



Boletín

CEAZAMar

ENERO

2023





Índice

» ¿QUÉ ES CEAZA? ¿QUÉ ES CEAZAMar?	03
» CRÉDITOS Y AGRADECIMIENTOS	04
» RESUMEN	05
» MENSAJES DESTACADOS	06
» ESTRUCTURA DEL BOLETÍN	07
» DIAGNÓSTICO DE LA REGIÓN DE COQUIMBO	08
» Observaciones regionales	08
» Anomalía Mensual de la Temperatura Superficial del Mar (TSM)	08
» Condiciones Climáticas: Índices El-Niño Chileno y El-Niño Este Pacífico (El-Niño EP)	09
» Nivel del Mar	10
» Velocidad y Dirección del Viento	12
» Temperatura Superficial del Mar (TSM)	14
» Clorofila superficial	16
» Observaciones locales	18
» Localización de las estaciones de monitoreo costeras en la Región de Coquimbo	18
» Punta de Choros	19
» Sistema Bahía de Tongoy - Punta Lengua de Vaca	22
» Diagnóstico de los sectores productivos	26
» Diagnóstico de las condiciones de la Bahía de Tongoy y su relación con la productividad del recurso Ostión del Norte durante los años 2021 y 2022	26
» PRONÓSTICO A CORTO PLAZO	29
» Viento, temperatura superficial del mar (TSM) y oleaje	29
» INFOGRAFÍA	30
» GLOSARIO	31
» ANEXOS	34
» Parámetros e instrumentos de las estaciones de monitoreo costeras	34
» Procedencia de los datos analizados	35

Nueva
visualización





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

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

CEAZAMar tiene como objetivos principales:

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

!NUEVA WEB!

» Para saber más sobre CEAZAMar, ingresa a:

www.ceazamar.cl





» CRÉDITOS Y AGRADECIMIENTOS



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

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

CONTACTO:

✉ ceazamar@ceaza.cl

🖱 www.ceazamar.cl



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

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

EQUIPO CEAZAMar

Coordinador General:

Orlando Astudillo

Generación de productos atmosféricos y oceanográficos:

Orlando Astudillo, Boris Dewitte, Lucas Glasner, Jorge Inostroza, Cristian Orrego, José Rutllant, Pablo Salinas, María Valladares

Investigadores:

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

Transferencia y Vinculación:

Pilar Molina

Comunicación:

Marcela Zavala, Pedro Araya

Divulgación y Difusión:

Valentina Aliste, Paloma Núñez, José Luis Rojas

Diseño y Diagramación:

Janina Guerrero

Diseño y Mantención de Plataforma Web:

Carlo Guggiana-Díaz

Comité Externo:

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

Equipo Directivo CEAZA:

Carlos Olavarría, Claudio Vásquez

Agradecimientos: Proyecto Fondecyt 11190999

Citar como:

Boletín CEAZAMar - Octubre (2022). Análisis de las Condiciones Atmosféricas y Oceanográficas de la Región de Coquimbo (Septiembre 2022 - Noviembre 2022). 35 páginas. DOI: 10.6084/m9.figshare.21954626





» RESUMEN



El presente Boletín CEAZAMar contiene un diagnóstico de las condiciones atmosféricas y oceánicas generales del Pacífico suroriental, y en detalle para la Región de Coquimbo durante el periodo comprendido entre el 1 de septiembre al 30 de noviembre de 2022. Adicionalmente, se provee un diagnóstico de la productividad del Ostión del Norte en la Bahía de Tongoy para dicho periodo.

Durante este trimestre, la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en el Pacífico suroriental continuó bajo la influencia de La Niña (fase fría del ciclo ENOS) caracterizada por anomalías negativas (frías) de la TSM. Frente a la costa de la región de Coquimbo persistieron también las anomalías negativas de la TSM durante septiembre y octubre, situación que se normaliza en noviembre. Esta normalización se manifestó a nivel local particularmente en la bahía de Tongoy.

La consistencia observada en el trimestre anterior entre la persistencia de La Niña y las anomalías negativas de TSM reflejadas en los índices Chile El Niño (CEN) y El Niño en el Pacífico oriental (EP) se pierde este trimestre con las anomalías cálidas en la bahía de Tongoy durante octubre y noviembre, probablemente asociadas a fenómenos locales. Esto, sumado a una reducida actividad de las ondas de Kelvin de afloramiento (anomalías negativas del nivel del mar) en el Pacífico ecuatorial central a partir de julio de 2022, y al regreso a valores positivos en las anomalías del nivel del mar en el Pacífico ecuatorial central a partir de octubre de 2022, sugiere para los próximos meses un retorno a condiciones neutras en el Pacífico ecuatorial.

Consistentes con la primavera austral, el viento satelital (10 metros) registró un incremento en magnitud con una sostenida dirección Sur. Los dos periodos de vientos más débiles se registraron a principios y fines de noviembre con velocidades promedio inferiores a 4 m/s. Magnitudes promedio del viento por encima de los 8 m/s afectaron la zona Norte de la Región entre el 19 y 27 de septiembre y la zona Sur entre el 7 y 15 de octubre.

A escala local, vientos de dirección Sur dominaron el trimestre con frecuencias por encima del 70% del tiempo, excepto en noviembre cuando los vientos mostraron mayor variabilidad, con frecuentes direcciones Norte. La mayor frecuencia de vientos del Sur se observó en Chañaral de Aceituno (90%), mientras Huentelauquén mostró la mayor presencia de vientos Norte.

Mientras la primera mitad del semestre mostró una TSM costera característica del periodo invernal (12-13 °C), en coherencia con las condiciones de La Niña y los vientos favorables a la surgencia, desde mediados de octubre se observa un progresivo calentamiento que alcanza a los 16-17°C hacia el final del periodo, excepto al entorno de Punta Lengua de Vaca donde las temperaturas no superaron los 14-15°C.

En relación al trimestre precedente y al incremento estacional de los vientos del Sur y de la radiación solar, se observó un aumento en la clorofila satelital en octubre entre Tongoy y el Norte de Isla Chañaral, alcanzando este mes valores medios superiores a 10 mg/m³. En contraste, se observaron bajos valores de clorofila durante todo el mes de noviembre, particularmente en océano abierto, aunque la zona más próxima a la costa, en especial al N de la Región, mostró valores medios más altos (3 a 10 mg/m³).

Para Punta de Choros y respecto al trimestre anterior, el índice de surgencia derivado del viento indica un aumento del volumen de agua transportada hacia mar abierto. Lo más destacable, por su clara repercusión en las TSM y en la clorofila, son los eventos del 6 al 16 de octubre, del 21 de octubre al 3 de noviembre y del 16 al 22 de noviembre sobresaliendo este último que alcanzó una anomalía sinóptica de -1°C coincidente con un máximo de clorofila satelital de 16.7 mg/m³.

Para la bahía de Tongoy se observa también un sostenido transporte de aguas costa afuera, alcanzando magnitudes superiores a 2 m³/s varias veces durante el trimestre. Destaca aquí el evento del 19 al 27 de septiembre que, a diferencia de Punta de Choros, generó un enfriamiento progresivo de la bahía que duró aproximadamente 11 días y que se asocia a un enfriamiento integrado de 4.5°C con anomalías sinópticas en torno a -0.5°C. Un evento de igual duración ocurrió entre el 23 de octubre al 2 de noviembre, generando una anomalía sinóptica de -1.3 °C.

La temperatura del agua promedio para la Bahía de Tongoy para el trimestre fue de 13.2, ligeramente superior al valor promedio de 12.9 °C registrado el trimestre anterior. El valor mínimo del trimestre, de 12.1 °C, se observó el 19 de octubre de 2022, mientras que el valor máximo de 14.5°C ocurrió el 22 de noviembre de 2022.

En cuanto a los niveles de clorofila, el valor promedio trimestral fue de 5.6 mg/m³, con un valor mínimo de 0.5 mg/m³ el 1 de noviembre de 2022, y un valor máximo de 17.9 mg/m³ el 21 de octubre de 2022. El oxígeno disuelto y la saturación de oxígeno presentaron valores promedio de 3.8 ml/l y 63.9%, respectivamente, inferiores a los registrados el trimestre anterior. El valor mínimo, de 2 ml/l (33.4%), se registró el 12 de octubre de 2022, mientras que el valor máximo, de 5.4 ml/l (92.4%), se registró el 25 de octubre de 2022.

El diagnóstico de la industria del ostión del norte destaca el aumento del calibre de los ostiones cosechados en el presente año en relación al año 2021. Este incremento en la talla de los organismos cosechados se podría explicar por el aumento del tiempo de cultivo, el cual se amplió de 175 días en el año 2021 a 200 días en el 2022, dadas las mejores condiciones ambientales (mayor disponibilidad de oxígeno), la actual demanda del mercado y los actuales formatos de comercialización del producto en los mercados.



» MENSAJES DESTACADOS



1

Las anomalías del nivel del mar en el Pacífico ecuatorial central han regresado a valores positivos a partir de Octubre 2022, sugiriendo un retorno a condiciones neutras en el Pacífico ecuatorial.

2

Las mediciones de viento, temperatura, oxígeno y clorofila en la bahía de Tongoy registraron valores cercanos al promedio histórico.

3

El viento del sur, favorable a la surgencia, dominó gran parte del trimestre (73.3% en promedio) en la mayoría de las localidades de la Región de Coquimbo, gatillando eventos de surgencia asociados a reducciones transitorias de temperatura y posterior aumento de las concentraciones de clorofila.

4

A nivel del Pacífico Sudeste, el trimestre septiembre, octubre, noviembre de 2022 mantuvo las condiciones oceánicas frías de la Niña. Sin embargo, a nivel local, la costa de la región de Coquimbo registró un aumento sostenido de la temperatura finalizando con anomalías positivas en el mes de noviembre.

5

A fines de septiembre se incrementaron drásticamente las concentraciones de clorofila en superficie con máximos a mediados del mes de octubre, en particular en las localidades costeras del sistema de bahías de Coquimbo (Punta de Choros a Tongoy)

6

El diagnóstico de la industria del ostión del norte en la bahía de Tongoy indica que durante el año 2022 el tiempo de cosecha y por ende el calibre de los ostiones estuvo determinado por la demanda del mercado bajo condiciones ambientales más favorables que las observadas durante el año 2021.

» PRONÓSTICOS REGIONALES Y LOCALES

CEAZAMar provee pronósticos regionales y locales para la Región de Coquimbo para los próximos 10 días de viento en superficie, Temperatura Superficial del Mar (TSM) y oleaje (ver en www.ceazamar.cl). Más información sobre cómo se construyen los pronósticos en la página 29 de este boletín.

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

AQUÍ



» ESTRUCTURA DEL BOLETÍN



El Boletín CEAZAMar surge del quehacer científico desarrollado en el borde costero y del océano de la Región de Coquimbo por el Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA). Este boletín busca constituirse como una **herramienta de orientación y consulta** para las múltiples actividades productivas y no productivas que tienen lugar en las costas de la Región de Coquimbo.

Para tal efecto, el Boletín provee información de variables del sistema atmosférico y oceanográfico que resultan **clave para la planificación de las actividades en el mar**, con el fin de mejorar la toma de decisiones de los usuarios, y aportar a la capacidad adaptativa de las comunidades costeras frente a la variabilidad ambiental y climática.

A través de información satelital y de equipos de monitoreo desplegados a lo largo de la costa de la Región de Coquimbo, este Boletín provee información relativa al **viento, Temperatura**

Superficial del Mar (TSM), nivel del mar, entre otras, las cuales se relacionan con el estado del mar y la ocurrencia de surgencia costera (viento), productividad (concentración de clorofila), y presencia o ausencia de distintas facetas de El Niño.

Este análisis atmosférico y oceanográfico trata de representar la heterogeneidad espacial y temporal de las condiciones hidrodinámicas costeras que alberga la Región de Coquimbo. Esto a través del uso de mapas y series de tiempo y análisis trimestrales de dichas variables ambientales, para múltiples localidades de la Región, tales como Chañaral de Aceituno, Punta de Choros, Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, Punta Lengua de Vaca, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos.

Finalmente, se vincula el diagnóstico de las condiciones atmosféricas y oceanográficas de la Región de Coquimbo con los indicadores de productividad acuícola disponibles para el periodo de interés.



