



Boletín

CEAZAMar

OCTUBRE

2022





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, Esteban Quevedo, 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 Mantenimiento de Plataforma Web:
Carlo Guggiana-Díaz

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

Equipo Directivo CEAZA:
Carlos Olavarría, Claudio Vásquez

Agradecimientos: Fondecyt 11190999

Citar como:

Boletín CEAZAMar - Octubre (2022). Análisis de las Condiciones Atmosféricas y Oceanográficas de la Región de Coquimbo (Junio 2022 - Agosto 2022). 35 páginas. DOI: 10.6084/m9.figshare.21118957





» 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 junio al 31 de agosto de 2022. Adicionalmente, se provee un diagnóstico de la productividad del Ostión del Norte en la Bahía de Tongoy para dicho periodo.

La Temperatura Superficial del Mar (TSM) del periodo en Pacífico suroriental continuó bajo la influencia de La Niña (fase fría del ciclo ENOS) caracterizada por anomalías negativas de la TSM. Las condiciones actuales indican una persistencia de temperaturas frías frente a la costa de la región de Coquimbo. Estas anomalías frías fueron más intensas que las observadas en igual periodo del año 2021 y se redujeron progresivamente desde el mes de junio a agosto de 2022. Consistentes con la persistencia de La Niña, los índices Chile El Niño (CEN) y El Niño en el Pacífico oriental (EP) siguen con valores negativos durante este trimestre: Esto, junto a una onda Kelvin de afloramiento (anomalías negativas del nivel del mar) que se activó en Julio pasado en el Pacífico central, debería contribuir a mantener en los próximos meses condiciones frías a lo largo de la costa de Perú y Chile, incluida la región de Coquimbo

El viento satelital (10m) registró el paso de sistemas frontales en junio y julio, que favorecieron la ocurrencia de vientos del Norte, favorables al hundimiento de las aguas costeras, específicamente entre el 19-27 de junio y entre el 7-15 de julio. Entre el 10 y el 18 de junio se presentaron, en mar abierto y costa, velocidades medias inferiores a 5 m/s (9.7 nudos). Las mayores velocidades medias ocurrieron entre el 3 y el 20 de Agosto, periodo en el que se observaron vientos favorables a la surgencia (viento del sur) que excedieron los 8 m/s (15.5 nudos).

El sistema frontal que afectó a la Región el 3 de junio impactó especialmente a Los Vilos con vientos del Norte máximos de 13.3 m/s (25.8 nudos). En contraste, vientos del Sur que excedieron en promedio los 10 m/s (19 nudos) se observaron tanto en Los Vilos como en Tongoy entre el 16 y 18 de Agosto. Este evento de surgencia se manifestó particularmente en Punta de Choros donde la TSM descendió hasta 12 °C

Superpuesta a la disminución estacional de la TSM en toda la Región se observaron entre el 1 y el 9 de junio máximas temperaturas en mar abierto, que bordearon los 14 °C. Sin embargo la costa se mantuvo fría, ayudada por la surgencia asociada a los fuertes vientos del Sur, particularmente en Punta de Choros entre el 12 y el 20 de Agosto, donde la TSM alcanzó los 12 °C.

Una máxima TSM de 14.5°C se observó el día 30 de junio en la Isla Chañaral, donde a pesar de que se reportaron valores por sobre el promedio histórico, éstos estuvieron dentro de la variabilidad esperada.

CLOROFILA SATELITAL SUPERFICIAL

Valores mínimos típicos de invierno por debajo de 1 mg/m³ se observaron en el trimestre, con una desviación estándar media de 0.3 mg/m³. A nivel regional, máximos valores de clorofila satelital levemente superiores a 1 mg/m³ se observaron en el periodo entre el 3 y el 20 de agosto, consistentes con los fuertes vientos del Sur reportados en este periodo.

OBSERVACIONES LOCALES

Por faenas de mantención, la balsa de Tongoy solo operó durante cerca de dos meses en este trimestre.

Para Punta de Choros y respecto al trimestre anterior, el índice de surgencia derivado del viento indica un descenso del volumen de agua transportado hacia mar abierto con valores inferiores a 4 m³/s durante todo el trimestre. Se destaca en esta localidad el periodo del 19 al 28 de junio, donde el viento norte generó un evento de hundimiento o “downwelling” (condición opuesta a la surgencia) con transportes de 4.7 m³/s desde mar abierto hacia la costa. Eventos de surgencia débil se observaron durante el trimestre tanto en el índice derivado del viento como en el de la temperatura. Condiciones similares se observaron en la bahía de Tongoy.

Los vientos en Punta Lengua de Vaca mostraron el dominio de vientos del Suroeste (31 días) y Sur (30 días), con periodos intercalados de viento Norte asociados al paso de sistemas frontales: 19-27 junio y 7-15 de julio. Los valores de TSM presentan poca variabilidad, con extremos de 12.6 °C y 13.2 °C. En Tongoy, los valores de temperatura del mar a 10 m de profundidad muestran un descenso con respecto al trimestre anterior, con extremos de 12.6 °C y 13.2 °C, asociados a los eventos de surgencia antes mencionados.

En cuanto a los niveles de clorofila, el valor promedio trimestral fue de 5 mg/m³, inferior al registrado en el trimestre previo (5.9 mg/m³), son consistentes con las observaciones satelitales. El oxígeno disuelto y la saturación de oxígeno presentaron valores promedio de 4.9 mL/L y 81.6%, respectivamente, similares a los registrados el trimestre anterior. Como un rasgo especial, el 14 de julio se observó una disminución en la salinidad, asociado con las abundantes precipitaciones que afectaron la Región en este periodo.

SECTOR PRODUCTIVO

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 formatos de comercialización del producto.



» MENSAJES DESTACADOS

**1**

Durante el trimestre junio, julio, agosto de 2022 se mantuvieron las condiciones oceánicas frías de la Niña. Adicionalmente, el enfriamiento de la temperatura superficial del mar resultó mayor a lo observado en igual periodo durante el año 2021 y se espera que continúe hasta el verano de 2023.

2

A nivel local, la temperatura superficial del mar se mantuvo dentro del rango climatológico fluctuando entre 12 a 14.5 °C, con valores mínimos a fines del mes de agosto, período en el que se observaron vientos favorables a la surgencia (viento del sur) que excedieron los 8 m/s (15.5 nudos).

3

La concentración de clorofila, estimada satelitalmente, se mantuvo en niveles mínimos, de aproximadamente 1 mg/m³, salvo en la localidad de Tongoy que registró promedios de 5 mg/m³. Estas concentraciones se encuentran dentro del rango de los meses de invierno.

4

Se registró el paso de sistemas frontales en los meses de junio y julio, acompañados de precipitaciones abundantes y vientos del Norte. En particular las precipitaciones del 14 al 15 de julio se asociaron a una disminución importante de la salinidad superficial en la bahía de Tongoy.

5

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 se podría explicar por el aumento en el tiempo de cultivo del presente año en respuesta a condiciones ambientales como la mayor disponibilidad de oxígeno, la demanda del mercado y los formatos de comercialización del producto.

» 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 hidrográficas costeras que alberga la Región de Coquimbo. Esto a través del uso de mapas y series de tiempo y análisis trimestrales de dichas variables ambientales, para múltiples localidades de la Región, tales como Chañaral de Aceituno, Punta de Choros, Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, Punta Lengua de Vaca, La Cebada, Huentelauquén y Los Vilos.

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



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

Observaciones de la región Pacífico Sur Oriental

Anomalía Mensual de la Temperatura Superficial del Mar (TSM)

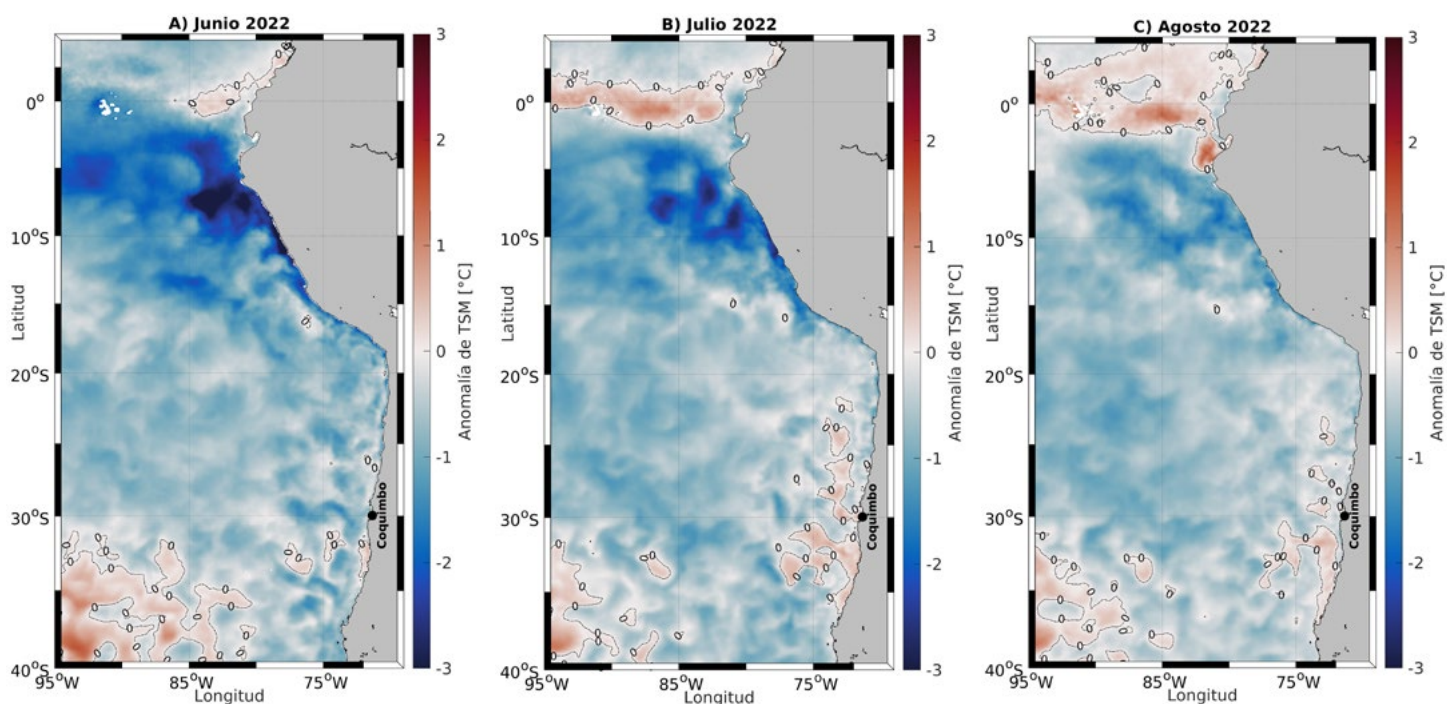


Figura 1. Anomalía mensual de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) (°C) de (A) junio de 2022, (B) julio de 2022 y (C) agosto de 2022. Las anomalías de TSM se calcularon con respecto al periodo 2006-2019. Los colores rojos en el mapa indican zonas en las que la TSM mostró valores por encima del promedio 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.

