

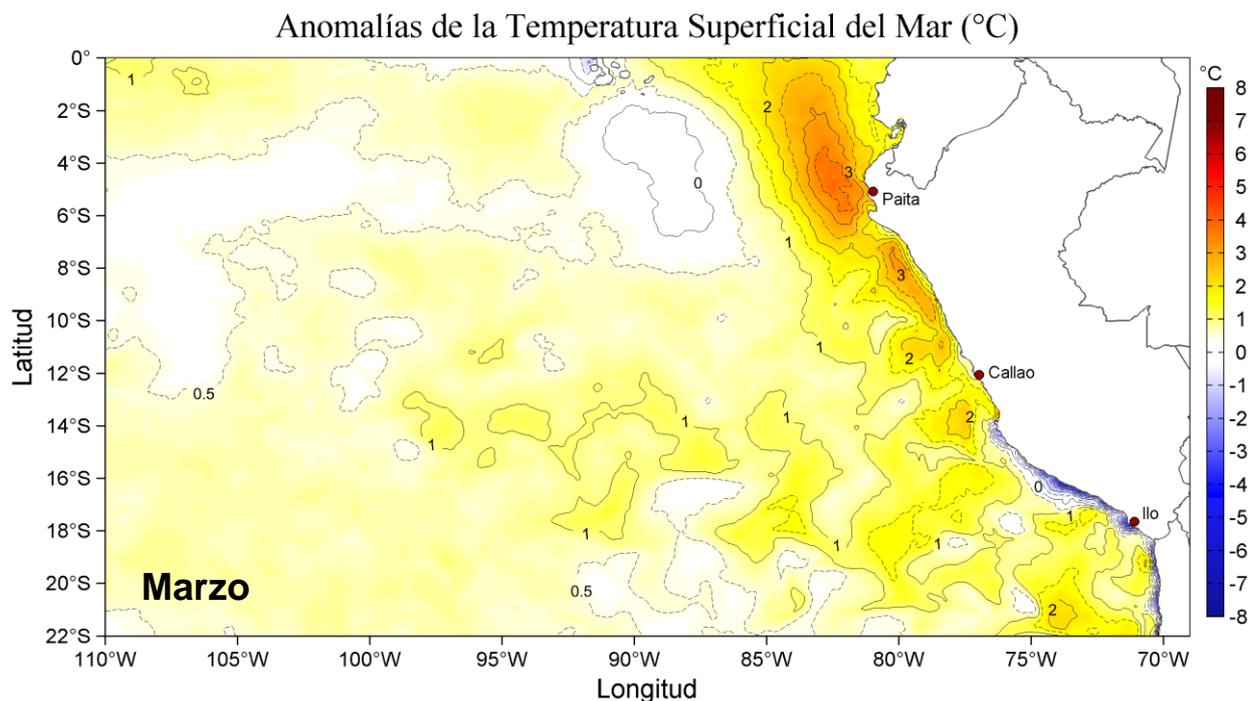
Presupuestal por Resultados N°068

“Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de emergencias por Desastres”

Producto: Estudios para la estimación del riesgo de Desastres

**Actividad 4: Generación de Información y Monitoreo del Fenómeno El Niño**

## **INFORME DE LAS CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS Y BIOLÓGICO-PESQUERAS DE MARZO e INICIOS DE ABRIL 2023**



Marzo – Abril 2023

**INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ  
GRUPO DE TRABAJO INSTITUCIONAL EL NIÑO**

**Informe de las Condiciones Oceanográficas y Biológico Pesqueras  
Marzo e inicios de Abril 2023**

|             |  |           |
|-------------|--|-----------|
| <b>I.</b>   | <b>RESUMEN EJECUTIVO</b>   | <b>3</b>  |
| <b>II.</b>  | <b>INTRODUCCIÓN</b>  | <b>5</b>  |
| <b>III.</b> | <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>  | <b>6</b>  |
|             | 1. VARIABLES   | 6         |
|             | 2. ÍNDICES   | 6         |
|             | 3. IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES  | 8         |
|             | 4. INDICADORES BIOLÓGICOS  | 9         |
|             | 5. MODELOS DE PRONÓSTICO   | 10        |
| <b>IV.</b>  | <b>CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS Y BIOLÓGICO-PESQUERAS</b>                              | <b>14</b> |
|             | 1. CONDICIONES FÍSICAS EN EL PACÍFICO ECUATORIAL Y SUDORIENTAL                       | 14        |
|             | 1.1. Aspectos Meteorológicos   | 14        |
|             | 1.2. Aspectos oceanográficos   | 14        |
|             | 2. CONDICIONES FRENTE A LA COSTA PERUANA   | 15        |
|             | 2.1. Aspectos meteorológicos   | 15        |
|             | 2.2. Aspectos oceanográficos físico  | 15        |
|             | 2.2.1. Nivel del mar   | 15        |
|             | 2.2.2. Temperatura del mar   | 16        |
|             | 2.2.3. Salinidad del mar   | 18        |
|             | 2.2.4. Flujos sub-superficiales  |           |
|             | 2.2.5. Aspectos biogeoquímicos   | 19        |
|             | 2.2.5.1 Oxígeno Disuelto   | 19        |
|             | 2.2.5.2 Fertilidad   | 19        |
|             | 2.2.4.2 Clorofila-a  | 19        |
|             | 3. INDICADORES ECOLÓGICOS Y BIOLÓGICO-PESQUEROS                                      | 20        |
|             | 3.1. Fitoplancton  |           |
|             | 3.2. Zooplancton   |           |
|             | 3.3. Condiciones biológico – pesqueras de los recursos pelágicos                     | 21        |
|             | 3.4. Condiciones biológico – pesqueras de los recursos demersales y litorales        | 21        |
|             | 3.5. Indicadores ecológicos  | 22        |
|             | 3.5.1. Especies indicadoras en la actividad pesquera                                 | 22        |
|             | 4. PRONÓSTICO DE LAS CONDICIONES DEL PACÍFICO ECUATORIAL Y FRENTE A LA COSTA PERUANA | 22        |
| <b>V</b>    | <b>REFERENCIAS</b>   | <b>23</b> |
| <b>VI</b>   | <b>RECONOCIMIENTOS</b>   | <b>30</b> |
| <b>VII</b>  | <b>TABLAS</b>  | <b>31</b> |
| <b>VIII</b> | <b>FIGURAS</b>   | <b>33</b> |

## I. RESUMEN EJECUTIVO

En marzo, en el Pacífico ecuatorial central (región Niño 3.4) las condiciones frías con anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) de  $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  continuaron disipándose, apareciendo anomalías de TSM de  $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$  en su flanco oriental. Entre tanto, en el Pacífico ecuatorial oriental (región Niño 1+2), se registraron anomalías de TSM entre  $+1$  y  $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$  y las aguas con TSM mayores a  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$  se expandieron hasta unirse con las del Pacífico ecuatorial central alrededor de los  $120^{\circ}\text{W}$  y hacia el sur hasta latitudes frente a Callao. Durante la segunda quincena aparecieron TSM mayores a  $28\text{ }^{\circ}\text{C}$  al sur de la línea ecuatorial aproximándose hasta las 60 mn de la costa norte de Perú y en los primeros 08 días de abril aparecieron TSM mayores a  $29\text{ }^{\circ}\text{C}$  dentro de la región Niño 1+2. En promedio, las anomalías de la TSM (ERSST v5) para marzo en las regiones Niño 1+2 y Niño 3.4, fueron de  $+1,48\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-0,11\text{ }^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. El Índice ONI (Oceanic Niño Index) para el período enero–marzo 2023 pasó al rango de condición neutra ( $-0,43$ ), indicando la culminación del evento La Niña en el Pacífico central.

En la franja adyacente a la costa, se presentaron vientos débiles durante la primera quincena del mes de marzo, mientras que, para la segunda quincena de marzo, el viento se incrementó hasta alcanzar valores de  $5,5\text{ m s}^{-1}$ , asociados a anomalías positivas entre San José (Lambayeque) y Huacho. En los primeros 8 días de abril se observó un ligero incremento del viento, mientras que, al norte de San José y al sur de San Juan de Marcona persistieron vientos débiles con anomalías negativas ( $< -1,0\text{ m s}^{-1}$ ). El afloramiento costero presentó valores menores a  $100\text{ m}^3\text{ s}^{-1}\text{ }100\text{ m}^{-1}$  a lo largo de la costa durante la primera quincena de marzo, incrementándose a  $200\text{ m}^3\text{ s}^{-1}\text{ }100\text{ m}^{-1}$  durante la segunda quincena del mes de marzo y en los primeros 8 días de abril.

En la franja de las 60 mn adyacentes a la costa peruana, las anomalías del nivel del mar (ANM) durante marzo y abril se incrementaron paulatinamente, intensificándose a partir de la segunda quincena de marzo desde Pisco hacia el norte, asociado a la propagación de una onda Kelvin cálida atrapada a la costa. Asimismo, la TSM y su anomalía promedio exhibieron cambios sustantivos a partir del 10 de marzo, cuando las aguas mayores a  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  se desplazaron al sur; este proceso se intensificó en la primera semana de abril cuando las aguas de  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $28\text{ }^{\circ}\text{C}$  se desplazaron hasta Huarmey, determinando anomalías de TSM de hasta  $+6,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  frente a Sechura.

La salinidad superficial del mar (SSM) mostró la proyección de las Aguas Tropicales Superficiales (ATS) hasta Paita ( $\sim 100$  mn de la costa) desde fines de marzo hasta la primera semana de abril, según información *in situ*. Las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) se detectaron frente a Chicama ( $\sim 70$  mn de la costa). En las zonas costeras la descarga de aguas continentales debido a las fuertes lluvias durante marzo y abril redujo la salinidad. Frente a la costa central, las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) se encontraron a menos de 20 mn del litoral, mientras que frente a la costa sur, dentro de las 60 mn se registraron aguas de mezcla entre aguas costeras y ASS; y a mayor distancia de la costa predominaron las ASS.

Respecto a la temperatura subsuperficial, entre la primera y segunda quincena de marzo, frente a Negritos y dentro de las 80 mn, en la capa superior se observó un incremento de las anomalías térmicas tanto en magnitud (de  $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) como en espesor (de  $\sim 40$  m a  $\sim 100$  m de profundidad); estas condiciones al igual que un núcleo de anomalías positivas entre 300 y 400 m persistieron en la primera semana de abril. Asimismo, dentro de las 111 mn frente a Paita, durante marzo se observaron anomalías de hasta  $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$  en los primeros 50 m; la capa superior con anomalías cálidas se profundizó hasta los 100 m y aumentó el volumen del núcleo subsuperficial con anomalías cálidas, ocupando la capa de 250 a 500 m en la tercera semana de marzo, para luego reducirse a 250 – 400 m en la primera semana de abril. Finalmente, dentro de las 100 mn frente a Chicama,

entre la primera y cuarta semana de marzo, en la capa superior de la columna de agua se observó un incremento en la magnitud (hasta +6 °C) y espesor (hasta 80 m) de las anomalías positivas, mientras que en la parte subsuperficial, también se registró un aumento en espesor (250 – 450 m) y magnitud (hasta +2 °C) del núcleo de anomalías positivas.

La clorofila-a en marzo presentó concentraciones entre 1 a 3  $\mu\text{g L}^{-1}$ ; mientras que, en la primera semana de abril mostró una disminución, predominando valores de 1  $\mu\text{g L}^{-1}$ , los cuales estuvieron replegados a la costa dentro de las 10 mn entre Paita y Pisco, mientras que se extendieron hasta las 30 a 60 mn al sur de Pisco. Las bajas concentraciones estuvieron asociadas a anomalías negativas menores a -1  $\mu\text{g L}^{-1}$  a lo largo de toda la costa.

Durante el mes de marzo la actividad extractiva de anchoveta fue mediante la flota de cerco artesanal y de menor escala, en la región Piura e Ica. En Piura, se localizó frente a Paita y en la bahía de Sechura, mientras que, en Ica se registró entre Pisco e isla San Gayan. A partir de la última semana de marzo se evidenció el incremento de los desembarques de especies asociada a eventos cálidos, como la samasa. Especies transzonales como jurel, caballa y bonito, continuaron presentando una mayor disponibilidad.

En el caso de la merluza, del 11 de marzo al 10 de abril se mantuvo cerrada el área de pesca entre el extremo norte y los 4° S, distribuyéndose la actividad de la flota industrial arrastrera en el área comprendida entre Punta Sal y Punta La Negra. Durante ese periodo, la población presentó un núcleo de mayor concentración frente al Puerto de Paita, aunque los valores de Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) disminuyeron respecto a los meses anteriores. El calamar gigante mostró disminución de sus desembarques y estuvo distribuido entre Punta Sal y Morro Sama, mostrando las mayores concentraciones en la zona norte.

La mayoría de los modelos climáticos de El Niño Oscilación Sur (ENOS) de las agencias internacionales, inicializados en el mes de abril 2023, pronostican condiciones neutras del ENOS durante el otoño austral, y condiciones cálidas del ENOS a partir de Junio. En mayo, se espera la llegada a Sudamérica de una onda Kelvin cálida (modo 2), generada en el Pacífico ecuatorial occidental como producto de una reflexión de una onda Rossby cálida entre enero y febrero. Entre mayo y junio, se espera la llegada de otra onda Kelvin cálida (modo 1). Para la franja adyacente a la costa peruana entre abril y julio 2023, usando un modelo estadístico, se pronostican condiciones cálidas, mientras que, usando un modelo dinámico acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia del Pacífico ecuatorial, se prevén condiciones neutras.

## II. INTRODUCCIÓN

El Niño Oscilación Sur (ENOS) es el principal forzante que influye en la variación de las condiciones climatológicas interanuales en la cuenca del Océano Pacífico. El ENOS conjuga dos procesos, tanto el oceánico (El Niño, EN) como el atmosférico (Oscilación del Sur) y se expresa mediante una fase cálida (EN) y una fase fría (La Niña, LN). Debido a los diversos efectos e impactos de este proceso en el ecosistema del afloramiento costero peruano, que a su vez repercuten en los sistemas socioeconómicos, cada vez hay un mayor interés en mejorar el entendimiento de los factores que intervienen en su desarrollo, como en optimizar la anticipación al desenlace de posibles impactos extremos, constituyéndose en un principal propósito el poder generar alertas tempranas para mitigar daños.

Bajo este contexto, se conformó el Grupo de Trabajo Institucional El Niño del Instituto del Mar del Perú (MARPE), cuya misión es el estudio y monitoreo de las condiciones oceanográficas frente a Perú y de sus efectos ecológicos y biológico-pesqueros. Mensualmente se reporta el análisis del monitoreo de parámetros océano-atmosféricos en el Pacífico Ecuatorial oriental, poniendo mayor énfasis en la zona costera de Perú. Para estimar y entender los impactos de El Niño y de La Niña en el ecosistema del marino se analizan indicadores de la fertilidad y productividad del mar peruano, así como también la respuesta de los principales recursos hidrobiológicos y la actividad pesquera. Además, se presentan especies indicadoras de condiciones cálidas y frías registradas durante los monitoreos mensuales de IMARPE y la incidencia de las condiciones oceanográficas en las principales pesquerías. Finalmente, mediante el análisis de los pronósticos de las agencias internacionales y el uso de modelos numéricos implementados en IMARPE, se formula la previsión futura de los principales indicadores climáticos y oceanográficos asociados a El Niño / La Niña, principalmente a corto y mediano plazo.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 1. VARIABLES

Las principales variables utilizadas para el monitoreo de las condiciones ambientales, oceanográficas se resumen en la tabla III.1. La Figura 1 muestra la ubicación de las estaciones oceanográficas fijas y las secciones oceanográficas frente a Paita y a Chicama, que constituyen la plataforma de monitoreo oceanográfico del IMARPE.

Debido al estado de emergencia generada por la pandemia del COVID 19, algunos monitoreos no se pudieron realizar como en las estaciones costeras (temperatura disponible hasta el 16 de marzo), secciones oceanográficas, monitoreo de nutrientes, fitoplancton, zooplancton y bentos.

Desde agosto 2021, el IMARPE cuenta con información de vehículos submarinos autónomos llamados gliders, denominados “Paracas”, “Nazca”, “Mochica” y “Chimú”. Los sensores del glider pueden registrar variables oceanográficas como: temperatura, salinidad, oxígeno, corrientes y clorofila. El glider hace un recorrido vertical de diente de sierra en el momento de desplazarse y transmite información a través del satélite de tal manera que los datos pueden ser adquiridos en tiempo real. Los cálculos de anomalías se han hecho mediante comparación con la climatología (1981-2010) realizada por Domínguez et al. (2017) y Grados et al., (2018).

#### 2. ÍNDICES

**Índice del Anticiclón del Pacífico Sur (APS):** Los índices de intensidad (IAPS) y posición (ILON, ILAT) del APS, se calculan a partir de las anomalías máxima de la presión atmosférica a nivel del mar en la región del Pacífico oriental subtropical y su correspondiente posición longitudinal y latitudinal. Las anomalías se obtienen usando el periodo base 1981-2010. Los índices se determinan aplicando el promedio móvil de tres meses a las series mensuales de intensidad y posición. El IAPS se clasifica en 3 condiciones: débil ( $< -1,1$ ), neutro ( $-1,1 - 1,5$ ) e intenso ( $>1,5$ ), mediante 2 umbrales definidos por los percentiles 20 y 80 de la serie del IAPS. Para los índices de posición ILON e ILAT se usan los percentiles 25 y 75, de tal forma que los valores positivos (negativos) de los índices ILON e ILAT sobre 4,2 y 1,6 respectivamente (debajo -3,9 y -1,1 respectivamente) representa un desplazamiento al este y al norte (al oeste y al sur) del APS con respecto a su posición climatológica. Los datos de presión se obtienen del reanálisis NCEP/NOAA (Kalnay et al., 1996) disponibles desde enero 1948 hasta el presente.

**Índice de Afloramiento Costero (IAC):** Estima la intensidad del afloramiento o el transporte de masas de agua con referencia a la línea de costa. El IAC se basa en el transporte de Ekman, el cual es calculado, de acuerdo a Bakun (1975), a partir del esfuerzo de viento sobre la superficie y el parámetro de Coriolis. El cálculo final del IAC (Bakun 1975) toma en cuenta el transporte de masa entre la densidad del mar, multiplicado por el coseno de ángulo formado por la diferencia entre el ángulo de costa y la dirección del viento. El ángulo usado para la línea de costa fue de  $145^{\circ}$ . Existe información de este índice desde enero 2000 hasta la actualidad, tomando en cuenta información satelital de los satélites de vientos de QuickScat y ASCAT.

**Datos de Anomalías de Nivel del Mar (ANM) y geostrofia:** La información de ANM fue estimada mediante interpolación óptima, sobre datos de nivel 3 (L3), de diferentes altímetros (CMEMS-SL-QUID-008-032-068), usando el período 1993-2012 (Schaeffer et. al, 2016; Pujol et. al, 2016) como climatología de referencia.

Este producto es procesado por el sistema DUACS (Data Unification and Altimeter Combination System), y puesto a disponibilidad por la CMEMS del Programa Copernicus de la Unión Europea de forma diaria y permanente desde 1993 hasta la actualidad. Para la descripción de flujos geostroficados y la detección de remolinos de mesoescala en superficie frente a la costa peruana, se utilizaron datos de altimetría satelital obtenidos del producto CMEMS V3.0. Los remolinos se han evaluado mediante un algoritmo híbrido de identificación (método físico y método geométrico) desarrollado por Halo et al., (2014). Para el nivel de sub-superficie se ha aplicado el método geostrofico para calcular corrientes basada en la estimación de la distribución de la densidad en el océano, a partir de mediciones directas de temperatura y salinidad (Pond & Pickard, 1983).

Por otro lado, tomando en cuenta la base de datos de altimetría disponible se determinó una nueva climatología a partir de la altura del nivel del mar sobre el geode (ADT) bajo el periodo de 1993-2010, con una frecuencia diaria interpolada de la climatología pentadal utilizando el método de splines cúbicos. Con esta nueva climatología se obtuvieron los datos de ANM, a los cuales se le aplicó el filtro pasa banda de 10 y 120 días con la finalidad de identificar el arribo y propagación de las ondas Kelvin frente a la costa peruana, mediante el uso de diagramas Hövmoller y series de datos con una frecuencia diaria.

**Datos e índices de Temperatura Superficial del Mar (TSM):** Las anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (ATSM), en las regiones Niño, se evaluaron en periodos semanales, mensuales y de tres meses, con datos OISSTv2 que usa interpolación objetiva en su procesamiento, y ERSSTv5 que incorpora mejoras empleando la función de reconstrucción EOT (Empirical Orthogonal Teleconnections); dichas anomalías poseen periodo base de 30 años desde 1991-2020 (CPC-NCEP-NOAA). El Índice Niño Oceánico (ONI, por sus siglas en inglés), representa la media móvil de tres meses de las anomalías de TSM (ERSSTv5) de la región Niño 3.4, con los cuales se determina condiciones cálidas y frías al pasar el umbral de  $\pm 0,5$  °C. Las regiones niño del Pacífico ecuatorial se ubican en: Niño 1+2 (0° - 10°S, 90°W - 80°W), Niño 3 (5°N - 5°S, 150°W - 90°W), Niño 3.4 (5°N - 5°S, 170°W - 120°W), Niño 4 (5°N - 5°S, 150°W - 160°E). Los mapas de la TSM y la ATSM (climatología 2007–2016), se generaron en base a datos de OSTIA (UK Met Office, 2012). Las anomalías del contenido de calor en el Pacífico ecuatorial proceden de TAO-TRITON (TAO Project Office, NOAA/PMEL).

**Índice térmico Laboratorios Costeros (LABCOS):** Refleja la amplitud de la variabilidad de la TSM en el litoral peruano, la cual está asociada a las condiciones climáticas y oceanográficas a lo largo de la costa peruana. Se calcula a partir de promedios mensuales de las ATSM obtenidas de las estaciones costeras Paita, Chicama, Chimbote, Callao, Pisco e Ilo del IMARPE, así como la estación costera San Juan de la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina (DHNM) desde 1976. Se determina de la media móvil corrida cada tres meses de las anomalías térmicas obtenidas en las estaciones costeras mencionadas. Categorías: LN Fuerte (<-1,31), LN Moderado (-1,31 – -1,10), LN Débil (-1,10 – -0,78), Neutro (-0,78 – 0,27), EN Débil (0,27 – 0,78), EN Moderado (0,78 – 1,37), EN Fuerte (1,37 – 2,77), EN Muy Fuerte (>2,77). Más detalles en Quispe & Vásquez (2015).

**Índice Térmico Costero Peruano (ITCP):** Indicador del efecto del ENOS y de la circulación marina en la variabilidad térmica del océano costero del Perú caracterizado por el afloramiento costero. Se estima empleando los promedios mensuales de la TSM obtenidos del producto NOAA NCDC OISST v2 para el periodo 1982-2014 (Reynolds et al, 2007). Para ello se toma en cuenta el área de afloramiento, limitado por el máximo gradiente termal zonal del promedio anual de la TSM, seleccionando los puntos de grilla adyacentes a la costa (a 40 Km en promedio).

Se calcula como la media móvil de tres meses de la primera componente principal (CP1) reducida de las anomalías térmicas de la zona costera. Se expresa en unidades de desviación estándar de la CP1. Categorías: LN fría (<-0,6), Neutro (0,4 – -0,6), EN cálido (>-0,4). Mayor información se encuentra en Quispe-Ccalluari et al. (2016).

**Índices de la termoclina, oxiclina, y profundidad de la Zona Mínima de Oxígeno (ZMO):** Como indicador de la termoclina, definida como la capa con el máximo gradiente de temperatura en la columna de agua, se utiliza a la isoterma de 15 °C. Como indicador de la oxiclina costera, definida como la capa con el máximo gradiente de Oxígeno Disuelto (OD) en la columna de agua, se utiliza a la iso-oxígena de 1 mL L<sup>-1</sup>. La ZMO se define como los cuerpos de agua con concentraciones menores a 0,5 mL L<sup>-1</sup> y para identificar a que profundidad se ubica, se toma en cuenta su límite superior. Las anomalías de la profundidad de la termoclina y la oxiclina se calculan a partir de la climatología con periodo base 1981-2010 desarrollada por Domínguez, et al. (2017) y Graco et al. (2020, en prensa), respectivamente.

**Índices de actividad de mesoescala:** Las estructuras de mesoescala se evaluaron con información de altimetría satelital para una región comprendida entre 70°W y 84°W y entre 3°S y 18°S aplicando un algoritmo híbrido de identificación (Halo et al., 2014). A partir de la identificación se calculó el número de remolinos detectados, el radio de los remolinos y la energía cinética de los remolinos.

**Índices reproductivos de anchoveta:** La información del proceso reproductivo de la anchoveta proviene de los muestreos biológicos realizados en las diferentes sedes regionales del IMARPE (Paita, Chimbote, Huanchaco, Huacho, Callao, Pisco e Ilo). A partir de esta información se determinan los siguientes índices reproductivos: índice gonadosomático (IGS), que es un indicador de la actividad reproductiva, fracción desovante (FD), que es un indicador directo del proceso de desove, y contenido graso (CG), que es un indicador de la condición somática del recurso, mostrando la reserva energética del mismo (Buitrón et al 2011). El IGS se calcula mediante la relación del peso de la gónada y el peso eviscerado del pez (Vazzoler 1982), contándose con información desde 1986. La FD, se calcula como el cociente de las hembras que están en condición de desovantes sobre el total de hembras analizadas, expresado en porcentaje; con información disponible desde 1992. El CG, se determina mediante la extracción de grasa total por el método de Soxhlet (A.O.A.C., 1990), el cual es expresado en porcentaje, con información desde 2002.

### 3. IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES

**Bentos:** La literatura especializada comprende, para Polychaeta: Fauchald (1977) y Hobson & Banse (1981); Mollusca: Álamo & Valdivieso (1997); Crustacea (macrocrustáceos): Chirichigno (1970), Crustacea (Amphipoda): Barnard & Karaman (1991), Jiménez (2018), entre otros.

**Fitoplancton:** Para la identificación taxonómica se utilizan los trabajos de Hustedt (1930), Cupp (1943), Hendey (1964), Sounia (1967), Schiller (1971), Sundström (1986), Ochoa & Gómez (1987), Hasle & Syvertsen (1996) y Steidinger & Tangen (1996).

**Zooplancton e ictioplancton:** Para la determinación de las especies del zooplancton se utilizan principalmente los trabajos de Santander (1967), Santander et al. (1967, 1981), Gómez (1982), Sandoval de Castillo (1997), Carrasco (1989), Aronés (1997), Boltovskoy (1981,1999), Boden (1955), Briton (1962), Veliz (1981) y Quesquén (2005, 2017), mientras que para el ictioplancton se consulta los trabajos de Einarsson & Rojas de Mendiola (1963), Guzmán & Ayón (1995), Sandoval de Castillo (1979), Santander & Sandoval de Castillo (1969, 1971, 1972,1973, 1977, 1979) y Moser (1996).

**Peces:** La literatura de consulta para la identificación taxonómica comprende Chirichigno & Vélez (1998), Fischer et al. (1995) volúmenes II y III de FAO y para la verificación de la distribución de las especies Chirichigno & Cornejo (2001) y la base de datos FishBase (<https://www.fishbase.de/>).

**Depredadores superiores:** Para la identificación de presas en la dieta de aves guaneras se utiliza la guía de identificación de García-Godos (2001), para la identificación taxonómica de aves y mamíferos marinos se revisaron las guías de identificación de Reyes (2009), Folgens & Reeves (2002), Schulenberg et al. (2009), Harrison & Peterson (1991).

#### 4. INDICADORES BIOLÓGICOS

Los indicadores biológicos se definen como aquellos organismos altamente sensibles a las condiciones del medio ambiente y que dependen de estas para su migración y cuya densidad disminuye, cuando las condiciones ecológicas han cambiado o cuando su etapa biológica ha terminado (UNESCO, 1981).

**Fitoplancton.** Para definir los indicadores de masas de agua del fitoplancton se tomaron en cuenta los trabajos de Rojas de Mendiola et al. (1981), Ochoa et al. (1985), Zuta y Guillén (1970), Antonietti et al. (1993), Ochoa & Gómez (1997) y Gutiérrez et al. (2005).

Además de acuerdo al análisis semicuantitativo del fitoplancton se utiliza la siguiente clasificación para definir la abundancia del fitoplancton de acuerdo a la cantidad de individuos por campo ocular: “Ausente” (0 cél. campo<sup>-1</sup>), “Presente” (1 a 5 cél. campo<sup>-1</sup>), “Escaso” (6 a 15 cél. campo<sup>-1</sup>), “Abundante” (16 a 25 cél. campo<sup>-1</sup>) y “Muy Abundante” (más de 25 cél. campo<sup>-1</sup>).

**Zooplancton.** Para definir los indicadores de masas de agua del zooplancton se tomaron en cuenta los trabajos de Santander & Carrazco (1985), Ayon & Giron (1997), Ayón et al. (1999), Abanto (2001), Arones & Ayón (2002) y Gutiérrez et al. (2005).

**Peces:** Para especies indicadores de la actividad pesquera se analiza información proveniente de los Laboratorios Costeros de IMARPE, referida a las observaciones de especies atípicas de la región o el lugar. Esta información es contrastada con las distribuciones conocidas de las especies indicadas en la bibliografía especializada de Chirichigno & Cornejo (2001), Moscoso (2012) y bases de datos como FishBase. En algunas ocasiones se reportan especies de otros grupos biológicos, en esos casos se utiliza literatura especializada como la de Moscoso (2012).

**Depredadores superiores.** Las aves, mamíferos y tortugas marinas son indicadores del ecosistema y expresan cambios ocurridos a diferentes niveles tróficos por lo que son utilizados como indicadores indirectos en los cambios en la distribución y disponibilidad de sus presas, así como cambios en el medio marino. Para evidenciar esta información se utilizó bibliografía especializad de Murphy (1936), Jordán & Fuentes (1966), Tovar et al. (1984, 1987, 1988), Crawford (1987), Cairns (1987), Vanstreet (2011), Trigo (2011), Quiñones et al. (2010), Trites (1997), Majluf & Trillmich (1981).

