



# Boletín CEAZAMar OCTUBRE 2021



» ¿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>PRONÓSTICOS DE TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR (TSM)</b> .....	<b>26</b>
» INVESTIGACIÓN CEAZAMar .....	27
» NOTICIAS CEAZAMar .....	30
» INFOGRAFÍA .....	33
» GLOSARIO .....	34
» ANEXO .....	37
» Parámetros e instrumentos de las estaciones de monitoreo costeras .....	37
» Procedencia de los datos analizados .....	38

**! NUEVA SECCIÓN!**



## » ¿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 transdisciplinaria 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 actividades de generación y transferencia del conocimiento.



## » ¿QUÉ ES CEAZAMar?

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

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

CEAZAMar tiene como objetivos principales:

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



## » 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 MÁSMAR

### 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:

Victor 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:

Patricio Jofré, Marcela Zavala

#### Diseño y Diagramación:

Janina Guerrero

#### Diseño y Mantención de Plataforma Web:

Carlo Guggiana-Díaz

#### Comité Externo:

Guillermo Molina (Programa Transforma MÁSMAR), Hector Téllez (Asociación de Industriales Pesqueros)

#### Equipo Directivo CEAZA:

Carlos Olavarria, Claudio Vásquez

#### Agradecimientos: Fondecyt 11190999

#### Citar como:

Boletín CEAZAMar - Octubre 2021. Análisis de las Condiciones Atmosféricas y Oceanográficas de la Región de Coquimbo (Junio - Agosto 2021). 38 páginas. DOI: 10.6084/m9.figshare.16869579

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 Junio al 31 de Agosto de 2021.

El análisis de Temperatura Superficial del Mar (TSM) a escala regional para este período muestra una condición ENSO-neutral, en la cual la amplitud del índice CEN (Chile El Niño) sigue débil (negativo, ~ -0.25), mientras que el índice EN (El Niño EP) muestra una transición hacia condiciones neutrales desde condiciones frías.

Ondas Kelvin de hundimiento y afloramiento fueron observadas durante el período, las cuales aportaron a la variabilidad intraestacional en el nivel del mar de la Región de Coquimbo. El diagnóstico de esta variabilidad sugiere que el verano 2021 no se alejaría de lo observado históricamente.

En el trimestre se observó además un aumento en la velocidad del viento entre el 7 y el 15 de Julio, y entre el 21 y el 29 de Agosto con máximos por sobre los 7.5 m/s (14.6 nudos) a lo largo de la región costera. Las mínimas velocidades (< 6 m/s, < 12 nudos) se observaron entre el 10 y el 18 de Junio y entre el 12 y el 20 de Agosto de 2021. Los registros costeros de viento satelital indican que las localidades de Tongoy y La Cebada presentaron para finales de Agosto valores promedios cercanos a los 8 m/s (16 nudos), que superaron el registro histórico.

La dirección predominante del viento en la totalidad de localidades costeras de la Región de Coquimbo fue favorable para la surgencia. Más específicamente, se registraron un total de 62, 61, 62, 64, 62, 60 y 64 días con viento favorable a la surgencia (sur, suroeste) en las localidades de Chañaral de Aceituno, Punta de Choros, Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos, respectivamente. Durante el período analizado, destaca la localidad de Los Vilos por una mayor presencia de viento con dirección no favorable a la surgencia.

La Temperatura Superficial del Mar (TSM) en la zona oceánica y costera de la región, mantuvo la tendencia estacional al enfriamiento similar a lo observado en el trimestre anterior. La Temperatura Superficial del Mar (TSM) promedio a lo largo de la costa entre Junio y Agosto del 2021 varió entre 14°C y 13°C, destacándose el mayor contraste térmico entre la zona costera y el océano abierto durante el mes de Junio del 2021.

La concentración de clorofila se mantuvo relativamente baja (2.1 mg/m<sup>3</sup>) a lo largo de la costa, al igual que el trimestre previo. Las bahías de Tongoy y Coquimbo registraron las mayores concentraciones promedio de clorofila para el territorio con 4.3 y 3.8 mg/m<sup>3</sup>, respectivamente. Se destaca el incremento en la concentración de clorofila en todas las localidades costeras durante los períodos de mayor intensidad del viento favorable a la surgencia para los períodos ocurridos entre el 7 y el 15 de Julio y entre el 21 y el 29 de Agosto del 2021.

En la Bahía de Tongoy, el viento no mostró una clara relación con la variabilidad en la temperatura y la concentración de oxígeno disuelto medido a 10 m de profundidad. Los valores promedio de temperatura a 10 m disminuyeron con respecto al trimestre anterior (de 14.3°C a 13.2°C) mientras que la concentración de clorofila promedio aumentó respecto del trimestre anterior (de 4 a 4.9 mg/m<sup>3</sup>), superando el registro histórico comprendido entre 2015 y 2020.

Al menos cuatro eventos de surgencia fueron detectados en esta sección de la banda costera de la región, estimados mediante índices basados en información satelital de estrés de viento y de la TSM (anomalías sinópticas).

Durante el trimestre analizado, el Equipo CEAZAMar ha desarrollado diversas actividades científicas donde destacamos el taller entre Aquapacífico y CEAZA para identificar mecanismos de adaptación en peces, y el inicio de los talleres de transferencia de conocimiento e instalación de capacidades, con los que CEAZAMar entregará herramientas para una mejor comprensión de la información que entrega el Boletín y sus potenciales usos.

Entre Octubre y Diciembre de 2021, se llevará a cabo una campaña oceanográfica en el marco del proyecto CLAP liderado por CEAZA y en colaboración con universidades chilenas. Estas campañas abarcarán la zona comprendida entre la Bahía de Guanaqueros y Punta Lengua de Vaca donde se realizarán mediciones en la columna de agua (hasta 2000m) de variables como la temperatura del mar, oxígeno disuelto, fluorescencia, turbidez, corrientes y mezcla. Para la obtención de estos datos, se hará uso de equipamiento oceanográfico de última generación, y en este contexto, el presente boletín publica la infografía **¿Qué es un glider y cómo funciona?**, que detalla la utilidad y funcionamiento de este instrumento de medición autónomo que ha revolucionado la oceanografía.





## » MENSAJES DESTACADOS



1

Los indicadores de actividad de El Niño mostraron una condición neutra, donde la TSM y nivel del mar no mostraron anomalías significativas.

2

Durante el período de análisis (Junio y Agosto del 2021) se observó un aumento de la intensidad del viento y frecuencia de viento sur-suroeste favorables para el desarrollo de eventos de surgencia.

3

Al menos cuatro eventos de surgencia fueron detectados en Punta de Choros y Tongoy.

4

Los aumentos en la intensidad de viento y eventos de surgencia para el trimestre comprendido entre Junio y Agosto del 2021 no generaron aumentos significativos en los valores promedio de la concentración de clorofila, excepto a fines del período.

## » 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.

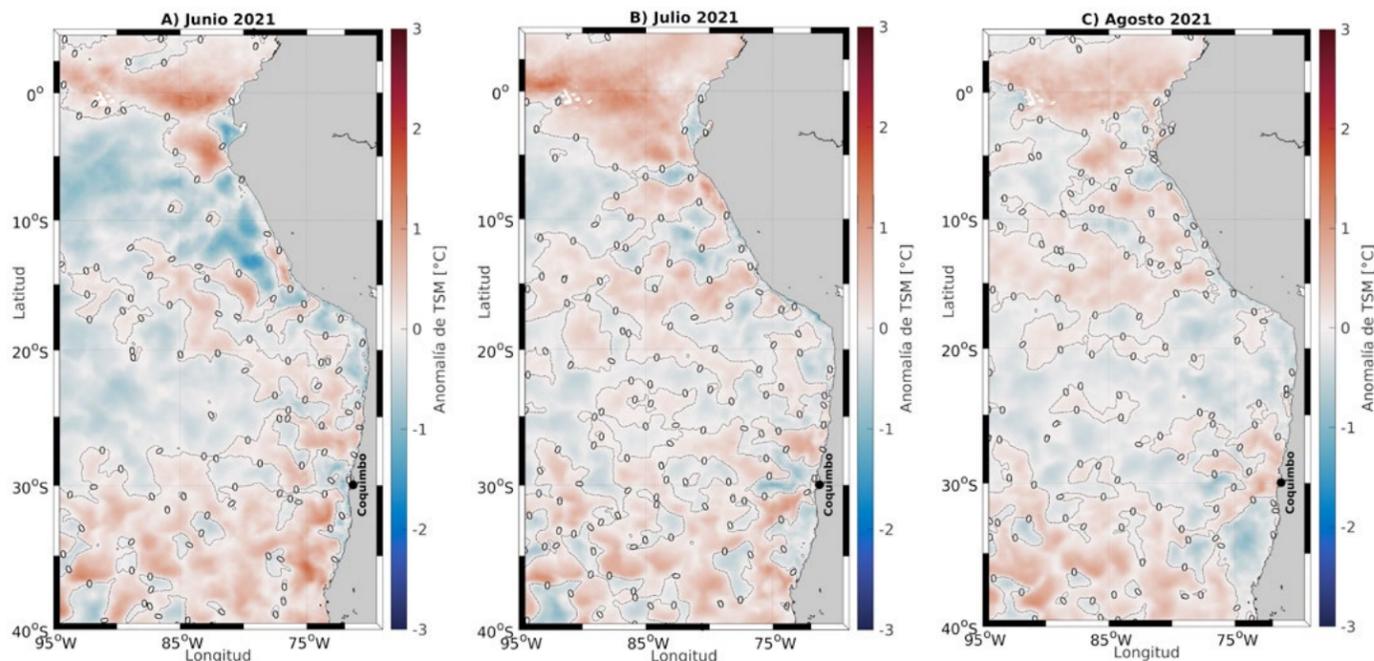
Este análisis atmosférico y oceanográfico trata de representar la heterogeneidad espacial y temporal de las condiciones hidrográficas costeras que alberga la Región de Coquimbo. Esto a través del uso de mapas y series de tiempo y análisis trimestrales de dichas variables ambientales, para múltiples localidades 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)



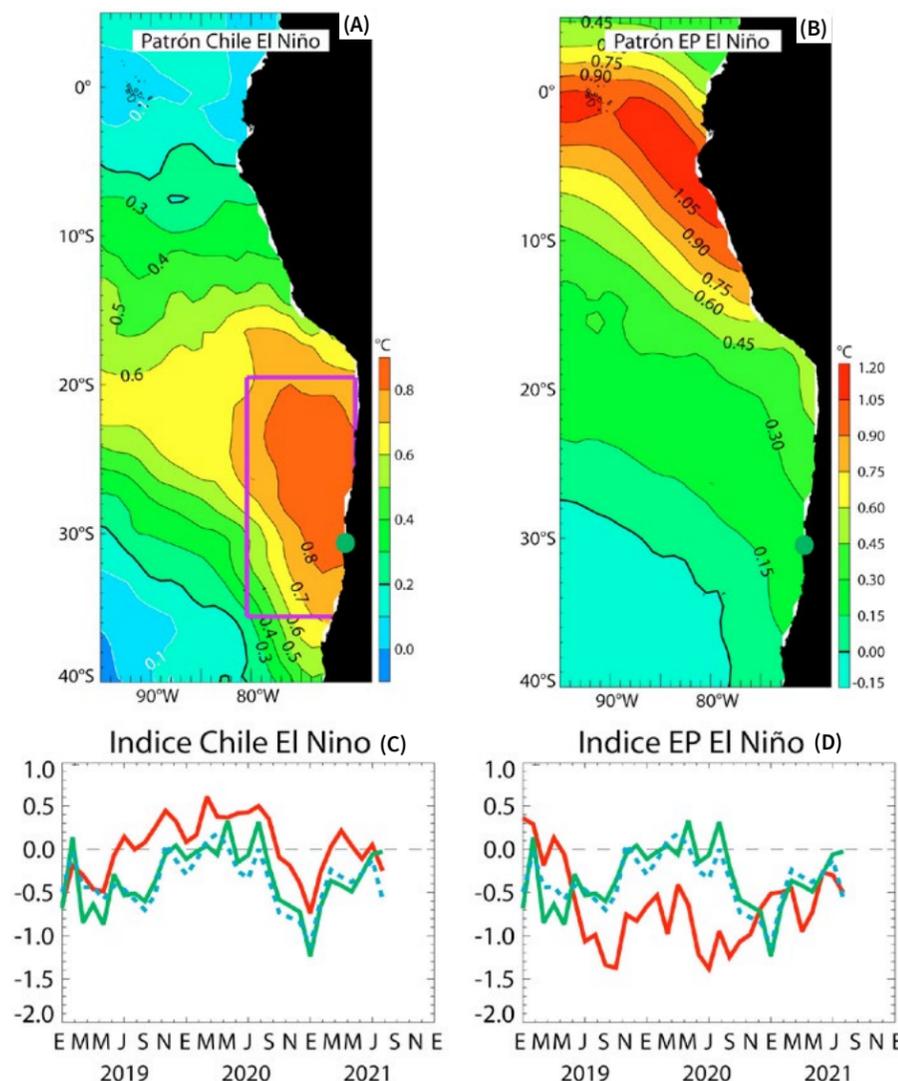
**Figura 1.** Anomalía mensual de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) (°C) de (A) Junio de 2021, (B) Julio de 2021 y (C) Agosto de 2021. Las anomalías de TSM se calcularon con respecto al periodo 2006-2019. Los colores rojos en el mapa indican zonas en las que la TSM mostró valores por encima del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

Para el trimestre comprendido entre Junio y Agosto del 2021, la anomalía de la temperatura superficial del mar (TSM) (es decir, el cambio de esta variable con respecto a un registro histórico calculado entre el año 2006 y el año 2019) se mantuvo en valores comprendidos entre -0.5 y

+0.5°C para la región del Pacífico Suroriental lo cual estuvo asociado a la predominancia de condiciones ENSO-neutral. En Agosto de 2021 se observó el aumento de zonas que presentan anomalías negativas de TSM (en comparación con los meses de Junio y Julio del 2021).