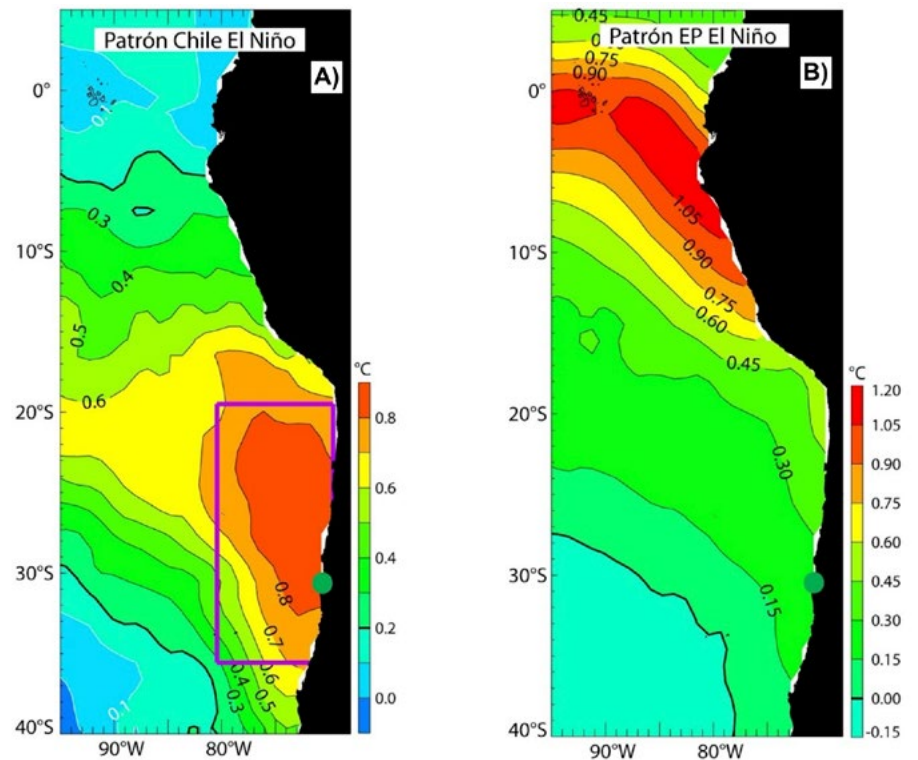
Para el trimestre comprendido entre junio y agosto de 2022, se observa la persistencia de la anomalía negativa (enfriamiento) de la temperatura superficial del mar (TSM) (es decir, el cambio de esta variable en relación al promedio histórico calculado entre los años 2006-2019) para gran parte de la región del Pacífico Suroriental, lo cual es consistente con condiciones frías ENSO-La Niña. Cabe destacar que

estas anomalías negativas y condiciones frías resultaron ser mayores que las observadas para el mismo periodo durante el año 2021 (ver Figura 1 en boletín CEAZAMAR octubre 2021). Se observó una reducción en las anomalías de la TSM para la Bahía de Tongoy entre junio (-0.34°C), julio (0.08°C) y agosto de 2022 (0.12°C).

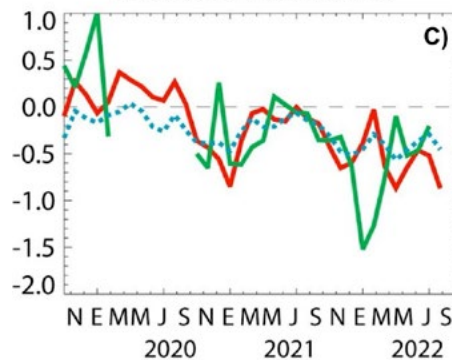


Condiciones climáticas: Índices El-Niño Chileno y El-Niño Este Pacífico (El-Niño EP)

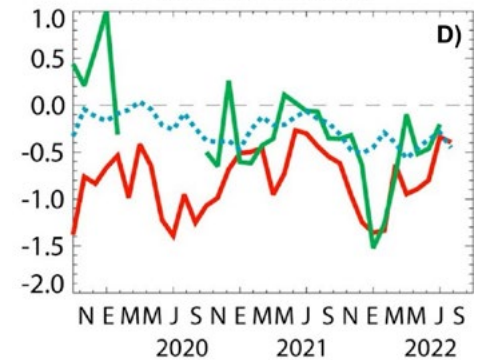
Figura 2. Patrones e índices climáticos para la Región de Coquimbo: (A) Patrón del modo climático Chile El Niño (CEN). Colores y contornos indican anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) en °C. (B) Patrón del modo climático El Niño (EN) del Pacífico Este. Colores y contornos indican anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) en °C. (C) Comparación de la evolución del índice Chile El Niño (CEN) (rojo), de las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) en Tongoy entre las observaciones (en verde) y la solución de un modelo estadístico (en azul punteado) entre septiembre de 2019 y agosto 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 septiembre 2019 y agosto 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 ambientales 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. Específicamente para la Bahía de Tongoy, entre enero y marzo de 2022, hubo un descenso drástico en la temperatura superficial, lo cual se refleja en el índice EN (ver Figura 2 D). Desde dichos meses, la temperatura en la bahía de Tongoy ha incrementado al igual que el índice EN mientras que el índice CEN ha mantenido una tendencia ligeramente negativa, como durante los últimos 2 años. Las condiciones observadas sugieren una persistencia de condiciones frías frente a la costa de la Región de Coquimbo.



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.

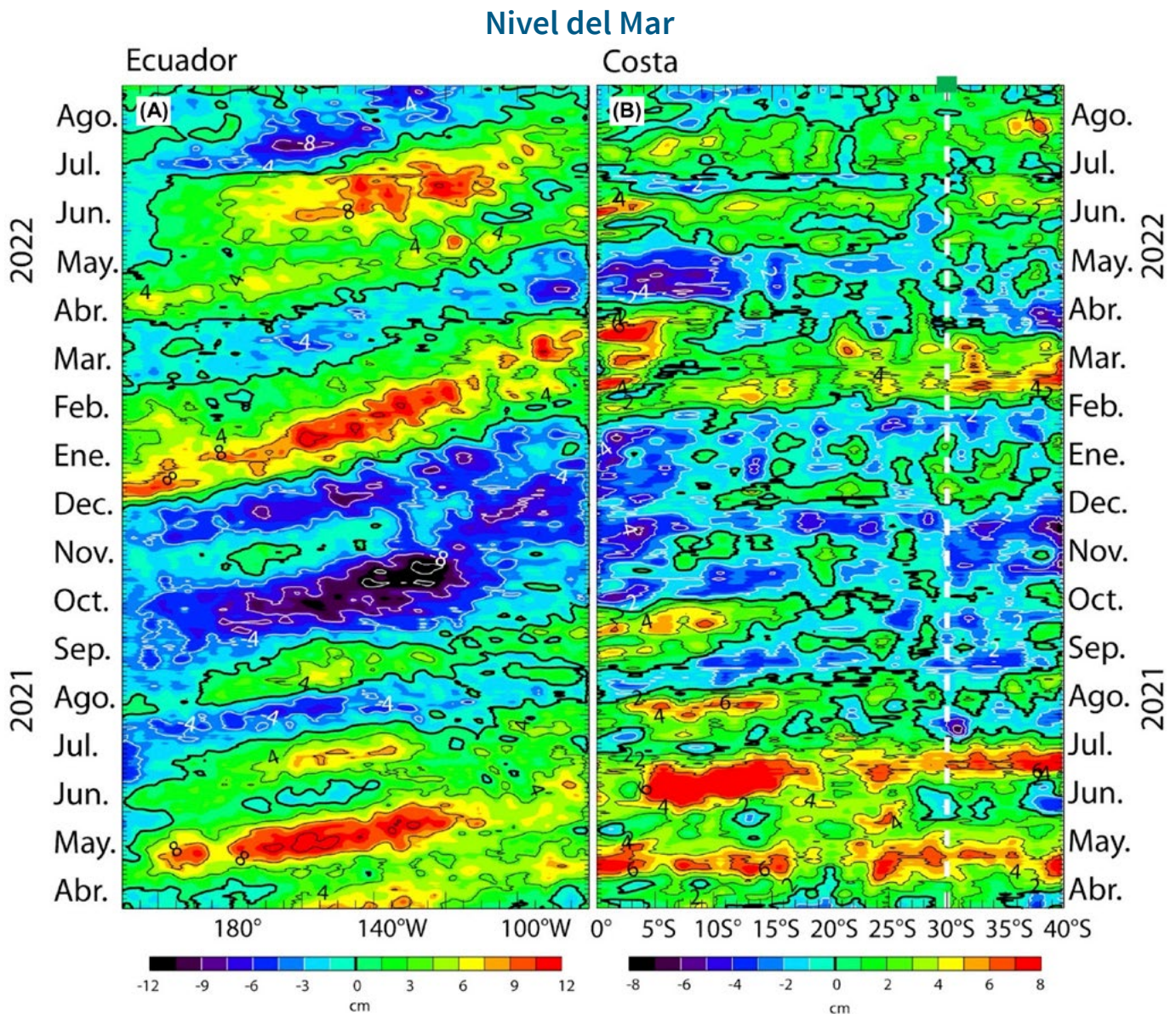


Figura 3: Evolución de las anomalías del nivel del mar a lo largo (A) del Ecuador y (B) de la costa para el período comprendido entre el 1 abril de 2021 al 31 de agosto de 2022. Los cambios en el nivel del mar se muestran en centímetros (cm).

La evolución de la actividad de ondas de Kelvin ecuatoriales en el primer trimestre del presente año indica la ocurrencia de una onda de afloramiento (anomalías negativas del nivel del mar) en Marzo 2022, la cual se propagó a lo largo de la costa (Figura 3 derecha) disipándose al llegar a la latitud de la región Coquimbo. Esa onda mantuvo condiciones frías a lo largo de la costa. A partir de abril de 2022, se gatilló una onda de Kelvin de hundimiento (anomalías positivas del nivel del mar, calentamiento) a lo largo del ecuador de amplitud débil (~4 cm) (Figura 3 izquierda), la cual alcanzó la costa de América del Sur en mayo de 2022. La amplitud de esta onda de hundimiento no fue lo suficientemente intensa para oponerse a las condiciones frías persistentes. Por otro lado, en julio de 2022 se gatilló una onda de Kelvin de afloramiento (anomalías negativas del nivel del mar, enfriamiento) en el Pacífico central, la cual debería contribuir a mantener condiciones frías a lo largo de la costa de Perú y Chile en los próximos meses.