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

Observaciones de la región Pacífico Sur Oriental

Anomalia Mensual de la Temperatura Superficial del Mar (TSM)

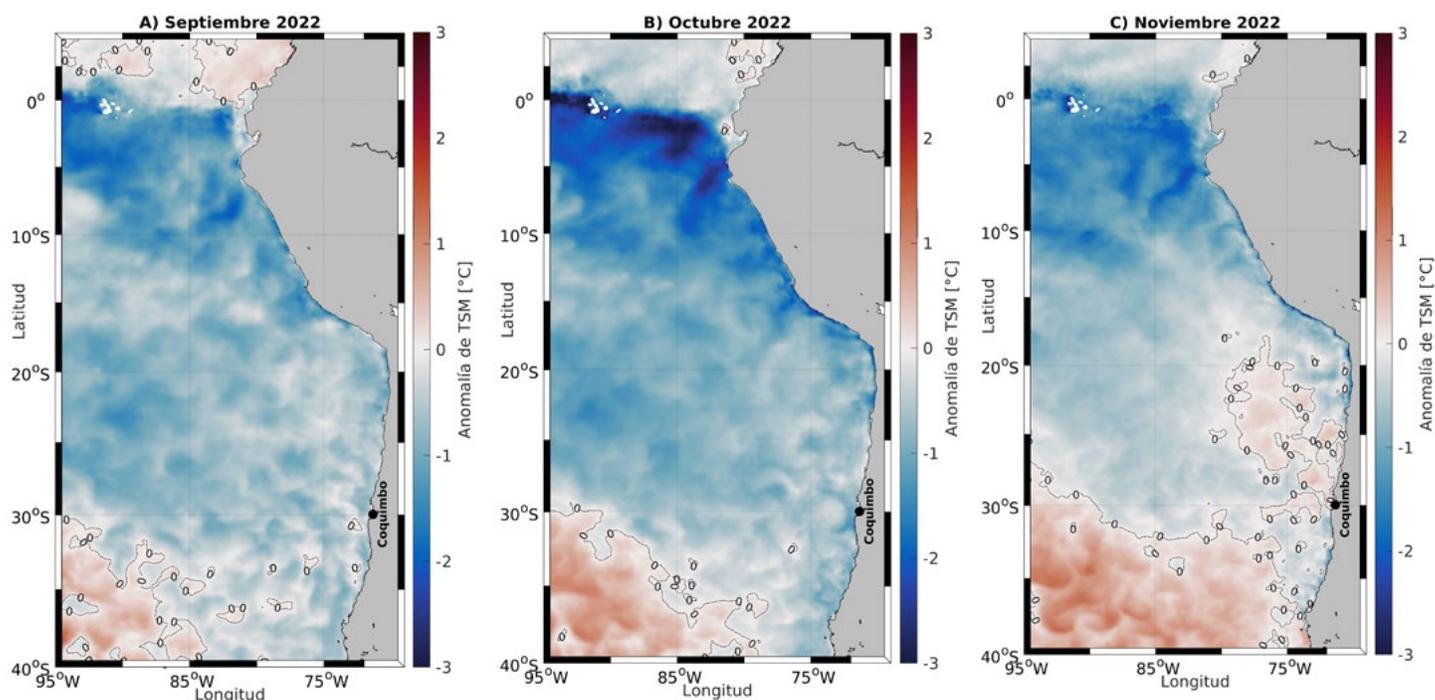


Figura 1. Anomalia mensual de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) (°C) de (A) septiembre de 2022, (B) octubre de 2022 y (C) noviembre de 2022. Las anomalías de TSM se calcularon con respecto al periodo 2006-2019. Los colores rojos en el mapa indican zonas en las que la TSM mostró valores por encima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

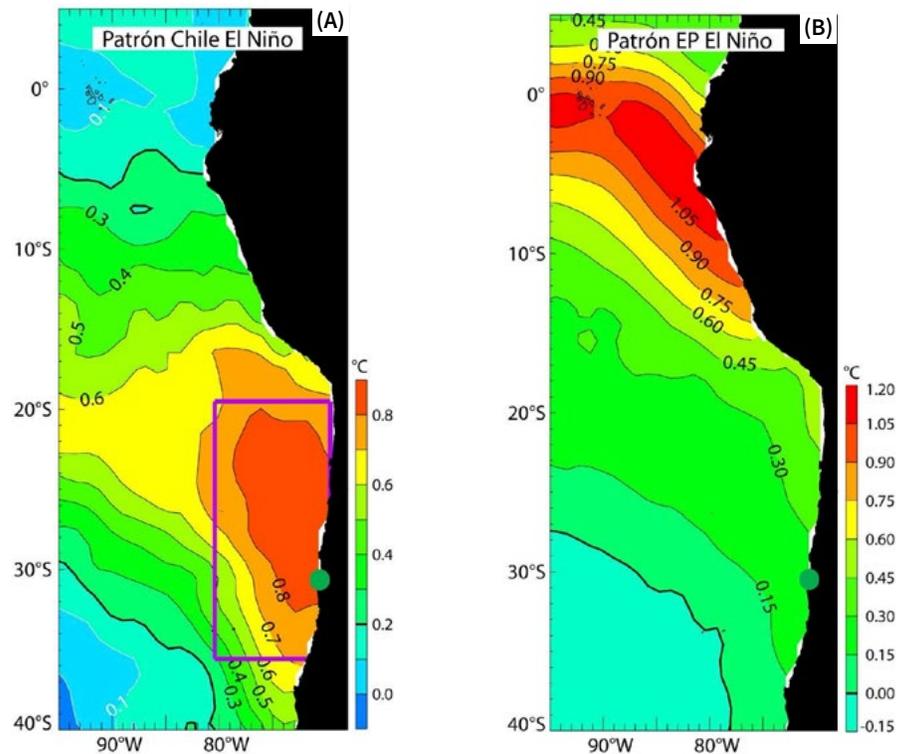
Para el trimestre comprendido entre septiembre y noviembre de 2022, se observa la persistencia de la anomalía negativa (enfriamiento) de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) (es decir, el cambio de esta variable en relación al promedio histórico calculado entre los años 2006 - 2019) para gran parte de la región del Pacífico Suroriental, lo cual es consistente con las condiciones del periodo frío del evento ENOS-La Niña.

A nivel local, se observa una reducción en relación al trimestre anterior (**ver Boletín CEAZAMET octubre 2022**) en las anomalías negativa (enfriamiento) de la TSM para la Bahía de Tongoy entre septiembre (-0.22°C) y octubre (-0.12°C), para finalizar en el mes de noviembre de 2022 con una anomalía positiva (calentamiento) de 0.72°C.

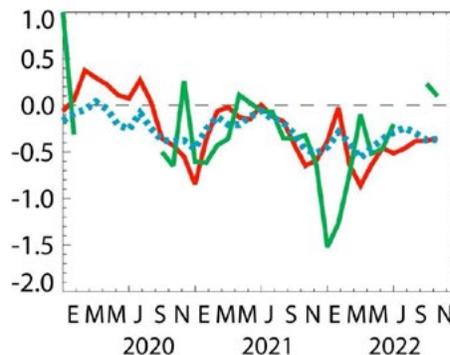


Condiciones climáticas: Índices El-Niño Chileno y El-Niño Este Pacífico (El-Niño EP)

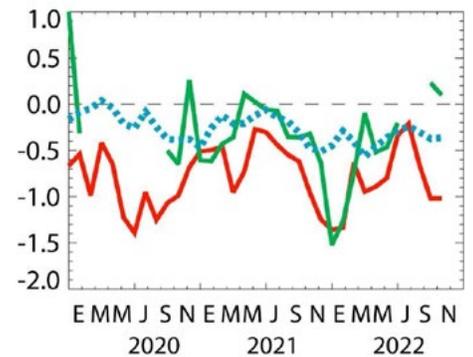
Figura 2. Patrones e índices climáticos para la Región de Coquimbo: (A) Patrón del modo climático Chile El Niño (CEN). Colores y contornos indican anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) en °C. (B) Patrón del modo climático El Niño (EN) del Pacífico Este. Colores y contornos indican anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) en °C. (C) Comparación de la evolución del índice Chile El Niño (CEN) (roja), de las anomalías de la temperatura superficial del mar en Tongoy entre las observaciones (en verde) y la solución de un modelo estadístico (en azul punteado) entre enero de 2020 y noviembre de 2022. El modelo estadístico está basado en una regresión multilínea para las anomalías de (TSM) en Tongoy usando como predictores los dos índices climáticos (CEN y EN). (D) Comparación de la evolución del índice El Niño del Pacífico Este (en rojo) de las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) en Tongoy para las observaciones (en verde) y la solución de un modelo estadístico (en azul punteado) entre enero de 2020 y noviembre de 2022. Las anomalías en temperatura superficial del mar (TSM) fueron calculadas usando como referencia el período comprendido entre 1960 y 2019.



Índice Chile El Niño



Índice EP El Niño



Los distintos modos climáticos que se encuentran en el Pacífico Sudeste condicionan las características de la circulación costera y por ende el ambiente a lo largo de la costa de Chile central. Debido a condiciones La Niña persistentes, los índices CEN (Chile El Niño) y EN (El Niño EP) continúan con valores negativos durante los últimos meses. A nivel local, la variabilidad de las anomalías de la TSM en la Bahía de Tongoy se mantuvo en coherencia con la evolución de los índices CEN y EN (indicando un control por las condiciones regionales) hasta fines del invierno, sin embargo las anomalías cálidas de los meses de septiembre y noviembre 2022 en la Bahía de Tongoy parecen responder a procesos locales debido a que los CEN y EN siguen con valores negativos.



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.

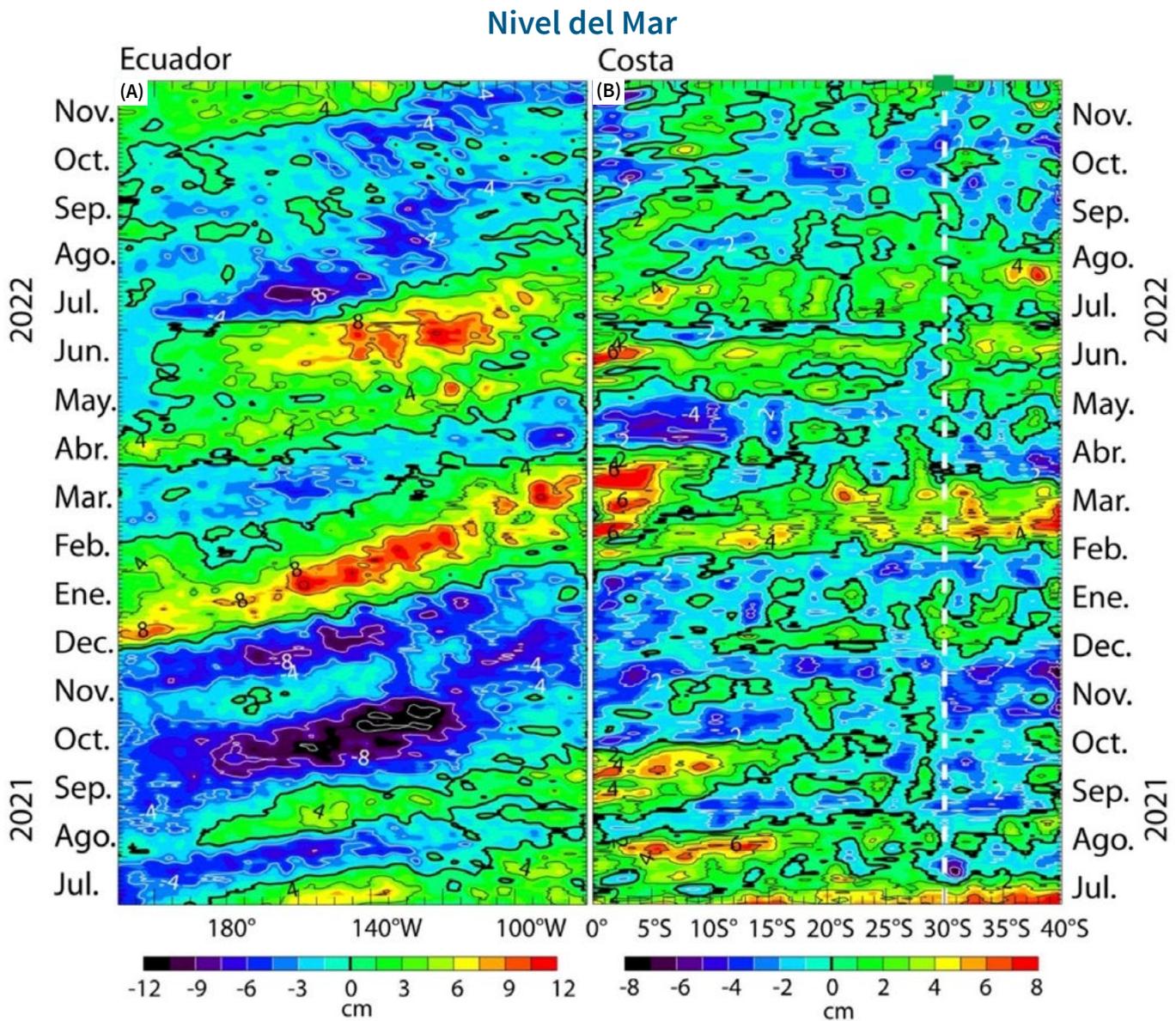


Figura 3: Evolución de las anomalías del nivel del mar a lo largo (A) del Ecuador y (B) de la costa para el período comprendido entre el 1 julio de 2021 al 30 de noviembre de 2022. Los cambios en el nivel del mar se muestran en centímetros (cm).

La evolución de la actividad de ondas de Kelvin ecuatoriales en el segundo semestre del presente año (a partir de Julio 2022) indica una actividad reducida asociada a ondas de afloramiento (anomalías negativas del nivel del mar). Esa señal, consistente con las condiciones La Niña, se propagó a lo largo de la costa (Figura 3 derecha) con una fuerte disipación al llegar a la latitud de la región de Coquimbo.

Mientras que esas ondas mantuvieron condiciones ligeramente frías a lo largo de la costa, desde Octubre 2022 hay un retorno a condiciones locales ligeramente cálidas (anomalías de nivel del mar positivas). Por otra parte, las anomalías del nivel del mar en el Pacífico ecuatorial central han regresado a valores positivos a partir de Octubre 2022 sugiriendo un retorno a condiciones neutras en el Pacífico ecuatorial.