## 5. MODELOS DE PRONÓSTICO

**Modelos dinámicos y estadísticos de predicción de ENOS de las agencias internacionales:** Para el pronóstico de las series de tiempo en la región Niño 3.4, el *International Research Institute for Climate and Society* en colaboración con NOAA *Climate Prediction Center* (CPC) compila mensualmente los pronósticos de 26 modelos de agencias internacionales: 18 modelos dinámicos y 8 modelos estadísticos que pronostican los valores de la serie de tiempo de anomalías de la temperatura superficial del mar en la región Niño 3.4 (120°E – 170°W, 5°N – 5°S) con un horizonte de pronóstico entre 4 y 9 meses de anticipación (IRI, marzo 2020). Por otro lado, para el pronóstico espacial de las anomalías de la TSM, de manera trimestral, se presentan tres de los modelos dinámicos a escala global: ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts model), CFSv2 (Coupled Forecast System model de la NOAA) y NMME (North American Multi-Model Ensemble model de la NOAA).

**Modelo Oceánico de Complejidad Intermedia:** Con el fin de detectar la propagación de las Ondas Kelvin Ecuatoriales (OKE), se ejecuta un modelo oceánico de complejidad intermedia con 3 modos baroclínicos, forzado con vientos del NCEP (Kalnay et al. 1996), implementado en IMARPE, siguiendo la metodología de Illig et al. (2004) y Dewitte et al. (2002). La señal de la OKE puede ser descompuesta en modos normales de oscilación que se propagan a diferentes velocidades. Los primeros dos modos (modo 1, modo 2) sumados proporcionan la mayor contribución a la anomalía del nivel del mar.

**Modelos de pronóstico para el ITCP:** Se emplean dos metodologías implementadas en IMARPE para pronosticar la serie de tiempo del ITCP con un horizonte de 4 meses de anticipación. Las metodologías consisten en (1) un modelo estadístico basado en el volumen de agua cálida ecuatorial (Matellini et al., 2007) y el índice del APS siguiendo la metodología descrita en Quispe-Ccalluari et al. (2017), y (2) un modelo basado en las salidas de un modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia del Pacífico tropical ecuatorial (Dewitte et al., 2002; Gushchina et al., 2000) y siguiendo la metodología descrita en Quispe-Ccalluari et al. (2017).

Tabla III.1. Principales variables y bases de datos utilizados en el presente informe.

| VARIABLE                           | FUENTE                       |                      |                  |          |            |                  |        |                                   |                           |   |                               |           |                      |                   | PERIODO        |                | FRECUENCIA      | REFERENCIA    | AREA | OBSERVACIONES  |              |              |                |  |   |   |                         |  |
|------------------------------------|------------------------------|----------------------|------------------|----------|------------|------------------|--------|-----------------------------------|---------------------------|---|-------------------------------|-----------|----------------------|-------------------|----------------|----------------|-----------------|---------------|------|----------------|--------------|--------------|----------------|--|---|---|-------------------------|--|
|                                    | Observaciones <i>in situ</i> |                      |                  |          |            |                  |        | Satélite/Reanálisis               |                           |   |                               |           | Modelos              |                   |                |                |                 |               |      |                |              |              |                |  |   |   |                         |  |
|                                    | Estaciones costeras          | Secciones verticales | Estaciones fijas | Cruceros | Boyas ARGO | Boyas TAO/TRITON | Glider | Programa Bitácoras de Pesca (BBP) | Seguimiento de Pesquerías | Monitoreo de islas, puntas, Playas, estuarios, etc. | Alerta de fauna marina varada | ESRL/NOAA | Reanálisis NCEP/NOAA | QuickScat + ASCAT | Producto OSTIA | Producto CMEMS | SeaWiFS + MODIS | MODIS + VIIRS | GFS  | MERCATOR Ocean | Operatividad | Climatología | RESPONSABLE    |  |   |   |                         |  |
| <b>VARIABLES ATMOSFÉRICAS</b>      |                              |                      |                  |          |            |                  |        |                                   |                           |   |                               |           |                      |                   |                |                |                 |               |      |                |              |              |                |  |   |   |                         |  |
| Condiciones Atmosféricas           | Radiación de Onda Larga      |                      |                  |          |            |                  |        |                                   |                           |   |                               | X         |                      |                   |                |                |                 |               |      |                | 1974-Actual  | 1981-2010    | mensual        | <a href="http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/ensodisc.html">www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/ensodisc.html</a> | LMOECC/AFIOF/DGIOCC   | - Resolución: 2.5 °   |                         |  |
|                                    | Presión Atmosférica          |                      |                  |          |            |                  |        |                                   |                           |   |                               | X         |                      |                   |                |                |                 |               |      |                |              | 1948-Actual  | 1981-2010      | Diario   | Kalnay et al. (1996)  |   | - Resolución: 2,5"x2,5" |  |
|                                    | Vientos                      |                      |                  |          |            |                  |        |                                   |                           |   |                               |           | X                    |                   |                |                |                 |               |      |                |              | 1948-Actual  | 1981-2010      | Diario   | Kalnay et al. (1996)  |   | - Resolución: 2,5"x2,5" |  |
|                                    |                              |                      |                  |          |            |                  |        |                                   |                           |   |                               |           |                      | X                 |                |                |                 |               |      |                |              | 2000-Actual  | 2000-2014      | Pentadal/mensual   | Chelton et al. (2006)<br>Bentamy et al. (2009)  | LCSR/LHFM/AFIOF/DGIOCC  | - Resolución: 0,25°     |  |
|                                    | Fracción de nube             |                      |                  |          |            |                  |        |                                   |                           |   |                               |           |                      |                   |                |                |                 | X             |      |                |              | 1970-Actual  | 2000-2014      | Diaria   | <a href="https://pae-paha.pacioos.hawaii.edu/erddap/griddap/ncep_global.html">https://pae-paha.pacioos.hawaii.edu/erddap/griddap/ncep_global.html</a> |   | - Resolución: 0,5°      |  |
|                                    |                              |                      |                  |          |            |                  |        |                                   |                           |   |                               |           |                      |                   |                |                |                 |               |      |                | 2002-Actual  | 2002-2016    | Diaria         | <a href="https://atmosphere-imager.gsfc.nasa.gov/MOD06_L2/atbd.html">https://atmosphere-imager.gsfc.nasa.gov/MOD06_L2/atbd.html</a>  |   | - Resolución: 4 km  |                         |  |
| <b>VARIABLES OCEANOGRÁFICAS</b>    |                              |                      |                  |          |            |                  |        |                                   |                           |   |                               |           |                      |                   |                |                |                 |               |      |                |              |              |                |  |   |   |                         |  |
| Condiciones Oceanográficas Físicas | Temperatura del Mar          | X                    |                  |          |            |                  |        |                                   |                           |   |                               |           |                      |                   |                |                |                 |               |      |                | 1963-Actual  | 1981-2010    | Diaria/mensual | (Grados & Vásquez, en prep.)   | LHFM/AFIOF/DGIOCC   | - Paita desde 1963<br>- Callao desde 1970<br>- Pisco desde 1976<br>*Las estaciones fijas se dan en el marco del PPR-068 de IMARPE. (Figura 1) |                         |  |
|                                    |                              |                      | X                |          |            |                  |        |                                   |                           |   |                               |           |                      |                   |                |                |                 |               |      |                |              | 1960-Actual  | 1981-2010      | mensual  |   |   | Domínguez et al (2017)  |  |
|                                    |                              |                      |                  | X        |            |                  |        |                                   |                           |   |                               |           |                      |                   |                |                |                 |               |      |                |              |              | 2015-Actual    | 1993-2010  |   |   | quincenal               | Anculle et al (2015)   |
|                                    |                              |                      |                  |          | X          |                  |        |                                   |                           |   |                               |           |                      |                   |                |                |                 |               |      |                |              |              | 1960-Actual    | 1981-2010  |   |   | variable                | Domínguez et al (2017)   |
|                                    |                              |                      |                  |          |            | X                |        |                                   |                           |   |                               |           |                      |                   |                |                |                 |               |      |                |              |              | 1998-Actual    | 1981-2010  |   |   | variable                |  |
|                                    |                              |                      |                  |          |            |                  | X      |                                   |                           |   |                               |           |                      |                   |                |                |                 |               |      |                |              |              | 1977-Actual    |  |   |   | Diaria                  | <a href="http://www.pmel.noaa.gov/tao/drupal/disdel/">www.pmel.noaa.gov/tao/drupal/disdel/</a> |
|                                    |                              |                      |                  |          |            |                  | X      |                                   |                           |   |                               |           |                      |                   | X              |                |                 |               |      |                |              | 2006-Actual  | 2007-2016      | Diaria   |   | Donlon et al. (2012)  |                         | - Resolución: 0,054°   |
|                                    |                              |                      |                  |          |            |                  |        |                                   |                           |   |                               |           |                      |                   |                |                |                 |               |      |                |              | Ago-2021     | 1981-2010      | Diaria   |   | Domínguez et al (2017)  |                         |  |
|                                    |                              | Nivel del Mar        |                  |          |            |                  |        |                                   |                           |   |                               |           |                      |                   |                |                |                 |               |      |                |              | 1993-Actual  | 1993-2012      | Diaria   |   | Schaeffer et al. (2016)<br>Pujol et al. (2016)  |                         | - Resolución: 0,25°<br>- A partir de este producto se derivan flujos geostroficados            |
|                                    |                              | Salinidad            | X                |          |            |                  |        |                                   |                           |   |                               |           |                      |                   |                |                |                 |               |      |                |              | 1963-Actual  | 1981-2010      | Diaria/mensual   |   | (Grados & Vásquez, en prep.)  |                         | Paita desde 1963<br>Callao desde 1950<br>Pisco desde 1976                                      |
|                                    |                              |                      | X                |          |            |                  |        |                                   |                           |   |                               |           |                      |                   |                |                |                 |               |      |                |              | 2015-Actual  | 1981-2010      | mensual  | Domínguez et al (2017)  |   |                         |  |
|                                    |                              |                      |                  | X        |            |                  |        |                                   |                           |   |                               |           |                      |                   |                |                |                 |               |      |                |              | 2015-Actual  | 1993-2010      | quincenal  | Anculle et al (2015)  |   |                         |  |
|                                    |                              |                      |                  |          | X          |                  |        |                                   |                           |   |                               |           |                      |                   |                |                |                 |               |      |                |              | 1960-Actual  | 1981-2010      | variable   | Domínguez et al (2017)  |   |                         |  |
|                                    |                              |                      |                  |          |            | X                |        |                                   |                           |   |                               |           |                      |                   |                |                |                 |               |      |                |              | 1998-Actual  | 1998-2010      | variable   |   |   |                         |  |
|                                    |                              |                      |                  |          |            |                  |        |                                   |                           |   |                               |           |                      |                   |                |                |                 |               | X    |                | 1993-Actual  | 1993-2015    | Diaria         | Lellouche, J.-M. et al. (2013)   |   | - Resolución: 0,083°  |                         |  |
|                                    |                              |                      |                  |          |            |                  |        |                                   |                           |   |                               |           |                      |                   |                |                |                 |               |      |                | Ago-2021     | 1981-2010    | Diaria         | Domínguez et al (2017)   |   |   |                         |  |

|  |                                   |                 |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |  |  |  |  |             |             |                 |  |                               |   |  |   |  |  |
|--|-----------------------------------|-----------------|---|---|---|---|--|---|---|---|---|--|--|--|--|--|-------------|-------------|-----------------|--|-------------------------------|---|--|---|--|--|
|  | Corrientes Marinas                | X               |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |  |  |  |  |             | 1960-Actual |                 | mensual  |                               |   |  |   |  |  |
|  |                                   |                 |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |  |  |  |  |             | Ago-2021    |                 | Diaria   |                               |   |  |   |  |  |
| Condiciones Oceanográficas biogeoquímicas y de Productividad | Oxígeno y Nutrientes              | X               |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |  |  |  |  |             | 2015-Actual | 1981-2010       | mensual  | Graco et al (2020, en prensa) | LHQM/AFIOQG   |  |   |  |  |
|  |                                   |                 | X |   |   |   |  |   |   |   |   |  |  |  |  |  |             | 2015-Actual | 1993-2010       | quincenal  | Anculle et al (2015)          |   |  |   |  |  |
|  |                                   |                 |   | X |   |   |  |   |   |   |   |  |  |  |  |  |             |             | 1960-Actual     | 1981-2010  | variable                      |   |  |   |  |  |
|  |                                   |                 |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |  |  |  |  |             |             | Ago-2021        |  | Diaria                        |   |  |   |  |  |
|  | Clorofila                         |                 |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |  |  |  |  |             |             | Set.1997-Actual | 2000-2015  | Pentadal/mensual              | Ocean Biology Processing Group (2003) Espinoza-Morriberón et al. (2017)                                     | LMOECC/AFIOF/DGIOCC                            | - Promedio mensual y pentadal de MODIS y SeaWiFS + MODIS corregido, respectivamente.<br>- La cobertura nubosa mensual de MODIS.   |  |  |
|  |                                   |                 |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |  |  |  |  |             | Ago-2021    |                 | Diaria   |                               |   |  |   |  |  |
| Indicadores Ecológicos y Biológico-Pesquero                  | Fitoplancton                      |                 |   | X |   |   |  |   |   |   |   |  |  |  |  |  |             |             | 2014-Actual     |  | Mensual                       |   | LFPF/AFIOB/DGIOCC                              | - Categorías según abundancia:<br>Muy abundante* (>4 mL L <sup>-3</sup> )<br>Abundante (>3 mL L <sup>-3</sup> )<br>Escaso (>2 mL L <sup>-3</sup> )<br>Presente (>1 mL L <sup>-3</sup> ) |  |  |
|  | Zooplancton                       | X               |   | X | X |   |  |   |   |   |   |  |  |  |  |  |             |             | 2014-Actual     |  | Mensual, bimensual y anual    | Compendio de procedimientos técnicos para la investigación científica en el Imarpe, IMARPE; agosto del 2017 | LZPS/AFIOB/DGIOCC                              | Categorías:<br>Biovolumen: (mL 100m <sup>3</sup> ) y mL/muestra.<br>Abundancia: Ind. 100m <sup>3</sup> , Ind. m <sup>2</sup> y presencia.   |  |  |
|  | Floraciones Algales Nocivas       |                 |   | X |   |   |  |   |   |   |   |  |  |  |  |  |             |             | 2014-Actual     |  | Quincenal                     | Sánchez & Delgado (2001)  | LFPF/AFIOB/DGIOCC                              |   |  |  |
|  | Bentos                            |                 |   | X |   |   |  |   |   |   |   |  |  |  |  |  |             |             | 1993-Actual     |  | Mensual                       |   | LBM/AFIOB/DGIOCC                               |   |  |  |
|  |                                   |                 |   |   | X |   |  |   |   |   |   |  |  |  |  |  |             |             | 1976-Actual     |  | Anual                         |   |  |   |  |  |
|  | Desembarques pesqueros            |                 |   |   |   |   |  |   | X |   |   |  |  |  |  |  |             |             | 1959-Actual     |  | Diario/Mensual                | Bouchon et al. (1997)<br>Bouchon et. al (2001)  | AFIRNP/AFIRTAM                                 |   |  |  |
|  | Distribución espacial de recursos |                 |   |   | X |   |  |   | X |   |   |  |  |  |  |  |             |             | 1985-Actual     |  | Mensual/Semestral             | Bouchon et al. (1997)   | AFIRNP<br>AFIRTAM<br>PBP/AFDPERP               | El muestreo del PBP representa 1% de los viajes de pesca de la flota de cerco de anchoveta peruana.   |  |  |
|  | Capturas incidentales             |                 |   |   | X |   |  | X | X |   |   |  |  |  |  |  |             | 1985-Actual |                 |  |                               |   |  |   |  |  |
|  | Biometría                         | Anchoveta       |   |   |   | X |  |   | X | X |   |  |  |  |  |  |             |             | 1959-Actual     |  |                               |   |  |   |  |  |
|  |                                   | Jurel y Caballa |   |   |   | X |  |   | X | X |   |  |  |  |  |  |             |             | 1980-Actual     |  |                               |   | Bouchon et al. (1997)<br>Bouchon et. al (2001) |   |  |  |
|  |                                   | Merluza         |   |   |   | X |  |   |   | X |   |  |  |  |  |  |             |             | 1980-Actual     |  | Mensual/anual                 |   |  | DGIRDL/AFIPDBL  |  |  |
|  | Recursos Invertebrados            |                 |   |   | X |   |  |   | X |   |   |  |  |  |  |  |             |             | 1997-Actual     |  | Mensual/anual                 | Arguelles et al. (2016)<br>Espinoza et al. (2016)<br>Sanjinez et al. (2016)<br>Tafur et al. (2016)          | DGIRDL/AFIIMM                                  | Se realiza el crucero de pota una vez al año.   |  |  |
|  | Indicadores reproductivos         |                 |   |   | X |   |  |   | X | X |   |  |  |  |  |  |             |             | 1986-Actual     |  | Mensual                       | Bouchón et al (2001)  | LBR / AFIRNP                                   |   |  |  |
| Aves   |                                   |                 |   | X |   |   |  | X |   | X | X |  |  |  |  |  | 1996-Actual |             |                 | García – Godos (2001),<br>Schulenberg, et al. (2009),<br>Harrison & Peterson (1991), |                               | ODS / AFIRNP  |  |   |  |  |
| Mamíferos marinos  |                                   |                 |   | X |   |   |  | X |   | X | X |  |  |  |  |  | 1996-Actual |             | 2 veces al año  | Trites (1997), Majluf & Trillmich (1981), Reyes (2009), Folkens & Reeves (2002).     |                               |   |  |   |  |  |
| Tortugas marinas   |                                   |                 |   | X |   |   |  | X |   | X | X |  |  |  |  |  |             | 2011-Actual |                 | 3 veces al año   | Quiñones et al. (2010)        |   |  |   |  |  |

\*Continuación de la Tabla III.1.

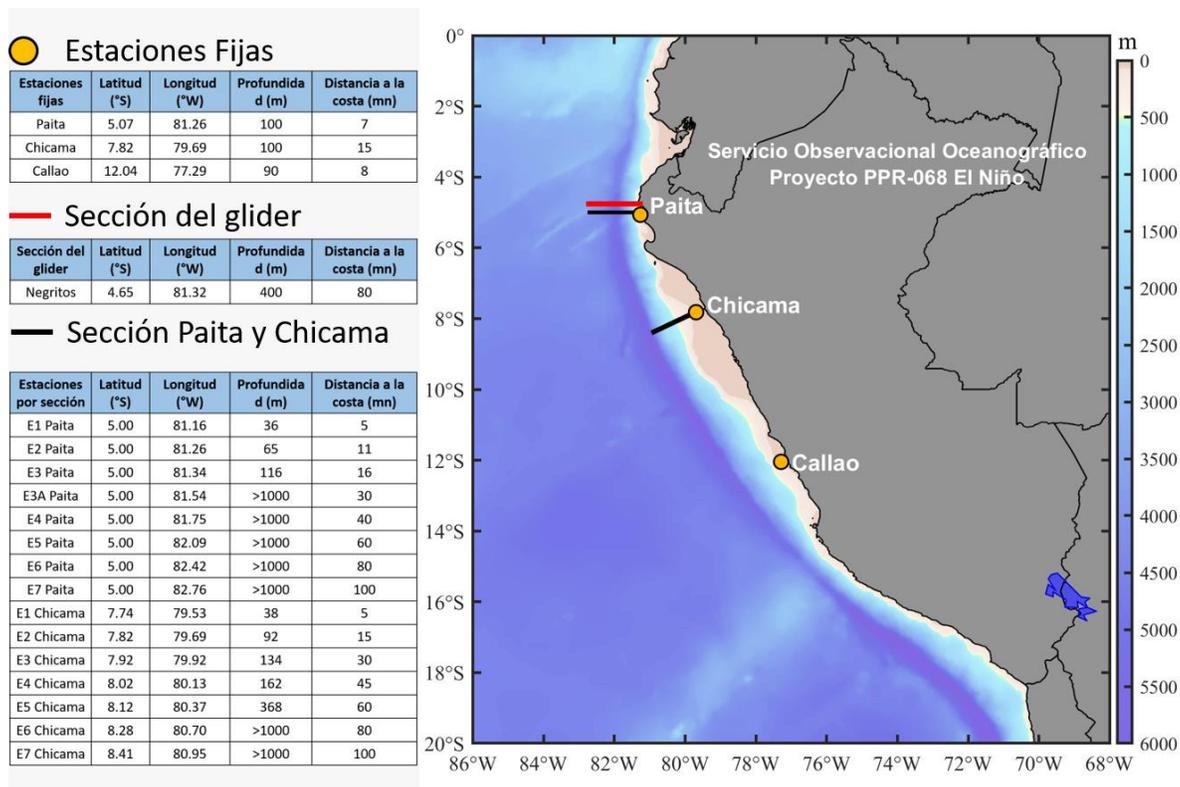


Figura 1. Ubicación geográfica de las estaciones fijas, secciones verticales de Paita y Chicama, y sección del glider sobre la batimetría con ETOPO2.

## **IV. CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS Y BIOLÓGICO-PESQUERAS**

### **1. CONDICIONES FÍSICAS EN EL PACÍFICO ECUATORIAL Y SUDORIENTAL**

#### **1.1. Aspectos Meteorológicos**

A nivel superficial sobre el Pacífico ecuatorial, durante marzo e inicios de abril del 2023, los vientos alisios ecuatoriales mantuvieron su intensidad principalmente entre 120° W a 80° W, a excepción de la primera semana de marzo, que ocurrieron vientos débiles de dirección oeste, condición que habría favorecido el acercamiento de aguas ecuatoriales hacia la zona costera frente al norte peruano (Figura 2).

Por otro lado, el APS se encontró ubicado en los 117,5°W y 42,5°S, en promedio, desplazado al suroeste de su posición habitual y con una intensidad de 1021,8 hPa (Figuras 3 y 4). En lo que va de abril 2023, se encuentra ubicado en los 82,5°W y 30,0°S, desplazado al noreste de su posición habitual, con una intensidad de 1017,6 hPa, menor en 4,0 hPa que su valor climatológico.

#### **1.2. Aspectos oceanográficos**

En marzo, en el Pacífico ecuatorial central (región Niño 3.4) las condiciones frías con anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) de -0,5 °C continuaron disipándose, apareciendo anomalías de TSM de +1 °C en su flanco oriental. Entre tanto, en el Pacífico ecuatorial oriental (región Niño 1+2), se registraron anomalías mensuales de TSM entre +1 y +3 °C. En esta región las aguas con TSM mayores a 27 °C se expandieron hasta unirse con las del Pacífico ecuatorial central alrededor de los 120°W y hacia el sur hasta latitudes frente a Callao. Durante la segunda quincena aparecieron TSM mayores a 28 °C al sur de la línea ecuatorial aproximándose hasta las 60 mn de la costa norte de Perú. Entre la última semana de marzo y los primeros ocho días de abril aparecieron TSM mayores a 29 °C dentro de la región Niño 1+2, generando la intensificación de las anomalías térmicas positivas dentro de las 200 mn de la costa centro-norte de Perú, con valores de hasta +6 °C dentro de las 60 mn (Figura 5).

En promedio, las anomalías de la TSM (ERSST v5) para marzo en las regiones Niño 1+2 y Niño 3.4, fueron de +1,48 y -0,11 °C, respectivamente. El Índice ONI (Oceanic Niño Index) para enero-marzo 2023 (-0,43), pasó al rango de condición neutra, indicando que culminó el evento La Niña (Figura 6).

En la capa sub-superficial de 300 m hacia la superficie del Pacífico ecuatorial occidental, durante marzo el núcleo de aguas cálidas ubicado a 150 m, se expandió hacia el Pacífico central, así como, el núcleo cálido del lado oriental ubicado encima de los 80 m, se intensificó de +2 a +4 °C, expandiéndose una capa de condiciones cálidas de +2 °C, a lo largo de todo el Pacífico ecuatorial. En los primeros nueve días de abril se detectó una expansión del núcleo de +5 °C en la región occidental y del núcleo de +4 °C en la región oriental. La capa de anomalías de +3 °C tendió a fusionarse entre la región occidental y la región oriental (Figuras 7, 8 y 9).

## **2. CONDICIONES FRENTE A LA COSTA PERUANA**

### **2.1. Aspectos meteorológicos**

Al norte de la línea ecuatorial y los 5°S (Paita), se registraron condiciones de vientos moderados (entre 4,1 a 6,8 m s<sup>-1</sup>) a débiles (menores a 4,1 m s<sup>-1</sup>), con anomalías de velocidades de viento (VV) en el rango negativo (< -1,0 m s<sup>-1</sup>) asociado con el posicionamiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). El 06 de marzo surgió un vórtice ciclónico (ENFEN, 2023b; GTI-EN, 2023b), en la zona oceánica aproximadamente a los 5° - 8°S y 85° - 88°W, el mismo que se fue desplazando hacia el suroeste frente a la costa central, hasta desaparecer el 17 de marzo (Figuras 10 y 11). Por otro lado, a lo largo de la franja costera peruana, dentro de los 40 km, en enero se presentaron VV débiles (< 4,1 m s<sup>-1</sup>) durante la primera quincena del mes de marzo; mientras que, para la segunda quincena de marzo, el viento se incrementó hasta alcanzar valores de 5,5 m s<sup>-1</sup>, asociados a AVV positivas entre San José (Lambayeque) y Huacho. En los primeros nueve días de abril se observó la persistencia de vientos moderados y ligeras anomalías positivas entre Chicama y San Juan de Marcona; mientras que, al norte y al sur de esta región se presentaron vientos débiles con anomalías negativas (< -1,0 m s<sup>-1</sup>) (Figura 12).

El afloramiento costero presentó valores menores a 100 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> x 100 m a lo largo de la costa durante la primera quincena de marzo, incrementándose a 200 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> x 100 m durante la segunda quincena del mes de marzo y los primeros nueve días de abril (Figuras 13 a y b). Con respecto al bombeo de Ekman, este presentó anomalías negativas en el mes de marzo, los cuales estarían vinculados al debilitamiento de los vientos costeros y oceánicos, e incluso, a su cambio de dirección de suroeste a noroeste frente a la costa norte en la segunda semana del mes. Desde la segunda quincena de marzo hasta los primeros nueve días de abril el bombeo Ekman retornó a su rango normal con pulsos de anomalías positivas (Figura 13 c).

### **2.2. Aspectos oceanográficos físicos**

#### **2.2.1. Nivel del mar**

Las anomalías del nivel del mar (ANM), en la franja de las 60 mn adyacentes a la costa peruana durante marzo y abril se incrementaron, especialmente a partir de la segunda quincena de marzo desde Pisco hacia el norte, alcanzando valores de +28,7 cm (Chicama) y +28,4 cm (Tumbes) dentro de los primeros ocho días de abril. Este incremento estuvo asociado principalmente al arribo y propagación de una onda Kelvin cálida atrapada a la costa (Figura 14 a). Del mismo modo, las ANM filtradas también mostraron sus máximos valores durante los primeros días de abril, determinándose valores máximos frente a Tumbes y Chicama (Figura 14 b).

En la zona de Galápagos (Figura 15) las ANM indicaron un comportamiento ascendente hasta el 24 de marzo, con un valor de +18 cm, para luego disminuir levemente y exhibir un nuevo pulso de similar magnitud en la primera semana de abril. Frente a la zona norte-centro, las ANM presentaron un aumento pronunciado durante marzo y posteriormente en abril, donde excedieron en 5 y 10 cm a lo registrado en Galápagos y la zona centro-sur, respectivamente, alcanzando un valor máximo de +23,0 cm (6 de abril 2023) siendo superadas sólo por los valores alcanzados durante abril del 2014 con un máximo de +23,7 cm (27 de abril 2014).

La actividad de mesoescala durante el periodo evaluado (Figura 16) se desarrolló principalmente en sectores oceánicos frente a la costa central durante las 3 primeras semanas de marzo, con una polaridad anticiclónica frente a Huacho y al sur de Callao; y, en el sector sur, donde predominaron remolinos del tipo ciclónico, estando más próximos a la costa, los localizados frente a Pisco y San Juan de Marcona durante marzo, principalmente.

Desde marzo hubo un incremento del número de remolinos respecto a febrero, principalmente del tipo anticiclónico, a causa del incremento de las ANM y el desplazamiento de aguas cálidas del oeste hacia la costa central. El radio mostró una disminución respecto al mes anterior, presentando un valor promedio de 60 km, mientras que, la energía cinética mostró un incremento significativo hacia fines de marzo, con un máximo de  $280 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-2}$ , disminuyendo en abril hasta  $50 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-2}$  (Figura 17).

## 2.2.2. Temperatura del mar

### Temperatura en superficie

La TSM presentó valores entre 18 y 28 °C. Marzo se distinguió por la reducción de la franja de aguas costeras con TSM < 20 °C, las que solo prevalecieron de manera intermitente dentro de las 20 mn adyacentes a la costa de Pisco a Ilo. Fue notable el desplazamiento a la costa de aguas superiores a 25 °C y, especialmente, de la isoterma de 28 °C que se desplazó de las 270 mn de distancia de la costa (febrero) a 65 mn (marzo) y hasta 15 mn (01-08 de abril) frente a Paita; además esta isoterma también se proyectó desde los 7° S (marzo) hasta los 10° S (abril) (Figura 18 y 19). Asimismo, en marzo, el mar peruano presentó un calentamiento anómalo intenso con valores de hasta +3,5 °C frente a la costa norte entre Tumbes y Punta Falsa, así como frente a San José, alcanzando valores de +7 °C frente a Paita, Punta Falsa y Chimbote. Las condiciones frías anómalas se presentaron dentro de las 40 mn frente a la costa sur, con valores de hasta -3,7 °C (Atico) y de -3,3 °C (Punta Coles). En los primeros ocho días de abril, las condiciones frías anómalas se dispararon en la zona adyacente a la costa sur (Figuras 20 y 21).