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





Velocidad y Dirección del Viento

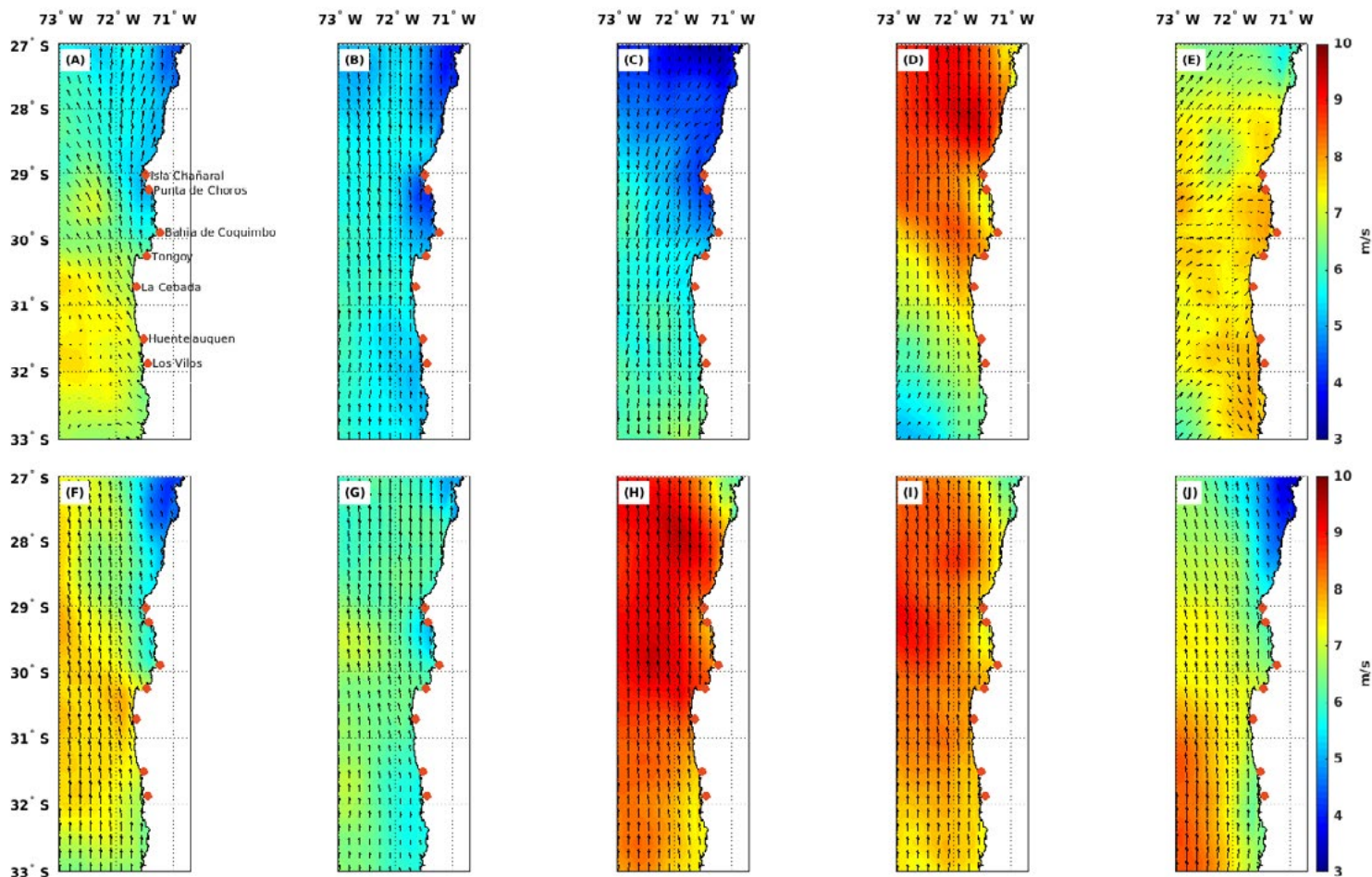


Figura 4. Promedio de la velocidad (m/s) y dirección de viento estimada a través de la observación satelital a 10 metros sobre el nivel del mar frente a la Región de Coquimbo entre el 1 de junio al 29 de agosto de 2022. Cada imagen muestra el promedio para ambas variables (velocidad y dirección de viento) para un periodo de 9 días (A) 1-jun-2022 a 9-jun-2022 (B) 10-jun-2022 a 18-jun-2022, (C) 19-jun-2022 a 27-jun-2022, (D) 28-jun-2022 a 06-jul-2022, (E) 7-jul-2022 a 15-jul-2022, (F) 16-jul-2022 a 24-jul-2022, (G) 25-jul-2022 a 2-ago-2022, (H) 3-ago-2022 a 11-ago-2022, (I) 12-ago-2022 a 20-ago-2022, y (J) 21-ago-2022 a 29-ago-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 invierno, el patrón de viento durante el período comprendido entre junio y agosto de 2022 indica un aumento de la variabilidad y magnitud del viento respecto al trimestre anterior. Durante junio y julio de 2022, el paso de sistemas frontales favoreció condiciones de viento norte, específicamente durante los períodos del 19 al 27 de junio (Figura 4C) y del 7 al 15 de julio (Figura 4E). Los vientos de menor intensidad se observaron entre el 10 al 18

de junio con magnitudes inferiores a 5 m/s (9.7 nudos) en mar abierto, mientras que durante el mes de agosto ocurrieron los eventos de mayor magnitud, con valores superiores a los 10 m/s (19 nudos). En particular, se destaca el período del 3 al 20 de agosto (Figuras 4H e I), donde se observaron en promedio, vientos favorables a la surgencia con magnitudes superiores a 8 m/s (15.5 nudos).

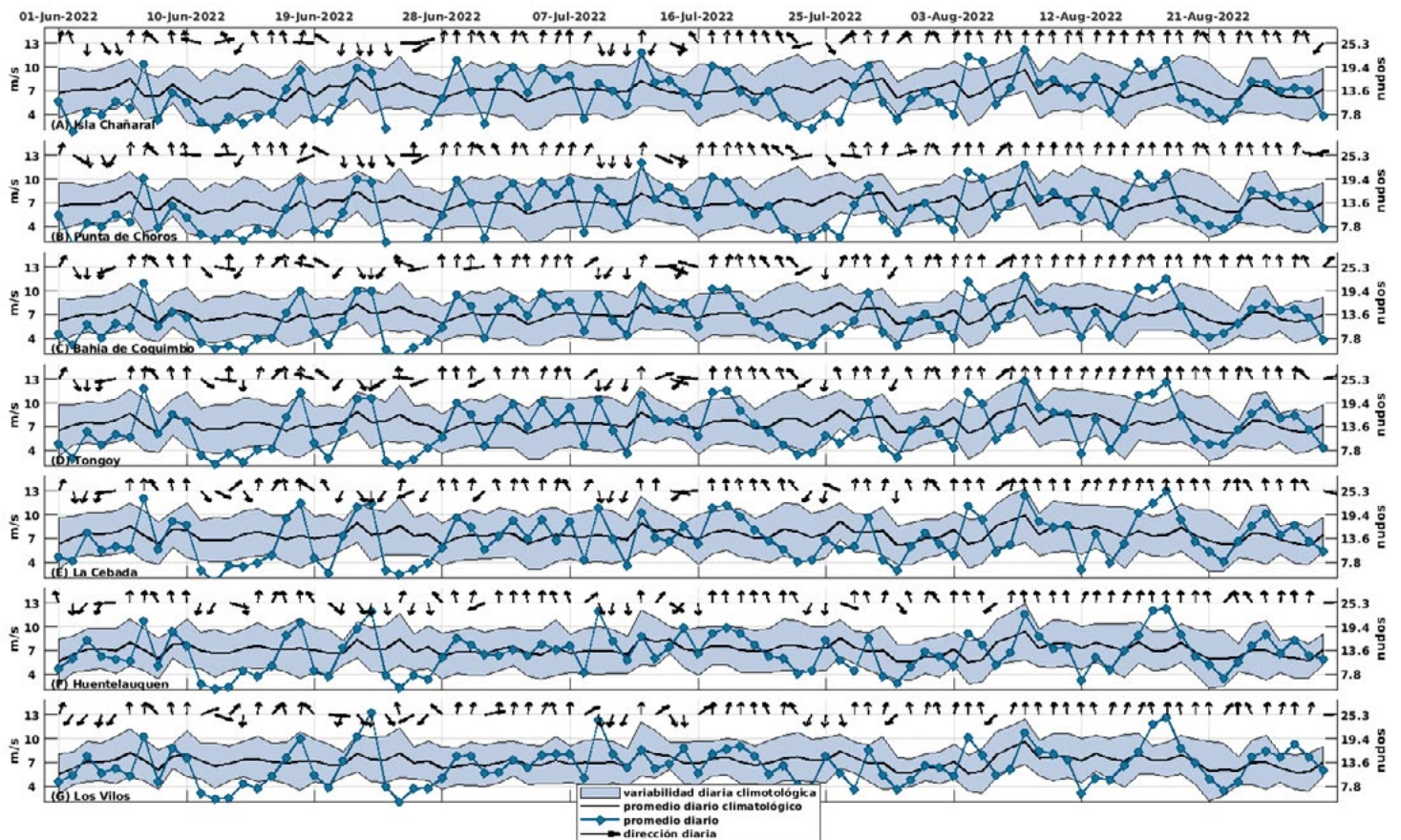


Figura 5. Series diarias de la velocidad (en m/s y nudos) y dirección de viento promedio diario satelital para las localidades de (A) Chañaral de Aceituno, (B) Punta de Choros, (C) Bahía de Coquimbo, Bahía de Tongoy, La Cebada, (F) Huentelauquén y Los Vilos entre el 1 de junio del 2022 al 29 de agosto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

El análisis de viento satelital para las localidades costeras indica que en términos promedio, el período del 10 al 18 de junio presentó los vientos de menor intensidad, con velocidades no superiores a 5 m/s (9.7 nudos). Así mismo, se destaca el período comprendido entre el 16 al 25 de julio donde los vientos presentaron una tendencia regional al descenso en su magnitud alcanzando valores mínimos cercanos a 4 m/s (7 nudos).

A nivel diario, se destaca el sistema frontal que afectó la región el 23 de junio, el cual produjo un temporal de viento del norte con ráfagas superiores a 11 m/s (21.3 nudos) en la mayoría de las localidades analizadas de la Región, de las cuales se destaca la localidad de Los Vilos que registró la máxima velocidad del trimestre con 13.3 m/s (25.8 nudos).

Adicionalmente se destaca el período comprendido entre el 16 al 18 de agosto, donde se estiman valores de intensidad de viento sur superior a los 10 m/s (19 nudos) en todas las localidades analizadas de la Región, con valores máximos de 12.7 m/s (24.6 nudos) tanto en Tongoy como en Los Vilos.

Con respecto a la dirección predominante del viento, todas las localidades analizadas registraron mayoritariamente viento de componente sur (entre 61% y 67% del trimestre), aunque en un menor número de días que el trimestre anterior y similar a lo observado durante el invierno del 2021 (ver Boletines julio 2022 y octubre 2021 respectivamente). Esto se explica, en parte, por la presencia de los sistemas frontales que afectaron la región con vientos del norte en los períodos del 19 al 27 de junio y del 7 al 15 de julio. A modo particular, se destaca la localidad de Huentelauquén en la cual el viento norte prevaleció en un 18.9% del trimestre.



Temperatura Superficial del Mar (TSM)

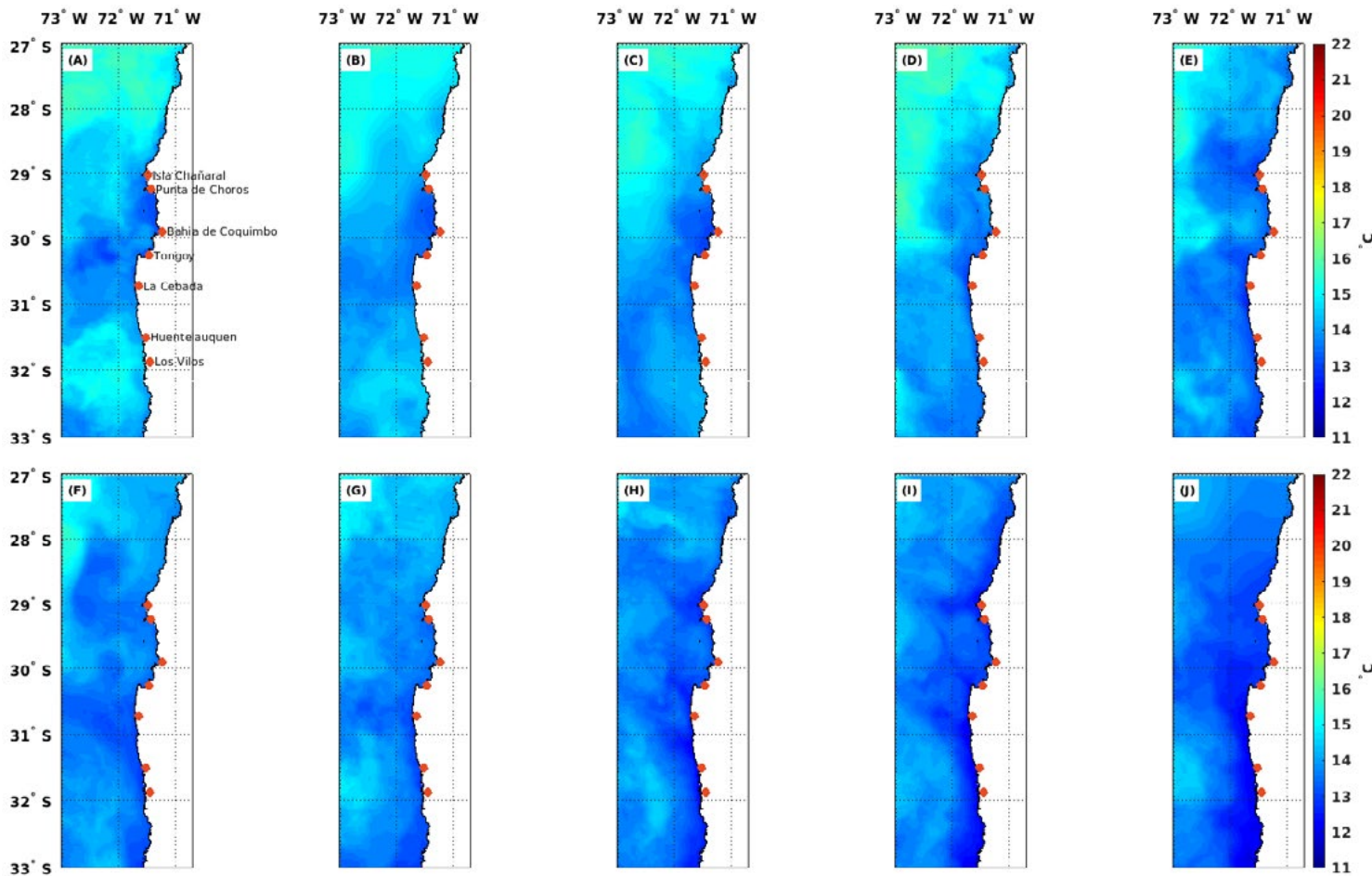


Figura 6. Temperatura Superficial del Mar (TSM) (°C) estimada a través de la observación satelital de la superficie oceánica frente a la Región de Coquimbo entre el 1 de junio de 2022 al 29 de agosto de 2022. Cada imagen muestra el promedio para la TSM para un periodo de 9 días (A) 1-jun-2022 a 9-jun-2022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

Para el trimestre en revisión, la TSM en la región oceánica y costera de la Región de Coquimbo mostró una disminución gradual desde junio a agosto de 2022, en respuesta a la menor radiación solar propia de los meses de invierno.