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





Velocidad y Dirección del Viento

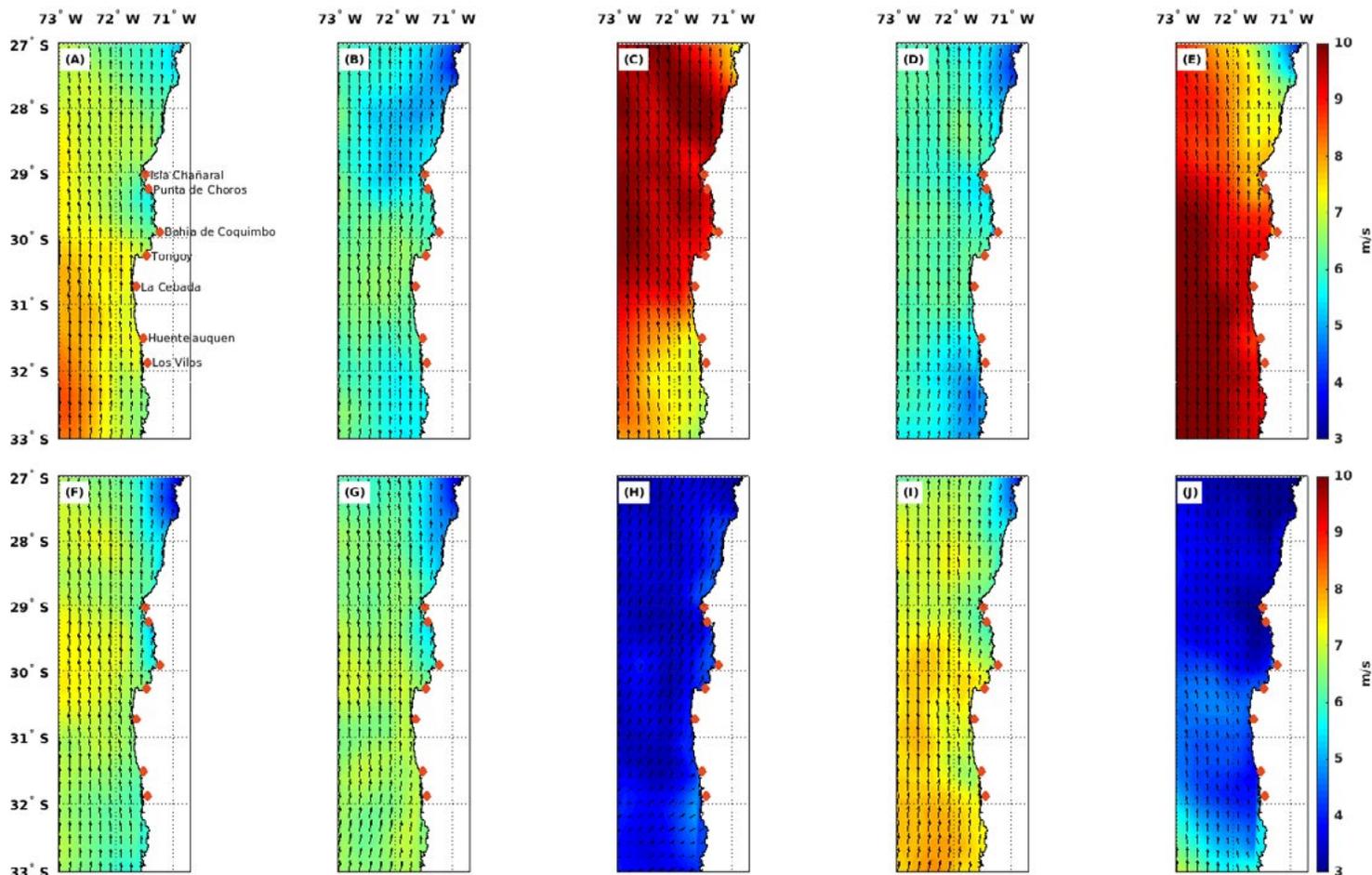


Figura 4. Promedio de la velocidad (m/s) y dirección de viento estimada a través de la observación satelital a 10 metros sobre el nivel del mar frente a la Región de Coquimbo desde el 1 de septiembre del 2022 al 29 de noviembre del 2022. Cada imagen muestra el promedio para ambas variables (velocidad y dirección de viento) para un período de 9 días (A) 1-sep-2022 a 9-sep-2022 (B) 10-sep-2022 a 18-sep-2022, (C) 19-sep-2022 a 27-sep-2022, (D) 28-sep-2022 a 06-oct-2022, (E) 7-oct-2022 a 15-oct-2022, (F) 16-oct-2022 a 24-oct-2022, (G) 25-oct-2022 a 2-nov-2022, (H) 3-nov-2022 a 11-nov-2022, (I) 12-nov-2022 a 20-nov-2022, y (J) 21-nov-2022 a 29-nov-2022. Se muestran con puntos rojos las localidades de Chañaral de Aceituno, Punta de Choros, Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos.

Consistente con la temporada de primavera, la dirección del viento costero de la región de Coquimbo muestra un incremento de su magnitud y una disminución de su variabilidad. En promedio, se distinguen los períodos del 19 al 27 de septiembre y del 7 al 15 de octubre (Figuras 4C y E) por ser los períodos de mayor intensidad, que respectivamente

afectaron la zona norte y sur de la región con magnitudes de viento superiores a 8 m/s (15.2 nudos). Por otro lado, se observa se destacan los períodos del 3 al 11 de noviembre y del 21 al 29 de noviembre del mismo mes (Figuras 4H y J) por ser los períodos de mayor calma, con velocidades en promedio inferiores a 4 m/s (7.6 nudos).

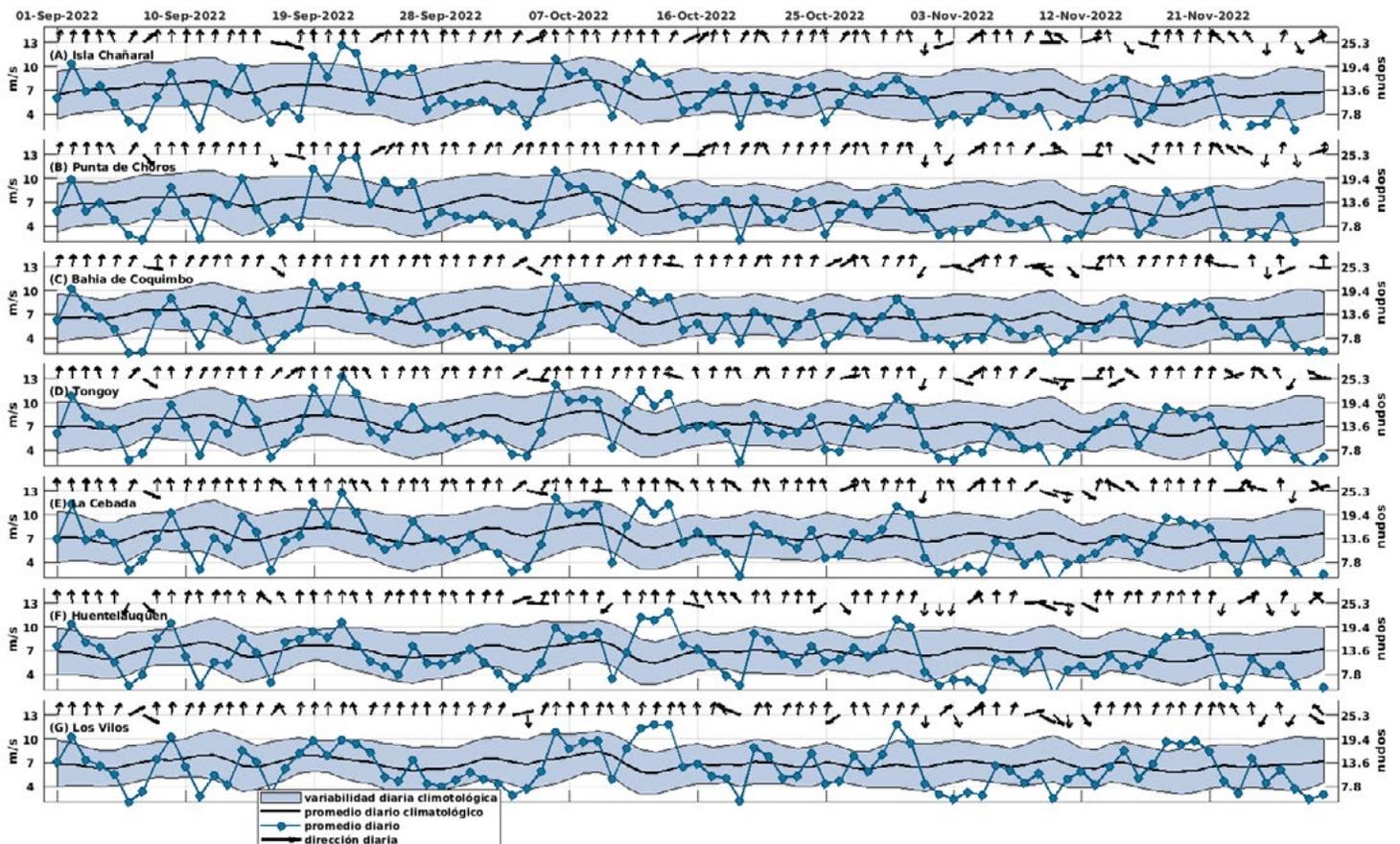


Figura 5. Series diarias de la velocidad (en m/s y nudos) y dirección de viento promedio diario satelital para las localidades de (A) Chañaral de Aceituno, (B) Punta de Choros, (C) Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, (F) Huentelauquén y Los Vilos desde el 1 de septiembre del 2022 al 29 de noviembre del 2022 (curva azul punteada). Adicionalmente, se incluye el promedio diario histórico de velocidad de viento (curva negra) y su anomalía (sombreado azul), es decir, su desviación estándar respecto al período histórico comprendido entre el año 2008 y 2020.

Con respecto al viento sur en las localidades costeras, se destacan por su alta magnitud los eventos comprendidos entre el 19 al 22 de septiembre y el 6 al 15 de octubre.

El primer evento afectó principalmente la zona centro-norte de la región con velocidades máximas de 13.3 m/s (25.3 nudos) el 21 de septiembre en la localidad de Tongoy/Punta Lengua de Vaca (Figura 5D).

El segundo evento destaca por su intensidad en toda la región excepto por el día 10 de octubre donde se observa una condición de calma que duró un sólo día. Para este evento se registraron ráfagas superiores a 12 m/s (22.8 nudos) el día 14 de octubre en las localidades de Huentelauquén y Los Vilos que mostraron velocidades notoriamente anómalas respecto al valor medio esperado para esa fecha (Figura 5F).

Similarmente, pero en menor medida, destaca el evento comprendido entre el 13 al 21 de noviembre por presentar anomalías de viento significativas, con máximos de 10 m/s (19 nudos) en la localidad de Los Vilos.

En contraposición, destacan los períodos comprendidos entre el 27 de septiembre al 4 de octubre y el 2 al 11 de noviembre por presentar las menores velocidades del viento del trimestre. En ellos se distinguen los días 4 de octubre y 10 de noviembre por presentar vientos menores a 3.5 m/s (6.7 nudos) en la totalidad de las localidades costeras.

Por último, respecto a la dirección del viento, se observa que la mayoría de las localidades presentaron viento del sur favorable a la surgencia en la mayoría del trimestre (73.3% en promedio), a excepción del mes de noviembre, el cuál presentó la mayor variabilidad y el mayor número de eventos de viento norte.

En términos porcentuales destaca la localidad de Chañaral de Aceituno por presentar vientos favorables a la surgencia durante el 90% del trimestre. Mientras que por otro lado, destaca la localidad de Huentelauquén por presentar vientos no favorables a la surgencia en un 15.5% del trimestre, siendo la localidad con mayores escenarios de viento norte respecto a las demás.