### 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 multilínea 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 Agosto 2021. Las anomalías en temperatura superficial del mar (TSM) fueron calculadas usando como referencia el periodo comprendido entre 1960 y 2019.



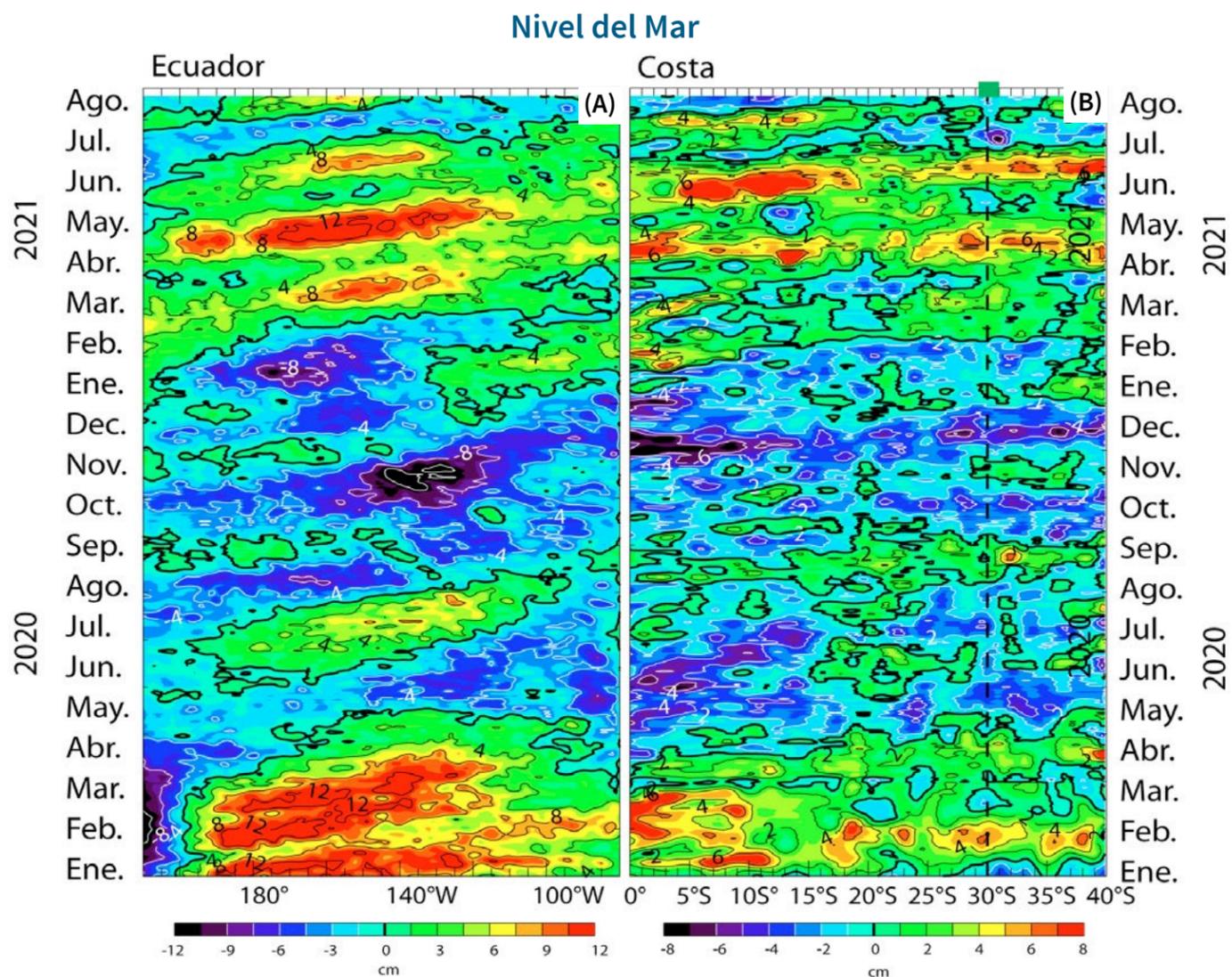
Las distintas regiones climáticas que se encuentran en el Pacífico Sudeste condicionan las características de la circulación costera y ambientales a lo largo de la costa de Chile central.

Para el período comprendido entre el 1 de Junio de 2021 y 31 de Agosto de 2021, el análisis de las condiciones climáticas (a través de anomalías en la temperatura superficial del mar, TSM) indica que la amplitud del índice CEN (Chile El Niño) sigue débil (valores negativos cercanos a 0.25), mientras que el índice EN (El Niño EP) muestra una tendencia positiva (incrementos en la temperatura superficial del mar, TSM) con un retorno a valores neutrales lo que estaría reflejando un transición hacia condiciones neutrales desde condiciones frías pasadas (La Niña) (ver Figura 1B).

La evolución de los índices sugiere que el verano 2021 no debería experimentar condiciones climáticas anómalas, y que estaríamos dentro del registro histórico.



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



**Figura 3:** Evolución de las anomalías del nivel del mar a lo largo (A) del Ecuador y (B) de la costa para el período comprendido entre el 1 Enero de 2020 al 31 de Agosto de 2021. Los cambios en el nivel del mar se muestran en centímetros (cm).

La evolución de la actividad de onda de Kelvin ecuatoriales de los últimos meses indican un retorno a condiciones neutrales con un debilitamiento de la actividad de onda de Kelvin de hundimiento (aumento en el nivel del mar).

En julio del 2021 se desarrolló una onda de Kelvin de afloramiento de amplitud muy débil, la cual alcanzó la costa de Ecuador a principios de Agosto 2021 produciendo una ligera disminución de las anomalías del nivel del mar a lo largo de la costa norte de Chile hasta Coquimbo.

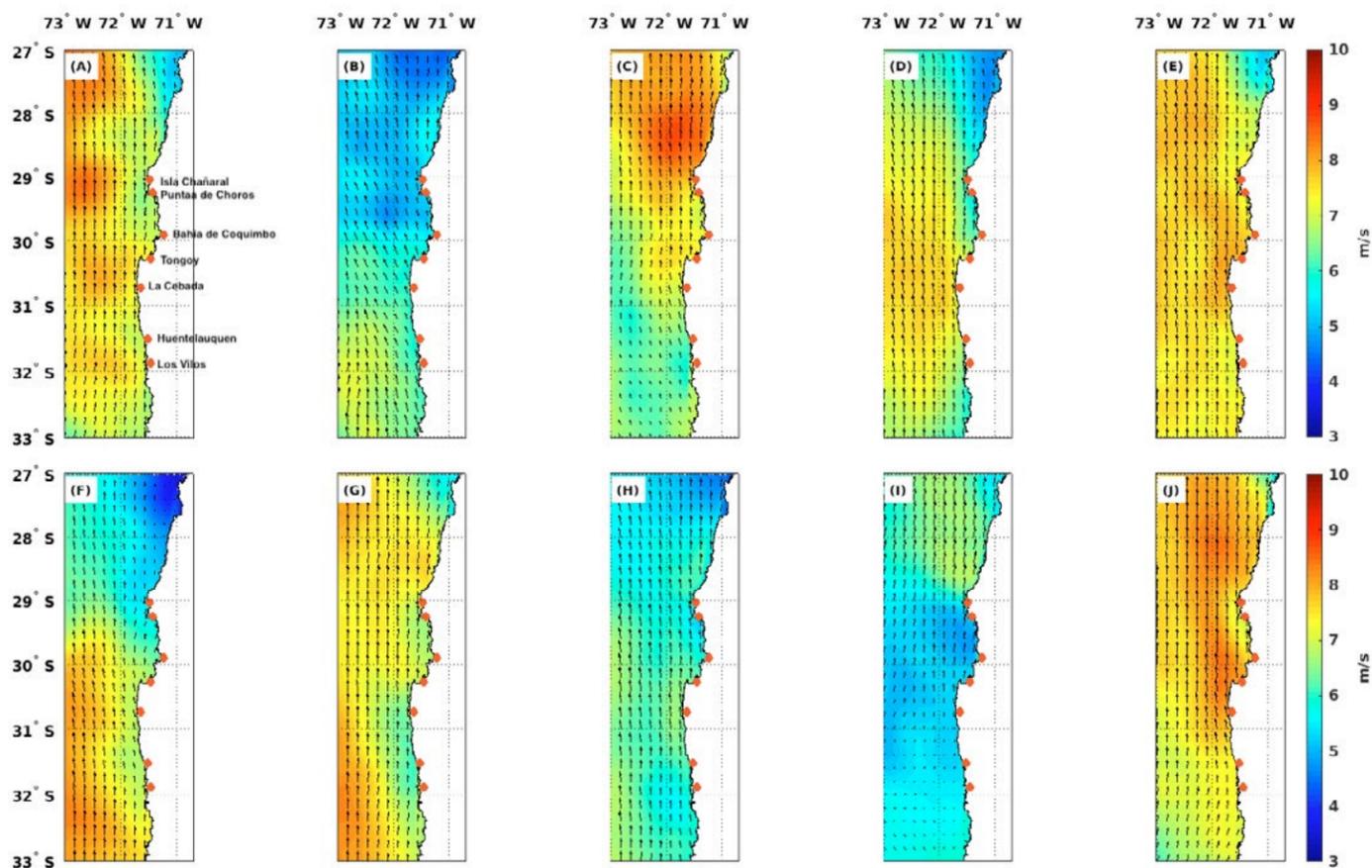
Asumiendo una prolongación de esas condiciones durante los próximos meses, no se proyecta una alteración significativa del nivel del mar durante el verano en la costa de la Región de Coquimbo.

**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 termoclima. 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

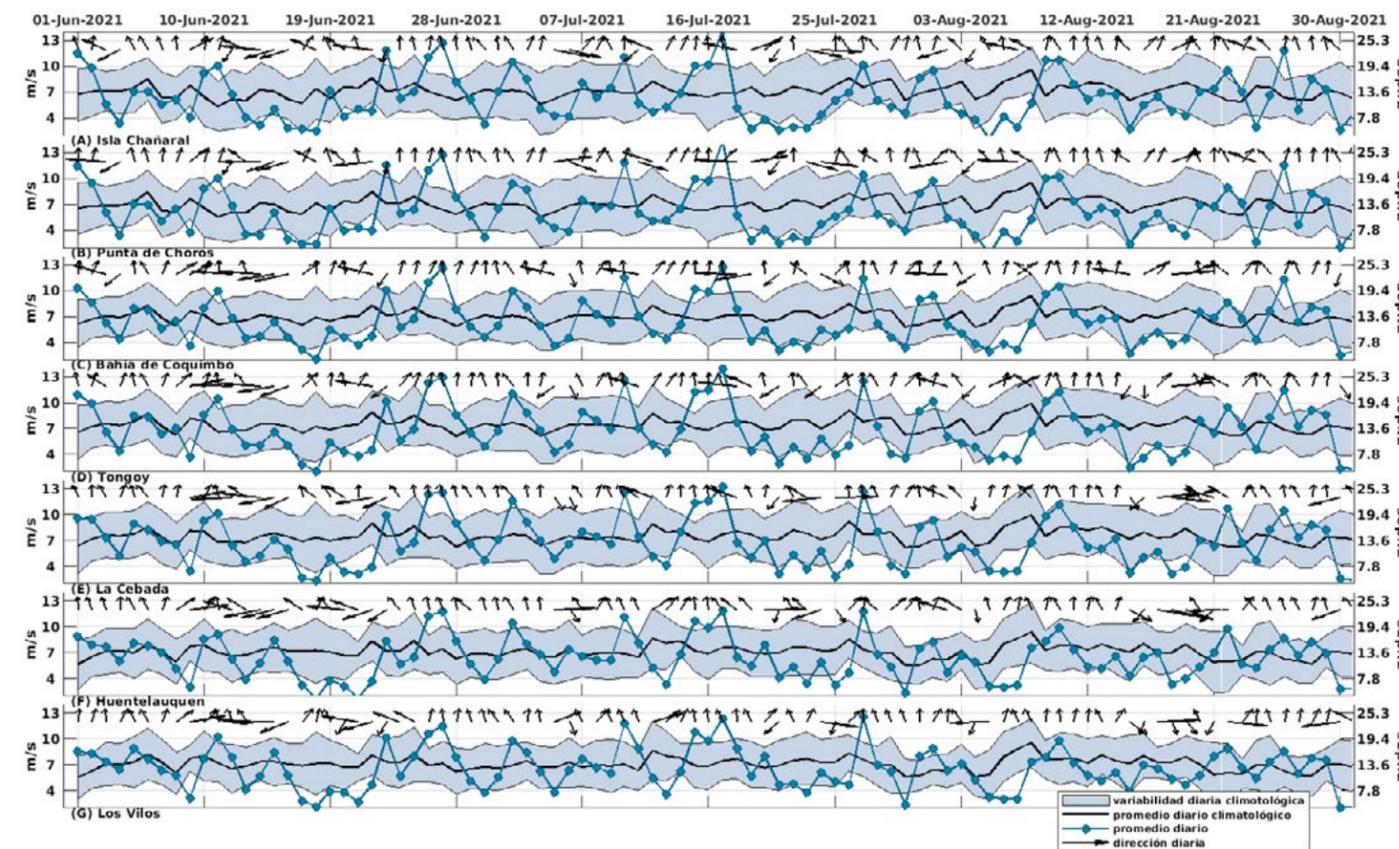


**Figura 4.** Promedio de la velocidad (m/s) y dirección de viento estimada a través de la observación satelital a 10 metros sobre el nivel del mar frente a la Región de Coquimbo entre el 1 de Junio al 29 de Agosto del 2021. Cada imagen muestra el promedio para ambas variables (velocidad y dirección de viento) para un período de 9 días (A) 1-Jun-2021 a 9-Jun-2021 (B) 10-Jun-2021 a 18-Jun-2021, (C) 19-Jun-2021 a 27-Jun-2021, (D) 28-Jun-2021 a 06-Jul-2021, (E) 7-Jul-2021 a 15-Jul-2021, (F) 16-Jul-2021 a 24-Jul-2021, (G) 25-Jul-2021 a 2-Ago-2021, (H) 3-Ago-2021 a 11-Ago-2021, (I) 12-Ago-2021 a 20-Ago-2021, y (J) 21-Ago-2021 a 29-Ago-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.