Las máximas temperaturas de la temporada se registraron en el período comprendido entre el 1 al 9 junio con valores entorno a los 14°C (Figura 6A), mientras que las mínimas se observaron en el período del 21 agosto al 29 de agosto con valores cercanos a 12°C para toda zona costera de la región (Figura 6J). En términos generales se destaca que al sur de la región, el océano abierto presentó valores de temperatura

mayores en comparación con el año 2021, alcanzando máximas de 15°C y anomalías positivas menores a 1°C en los meses de julio y agosto (ver Figura 1B y C). Aun así, en el borde costero las temperaturas fueron levemente más frías que en el año anterior (ver boletín Octubre año 2021), distinguiéndose en particular el período comprendido entre el 12 al 20 de agosto (Figura 6I) en el cual se registraron para Punta de Choros las temperaturas más frías de la región, lo cual es consistente con la presencia de la surgencia producto a los máximos de viento sur que se observaron en esas fechas para esta localidad (ver Figuras 5H e I).

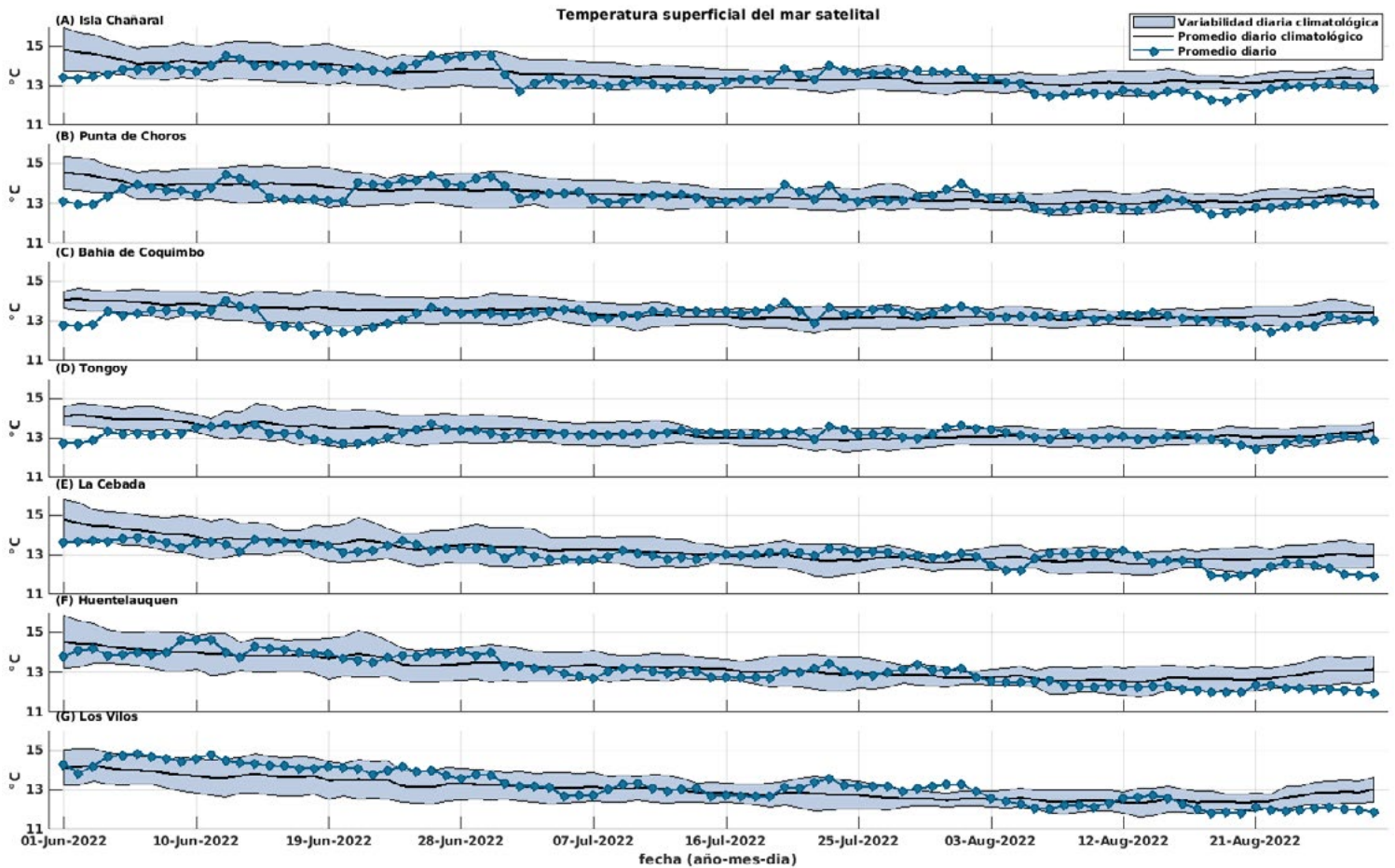


Figura 7. Series diarias de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) (°C) para las localidades de (A) Chañaral de Aceituno, (B) Punta de Choros, (C) Bahía de Coquimbo, (D) Bahía de Tongoy, (E) La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos desde el 1 de junio del 2022 al 29 de agosto del 2022 (curva azul 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.

Para las localidades costeras analizadas, se observa que todas ellas presentaron TSM con valores cercanos a su promedio histórico, a pesar de que en términos regionales se mantiene la condición fría típica de La Niña (ver Figura 1). No obstante, se destaca la primera semana de junio, donde se observaron temperaturas bajo lo normal desde Chañaral de Aceituno hasta Tongoy con un valor mínimo de temperatura de 12.7°C para la bahía de Coquimbo. Las máximas temperaturas se registraron en Isla Chañaral (30 de junio) con valores de 14.5°C, valores por sobre el promedio histórico (13.8°C), pero dentro del rango esperado (12.9°C - 14.7°C). Finalmente, se destaca que el intenso viento sur (favorable a la surgencia) que ocurrió durante el mes de agosto (ver Figura 4H e I) sólo generó una surgencia de intensidad moderada en las localidades de La Cebada e Isla Chañaral (17 al 21 de agosto) (ver Figuras 7A y E), lo cual es consistente con lo esperado en la temporada de invierno, donde la mezcla vertical y la baja estratificación vuelve ineficiente el mecanismo de surgencia que enfría la superficie.



Clorofila superficial

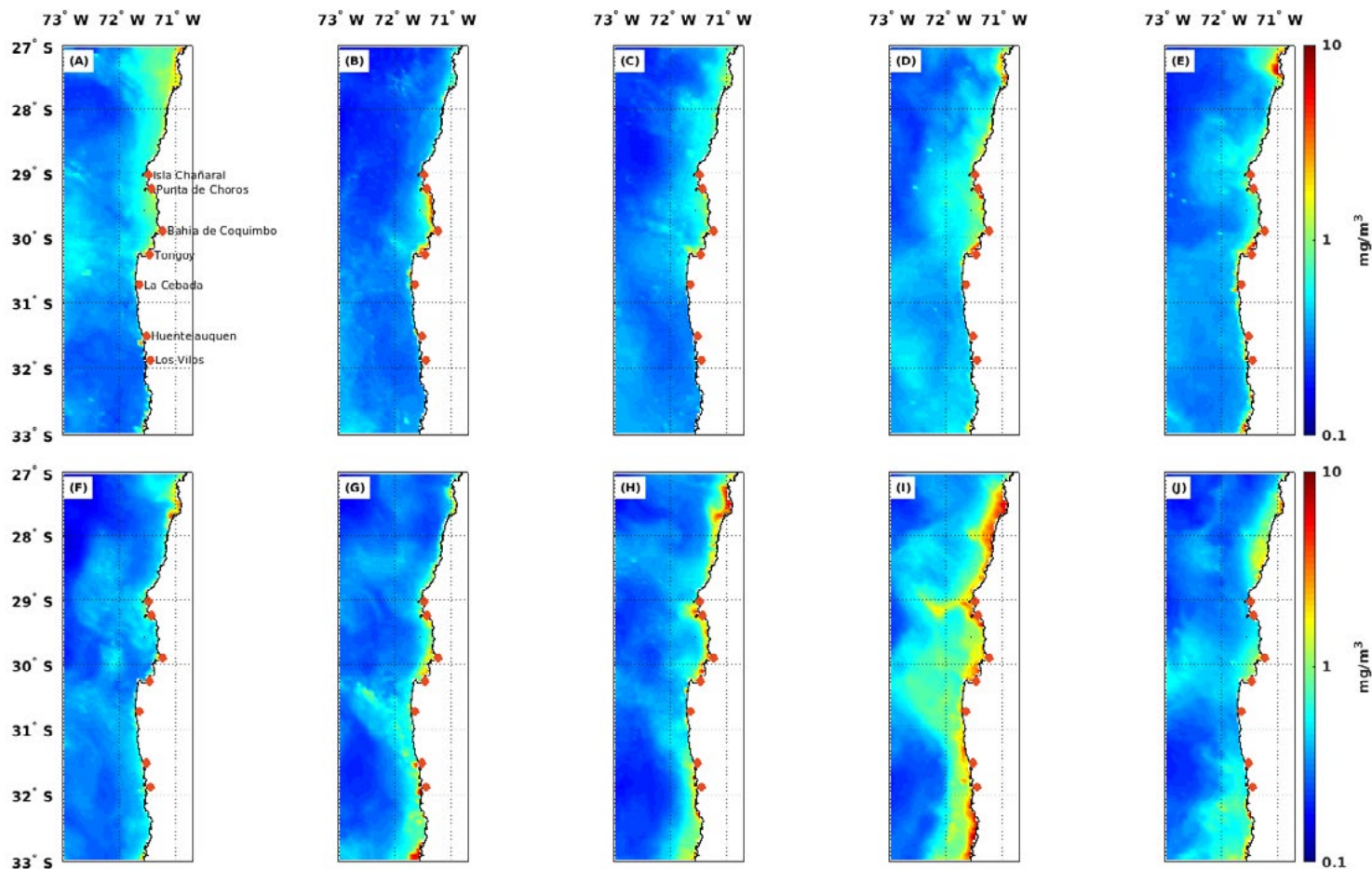


Figura 8. Concentración de clorofila superficial estimada a través de observaciones satelitales (mg/m^3) para la Región de Coquimbo entre el 1 de junio de 2022 y el 29 de agosto de 2022. Cada imagen muestra el promedio para la concentración de clorofila para un período de 9 días (A) 1-jun-2022 a 9-jun-2022 (B) 10-jun-2022 a 18-jun-2022, (C) 19-jun-2022 a 27-jun-2022, (D) 28-jun-2022 a 06-jul-2022, (E) 7-jul-2022 a 15-jul-2022, (F) 16-jul-2022 a 24-jul-2022, (G) 25-jul-2022 a 2-ago-2022, (H) 3-ago-2022 a 11-ago-2022, (I) 12-ago-2022 a 20-ago-2022, y (J) 21-ago-2022 a 29-ago-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.

Siguiendo la tendencia al descenso de los últimos meses de otoño (ver Boletín CEAZAMAR Julio 2022), los valores de clorofila alcanzaron sus valores regionales mínimos durante el trimestre en revisión (menor a $1 \text{ mg}/\text{m}^3$), lo cual se atribuye a una respuesta biológica natural a la menor disponibilidad de luz solar del invierno. A nivel diario no hubo cambios de clorofila superiores $0.5 \text{ mg}/\text{m}^3$, y en general los valores absolutos se observaron bajos en la banda costera con mínimos de $0.4 \text{ mg}/\text{m}^3$ en el período del 16 de julio al 2 de agosto (Figuras 8F y G). A nivel regional, los máximos valores de clorofila satelital se registraron en el período comprendido entre el 3 al 20 de agosto (Figura 8H e I), con valores levemente superiores a $1 \text{ mg}/\text{m}^3$. En concordancia con los máximos de viento, se entiende que estos máximos responden al afloramiento de nutrientes que fertilizan las capas superficiales del océano producto de la surgencia. En el período del 21 al 29 de agosto (Figura 8J) se observaron valores de clorofila menores a las semanas anteriores, lo que indica el fin del evento.