Temperatura Superficial del Mar (TSM)

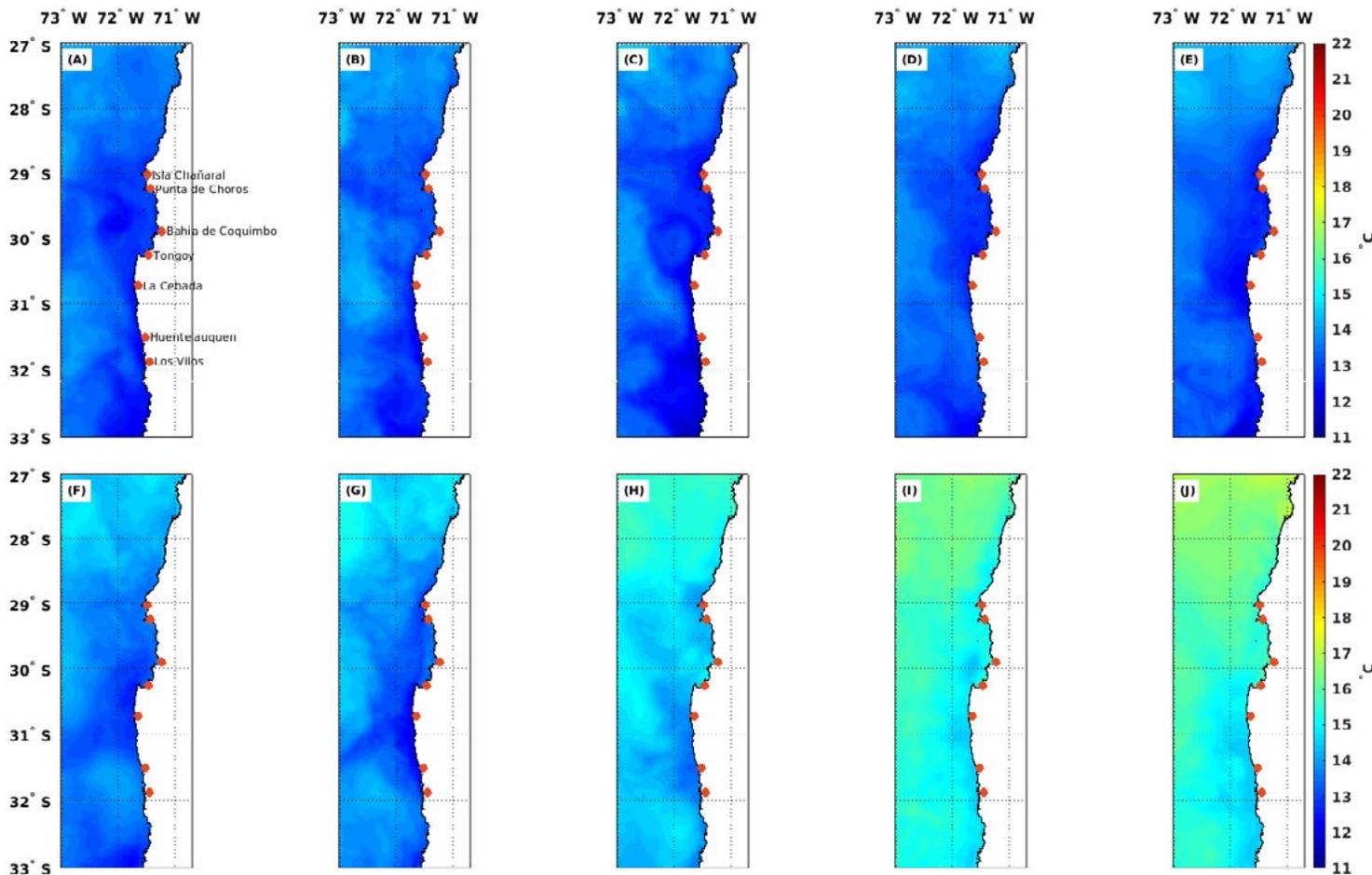


Figura 6. Temperatura Superficial del Mar (TSM) (°C) estimada a través de la observación satelital de la superficie oceánica frente a la Región de Coquimbo desde el 1 de septiembre del 2022 al 29 de noviembre del 2022. Cada imagen muestra el promedio para la TSM para un periodo de 9 días (A) 1-sep-2022 a 9-sep-2022 (B) 10-sep-2022 a 18-sep-2022, (C) 19-sep-2022 a 27-sep-2022, (D) 28-sep-2022 a 06-oct-2022, (E) 7-oct-2022 a 15-oct-2022, (F) 16-oct-2022 a 24-oct-2022, (G) 25-oct-2022 a 2-nov-2022, (H) 3-nov-2022 a 11-nov-2022, (I) 12-nov-2022 a 20-nov-2022, y (J) 21-nov-2022 a 29-nov-2022. Se muestran con puntos rojos las localidades de Chañaral de Aceituno, Punta de Choros, Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos.

A modo general, se observa que durante la primera mitad del trimestre se mantuvieron condiciones similares a la invernal (Figuras 6I y J boletín 2022), con poca variabilidad y una magnitud en torno a los 12°C - 13°C en la costa. Esto se explica en parte por la prevalencia de la condición “La Niña” en esos períodos (Figura 1A) así como por la presencia de eventos de viento sur que favorecen el enfriamiento debido a la surgencia de aguas profundas (Figuras 4C y E).

A partir de la segunda mitad del trimestre, específicamente desde el período del 16 al 24 de octubre (Figura 6F) se observa

un calentamiento de la región correspondiente a la temporada primaveral y la transición hacia condiciones estivales. Este calentamiento permite que para el fin del trimestre las temperaturas costeras se observen sistemáticamente cercanas a los 16°C - 17°C (Figuras 6H, I y J).

Adicionalmente, este cambio estacional se ve interrumpido por eventos de surgencia que enfriaron la costa especialmente en el sistema de bahías aledaño a Punta Lengua de Vaca, donde prevalecen temperaturas cercanas a los 14°C - 15°C (Figura 6J).

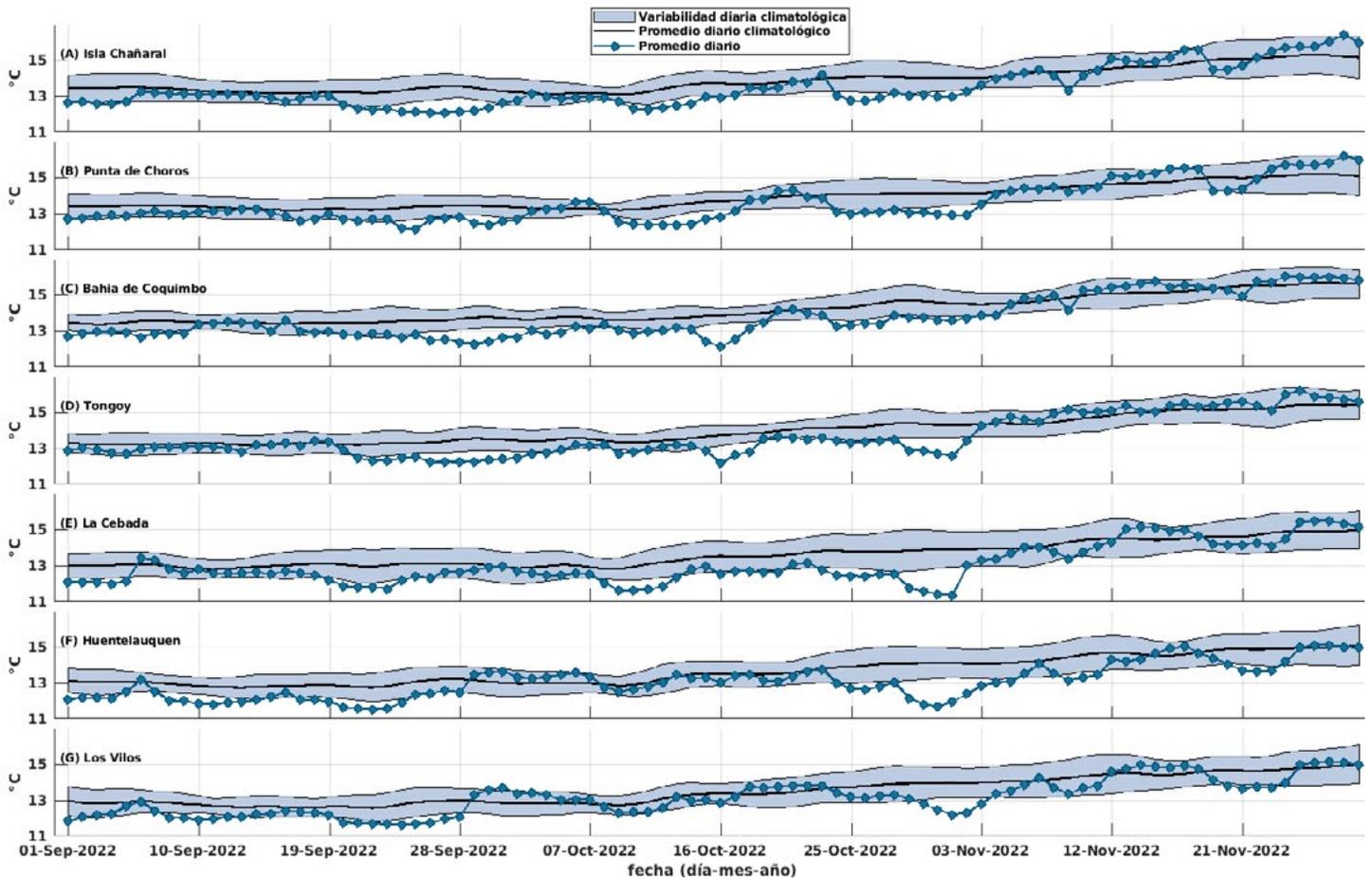


Figura 7. Series diarias de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) (°C) para las localidades de (A) Chañaral de Aceituno, (B) Punta de Choros, (C) Bahía de Coquimbo, (D) Bahía de Tongoy, (E) La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos desde el 1 de septiembre del 2022 al 29 de noviembre del 2022 (curva azul punteada). Promedio diario histórico de TSM (curva negra) y desviación estándar (sombreado azul) calculados entre 2008 y 2020.



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.

Con respecto a las localidades costeras, se observa que durante la primera mitad del trimestre la TSM estuvo por debajo del promedio histórico pero dentro de los rangos normales, lo cual es consistente con el debilitamiento del patrón de “la Niña” en la región (Figura 1). Sólo se observan anomalías frías significativas cuando se superpone el efecto de las surgencias costeras, donde por ejemplo destacan Tongoy y la Bahía de Coquimbo desde el 25 al 30 de septiembre con temperaturas frías cercanas a los 12°C (ver Figuras 7C y D).

Por otro lado, en la segunda mitad del trimestre destacan las localidades desde Tongoy hasta Los Vilos por las surgencias ocurridas en el período del 28 de octubre al 3 de noviembre (ver Figuras 7D, E F y G), que permitieron la mínima temperatura de 11.4°C en la Cebada. Así mismo, resalta el período de enfriamiento en Tongoy y la Bahía de Coquimbo alrededor del 16 de octubre con la mínima temperatura de 12.2°C (ver Figuras 7C y D).

Por otro lado, en el norte de la región la TSM se mantuvo dentro de los rangos esperados, sólo destacando el enfriamiento en Punta de Choros para el período comprendido entre 18 al 20 de noviembre donde en sólo dos días la TSM disminuyó de 15.5°C a 14.2°C (ver Figura 7B). Finalmente, la menor variabilidad de la TSM ocurrió globalmente en la primera mitad de noviembre y las mayores temperaturas del trimestre ocurrieron en Isla Chañaral el día 28 de noviembre con aproximadamente 16.4°C.



Clorofila superficial

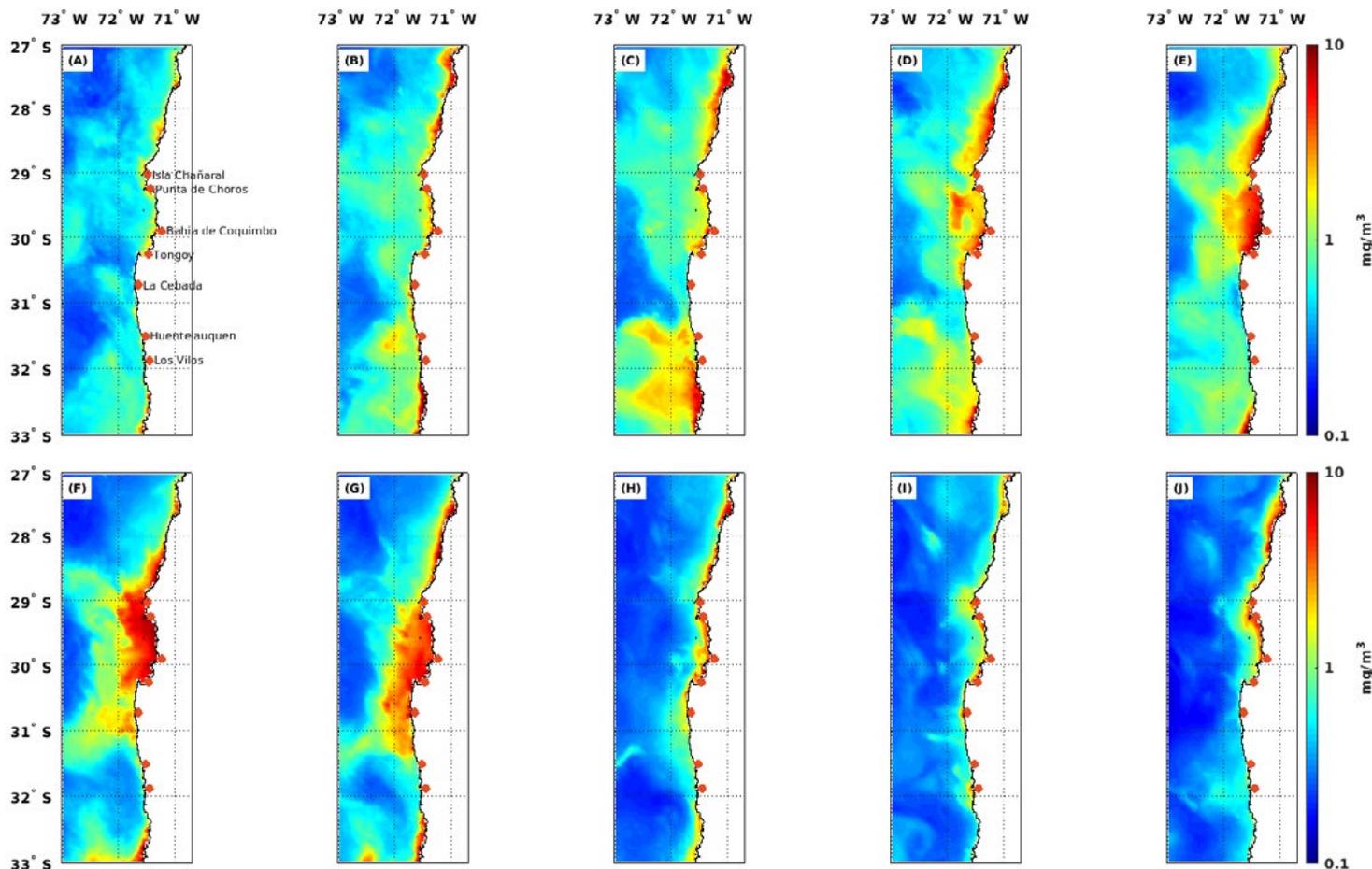


Figura 8. Concentración de clorofila superficial estimada a través de observaciones satelitales (mg/m^3) para la Región de Coquimbo desde el 1 de septiembre de 2022 al 29 de agosto de 2022. Cada imagen muestra el promedio para la concentración de clorofila para un período de 9 días (A) 1-sep-2022 a 9-sep-2022 (B) 10-sep-2022 a 18-sep-2022, (C) 19-sep-2022 a 27-sep-2022, (D) 28-sep-2022 a 06-oct-2022, (E) 7-oct-2022 a 15-oct-2022, (F) 16-oct-2022 a 24-oct-2022, (G) 25-oct-2022 a 2-nov-2022, (H) 3-nov-2022 a 11-nov-2022, (I) 12-nov-2022 a 20-nov-2022, y (J) 21-nov-2022 a 29-nov-2022. Se muestran con puntos azules las localidades de Chañaral de Aceituno, Punta de Choros, Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos.

