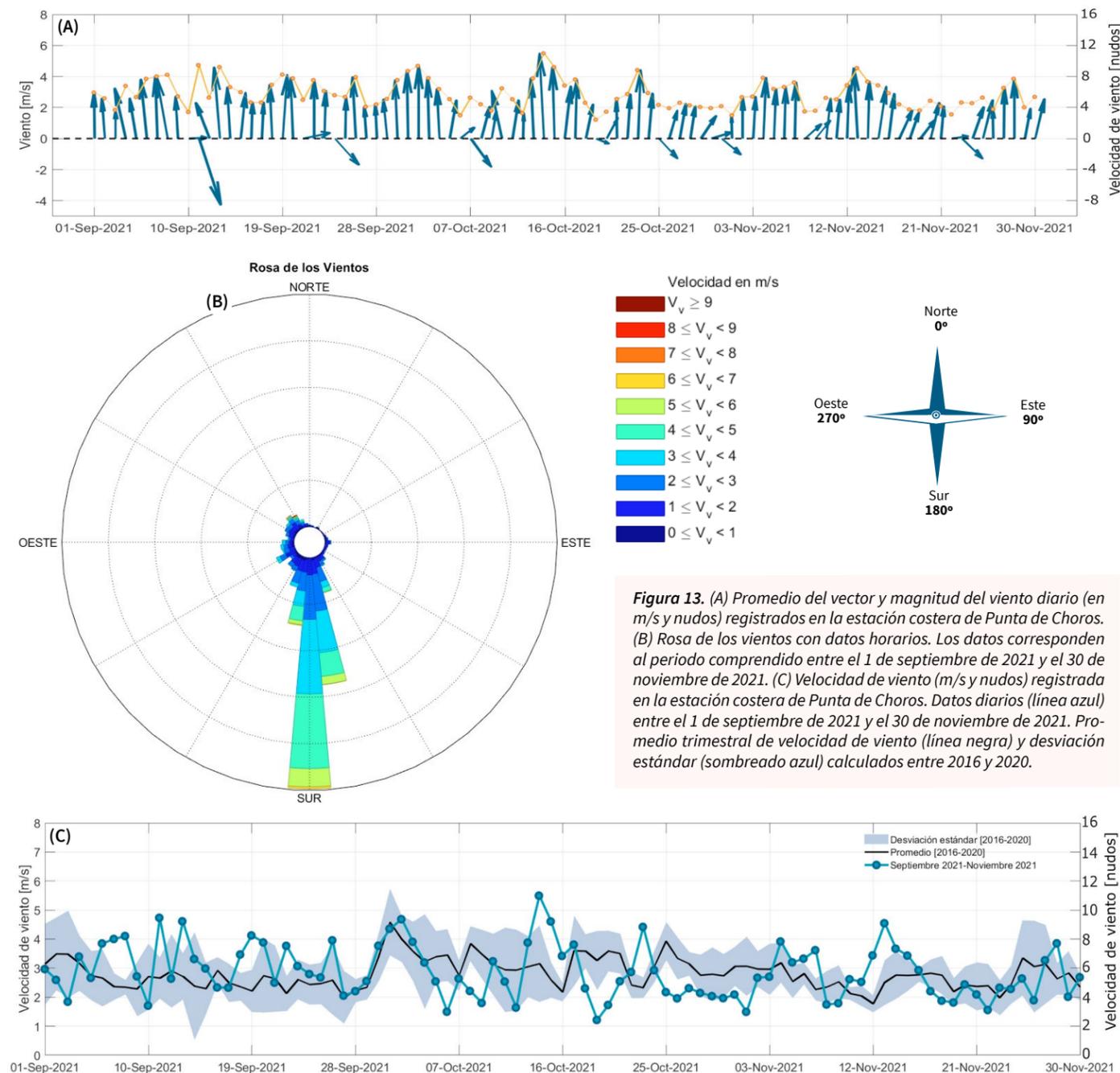


**Figura 12.** Indicadores de intensidad y duración de la surgencia costera en Punta de Choros. (A) Índice de surgencia costera (UI) estimado a partir del estrés del viento. (B) Anomalías sinópticas de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) ( $^{\circ}\text{C}$ ). (C) Índice termal de surgencia costera (enfriamiento costero superficial) estimado a partir de las anomalías sinópticas de la Temperatura Superficial del Mar (TSM). Las anomalías de temperatura se obtienen sus-trayendo el promedio móvil de 30 días de la serie diaria de TSM satelital en la localidad de interés.

Los periodos de surgencia en la Punta de Choros estimados a partir del forzamiento del viento (ver Figura 12A) nos indica que los volúmenes máximos de transporte de surgencia se produjeron, al igual que lo observado en la bahía de Tongoy, fueron de 13.1, 12.7, 13.7 y 11.9  $\text{m}^3/\text{s}$ , en los periodos del 1-sep-2021 a 9-sep-2021, 19-sep-2021 a 27-sep-2021, 28-sep-2021 a 06-oct-2021 y 12-nov-2021 a 20-nov-2021. En relación a los volúmenes mínimos de surgencia se registraron entre el 25 de octubre al 2 de noviembre y del 21 al 29 de noviembre con valores de 0.53 y 4.66  $\text{m}^3/\text{s}$ , respectivamente.