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

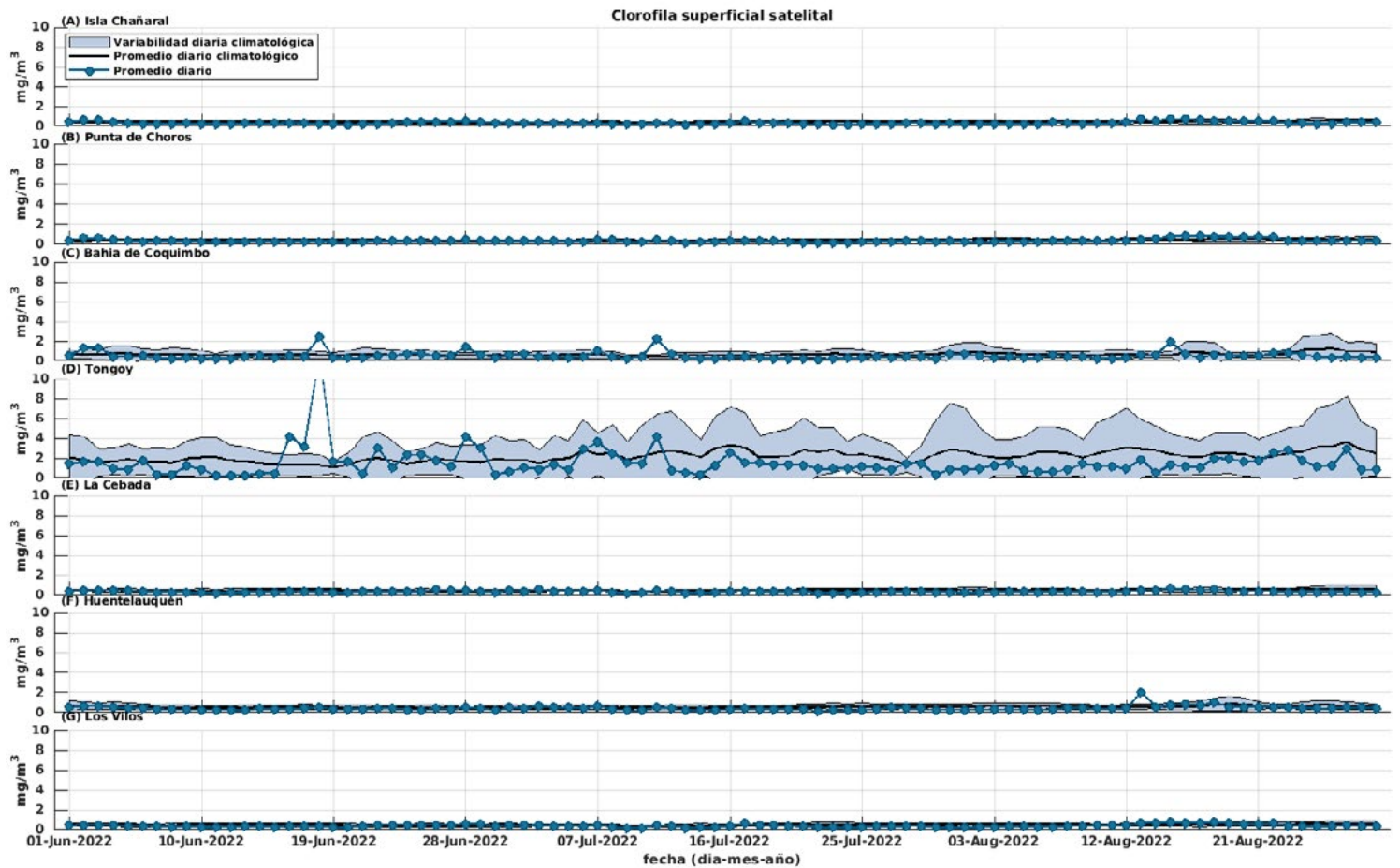


Figura 9. Series diarias de clorofila satelital (superficial) (mg/m^3) para las localidades de (A) Chañaral de Aceituno, (B) Punta de Choros, (C) Bahía de Coquimbo, (D) Bahía de Tongoy, (E) La Cebada, (F) Huentelauquén y (G) Los Vilos entre el 1 de junio del 2022 al 29 de agosto del 2022. Se muestran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

A nivel de localidades costeras, las observaciones satelitales de clorofila indican concentraciones promedio menores a $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ en la totalidad de las localidades analizadas para el trimestre junio-agosto 2022. Este comportamiento se entiende como una respuesta natural a las condiciones invernales donde existe una menor disponibilidad de luz solar, e ineficiencia de la surgencia (menor cantidad de nutrientes) lo que induce una baja productividad de organismos fotosintéticos como el fitoplancton. A pesar de esto, se destaca la localidad de Tongoy, la cual se diferencia del resto de localidades de la región por su mayor

variabilidad, alcanzó fluctuaciones superiores a $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ y valores absolutos entre 1 y $2 \text{ mg}/\text{m}^3$ (ver Figura 9D). Aun así, este comportamiento se observa dentro de los rangos históricos de la localidad, y las magnitudes máximas (como el evento de $12.6 \text{ mg}/\text{m}^3$ que se detectó para el 18 de junio) son también menores a las concentraciones que usualmente se observan en la temporada de primavera y verano. Finalmente, luego de las precipitaciones del 14 de Julio se distingue un leve aumento en la clorofila de la bahía de Coquimbo de $2.4 \text{ mg}/\text{m}^3$, pero para el resto de las localidades no se observa una respuesta clara de la clorofila ante las precipitaciones.



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](http://www.ceazamet.cl)).



» Punta de Choros

Índice de surgencia

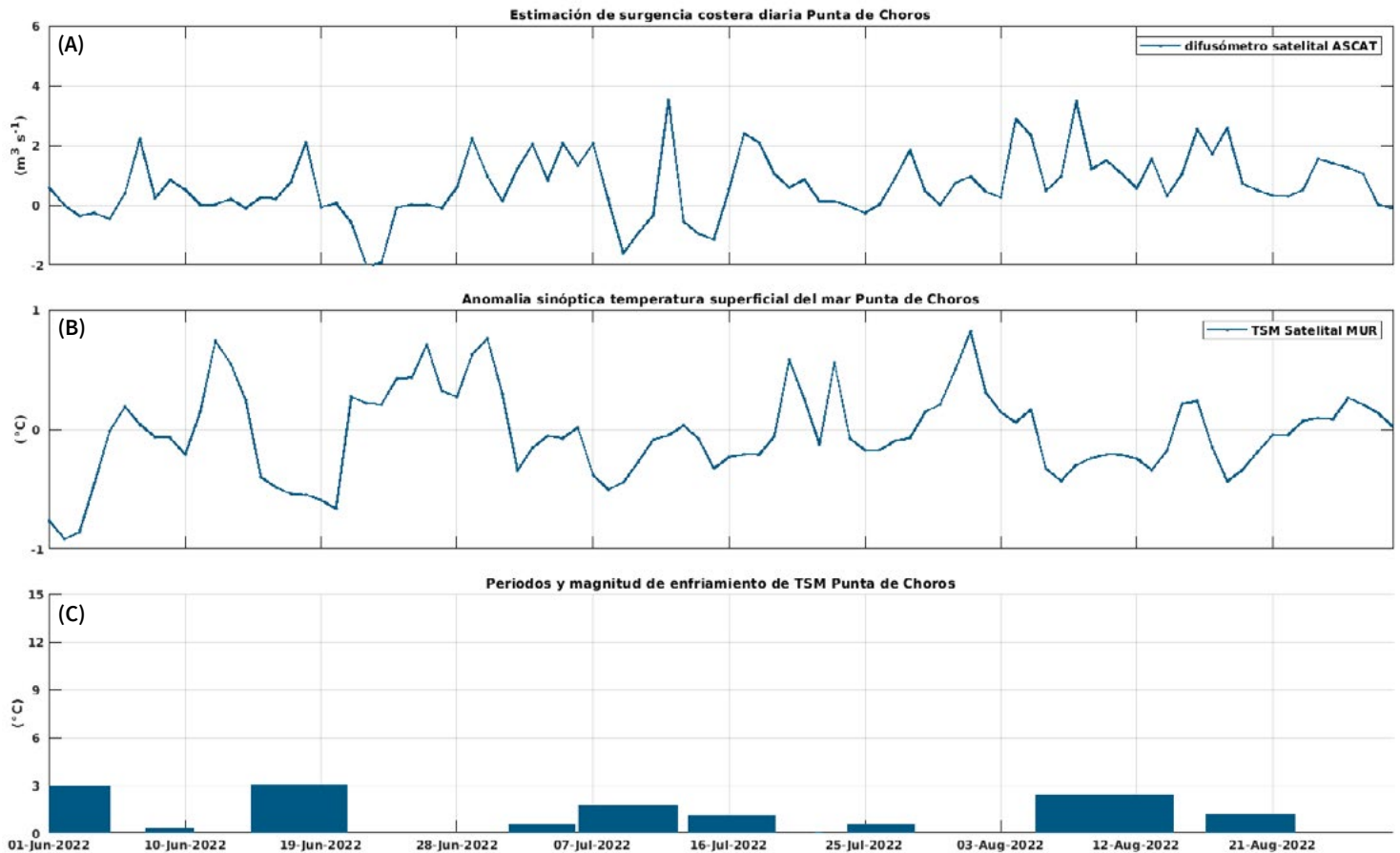


Figura 10. Indicadores de intensidad y duración de la surgencia costera en Punta de Choros. (A) Índice de surgencia costera (UI) estimado a partir del estrés del viento. (B) Anomalías sinópticas de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) $(^\circ\text{C})$. (C) Índice termal de surgencia costera (enfriamiento costero superficial) estimado a partir de las anomalías sinópticas de la Temperatura Superficial del Mar (TSM). Las anomalías de temperatura se obtienen 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 y comparando con el trimestre anterior, el índice derivado del viento (ver Figura 10A) indica un descenso del volumen de agua transportado por la surgencia con valores inferiores a $4 \text{ m}^3/\text{s}$ durante todo el trimestre. Se destaca el período del 19 al 28 de junio, donde el viento norte (ver Figura 11a) generó incluso un evento de hundimiento o *downwelling* (condición opuesta a la surgencia) con transportes que alcanzaron los $4.7 \text{ m}^3/\text{s}$ desde mar abierto hacia la costa. Complementariamente, se destacan eventos de surgencia (con bajo enfriamiento) para el 10 de julio y el 8 de agosto de 2022, donde se estima un valor promedio de transporte de agua de $3.5 \text{ m}^3/\text{s}$ y $3.4 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente.

En base a los índices termales de surgencia (ver Figuras 10B y C), se observaron anomalías sinópticas muy bajas que no superaron más de 1°C de temperatura, aunque de todas maneras se distinguen tres eventos de surgencia leve; el primero entre el 1 al 4 de junio con un enfriamiento integrado de 3.2°C y anomalía de 0.74°C , el segundo entre el 12 al 20 de junio con un enfriamiento integrado de 6.3°C y una anomalía de 0.5°C ; y el tercero entre el 5 y 14 de agosto con un enfriamiento integrado de 5.8°C y anomalía de 0.3°C .



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

que aguas más profundas la reemplacen. Estas aguas más profundas son más frías lo que genera fuertes contrastes en la Temperatura Superficial del Mar (TSM), pero también presentan elevados niveles de nutrientes que estimulan el crecimiento de las microalgas o fitoplancton. Finalmente, las aguas de surgencia también presentan altas concentraciones de CO_2 (elevada acidez) y bajas concentraciones de oxígeno disuelto lo que genera eventos locales de acidificación y desoxigenación del océano, respectivamente.