Durante el trimestre en revisión, la condición regional de la clorofila indica un notorio aumento de la productividad biológica respecto al trimestre anterior (ver Boletín octubre 2022), entendido como una respuesta natural a la surgencia costera y a la mayor disponibilidad de luz solar propia de los meses de primavera.

Consistente con los sostenidos vientos del sur (Figura 5), se destaca el mes de octubre por presentar una notoria floración de fitoplancton en todo el sistema de Bahías de Coquimbo (desde Tongoy hasta al norte de Isla Chañaral), donde la productividad alcanzó valores medios superiores a $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ en la totalidad del mes (Figuras 8D, E, F y G).

En contraparte, valores menores a $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ de clorofila se observan a inicio del trimestre, en el periodo comprendido entre el 1 al 9 de septiembre (Figura 8A), el cual se entiende como una extensión de la condición invernal. También, se observan valores bajos de clorofila durante todo el mes de noviembre (Figuras 8H, I y J), especialmente en el océano abierto, lo se asume como una consecuencia de la menor velocidad del viento y los mayores cambios que el satélite detecta en su dirección (Figura 5). A pesar de esto, la zona más próxima a la costa, en especial el norte de la región, tuvo en promedio valores de clorofila entre $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ - $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ para fines de noviembre (Figura 8J).



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

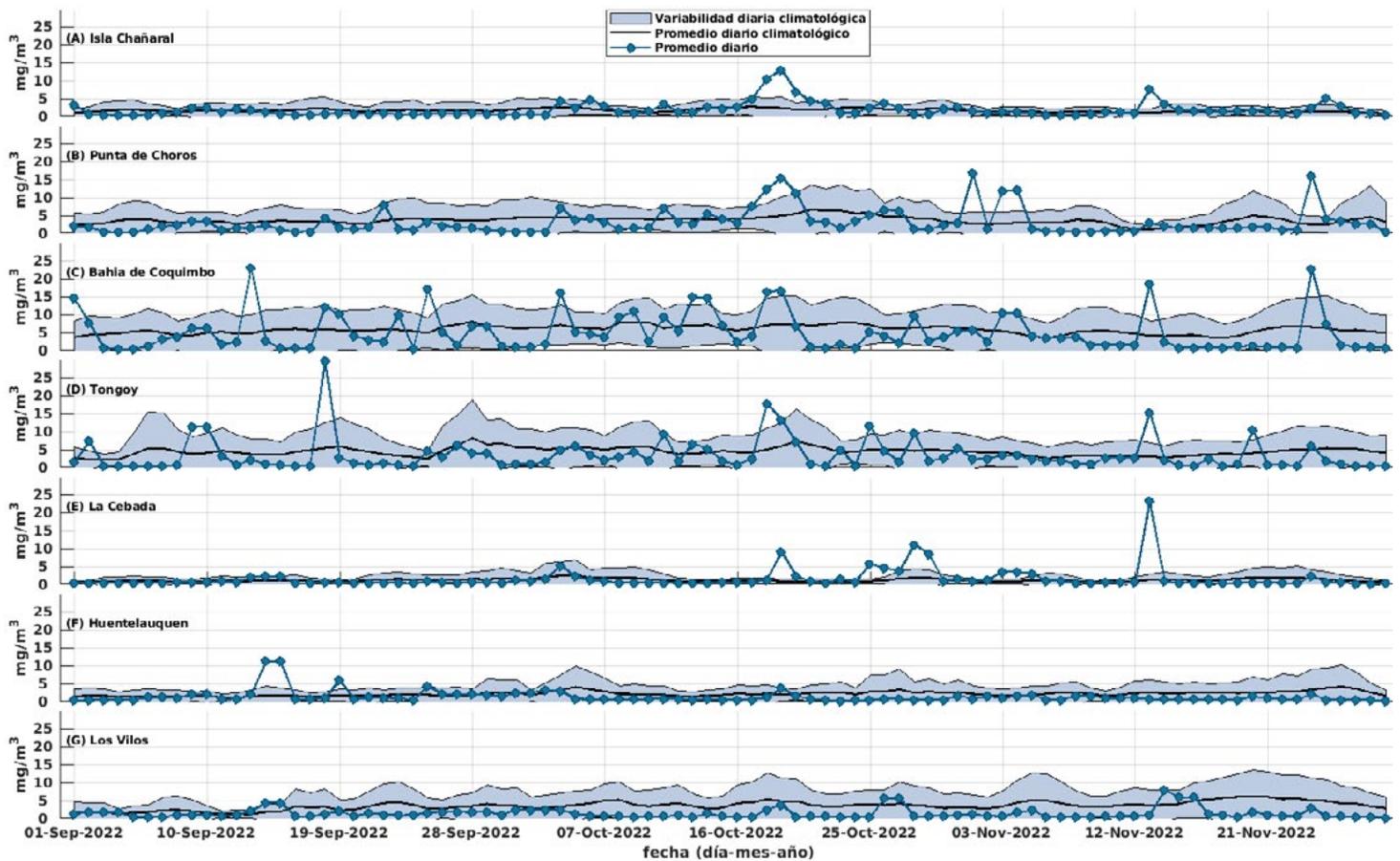


Figura 9. Series diarias de clorofila satelital (superficial) (mg/m^3) para las localidades de (A) Chañaral de Aceituno, (B) Punta de Choros, (C) Bahía de Coquimbo, (D) Bahía de Tongoy, (E) La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos entre el 1 de septiembre del 2022 al 29 de noviembre del 2022. Se muestran los datos diarios de clorofila (curva azul punteada), el promedio diario histórico (línea negra) y su desviación estándar (sombreado azul) calculados entre 2008 y 2020.

Con respecto a las localidades costeras, destacan por su variabilidad las zonas de Punta de Choros, bahía de Coquimbo y Tongoy, especialmente durante el mes de octubre. En particular resaltan los días 18 y 19 de octubre por presentar sistemáticamente máximos de clorofila en todas las localidades desde Isla Chañaral hasta La Cebada, con magnitudes comprendidas entre los 15 y 17 mg/m^3 .

Fuera del período de máxima variabilidad (octubre), destaca el máximo del trimestre en Tongoy el día 18 de septiembre con 29 mg/m^3 . Similarmente, las localidades entre Punta de Choros y la Cebada distinguen por sus concentraciones de clorofila a fines de noviembre, destacando por ejemplo la

Bahía de Coquimbo con máximas de 22.6 y 18.5 mg/m^3 los días 24 y 13 de noviembre.

Contrariamente en el sur de la región, las localidades de La Cebada, Huentelauquén y los Vilos presentaron magnitudes de clorofila bastante reducidas. En particular la localidad de Huentelauquén destaca por los mínimos valores con un promedio de 1.3 mg/m^3 y un solo evento significativo de 11 mg/m^3 el día 14 de septiembre. La localidad de Los Vilos tuvo un comportamiento similar, observándose valores de clorofila casi en la totalidad del trimestre por debajo del promedio histórico, y sólo alcanzando un valor superior a 5 mg/m^3 el 14 de noviembre y 26 de octubre.



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 junio de 2022 hasta el 31 de agosto de 2022 para las estaciones costeras de Punta de Choros y del Sistema Tongoy-Punta Lengua de Vaca.

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



Variables oceanográficas (sólo Tongoy)

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

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

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

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



» Punta de Choros

Índice de surgencia

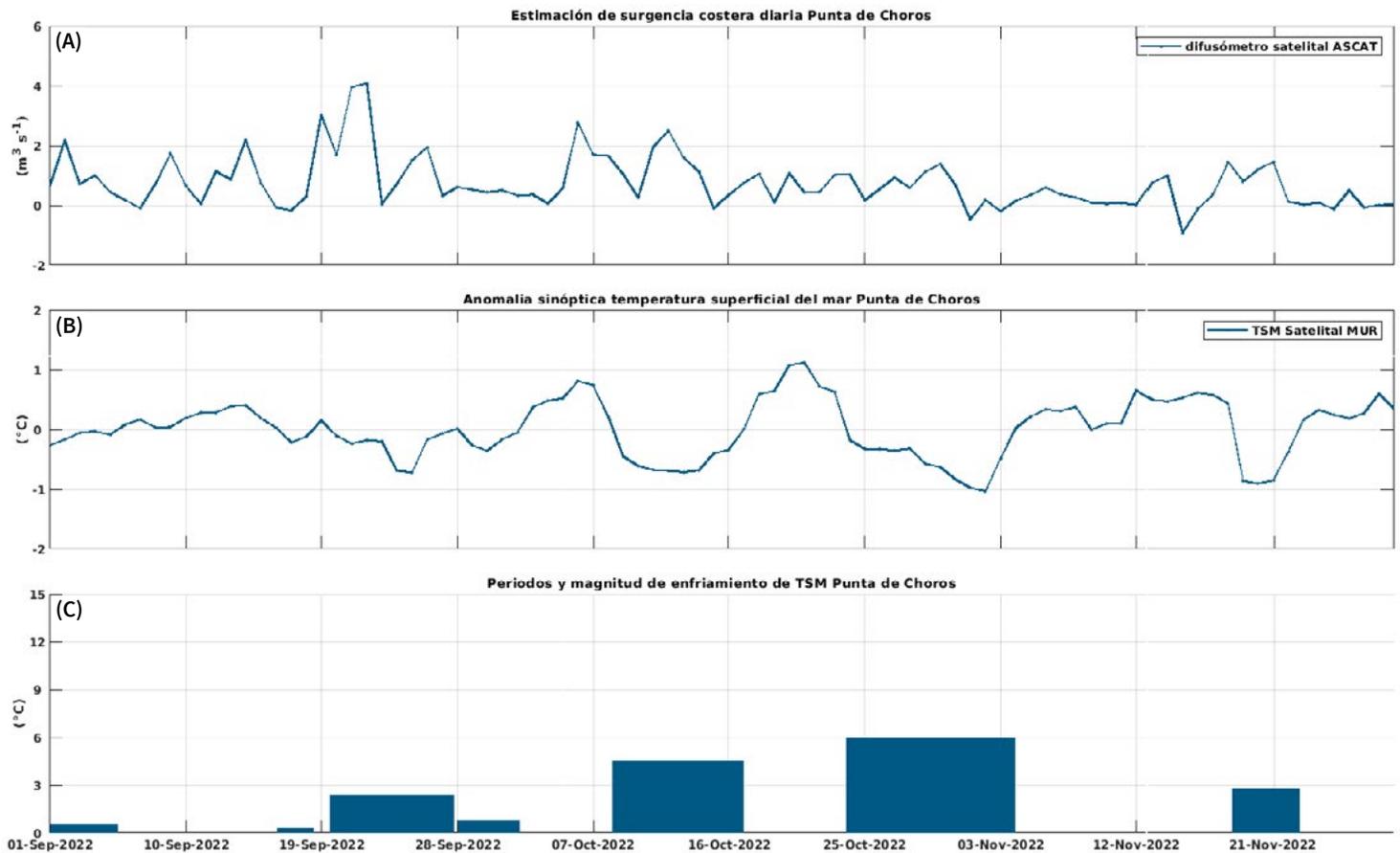


Figura 10. Indicadores de intensidad y duración de la surgencia costera en Punta de Choros entre el 1 de septiembre del 2022 al 29 de noviembre del 2022. (A) Índice de surgencia costera (UI) estimado a partir del estrés del viento. (B) Anomalías sinópticas de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) (°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 sustrayendo el promedio móvil de 30 días de la serie diaria de TSM satelital en la localidad de interés.

Para la localidad de Punta de Choros, el índice derivado del viento (Figura 10A) muestra que, a diferencia del trimestre anterior (ver boletín octubre 2022), el transporte de Ekman fue casi en la totalidad un flujo costa afuera, alcanzando el máximo promedio de $1.9 \text{ m}^3/\text{s}$ el período del 19 al 27 de septiembre, con un máximo transporte diario de $4.1 \text{ m}^3/\text{s}$ el día 22. Este evento, a pesar de ser el máximo en términos de transporte, no generó un enfriamiento tan significativo como en los eventos posteriores lo que indica que durante septiembre todavía prevalecían condiciones bien mezcladas en la capa superficial oceánica de Punta de Choros.