En base al segundo índice de surgencia basado en las anomalías sinópticas de temperatura, se identificaron 3 eventos destacables de anomalías negativas de Temperatura Superficial del Mar (TSM), aunque con menores grados de enfriamiento a los observados en Tongoy, con una duración de 7, 8 y 12 días de duración y con un enfriamiento integrado de 1.32, 3.27 y 3.94  $^{\circ}\text{C}$ , respectivamente y que ocurrieron entre el 2 y el 8 de octubre y entre el 10 y 19 de noviembre (Figura 12B y Figura 12C).

## Condiciones Atmosféricas



**Figura 13.** (A) Promedio del vector y magnitud del viento diario (en  $\text{m/s}$  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 septiembre de 2021 y el 30 de noviembre de 2021. (C) Velocidad de viento ( $\text{m/s}$  y nudos) registrada en la estación costera de Punta de Choros. Datos diarios (línea azul) entre el 1 de septiembre de 2021 y el 30 de noviembre de 2021. 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 que fueron cercanos al rango histórico observado entre los años 2016 al 2020. La velocidad promedio de viento fue de 2.9  $\text{m/s}$  (5.6 nudos) y fue mayor que la registrada en el periodo anterior (2.3  $\text{m/s}$  – 4.5 nudos) (ver Boletín CEAZAMar Octubre 2021). El valor máximo de viento fue de 5.5  $\text{m/s}$  (10.7 nudos) y se registró el 14 de octubre asociado a viento sur, mientras que el valor mínimo fue de 1.2  $\text{m/s}$

(2.3 nudos) y ocurrió el 19 de octubre estando ligado a una relajación del viento.

Punta de Choros presentó vientos predominantes del sur (69 días) y del suroeste (10 días) entre septiembre y octubre de 2021, con eventos esporádicos de viento proveniente del resto de direcciones (noroeste (6 días), oeste (5 días) y sudeste (1 día)).



**!NUEVO PRODUCTO!**

## » 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.

En el caso del pronóstico de viento se utiliza la plataforma de modelación CEAZA basada en el modelo atmosférico *Weather Research and Forecasting (WRF)* para generar predicciones con una resolución espacial horizontal de 12 y 4 km y un horizonte temporal de 10 días de predicciones meteorológicas. El modelo es forzado a partir de las predicciones del modelo *Global Forecast System (GFS)* de la agencia predicción americana NCEP que cuentan con una resolución espacial de aproximadamente 27 Km.

Adicionalmente, se incorpora al sistema de pronóstico los datos satelitales de Temperatura Superficial del Mar (TSM). En el caso de las predicciones oceánicas se utilizan las salidas del modelo oceánico global de Mercator Ocean, esta agencia provee pronósticos oceánicos de 10 días con una frecuencia temporal horaria y una resolución espacial horizontal de alrededor de 9 km y vertical en 50 niveles desde 0 a 5500 metros de profundidad. Las predicciones son generadas computacionalmente mediante el modelo de circulación general oceánica NEMO y predicciones de flujos atmosféricos del centro Europeo (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*).

El modelo numérico tridimensional global NEMO incorpora observaciones satelitales e *in-situ* a escala global mediante su sistema de asimilación de mediciones, permitiendo describir adecuadamente procesos oceánicos de escala espacial reducida.

Los pronósticos de viento y Temperatura Superficial del Mar (TSM) a escala regional y local se encuentran en el portal CEAZAMar ([www.ceazamar.cl](http://www.ceazamar.cl)) 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.

Adicionalmente, se proporciona una evaluación de las predicciones atmosféricas y oceanográficas mediante su



evaluación sistemática contra las observaciones satelitales diarias de la Temperatura Superficial del Mar (TSM), lo cual le permite al usuario conocer el grado de error de los pronósticos de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) tanto a escala regional como para las localidades costeras de interés.

#### LINKS DE ACCESO:

##### VIENTO:

PRONÓSTICO REGIONAL  
PRONÓSTICO LOCAL

##### TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR:

PRONÓSTICO REGIONAL  
PRONÓSTICO LOCAL

**!NUEVA SECCIÓN!**

## » INVESTIGACIÓN CEAZAMar



### Mirando desde el espacio para monitorear varamientos de ballenas



Es importante estudiar los varamientos de ballenas, ya que pueden indicar eventos en el ambiente marino. En lugares remotos, sin embargo, es difícil hacerlo, a menos que se usen satélites para monitorearlos. En este trabajo se utilizaron imágenes de muy alta resolución para evaluar un reciente varamiento de ballenas sei en el Golfo de Penas e identificar los avances que deben realizarse para usar esta técnica de manera regular.