Condiciones atmosféricas

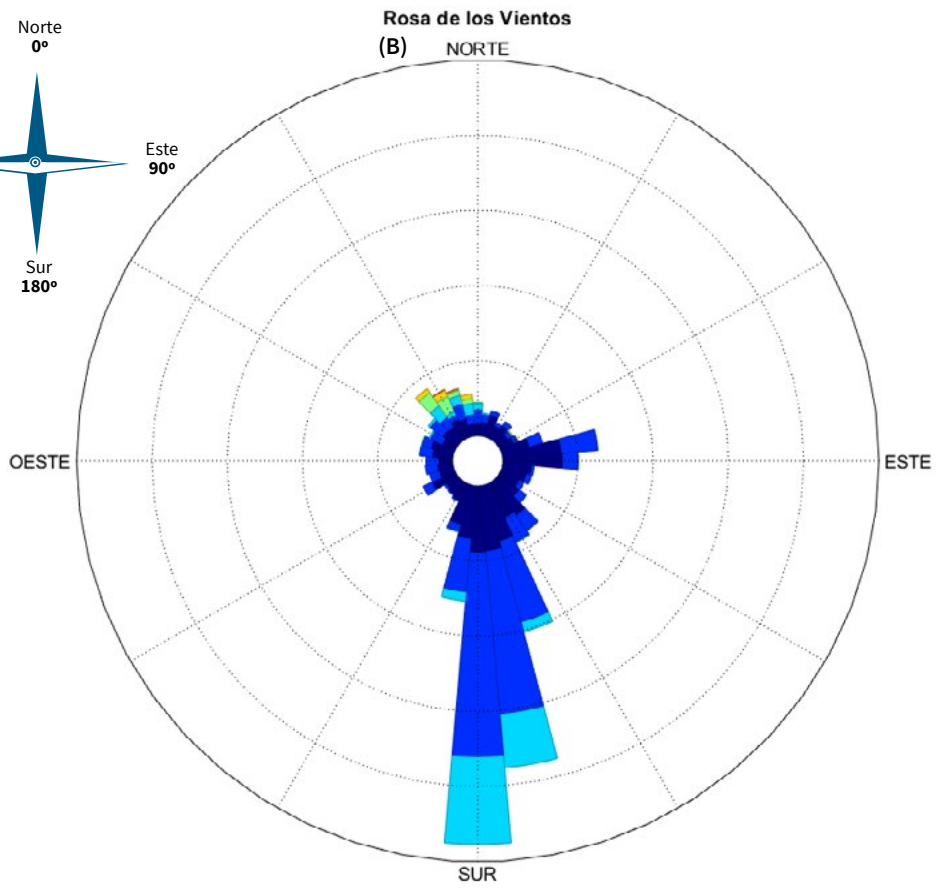
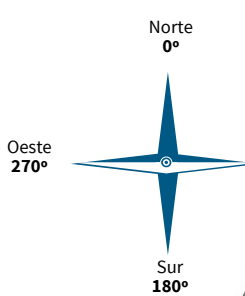
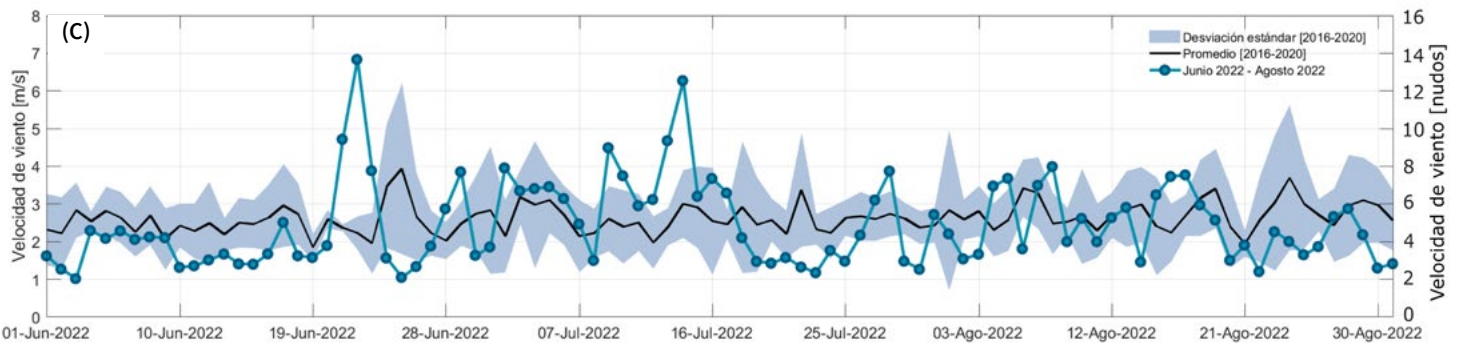
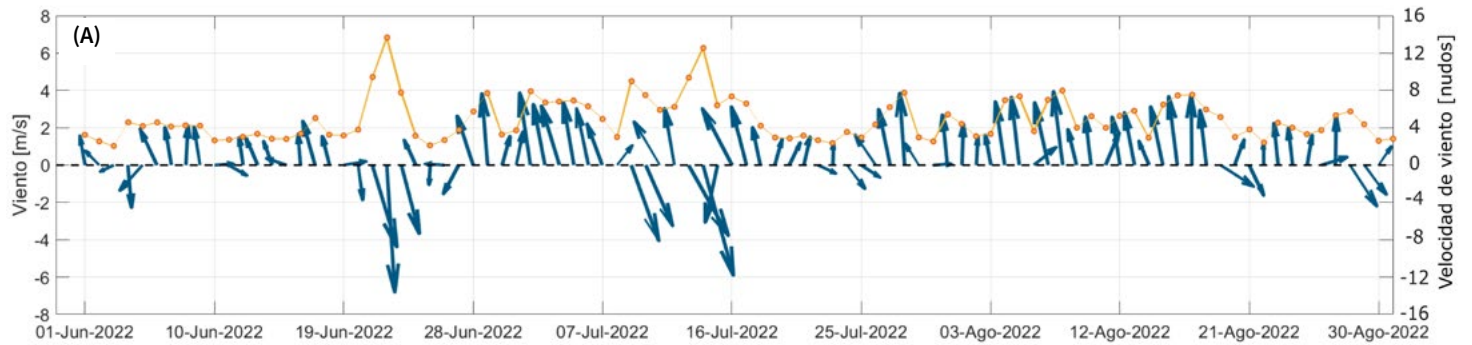


Figura 11. (A) Promedio del vector y magnitud del viento diario (en m/s y nudos) registrados en la estación costera de Punta de Choros. (B) Rosa de los vientos con datos horarios. Los datos corresponden al periodo comprendido entre el 1 de junio de 2022 y el 31 de agosto de 2022. (C) Velocidad de viento (m/s y nudos) registrada en la estación costera de Punta de Choros. Datos diarios (línea azul) entre el 1 de junio de 2022 y el 31 de agosto 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 de viento proveniente del Sur (Figura 4, Figura 5D, Figura 13A y Figura 13B), con mayor intensidad durante el periodo comprendido entre 15 al 23 de enero de 2022 (Figura 4F y Figura 5D), coincidente con la mayor magnitud y duración del índice termal de surgencia costera (Figura 12C), y una disminución de la Temperatura Superficial del Mar (Figura 7D) por debajo del rango histórico para estas fechas. Dentro de la Bahía de Tongoy, se registraron valores de temperatura

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

Índice de surgencia (Bahía de Tongoy)

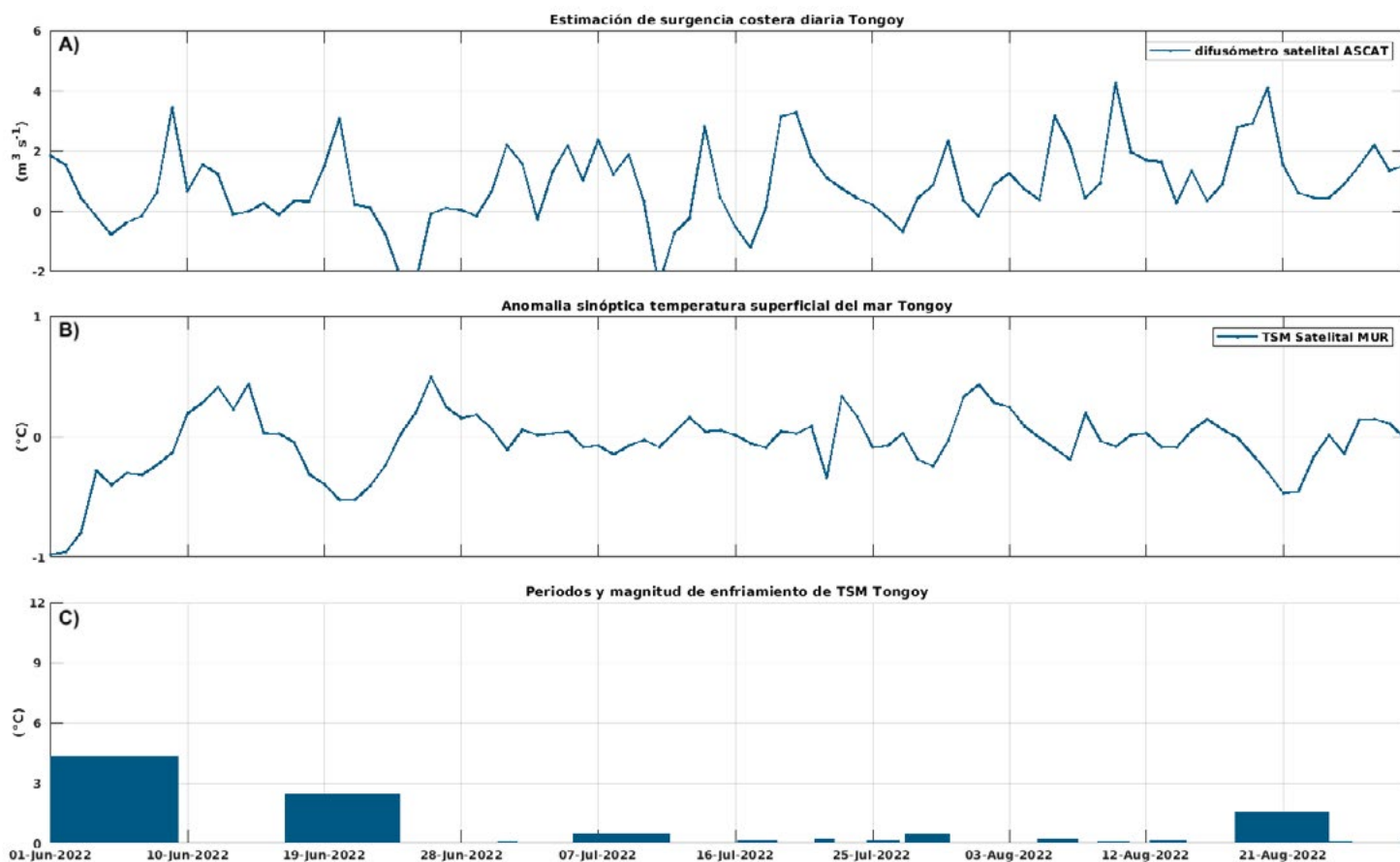


Figura 12. Indicadores de intensidad y duración de la surgencia costera en la Bahía de Tongoy. (A) Índice de surgencia costera (UI) estimado a partir del estrés del viento. (B) Anomalías sinópticas de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) ($^{\circ}C$). (C) Índice termal de surgencia costera (enfriamiento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



El análisis de los periodos de surgencia en la Bahía de Tongoy, estimado a partir del forzamiento del viento, indica un descenso en el transporte de agua por surgencia, con valores bajo los $4\text{m}^3/\text{s}$ en casi la totalidad del trimestre. Al igual que Punta de Choros, se destacan los eventos de hundimiento o downwelling producto de los temporales con viento norte (valores negativos en la Figura 12A), y adicionalmente se distingue el periodo comprendido entre el 9 al 20 de agosto con los máximos transportes del trimestre con valores de $4.26\text{m}^3/\text{s}$ y $4.1\text{m}^3/\text{s}$ respectivamente.