Frente a la costa, a una escala pentadal se apreció el incremento paulatino en la amplitud e intensidad del calentamiento (Figura 19). Dicho incremento se aceleró en la semana posterior al 11 de marzo, en promedio (Figura 22). En la franja de 60 mn adyacentes a la costa, la TSM y ATSM exhibieron cambios sustantivos a partir del 10 de marzo, cuando las aguas mayores a 23 °C se desplazaron al sur y este proceso se intensificó en abril cuando las aguas de 27 °C y 28 °C se desplazaron hasta Huarmey, determinando valores de ATSM de hasta +6,9 °C frente a Sechura (Figuras 21 y 23).

Por otro lado, de acuerdo con la información recopilada en la primera quincena de marzo en el Crucero de Evaluación de Recursos Pelágicos 2302-03 del IMARPE, al sur de Punta Falsa, se registraron TSM entre 24 °C y 27 °C entre Pacasmayo y Huacho desde las 20 hasta las 80 mn y un núcleo de +4 °C a 30 mn frente a Supe-Huacho. En la tercera semana de marzo, entre Callao y Atico, predominaron anomalías entre +1 °C y +3 °C, con un núcleo de entre +3 °C y hasta +5 °C frente a Pisco (Figura 24), más cálido que el detectado con la información satelital (Figura 21).

En los muelles costeros del IMARPE la TSM promedio mensual de marzo osciló entre 29,2 °C (Tumbes) y 17,5 °C (Matarani). Las máximas anomalías mensuales se presentaron frente a Chicama (+4,3 °C) y Paita (+4,1 °C).

Condiciones en el rango neutro ocurrieron en Pisco (+0,25 °C). Por su parte, las máximas anomalías diarias de marzo y de abril (01 – 08) fueron detectadas en Chicama, con +7,6 °C y +8,6 °C, los días 15 de marzo y 07 de abril, respectivamente (Figura 25 y Tabla 1).

El calentamiento que afecta el mar peruano continuó su desarrollo como una ola de calor marina (OCM, Hobday *et al.*, 2016), alcanzando una duración de 42 días al 08 de abril desde su origen frente a la costa norte (el 26 de febrero), expandiéndose a la costa central. Es así que el área de la OCM aumentó de  $1,09 \times 10^5 \text{ Km}^2$  el 08 de marzo a  $3,72 \times 10^5 \text{ Km}^2$  al 08 de abril, mientras que el núcleo de la misma (con ATSM > 4 °C), aumentó de  $0,13 \times 10^5 \text{ Km}^2$  a  $2,36 \times 10^5 \text{ Km}^2$  en el mismo período. En la semana del 01 al 08 de abril, la anomalía térmica aumentó de +4,33 a +5,31 °C en la zona norte (entre Puerto Pizarro e Isla Lobos), de +5,43 a +6,10 °C frente a Chicama y de +4,21 a +4,31 °C frente a Huacho (Figura 26).

Los valores preliminares de los índices climáticos locales indicaron para marzo 2023 valores preliminares en el rango cálido para el índice LABCOS (+0,9, FMA), ITCP (+1,5; FMA) e ICEN (+0,42, EFM) (Takahashi *et al.*, 2014; <http://met.igp.gob.pe/>). Los índices de macroescala ONI y MEIv2 indicaron condiciones neutrales (-0,16) y frías (-0,67), respectivamente (Figura 27 y Tabla 2).

### Temperatura en sub-superficie

Respecto a la temperatura subsuperficial, de acuerdo con la información del Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos, en las tres primeras semanas de marzo dentro de las 100 mn, entre Punta La Negra y San Juan de Marcona, se observaron anomalías de hasta +4 °C sobre los 40 m de profundidad; mientras que entre los 40 y 100 m, se detectaron anomalías negativas entre -1 °C y -0,5 °C. Además, entre los 200 y 400 m se detectaron ligeras anomalías positivas de hasta +1 °C (Figura 28).

Entre la primera y segunda quincena de marzo, frente a Negritos y dentro de las 80 mn, en la capa superior se observó un incremento de las anomalías térmicas tanto en magnitud (de +2 °C a +6 °C) como en espesor (de ~40 m a ~100 m de profundidad), asociada a una profundización de la base de la termoclina de 70 a 170 m cerca de la costa. Asimismo, entre los 200 y 450 m de profundidad se observó una expansión vertical del núcleo de anomalía superior a +1 °C. En la primera semana de abril, persistieron las anomalías positivas sobre los 100 m de profundidad, destacando un núcleo con anomalías de hasta +7 °C sobre los 40 m de profundidad (Figura 29).

Asimismo, dentro de las 111 mn frente a Paita, durante marzo se observaron anomalías de hasta +8 °C en los primeros 50 m; la capa superior con anomalías cálidas se extendió hasta los 100 m y aumentó el volumen del núcleo subsuperficial con anomalías cálidas, ocupando la capa de 250 a 500 m en la tercera semana de marzo, para luego reducirse a 250 – 400 m en la primera semana de abril (Figuras 30 y 31).

Por su parte, dentro de las 100 mn frente a Chicama, entre la primera y cuarta semana de marzo, en la capa superior de la columna de agua se observó un incremento en la magnitud (de +3 a +6 °C sobre los 50 m) y espesor (hasta 80 m) de las anomalías positivas. Además, la base de la termoclina se profundizó de 110 a 140 m en la zona costera. A mayor profundidad, también se registró un aumento en espesor (250 – 450 m) y magnitud (de +0,5 a +2 °C) del núcleo de anomalías positivas (Figuras 28 y 30).

La isoterma de 15 °C, asociada a la termoclina, mostró una profundización significativa en marzo frente a Paita y Chicama, en unos 100 y 60 m, respectivamente, variando de una posición más somera de lo normal a una posición más profunda de lo normal, lo cual reflejó el efecto del paso de la onda Kelvin cálida atrapada a la costa (Figura 32).

En promedio, la anomalía térmica subsuperficial en la zona norte (80 – 84°W, 3 – 7°S) entre marzo y los primeros días de abril de 2023, ha presentado valores entre +4 °C y +6 °C, hasta una profundidad de 55 m, mientras que, durante El Niño Costero 2017 las anomalías cálidas (+4 °C) se concentraron entre la superficie y 30 m (Figura 33).

### **2.2.3. Salinidad del mar**

La salinidad superficial del mar (SSM) mostró la proyección de las Aguas Tropicales Superficiales (ATS) hasta Paita (~100 mn de la costa) desde fines de marzo hasta la primera semana de abril, según información *in situ*. Las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) se detectaron frente a Chicama (~70 mn de la costa). En las zonas costeras la descarga de aguas continentales debido a las fuertes lluvias durante marzo y abril redujo la salinidad. Frente a la costa central, las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) se encontraron a menos de 20 mn del litoral, mientras que frente a la costa sur, dentro de las 60 mn se registraron aguas de mezcla entre aguas costeras y ASS; y a mayor distancia de la costa predominaron las ASS (Figuras 34, 35 y 36).

### **2.2.4. Flujos subsuperficiales**

La distribución vertical termohalina registrada durante el Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos durante marzo, mostró flujos geostroficados hacia el sur sobre la plataforma y talud superior hasta aproximadamente los 250 m de profundidad, en las secciones de Punta Falsa, Chicama, Chimbote, Callao, Pisco y San Juan (Figura 28), alcanzando frente a Punta La Negra una mayor intensidad ( $20 \text{ cm s}^{-1}$ ) y mayor amplitud (de 20 a 70 mn de costa). También se encontraron a lo largo de la costa, flujos al norte pero en estratos más someros, ( $<50 \text{ m}$  en la costa centro-sur y  $<100 \text{ m}$  en la costa centro-norte), detectándose una mayor intensidad ( $>20 \text{ cm s}^{-1}$ ) frente a Punta La Negra dentro de las 15 mn, y una mayor amplitud frente a Chicama donde se presentaron dentro de las 60 mn de la costa con velocidades  $>10 \text{ cm s}^{-1}$ .

Frente a Negritos, el monitoreo realizado con los gliders Chimú y Mochica dentro de las 80 mn, evidenció que los flujos al sur alcanzaron su mayor intensidad en la tercera semana de marzo dentro de las 20 mn, presentando velocidades integradas de hasta  $35 \text{ cm s}^{-1}$  en la capa de 0 – 400 m. Para la última semana de marzo y primera semana de abril, los flujos disminuyeron notablemente entre las 40 y 60 mn con velocidades menores a  $20 \text{ cm s}^{-1}$  (Figura 29).

Por otra parte, en la última semana de marzo, frente a Paita se registraron flujos hacia el sur sobre los 100 m y valores menores de  $40 \text{ cm s}^{-1}$  a lo largo de las 100 mn frente a la costa, mientras que frente a Chicama, predominaron flujos al norte en la capa de los 50 - 100 m dentro de las 40 mn y fuera de las 70 mn de la costa (Figura 30).

## 2.2.5. Aspectos biogeoquímicos

### 2.2.5.1. Oxígeno Disuelto

Respecto a las concentraciones de oxígeno disuelto (OD), hacia finales de marzo, se observaron concentraciones de OD entre 1,0 a 5,0 mL L<sup>-1</sup> en la capa de los 50 m y 150 m frente a Chicama y Paita respectivamente, asociado a la presencia de aguas cálidas, en ambas zonas, en tanto que el límite superior de la Zona de Mínimo de Oxígeno (ZMO) se ubicó entre los 60 y 140 m de la columna de agua frente a Chicama y entre los 240 y 260 m de profundidad frente a Negritos–Paita, profundizándose unos 50 m en marzo (Figuras 29 y 30)

La iso-oxígena de 1 mL L<sup>-1</sup>, asociada a la oxiclina, de manera similar a la termoclina, mostró una profundización significativa en marzo frente a Paita y Chicama, en unos 140 y 40 m, respectivamente, variando de una posición más somera de lo normal a una posición más profunda de lo normal (Figura 32).

### 2.2.5.2. Fertilidad

Respecto a los nutrientes, en la sección Paita, en la capa sobre los 50 m se detectaron concentraciones de 1,0 a 1,5 μmol L<sup>-1</sup> de fosfatos, de 5,0 a 10,0 μmol L<sup>-1</sup> de silicatos y, entre 2,5 a 5,0 μmol L<sup>-1</sup> de nitratos. Las concentraciones más ricas de nutrientes se ubicaron por debajo de los 50 m de profundidad con fosfatos de 2,0 a 3,0 μmol L<sup>-1</sup>, de 10,0 a 20,0 μmol L<sup>-1</sup> de silicatos y, nitratos de 5,0 a 15,0 μmol L<sup>-1</sup> (Figura 37a)

En la sección Chicama, los nutrientes exhibieron una tendencia al afloramiento en la zona costera y por debajo de los 15 m, encontrándose de 1,5 a 3,0 μmol L<sup>-1</sup> de fosfatos, de 10,0 a 25,0 μmol L<sup>-1</sup> de silicatos y, entre 5,0 a 20,0 μmol L<sup>-1</sup> de nitratos. A los 25 m y 75 m de profundidad se observó un incremento de nitritos con núcleos de 1,5 μmol L<sup>-1</sup> y 2,0 μmol L<sup>-1</sup> por procesos de pérdida de nitrógeno, puesto que también disminuyó la concentración de nitratos (Figura 37b).

### 2.2.5.3. Clorofila-a

La clorofila-a, indicador de la producción de fitoplancton, en marzo presentó concentraciones entre 1 a 3 μg L<sup>-1</sup>; mientras que, en la primera semana de abril mostró una disminución, predominando valores de 1 μg L<sup>-1</sup>, los cuales estuvieron replegados a la costa dentro de las 10 mn entre Paita y Pisco, mientras que se extendieron hasta las 30 a 60 mn al sur de Pisco. Las bajas concentraciones estuvieron asociadas a anomalías negativas menores a -1 μg L<sup>-1</sup> a lo largo de toda la costa (Figura 38).

Esta condición de baja productividad también fue registrada mediante observaciones *in situ*. En la sección Paita de la última semana de marzo, las concentraciones de clorofila-a estuvieron en el rango de 0,02 a 1,1 μg L<sup>-1</sup>, consideradas oligotróficas y asociadas a la presencia de aguas cálidas de hasta 26 °C a los 50 m; y en general predominaron en toda la columna de agua valores inferiores a 0,25 μg L<sup>-1</sup>. El núcleo de mayor concentración se registró sobre la plataforma a los 50 m (Figura 37a)

Por otro lado, en la sección Chicama las concentraciones de clorofila-a estuvieron en el rango de 0,01 a 1,53 μg L<sup>-1</sup>, también oligotróficas, y asociadas a aguas cálidas entre 20 y 28 °C sobre los 25 m.

En la capa eufótica predominaron valores inferiores a  $0,25 \mu\text{g L}^{-1}$  de clorofila-a. El núcleo de más concentración se registró sobre la zona costera y sobre los 15 m de profundidad (Figura 37b).

La baja productividad en las últimas semanas estaría asociada al paso de la onda Kelvin cálida atrapada a la costa durante la segunda semana de marzo, así como al decaimiento del bombeo de Ekman el cual habría producido una disminución en el afloramiento de los nutrientes desde la subsuperficie (Albert *et al.*, 2010). Sin embargo, cabe recordar que las condiciones anómalas de baja productividad han predominado desde setiembre del 2022 a la fecha (Figura 39).

### 3. INDICADORES ECOLÓGICOS Y BIOLÓGICO-PESQUEROS

#### 3.1. Fitoplancton

En la estación fija de Paita para marzo se registró a *Ceratium breve*, especie indicadora de AES asociado a una TSM de  $27,5 \text{ }^\circ\text{C}$ . El volumen de plancton alcanzó un valor de  $0,121 \text{ mL m}^{-3}$ . El fitoplancton en términos de predominancia fue del 15 % y la diferencia del 85 % correspondió al zooplancton. La comunidad estuvo representada por dinoflagelados de distribución cosmopolita (*T. furca*, *T. dens* y *Dinophysis caudata*) y especies termófilas (*P. grande*, *Pyrocystis fusiformis*, *T. macroceros* y *T. trichoceros*), que presentaron abundancias relativas dentro de la categoría “Presente”.

En la sección frente a Paita se registró a *Ceratium breve*, especie indicadora de AES, distribuido entre 5 y 100 mn de la costa asociado a una TSM que variaron entre  $22,5$  y  $28,8 \text{ }^\circ\text{C}$  (Figura 40 a). Los volúmenes de plancton variaron entre  $0,211$  y  $0,422 \text{ mL m}^{-3}$ , con un promedio de  $0,289 \text{ mL m}^{-3}$  (Figura 41 a). La comunidad fitoplanctónica fue predominante con el 15 % a 60 mn, destacando *Lioloma delicatulum*, diatomea de aguas cálidas con abundancia relativa de categoría “Abundante”, asociada a una TSM de  $28,8 \text{ }^\circ\text{C}$ . En toda la sección se observó la predominancia del zooplancton y alta riqueza de dinoflagelados termófilos como *Protoperidinium grande*, *Tripos massiliensis*, *Podolampas bipes*, *P. palmipes*, *Triadinium polyedricum*, *Oxytoxum reticulatum*, *Dinophysis tripos*, *Pyrocystis fusiformis*, *Pyrophacus steinii* y *Ceratocorys horrida*, especies que presentaron abundancias relativas dentro de la categoría de “Presente”.

Frente a Chicama, se determinó a *Protoperidinium obtusum*, especie indicadora de ACF, distribuida entre las 5 y 15 mn de la costa, relacionada a una TSM entre  $24,9$  y  $26,1 \text{ }^\circ\text{C}$  (Figura 40 b). Los volúmenes de plancton variaron entre  $0,075$  y  $0,780 \text{ mL m}^{-3}$ , con un promedio de  $0,305 \text{ mL m}^{-3}$  (Figura 41 b). El fitoplancton fue predominante dentro de las 15 mn con un máximo del 90 % a 5 mn, con una comunidad conformada principalmente por diatomeas de alta tasa de reproducción como *Chaetoceros lorenzianus*, *Ch. affinis*, *Ch. debilis* y *Ch. compressus* que presentaron abundancias relativas dentro de la categoría “Abundante”. Entre las 30 y 100 mn se observó alta diversidad de dinoflagelados termófilos como *Tripos kofoidii*, *T. macroceros*, *T. karsteni*, *T. falcatiforme* y *T. concilians*, entre otros que presentaron abundancia relativa dentro de la categoría “Presente”. En general, se determinó presencia de dinoflagelados de distribución cosmopolita como *Protoperidinium conicum*, *Tripos fusus*, *T. dens*, *T. furca* y *P. depressum* que alcanzaron abundancias relativas dentro de la categoría “Presente”.

### 3.2. Zooplancton

Frente a Paita durante el mes de marzo se determinaron a indicadores de ASS como los copépodos *Acartia danae*, *Calocalanus pavo* y *Mecynocera clausi* y a la especie asociada a AES *C. furcatus*, las cuales estuvieron registradas en toda el área evaluada. Similarmente, frente a Chicama las mismas especies indicadoras de ASS y AES estuvieron en toda el área evaluada (Figura 42).

### 3.3. Condiciones biológico – pesqueras de los recursos pelágicos

Durante el mes de marzo la actividad extractiva de anchoveta en la región Piura e Ica, fue mediante la flota de cerco artesanal y de menor escala. En Piura, se localizó frente a Paita y en la bahía de Sechura, mientras que, en Ica se registró entre Pisco e isla San Gayán. A partir de la última semana de marzo se evidenció el incremento de los desembarques de especies asociada a eventos cálidos, como la samasa (Figura 43).

Especies transzonales como jurel (*Trachurus murphyi*), caballa (*Scomber japonicus peruanus*) y bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*), continuaron presentando una mayor disponibilidad, asociadas a las aguas de mezcla (ACF y ASS). Por otro lado, especies oceánicas, como el barrilete y atún aleta amarilla, registraron mayores desembarques principalmente en el norte del litoral (Figura 44).

### 3.4. Condiciones biológico – pesqueras de los recursos demersales y litorales

La RM N° 098-2023-PRODUCE estableció la veda reproductiva del recurso merluza (*Merluccius gayi peruanus*) entre el límite norte del dominio marítimo peruano y los 04°00'S, quedando prohibida la pesca de la flota industrial del 11 de marzo al 10 de abril 2023. Durante este periodo, la actividad extractiva de la flota industrial arrastrera en el área comprendida entre Punta Sal y Punta La Negra, presentó un núcleo de mayor concentración de merluza frente al Puerto de Paita, aunque los valores de Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) disminuyeron respecto a los meses anteriores (Figura 45 y 46). Por este motivo la actividad pesquera se detuvo en la primera semana de abril. Del 01 al 30 de marzo del 2023, la estructura de tallas total fue similar a la de febrero, con un rango entre 17 y 65 cm de longitud total (LT) y una moda principal en 31 cm LT. En términos latitudinales, se observó un ligero incremento de la presencia de individuos de tallas mayores (35 – 45 cm) entre los 4°S y 6°S (Figura 47).

El calamar gigante (*Dosidicus gigas*), el calamar común (*Doryteuthis gahi*) y la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) mostraron disminución de sus desembarques, a diferencia del recurso pulpo (*Octopus mimus*) cuyo desembarque se incrementó respecto a febrero (Figura 48). El calamar gigante estuvo distribuido entre Punta Sal y Morro Sama, mostrando las mayores concentraciones en la zona norte (Figura 49).

En cuanto a las otras especies registradas por el seguimiento de la pesca artesanal, se observó que la mayoría de los desembarques fueron registrados en la zona norte (Figura 50). Es de señalar, que durante el mes de marzo no se observó desplazamiento inusual hacia el sur del falso volador (*Prionotus stephanophrys*); sin embargo, sí se registró presencia de merluza frente a la región Arequipa.

### 3.5. Indicadores ecológicos

#### 3.5.1. Especies indicadoras en la actividad pesquera

Se analizó la información proveniente de los Laboratorios Costeros de IMARPE, referida a las observaciones de especies atípicas de la región o el lugar, usadas como especies indicadoras de posibles cambios ambientales locales. Esta información fue contrastada con las distribuciones conocidas de las especies indicadas en la bibliografía especializada (Chirichigno & Cornejo 2001 y Fricke *et al.* 2020). Los datos y la información que a continuación se presentan reflejan solo algunas observaciones.

Durante el mes de marzo (Figura 51 y Tabla 3) e inicios de abril (desde el 27/03 hasta el 10/04), tal como se indicó en la sección 3.4., en la región Arequipa se detectó a la merluza, cuyo límite sur de su distribución es el norte centro de Perú. Asimismo, en la región Lima se observó *Centropomus robalito* “robalito” y *Caranx caballus* “cocinero” cuyos límites de distribución sur son Tumbes e isla Lobos de Tierra, respectivamente. Por otro lado, muy cerca de la costa de la región La Libertad se observó *Istiophorus platypterus* “pez vela”, cuyo límite sur de su distribución es Piura. Finalmente, en la región Lambayeque se observó *Larimus effulgens* “bereche”, cuyo límite de distribución sur es Tumbes.

## 4. PRONÓSTICO DE LAS CONDICIONES DEL PACIFICO ECUATORIAL Y FRENTE A LA COSTA PERUANA.

La mayoría de los modelos climáticos de las agencias internacionales para pronóstico de El Niño Oscilación Sur (ENOS) inicializados en el mes de abril 2023, prevén condiciones neutras del ENOS durante el otoño austral, y condiciones cálidas del ENOS a partir de Junio (Figura 52). Para la región Niño 1+2, los modelos CFSv2, NMME y ECMWF inicializados en inicios de abril 2023, indican que las anomalías de TSM superarían a +2,0 °C durante el periodo mayo-julio 2023, lo que estaría dentro del rango de las condiciones cálidas fuertes del ICEN (Figura 53). Por otro lado, con condiciones iniciales del 31 de marzo al 9 abril 2023, el modelo CFSv2 pronostica ATSM positivas dentro de las condiciones cálidas moderadas a fuertes del ICEN en la región Niño 1+2 para los siguientes meses, principalmente en mayo, junio y julio 2023 (Figura 54).

En mayo, se espera la llegada a Sudamérica de una onda Kelvin cálida (modo 2), generada en el Pacífico ecuatorial occidental como producto de una reflexión de una onda Rossby cálida entre enero y febrero. Entre mayo y junio, se espera la llegada de otra onda Kelvin cálida (modo 1), generada por las anomalías de vientos del oeste en el Pacífico ecuatorial occidental entre marzo y abril 2023 (Figura 55). El arribo esperado de estas ondas contribuirá a mantener o aumentar las anomalías cálidas en la región del Pacífico ecuatorial oriental.

Para la franja adyacente a la costa peruana entre abril y julio 2023, usando un modelo estadístico basado en el volumen de agua ecuatorial (Matellini *et al.*, 2007) y en el índice del APS, siguiendo la metodología descrita en Quispe-Ccalluari *et al.* (2017), se pronostican condiciones cálidas, mientras que, usando un modelo dinámico acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia del Pacífico ecuatorial (Dewitte *et al.*, 2002; Gushchina *et al.*, 2000), se prevén condiciones neutras (Figuras 56 y 57).

## V. REFERENCIAS

- Abanto, M.R. 2001. Composición, distribución y abundancia de copépodos planctónicos marinos en la costa Norte - Centro (03°30' S - 14°00'S) frente al litoral peruano entre los años 1980 y 1989. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas Universidad de Lima.
- Alamo, V. & V. Valdivieso. 1987. Lista sistemática de moluscos marinos del Perú. Bol. Inst. Mar. Perú- Callao. Volumen Extraordinario: 205 pp.
- Albert, A., Echevin, V., Lévy, M., and Aumont, O. 2010. Impact of nearshore wind stress curl on coastal circulation and primary productivity in the Peru upwelling system, *J. Geophys. Res.*, 115, C12033, doi:10.1029/2010JC006569.
- Anculle, T., D. Gutiérrez, A. Chaigneau, F. Chávez, 2015. Anomalías del perfil vertical de temperatura del punto fijo Paita como indicador de la propagación de ondas Kelvin. En: Boletín Trimestral Oceanográfico, Volumen 1, Números 1- 4, pp.: 8-10.
- Antonietti E., P. Villanueva, E. Delgado, & F. Chang. 1993. Dinoflagelados indicadores de El Niño 1991-92. Boletín ERFEN (N° 32-33): 20-24.
- A.O.A.C. 1990. Official Methods of analysis. 15th Edition, USA.
- Aronés, K.J. 1997. Distribución horizontal de los amphipodos (Crustacea) en el mar peruano durante el fenómeno "El Niño", verano de 1983. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas. URP. Perú.
- Aronés, K. & Ayón, P. 2002. Effects of El Niño 1997-1998 on copepods community structure at San Jose Coastal Station (Peru). In: Salinas, S., Urban, H., Arntz, W. (Eds), Workshop impacts of El Niño and Basin scales climate changes on Ecosystems and Living Marine Resources: A comparison between the California and the Humboldt Current systems. Investigaciones Marinas, Chile, pp 104-105.
- Ayón, P. & Girón, M., 1997. Composición y distribución del zooplancton e ictioplancton frente a la costa peruana durante febrero a abril 1997. Informe del Instituto del Mar del Perú 127, 49-55.
- Ayón, P., Aronés, K. & Zarate, M., 1999. Variaciones en el comportamiento del copépodo calanoideo *Centropages brachiatus* (Dana, 1849), frente a la costa peruana durante el evento El Niño 97-98. In: Tresierra, A, Culquichicon, Z., (Eds), VIII Congreso Latinoamericano sobre ciencias del Mar. 1999, Trujillo-Perú, pp 730-731.
- Bakun, A. 1975. Daily and weekly upwelling indices, west coast of North América, 1967-73. U.S. Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS-SSRS-693: 113p.
- Barnard, J. & L. Karaman, G. S. 1991. The families and genera of marine gammaridean Amphipoda (except marine gammaroids). Part 1. Records of the Australian Museum, Supplement. 13 (1): 1-417.
- Bentamy, A., D. Croize-Fillon, P. Queffeulou, C. Liu y H. Roquet (2009), Evaluation of high-resolution surface wind products at global and regional scales, *J. Ocean. Operational*, 2 (2), 15-27.
- Boden B.P, Johnson M.W & Brinton E. 1955. The Euphausiacea (Crustacea) of the North Pacific. Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography of the University of California, La Jolla, Vol. 6, N° 8. pp. 282-394.
- Boletín Semanal Oceanográfico y Biológico-Pesquero [en línea]. Callao, Instituto del Mar del Perú. Año 7, N°47, 25 de noviembre de 2022  
[http://www.imarpe.pe/imarpe/index.php?id\\_seccion=I0178020400000000000000](http://www.imarpe.pe/imarpe/index.php?id_seccion=I0178020400000000000000).
- Boltovskoy, D. 1981. Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. INIDEP. Argentina.
- Boltovskoy, D. 1999. South Atlantic Zooplankton. Backhuys Publishers, Leiden. 2:869-1706.
- Bouchon M., Ñiquen M., Arias Shreiber M., Bello R. 1997. Manual de Operaciones del Proyecto Bitácoras de Pesca. Inf. Prog. Inst. Mar Perú N° 74: 44 p.
- Bouchon M, Ñiquen M, Mori J, Echevarría A, Cahuín S. 2001. Manual de muestreo de la pesquería pelágica. Inf. Prog. Inst. Mar Perú – Callao. 157: 38pp.
- Brinton, E. 1962. The distribution of Pacific euphausiids. Bull. Scripps Inst. Oceanogr. 8 (2): 51-270.

- Buitrón, B., Perea, A., Mori, J., Sánchez, J. & Roque, C. 2011. Protocolo para estudios sobre el proceso reproductivo de peces pelágicos y demersales. Protocol for studies on the reproductive process of pelagic and demersal fishes. Boletín Instituto del Mar Perú, 38: 373-384.
- Cairns, D. 1987. Seabird as indicators of marine food supplies. Biological oceanography. 5: 261-271
- Carrasco S. 1989. Anfípodos planctónicos del área comprendida entre Paita y norte de Chimbote. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas. URP. Perú.
- Castillo, R.; Gutierrez, M.; Peralta, S.; Ganoza, F. 2009. Distribución y biomasa de algunos recursos pelágicos peruanos en primavera 2003. Inf. Inst. Mar Perú. Vol. 36, Números 1-2. p: 45-51.
- Chelton D.B., M.H. Freilich, J.M. Sienkiewicz & J.M. Von Ahn. 2006. On the use of QuikSCAT scatterometer measurements of surface winds for marine weather prediction. Monthly Weather Review. 134 (8): 2055–2071.
- Chirichigno, N. 1970. Lista de crustáceos del Perú. Boletín IMARPE, Lima, Perú. 70 pp.
- Chirichigno N. & Vélez J. 1998. Clave para identificar los peces marinos del Perú. Instituto del Mar del Perú. Publicación Especial, Callao, 500 p.
- Chirichigno N. & Cornejo R.M. 2001. Catálogo Comentado de los peces marinos del Perú. Publicación Especial Inf. Inst. Mar Perú. 314 pp.
- Crawford, R.J.M. 1987. Food and population variability in five regions supporting large stocks of anchovy, sardine and horse mackerel. En: Payne, A.I.L., Gulland, J.A., Brink, K.H. (Eds). The Benguela and comparable ecosystems. S. Afr. J. Mar. Sci. 5:735 -757.
- Cupp E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps it. Oceangr. 5: 1-237.
- Dewitte B, Gushchina D, duPenhoat Y, Lakeev S. 2002. On the importance of subsurface variability for ENSO simulation and prediction with intermediate coupled models of the Tropical Pacific: A case study for the 1997-1998 El Niño. Geoph. Res. Lett., 29(14), 1666, 10.1029/2001GL014452.
- Diones T. 1995. Análisis de la distribución y abundancia de los recursos jurel y caballa frente a la costa peruana. Inst. Mar Perú. Inf. Progresivo 3. pp. 55.
- Diones T. 2013. Patrones de distribución y abundancia del jurel *Trachurus murphyi* en el Perú. En: Csirke J., R. Guevara-Carrasco & M. Espino (Eds.). Ecología, pesquería y conservación del jurel (*Trachurus murphyi*) en el Perú. Rev. peru. biol. número especial 20(1): 067- 074 (Septiembre 2013).
- Domínguez N. et al. 2017. Climatología termohalina frente a las costas del Perú. Periodo: 1981-2010. Informe IMARPE 44(1), pag. 5-13.
- Domínguez, N., Asto, C. y Gutiérrez, D. 2023. Climatología termohalina frente a las costas del Perú. Período: 1991 – 2020. Inf Inst Mar Perú, 50(1), 19-35.
- Donlon, C. J, M. Martin, J. Stark, J. Roberts-Jones, E. Fiedler, W. Wimmer, 2012. The Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis (OSTIA) system. Remote Sen. Env., 116, 140-158.
- Einarsson, H. & B. Rojas de Mendiola. 1963. Descripción de huevos y larvas de anchoveta peruana (*Engraulis ringens* J.). Bol. Inst. Invest. Recurs. Mar. 1(1):1-23.
- Elliott W., Paredes F., Bustamante M. (1995). Biología y Pesquería de tiburones de las Islas Lobos, Perú. Inf. Prog. Inst. Mar Perú (N°16).
- ENFEN, 2012. Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa peruana. Nota Técnica ENFEN, 9 abril 2012, 3 pp.
- Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN). 2023b. Informe Técnico ENFEN. Año 9, N°2, febrero de 2023, 51 p.
- Espinoza-Morriberon D., Echevin V., Colas F., Tam J., Ledesma J., Graco M., Vásquez L. 2017. Impact of the El Niño event on the productivity of the Peruvian Coastal Upwelling System. Journal Geophysical Research Oceans, 122 (7): 5423–5444, doi:10.1002/2016JC012439
- Fauchald, K. 1977. The polychaete worms, definitions and keys to the orders, families and genera. Natural History Museum of Los Angeles County: Los Angeles, CA (USA), Science Series. 28:1-188.