**Palabras claves:** ballenas, varamientos, satélites



<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2021.650735/full>

#### Referencias:

Penny J. Clarke, Hannah C. Cubaynes, Karen A. Stockin, Carlos Olavarría5, Asha de Vos, Peter T. Fretwell y Jennifer A. Jackson. 2021. Cetacean strandings from space: challenges and opportunities of Very High Resolution satellites for the remote monitoring of cetacean mass strandings. *Frontiers in Marine Science*, section Ocean Observation.

### Formación incipiente de especie de delfín



Las toninas overas se encuentran en el extremo sur de Sudamérica, las islas Malvinas y las islas Kerguelen. En este estudio se comparó la información del ADN mitocondrial, observando flujo entre los dos primeros sectores, pero aislación con el tercero, lo que es concordante con la gran distancia que se encuentra esta isla subantártica del Indico. Ello sugiere estar ante una incipiente especie de delfín en formación.



**Palabras claves:** toninas overas, colonización, sudamérica



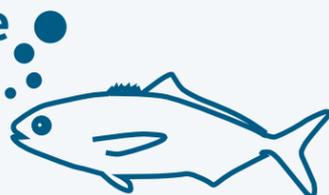
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2021.782512/full>

#### Referencias:

Sebastián Kraft, M José Pérez-Alvarez, Carlos Olavarría, Rodrigo Moraga, C. Scott Baker, Debbie Steel, Paul Tixier, Christophe Guinet, Amelia Viricel, Paul Brickle, Marina Costa, Enrique Crespo, Cristian Durante, Rocio Loizaga y Elie Poulin. 2021. From settlers to subspecies: genetic differentiation in Commerson's dolphins between South America and the Kerguelen Islands. *Frontiers in Marine Science*, section Marine Megafauna.



## Hallazgo en el marco del cambio global y productividad acuícola: La cojinoba presentaría adaptabilidad a episodios de bajo oxígeno en el océano.



El estudio recientemente publicado en la revista *Aquaculture* indica que el pez *Seriola lalandi*, conocido comúnmente como cojinoba del norte, presenta adaptaciones fisiológicas que le permiten disminuir su consumo de oxígeno al nadar en condiciones de escasez de ese químico vital en el mar (hipoxia), como ocurre frecuentemente en la Región de Coquimbo en períodos de surgencias marinas. Estos peces logran disminuir la captación de oxígeno para sus necesidades básicas, así como también liberar rápidamente a las células encargadas del transporte de oxígeno (eritrocitos). Lo anterior permite que los peces alteren su comportamiento de nado en estas condiciones permitiéndoles sobrevivir por mayor tiempo frente a una baja disponibilidad de oxígeno en el mar.



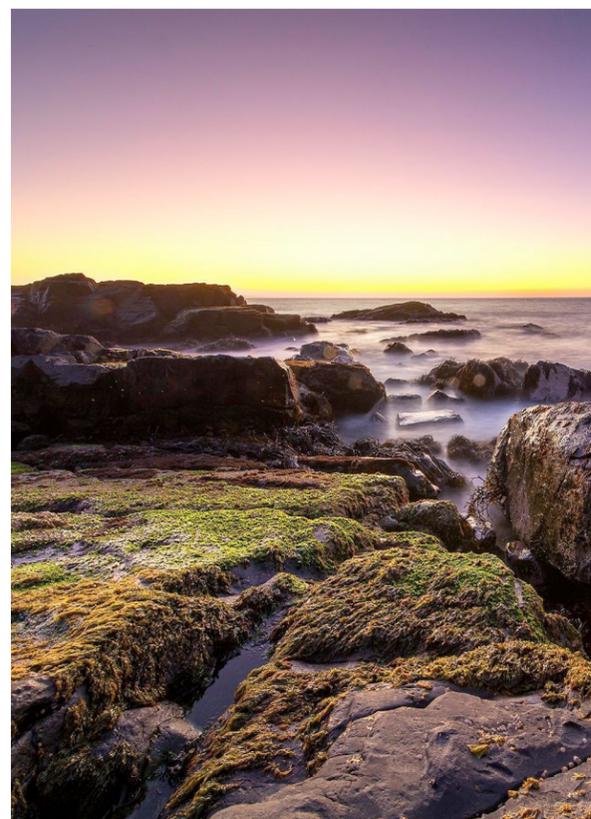
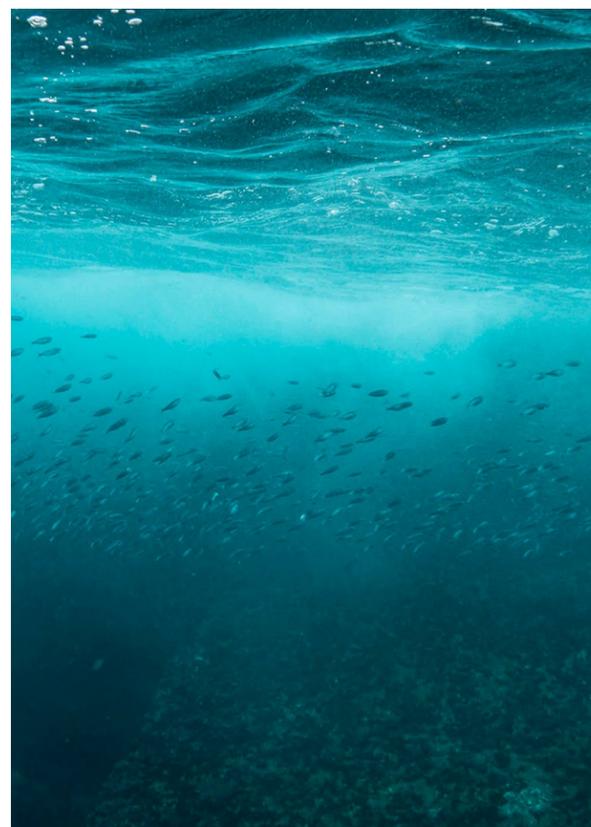
**Palabras claves:** cojinoba, cambio climático