Con respecto a los índices termales de surgencia (ver Figuras 12B y C), no se observaron anomalías sinópticas

que excedan más de 1°C , a excepción de un primer evento de surgencia que ocurrió entre el 29 de mayo y el 9 junio, el cuál tuvo un enfriamiento integrado de 9.3°C y una máxima anomalía de -1°C . Para el resto del trimestre, no se observan anomalías significativas de temperatura, a excepción de los eventos de surgencia leve del 14 al 23 de junio que generaron un enfriamiento integrado de 7.5°C y el evento del 16 al 23 de agosto, el cuál en consistencia con el viento sur, produjo un enfriamiento integrado de 6.1°C





Condiciones Atmosféricas y Oceanográficas

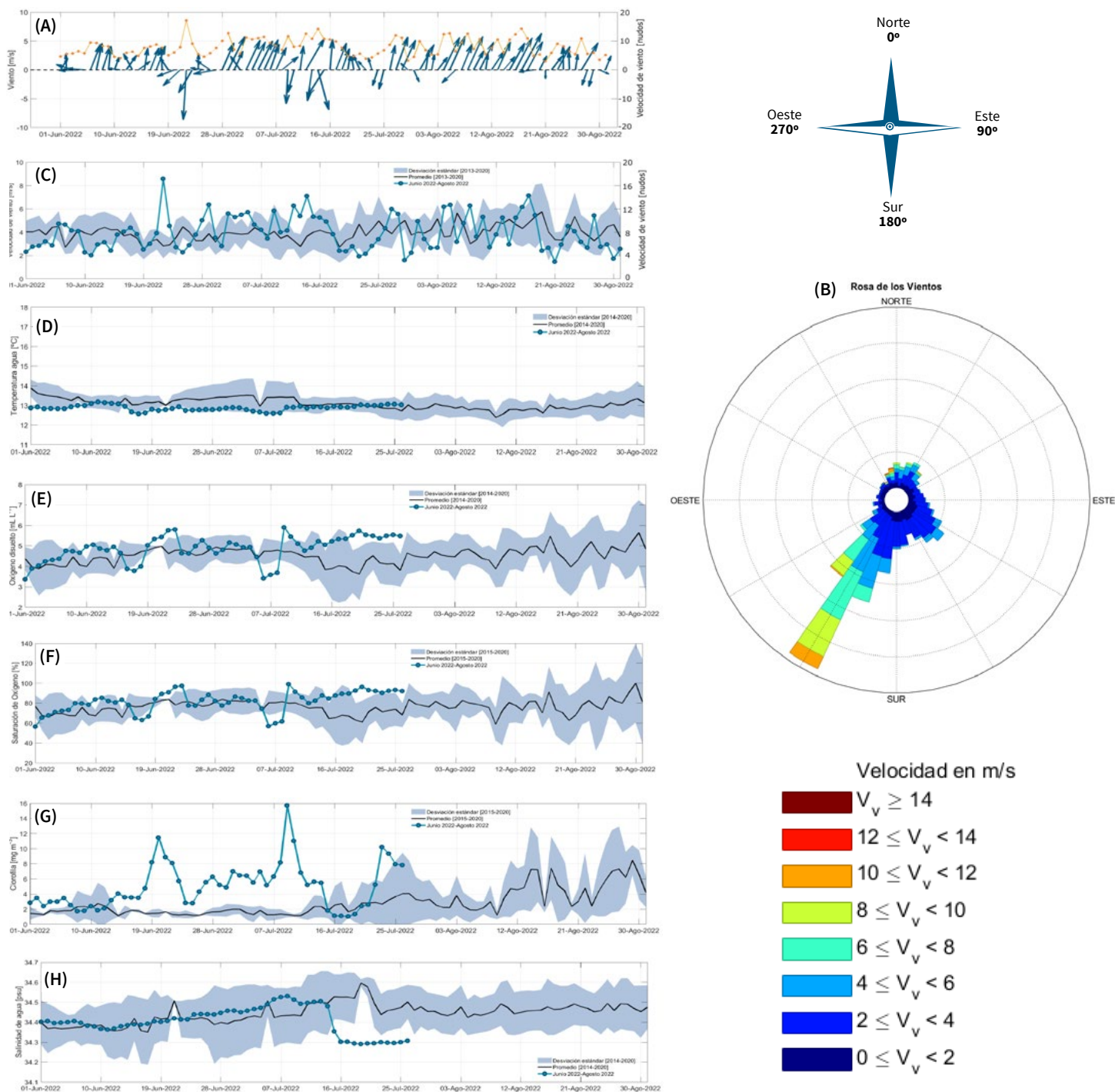


Figura 13. (A) Promedio del vector y magnitud del viento diario (en m/s y nudos) (B) Rosa de los vientos con datos horarios y (C) Velocidad de viento (m/s y nudos) registrada en la estación costera de Punta Lengua de Vaca. Datos diarios (línea azul) entre el 1 de junio de 2002 y el 31 de agosto de 2022. 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 1 de junio de 2002 y el 26 de julio 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 (31 días) y Sur (30 días), con períodos intercalados de viento Norte (10 días) (Figura 4, Figura 5D, Figura 13A y Figura 13B), asociados a sistemas frontales registrados entre el 19 al 27 junio, así como entre el 7 al 15 de julio de 2022 (Figura 11A).

La temperatura del agua promedio para la Bahía de Tongoy para el trimestre fue de 12.9°C, inferior al valor promedio de 14.1°C registrado el trimestre anterior (Figura 13D). El valor mínimo del trimestre fue de 12.6°C, y se observó el 17 de junio de 2022, mientras que el valor máximo fue de 13.2°C y ocurrió el 11 de junio de 2022. Los valores de temperatura del agua observados hasta el 26 de julio de 2022 presentan un rango de 0.6°C (Figura 11D).

El oxígeno disuelto (Figura 13E) y la saturación de oxígeno (Figura 13F) en la Bahía de Tongoy presentaron valores promedio de 4.9 mL/L y 81.6%, respectivamente, similares con respecto a los

valores promedio de 4.8 mL/L y 82.2% registrados el trimestre anterior. El valor mínimo del trimestre fue de 3.4 mL/L (56.5%) se registró el 1 de junio de 2022, mientras que el valor máximo fue 5.9 mL/L (99.2%) y se registró el 9 de julio de 2022.

En cuanto a los niveles de clorofila (Figura 11G), el valor promedio trimestral de la Bahía de Tongoy fue de 5 mg/m³, menor que el valor registrado en el trimestre previo (5.9 mg/m³). Para el trimestre de estudio, se registró un valor mínimo de 1 mg/m³ el 18 de julio de 2022, y un valor máximo de 15.7 mg/m³ el 9 de julio de 2022, con un segundo máximo de 11.5 mg/m³ el 20 de junio de 2022, consistente con las observaciones satelitales (Figura 8, Figura 9D y Figura 11G).

Se observó una disminución de salinidad de 34.5 a 34.3 (Figura 11H) desde el 14 al 16 de julio, asociado a los sistemas frontales y precipitaciones que afectan a la región en este periodo.



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 estudio Ramajo et al., 2020).



» 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, se observa un aumento sostenido de la velocidad promedio del viento para la zona (Figura 14). 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 del agua superficial, y un aumento de la productividad natural, como se puede apreciar en el contenido de clorofila en la bahía ([Boletín CEAZAMAR julio 2021](#); [Ramajo et al., 2020](#)).

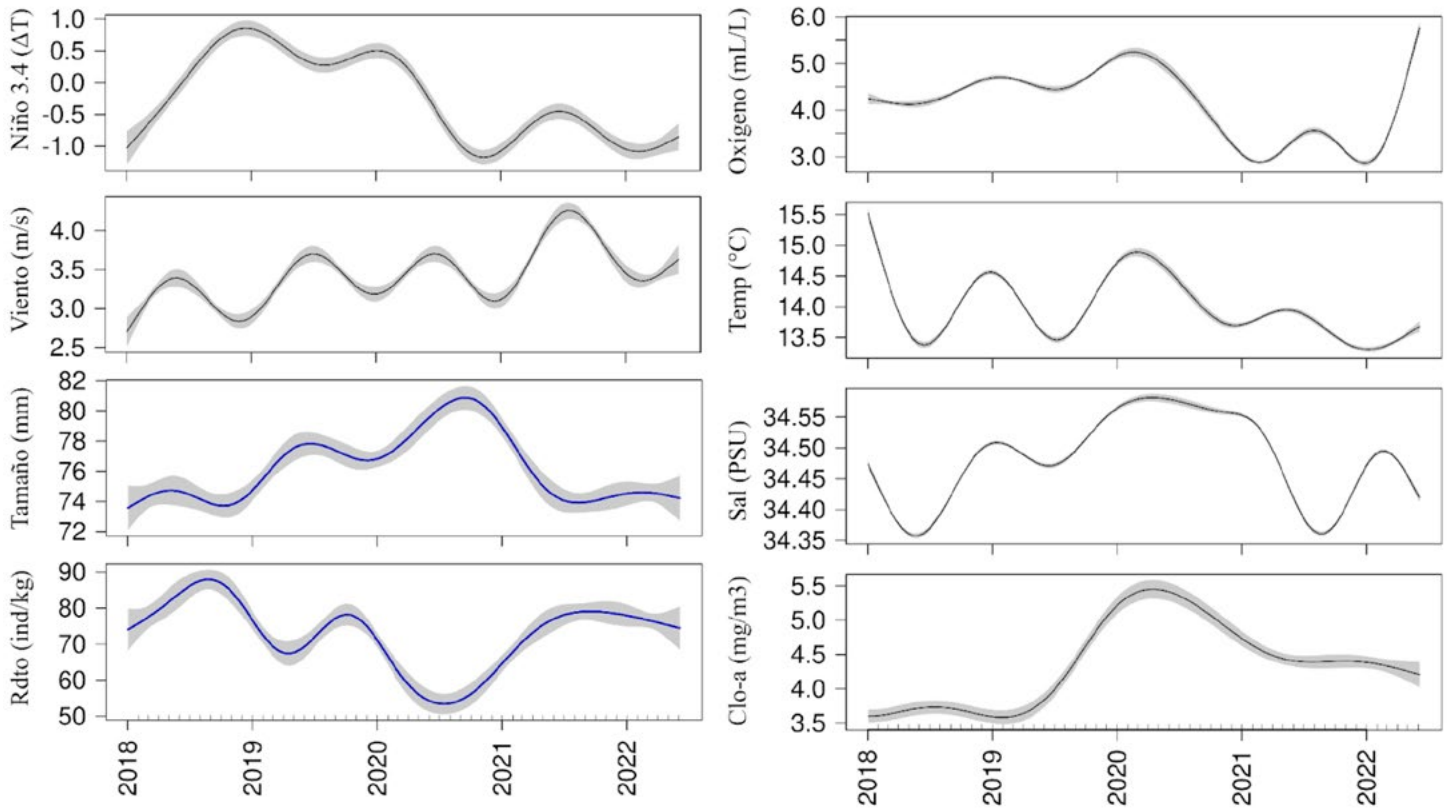


Figura 14. Series temporales de variables ambientales y productivas en la bahía de Tongoy. Se muestran los índices utilizados para definir los eventos de El Niño y La Niña, los diferentes parámetros oceanográficos obtenidos desde la boya localizada en la bahía de Tongoy y los parámetros de tamaño y rendimiento para el recurso ostión. Las bandas sombreadas que rodean las tendencias estimadas son los intervalos de confianza aproximados del 95% a lo largo de la función.

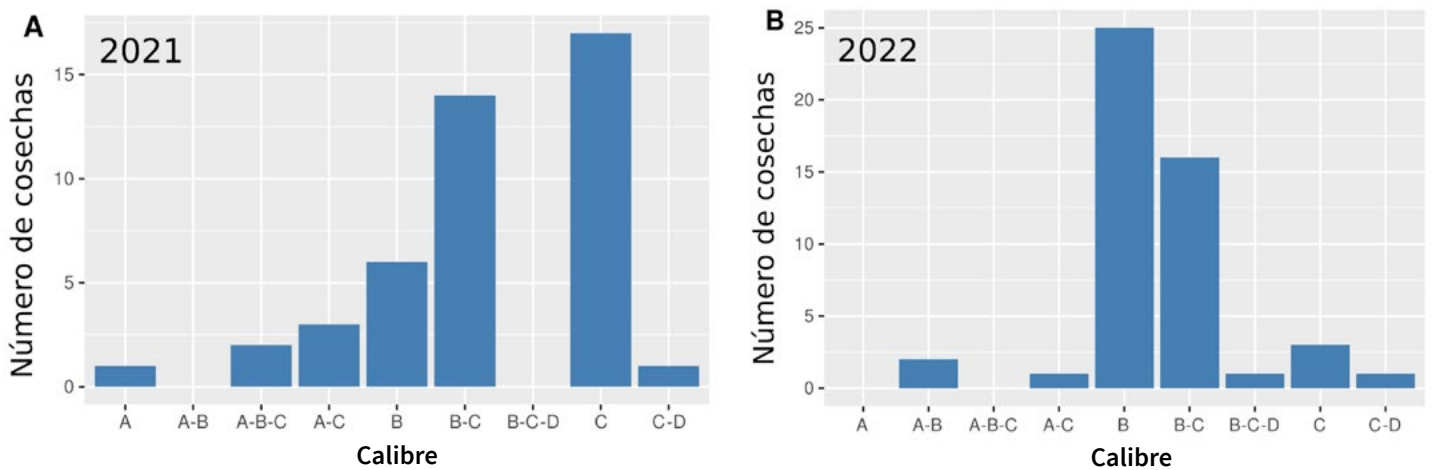


Figura 15. Gráfico de los calibres (como aproximación al peso) de individuos de ostión cosechados entre marzo y mayo de 2021 y 2022 en la bahía de Tongoy. Se utilizaron datos de 93 cosechas del período. Las letras en el eje horizontal indican el calibre de las cosechas. Los calibres van desde el grupo A (mayor calibre) hasta el grupo D (menor calibre). Calibre A: 22-44 unidades/Kg; Calibre B: 44-66 Unidades/Kg; Calibre C: 66-88 Unidades/Kg; Calibre D: 88-132 unidades/Kg.