El patrón de viento en superficie medido por el satélite durante el trimestre comprendido entre Junio y Agosto del 2021 exhibió en general velocidades de viento mayores al trimestre previo (**VER BOLETÍN CEAZAMAR JULIO 2021**) alcanzando, en promedio y a lo largo de la costa, magnitudes por sobre los 6 m/s (11.7 nudos) a excepción de los períodos comprendidos entre el 10 al 18 de Junio y del 12 al 20 de Agosto (*Figura 4B y Figura 4I*) los cuales mostraron,

en promedio, velocidades costeras de 5.7 y 5.4 m/s (11 y 10.5 nudos), respectivamente.

Los períodos que registraron los máximos de velocidad de viento en la región costera de Coquimbo fueron aquellos comprendidos entre el 7 al 15 de Julio y del 21 al 29 de Agosto de 2021 donde se midieron magnitudes por sobre los 7.5 m/s (14.6 nudos).



**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, Huentelauquén y Los Vilos entre el 1 de Junio al 30 de Agosto 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 período 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*) nos indica que las localidades de Tongoy y la Cebada registraron, a fines de Agosto del 2021, los valores promedios máximos del trimestre, superando además los registros históricos comprendidos entre el año 2008 y 2020 (ver línea negra en *Figura 5* con magnitudes cercanas a los 8 m/s (15.5 nudos) similar a lo observado en el trimestre anterior (**VER BOLETÍN CEAZAMAR JULIO 2021**) (*Figuras 5D y Figura 5E*). Por otra parte, las localidades de Isla Chañaral, Punta de Choros y Tongoy, La Cebada exhibieron entre 10 al 18 de junio y el 12 al 20 de Agosto, respectivamente, magnitudes promedio mínimas de viento bajo el promedio histórico (2008 al 2020) con velocidades cercanas a 5.2 m/s (~10.10 nudos) (ver línea negra en *Figura 5*).

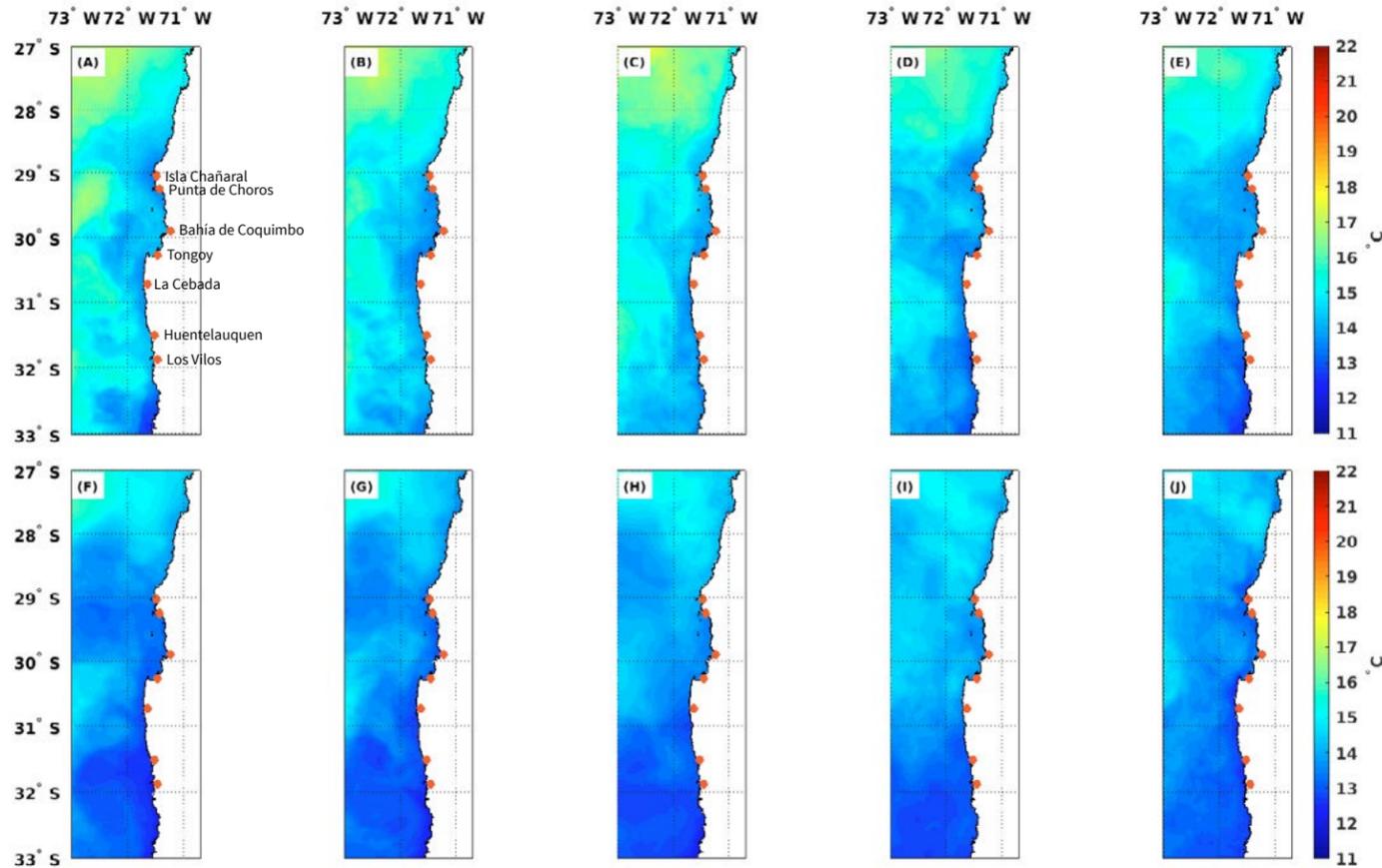
En relación a la dirección predominante del viento, durante el trimestre comprendido entre Junio y Agosto de 2021, la totalidad de localidades costeras (Chañaral de Aceituno, Punta

de Choros, Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos ) registraron predominantemente viento de dirección suroeste (66.7 a 71.1% del trimestre) y del oeste (7.8 a 11.1% del trimestre). En el caso de la localidad de Los Vilos, el viento favorable a la surgencia del suroeste dominó 71.1% del periodo, sin embargo, en segundo lugar (10%) se observó un predominio del viento del noreste producto de eventos frontales que alcanzaron en mayor medida el extremo sur de la región.

En términos de días con dirección de viento favorable a la surgencia (suroeste-sur-sureste, también llamados surazos) se contabilizaron 62, 61, 62, 64, 62, 60 y 64 días en las localidades de Chañaral de Aceituno, Punta de Choros, Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos, respectivamente. En el caso de viento no favorable a la surgencia (noroeste-norte-noreste) se midieron 11, 13, 12, 13, 14 y 15 días en las localidades antes mencionadas, respectivamente.



### Temperatura Superficial del Mar (TSM)

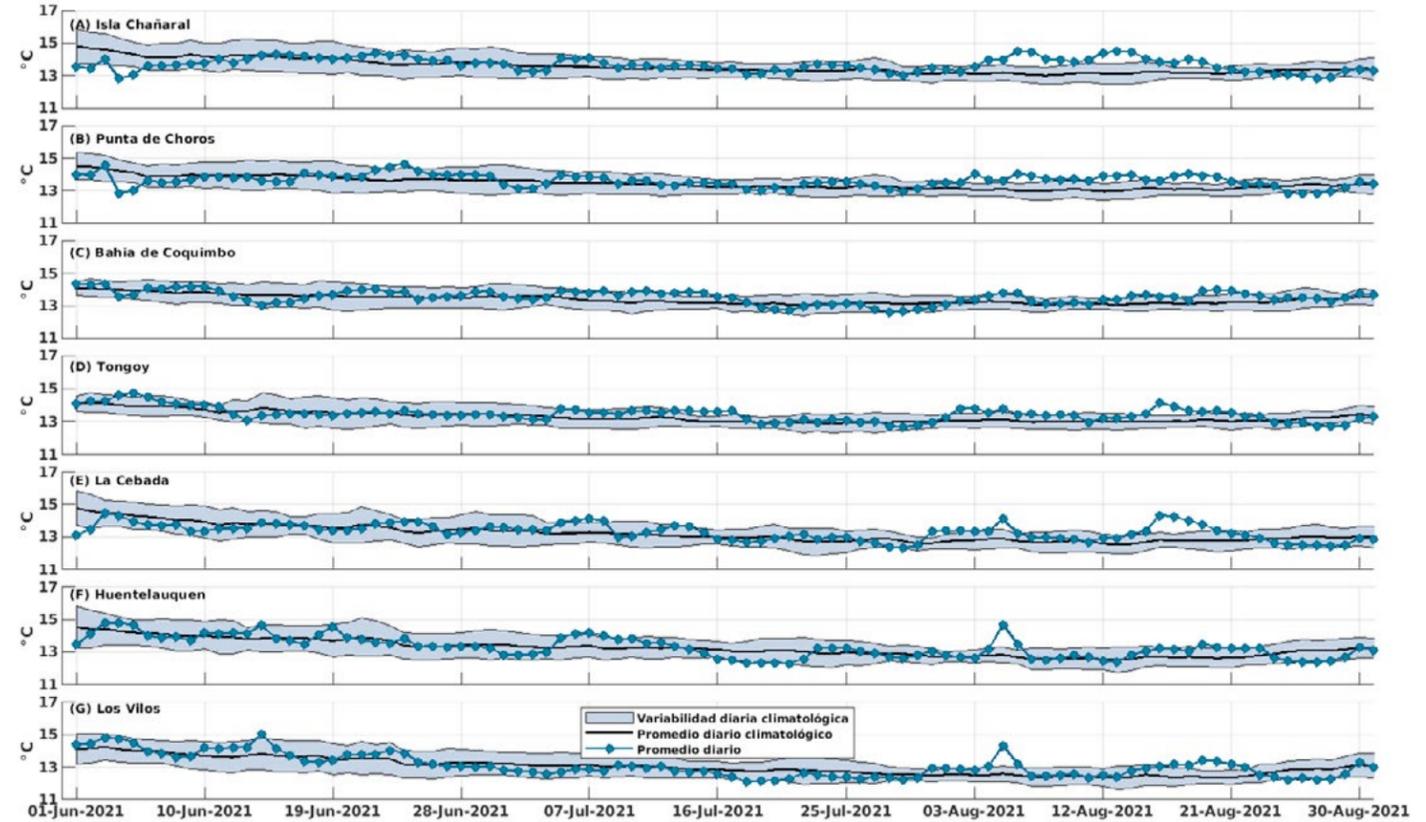


**Figura 6.** Temperatura Superficial del Mar (TSM) (°C) estimada a través de la observación satelital de la superficie oceánica frente a la Región de Coquimbo entre el 1 Junio al 29 de Agosto del 2021. Cada imagen muestra el promedio de la temperatura superficial del mar (TSM) para un período de 9 días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

En el trimestre comprendido entre Junio y Agosto del 2021 se continuó con la tendencia al enfriamiento de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en la región oceánica y costera de la Región de Coquimbo, al igual que en el trimestre precedente (Marzo a Mayo del 2021, **VER BOLETÍN CEAZAMAR JULIO 2021**). Este enfriamiento responde a la reducción estacional de la radiación solar a finales del otoño y durante el invierno y a los intensos eventos de surgencia costera observados durante el periodo (ver *Figura 6*). En promedio, la temperatura superficial del mar (TSM) a lo largo de la costa varió entre 14 a 13°C, valores registrados a principios y fines del trimestre, destacándose un mayor contraste entre la región costera y el océano abierto durante el mes de junio.