<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737560>

### Referencias:

Sebastian Messina-Henriquez, Alvaro Aguirre, Katherina Brokordt, Héctor Flores, Marcia Oliva, Peter Allen y Claudio A. Álvarez. 2022. Swimming performance and physiological response of juveniles of Palm ruff *Seriola lalandi* (Guichenot, 1848) during hypoxic conditions. *Aquaculture*.



## » NOTICIAS CEAZAMAR



### » CEAZA es la primera institución científica nacional que se une al Observatorio de Cambio Climático del Ministerio de Ciencia

El ministro de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, Andrés Couve, junto a la seremi de la Macrozona Centro, María José Escobar, oficializaron la firma del convenio con el que el CEAZA se suma al Observatorio de Cambio Climático (OCC). El acuerdo incorpora formalmente las capacidades de observación climática del CEAZA: Más de 35 estaciones de monitoreo científico y medioambiental. De esta forma, el centro de excelencia se suma a instituciones como la Dirección Meteorológica (DMC), aportando con un importante volumen de información asociada a variables como temperatura, radiación, precipitación y fuerza/dirección del viento.



La red busca integrar sensores a lo largo de todo Chile para usar sus datos de manera abierta y estandarizada y contribuir así a la toma de decisiones. Si quieres saber más sobre este hito para CEAZA revisa la nota [AQUÍ](#)

### » Vecinos de Tongoy y CEAZA muestrearon basura en la playa de Pachingo

La actividad de ciencia ciudadana aporta datos locales al Muestreo Internacional de la Basura en las Playas de Arena, realizado en toda la costa del Pacífico Sur por la Red Latinoamericana de los Científicos de la Basura (ver reporte internacional [AQUÍ](#))

El muestreo de la basura en las playas consistió en contar y clasificar todos los residuos sobre la arena ubicados dentro de estaciones de muestreo de 3x3 m, ubicados desde el límite de la marea hasta la zona de dunas.

Los principales residuos fueron plásticos (74%) provenientes de la actividad acuícola, como cuerdas, pedazos de boyas y mallas. Seguido por vidrios (19%) y metales (4%).

Sobre todo, los residuos plásticos son una de las principales amenazas a la vida marina y terrestre,



como la lagartija atrapada en la malla de cultivo (foto) encontrada durante el muestreo. En la actividad participaron miembros de la Agrupación David León Tapia, Ruta Patrimonial Bahía de Tongoy, Centinela Ambiental Tongoy, Astro Guanaqueros y Liceo Carmen Rodríguez.



## » En Caleta San Pedro: Pescadores y buzos participan en Taller de Cambio Climático

El Taller Cambio Climático en Caleta San Pedro (La Serena) contó con la participación de integrantes de la Asociación Gremial de Pescadores Artesanales y Buzos Mariscadores de Caleta San Pedro.

El objetivo del taller fue conocer cómo el cambio climático está impactando en la tradición y actividad machera de la caleta. Con este fin, se trabajó en base a metodologías participativas para identificar las amenazas y sensibilidad de macheros y macheras frente al cambio climático y cómo estas amenazas están afectando su actividad y modos de vida.

El taller se enmarca en un estudio participativo que busca evaluar la vulnerabilidad de la comunidad machera de Caleta San Pedro frente al cambio climático y definir líneas de acción que permitan diseñar conjuntamente un plan de acción climática.



La actividad, realizada el 9 de diciembre, fue desarrollada por investigadores CEAZA (Jacinta Arthur, María Valladares, Jorge Inostroza y Laura Ramajo) y Universidad Católica del Norte (Jaime Aburto) con el apoyo del **CEAZAMóvil** donde se realizaron demostraciones, presentaciones y proyección de material audiovisual que buscan acercar el trabajo de CEAZA a las comunidades.