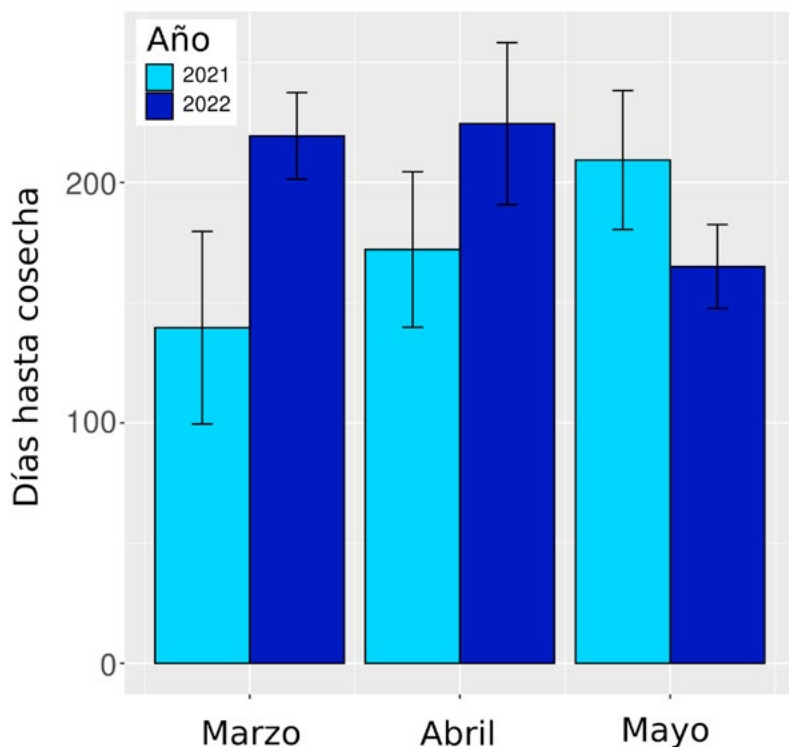


Figura 16. Tiempo de cultivo del recurso ostión. En este gráfico se muestra el tiempo entre la siembra y la cosecha (en días) del recurso para el periodo marzo-mayo de los años 2021 y 2022. Se graficaron los promedios mensuales y las desviaciones estándar.

Algunos de los factores responsables de la disminución de los calibres durante el año 2021, podrían estar asociadas a las condiciones oceanográficas de la bahía de Tongoy, lo cual podría explicar las bajas permanentes de oxígeno y el crecimiento excesivo de organismos incrustantes, que provocaron una merma en los desembarques en dicho año.

El efecto de estas condiciones se ve reflejado en dos parámetros importantes, como lo son el calibre de los ostiones cosechados, y el tiempo de cultivo de estos (Figuras 15 y 16). Para el periodo 2021, entre los meses de marzo, abril y mayo, se observa una extracción mayoritaria de individuos de calibre C. Para el mismo periodo del presente año, se observa una extracción principalmente de organismos con calibre B. Estos datos están de acuerdo con el análisis del tiempo de cosecha, ya que al comparar ese periodo de tiempo durante 2021 y 2022, se observa un incremento en 15 días entre la siembra y la cosecha de 2022 (200 días) versus los 175 días de las cosechas

de 2021. De esta manera, la decisión de acortar el periodo productivo en 2021 podría asociarse a evitar mortalidades mayores por las condiciones imperantes en la bahía.

Sin embargo, es importante mencionar que la cosecha actualmente está determinada por lo que demanda el mercado y los formatos de comercialización del producto. Es por esto que los tiempos de cultivo es un factor que refleja tanto la demanda de los mercados como las condiciones ambientales. Al respecto, señalar que para el periodo 2018 a 2020 la industria reportaba tiempos de cultivo cercanos a los 12 meses, mientras que para los periodos 2021 y 2022 se registran tiempos de cultivo de 6 a 8 meses, que podría ser explicado por las características de la demanda (calibre de menor talla) y por los parámetros ambientales.



» 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



» MODELOS CLIMÁTICOS DEL OCÉANO Y LA ATMÓSFERA

Estas herramientas nos permiten entender cómo se comporta la circulación del océano y la atmósfera en periodos históricos o futuros basándose en las leyes físicas que rigen ambos medios. En CEAZA, estos modelos se utilizan para el estudio de procesos e interpretación de observaciones, para proyectar las consecuencias del calentamiento global para la Región de Coquimbo y como herramienta de apoyo en la toma de decisiones del sector público y privado.



» ¿QUÉ ES UN MODELO NUMÉRICO DE LA ATMÓSFERA Y OCÉANO?

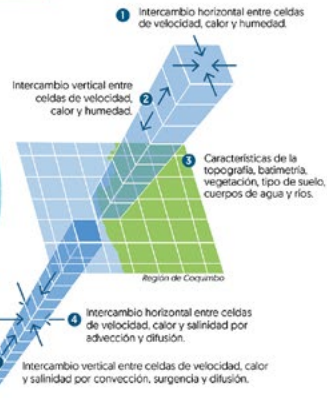
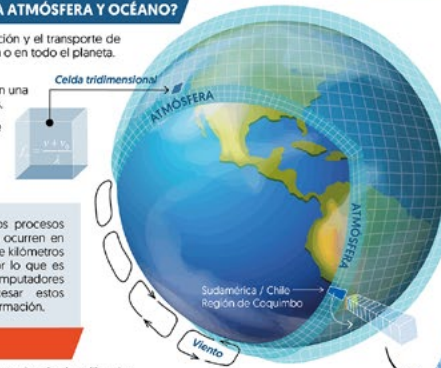
Es un programa computacional que simula la circulación y el transporte de calor en una región oceánica o continental específica o en todo el planeta.

GRILLA: El programa descompone el área a simular en una grilla compuesta de múltiples celdas tridimensionales. Cada celda es un conjunto de ecuaciones físicas que verifican la conservación de:

- ✓ ENERGÍA
- ✓ MASA
- ✓ MOVIMIENTO



SUPERCOMPUTADORES: Los procesos del océano y la atmósfera ocurren en escalas de metros a miles de kilómetros y de segundos a años, por lo que es necesario utilizar supercomputadores para almacenar y procesar estos grandes volúmenes de información.



CORTE VERTICAL DE COLUMNA CON CELDAS EN EL OCÉANO Y ATMÓSFERA

» ASIMILACIÓN DE OBSERVACIONES

Esta técnica permite mejorar las predicciones, ya que además de utilizar las leyes físicas en los modelos, se incorpora las mediciones que fueron obtenidas mediante redes de estaciones meteorológicas, boyas y observaciones satelitales en los días precedentes en el océano y la atmósfera.

» MODELO NUMÉRICO GLOBAL VS MODELO REGIONAL

Con el objetivo de resolver las distintas escalas espacio/temporales del movimiento de los fluidos planetarios, se han desarrollado modelos del tipo global y regional. Ambos resuelven las mismas ecuaciones y leyes físicas, con la diferencia que los primeros simulan fenómenos planetarios, hemisféricos y continentales, mientras que los segundos, alimentados por los datos de modelos globales, resuelven los procesos físicos en la escala de continentes, costas, montañas y bahías.

MODELOS GLOBALES:



Analizan el sistema para todo el planeta.

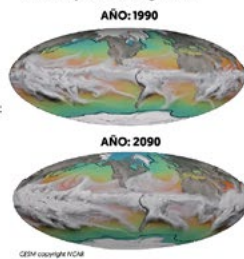


Resuelven procesos a gran escala:
 ✓ El Niño.
 ✓ Calentamiento global.
 ✓ Escenario hidrológico futuro.



Son desarrollados y aplicados por agencias internacionales.

» Cambio climático para fines de siglo simulado por modelos globales:



MODELOS REGIONALES:



Analizan el sistema para una región específica.

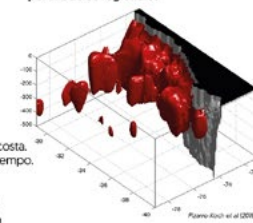


Resuelven procesos a pequeña escala:
 ✓ Surgencia costera.
 ✓ Formación de nubosidad en la costa.
 ✓ Evolución de un frente de mal tiempo.



Son desarrollados y utilizados por agencias, centros de investigación y universidades nacionales.

» Zona Mínima de oxígeno simulada por modelos regionales

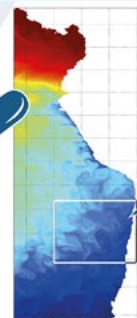
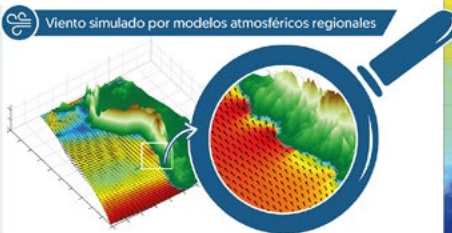


» TÉCNICAS DE ESCALAMIENTO

Como los modelos de circulación global entregan información en la escala de cientos o decenas de kilómetros, para pronosticar las condiciones medioambientales en el corto plazo o proyectar los efectos del cambio climático en la Región de Coquimbo es necesario escalar esa información a la resolución de los pocos kilómetros o cientos de metros. Las herramientas matemáticas diseñadas para ese fin se conocen como técnicas de escalamiento.

ESCALAMIENTO DINÁMICO:

En CEAZA para reproducir la circulación atmosférica y oceánica de la región de Coquimbo se realiza la técnica de escalamiento dinámico, la cual consiste en forzar lateralmente un modelo regional con las salidas de un modelo global de menor resolución espacial y temporal. Así, el modelo regional permite realizar pronósticos de corto plazo, o bien simular las consecuencias de procesos climáticos de gran escala sobre las distintas localidades de interés.



Temperatura superficial del mar (TSM) simulada por modelos oceánicos regionales

Redacción: Orlando Astudillo, Lucas Glasner | Diseño: Janina Guerrero E. | Agradecimientos: Programa de Investigación en Planificación de la Acción Climática (CLAP), FONDECYT 11190999 y Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo proyecto FSEQ210017.



» 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.

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

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

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

CTD: Es un acrónimo en inglés de Conductividad-Temperatura-Profundidad (en inglés, Conductivity-Temperature-Depth). Además, así se denomina al instrumento científico que se usa para determinar las propiedades físicas esenciales del agua de mar. El CTD brinda a los científicos información precisa y completa de la distribución y variación de la temperatura, la salinidad y la densidad a lo largo de la columna de agua.



Este instrumento se puede utilizar para obtener información a diferentes profundidades o anclado a una determinada profundidad para generar series de tiempo sobre la variabilidad de estos parámetros. Al día de hoy, a los CTDs se le puede añadir más instrumentos de medición (sensores oceanográficos) de oxígeno disuelto, clorofila, turbidez, pH, concentración de CO_2 (pCO_2), 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.

ENOS: 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 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 (ENOS).

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 (ENOS) 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 (CO_2) 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_2 (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 ZMOs cumplen un rol clave en el ecosistema marino y el clima, por ejemplo, comprimen el hábitat de los organismos ya que representan una barrera respiratoria e interviene en los ciclos biogeoquímicos globales (nitrógeno, carbono y fósforo, entre otros) y, en consecuencia son consideradas como una fuente de gases invernadero (óxido 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
OCTUBRE
2022