**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.



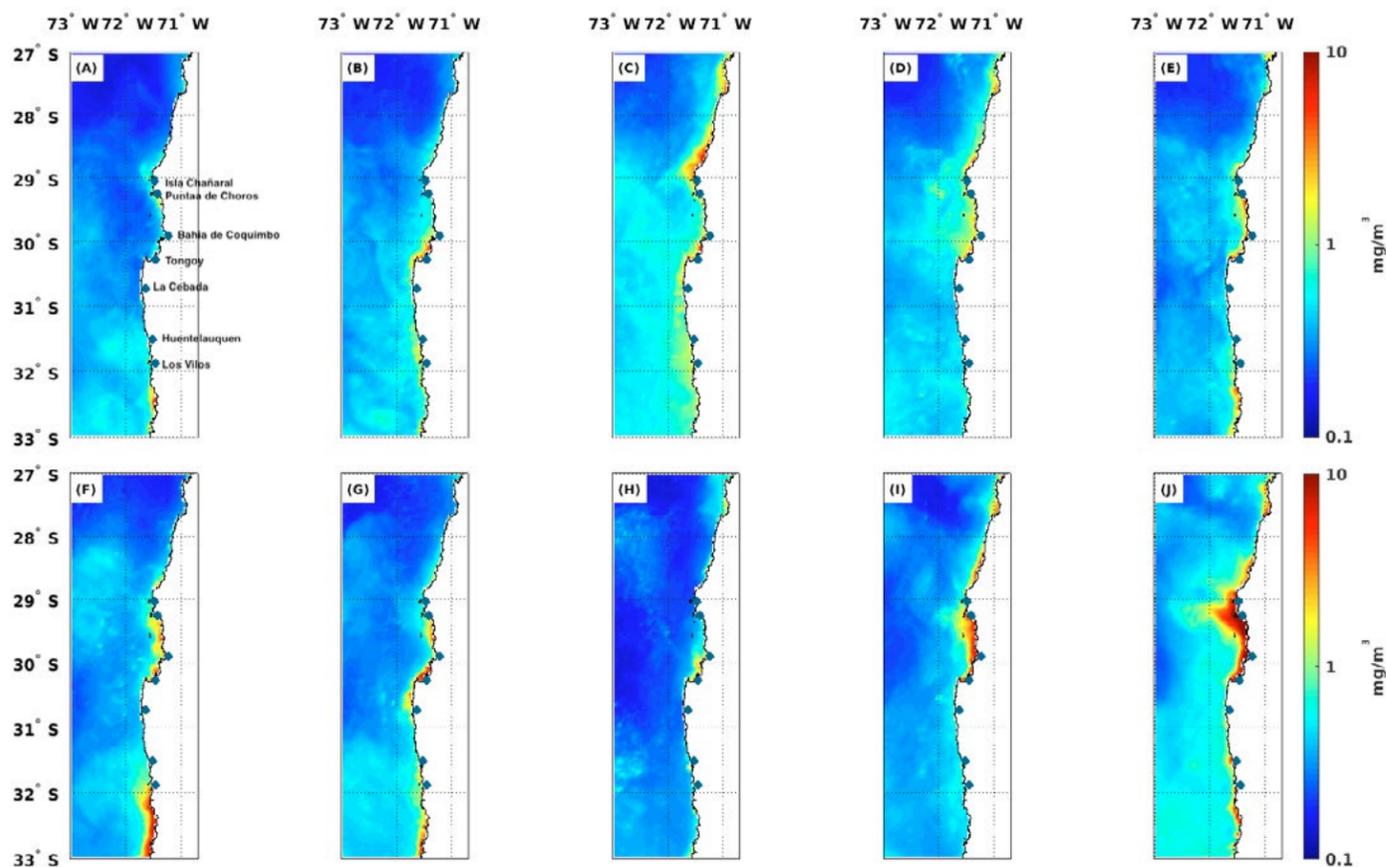
**Figura 7.** Series diarias de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) (°C) para las localidades de Chañaral de Aceituno, Punta de Choros, Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos desde el 1 de Junio al 29 de Agosto del 2021 (curva azul punteada). Promedio diario histórico de TSM (curva negra) y desviación estándar (sombreado azul) calculados entre 2008 y 2020.

Las variaciones en promedio de la temperatura superficial del mar (TSM) satelital en las localidades costeras de la Región de Coquimbo registraron en promedio valores máximos y mínimos de 14°C y 13°C a principio de Junio y finales de Agosto del 2021, respectivamente.

Las temperaturas máximas y mínimas ocurrieron en Los Vilos con valores de 15.1 y 12.1°C (14 de Junio y el 18 de Junio, respectivamente). Por otra parte, la temperatura superficial oceánica presentó valores extremadamente cálidos y fríos (en relación a los valores históricos) entre el 03 al 20 de Agosto y desde el 21 al 29 de Agosto de 2021, en concierto con los periodos de menor y mayor magnitud promedio del viento, respectivamente.



### Clorofila Superficial



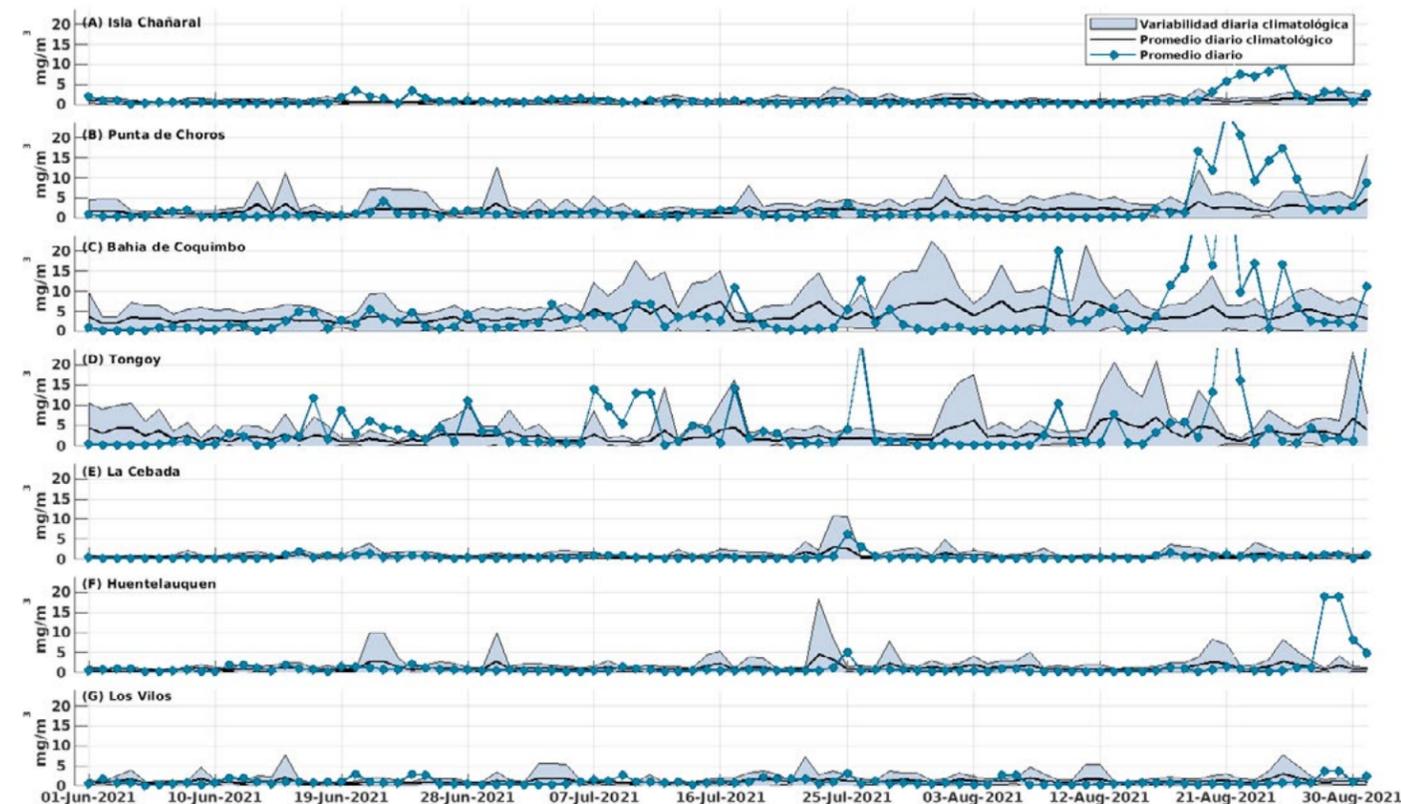
**Figura 8.** Concentración de clorofila superficial estimada a través de observaciones satelitales ( $mg/m^3$ ) para la región de Coquimbo entre el 1 de Junio y el 29 de Agosto del 2021.

Cada imagen muestra el promedio para ambas variables (velocidad y dirección de viento) para un período de 9 días (A) 1-Jun-2021 a 9-Jun-2021 (B) 10-Jun-2021 a 18-Jun-2021, (C) 19-Jun-2021 a 27-Jun-2021, (D) 28-Jun-2021 a 06-Jul-2021, (E) 7-Jul-2021 a 15-Jul-2021, (F) 16-Jul-2021 a 24-Jul-2021, (G) 25-Jul-2021 a 2-Ago-2021, (H) 3-Ago-2021 a 11-Ago-2021, (I) 12-Ago-2021 a 20-Ago-2021, y (J) 21-Ago-2021 a 29-Ago-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 Junio y Agosto del 2021 se registró, en términos generales, bajas concentraciones de clorofila, al igual que el trimestre pasado ( $2.1 mg/m^3$ ), con máximos a lo largo de la costa en los periodos del 19 al 27 de Junio, 7 al 15 de Julio y 12 al 29 de Agosto (ver Figura 8), con un claro incremento en magnitud en periodos de intensificación en la magnitud de viento (ver Figura 4), salvo por el periodo del 12 al 20 de Agosto que presentó vientos de intensidad moderada pero con un mínimo de variabilidad. En particular, se observó a lo largo de la costa concentraciones promedio mínimas y máximas de  $0.6$  y  $6.3 mg/m^3$  a inicios y fines del trimestre respectivamente.



**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 Marzo al 29 de Mayo 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 las localidades costeras, la Bahía de Tongoy y la Bahía de Coquimbo registraron las mayores concentraciones de clorofila promedio del período comprendido entre Junio y Agosto de 2021 con valores de  $4,3$  y  $3,8 mg/m^3$ , respectivamente (ver Figura 9). Por otra parte, las localidades Isla Chañaral, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos exhibieron concentraciones promedio mínimas de  $1.25$ ,  $0.65$ ,  $1.20$  y  $1.03 mg/m^3$ , respectivamente.

Adicionalmente, se destaca un claro incremento en las concentraciones de clorofila en la totalidad de localidades costeras durante los periodos de mayor intensidad del viento favorable a la surgencia entre el 7 y 15 de Julio y del 21 al 29 de Agosto de 2021. Finalmente, se aprecia un comportamiento de la clorofila dentro de la variabilidad histórica del período analizado, a excepción de mediados y finales de Agosto con máximos específicos de clorofila.



## Observaciones locales

### » Localización de las estaciones costeras en la Región de Coquimbo

Esta sección presenta un diagnóstico de la información meteorológica y oceanográfica del trimestre comprendido entre el 1 de Junio hasta el 31 de Agosto 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.CEAZAMET.CL](http://WWW.CEAZAMET.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 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, el oxígeno disuelto o la

clorofila y turbidez de la Bahía de Tongoy. Estos datos, de gran importancia para los sectores productivos como la acuicultura y la pesca que se desarrollan en la Bahía de Tongoy, están disponibles en tiempo real en la página web de CEAZAMet ([WWW.CEAZAMET.CL](http://WWW.CEAZAMET.CL)), y próximamente en la plataforma web de CEAZAmar ([WWW.CEAZAMAR.CL](http://WWW.CEAZAMAR.CL)).

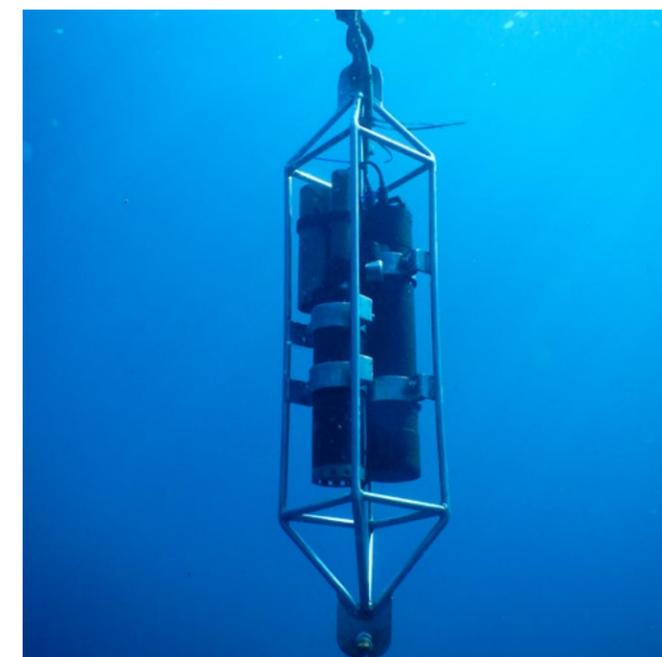
Dentro del trimestre en análisis, tuvo lugar la mantención anual de la balsa oceanográfica-meteorológica, por lo que se disponen de datos oceanográficos desde el 1 de Junio hasta el 5 de Agosto del 2021. La balsa recuperó su operatividad el 31 de Agosto de 2021, continuando su monitoreo hasta la fecha. Además, la estación meteorológica de Punta Lengua de Vaca registró datos entre el 9 de junio y 31 de agosto, debido a la mantención trimestral.