## » Acuicultores crean Consejo para la Gestión Sustentable de Acuicultura y Adaptación al Cambio Climático en Tongoy

El 19 de noviembre se desarrolló en Tongoy el primer taller "Entendiendo y enfrentando los efectos del cambio climático global en la industria del ostión". En la reunión se analizó de manera conjunta la problemática del aumento en el asentamiento de picorocos en la Bahía de Tongoy y Guanaqueros y su impacto en la acuicultura del ostión. Como resultado, se acordó conformar el Consejo para la Gestión Sustentable de Acuicultura y Adaptación al Cambio Climático en Tongoy, instancia integrada por productores locales en colaboración con MasMar y CEAZA.

El 7 de diciembre se desarrolló un segundo taller, en el que se definió la gobernanza del recientemente conformado consejo. También se discutieron los principales objetivos de la mesa, los que incluyen el trabajo colaborativo para la creación de protocolos colectivos que empoderen a la comunidad acuícola en la resolución conjunta de problemas. Ambos talleres fueron facilitados por las investigadoras CEAZA Laura Ramajo y Jacinta Arthur junto al Gerente MAS-



MAR Guillermo Molina, contando además con la participación del Director Ejecutivo de CEAZA Carlos Olavarría y su Gerente Claudio Vásquez, junto al apoyo experto del académico UCN Wolfgang Stotz.



## » CEAZA forma parte de la Comisión Técnica Especial de Emergencia Climática y Medioambiental (COTECMA) de la Región de Coquimbo

La Comisión Técnica Especial de Emergencia Climática y Medioambiental (COTECMA) de la Región de Coquimbo, encabezada por la Gobernadora Regional de Coquimbo, Krist Naranjo, se establece a partir de la Resolución 385 que declara situación de emergencia climática y medioambiental en toda la Región de Coquimbo.

El COTECMA, conformado el 21 de octubre del 2021, tiene como objetivos propiciar y gestionar el cumplimiento de dicha declaración, entregando apoyo técnico al Plan de Acción que se implementará al interior del GORE Coquimbo, para lograr la carbononeutralidad al 2040 en la región, y dar orientación técnica a las entidades privadas, sociales y públicas regionales, que asuman progresi-



va y coordinadamente la disminución de sus emisiones de CO<sub>2</sub> y/o gases de efecto invernadero.

En la imagen, la Dra. Laura Ramajo expone en el COTECMA sobre la crisis climática y los desafíos de adaptación y mitigación que impone este escenario.

## » CEAZA trabaja con el sector Turismo de la Región de Coquimbo para entender los impactos del cambio climático

Durante el mes de noviembre y diciembre de 2021 se desarrollaron dos actividades (charla y taller de levantamiento de información) conjuntas entre CEAZA y el sector turismo de la Región de Coquimbo (SERNATUR y SERCOTEC). Ambas actividades estuvieron enmarcadas en entender cuáles son las amenazas, los impactos y las potenciales estrategias de adaptación que deberían poder implementar tanto las instituciones públicas como los operadores turísticos para afrontar el aumento de la temperatura, la sequía, la presencia de marejadas más frecuentes, o la pérdida de biodiversidad.



## » Invitan a fortalecer colaboración para la observación oceanográfica del Pacífico Sudeste



Con el propósito de fortalecer la colaboración de los países de América del Sur involucrados en la mantención de sistema de observaciones oceanográficas y meteorológicas en el Pacífico Este, se organizó el webinar “Fortaleciendo las observaciones del océano y el intercambio de datos en el Pacífico Sudeste” (“Strengthening ocean observations and data exchange in the Southeastern Pacific”). En la instancia, realizada el 1 de diciembre del 2021, el investigador CEAZAMar Boris Dewitte dictó la charla “Current initiatives to implement TPOS2020’s recommendations for the Eastern Pacific” en la que presentaron iniciativas en desarrollo para aumentar el sistema de monitoreo de la condiciones oceánicas en el Pacífico Este. Entre ellas, se habló de actividades del proyecto CLAP del CEAZA que propone entre otros, mantener una anclaje profundo frente a Punta Lengua de Vaca y desarrollar un reanálisis oceánico regional. Ese evento fue organizado por la Organización Meteorológica Mundial.

## » Destacan usos y desafíos del monitoreo de la Bahía de Tongoy



Investigadores de todo Chile presentaron iniciativas actuales y pasadas sobre la observación del océano en Chile, en el “Primer taller sobre series de tiempo oceanográficas de Chile”.

Las investigadoras CEAZAMar Laura Ramajo y María Valladares junto a Jorge Inostroza, técnico en oceanografía presentaron la charla “Beneficios y desafíos de la plataforma integrada meteorológica-oceanográfica en la Bahía de Tongoy” donde expusieron información sobre los usos actuales que se le están dando a los datos entregados por la estación meteorológica y oceanográfica localizada en la Bahía de Tongoy, así como cuáles son los desafíos actuales que tiene dicha plataforma para asegurar su funcionamiento en el tiempo.