- Fischer W., F. Krupp, W. Scheneider, et al. (eds.). 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Roma, FAO. Volumen II y III. 1199p.
- Folkens, P. & Reeves, R. 2002. Guide to marine mammals of the world. National Audubon Society, New York.
- Fricke, R., Eschmeyer, W. N. & Van der Laan, R. (eds) 2020. ESCHMEYER'S CATALOG OF FISHES: GENERA, SPECIES, REFERENCES. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>). Electronic version accessed 08 julio 2020.
- García- Godos, A. 2001. Patrones morfológicos del otolito sagitta de algunos peces óseos del mar peruano. Boletín Instituto del Mar del Perú 20 (1-2). 83 pp.
- Gómez, O. 1972. Contribución al conocimiento de los copépodos de la costa peruana. Tesis de licenciatura, Facultad de biología. UNMSM. Perú.
- Graco M., Anculle, T., Chaigneau A., Ledesma J., Flores G., Morón, O., Monetti F. & D. Gutiérrez. 2020. Variabilidad espacial y temporal del oxígeno disuelto y de la ZMO en el sistema de afloramiento frente a Perú. Boletín Instituto del Mar del Perú, Volumen Especial. En prensa.
- Grupo Trabajo Institucional El Niño (GTI-EN). 2023b. Informe de las condiciones oceanográficas y biológico-pesqueras febrero 2023. [en línea]. Callao, Instituto del mar del Perú. Febrero 2023.
- Gushchina D, Dewitte B, Petrossiants M A. 2000. A coupled ocean-atmosphere model of tropical Pacific: The forecast of the 1997-1998 El Niño Southern Oscillation. Izvestiya atmospheric and oceanic physics. 36(5): 533-554.
- Gutiérrez D., K. Aronés, F. Chang, L. Quipúzcoa & P. Villanueva .2005. Impacto de la variación oceanográfica estacional e interanual sobre los ensambles de microfitoplancton, mesozooplancton, ictioplancton y macrozoobentos de dos áreas costeras del norte del Perú entre 1994 y 2002. Bol. Instituto Mar del Perú-Callao, Vol. 22 / N°. 1 y 2.
- Guzmán, S. & P. Ayón. 1995. Larvas de peces del área norte del mar peruano. Inf. Inst. Mar Perú. 109:1-48.
- Halo, I., B. Backeberg, P. Penven, I. Ansonge, C. Reason & J. E. Ullgren. 2014. Eddy properties in the Mozambique Channel: A comparison between observations and two numerical ocean circulation models, Deep Sea Res., Part II, 100, 38– 53, doi:[10.1016/j.dsr2.2013.10.015](https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2013.10.015).
- Harrison, P. & Peterson, R. 1991. Seabirds: An Identification Guide: A Complete Guide to the Seabirds of the World. Houghton Mifflin Company, Boston.
- Hasle G. & Syvertsen E. E. 1996. Marine diatoms. In: Tomas C. (ed.). Identifying. Marine Diatoms and Dinoflagellates. Academic Press, Inc. San Diego. 1-383pp.
- Hendey, N.I. 1964. An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V: Bacillariophyceae (Diatoms). Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Fishery Investigations, Series 4. Her Majesty's Stationery Office, London, 317 pp.
- Hobson, K.D. & Banse, K. 1981. Sedentary and archannelid polychaetes of British Columbia and Washington. Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences, 209, 1– 144.
- Holthuis, L.B. 1991. FAO species catalogue. Vol. 13. Marine lobsters of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries known to date. FAO Fisheries Synopsis. No. 125, Vol. 13. Rome, FAO. 292 p.
- Hustedt F. 1930. Die Kieselalgen Deutschlands, Osterreichs und der Schweiz mit Berücksichtigung der ubrigen Lander Europas sowie der angrenzenden Meerresgebiete. En: L. Rabenhorst (ed) Kryptogamenflora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz. 1 Teil. Akat. Verlagsges. Leipzig, Reprint Johnson Rep. Goop, New York 1971: 920 pp.
- Illig S, Dewitte B, Ayoub N, duPenhoat Y, Reverdin G, De Mey P, Bonjean F, Lagerloef G S E. 2004. Interannual long equatorial waves in the Tropical Atlantic from a high resolution OGCM experiment in 1981-2000, J. Geophys. Res. 109 (C2): C02022.
- Informe de las Condiciones Oceanográficas y Biológico-Pesqueras. [en línea]. Instituto del Mar del Perú (ICOBP). 2021.

[[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1923492/Informe\\_GTI\\_febrero\\_2021.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1923492/Informe_GTI_febrero_2021.pdf)]

- Jhancke J. & L. Paz-Soldán. 1998. Biología reproductiva de las aves guaneras y sus relaciones con la disponibilidad de anchoveta. Boletín de IMARPE. Vol. 17 (1 y 2): 55 – 66.
- Jiménez A., R. Marquina & L. Quipúzcoa. 2018. Anfípodos bentónicos Amphilochidea y Senticaudata) en el centro norte de la plataforma continental del Perú. Revista peruana de biología 25(4): 371 – 406. doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v25i4.15531>
- Jordán, R. & Fuentes, H. 1966. Las poblaciones de aves guaneras y su situación actual. Inf. Inst. Mar Perú 10: 1- 31.
- Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, S. Saha, G. White, J. Woollen, Y. Zhu, A. Leetmaa, B. Reynolds, M. Chelliah, W. Ebisuzaki, W. Higgins, J. Janowiak, K. Mo, C. Ropelewski, J. Wang, R. Jenne, & D. Joseph. 1996. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 437–471.
- Lellouche, J.-M., Le Galloudec, O., Drévilion, M., Régnier, C., Greiner, E., Garric, G., Ferry, N., Desportes, C., Testut, C.-E., Bricaud, C., Bourdallé-Badie, R., Tranchant, B., Benkiran, M., Drillet, Y., Daudin, A., and De Nicola, C. 2013. Evaluation of global monitoring and forecasting systems at Mercator Océan, Ocean Sci., 9, 57-81.
- Moscoso, V. 2012. Catálogo de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. Bol Inst Mar Perú 27(1-2), 2012, 209 p.
- Moser, H. 1996. The Early Stages of Fishes in the California Current Region. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Atlas N°33: 1505 pp.
- Matellini B, Tam J, Quispe C. 2007. Modelo empírico para previsión de la temperatura superficial del mar peruano. Rev. peru. biol. 14: 101-108.
- Majluf, P. & Trillmich, F. 1981. Distribution and abundance of sea lions (*Otaria byronia*) and fur seal (*Arctocephalus australis*) in Peru. Saugetierkunde 46, 384 – 393.
- Murphy, RC. 1936. Oceanic bird of South America. America Museum of Natural History. New York. 1245 pp.
- Ñiquen M., Bouchon M., Cahuin., Díaz E. (2000). Pesquería de anchoveta en el mar peruano. 1950-1999. Bol.Inst. Mar Perú: 117-123.
- Ocean Biology Processing Group. 2003. MODIS Aqua Level 3 Global Daily Mapped 4 km Chlorophyll a. Ver. 6. PO. DAAC, CA, USA. Dataset accessed [20YY-MM-DD].
- Ochoa, N., B. Rojas de Mendiola & O. Gómez. 1985. Identificación del fenómeno El Niño a través de los organismos fitoplanctónicos. In El Niño, su impacto en la Fauna Marina. Bol. Inst. Mar Perú. Vol. extraordinario.
- Ochoa N. & Gómez O. 1987. Dinoflagellates as indicators of water masses during El Niño, 1982-1983. Journal of Geophysical Research, Vol. 92, N° C13, 14,355-14,367 pp.
- Ochoa N. & O. Gómez. 1997. Dinoflagelados del mar peruano como indicadores de masas de agua durante los años 1982 a 1985. Boletín Instituto del Mar del Perú, vol. 16, n.º 2, pp. 1 – 60.
- Pond, S. & Pickard, G.L. 1983. Introductory dynamical oceanography. 2nd Edition, Pergamon Press, Oxford.
- Pujol, M.-I., Faugère, Y., Taburet, G., Dupuy, S., Pelloquin, C., Ablain, M., & Picot, N. 2016. DUACS DT2014: the new multi-mission altimeter data set reprocessed over 20 years, Ocean Sci., 12, 1067-1090, doi:10.5194/os-12-1067-2016.
- Quesquén, R. 2005. Moluscos holoplanctónicos heteropoda y pteropoda colectados en noviembre y diciembre de 1996 en el mar peruano. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Quesquén, R. 2017. Moluscos gasterópodos holoplanctónicos en el mar peruano recolectados entre 1994 y 2005. Boletín IMARPE: 32(2).
- Quispe, J. & L. Vásquez, 2015. Índice “LABCOS” para la caracterización de evento El Niño y La Niña frente a la costa del Perú, 1976-2015. En: Boletín Trimestral Oceanográfico, Volumen 1, Números 1-4, pp.: 14-18.
- Quispe-Ccalluari C, Tam J, Arellano C, Chamorro A, Espinoza-Morriberón D, Romero C & J Ramos. 2017. Desarrollo y aplicación de índices y simulaciones para la vigilancia y

el pronóstico a mediano plazo del impacto del ENOS frente a la costa peruana. *Inf Int. Mar Perú*, 44(1): 28-34.

- Quispe-Ccalluari, C., J. Tam, H. Demarcq, A. Chamorro, D. Espinoza-Morriberón, C. Romero, N. Dominguez, J. Ramos y R. Oliveros-Ramos. 2018: An index of coastal thermal effects of El Niño Southern Oscillation on the Peruvian Upwelling Ecosystem. *Int. J. Climatol.*:1-11. <https://doi.org/10.1002/joc.5493>.
- Quiñones, J., González Carman, V., Zeballos, J., Purca, S., y Mianza, H. 2010. Effects of El Niño-driven environmental variability on black turtle migration to Peruvian foraging ground. *Hydrobiología*, 645(1), 69 -79.
- Quiñones J, 2018. Los Niños, Los Viejos, Las Medusas y su interacción con las pesquerías en el ecosistema norte de la Corriente de Humboldt, análisis de la medusa Scyphozoa *Chrysaora plocamia*. Universidad Nacional de Mar del Plata. Tesis de Doctorado. 208 pp.
- Reyes J.C. 2009. Ballenas, delfines y otros cetáceos del Perú. Una Fuente de Información. Squema-Ediciones. Lima. 159 pp.
- Reynolds, R. W., T. M. Smith, C. Liu, D. B. Chelton, K. S. Casey, & M. G. Schlax, 2007: Daily high-resolution-blended analyses for sea surface temperature. *Journal of Climate*, 20, 5473–5496, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00293.1>
- Rojas de Mendiola B., Ochoa N. & Gómez O. 1981. Los dinoflagelados como indicadores biológicos de masas de agua – Fenómeno El Niño 1972. Mem. Seminario sobre Indicadores Biológicos del Plancton. Instituto del Mar del Perú-UNESCO:54-73 p.
- Samamé M. 1993. Algunos aspectos de la biología y pesquería del bonito *Sarda chiliensis chiliensis* de la costa norte del Perú. Pag. 261-272. En: E. Castillo de Marrueda (Ed.) Memoria X CONABIOL, 02-07 agosto 1992. Lima-Perú.
- Sánchez S. & E. Delgado. 2001. Programa de Monitoreo de Fitoplancton Potencialmente Tóxico en los bancos naturales y zonas de cultivo de mariscos de importancia económica de la costa peruana. V Taller de Floración de Algas Nocivas (FAN). Uruguay 15-18 octubre del 2001.
- Sandoval de Castillo, O. 1979. Distribución y variación estacional de larvas de peces en la costa peruana. *Inf. Inst. Mar Perú-Callao* N° 63: 61 p.
- Santander, H. 1967. Los euphausidos en la zona de Callao-Chimbote y la composición general del zooplancton en agosto de 1961. Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología, UNMSM. Perú.
- Santander, H. & Carrasco, S. 1985. Cambios en el zooplancton durante El Niño 1982-1983 en el área de Chimbote. In: Aguilar AET (ed) I Congreso Nacional de Biología Pesquera, Trujillo, 201-206 pp.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1969. Desarrollo y distribución de huevos y larvas de merluza, *Merluccius gayi* (guichenot) en la costa peruana. *Bol. Inst.Mar Peru-Callao*. 2 (3):80-126.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1971. Desarrollo y distribución de huevos y larvas de jurel, *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en la costa peruana. *Inst.Mar Peru-Callao*. 36:23p.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1972. Desarrollo y distribución de huevos y larvas de caballa, *Scomber japonicus peruanus* (jordan y hubbs) en la costa peruana. *Inf. Esp. Inst. Mar Perú-Callao*. N° 103:1-10.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1973. Estudios sobre las primeras etapas de vida de la anchoveta. *Inf. Inst. Mar Perú. Callao* 41:1-3.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1977. Variaciones en la intensidad del desove de la sardina, *Sardinops sagax sagax* (J) en la costa peruana en los años 1966-1973. *Bol. Inst. Mar Perú*. 3(3): 73-94.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1979. El ictioplancton de la costa peruana. *Bol. Inst. Mar Perú*. 4(3): 69-112.
- Santander H., Luyo, G., Carrasco, S., Veliz, M. & Sandoval, O. 1981. Catálogo de zooplancton en el mar peruano, primera parte: Área Pisco-San Juan. *Boletín Instituto del Mar del Perú*. 6:1-75.

- Schaeffer P., I. Pujol, Y. Faugere, A. Guillot, N. Picot. 2016. The CNES CLS 2015 Global Mean Sea surface. Presentation OSTST 2016, [http://meetings.avis.altimetry.fr/fileadmin/user\\_upload/tx\\_ausyclsseminar/files/GEO\\_03\\_Pres\\_OSTST2016\\_MSS\\_CNES\\_CLS2015\\_V1\\_16h55.pdf](http://meetings.avis.altimetry.fr/fileadmin/user_upload/tx_ausyclsseminar/files/GEO_03_Pres_OSTST2016_MSS_CNES_CLS2015_V1_16h55.pdf)(last access 2017/01/10)
- Schiller J. 1971. Dinoflagellatae (Peridinea) in monographischer Behandlung.1 Teil. En: L. Rabenhorst (ed) Kriptogamenflora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz., Vol. X Flagellatae, Section III3, Part. I. Reprint by Johnson Repr. Corp. New York, London: 617 pp.
- Schneider, W., Fuenzalida, R., Rodríguez-Rubio, E., Garcés-Vargas, J., Bravo, L., 2003. Characteristics and formation of eastern South Pacific Intermediate Water. *Geophys. Res. Lett.* 30 (11), 1581. <http://dx.doi.org/10.1029/2003GL017086>.
- Schulenberg, T., Stotz, D., Lane, D., O'neil, J. & Parker, T. 2009. Aves del Perú. Serie Biodiversidad Corbidi 01. Lima, Perú.
- Sournia A. 1967. Le genre Ceratium (Peridinién Planctonique) dans le Canal de Mozambique. Contribution a une revision mondiale. *Vie et Milieu.* 18 (2A-A): 375-580 pp.
- Steidinger K. & Tangen K. 1996. Dinoflagellates. In: Tomas C. (ed.). *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates.* Academic Press, Inc. San Diego. 387-570pp.
- Sundström B. 1986. The marine diatom genus Rhizosolenia. A new approach to the taxonomy. Lund, Sweden: 196 pp.
- Takahashi, K., Mosquera, K., Reupo, J. 2014. El Índice Costero El Niño (ICEN): historia y actualización. *Boletín técnico: Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, 1 (2), 8-9.
- Tomas C. 1993. *Marine Phytoplankton: A guide to naked flagellates and coccolithophorids.* Academic Press, Inc. California-USA; Balech, 1988. *Los Dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental.*
- Tovar S. H & N. Galarza. 1984. Cambios en el régimen alimentario del Guanay (*Phalacrocorax bougainvillii* (Lesson)). *Boletín de Lima*, no. 35: 85-91.
- Tovar, S.H., V. Guillén & M.E. Nakama. 1987. Monthly population size of three guano bird species off Peru, 1953 to 1982. In *The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change* (Daniel Pauly and Isabel Tsukayama, Eds.). Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Callao, Perú; Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), GmbH, Eschborn, Federal Republic of Germany; and International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM), Manila, Philippines. *ICLARM Studies and Reviews*, 15: 208-218.
- Tovar, S.H., D. Cabrera & V. Guillén. 1988. Predación de Piquero (*Sula variegata*: Aves Sulidae) sobre peces en el litoral peruano. In *Recursos y dinámica del ecosistema de afloramiento peruano* (Horst Salzwedel and Antonio Landa, Eds.). *Boletín Instituto del Mar del Perú [Callao]*, Volúmen Extraordinario, pp. 329-333.
- Trenberth, K. 1997. The Definition of El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78 (12): 2771 – 2777.
- Trigo, F. 2011. *Patología sistémica veterinaria.* 5ta edición. México D.F. México. 99-101pp.
- Trites, A. 1997. The role of pinnipeds in the ecosystem. Pinniped population, Eastern north Pacific: status, tren and issues. Stone, Goebles y Webster (Eds): 31 – 39. A symposium of the 127th Annual Meeting of the American Fisheries Society. Boston.
- UNESCO. 1981. Programa de plancton para el Pacifico Oriental. *Informes de la UNESCO sobre Ciencias del Mar.* Informe final del Seminario-Taller realizado en el Instituto del Mar del Peru, Callao 11.
- Vanstreet, R.E., Adornes, A.C., Cabana, A.L., Neymeyer, C., Kolesnikovas, CKM., Dantas, G.P.M., Araujo, J., Catão-Dias, J.L., Gronch, K.R., Silva, L.A., Reisfeld, R.C., Bradaõ, M.L., Xavier, M.O., Viera, O.A.G., Serafini, P.P., Baldassin, P., Canabarro, P.L., Hurtado, R.F., Silva-Fiho, R.P., Campos, S.D.E., Ruoppolo, V. 2011. *Manual de campo para a colheita e armazenamento de informações e amostras biológicas provenientes de pinguins de Magalhães (Spheniscus megallenicus).* São Paulo Brasil. Centro de Pesquisa e Conservação de aves silvestres. 62 p.

- Vargas N. & J. Mendo. 2010. Relación entre la distribución espacial de la merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus* Ginsburg) y la extensión sur de la Corriente de Cromwell. *Inf. Inst Mar Perú* 37(3-4): 85-94.
- Vazzoler A E. 1982. Manual y métodos para estudios biológicos de poblaciones de Peixes. Reproducción y Crecimiento. CNP/PN2, 108 pp.
- Véliz, M. 1981. Sifonóforos como posibles indicadores biológicos. En: Memorias del Seminario sobre indicadores planctónicos del plancton. IMARPE. Callao-Perú, 8-11 setiembre 1980. UNESCO. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe. Montevideo-Uruguay.
- Wolter, K., and M.S. Timlin, 1993: Monitoring ENSO in COADS with a seasonally adjusted principal component index. Proc. of the 17th Climate Diagnostics Workshop, Norman, OK, NOAA/NMC/CAC, NSSL, Oklahoma Clim. Survey, CIMMS and the School of Meteor., Univ. of Oklahoma, 52-57.
- Zuta, S. & O.G. Guillén. 1970. Oceanografía de las aguas costeras del Perú. *Bol. Inst. Mar Perú* (2): 157-324.

## VI. RECONOCIMIENTOS

The Group for High Resolution Sea Surface Temperature (GHR SST) Multi-scale Ultra-high Resolution (MUR) Level 4 OSTIA Global Foundation Sea Surface Temperature Analysis (GDS version 2). Ver. 2.0 data were obtained from the NASA EOSDIS Physical Oceanography Distributed Active Archive Center (PO.DAAC) at the Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, CA (<http://dx.doi.org/10.5067/GHGMR-4FJ01>).

IFREMER/CERSAT. 2005. ERS-1 Level 3 Gridded Mean Wind Fields (IFREMER). Ver.1.PO.DAAC, CA, USA (<ftp://anonymous@ftp.ifremer.fr/ifremer/cersat/products/gridded/mwf-ers1>).

The Ssalto/Duacs altimeter products were produced and distributed by the Copernicus Marine and Environment Monitoring Service (CMEMS) (<http://www.marine.copernicus.eu>).

The products from the MERCATOR OCEAN system are distributed through the Marine Copernicus Service (<http://www.marine.copernicus.eu>).

## VII. TABLAS

Tabla 1. Valores promedio mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y las anomalías térmicas (°C) en los muelles costeros del Imarpe de febrero 2022 al 08 de abril de 2023.

### a) Temperatura superficial del mar

| AÑO      | MES  | TUMBES | PAITA | SAN JOSÉ | CHICAMA | CHIMBOTE | HUACHO | CALLAO | PISCO | MATARANI | ILO   |
|----------|------|--------|-------|----------|---------|----------|--------|--------|-------|----------|-------|
| 2022     | 02   | 27.91  | 22.22 | 19.90    | 16.95   | 20.62    | 16.03  | 15.50  | 20.22 | 16.06    | 15.79 |
|          | 03   | 28.68  | 25.08 | 21.33    | 18.45   | 21.28    | 15.88  | 15.05  | 22.04 | 15.98    | 15.62 |
|          | 04   | 27.91  | 20.99 | 19.67    | 17.42   | 20.21    | 15.47  | 15.41  | 18.54 | 16.07    | 15.64 |
|          | 05   | 27.03  | 18.66 | 18.14    | 16.06   | 18.04    | 15.03  | 15.00  | 19.91 | 16.07    | 15.66 |
|          | 06   | 25.49  | 18.45 | 17.77    | 16.22   | 16.92    | 14.53  | 14.81  | 18.70 | 15.36    | 14.83 |
|          | 07   | 24.80  | 18.36 | 18.02    | 16.24   | 17.08    | 14.52  | 14.72  | 18.05 | 14.94    | 14.85 |
|          | 08   | 25.32  | 18.50 | 17.85    | 15.93   | 17.10    | 14.48  | 14.39  | 18.15 | 14.89    | 14.26 |
|          | 09   | 24.78  | 17.63 | 18.03    | 15.82   | 17.00    | 14.35  | 14.29  | 18.10 | 15.42    | 13.79 |
|          | 10   | 24.60  | 17.25 | 18.00    | 15.49   | 17.31    | 14.07  | 13.83  | 18.59 | 14.81    | 13.92 |
|          | 11   | 24.86  | 18.47 | 18.51    | 15.85   | 18.17    | 14.81  | 14.34  | 20.65 | 15.29    | 15.48 |
|          | 12   | 26.45  | 21.29 | 19.77    | 17.04   | 19.52    | 16.05  | 15.10  | 21.93 | 16.40    | 16.38 |
|          | 2023 | 01     | 27.87 | 21.84    | 19.06   | 16.43    | 19.32  | 15.96  | 15.41 | 23.61    | 16.26 |
| 02       |      | 29.37  | 24.50 | 23.71    | 20.41   | 22.59    | 17.40  | 16.88  | 22.44 | 17.12    | 17.70 |
| 03       |      | 29.24  | 26.86 | 25.38    | 23.35   | 25.06    | 19.83  | 19.56  | 23.35 | 17.48    | 17.57 |
| 01-08/04 |      | 29.17  | 28.01 | 27.96    | 26.52   | 27.36    | 22.03  | 21.10  | 22.91 | 17.55    | 18.38 |

### b) Anomalías de la temperatura superficial del mar

| AÑO      | MES  | TUMBES | PAITA | SAN JOSÉ | CHICAMA | CHIMBOTE | HUACHO | CALLAO | PISCO | MATARANI | ILO   |
|----------|------|--------|-------|----------|---------|----------|--------|--------|-------|----------|-------|
| 2022     | 02   | -0.09  | -0.78 | -2.70    | -1.85   | -1.58    | -1.77  | -1.50  | -2.88 | -0.87    | -1.41 |
|          | 03   | +0.78  | +2.28 | -1.07    | -0.65   | -1.02    | -2.22  | -2.55  | -1.06 | -0.97    | -1.38 |
|          | 04   | +0.41  | +0.69 | -0.93    | -0.58   | -0.89    | -1.83  | -1.79  | -3.76 | -0.74    | -1.06 |
|          | 05   | +0.03  | -0.44 | -1.66    | -1.44   | -1.86    | -1.67  | -1.60  | -1.19 | -0.34    | -0.64 |
|          | 06   | -0.41  | +0.25 | -1.43    | -0.98   | -2.28    | -2.17  | -1.59  | -0.70 | -0.48    | -1.07 |
|          | 07   | -0.30  | +0.86 | -0.88    | -0.56   | -1.62    | -2.18  | -1.38  | -0.25 | -0.31    | -0.45 |
|          | 08   | +0.52  | +1.50 | -0.95    | -0.37   | -1.40    | -1.52  | -1.31  | +0.05 | +0.10    | -0.74 |
|          | 09   | -0.32  | +1.03 | -0.87    | -0.08   | -1.40    | -1.05  | -0.81  | -0.70 | +0.47    | -1.11 |
|          | 10   | -1.20  | -0.15 | -1.00    | -0.31   | -1.49    | -1.13  | -1.07  | -1.21 | -0.68    | -1.18 |
|          | 11   | -1.24  | +0.47 | -0.99    | -0.35   | -1.33    | -0.99  | -0.76  | +0.55 | -0.62    | -0.42 |
|          | 12   | -0.35  | +2.49 | -0.43    | +0.24   | -0.98    | -0.45  | -0.70  | +0.33 | +0.26    | -0.32 |
|          | 2023 | 01     | +0.47 | +1.24    | -1.74   | -0.97    | -1.98  | -1.34  | -0.89 | +0.91    | -0.59 |
| 02       |      | +1.37  | +1.50 | +1.11    | +1.61   | +0.39    | -0.40  | -0.12  | -0.66 | +0.18    | +0.50 |
| 03       |      | +1.34  | +4.06 | +2.98    | +4.25   | +2.76    | +1.73  | +1.96  | +0.25 | +0.53    | +0.57 |
| 01-08/04 |      | +1.41  | +6.35 | +6.42    | +7.94   | +5.61    | +4.16  | +3.61  | +0.09 | +0.75    | +1.57 |

Tabla 2. Valores promedio mensuales de los índices LABCOS, Índice Térmico Costero Peruano (ITCP), Índice Costero El Niño (ICEN), Índice Niño Oceánico (ONI) y Índice Multivariado ENOS (ENOSv2). Las estimaciones se obtuvieron de Quispe y Vásquez (2015), Quispe et al (2016), Takahashi, et al. (2014), Huang et al, 2017 (J. Climate). El Índice Multivariado ENOS se obtuvo de Wolter y Timlin (1993, 1998 y 2011) y Kobayashi et al., 2015).

| ÍNDICE |     | LABCOS             | ITCP                     | AFC                 | ICEN               | ONI                | MEI v2                  |
|--------|-----|--------------------|--------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
| REGION |     | Litoral Peruano    | Banda Afloramiento, Perú | Región Norte-Centro | Región Niño 1+2    | Región Niño 3.4    | 30°S-30°N<br>100°E-70°W |
| AÑO    | MES |                    |                          |                     |                    |                    |                         |
| 2022   | 01  | -0.99              | -1.3                     | -0.030              | -1.43              | -1.0               | -1.06                   |
|        | 02  | -1.05              | -1.4                     | -0.074              | -1.05              | -0.9               | -0.96                   |
|        | 03  | -1.24              | -1.7                     | -0.064              | -1.10              | -1.0               | -1.28                   |
|        | 04  | -1.11              | -1.6                     | -0.059              | -1.10              | -1.1               | -1.76                   |
|        | 05  | -1.12              | -1.7                     | -0.043              | -1.36              | -1.0               | -1.88                   |
|        | 06  | -0.88              | -1.5                     | -0.018              | -1.36              | -0.9               | -2.07                   |
|        | 07  | -0.58              | -1.4                     | -0.033              | -1.03              | -0.8               | -2.1                    |
|        | 08  | -0.40              | -1.1                     | -0.051              | -0.93              | -0.9               | -1.79                   |
|        | 09  | -0.51              | -1.2                     | -0.044              | -1.12              | -1.0               | -1.76                   |
|        | 10  | -0.50              | -1.2                     | -0.044              | -1.39              | -1.0               | -1.71                   |
|        | 11  | -0.27              | -1.0                     | -0.053              | -1.24              | -0.9               | -1.48                   |
|        | 12  | -0.13              | -1.2                     | -0.072              | -0.81              | -0.8               | -1.25                   |
| 2023   | 01  | +0.12              | -0.9                     | -0.091              | -0.27              | -0.7               | -1.11                   |
|        | 02  | +0.78              | -0.3                     | -0.090              | +0.42              | -0.4               | -0.81                   |
|        | 03  | +0.92 <sup>1</sup> | +1.4 <sup>2</sup>        |                     | +1.19 <sup>3</sup> | -0.16 <sup>4</sup> | -0.67                   |

<sup>1</sup> Valor preliminar.