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

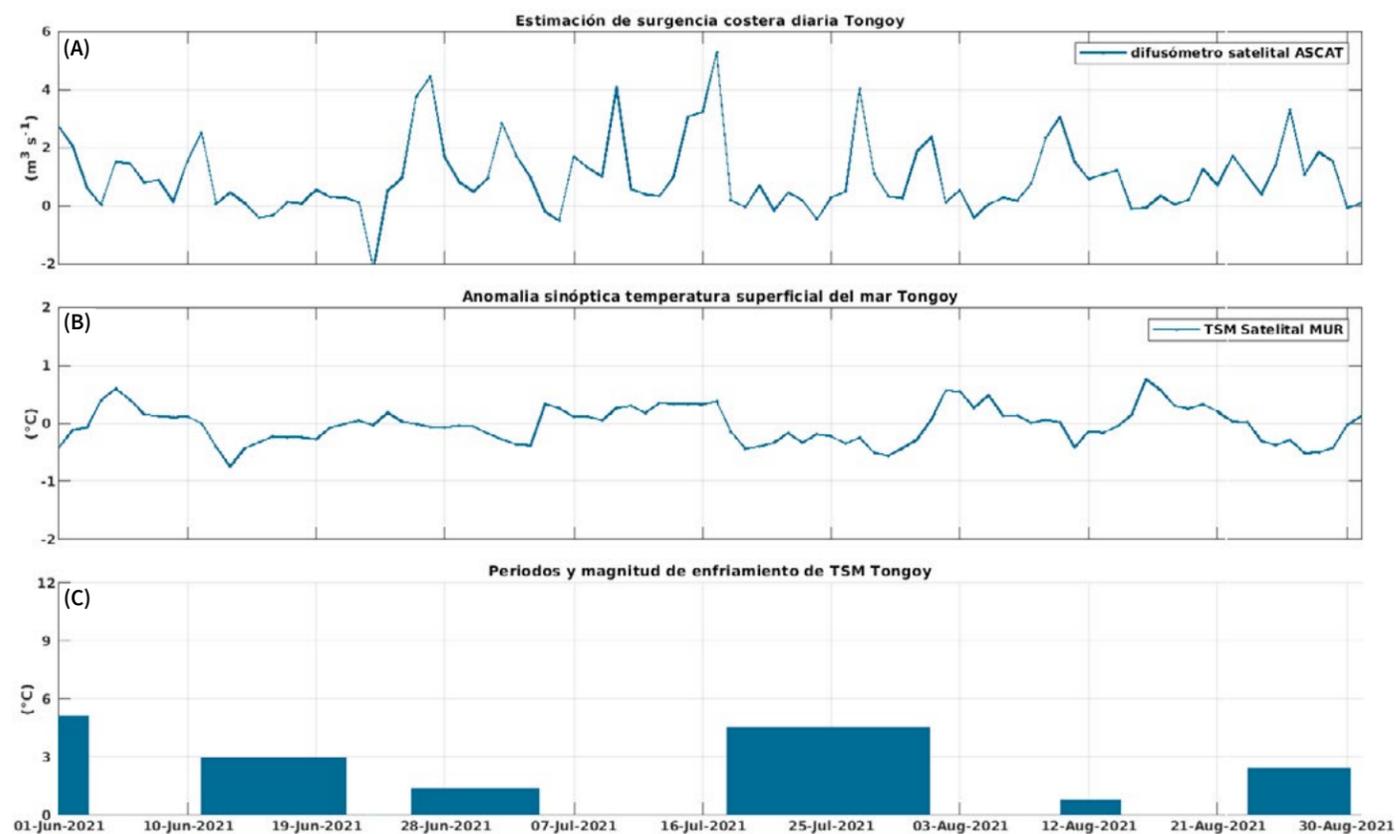


El sistema Bahía de Tongoy – Punta Lengua de Vaca presentó predominancia de viento proveniente del Sudoeste y Sur (*Figura 11A y Figura 11B*), con alternancia de eventos de viento de otras direcciones, durante el trimestre en análisis. Sin embargo, no se observó una respuesta clara en las variables oceanográficas, como en la Temperatura Superficial del Mar (*Figura 6 y Figura 7D*) y temperatura del mar (*Figura 11D*) y oxígeno disuelto (*Figura 11E*) registrados a 10 m de profundidad dentro de la Bahía de Tongoy, ante el forzamiento de viento. La temperatura del mar presentó una tendencia de disminución en el periodo estudiado (*Figura 6, Figura 7D y Figura 11D*), mientras que el valor promedio de clorofila a 10 m de profundidad para este periodo de estudio fue superior con respecto al trimestre anterior (**VER BOLETÍN CEAZAMAR JULIO 2021**) presentando además valores fuera del rango histórico (*Figura 11G*).





### Índice de Surgencia (Bahía de Tongoy)



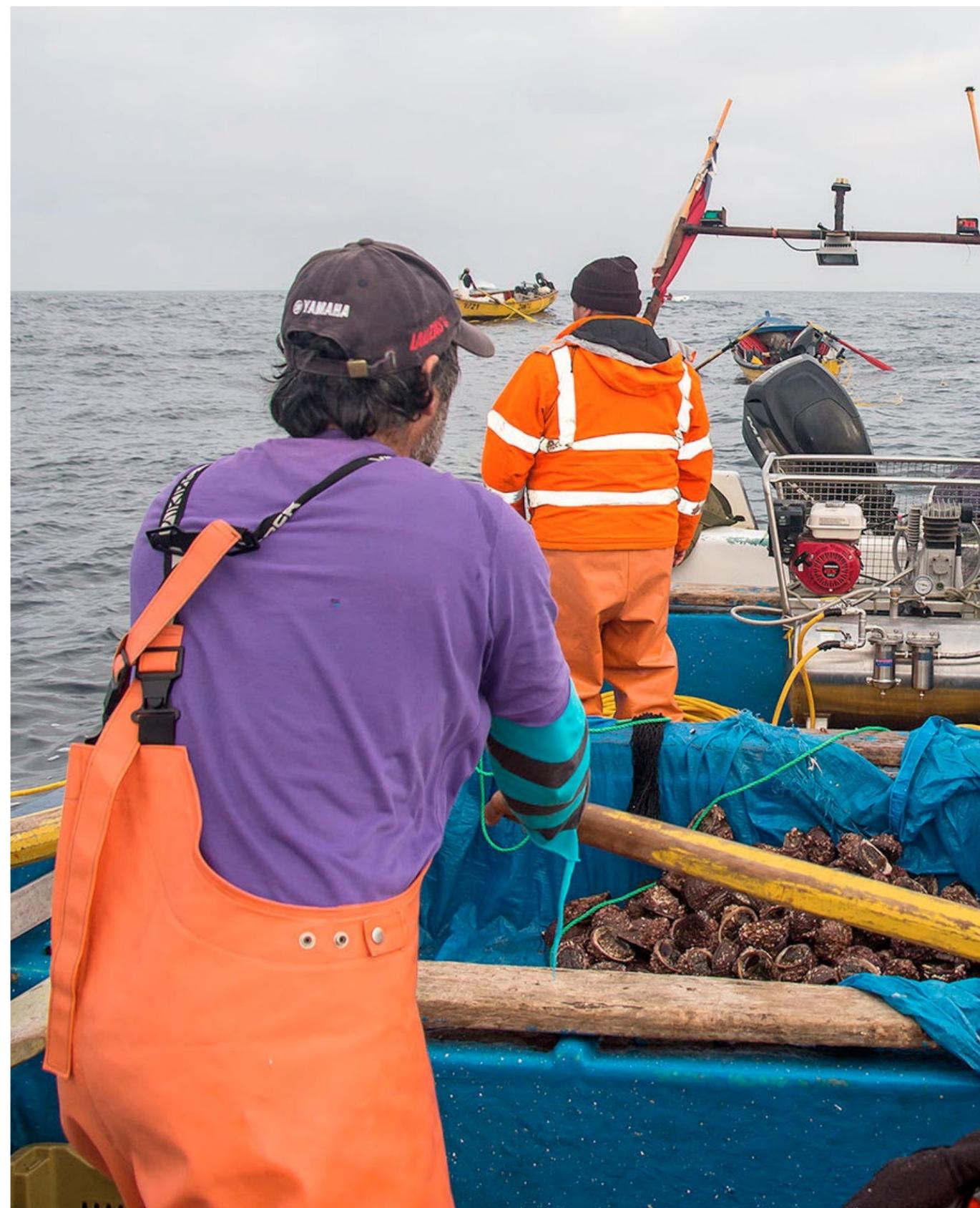
**Figura 10.** Indicadores de intensidad y duración de la surgencia costera en la Bahía de Tongoy. (A) Índice de surgencia costera (UI) estimado a partir del estrés del viento. (B) Anomalías sinópticas de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) ( $^{\circ}C$ ). (C) Índice termal de surgencia costera (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 (ver Figura 10A) nos indica que los volúmenes máximos de transporte de surgencia se produjeron entre el 1 al 9 de Junio, 7 al 15 de Julio, el 25 de Julio al 2 de Agosto y el 21 al 29 de Agosto de 2021 totalizando 10.25, 13.45, 10.88 y 13.03  $m^3/s$ . En relación a los volúmenes mínimos de surgencia se registraron entre el 10 al 18 de Junio y el 12 al 20 de Agosto del 2021, con 4.16 y 4.93  $m^3/s$ , respectivamente.

En base al segundo índice de surgencia basado en las anomalías sinópticas de temperatura, se identifican 4 eventos destacables de anomalías negativas de temperatura superficial del mar (TSM) con una duración de 15.15, 11.12, 14.80 y 10.17 días de duración asociados a un enfriamiento integrado de 5.14, 2.98, 4.53 y 2.42 $^{\circ}C$  en los meses de Mayo-Junio, Junio, Julio y Agosto, respectivamente (Figura 10B y Figura 10C).

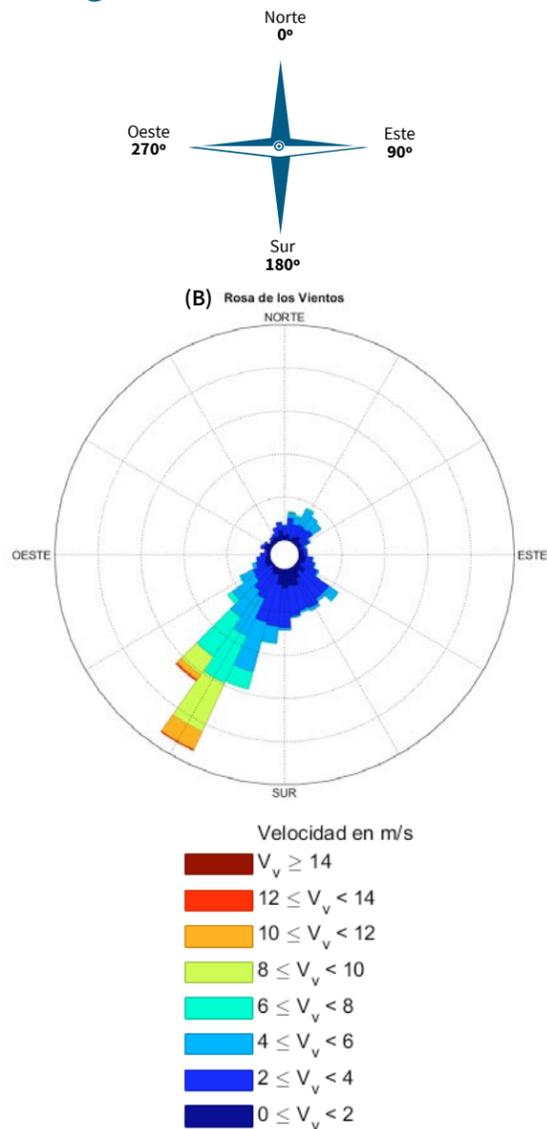
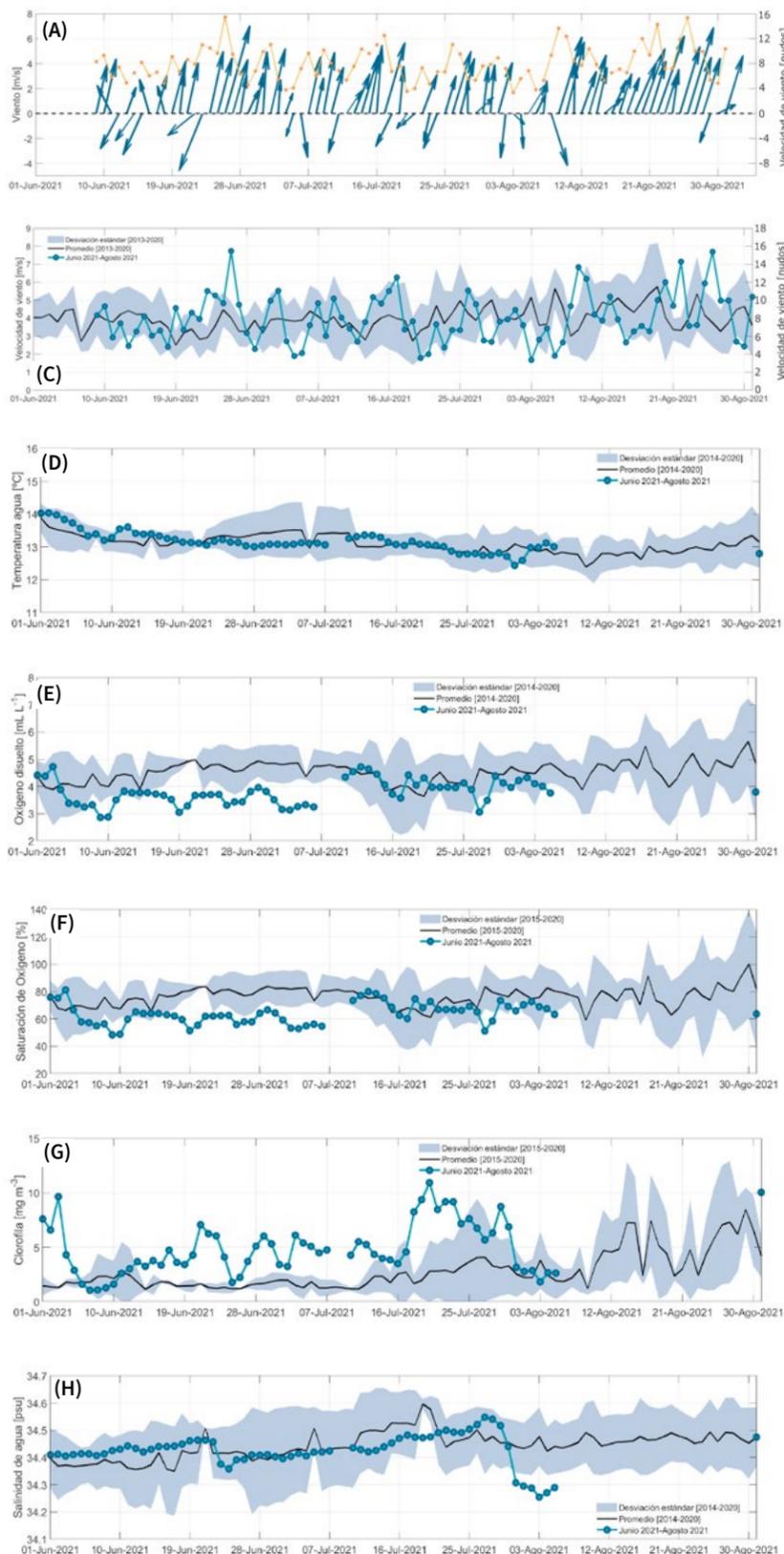


**SURGENCIA:** La surgencia, o afloramiento de aguas profundas, es un proceso oceanográfico resultante de la interacción entre el viento, la superficie del mar y la rotación de la Tierra, cuyo resultado es el movimiento y reemplazo de las aguas superficiales del océano por agua más profunda. El viento 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  $CO_2$  (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 9 de junio de 2021 y el 31 de agosto 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 junio de 2021 y el 31 de agosto 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.