## » Te invitamos a escuchar el programa “Jóvenes Estrellas” de TXS Radio

La investigadora CEAZAMar Laura Ramajo fue entrevistada en el programa “Jóvenes Estrellas” de TXS Radio para conversar sobre qué investigaciones se están haciendo en la Región de Coquimbo en el área de cambio climático. Puedes escuchar y ver el podcast [AQUÍ](#).



## » CEAZA e industriales pesqueros colaboran para generar estrategias ante el cambio climático



Representantes de la Asociación de Industriales Pesqueros y la Sociedad Nacional de Pesca acudieron al CEAZA ya que diferentes eventos naturales en el océano y la atmósfera están generando incertidumbre en su sector.

Uno de los aspectos más urgentes que requiere el sector pesquero está referido a la necesidad de contar con un pronóstico de altura de olas y pronóstico de viento, que consideran como herramientas de apoyo para sus labores.

En el encuentro, participaron Osciel Velásquez, presidente de AIP y SONAPESCA; Héctor Téllez, gerente de AIP; Guillermo Molina, Gerente de MASMAR junto a Cristian Morales, presidente del directorio de CEAZA; Claudio Vásquez, gerente corporativo de CEAZA; investigadoras/es y profesionales del centro científico y expertos en cambio climático como Katerina Goubanova, Orlando Astudillo, y Laura Ramajo.

## » Investigadores CEAZA participaron en seminario internacional sobre desafíos de la acuicultura de peces marinos en contexto de cambio climático.

El encuentro, organizado por el Centro de Innovación Acuícola AquaPacífico y titulado “Diversificación acuícola en peces marinos: Experiencias, perspectivas y proyecciones frente al Cambio Climático”, realizado el 28 de octubre en formato online, buscó visibilizar e intercambiar experiencias en programas de diversificación acuícola en cultivos de peces marinos, desarrollados tanto en Europa como en Chile, exponiendo los desafíos de los futuros cultivos de un ambiente marino cambiante. El Dr. Claudio Alvarez, inte-

## » Programa radial destaca el uso de datos en investigaciones oceanográficas y astronómicas



En el capítulo, titulado “Ciencia de datos: el desafío infinito”, del Programa Radial “Contin-ciencia”, participaron el investigador de CEAZAMar, Orlando Astudillo; el astrónomo y académico de La Serena, Guillermo Damke y la Directora de la Licenciatura en Astronomía de la Universidad Central, Paulina Troncoso, quienes conversaron sobre el uso de datos en diversas áreas de la ciencia y la tecnología y su relevancia dentro de las investigaciones y toma de decisiones empresariales y políticas.

Este programa es organizado por la Seremi de Ciencia de la Macrozona Centro en conjunto con instituciones académicas. Puedes escuchar el capítulo emitido el 26 de noviembre [AQUÍ](#).

grante del Centro Científico CEAZA fue uno de los expositores donde se discutió la importancia de evaluar los efectos de variables oceanográficas en las respuestas fisiológicas de peces marinos nativos de Chile. Si quieres saber más sobre el taller y las temáticas discutidas puedes hacerlo en los siguientes links Parte N°1: Seminario diversificación en peces marinos y Cambio Climático - YouTube; Parte N°2: Seminario diversificación en peces marinos y Cambio Climático - YouTube.



## » Taller Calib'O2 dio a conocer el funcionamiento de sensores de oxígeno disuelto

Durante el mes de octubre, se realizó el taller Calib'O2 en Brest (Francia) organizado por varias instituciones francesas (LEGOS, IFREMER), y en el que María Valladares de CEAZA participó como invitada. El objetivo del taller fue estudiar el funcionamiento y respuesta de diversos sensores de oxígeno disuelto disponibles en el mercado ante la presencia de amplios gradientes de oxígeno disuelto en el mar. Estos

cambios o variaciones de oxígeno disuelto en el océano, entre capas oxigenadas y otras zonas con muy bajo oxígeno o hipóxicas, ocurren frente a las costas de Chile, en las denominadas Zonas Mínimas de Oxígeno (ver Glosario). Por tanto, los resultados obtenidos en el taller Calib'O2 serán aplicables a los estudios de la Zona Mínima de Oxígeno que se realizan en nuestra Región.

## » Estudian conexión entre EN-SO-Cambio climático y ciclo del carbono en el Pacífico Sureste

El proyecto ENSO-Cambio climático y ciclo del carbono en el Pacífico Sureste (ECLIPSE) tiene como objetivo investigar la conexión oceánica y efectos en la química del carbono marino de la variabilidad de ENOS en el Pacífico Sureste en un escenario de calentamiento global. Esto se logrará mediante el ajuste de modelos regionales y globales, los que serán alimentados con bases de datos históricas así como nueva información generada desde equipos y campañas oceanográficas en la región de Coquimbo.