<sup>2</sup> Valor preliminar de la primera componente.

<sup>3</sup> Valor temporal del ICEN extraído del Informe Técnico ENFEN N°04 año 9 al 11 de abril de 2023. ([https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4430923/Informe%20Tecnico%20ENFEN\\_11%20ABRIL\\_2023.pdf?v=1681443230](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4430923/Informe%20Tecnico%20ENFEN_11%20ABRIL_2023.pdf?v=1681443230))

<sup>4</sup> Valor preliminar del ONI

([https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/detrend.nino34.ascii.txt](https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/detrend.nino34.ascii.txt))

Tabla 3. Especies cuyo límite sur de su distribución típica varió en las costas de Perú durante el mes de marzo y abril 2023.

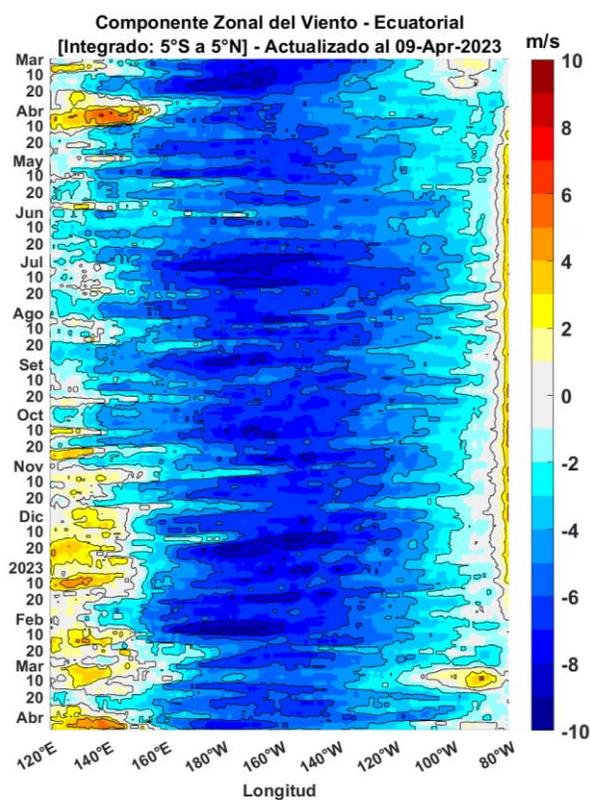
| Especie                                    | Área registrada | Prof. (m) | Captura (kg; N) | Distribución típica           |
|--|-----------------|-----------|-----------------|-------------------------------|
| MERLUZA<br><i>Merluccius gayi</i>          | Arequipa        | S/R       | 5 kg            | Hasta el norte centro de Perú |
| ROBALITO<br><i>Centropomus robalito</i>    | Lima            | S/R       | 1 ejemplar      | Hasta Tumbes                  |
| COCINERO<br><i>Caranx caballus</i>         | Lima            | S/R       | 2 ejemplares    | Hasta isla Lobos de Tierra    |
| PEZ VELA<br><i>Istiophorus platypterus</i> | La Libertad     | 27        | 1 ejemplar      | Hasta Piura                   |
| BERECHE<br><i>Larimus effulgens</i>        | Lambayeque      | 11-16     | 1 ejemplar      | Hasta Tumbes                  |

S/R: sin registro

m: metros

## VIII. FIGURAS

a)



b)

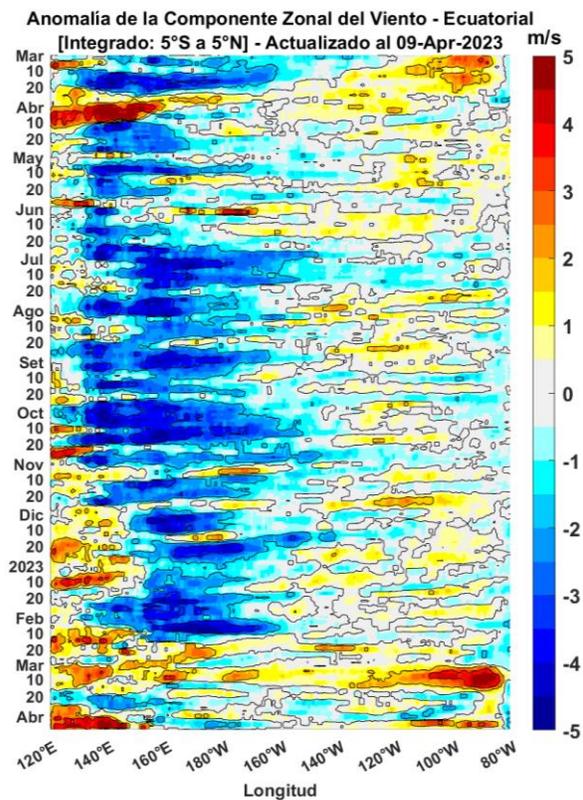
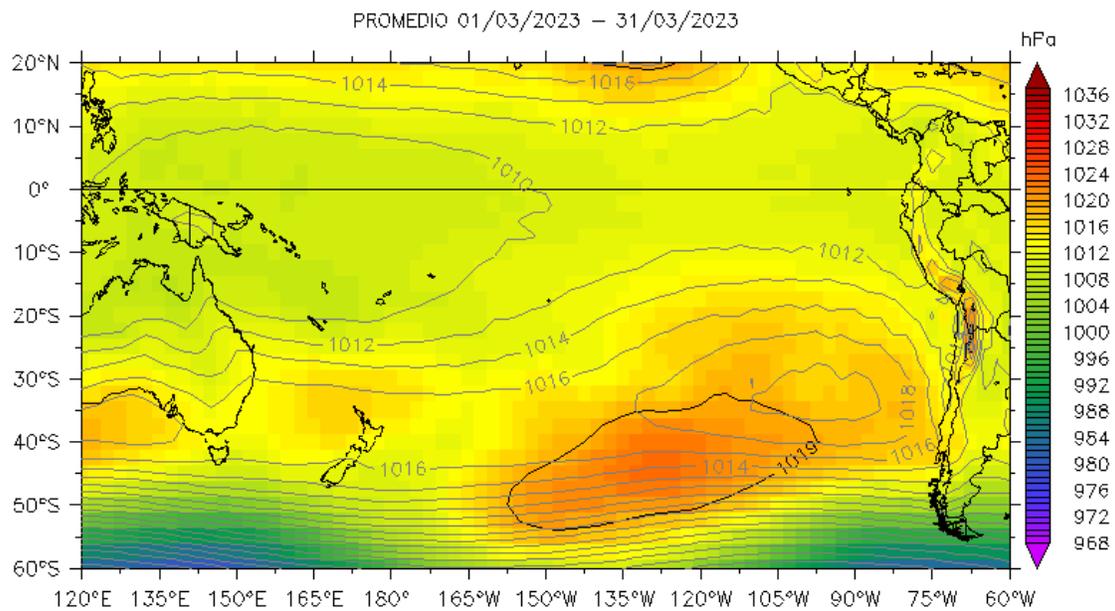


Figura 2. Viento satelital (integrado en los 5 S a 5 N en el Ecuador): a) Componente zonal del viento ( $\text{m s}^{-1}$ ), b) Anomalia de la componente zonal del viento ( $\text{m s}^{-1}$ ). Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizado al 09 de abril.

a)



b)

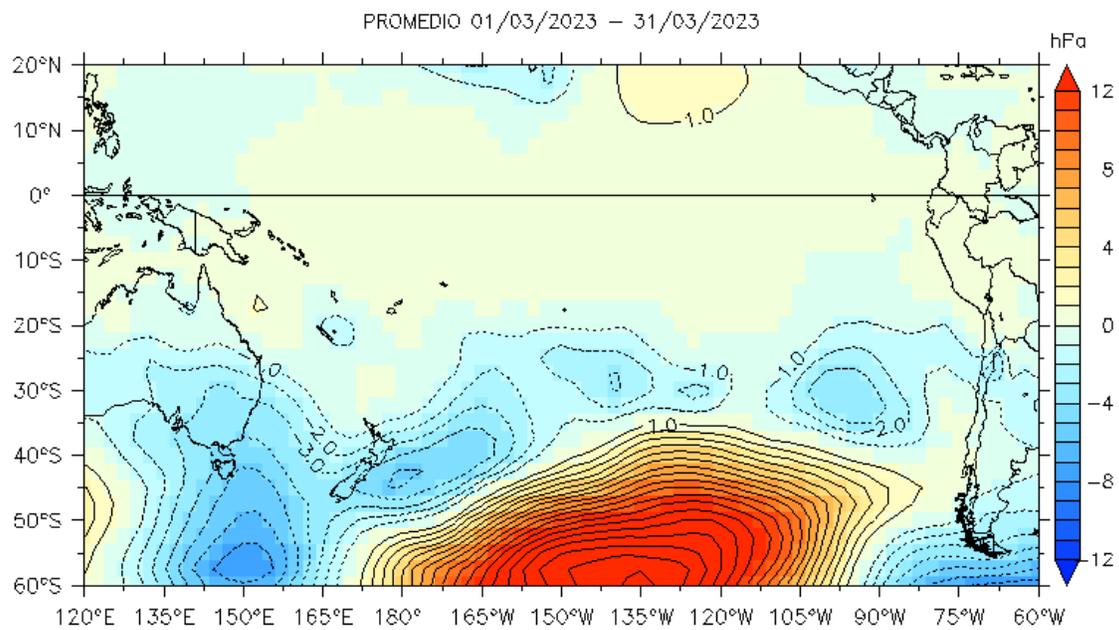
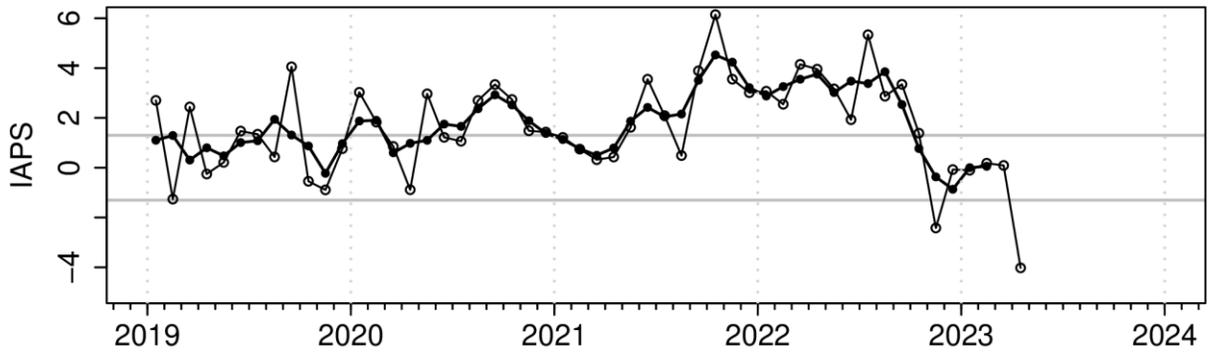
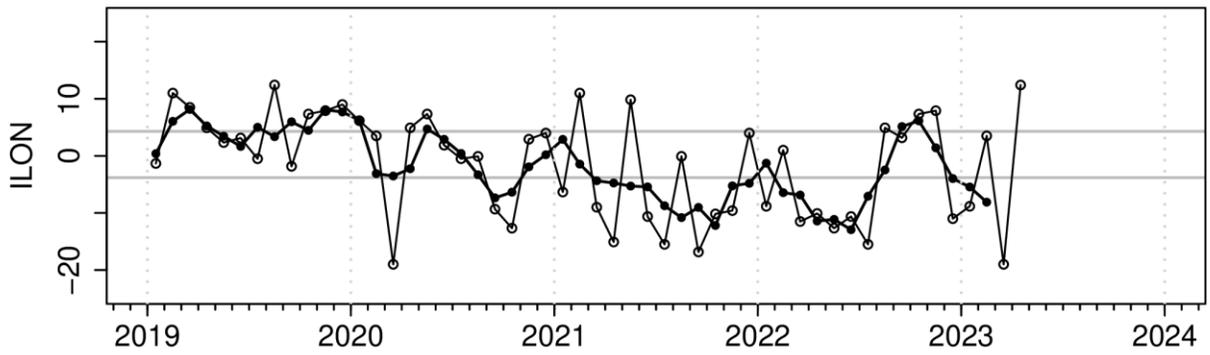


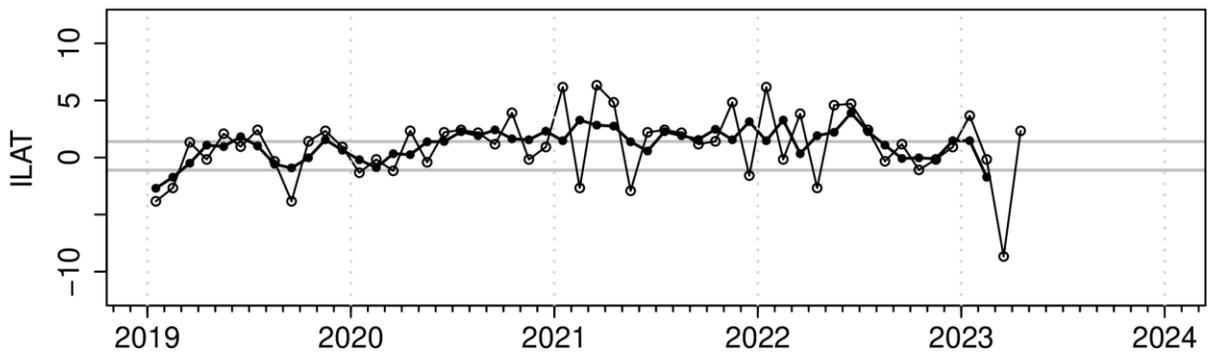
Figura 3. Presión atmosférica a nivel del mar, (a) promedio 1-31 de marzo 2023 (colores y contorno negro para la isóbara de 1019 hPa) y climatología marzo (contornos grises), y (b) anomalías promedio 1-31 de marzo 2023. Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.



(a)



(b)



(c)

Figura 4. Variación temporal de los índices del APS: a) índice de intensidad (IAPS) e índices de posición b) longitudinal (ILON) y c) latitudinal (ILAT) hasta el trimestre EFM 2022-2023 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2019 hasta abril 2023 (días 1 – 8).

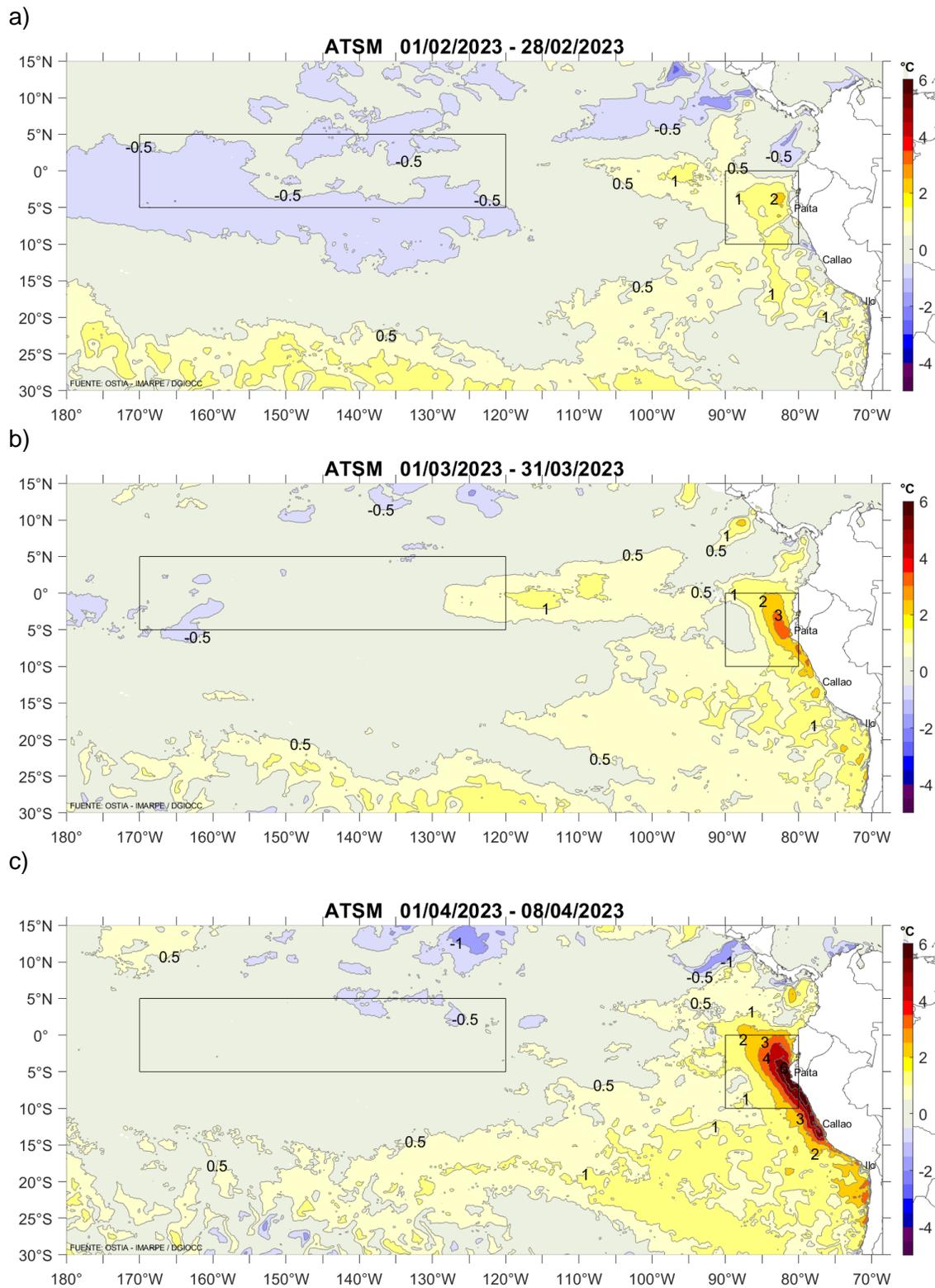


Figura 5. Anomalías promedio de la temperatura superficial del mar (°C) para los meses de a) febrero, b) marzo y c) abril (1-8) del 2023. Periodo base de 1991-2020. Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

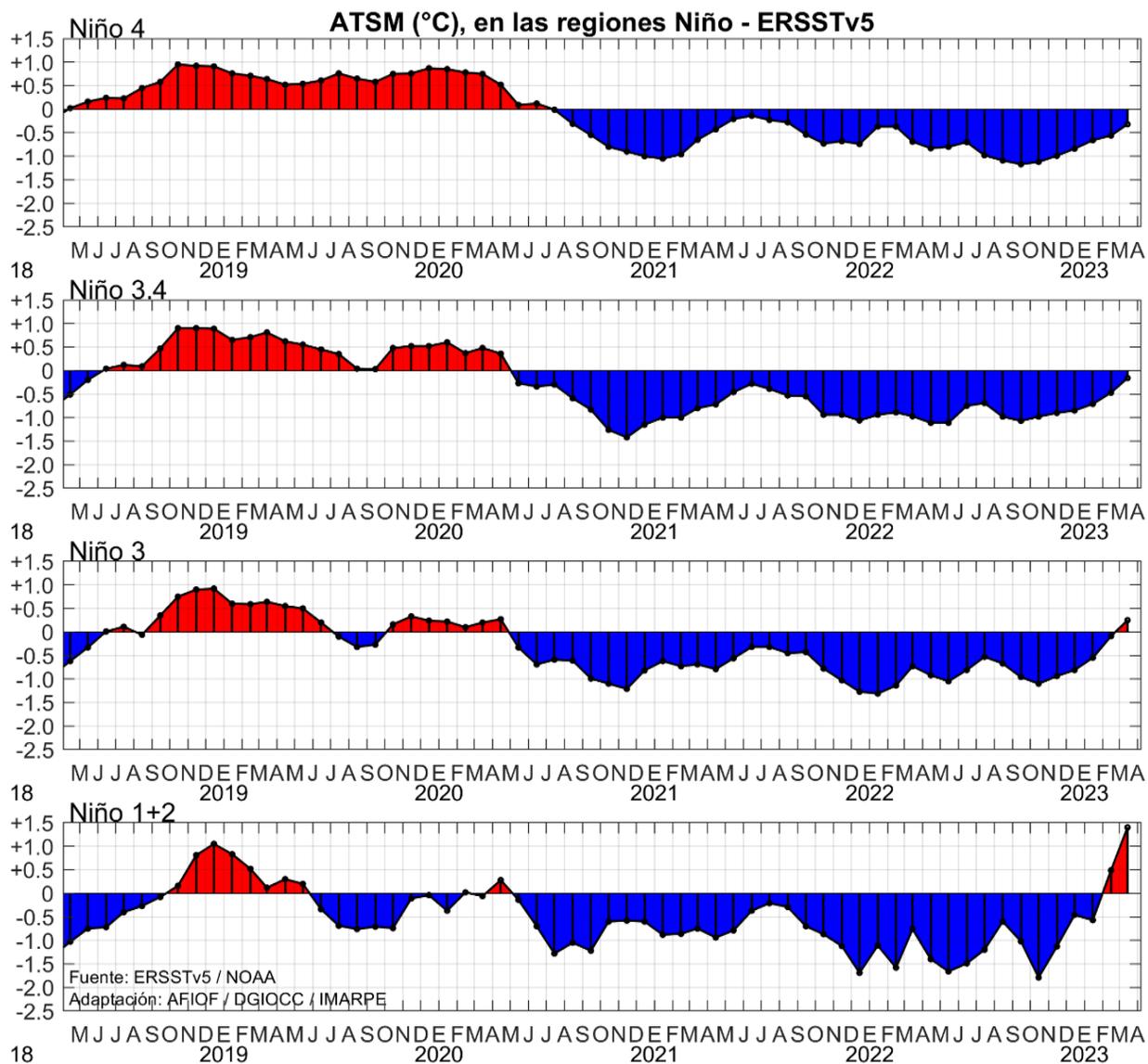


Figura 6. Variación mensual de las anomalías de la temperatura superficial del mar (°C), en las regiones Niño del Pacífico ecuatorial, durante cinco años, hasta fines de marzo del 2023. Fuente CPC/NOAA, Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

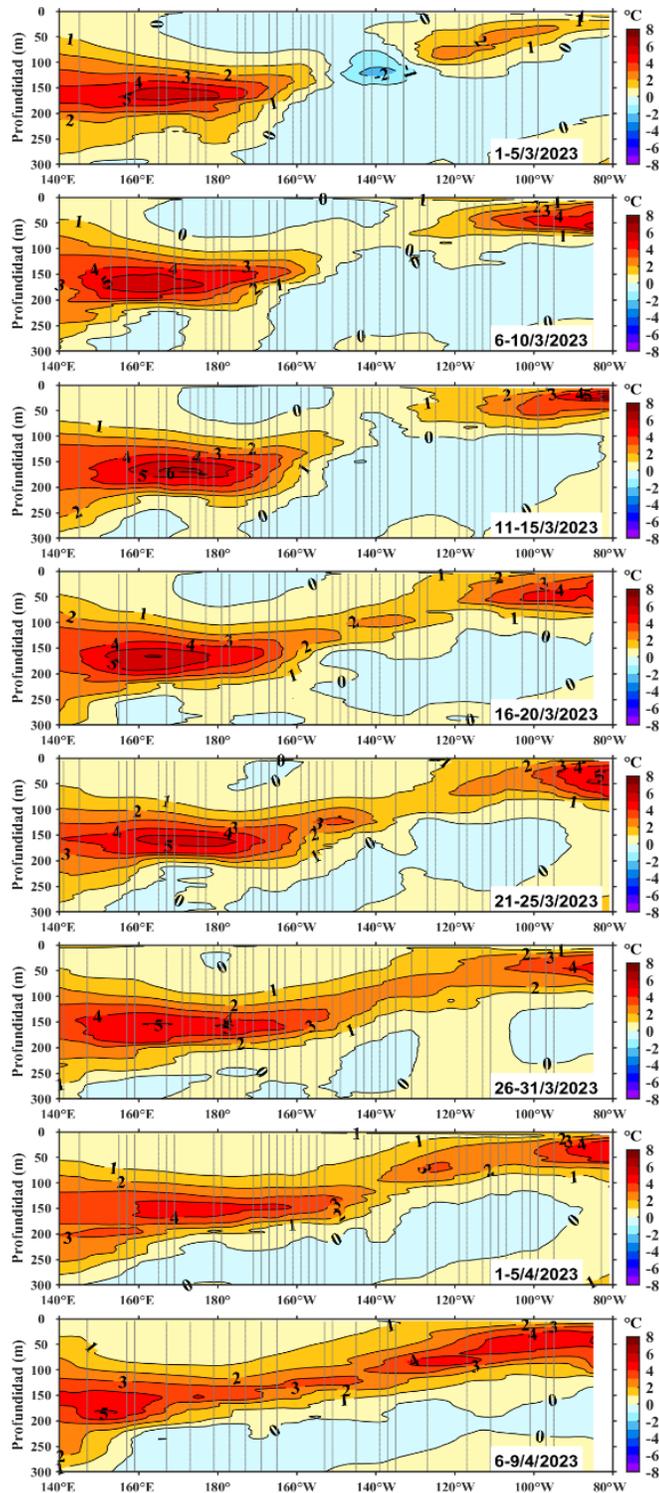


Figura 7. Anomalías de temperatura (°C) en la capa superior (0-300 m) del Pacífico Ecuatorial (140°E – 80°W y 2°S - 2°N), en promedios de cinco días durante marzo y primeros días de abril 2023. Periodo base 1993-2010. Fuente: ARGO - TAO/TRITON, Procesamiento AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

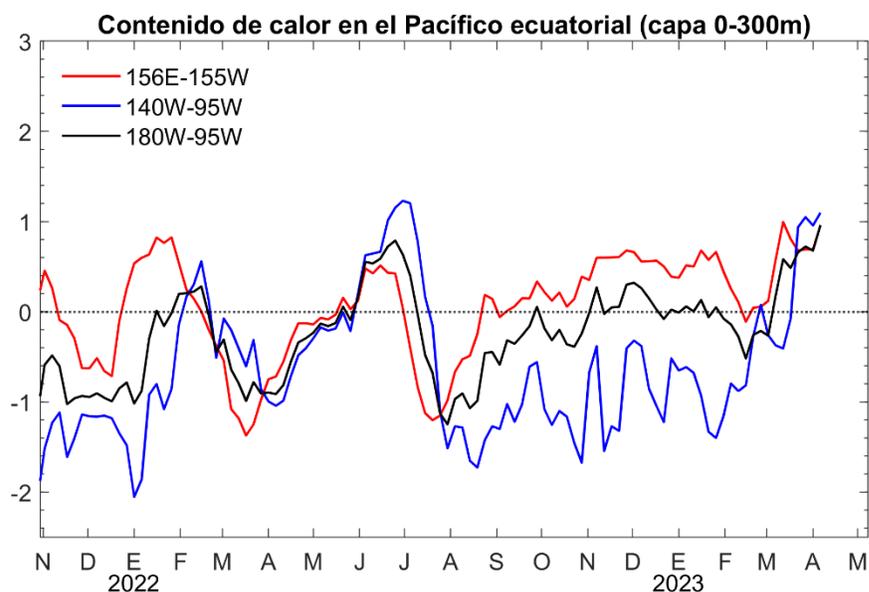


Figura 8. Anomalías del contenido de calor promediado en la capa de 0–300 m del Pacífico Ecuatorial (2°S – 2°N y 156°E - 95°W). Periodo base de 1981-2010. Fuente TAO-TRITON/PMEL/NOAA, Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE

Promedio de Anomalia de Temperatura 0-300 m y 2°N-2°S (°C)  
ARGO y TAO/TRITON

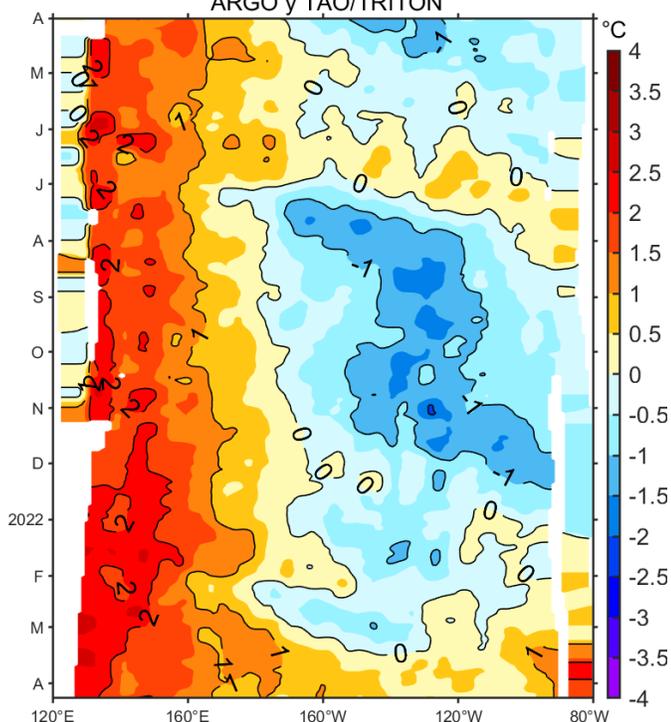


Figura 9. Evolución de las anomalías del contenido de calor promedio en la capa de 0-300 m en el Pacífico Ecuatorial (140°E a 80°W), en el periodo de un año, hasta primeros días de abril 2023. Fuente: ARGO – TAO/TRITON, Procesamiento: DGIOCC/IMARPE.