Las observaciones de viento CEAZAMET disponibles para Punta Lengua de Vaca (Figura 11A, Figura 11B y Figura 11C) en el periodo de estudio (9 de junio de 2021 al 31 de agosto de 2021) presentaron en general promedios diarios dentro de los rangos medidos (área sombreada en azul claro) entre los años 2013 y 2020.

Los periodos comprendidos entre el 21-29 de agosto y 19-27 de junio presentaron valores máximos de velocidad de viento, con 5 m/s (9.7 nudos) y 4.9 m/s (9.5 nudos), respectivamente. El valor máximo diario de magnitud de viento con 7.7 m/s (14.9 nudos) se registró el 26 de junio y 26 de agosto, mientras que el valor mínimo de 1.7 m/s (3.3 nudos) se observó el 3 de agosto. La dirección de viento predominante en Punta Lengua de Vaca fue Sudoeste y Sur, con un total de 39 y 23 días, respectivamente, y se registraron escasos días de viento provenientes del Noreste (12 días), Norte (4 días), Sudeste (3 días) Noroeste (2 días) y Oeste (1 día).

**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 (ZMO) 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.

El oxígeno disuelto (y saturación de oxígeno disuelto) a 10m presentó un valor promedio de 3.8 mL/L (64% saturación de oxígeno) para el periodo de estudio, con valores mínimos de 2.9 mL/L (48.3% saturación de oxígeno) el 9 de Junio y un valor máximo de 4.7 mL/L (81.1% de saturación de oxígeno) los días 3 y 12 de Julio de 2021.

La clorofila presentó valores diarios superiores al rango de variabilidad histórico (área sombreada en azul claro), con un promedio para el periodo de estudio de 4.9 mg/m<sup>3</sup>. Entre el 16 y 25 de Julio se registraron los mayores valores de clorofila, con un valor promedio máximo de 10.9 mg/m<sup>3</sup> (observado el 20 de Julio) y un valor mínimo de 1.1 mg/m<sup>3</sup> (registrado el 7 de Junio del 2021).



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 6 y 30 de agosto no se registraron datos oceanográficos, debido a que se realizó la mantención anual de la plataforma de monitoreo oceanográfico-atmosférico (ver Sección Noticias).

La temperatura del mar a 10 m presentó valores dentro del rango histórico (área sombreada en azul claro), con un descenso sostenido desde el 1 de Junio (14°C) hasta el 5 de Agosto (13°C). El promedio del periodo de estudio fue de 13.2°C, con el valor máximo de 14°C registrado el 1 de Junio y el valor mínimo de 12.4°C registrado el 31 de Julio de 2021.





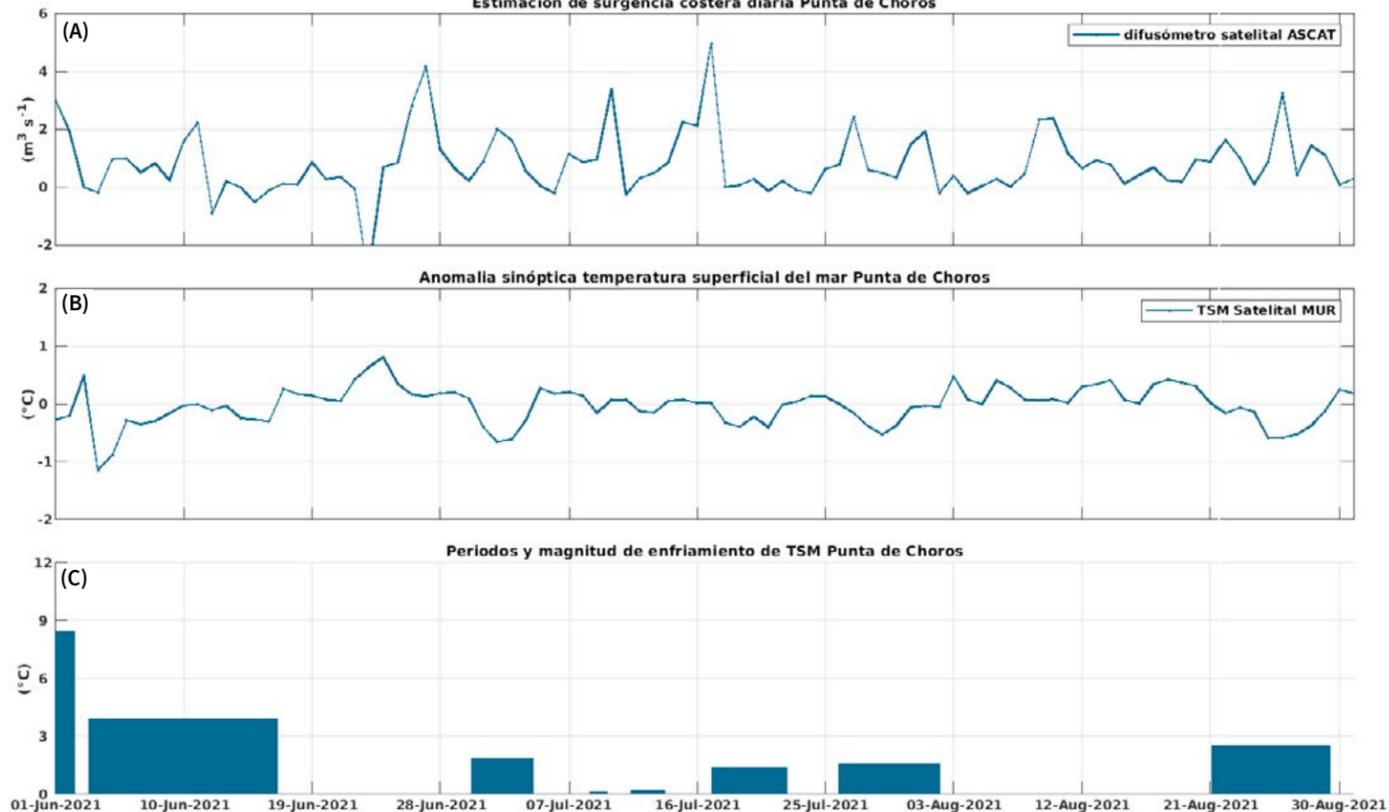
## » Punta de Choros

En el caso de Punta de Choros, el periodo comprendido entre el 1 de Junio y el 31 de Agosto de 2021 presentó un patrón de viento con direcciones predominantes del Sudoeste, Sur y Sudeste (Figura 4, Figura 5B, Figura 13A y Figura 13B), con mag-

nitudes 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

Estimación de surgencia costera diaria Punta de Choros

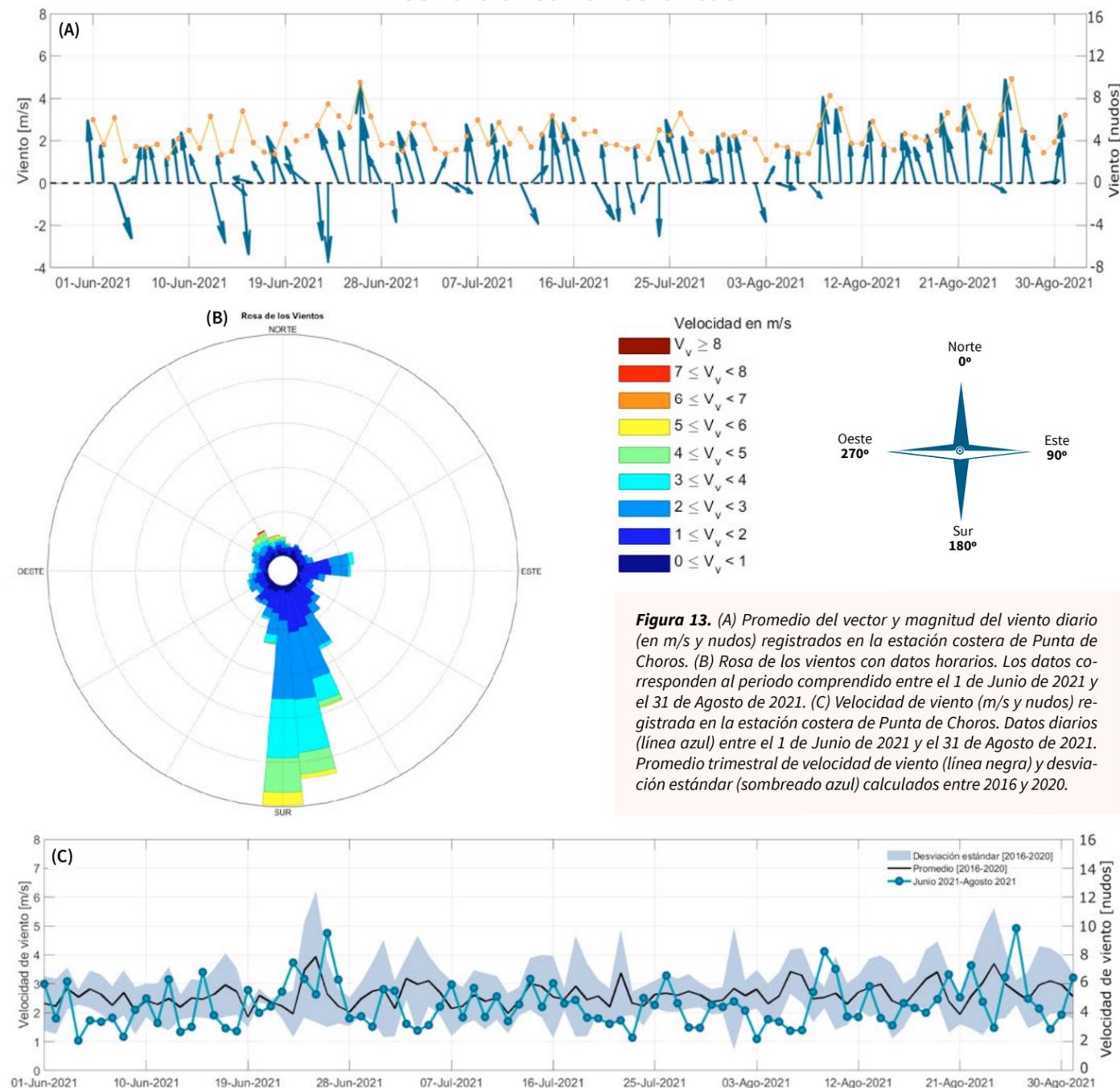


**Figura 12.** Indicadores de intensidad y duración de la surgencia costera en Punta de Choros. (A) Índice de surgencia costera (UI) estimado a partir del estrés del viento. (B) Anomalías sinópticas de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) (°C). (C) Índice termal de surgencia costera (enfriamiento 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.

El análisis de los eventos de surgencia en Punta de Choros, estimado a partir del forzamiento del viento sobre la superficie oceánica (ver Figura 12A), determinó la ocurrencia de 4 eventos intensos de surgencia con valores de 8.28, 9.98, 8.48 y 10.68 m<sup>3</sup>/s en periodos coincidentes a lo observado en Tongoy. En relación a los volúmenes de surgencia, los valores mínimos se registraron entre el 10 al 18 de Junio y el 12 al 20 de Agosto con 2.69 y 4.94 m<sup>3</sup>/s, respectivamente, en sincronía a lo observado en la bahía de Tongoy (ver Figura 10A).

En cuanto al segundo índice de surgencia, estimado a partir de las anomalía sinópticas de temperatura, se identificaron 4 periodos destacables de anomalías negativas de temperatura superficial del mar (TSM), en simultáneo con los periodos de intensificación del viento sur, con una duración de 15.15, 11.12, 14.8 y 10.17 días asociados a un enfriamiento integrado de 5.14, 2.98, 4.53 y 2.42 °C por evento en los meses de Mayo-Junio, Junio, Julio y Agosto de 2021, respectivamente (Figura 12B y Figura 12C).