## » Proyecto evalúa los riesgos climáticos futuros para sectores de la pesca artesanal, patrimonio y turismo ante el aumento de las marejadas en Rapa Nui

Un equipo multi y transdisciplinario de investigadores de UCN (Carlos Gaymer, Jaime Aburto, Luis Bravo, Valentina Figueroa, Hans Gundermann), CEAZA (Laura Ramajo, Jacinta Arthur, Boris Dewitte) y Rapa Nui (Centro de Estudios Aplicados TEPUKU) se adjudicaron fondos para estudiar la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación de la comunidad de Rapa Nui frente al cambio climático y el aumento de las marejadas bajo un enfoque participativo. Este proyecto está financiado por "The David and Lucile Packard Foundation" y tendrá una duración de 18 meses.

## » Proveen información clave para planificación y diseño de plantas desaladoras del centro-norte de Chile.

El proyecto "Justificación oceanográfica y biológica para la planificación y diseño de plantas desaladoras de agua de mar en el centro-norte de Chile" pretende proveer información de la circulación costera y su efecto en la concentración y composición de plancton, así como el desempeño biológico de especies carismáticas, como el loco, erizo y piure, frente a condiciones de alta salinidad. Esta información permitirá establecer los puntos más idóneos para la instalación de plantas desaladoras que permitan enfrentar la actual crisis hídrica que afecta a la macrozona.



## » INFOGRAFÍA



### » CONOCE LA ESTACIÓN DE MONITOREO ATMOSFÉRICO-OCEANOGRÁFICA EN LA BAHÍA DE TONGOY



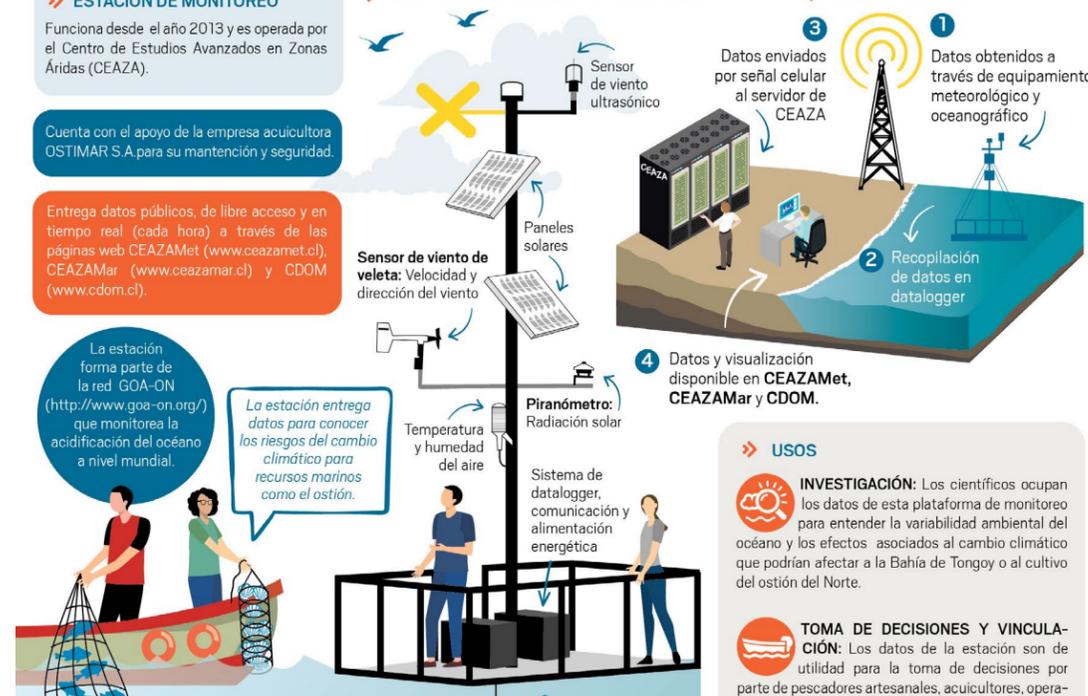
#### » ESTACIÓN DE MONITOREO

Funciona desde el año 2013 y es operada por el Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA).

Cuenta con el apoyo de la empresa acuícola OSTIMAR S.A. para su mantención y seguridad.

Entrega datos públicos, de libre acceso y en tiempo real (cada hora) a través de las páginas web CEAZAMet ([www.ceazamet.cl](http://www.ceazamet.cl)), CEAZAMar ([www.ceazamar.cl](http://www.ceazamar.cl)) y CDOM ([www.cdom.cl](http://www.cdom.cl)).

#### » PARTES DE LA ESTACIÓN DE MONITOREO



#### » FUNCIONAMIENTO

1 Datos obtenidos a través de equipamiento meteorológico y oceanográfico  
 2 Recuperación de datos en datalogger  
 3 Datos enviados por señal celular al servidor de CEAZA  
 4 Datos y visualización disponible en CEAZAMet, CEAZAMar y CDOM.

La estación forma parte de la red GOA-ON (<http://www.goa-on.org/>) que monitorea la acidificación del océano a nivel mundial.

La estación entrega datos para conocer los riesgos del cambio climático para recursos marinos como el ostión.