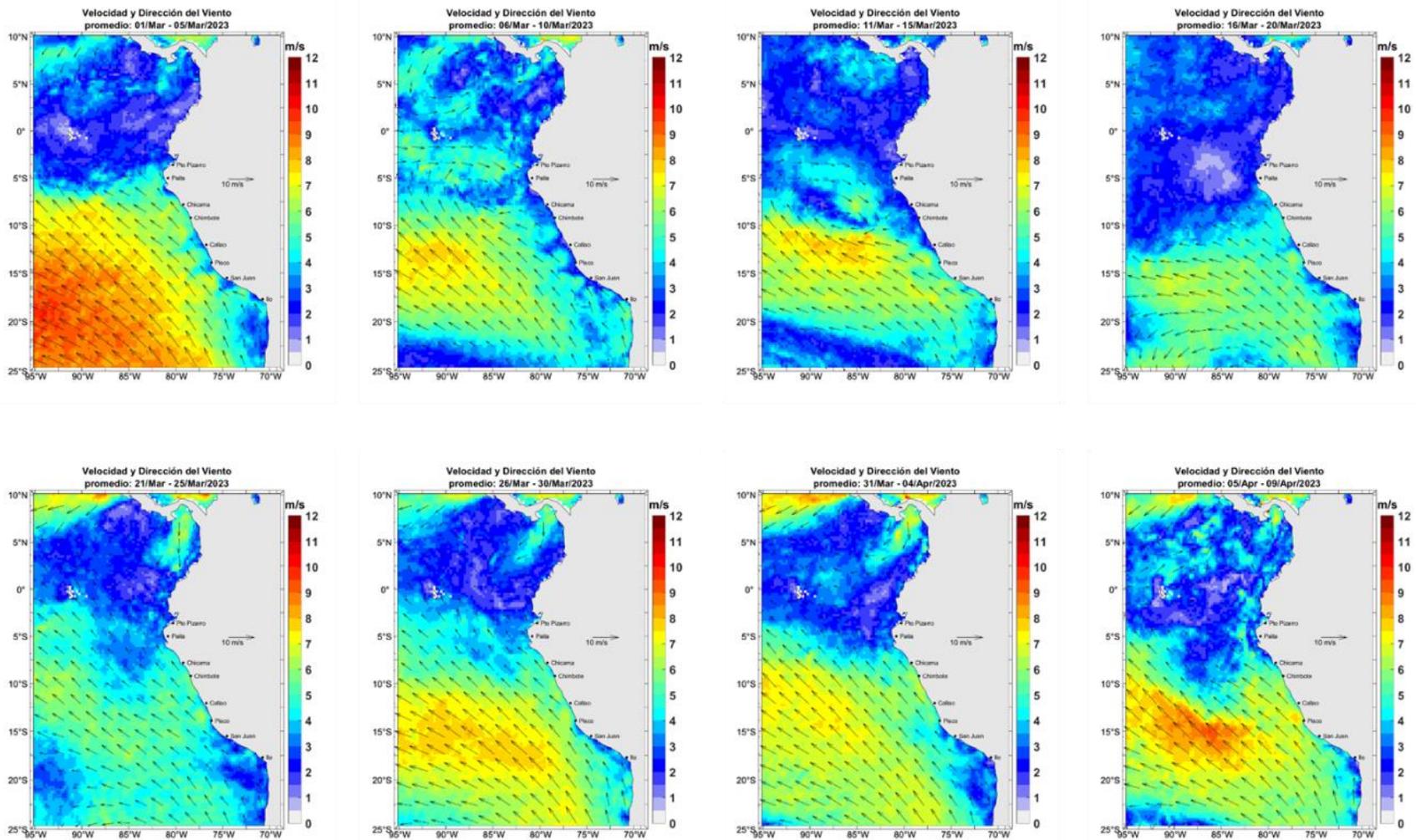


Figura 10. Mapas promedio 5 días de la velocidad del viento satelital (frente a la costa entre el Norte de Panamá y la costa peruana): Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio Costero de Santa Rosa/Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.

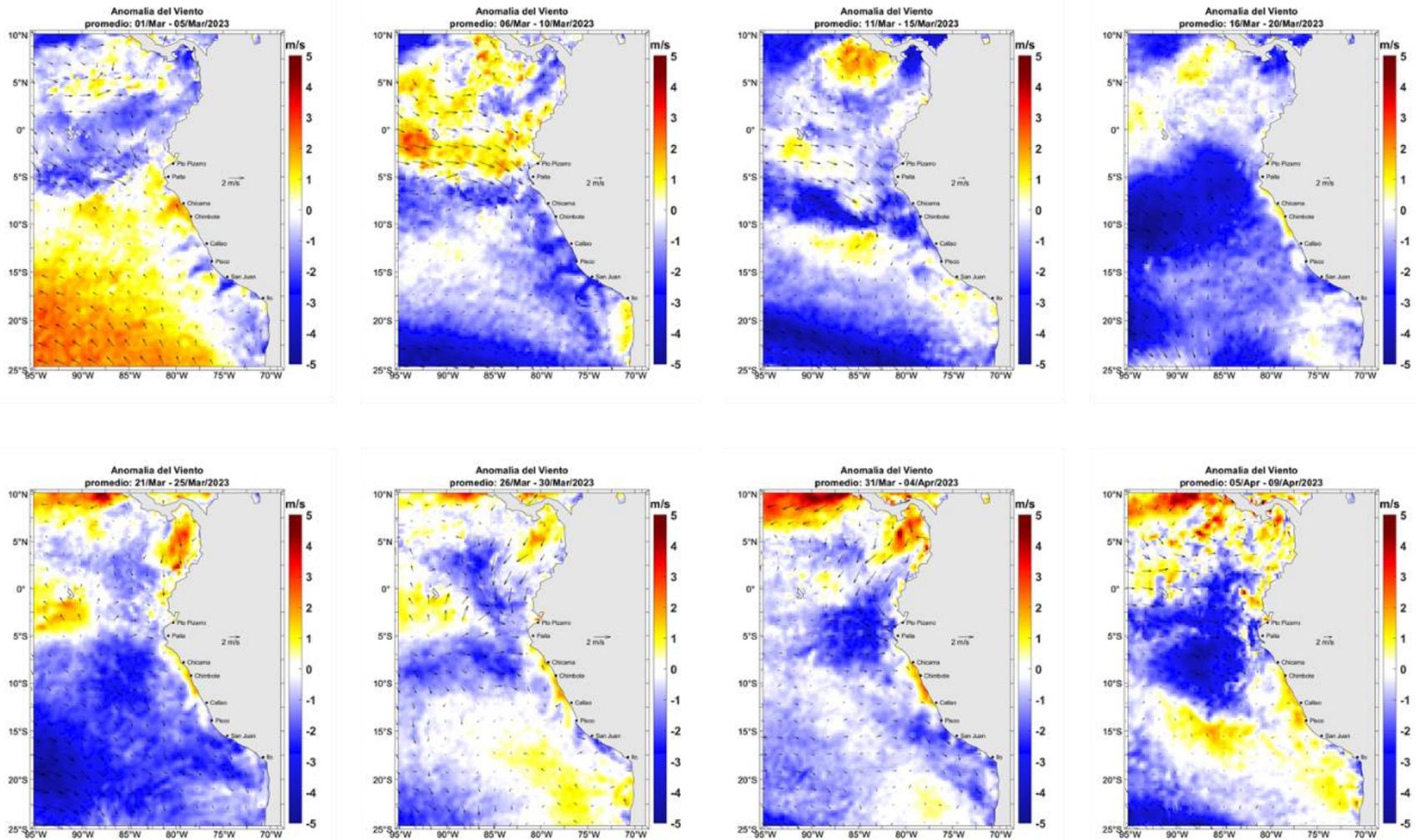


Figura 11. Mapas promedio 5 días de la anomalía de la velocidad del viento satelital (frente a la costa entre el Norte de Panamá y la costa peruana): Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio Costero de Santa Rosa/Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.

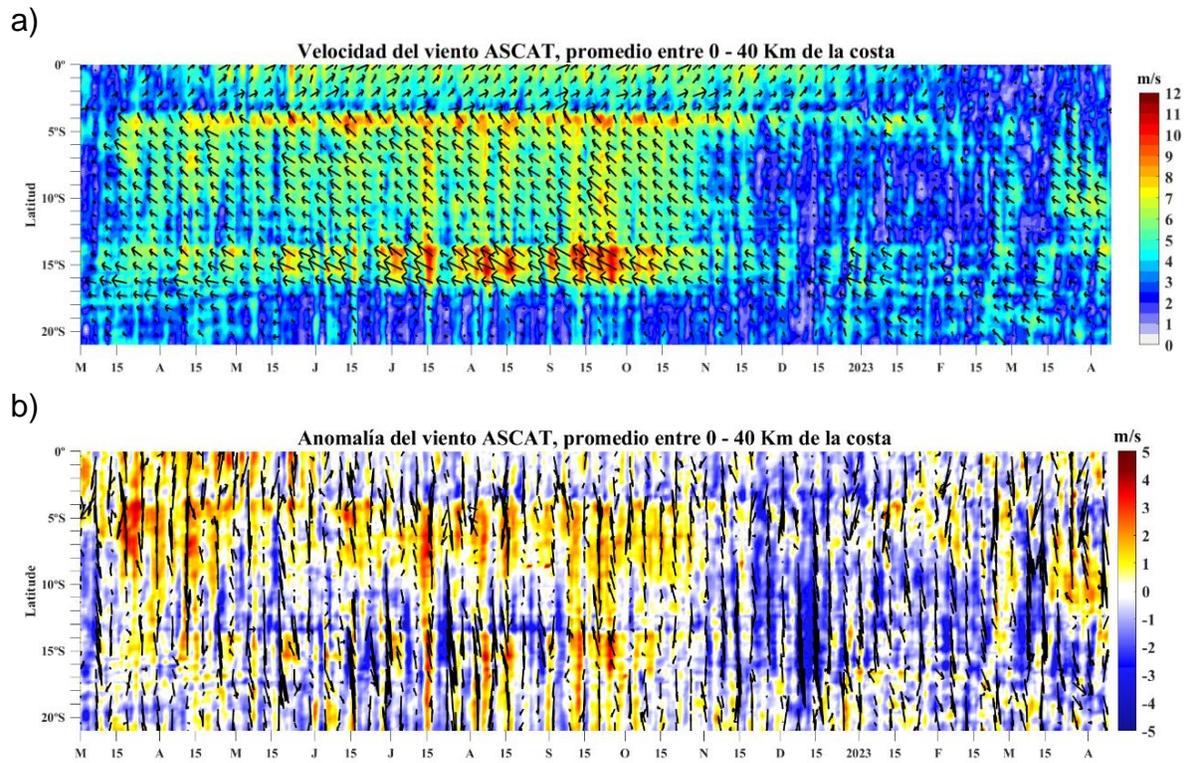


Figura 12. Viento satelital (40 Km frente a la costa del Perú): a) Velocidad del viento ( $\text{m s}^{-1}$ ), b) Anomalia de la velocidad del viento ( $\text{m s}^{-1}$ ) Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Actualizado al 09 de abril.

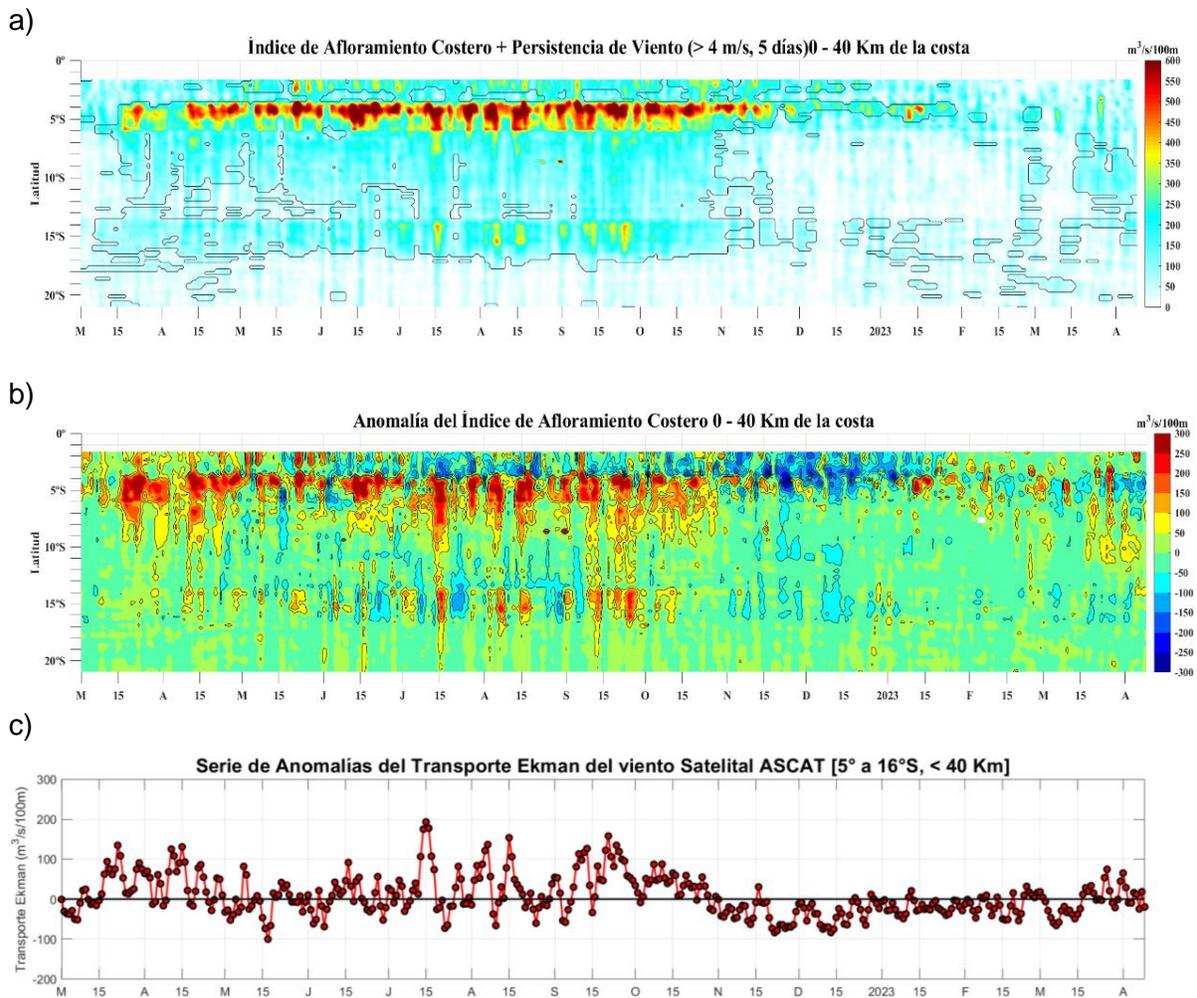
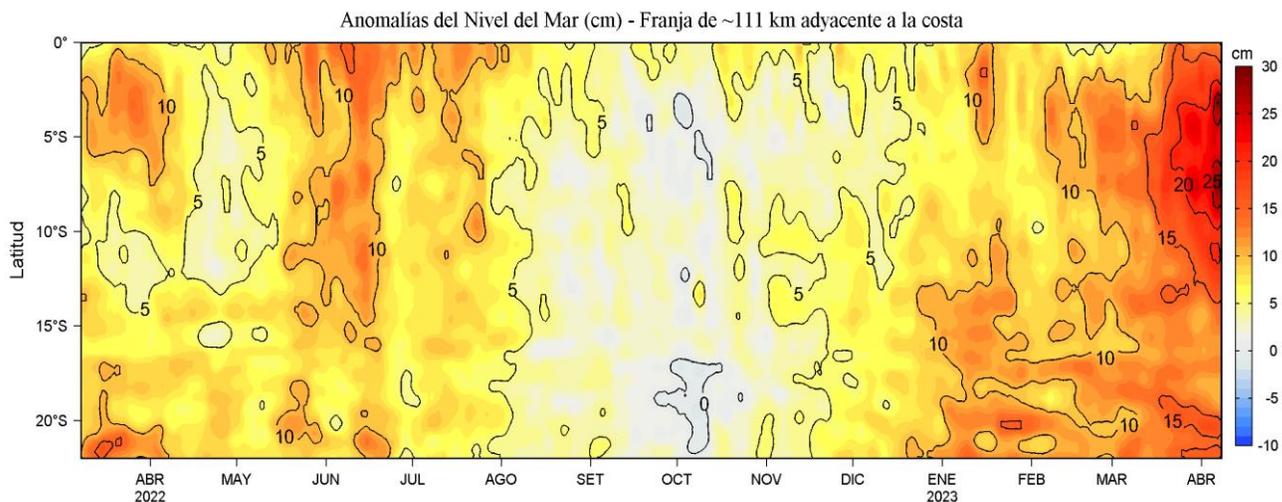


Figura 13. Índice de Afloramiento Costero (IAC), calculado a partir del viento satelital a 40 km frente a la costa del Perú: a) Índice de Afloramiento Costero - IAC ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$ ), b) Anomalía del IAC ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$ ); c) Anomalía del Bombeo Ekman dentro de la franja de 200 Km adyacentes a la costa entre los 5 y 16° S ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$ ). Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Actualizado al 09 de abril.

a)



b)

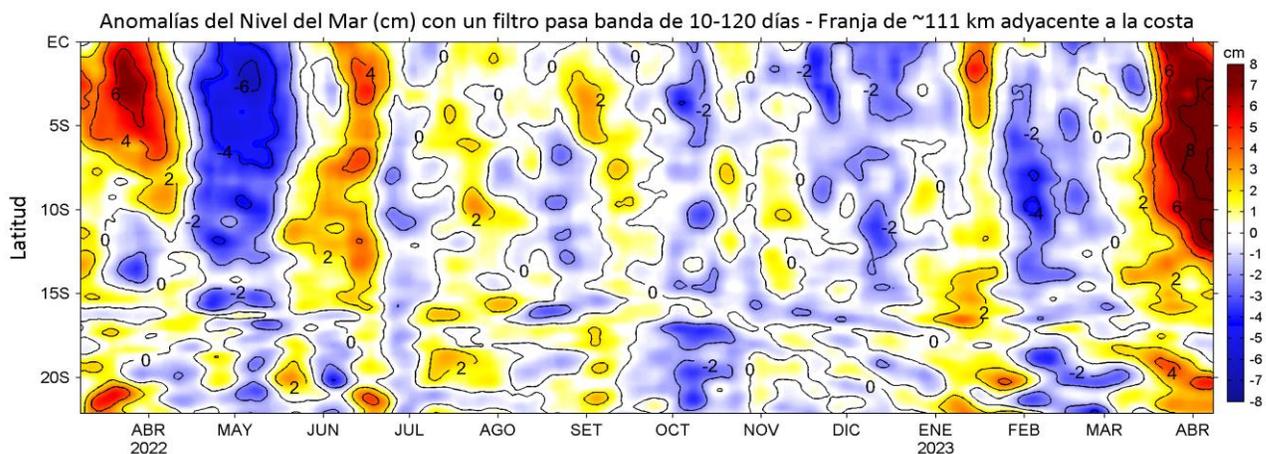
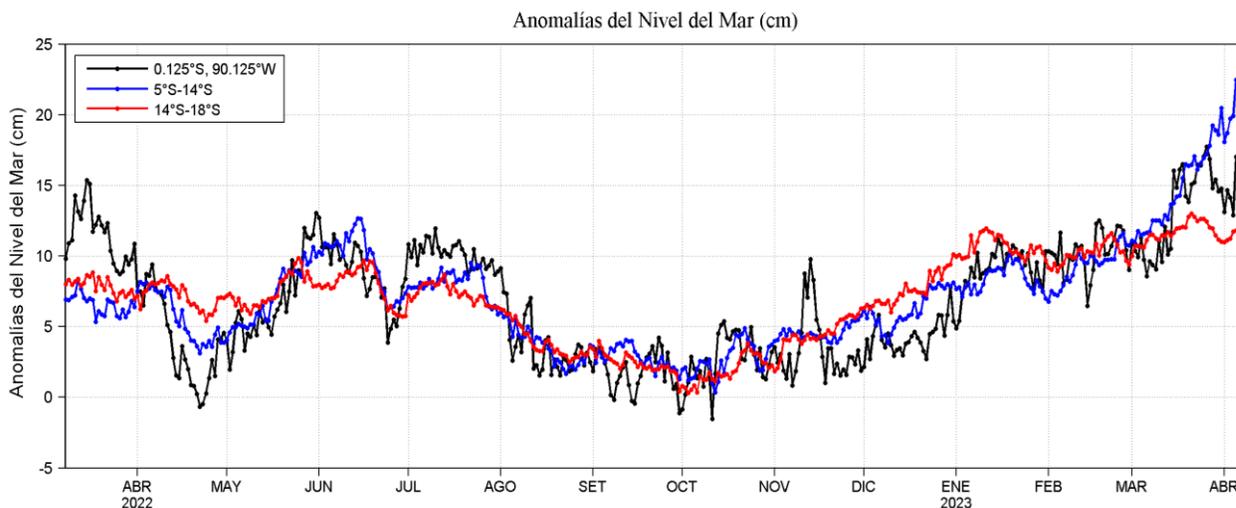


Figura 14. Evolución diaria de las anomalías del nivel del mar (cm) y b) Anomalías del nivel del mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para una franja de 60 mn (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos doce meses al 08 de abril 2023. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 para (a) y 1993-2010 para (b). Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

a)



b)

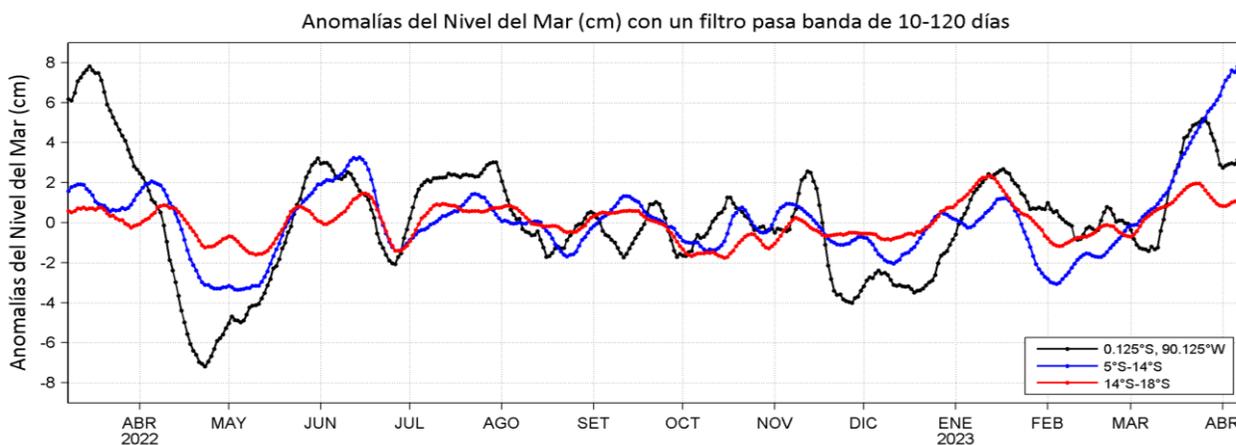


Figura 15. Variación temporal de las a) Anomalías del nivel del mar (cm) y b) Anomalías del nivel del mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para tres áreas promedio para los últimos doce meses al 08 de abril 2023: i) Área de 75 km centrada en 0.125°S y 90.125°W, ii) Área promedio de 60 mn (~111 km) entre 5°S-14°S y iii) Área promedio de 60 mn (~111 km) entre 14°S-18°S. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 (a) y 1993-2010 (b). Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

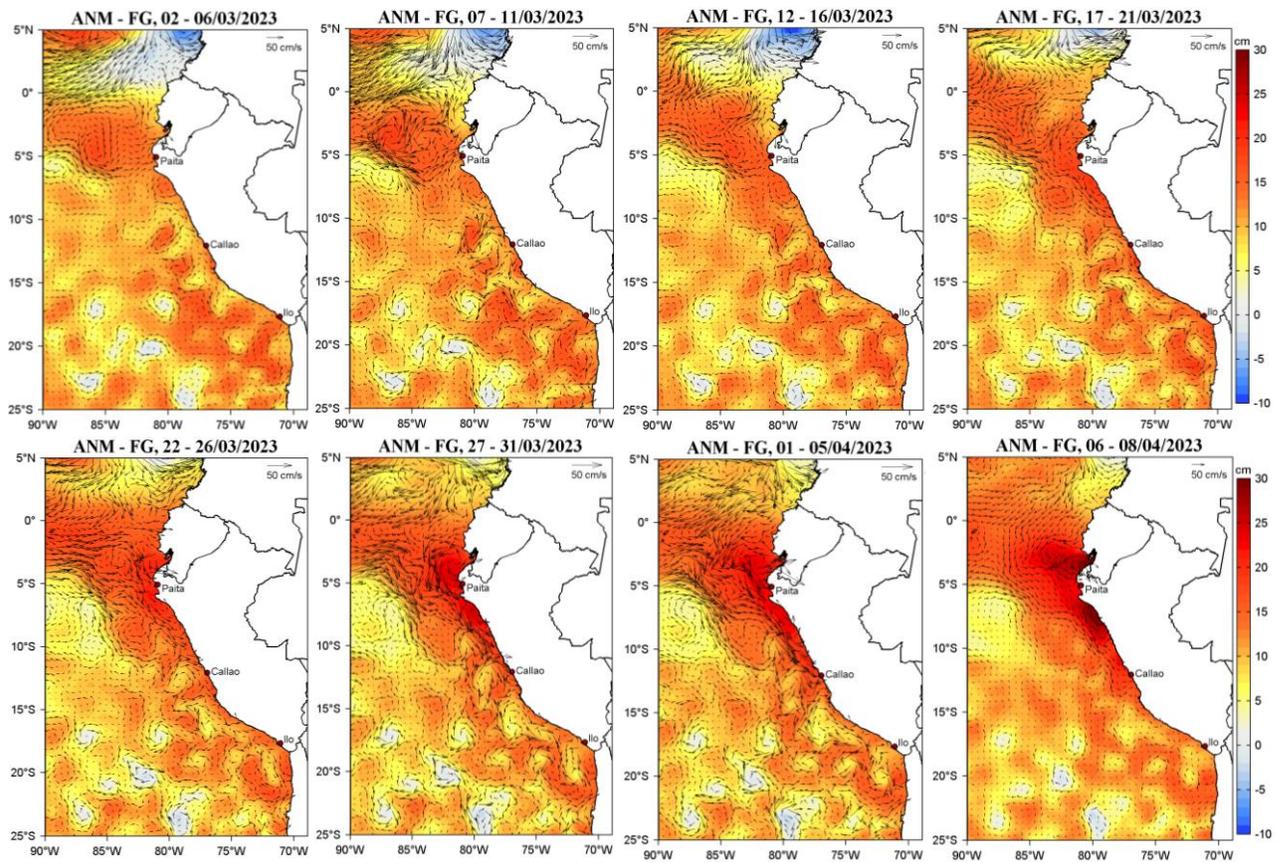


Figura 16. Distribución pentadal de las anomalías del nivel del mar (ANM, cm) y los flujos geostroficados (FG, cm s<sup>-1</sup>) en el Pacífico Sudeste durante el mes de marzo hasta el 08 de abril 2023. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

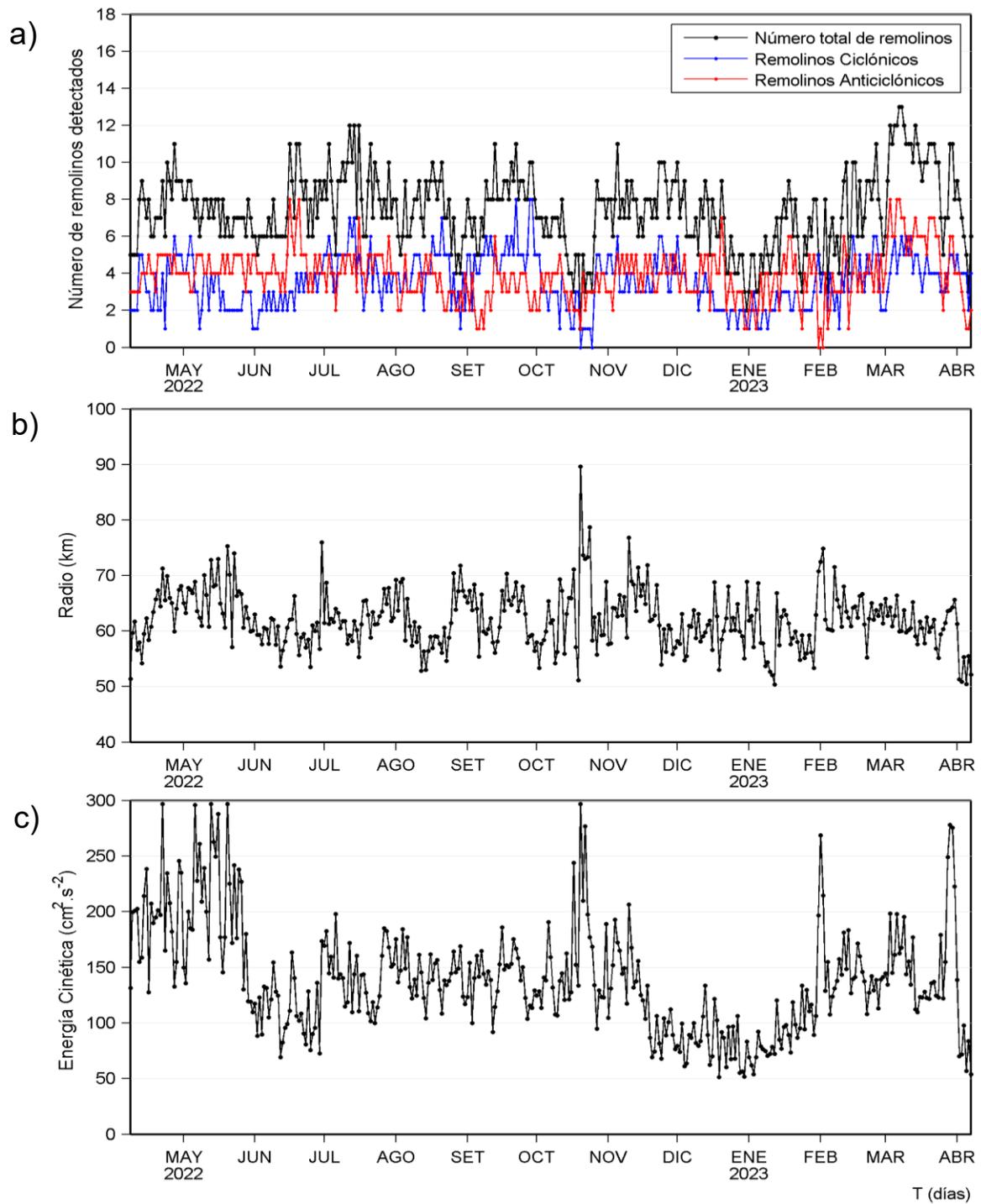


Figura 17. Variación diaria de: a) número de remolinos detectados, b) radio promedio (km) y c) la energía cinética promedio ( $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ ) de los remolinos entre 3 y 18°S y de 70°W a 84°W de abril 2022 hasta el 08 de abril de 2023. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

a)

b)

c)