Más notoriamente en el trimestre, destacan por sus mayores repercusiones tanto en las temperaturas como en la clorofila satelital los eventos comprendidos entre el 6 al 16 de octubre, el 21 de octubre al 3 de noviembre, y el 16 al 22 de noviembre (Figura 10B y 9B). Estos eventos tuvieron una duración aproximada de 11, 14 y 7 días con un calentamiento integrado de 4.5°C , 6°C y 2.8°C , respectivamente. Por otro lado, sobresale el evento del 16 al 22 de noviembre que alcanzó una anomalía sinóptica de -1°C coincidente con un máximo de clorofila satelital de $16.7 \text{ mg}/\text{m}^3$ (Figura 9B).



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

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





Condiciones atmosféricas

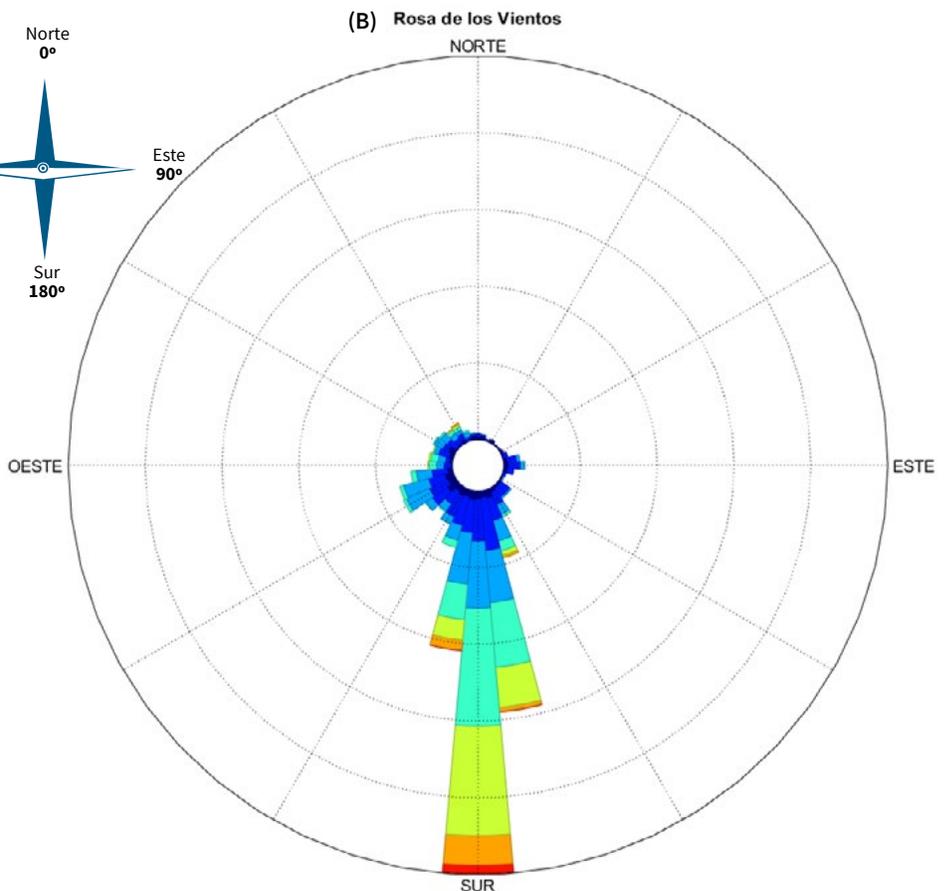
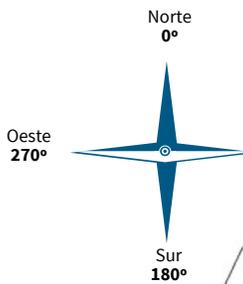
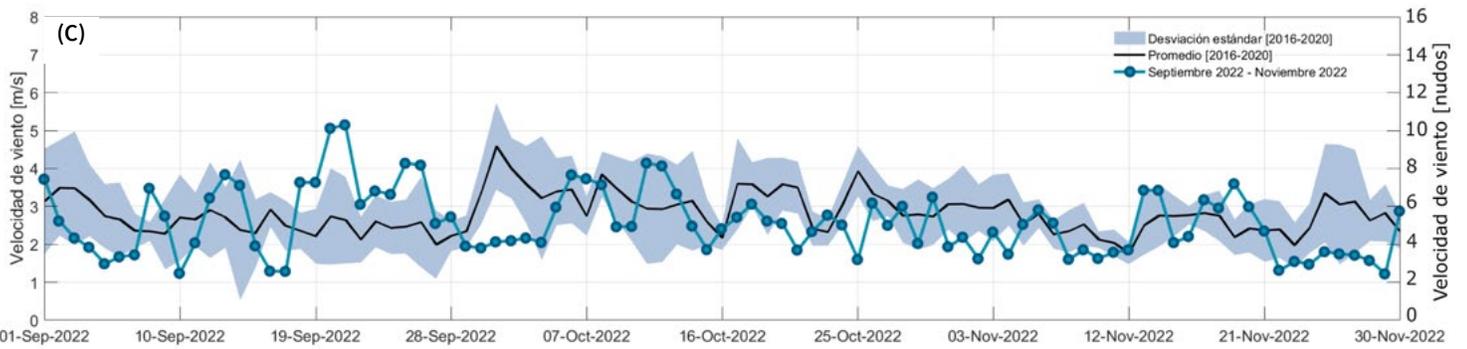
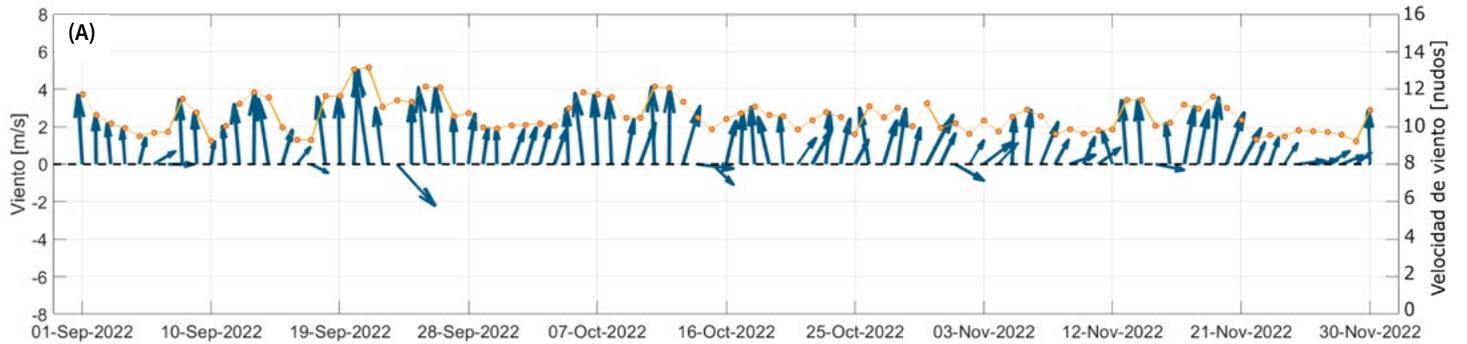


Figura 11. (A) Promedio del vector y magnitud del viento diario (en m/s y nudos) registrados en la estación costera de Punta de Choros. (B) Rosa de los vientos con datos horarios. Los datos corresponden al periodo comprendido entre el 1 de septiembre de 2022 y el 30 de noviembre de 2022. (C) Velocidad de viento (m/s y nudos) registrada en la estación costera de Punta de Choros. Datos diarios (línea azul) entre el 1 de septiembre de 2022 y el 30 de noviembre de 2022. Promedio trimestral de velocidad de viento (línea negra) y desviación estándar (sombreado azul) calculados entre 2016 y 2020.



» Sistema Bahía de Tongoy - Punta Lengua de Vaca

El sistema Bahía de Tongoy – Punta Lengua de Vaca presentó predominancia del viento proveniente del Sudoeste (Figura 4, Figura 5D, Figura 13A y Figura 13B), con mayor intensidad durante el periodo comprendido entre el 19 al 28 de septiembre de 2022 (Figura 4F y Figura 5D), coincidente con

la mayor magnitud y duración del índice termal de surgencia costera (Figura 12C). Dentro de la Bahía de Tongoy, se registraron valores de temperatura del mar (Figura 13D) y oxígeno disuelto (Figura 13E) a 10 m de profundidad dentro del rango histórico para gran parte del trimestre.

Índice de surgencia (Bahía de Tongoy)

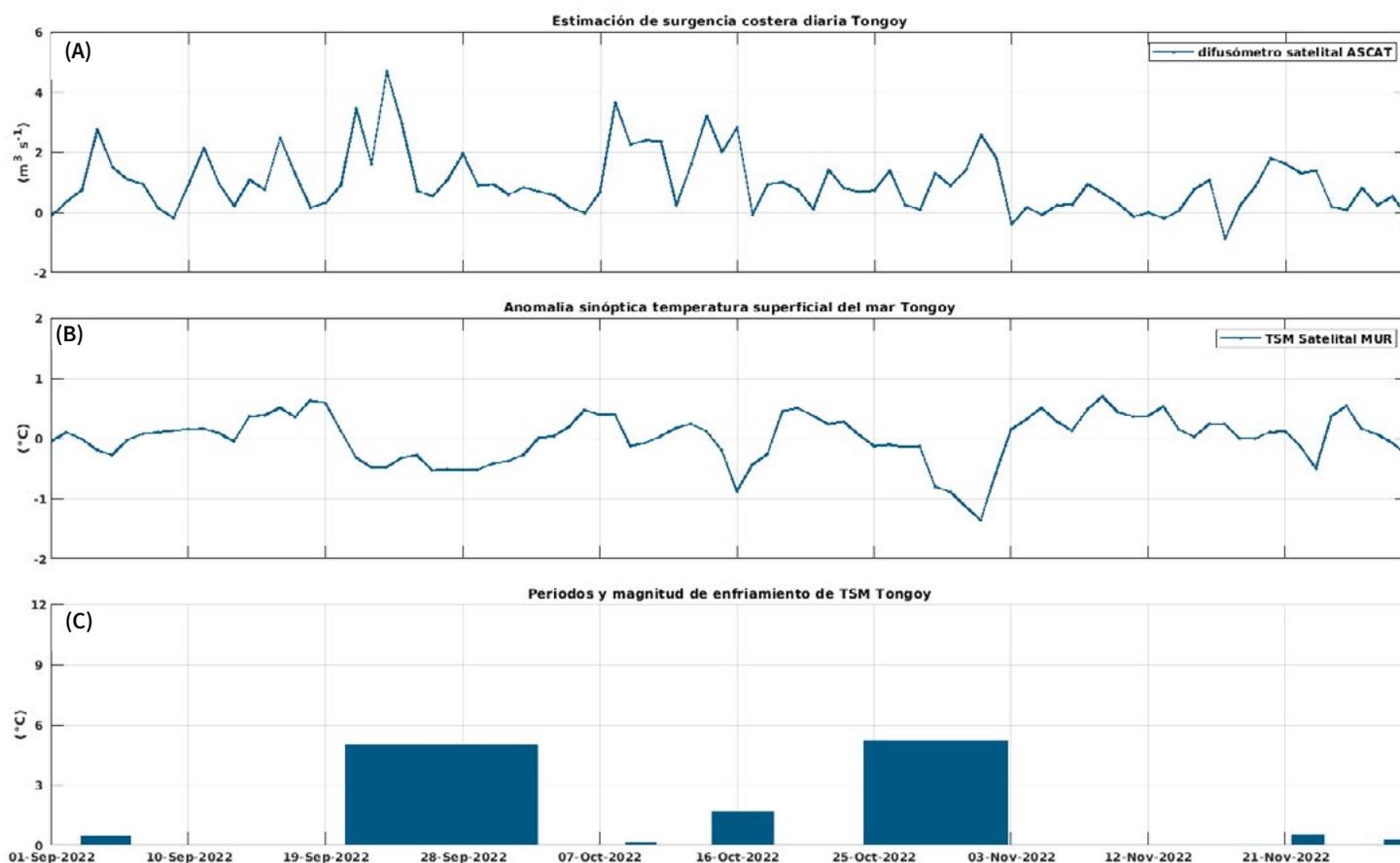


Figura 12. Indicadores de intensidad y duración de la surgencia costera en la Bahía de Tongoy entre el 1 de septiembre del 2022 al 29 de noviembre del 2022. (A) Índice de surgencia costera (UI) estimado a partir del estrés del viento. (B) Anomalías sinópticas de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) (°C). (C) Índice termal de surgencia costera (enfriamiento costero superficial) estimado a partir de las anomalías sinópticas (ver Glosario) de la Temperatura Superficial del Mar (TSM). Las anomalías de temperatura se obtienen sustrayendo el promedio móvil de 30 días de la serie diaria de TSM satelital en la localidad de interés.



El análisis de los periodos de surgencia en la Bahía de Tongoy, estimado a partir del forzamiento del viento, indica un sostenido transporte de aguas costa afuera, alcanzando magnitudes superiores a $2 \text{ m}^3/\text{s}$ en varios días del trimestre (15 días).

Destaca el período comprendido entre el 19 al 27 de septiembre por su máximo promedio de $1.9 \text{ m}^3/\text{s}$ asociado al máximo diario de $4.7 \text{ m}^3/\text{s}$ el día 23 de septiembre (Figura 12A). Sin embargo, a diferencia de Punta de Choros, este evento generó un enfriamiento progresivo de la bahía que duró aproximadamente 11 días y se asocia a un enfriamiento integrado de 4.5°C con anomalías sinópticas en torno a -0.5°C (Figuras 12B y C).