#### » EQUIPAMIENTO OCEANOGRÁFICO

Equipo de medición de parámetros en el mar a 10 m de profundidad el cual mide:

- Temperatura
- Oxígeno disuelto
- Turbidez
- Conductividad - salinidad
- Fluorescencia



#### » DATOS CURIOSOS

Esta es una de las escasas plataformas que entrega datos a tiempo real en las costas de Chile. Es utilizada diariamente por la industria acuícola, entre otros usuarios.

#### » USOS

- INVESTIGACIÓN:** Los científicos ocupan los datos de esta plataforma de monitoreo para entender la variabilidad ambiental del océano y los efectos asociados al cambio climático que podrían afectar a la Bahía de Tongoy o al cultivo del ostión del Norte.
- TOMA DE DECISIONES Y VINCULACIÓN:** Los datos de la estación son de utilidad para la toma de decisiones por parte de pescadores artesanales, acuicultores, operadores turísticos, Armada de Chile.
- BOLETÍN:** La información de la estación es publicada en el Boletín CEAZAMar, un reporte trimestral que hace un diagnóstico de las condiciones atmosféricas-oceanográficas de la Bahía de Tongoy disponible en [www.ceazamar.cl](http://www.ceazamar.cl)
- EDUCACIÓN:** La información de esta plataforma ha sido usada por programas de aprendizaje con el Liceo Técnico Carmen Rodríguez Henríquez de Tongoy.
- ARTE:** Composiciones musicales como "Planeta Imaginario" y cuadros con la temperatura del mar registrada por esta plataforma han sido creadas en base a los datos de la estación.

Redacción: Jorge Inostroza, María Valladares, Laura Ramajo. Diseño: Janina Guerrero. Agradecimientos: Programa de Investigación en Planificación de la Acción Climática (CLAP) - ANID-CENTROS REGIONALES R20F0008, Instituto Milenio SECOS y OSTIMAR S.A.



## » 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> (pCO<sub>2</sub>), 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 a la costa de Chile. Estos eventos en general son seguidos por una fase fría (La Niña), lo que resulta en una oscilación conocida por el nombre de El Niño Oscilación del Sur (ENOS)\*\*. Eventos de calentamiento a escala más regional han sido también llamados "eventos El Niño", como los que ocurren a lo largo de Perú (El Niño costero) o de Chile (Chile El Niño). Estos eventos son más breves y se relacionan con procesos locales de interacción océano-atmósfera.

**El Niño Chileno:** Corresponde al modo dominante de la variabilidad de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) a escala de tiempo interanual frente a Chile central, y que es independiente del El Niño del Pacífico tropical

**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 cocolitóforos recubiertos de calcio.

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

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

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

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

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

**Ondas atrapadas a la costa (OAC):** Las ondas atrapadas a la costa son perturbaciones de la estratificación que se propagan a lo largo de la costa. La amplitud y velocidad de corrientes son máximas en la costa y disminuyen de forma exponencial mar adentro, viajando con la costa a la derecha (izquierda) de la dirección de propagación en el hemisferio norte (sur), por lo que se propagan en sentido ciclónico alrededor de las grandes cuencas oceánicas.



**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 (CO<sub>2</sub>) 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 CO<sub>2</sub> (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 fijas 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.

**!Nuevo término!**

**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			
<b>Punta de Choros</b> (7 msnm) 29°14'50"S, 71°28'5"O	<b>ATMOSFÉRICO</b>						
	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 <sup>2</sup>	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%	
<b>Tongoy Balsa</b> (0 msnm) 30°16'30"S, 71°33'42"O	<b>ATMOSFÉRICO</b>						
	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
	<b>OCEANOGRÁFICO</b>						
	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 <sup>3</sup>	-10 m	WetLabs/WQM	0 a 50 mg/m <sup>3</sup>	0,015 mg/m <sup>3</sup>	0,01 mg/m <sup>3</sup>	
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			
<b>Punta Lengua de Vaca</b> (17 msnm) 30°14'42"S, 71°37'59"O	<b>ATMOSFÉRICO</b>						
	Temperatura del aire	°C	2 m	Vaisala/HMP155	-80°C a 60°C	± 0,2°C	0,001°C
	Humedad Relativa	%	2 m	Vaisala/HMP155	0 a 100%	± 1% RH	0,001%
	Velocidad del viento	m/s	5 m	RM Young/5103 Wind Monitor	0 a 100 m/s	± 0,3 m/s	0,01m/s
	Dirección del viento	°	5 m	RM Young/5103 Wind Monitor	0 a 360°C	± 3°C	0,01°
	Presión Atmosférica	hPa	2 m	Sutron/5600-0120	500 a 1100 mb (hPa)	± 0,5 mb	0,01 mb
Precipitación	mm	1,5 m	Texas Instrument TR-525M	0 a 700 mm/h	2 mm	1%	

## » Procedencia de los datos analizados

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

Boletín  
CEAZAMar  
ENERO  
2022