## Condiciones Atmosféricas



**Figura 13.** (A) Promedio del vector y magnitud del viento diario (en m/s y nudos) registrados en la estación costera de Punta de Choros. (B) Rosa de los vientos con datos horarios. Los datos corresponden al periodo comprendido entre el 1 de Junio de 2021 y el 31 de Agosto de 2021. (C) Velocidad de viento (m/s y nudos) registrada en la estación costera de Punta de Choros. Datos diarios (línea azul) entre el 1 de Junio de 2021 y el 31 de Agosto 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 cercanos al rango histórico observado (entre los años 2016 al 2020) con una velocidad promedio de viento de 2.3 m/s (4.5 nudos). Los periodos comprendidos entre el 19 al 27 de Junio y el 21 al 29 de Agosto presentaron mayores valores promedio con 3 m/s (5.8 nudos) y 2.7 m/s (5.2 nudos), respectivamente. El valor máximo de viento de 4.9 m/s (9.5 nudos) se registró el 26 de Agosto asociado a viento Sur,

mientras que el valor mínimo de 1 m/s (1.9 nudos) se observó el 4 de Junio ligado a viento proveniente del Oeste.

Punta de Choros presentó vientos predominantes del Sur (48 días) y del Sureste (16 días) en el trimestre de estudio, intercalado con eventos esporádicos de viento proveniente del resto de direcciones: Oeste (8 días), Noroeste (7 días), Norte (6 días), Sudoeste (5 días), Noreste (1 día) y Este (1 día).

**!NUEVA SECCIÓN!**

## » PRONÓSTICOS DE TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR (TSM)

En esta sección se introducen y presentan las predicciones de temperatura superficial del mar (TSM) de corto plazo obtenidas a partir del servicio operacional de la agencia francesa **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 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 las temperaturas superficiales del mar (TSM) promedio diarias para los próximos 10 días.

Adicionalmente se proporciona una evaluación de las predicciones 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.

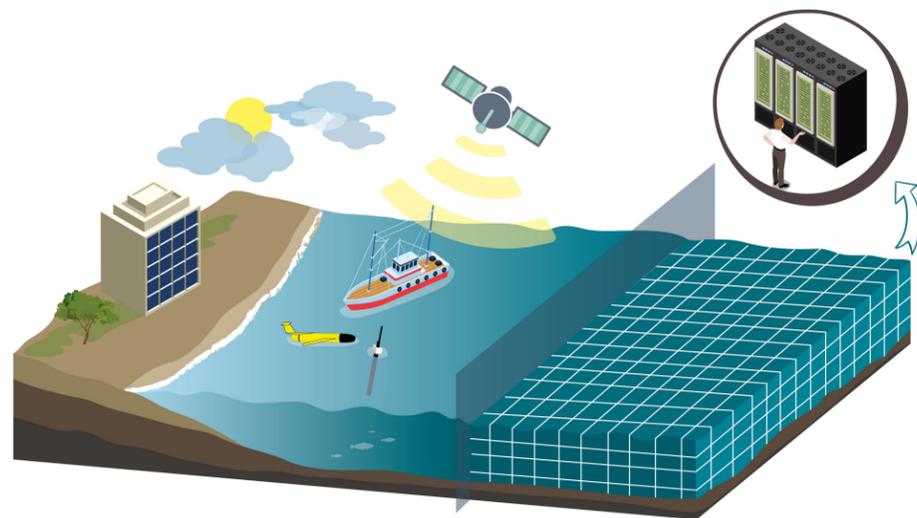
### LINKS DE ACCESO:

▶ PRONÓSTICO REGIONAL

▶ PRONÓSTICO LOCAL

### » ¿Qué es un pronóstico oceánico elaborado a partir de un modelo numérico?

Es el producto de un modelo matemático oceánico regido por ecuaciones de la dinámica de fluidos, conocidas como “ecuaciones primitivas”. Estas ecuaciones numéricas se resuelven mediante millones de cálculos en super computadores. A continuación, las mediciones atmosféricas y oceánicas se incorporan al modelo, es decir, los resultados del modelo matemático se combinan con las observaciones (por ejemplo, de satélites o boyas *in situ*) para generar una representación final lo más realista posible del estado del océano. Esto también permite proporcionar previsiones del estado del océano para 10 días. Por lo tanto, un modelo numérico permite a los pronosticadores ofrecer una representación tridimensional, actual, pasada o futura, del estado físico o biogeoquímico del océano.



Fuente: Drévilleon, M., Regnier, C., Sczycpta, camille, Levier, B., Perruche, C., & Van Gennip, S. (2021). Verification of Mercator Ocean global ocean forecasts. Copernicus GmbH. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-12037>

## » INVESTIGACIÓN CEAZAMar



### La surgencia afecta las condiciones meteorológicas y oceanográficas de la zona centro-sur de Chile

Las condiciones atmosféricas y oceanográficas de la zona centro-sur de Chile están controladas por eventos de surgencia. Durante la primavera y el verano austral, los vientos favorecen la surgencia costera dando lugar a cambios pronunciados en las condiciones oceanográficas y en los intercambios de gas y calor entre el aire y el mar. Los datos presentados en este estudio analizaron los cambios en variables meteorológicas, oceanográficas y biogeoquímicas durante dos temporadas consecutivas de surgencia (2016-2017 y 2017-2018) utilizando observaciones de una boya costera POSAR que está ubicada en la plataforma continental frente a Concepción.

Los datos entregados por la boya POSAR determinaron que las propiedades físicas y biogeoquímicas del agua de mar superficial frente a la costa de Concepción respondieron al estrés del viento (surazo) que es favorable para que ocurra la surgencia, donde los eventos de surgencia produjeron una disminución en la temperatura superficial del mar (SST), el oxígeno disuelto (OD) y el pH, mientras que, por el contrario, produjeron un aumento en las concentraciones de CO<sub>2</sub> (pCO<sub>2</sub>) y nutrientes.

Sin embargo, la respuesta de fluorescencia (clorofila) a las variaciones del viento fue más compleja y diversa.

▶ **Palabras claves:** surgencia, oxígeno disuelto, pH, clorofila, productividad, temperatura

▶ <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2021.702051/full>

#### Referencias:

Aguirre C, Garreaud R, Belmar L, Farías L, Ramajo L and Barrera F (2021) High-Frequency Variability of the Surface Ocean Properties Off Central Chile During the Upwelling Season. *Front. Mar. Sci.* 8:702051. doi: 10.3389/fmars.2021.702051

### Características de “bahía Coquimbo”, organización local y participación femenina en la pesquería de la macha en Caleta San Pedro



El artículo reflexiona sobre la experiencia de la comunidad pesquera de Caleta San Pedro, La Serena, único caso conocido en Chile donde las instituciones locales, sus mecanismos de gobernanza y la pesquería de la macha han persistido durante largos períodos de tiempo, a pesar de las alteraciones de los sistemas naturales y sociales. En un diálogo entre el conocimiento científico y el conocimiento profundo que tienen los pescadores locales, tanto de la macha como de sus propias historias, el estudio concluye que el éxito de esta pesquería se atribuye a una combinación única de factores socioecológicos.

▶ **Palabras claves:** AMERB; co-gestión; gobernanza; resiliencia; pesca artesanal; conocimientos ecológicos tradicionales; TURF.

▶ <https://www.ecologyandsociety.org/vol26/iss3/art5/>

#### Referencias:

Aburto, J. A., W. Stotz, G. Cundill, and C. Tapia. 2021. Toward understanding the long-term persistence of a local governance system among artisanal fishers in Chile. *Ecology and Society* 26(3):5. <https://doi.org/10.5751/ES-12479-260305>



## La mortandad más grande de ballenas entrega pistas sobre la relación genética de sus poblaciones



La mortandad masiva más grande alguna vez conocida para ballenas ocurrió en el sur de Chile el año 2015, en el Golfo de Penas. Más de 300 ballenas sei se encontraron muertas con pocos indicios que explicaran semejante evento.

A partir de los restos de huesos y piel momificada de las ballenas se logró establecer su separación genética con poblaciones del Atlántico y del Pacífico Norte, con señales de eventos de conexión en el pasado, similar a lo que se encontró en ballenas fin (VER BOLETIN CEAZAMAR JULIO 2021).

Esta definición poblacional sirve para establecer medidas de conservación distintas de acuerdo con presiones diferentes para cada población. Por ejemplo, aún se cazan ballenas sei en el Pacífico Norte, a pesar de la moratoria comercial global establecida en los años 80, lo que supone un estado de vulnerabilidad mayor.

**Palabras claves:** ballenas, Golfo de Penas, mortandad masiva, genética

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/aqc.3717?af=R>

### Referencias:

Pérez-Álvarez MJ, Rodríguez F, Kraft S, Segovia N, Olavarría C, Baker CS, Steel D, Funahashi N, Häussermann V, Ulloa M, Naretto C, Poulin E. 2021. Phylogeography and demographic inference of the endangered sei whale, with implications for conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*.

## Peces fósiles ilustran la biodiversidad pasada en la corriente de Humboldt



En este trabajo se describen restos fósiles de peces presentes en la zona costera de Bahía Inglesa, en la región de Atacama, entre 12-2 millones de años de antigüedad. Se descubrió la presencia de 13 especies, algunas de ellas aún existentes en la costa de Chile, pero otras que aun existen solo en otras zonas del planeta. Esto demuestra que las condiciones paleoambientales en la costa norte de Chile fueron muy diferentes a la actualidad.

**Palabras claves:** peces óseos, fósiles, Formación Bahía Inglesa

<https://doi.org/10.5710/AMGH.26.05.2021.3375>

### Referencias:

Oyanadel-Urbina, P., De Gracia, C., Carrillo-Briceño, J.D., Nielsen, S.N., Flores, H., Casteletto, V., Kriwet, J., Rivadeneira, M.M. and Villafaña, J.A., 2021. Neogene Bony Fishes from the Bahía Inglesa Formation, Northern Chile. *Ameghiniana*, 58(4), pp.345-368.



## El calentamiento global afecta el tamaño de los peces y su capacidad de dispersarse



Este estudio demuestra que un grupo de peces dominantes de los océanos globales (que incluyen las anchovetas y sardinas) se ha visto afectado por la temperatura del mar durante millones de años. Estas especies de peces han tendido a disminuir sus tamaños del cuerpo cuando los mares han estado más calientes; al mismo tiempo tienen a disminuir su capacidad de dispersarse y de producir nuevas especies. Esto sugiere que el escenario actual y proyecciones futuras de calentamiento global de los océanos, combinado con la sobreexplotación pesquera impondría un doble riesgo a la biodiversidad global de peces.

**Palabras claves:** anchovetas, sardinas, Clupeiformes, temperatura del mar, tamaño corporal, especiación, dispersión

<https://www.nature.com/articles/s41558-021-01123-5>

### Referencias:

Avaria-Llautureo, J., Venditti, C., Rivadeneira, M.M., Inostroza-Michael, O., Rivera, R.J., Hernández, C.E. and Canales-Aguirre, C.B., 2021. Historical warming consistently decreased size, dispersal and speciation rate of fish. *Nature Climate Change*, 11(9), pp.787-793.



## ¡Gusanos rebeldes!: la diversidad de especies de poliquetos marinos es mayor hacia el sur de Chile



En este estudio se muestra como los poliquetos, un grupo de gusanos marinos, contradicen la regla general de incremento en diversidad de especies hacia los trópicos. Por el contrario, el análisis de la distribución geográfica de más de 600 especies de gusanos presentes desde el sur del Ecuador a Magallanes, demostró que la máxima diversidad de especies se sitúa en torno a la zona de Chiloé. El estudio además sugiere que las causas de este inusual patrón se deberían a procesos evolutivos, que favorecieron una mayor diversificación de especies durante los últimos millones de años en dicha región.

**Palabras claves:** poliquetos, bentónico, gradiente, diversidad

<https://peerj.com/articles/12010/>

### Referencias:

Moreno RA, Labra FA, Cotoras DD, Camus PA, Gutiérrez D, Aguirre L, Rozbaczylo N, Poulin E, Lagos NA, Zamorano D, Rivadeneira MM. 2021. Evolutionary drivers of the hump-shaped latitudinal gradient of benthic polychaete species richness along the Southeastern Pacific coast. *PeerJ* 9:e12010 DOI 10.7717/peerj.12010



## » NOTICIAS CEAZAMar



### » Durante Septiembre: CEAZA expone sobre patrimonio y sustentabilidad cultural en Encuentro Habla Educador

Durante el mes de septiembre, la investigadora postdoctoral Jacinta Arthur participó del XII Encuentro Habla Educador de la Región de Coquimbo: “Nuevos desafíos para la Implementación de Estrategias Educativas en Tiempos de Pandemia”. En la instancia, la investigadora presentó sobre el rol del patrimonio en el contexto de la sustentabilidad cultural como pilar hacia el desarrollo sostenible. La jornada del 29 de septiembre se puede ver en el siguiente [VIDEO](#).



### » CEAZA participa en programa radial que aborda las implicancias de la Carrera Espacial en el cambio climático

Durante el mes de agosto la investigadora Laura Ramajo participó del Programa de Radio “Continciencia” liderado por la Seremi de Ciencia María José Escobar. En este programa se discutieron temas como cuáles han sido los avances de la carrera espacial y cómo el aumento de las misiones espaciales podría incrementar el cambio climático. El programa que se emitió el 27 de agosto se puede escuchar en el siguiente [LINK](#).