Similarmente destacan los eventos del 13 al 18 de octubre y del 23 de octubre al 2 de noviembre de duraciones aproximadas de 5 y 11 días por presentar enfriamientos integrados de 1.6°C y 5.2°C , respectivamente. Ambos eventos destacan por su anomalía sinóptica cercana a -1°C , especialmente el segundo evento que con un moderado transporte (menor a $2 \text{ m}^3/\text{s}$) generó una anomalía sinóptica de -1.3°C .

Finalmente, se destaca la bahía de Tongoy de Punta de Choros por el evento de surgencia de fines de noviembre, que en el caso de Tongoy generó un enfriamiento sinóptico menor reflejando también en la débil respuesta biológica (Figura 9B y D).





Condiciones Atmosféricas y Oceanográficas

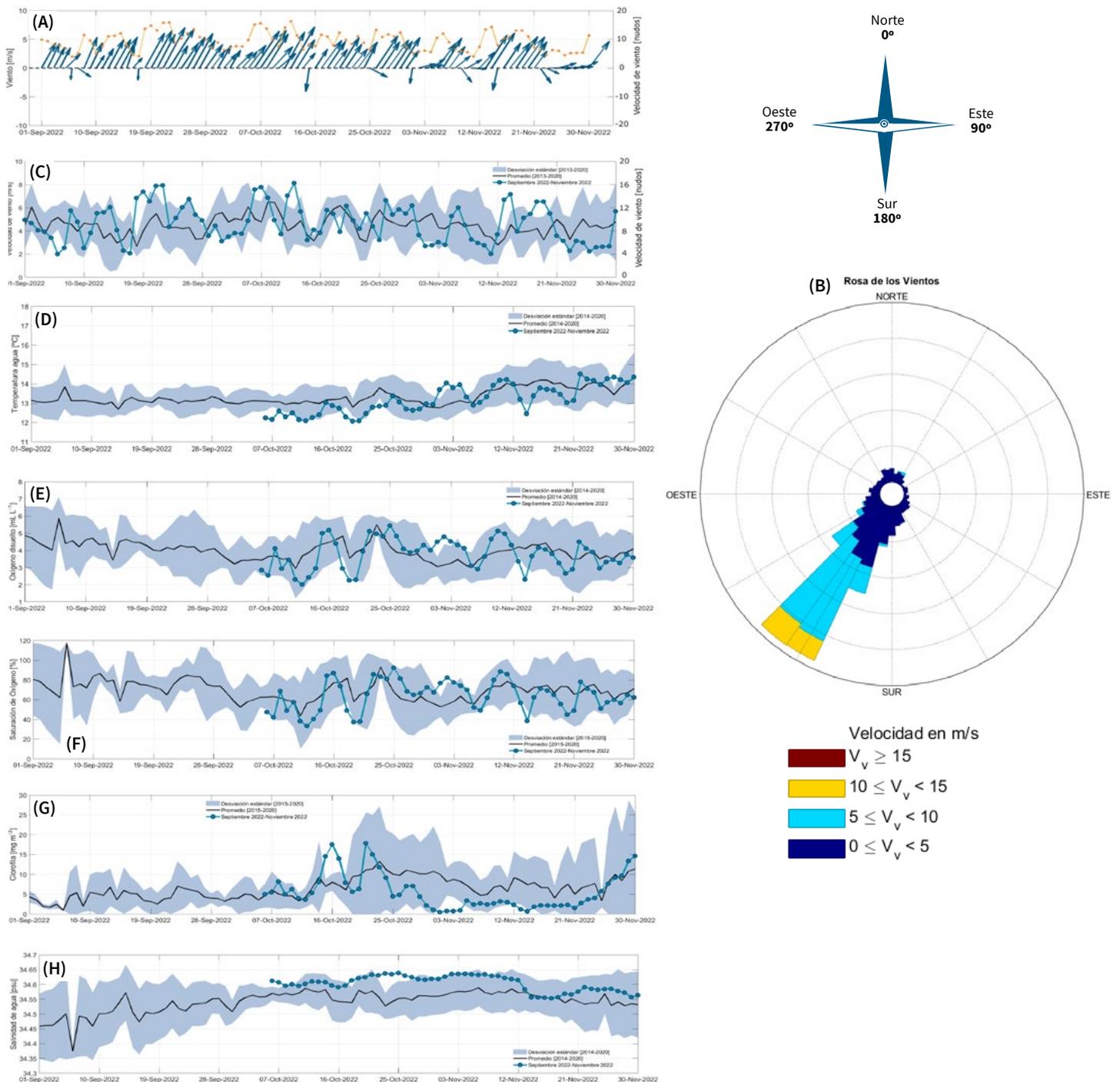


Figura 13. (A) Promedio del vector y magnitud del viento diario (en m/s y nudos) (B) Rosa de los vientos con datos horarios y (C) Velocidad de viento (m/s y nudos) registrada en la estación costera de Punta Lengua de Vaca. Datos diarios (línea azul) entre el 1 de septiembre de 2002 y el 30 de noviembre de 2022. Promedio trimestral de velocidad de viento (línea negra) y desviación estándar (sombreado azul) calculados entre 2013 y 2020. (D) Temperatura del agua (°C), (E) Oxígeno disuelto (mL/L), (F) Saturación de oxígeno (%), (G) Clorofila (mg/m³) 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 6 de octubre de 2002 y el 30 de noviembre de 2022. Promedio trimestral (línea negra) y desviación estándar (sombreado azul) calculados entre 2014 y 2020 para las variables temperatura del agua, oxígeno disuelto y salinidad; y entre 2015 y 2020 para saturación de oxígeno y clorofila.



Para la Bahía de Tongoy, el trimestre de estudio se caracterizó por prevalencia de vientos provenientes del Sudoeste (71 días), con períodos intercalados de viento Oeste (8 días), Noroeste (5 días), Norte (5 días) y Sur (2 días) (Figura 4, Figura 5D, Figura 13A y Figura 13B). El tercer periodo presentó mayores intensidades, alcanzando un promedio de 6.4 m/s, consistente con las observaciones satelitales.

La temperatura del agua promedio para la Bahía de Tongoy para el trimestre fue de 13.2, ligeramente superior al valor promedio de 12.9°C registrado el trimestre anterior (Figura 13D). El valor mínimo del trimestre fue de 12.1°C, y se observó el 19 de octubre de 2022, mientras que el valor máximo fue de 14.5°C y ocurrió el 22 de noviembre de 2022.

El oxígeno disuelto (Figura 13E) y la saturación de oxígeno (Figura 13F) en la Bahía de Tongoy presentaron valores promedio de 3.8 mL/L y 63.9%, respectivamente, inferiores a los valores promedio de 4.9 mL/L y 81.6% registrados el trimestre anterior. El valor mínimo del trimestre fue de 2 mL/L (33.4%) se registró el 12 de octubre de 2022, mientras que el valor máximo fue 5.4 mL/L (92.4%) y se registró el 25 de octubre de 2022.

En cuanto a los niveles de clorofila (Figura 13G), el valor promedio trimestral de la Bahía de Tongoy fue de 5.6 mg/m³, con un valor mínimo de 0.5 mg/m³ el 1 de noviembre de 2022, y un valor máximo de 17.9 mg/m³ el 21 de octubre de 2022 (Figura 13G).



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



Diagnóstico de los sectores productivos

En la Región de Coquimbo, la industria del Ostión del Norte se concentra casi exclusivamente en las bahías de Tongoy y Guanaqueros, las cuales representan el 94% del desembarque a nivel nacional (FAO 2022. Estadísticas de pesca y acuicultura 2019). La mayor parte de los cultivos se ubican en la bahía de Tongoy, donde existen diferencias en la disponibilidad de alimento, el que se concentra principalmente en la boca norte, lo que podría explicar diferencias productivas entre algunas empresas. También sabemos que el “peak” de fitoplancton (y por ende, la mayor disponibilidad de alimento), ocurre entre los 0 y 5 metros. Sin embargo, los sistemas de cultivos se instalan entre los 8 y 13 metros de profundidad con el objeto de evitar el “biofouling”, principalmente la incrustación de epibiontes.

Adicionalmente, se ha reportado que la disponibilidad total de alimento es altamente dependiente de la intensidad de los vientos que son favorables a la surgencia costera, los que además exhiben una variabilidad a distintas escalas de tiempo (sinóptica, intraestacional, estacional, anual e interanual) (ver estudios Ramajo et al., 2020 y Ramajo et al., 2022).



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

La década del 2010 al 2020 estuvo marcada por condiciones oceánicas frías, en particular en la Bahía de Tongoy, lo que solo se vio interrumpido brevemente por el período El Niño 2015-2016, que trajo consigo condiciones favorables para la industria después de dicho evento, con cosechas de 37 millones de ostiones en el 2017.

Desde el año 2018 al 2021, se observó un aumento sostenido de la velocidad promedio del viento para la zona (ver Figura 15). En respuesta a la intensidad y persistencia de los vientos

se producen eventos de surgencia, los cuales disminuyen la temperatura y el contenido de oxígeno disuelto e incrementan la productividad natural, como se puede apreciar en el contenido de clorofila en la bahía (ver Figura 14).

En contraste, a lo largo de todo el año 2022, junto con mantenerse las condiciones de “La Niña” (ver Figuras 1c y 14), se observó una intensidad de viento y niveles de oxígeno disuelto en el rango promedio para la bahía (ver Figura 13 a, e y f).

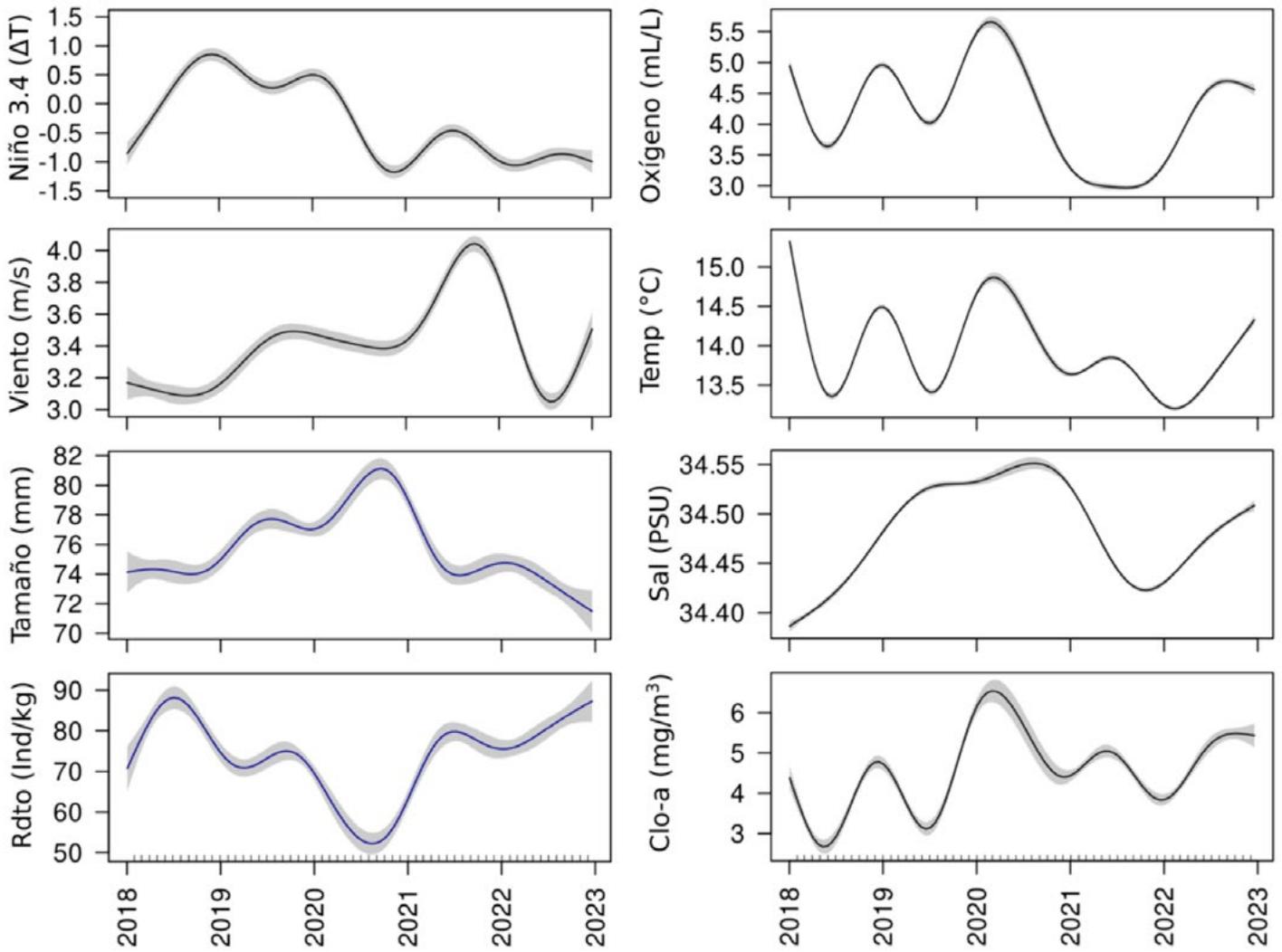


Figura 14. Series temporales de variables ambientales y productivas en la bahía de Tongoy. Se muestran los índices utilizados para definir los eventos de El Niño y La Niña (índice Niño 3.4), los diferentes parámetros oceanográficos obtenidos desde la boyta localizada en la bahía de Tongoy y los parámetros de tamaño en milímetros (mm) y rendimiento medido como el número de individuos por kilogramo de peso (ind/kg) para el recurso ostión mediante un ajuste de un modelo aditivo generalizado. Las bandas sombreadas que rodean las tendencias estimadas son los intervalos de confianza aproximados del 95% a lo largo de la función.