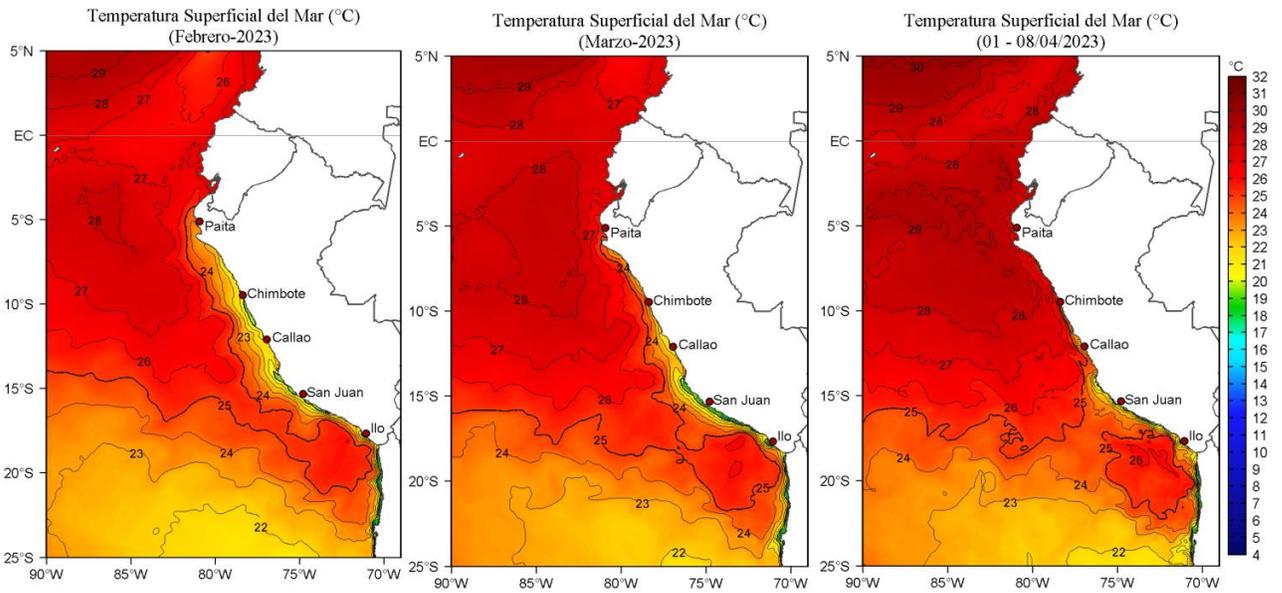


Figura 18. Distribución espacial promedio de la temperatura superficial del mar (TSM, °C) para los meses de febrero (a); marzo 2023 (b) y del 01-08 de abril 2023 (c). Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). Las escalas de colores de la TSM como de la ATSM se presentan a la derecha de cada gráfico. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

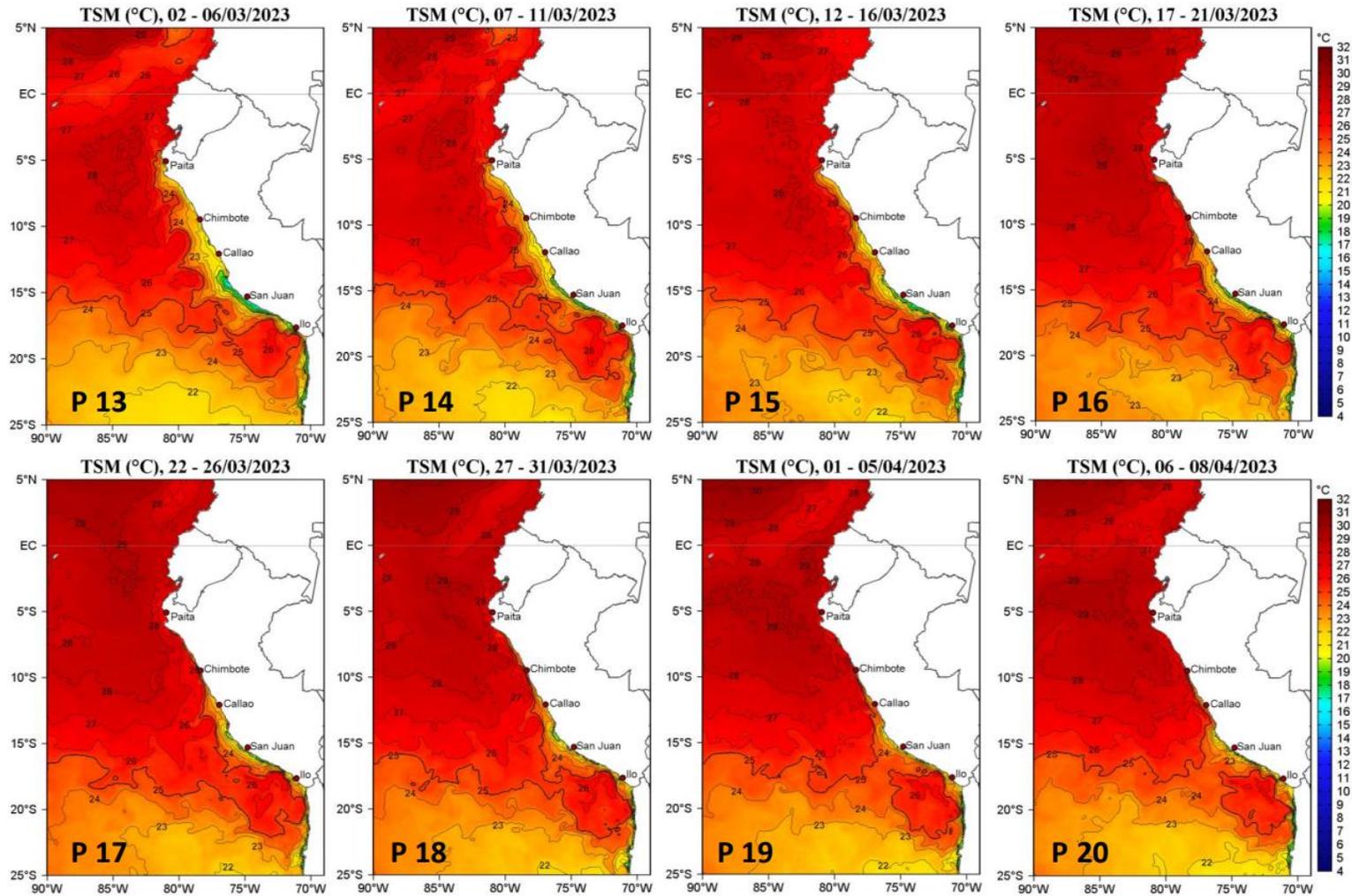


Figura 19. Distribución espacial promedio pentadal de la temperatura superficial del mar (TSM, °C) para los meses de marzo y abril de 2023 en el océano Pacífico tropical oriental. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). La escala de colores se presenta a la derecha.

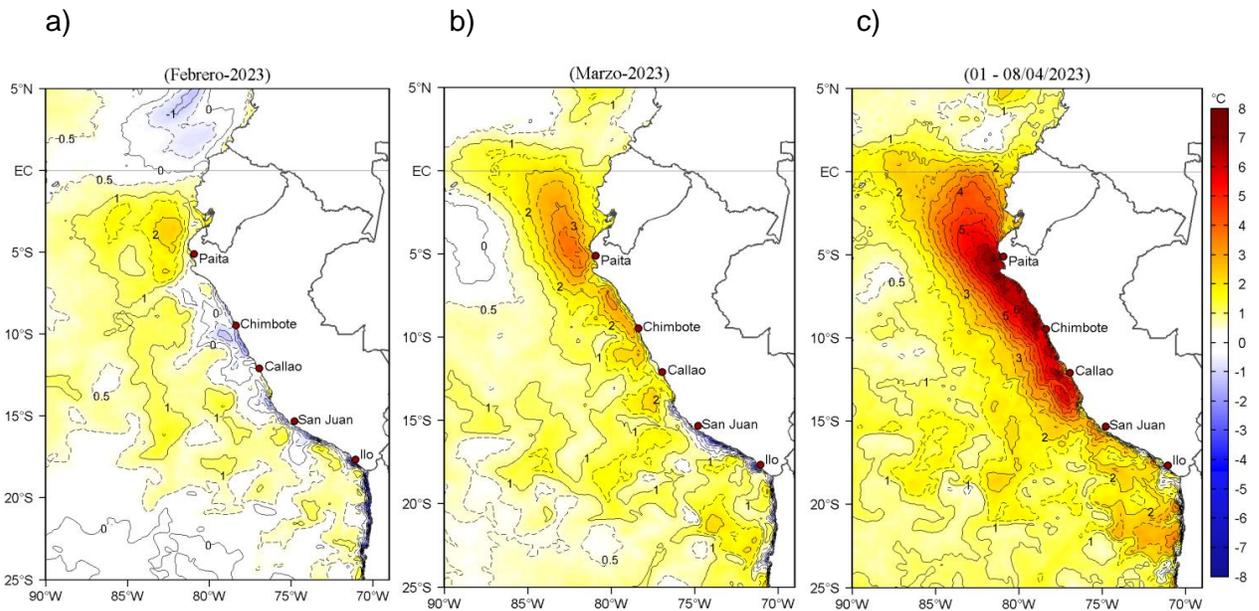


Figura 20. Distribución espacial promedio mensual de las anomalías de la temperatura superficial del mar (ATSM, °C) para los meses de febrero 2023 (a); marzo 2023 (b); 01-08 de abril 2023 (c) en el océano Pacífico tropical oriental. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). Las escalas de colores de la TSM como de la ATSM se presentan a la derecha de cada gráfico. Procesamiento: LHFH/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

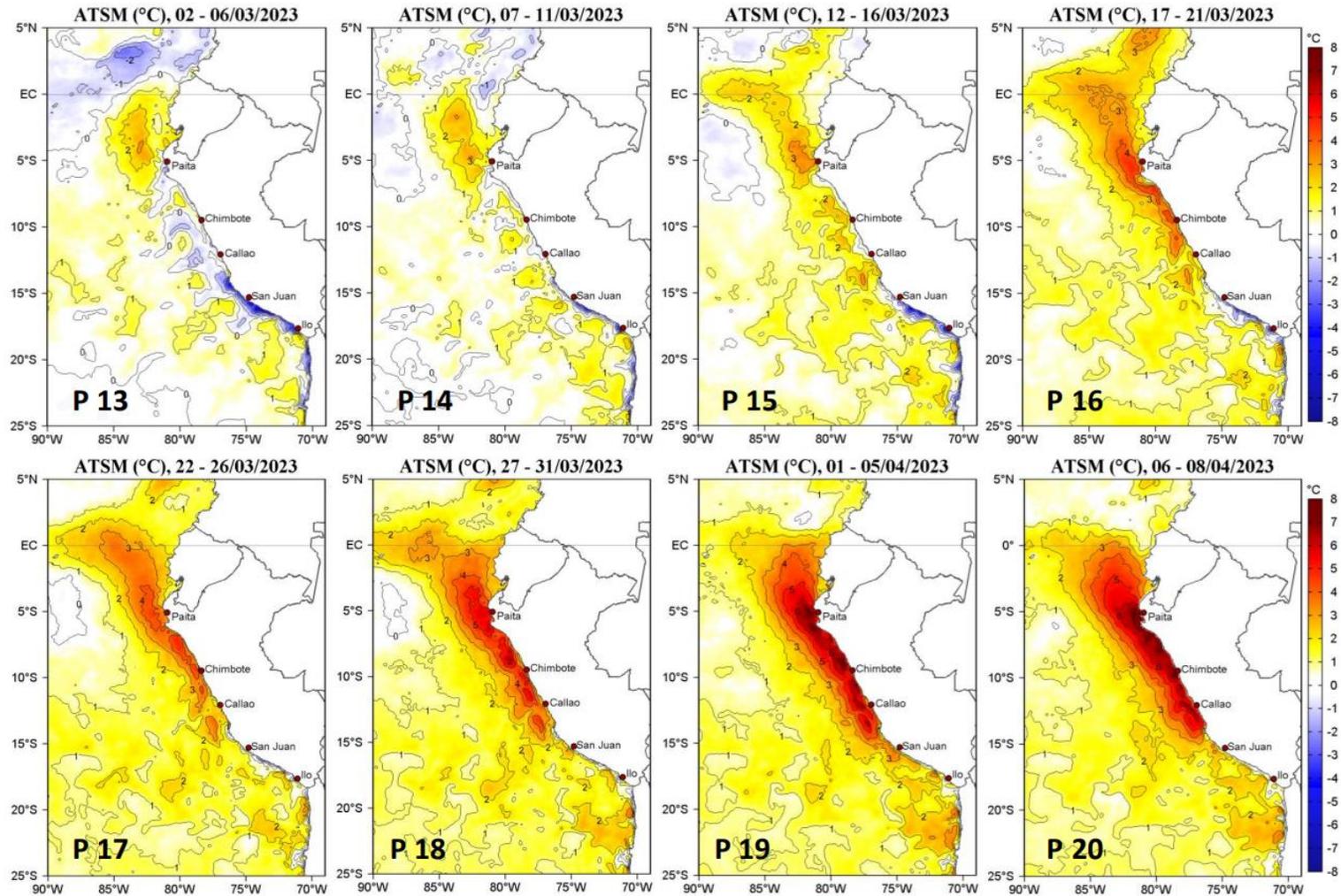


Figura 21. Distribución espacial promedio pentadal de las anomalías de temperatura superficial del mar (ATSM, °C) para los meses de marzo al 08 de abril 2023. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). La escala de colores se presenta en el margen derecho.

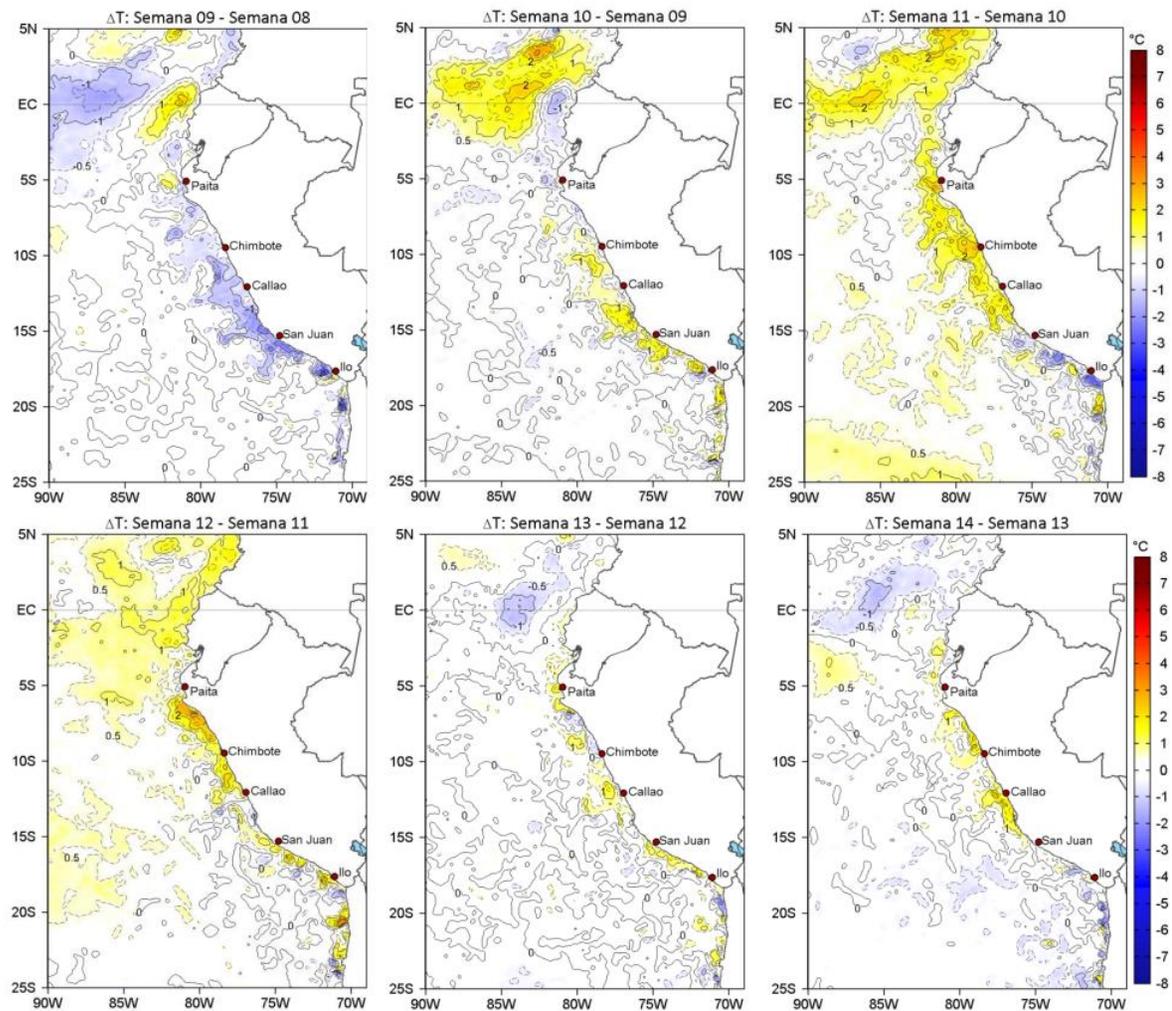


Figura 22. Cambio semanal de la temperatura superficial del mar (TSM, °C). Fuente: OSTIA, Climatología: 2007-2016. Semana 08: 19-25 de febrero 2023; Semana 09: 26 de febrero-04 de marzo; Semana 10: 05-11 de marzo; Semana 11: 12-18 de marzo 2023; Semana 12: 19-25 de marzo 2023, Semana 13: 26 de marzo-01 de abril y Semana 14: 02-08 de abril.

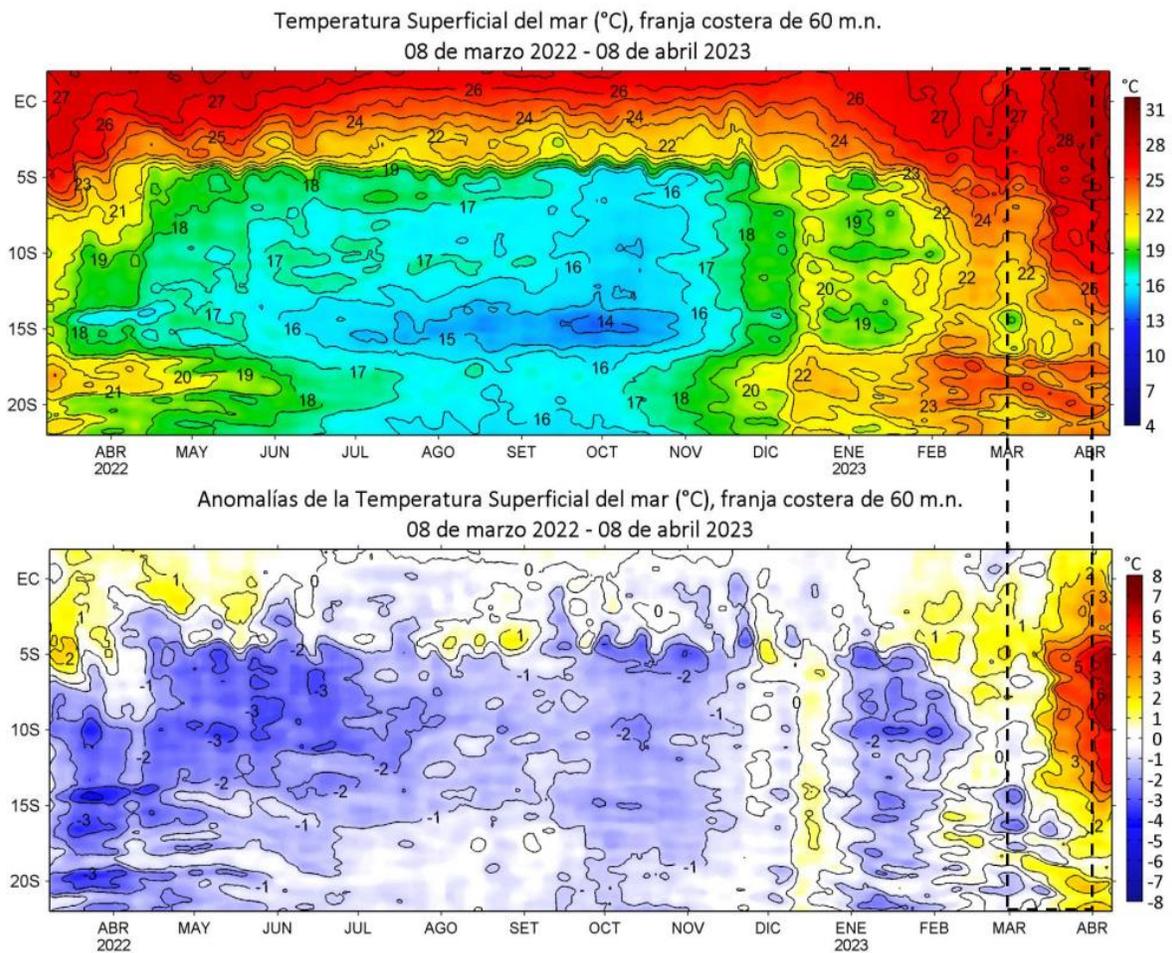


Figura 23. Diagrama Hovmöller de la TSM (°C) y ATSM (°C) para una franja de 60 mn (~111 km) adyacente al litoral de marzo 2022 al 08 de abril 2023. Fuente: OSTIA, Climatología: 2007-2016.

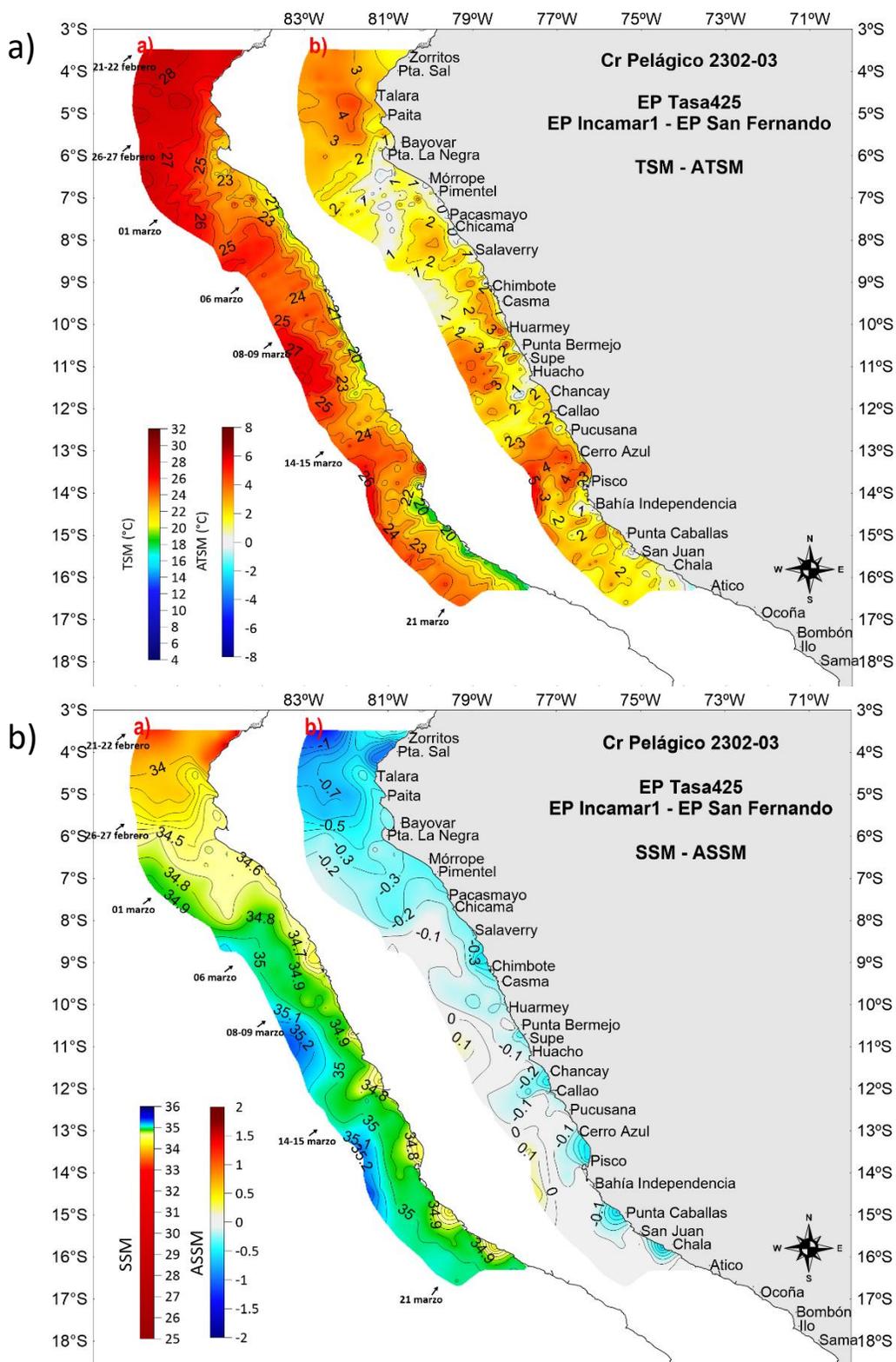


Figura 24. a) TSM (°C) y ATSM (°C) y b) SSM y ASSM, registrada por el Crucero de Evluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos 2302-03 (EP Tasa425 – EP Incamar1), ejecutado del 21-02-2023 al 23-03-2023. El crucero recorrió de norte a sur, alcanzando Punta La Negra el 01 de marzo, Chimbote el 08 de marzo y Callao el 15 de marzo.

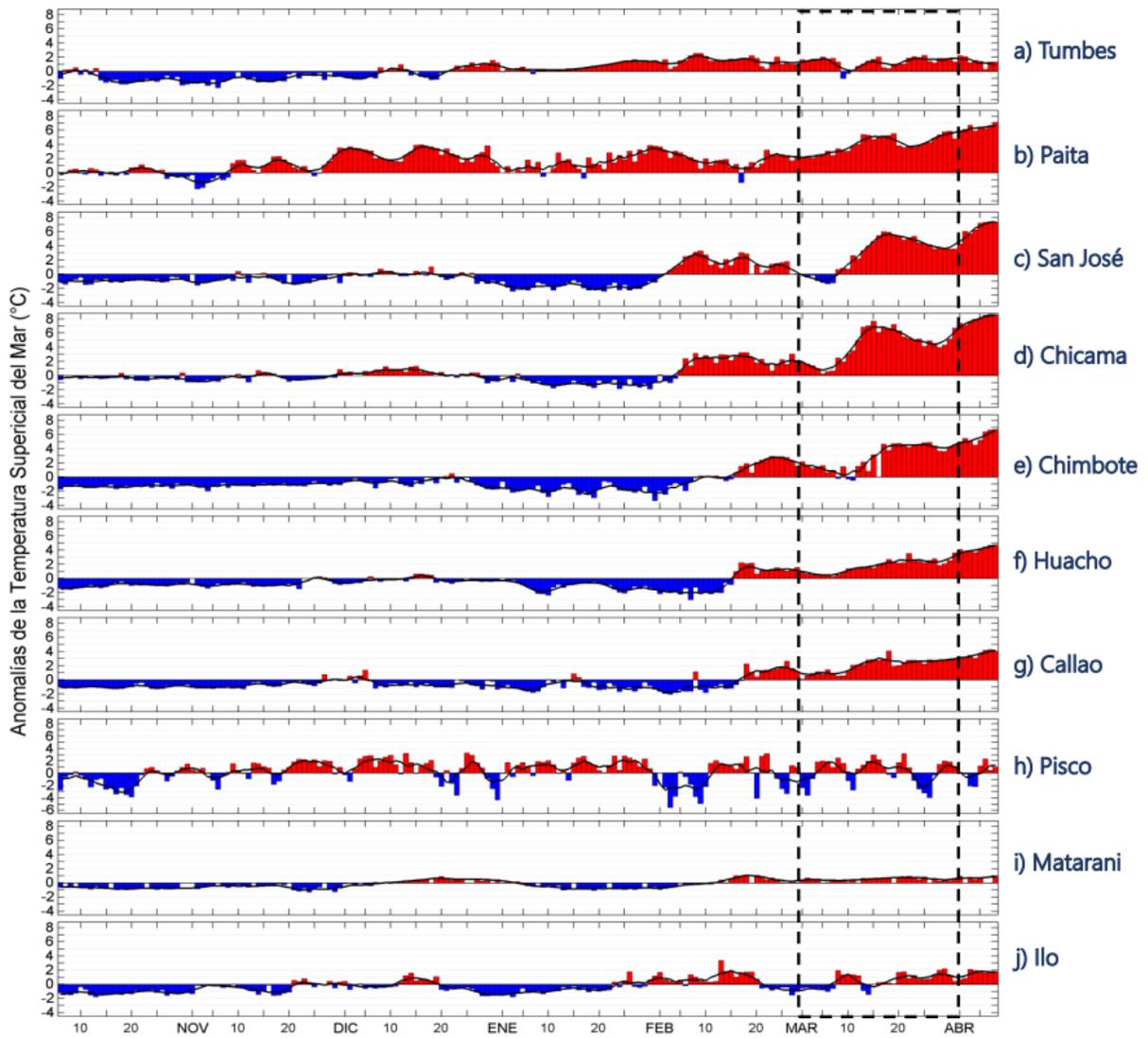


Figura 25. Series de tiempo de las anomalías de la temperatura superficial del mar (ATSM, °C) en los muelles costeros del IMARPE de octubre 2022 al 08 de abril 2023.