### » Entrevista en Canal 13- Investigadora CEAZA analiza informe IPCC en Matinal “Sin despertador”

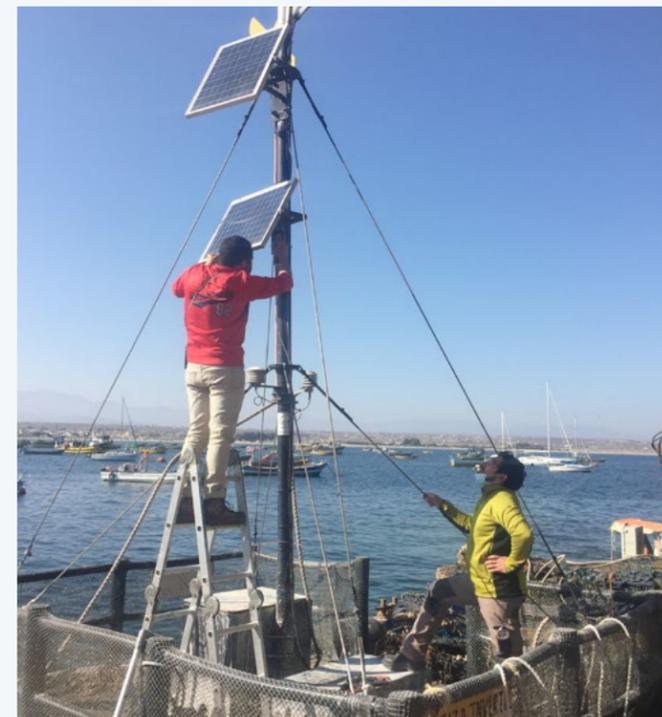
Las conclusiones del último informe del IPCC son lapidarias, pero ¿qué podemos hacer para adaptarnos? La investigadora del CEAZA Laura Ramajo participó en una entrevista en el programa “Sin Despertador” de Canal 13 donde se refirió a las propuestas desde el mundo científico. Revisa la entrevista en el siguiente [LINK](#).



### » Potencian monitoreo marino en colaboración con la industria ostonera.

Entre los días 6 y 26 de agosto del presente año se realizó la mantención anual de la estación CMET, en el muelle Orizon de la empresa acuícola OSTIMAR S.A. La estación fue trasladada a tierra previa autorización de la Capitanía de Puerto de Tongoy, donde posteriormente se efectuaron los trabajos de limpieza y pintado del casco, desmontaje de sensores para su calibración, cambio de cables de conexión y baterías de almacenamiento energético, acondicionamiento de los tensores del mástil y todos los ajustes necesarios para mejorar los procesos de medición y reporte de datos. A esto se suma la instalación de nuevos sensores atmosféricos en el mástil de la estación que permitirán obtener mediciones en línea de humedad relativa y radiación solar a 2,5 metros de altura.

El funcionamiento y mantención de la boya oceanográfica-meteorológica CEAZA se encuadra dentro del proyecto “Implementación de una Red de Monitoreo Meteorológico como herramienta de apoyo a la toma de decisiones en el ámbito agrícola y acuícola de la Región de Coquimbo”.



### » Talleres de transferencia de conocimiento: CEAZAMar entrega herramientas de apoyo a la toma de decisiones en el borde costero.

El grupo CEAZAMar transferirá conocimientos sobre los productos científicos del Boletín CEAZAMar, como herramienta de consulta y apoyo a la toma de decisiones de las comunidades asociadas al borde costero de la Región de Coquimbo. Este programa está orientado a vincular instituciones y gestionar acciones para facilitar el uso y aprendizaje de herramientas de importancia ecológica, económica y social, generadas por CEAZAMar y su propósito se proyecta a mediano y largo plazo para mejorar las condiciones competitivas de la industria acuícola y pesquera del borde costero de la Región, promover acciones para fortalecer la vinculación ciencia -empresa -sociedad y apoyar con conocimiento el desarrollo de las comunidades, la educación y la sostenibilidad de los ecosistemas.

Los talleres serán realizados en formato on line y presencial.





## » Proyecto de Aquapacífico y CEAZA identificará mecanismos de adaptación en peces marinos nativos para el desarrollo acuícola en un contexto de cambio climático

Investigadores de los centros de investigación Aquapacífico (Dra. Claudia Cárcamo) y CEAZA (Dr. Claudio Álvarez) se adjudicaron un proyecto FONDEF Idea I+D que busca identificar aquellos individuos de *Seriola lalandi* y *Seriola violacea* con una mejor respuesta biológica frente a eventos de disminución de oxígeno disuelto en el mar. De esta manera, la iniciativa tiene como propósito seleccionar a los reproductores de estas especies que presentan genotipos con mejor adaptación a hipoxia y mayor tasa de crecimiento, para promover la acuicultura de peces marinos en zonas costeras del norte del país.



## » CEAZA colabora en encuentro sobre prioridades, oportunidades y desafíos de la investigación climática en América del Sur para la próxima década

Los días 8 y 9 de septiembre se efectuó, de manera online, el "Foro de Investigación Climática del Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (WCRP) para América del Sur". La actividad abordó el plan de la organización para la presente década, que plantea problemáticas como el futuro y riesgo climático, información climática para la sociedad, el desarrollo de capacidades, entre otros. El Dr. Boris Dewitte, integrante del Centro Científico CEAZA fue colíder de la organización del foro para Sudamérica, junto a la Dra. Carla Gulizia de la Universidad de Buenos Aires (Argentina). Durante el segundo día se organizó una mesa redonda sobre temas de interés para el proyecto CLAP. Durante esta mesa redonda, los panelistas intercambiaron ideas y debatieron sobre nuevas actividades y oportunidades que están desarrollando las comunidades de científicos, programas o instituciones para fomentar la conexión entre la investigación y las soluciones oceánicas. Si quieres saber más sobre el taller y las temáticas discutidas puedes hacerlo en este [LINK](#).



## » INFOGRAFÍA



### » ¿QUÉ ES UN GLIDER Y CÓMO FUNCIONA?



Es un planeador submarino autónomo no tripulado operado remotamente, desde cualquier lugar con acceso a internet, y que funciona mediante cambios de boyantez. Este equipo oceanográfico permite obtener datos de la columna de agua: temperatura, conductividad (salinidad), oxígeno disuelto, presión (profundidad), turbidez, fluorescencia, entre otros. Este modelo puede descender hasta 1000m de profundidad, y al salir a la superficie envía datos científicos y de navegación registrados en su último tramo de navegación a través de comunicación satelital. Permite obtener datos oceanográficos en condiciones marítimas poco favorables como tormentas o incluso huracanes, siendo fundamental para alimentar modelos de predicción climática.

CAMPAÑAS DE GLIDER EN CHILE POR CADA REGIÓN (2009-2020)



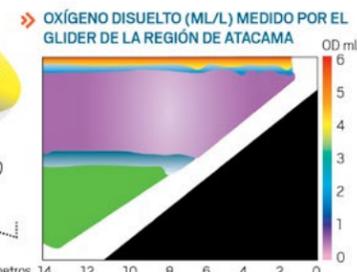
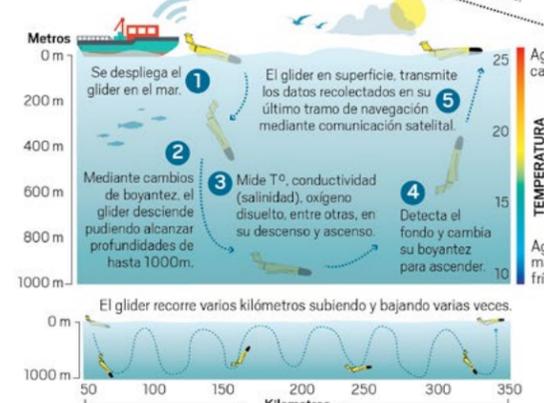
Los datos obtenidos con el glider se complementan con diversos sistemas de observación oceánica como boyas superficiales, anclajes, boyas perfiladoras ARGO, campañas desde buques oceanográficos o datos satelitales. Los datos colectados permiten mejorar los pronósticos estacionales y climáticos; aportan en el estudio de la circulación oceánica bajo el actual escenario de cambio climático; permiten estudiar el rol de la circulación sobre la variabilidad de la Zona Mínima de Oxígeno y validar modelos oceanográficos desarrollados para estudiar la sensibilidad del ecosistema marino.

Estos equipos se han ido desarrollando desde los años 1990 y son utilizados en todos los océanos. Existen varias redes nacionales e internacionales de gliders, y estos equipos dependen de universidades, centros de investigación, de la Armada o de centros nacionales especializados en este tipo de instrumentación.

En Chile, actualmente se contabilizan 3 gliders operativos pertenecientes a la Universidad Católica del Norte, Universidad de Concepción y al Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA).



### » FUNCIONAMIENTO DEL GLIDER



### » CAMPAÑA OCEANOGRÁFICA OCTUBRE-NOVIEMBRE 2021 PROYECTO CLAP



1000 mts. puede descender un glider  
24 km. puede recorrer un glider por día  
12 meses puede llegar a durar una misión de un glider (depende de las baterías)

Redacción: María Vialldares y Nadín Ramírez | Diseño: Janina Guerrero | Agradecimientos: Proyecto CLAP, Universidad Católica del Norte y Universidad de Concepción.



## » 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:** La altimetría es el 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 pueden 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):** Anomalía se refiere a 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 cuales son las características térmicas, pluviométricas y de nubosidad de una zona o región.

**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). 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 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.

**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.

¡Nuevo término!

**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).

**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.

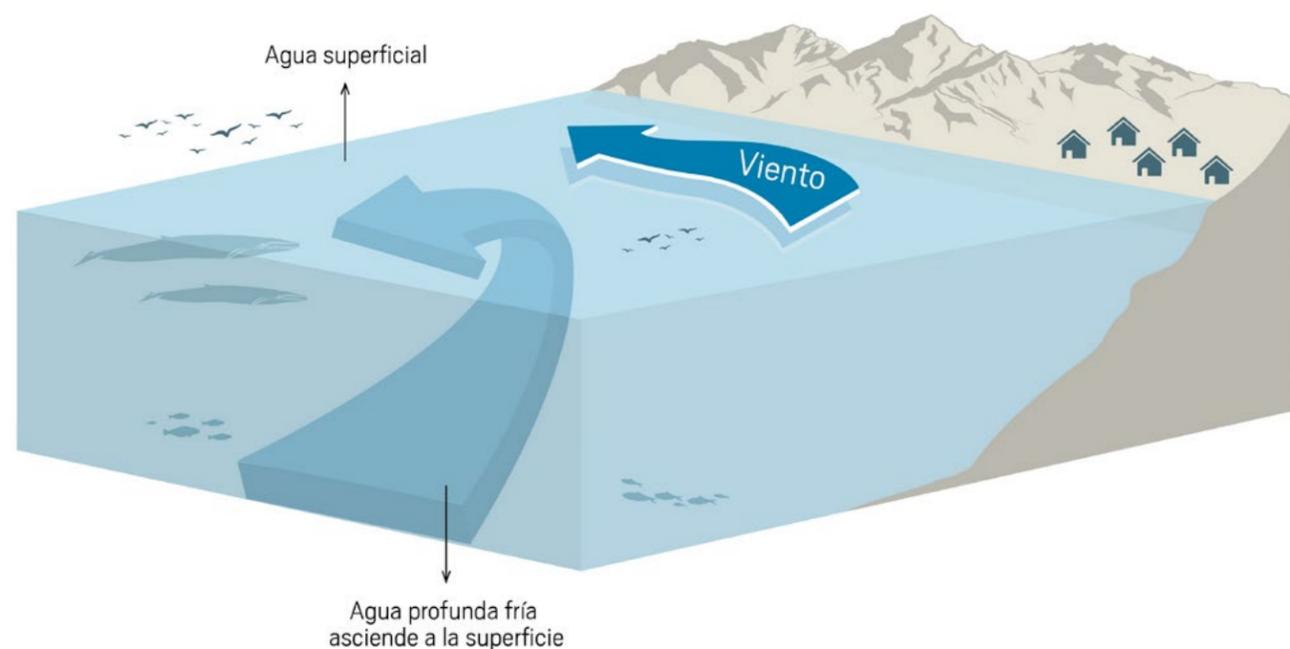
**Surgencia:** La surgencia, o afloramiento de aguas profundas, es un proceso oceanográfico resultante de la interacción entre el viento, la superficie del mar y la rotación de la Tierra, cuyo resultado es el movimiento y reemplazo de las aguas superficiales del océano por agua más profunda. El viento

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. Ésta aplicación es posible debido a que todo cuerpo emite energía electromagnética de acuerdo, principalmente, a su temperatura. Los instrumentos satelitales (también llamados sensores) captan la emisión de superficie del mar, y se obtiene lo que se denomina Temperatura Superficial del Mar (TSM) con un grado adecuado de confiabilidad (±1°C).

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

**SURGENCIA**



» 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	Marca/Modelo				
Punta de Choros (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/m2	2 m	Licor Li200	400 a 1100 nm	± 5%	0,1
	Presión Atmosférica	hPa	2 m	Vaisala PTB110	500 a 1100 hPa	±0,3 hPa	0,1 hpa
Precipitación	mm	1,5 m	Texas Instrument TR-525M	0 a 700 mm/h	2 mm	1%	
Tongoy Balsa (0 msnm) 30°16'30"S, 71°33'42"O	<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)	Instrumentos de Medición			Rango/ sensibilidad	Precisión	Resolución	
	Parámetro	Unidad	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  
OCTUBRE  
2021