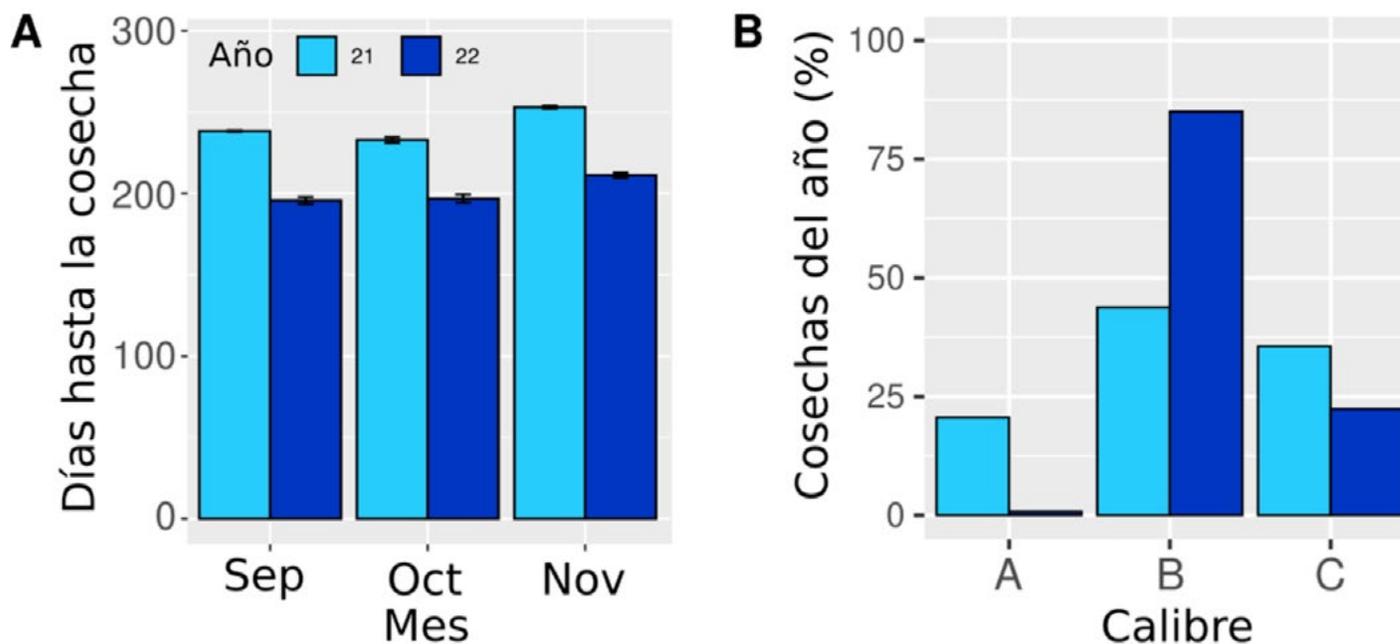


Figura 15. Tiempo de cultivo y porcentaje del recurso ostión. En el panel A se muestra el tiempo entre la siembra y la cosecha (en días) del recurso para el trimestre septiembre-noviembre de los años 2021 y 2022. Se graficaron los promedios mensuales y las desviaciones estándar. En el panel B se muestra el total de cosechas al año como porcentaje de los diferentes calibres del recurso ostión para los años 2021 y 2022.

En el boletín anterior ([ver Boletín CEAZAMET octubre 2022](#)), se determinó que las condiciones ambientales anómalas observadas durante el año 2021, favorecieron una permanente baja en las concentraciones de oxígeno y una exacerbada presencia de organismos incrustantes. Ambas condiciones podrían ser las responsables de una merma importante en los desembarques, según reportaron los acuicultores locales. Situación que fue ampliamente difundida tanto en la prensa local como en las redes sociales.

Sin embargo, es importante mencionar que en el presente año la ha sido mayormente determinada por los formatos de comercialización del producto según la demanda del mercado del Ostión del Norte ([ver Boletín CEAZAMAR de octubre 2022](#)). Es por esto que el tiempo de cultivo es un factor que refleja tanto la demanda de los mercados como las condiciones ambientales.

En ese sentido, el tiempo de cultivo para el último trimestre del año 2022 se mantiene en un promedio de 200 días (Figura 15A), de manera similar a lo ocurrido en los trimestres anteriores, con tiempos de cosecha que rondan los 6 a 8 meses y una talla media anual de 72.46 mm.

Si bien las condiciones ambientales durante el año 2022 estuvieron más cercanas a los promedios históricos (ver Figura 13), durante el año 2022 se priorizaron las cosechas de individuos de menor calibre (ver Glosario) lo cual podría explicar la disminución en la talla de la producción anual (Figura 15B). Estos antecedentes nos indican que los tiempos de cosecha y el calibre de los ostiones se explicaría más bien por las características de la demanda, siendo el calibre B el imperante en el año 2022, seguido en menor medida por los de calibre C.



» PRONÓSTICOS A CORTO PLAZO

» Viento, Temperatura Superficial del Mar (TSM) y Oleaje

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

Los pronósticos de viento, oleaje Temperatura Superficial del Mar (TSM) y surgencia costera a escala regional y local se encuentran en el portal CEAZAMar (www.ceazamar.cl) donde se muestra una síntesis de la evolución futura de estas variables para los próximos 10 días.

Adicionalmente, en esta versión del boletín se da a conocer una nueva visualización del sistema de pronóstico atmosférico y oceanográfico del CEAZA, la cuál recibió el nombre de "oceanograma". Este producto consiste en una visualización única, que resume el pronóstico de todas las variables de manera didáctica y sencilla utilizando números y escalas de colores. Actualmente, el nuevo producto indica el pronóstico a 10 días para todas las caletas de la región de Coquimbo incluidas en catastro oficial de SERNAPESCA. Este nuevo servicio muestra para cada localidad, el pronóstico horario de magnitud del viento y dirección, junto con una escala subjetiva del estado del mar (escala de Beaufort). Adicionalmente, el servicio indica la altura, período y dirección de olas y la temperatura superficial del mar, donde esta última está coloreada con una escala representativa de la anomalía sinóptica de TSM, lo cuál se puede utilizar como un indicador de primer orden de aguas de surgencia (azul/frío) y olas de calor marinas (rojo/cálido).

Con este nuevo producto se espera que los usuarios del pronóstico puedan planificar sus actividades logísticas y económicas de manera más eficiente, observando los pronósticos regionales para evaluar la condición de gran escala y el oceanograma para ver con precisión la evolución temporal de las variables oceanográficas en su localidad de interés.



LINKS DE ACCESO:

PRONÓSTICOS REGIONALES:

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

PRONÓSTICOS LOCALES:

- ✓ OCEANOGRAMA POR CALETA

¡Nuevo link!



» INFOGRAFÍA



MONITOREO OCEANOGRÁFICO DEL CEAZAMAR

¿Que es el CEAZAMAR?
Es una unidad de investigación y desarrollo de CEAZA destinada a implementar y mantener un sistema de observación, predicción y diagnóstico de las condiciones oceanográficas y la salud del océano en la Región de Coquimbo.

La información del monitoreo es usada para:

- Estudiar los procesos físicos y biogeoquímicos.
- Mejorar la productividad de empresas locales.
- Planificación en el territorio marítimo.
- Apoyo a la toma de decisiones en el borde costero.

El CEAZAMAR, monitorea entre otras variables:

- Viento
- Clorofila
- Temperatura Superficial del Mar-TSM
- Oxígeno disuelto en el mar

Monitorea tu caleta en app.ceaza.cl

o escanea AQUÍ

ENOS: EL NIÑO OSCILACIÓN DEL SUR

Evento natural que se desarrolla en el Océano Pacífico tropical y se propaga hacia el sur alcanzando la costa de Perú y Chile, modificando la circulación y temperatura del mar, la concentración de oxígeno y el ecosistema marino.

Anomalia de la temperatura superficial del mar histórica

El Niño

La Niña

La ubicación de la zona a lo largo del ecuador en la que aumenta la temperatura superficial del mar (TSM), define si estos eventos se llaman El Niño del Pacífico Central o El Niño del Pacífico Este. Este último, es el que más influencia tiene en la costa de Chile.

Influencias ENOS: El Niño Oscilación del Sur en la productividad marina y en la pesca/acuicultura

EL NIÑO

- Inviernos lluviosos.
- Temperatura del mar más cálida.

LA NIÑA

- Inviernos secos.
- Temperatura del mar más fría.

Cambios en las estructuras de la comunidad de las especies, observando migraciones en latitud norte y sur y en profundidad.

ZMO: ZONA MÍNIMA DE OXÍGENO

Son masas de agua desprovistas de oxígeno, que llevan mucho tiempo sin tomar contacto con la superficie, por lo que son poco aeradas 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. Sin embargo, ayudan a contrarrestar los efectos del Cambio Climático.

Las ZMO ejercen un rol clave en los ecosistemas marinos:

- Generan una barrera respiratoria para la vida marina.
- Interviene en los ciclos biogeoquímicos globales (nitrógeno, carbono y fósforo).

10 m

de profundidad puede alcanzar la ZMO en la Región de Coquimbo.

EVENTOS DE SURGENCIA:

La surgencia, o afloramiento de aguas profundas, es un proceso oceanográfico provocado por la interacción entre el viento sur, 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.

Características de la surgencia de aguas profundas

- Temperaturas más frías.
- Bajas concentraciones de oxígeno disuelto.
- Altas concentraciones de CO₂ (elevada acidez).
- Elevados niveles de nutrientes.

¿Cómo se comporta la surgencia en la Región de Coquimbo?
Toda la costa de la zona centro norte de Chile se encuentra influenciada por aguas de surgencia costeras.

- 1 En Chile, el viento que proviene del SUR es un buen indicador de los eventos de surgencia costera.
- 2 La masa de agua profunda y fría, sube a la superficie cargada de nutrientes, baja en O₂ y en pH [desoxigenadas y corrosivas].
- 3 En la superficie se mezclan las condiciones (TSM, O₂, CO₂, nutrientes) de la masa de agua profunda con la superficial.

1 Foco de surgencia más importante del país: **Punta Lengua de Vaca, Puerto Aikea**

2 Foco de surgencia de menor magnitud: **Punta de Choros**.

TIPOS DE SURGENCIAS

1. MODERADAS:

- Disminución de:
- TSM
- Oxígeno
- pH
- Mayor productividad del ecosistema

2. INTENSAS:

- Vientos intensos de 10 m/s
- Desoxigenación + Acidificación del agua

Dependiendo del periodo de duración del evento, las consecuencias pueden ser más o menos serias, sobre todo para organismos en cultivo o silajes.

www.ceaza.cl @cienciaceaza @centroceaza centroceaza

Redondeo: Osorio, Izquierdo, Paz Méndez, Cárdeno, Villalón, y Mardones. Diseño: Beatriz Torres Guzmán. Agradecimientos: Programa de Investigación en Participación de la Red de Centros CEAZA.



» GLOSARIO



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

CTD: Es un acrónimo en inglés de Conductividad-Temperatura-Profundidad (en inglés, Conductivity-Temperature-Depth).



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

El Niño: Es un fenómeno climático que se desarrolla en el Océano Pacífico tropical. Está asociado a un debilitamiento de los vientos alisios, lo que produce ondas oceánicas de hundimiento que se propagan a lo largo del ecuador hacia el este y que profundizan la termoclina, produciendo un calentamiento. La ubicación de la zona a lo largo del ecuador en la que aumenta la Temperatura de la Superficie del Mar (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

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

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

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

de las distintas olas que dan lugar en conjunto, a un estado de mar particular.

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

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

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

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

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

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

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

Ondas de Kelvin: Ondas que se generan en la zona ecuatorial del océano Pacífico a consecuencia de las variaciones en los vientos alisios que soplan desde el este al oeste. Una vez generadas, estas ondas viajan hacia el ecuador (este) modulando a la vez el nivel



del mar y la profundidad de la termoclina. Al alcanzar la costa en el ecuador, estas se desplazan hacia los polos, apegadas a la línea costera haciendo subir el nivel y temperatura del mar. Dado que las costas de Chile y Perú suelen ser frías por el efecto de la Corriente de Humboldt y la surgencia costera, las perturbaciones en la temperatura del mar generadas por las ondas de Kelvin pueden tener importantes consecuencias en la biología y propiedades del mar en las costas de estos países.

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

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

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.

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

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

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

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

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

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

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

Zonas Mínimas de Oxígeno (ZMO): Son regiones del océano con bajo contenido de oxígeno (menores a 1 ml por litro), que generalmente se encuentran entre 100-1000 m de profundidad. Son masas de agua pobremente ventiladas por la circulación oceánica de gran escala y se generan debido a la combinación de una circulación relativamente lenta y altas tasas de respiración de la materia orgánica. Las ZMO 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 nítrico).



» ANEXOS



» Parámetros e instrumentos de las estaciones de monitoreo costeras

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



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

» Procedencia de los datos analizados

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

Boletín
CEAZAMar
ENERO
2023