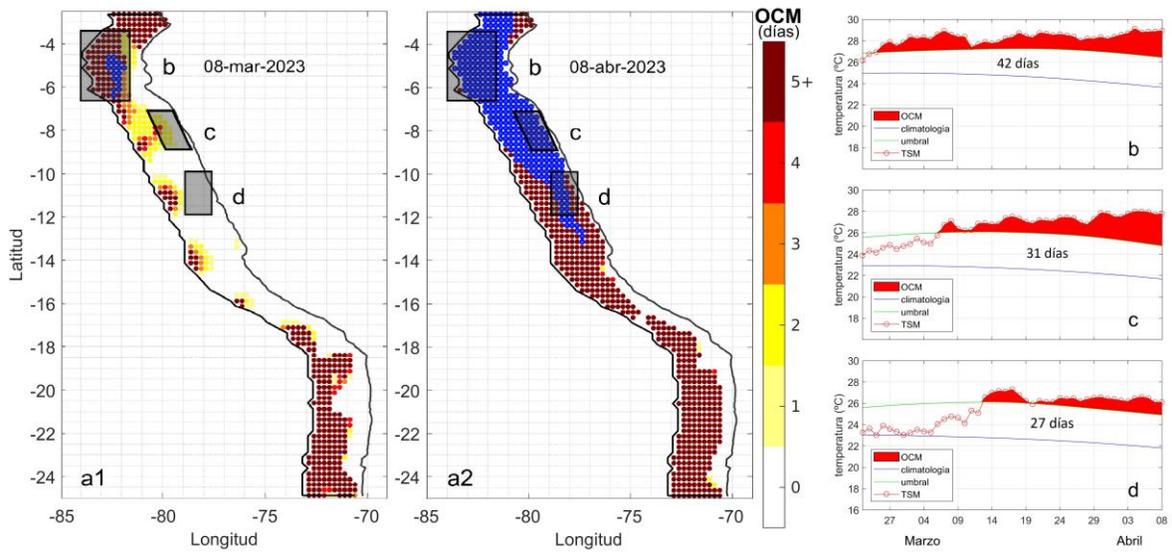


Figura 26. a1) y a2) Extensión de la ola de calor marina (OCM) dentro de la franja de 150 millas frente a la costa al 08 de marzo y al 8 de abril 2023; la escala de color indica el número de días en los cuales la TSM ya ha superado el percentil 90 de los datos diarios históricos, usando el período 1982-2011 como referencia (Pietri et al., 2021), los círculos con relleno azul indican que allí la OCM supera la anomalía de +4 °C. Serie de tiempo de la TSM relacionada a la climatología y al percentil 90 en las áreas seleccionadas norte (b), Chicama (c) y Huacho (d) de la OCM. Fuente: OISST 2.1; procesamiento: IMARPE.

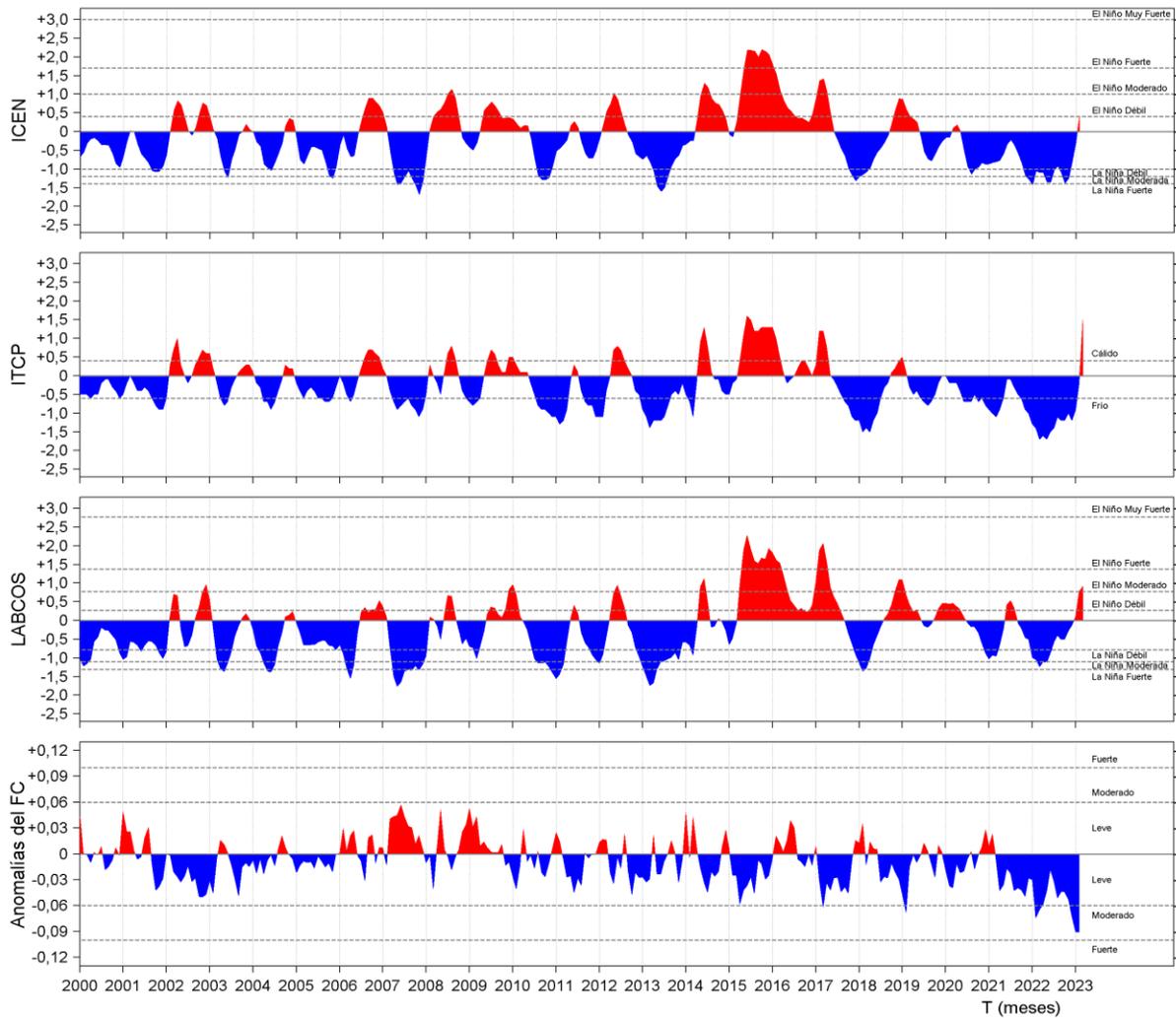


Figura 27. Series de tiempo de: a) Índice Costero El Niño (ICEN; Takahashi et al., 2014), b) Índice Térmico Costero Peruano (ITCP; Quispe et al., 2016), c) Índice LABCOS (Quispe y Vásquez, 2015) y d) Factor de condición de la anchoveta (Fc) del año 2000 al 2023.

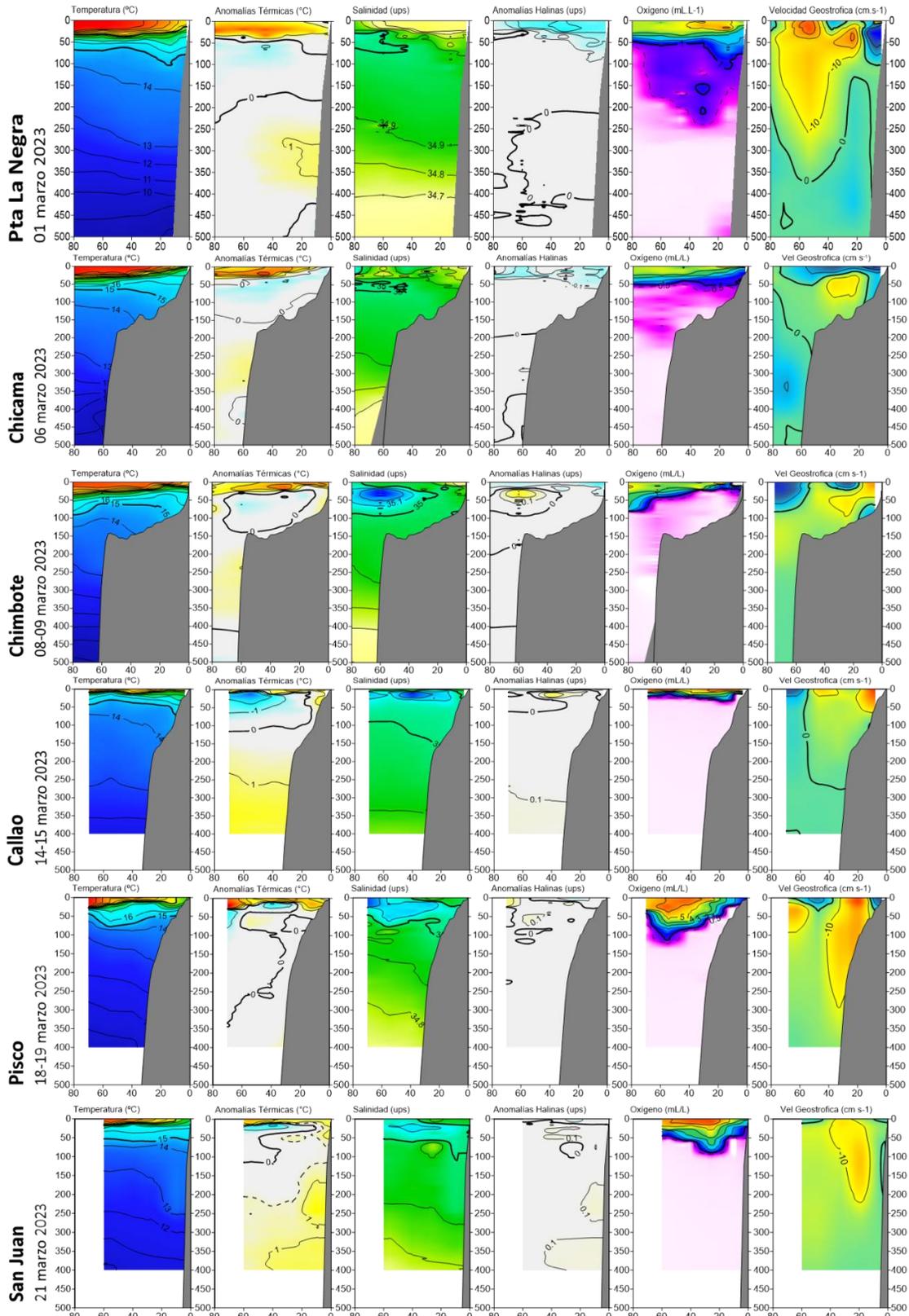


Figura 28. a) Secciones de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), anomalías térmicas ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad, anomalías halinas, oxígeno disuelto OD ( $\text{mL L}^{-1}$ ) y corriente geostrofica (de izquierda a derecha) frente a a) Chicama (6 marzo), b) Chimbote (08-09 marzo), c) Callao (14-15 marzo), d) Pisco (18-19 marzo), y e) San Juan (21 marzo). Registrado durante el Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos 2302-03.

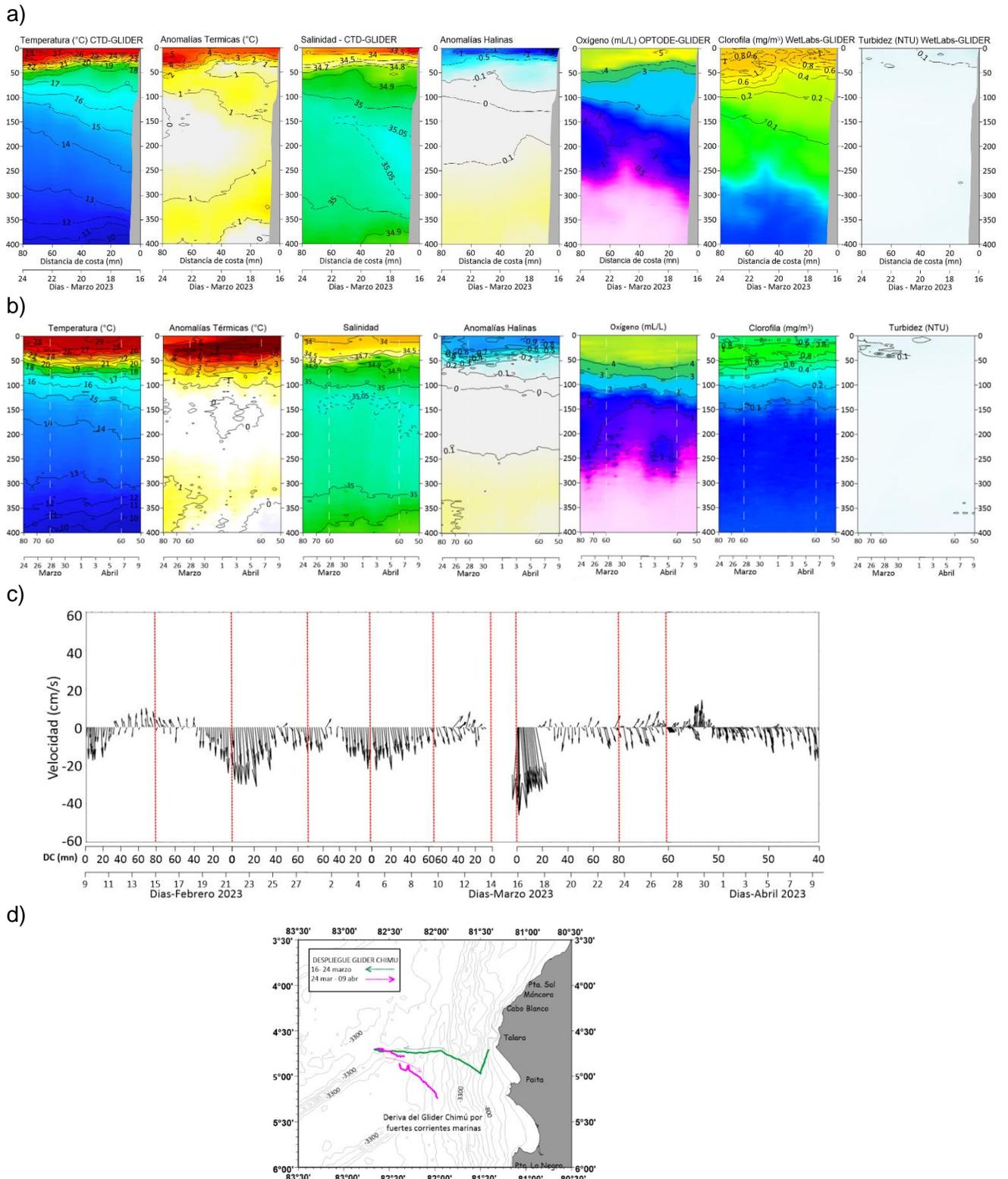
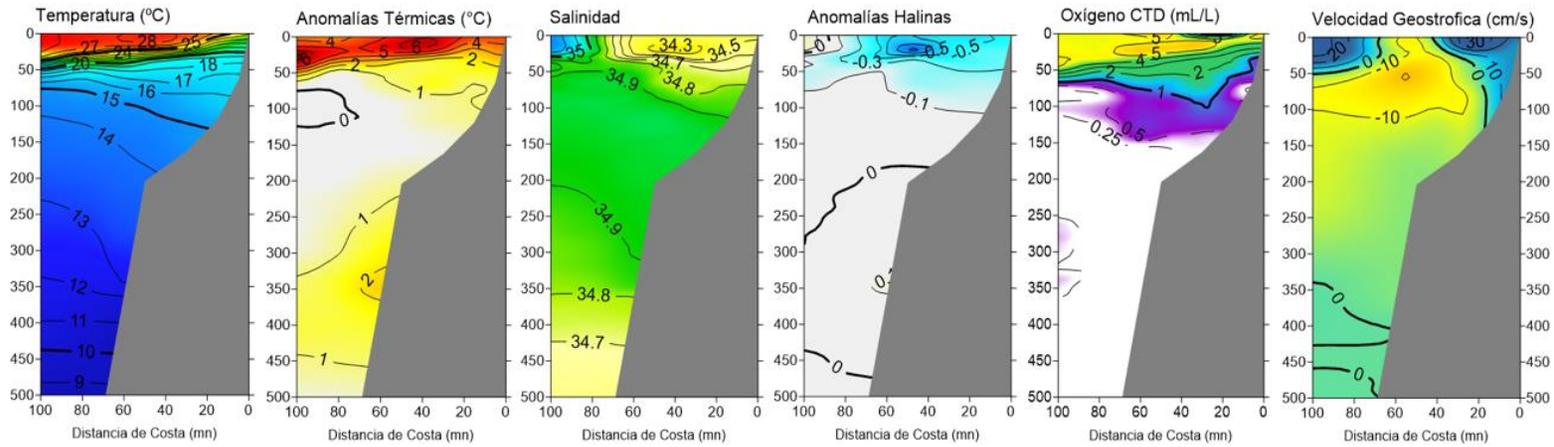


Figura 29. Variación espacial y temporal de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), anomalías térmicas ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad, anomalías halinas, oxígeno ( $\text{mL L}^{-1}$ ), clorofila ( $\text{mg m}^{-3}$ ) y turbidez (NTU) entre el 16 al 23 de marzo (a) y entre el 24 de marzo al 9 de abril (b) registrados por el *glider* Chimú dentro de las 80 mn frente a la costa norte; c) Corrientes integradas en la capa de 0 a 400 m. El glider se mantuvo en la franja entre Negritos y La Bocana hasta el 28 de marzo, para luego derivar lentamente al sureste hasta alcanzar la latitud de Isla Foca ( $\sim 05^{\circ} 12' \text{ S}$ ) (d).

### SECCIÓN CHICAMA (23-24 marzo del 2023)



### SECCIÓN PAITA (26-27 de marzo del 2023)

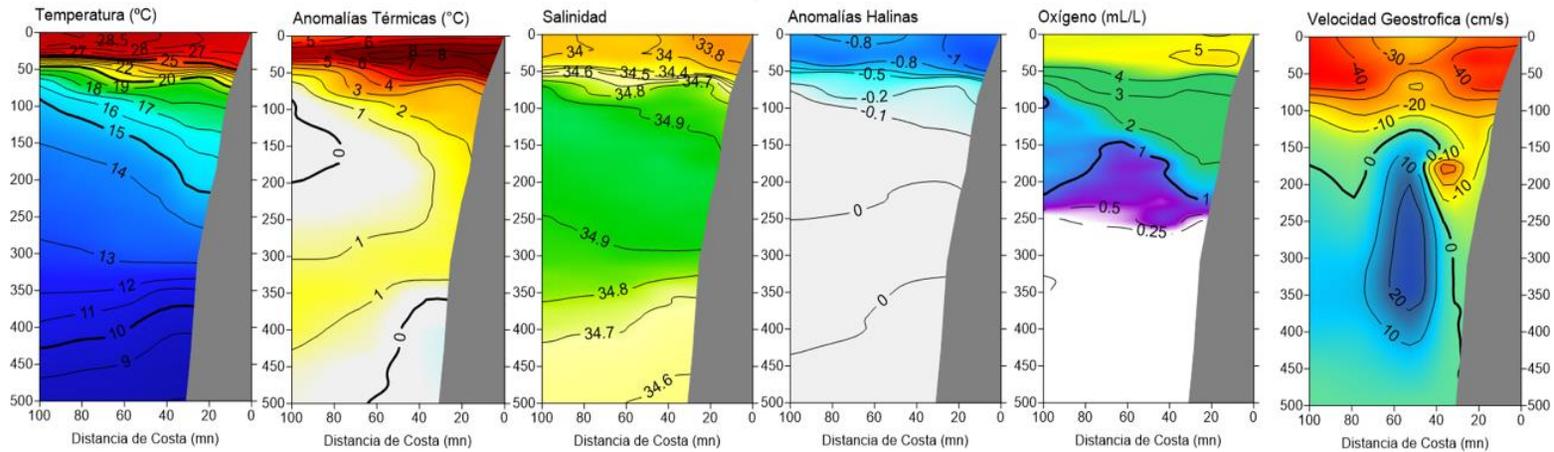
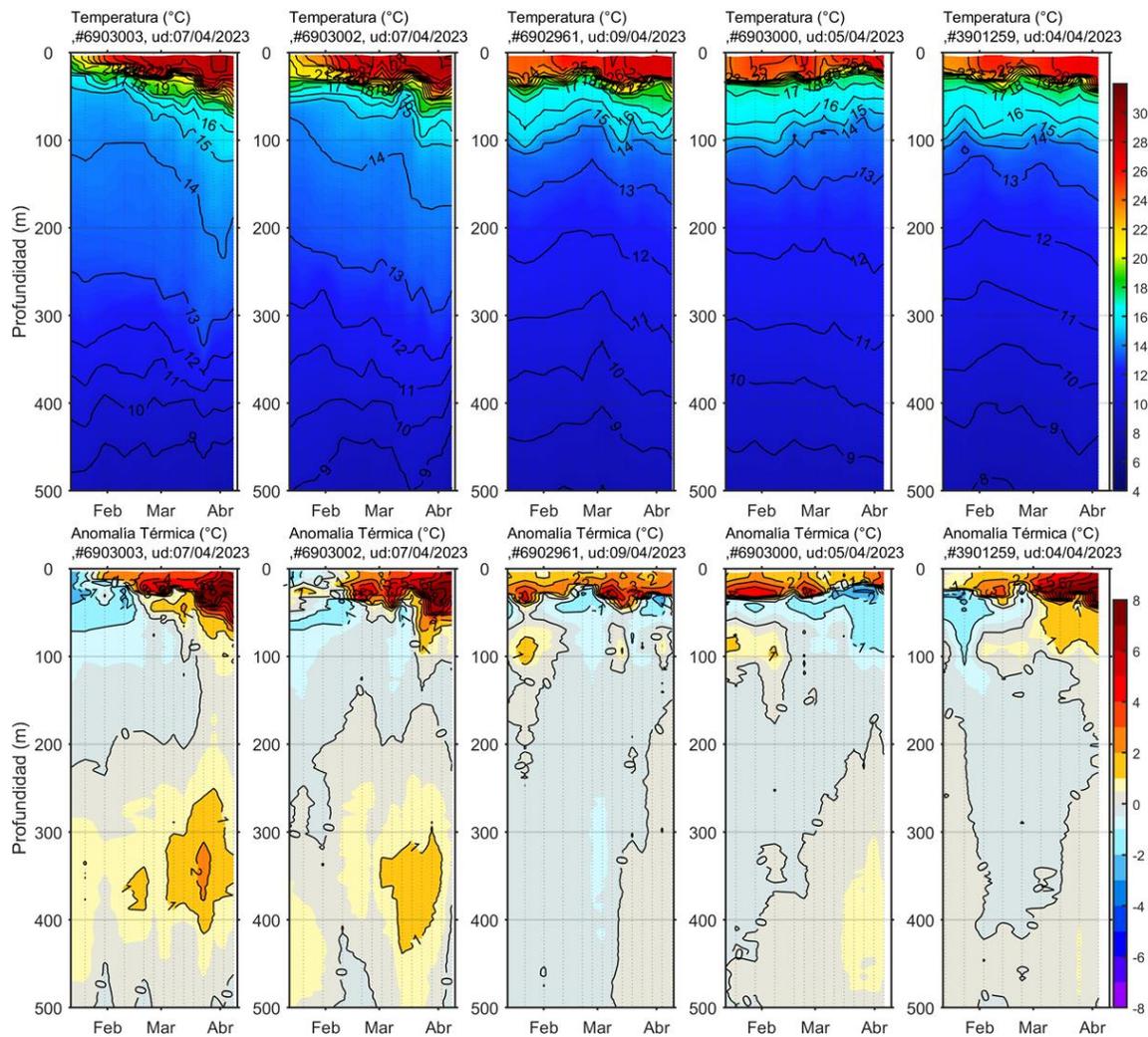


Figura 30. Secciones de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), anomalías térmicas ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad, anomalías halinas, oxígeno disuelto OD ( $\text{mL L}^{-1}$ ) y corriente geostrofica (de izquierda a derecha) frente a a) Chicama (23-24 marzo) y e) Paita (26-27 marzo). Datos registrados durante el Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos 2302-03.



Ubicación de los perfiladores Argo, durante los últimos 60 días

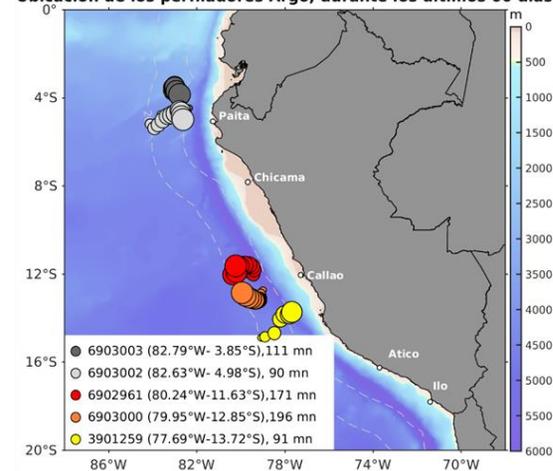


Figura 31. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores ARGO en la zona costera (dentro de las 150 mn) y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas para el mes de abril 2023 donde brindó información el flotador ARGO, fuente: ARGO; climatología 1991-2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

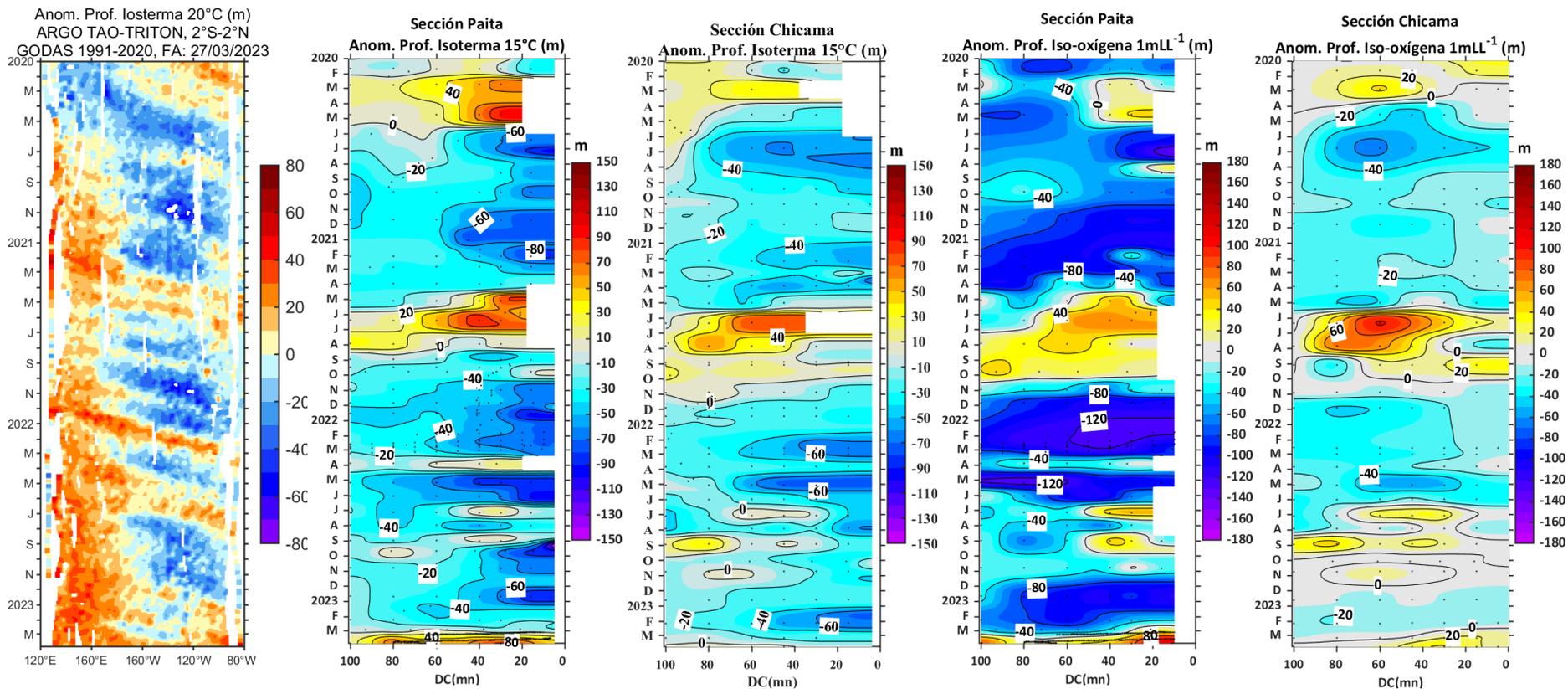


Figura 32. Anomalia de la profundidad de la isoterma de 20 en el Pacífico ecuatorial (ARGO/ TAO Tritón) y anomalías de la profundidad de la isoterma de 15 °C y de la iso-oxígeno de 1 mL L<sup>-1</sup>, indicadores de la termoclina y de la oxiclina, respectivamente, frente a Chicama y Paita, estimadas en base a los monitoreos mensuales realizados por el IMARPE, hasta la última semana de marzo 2023.

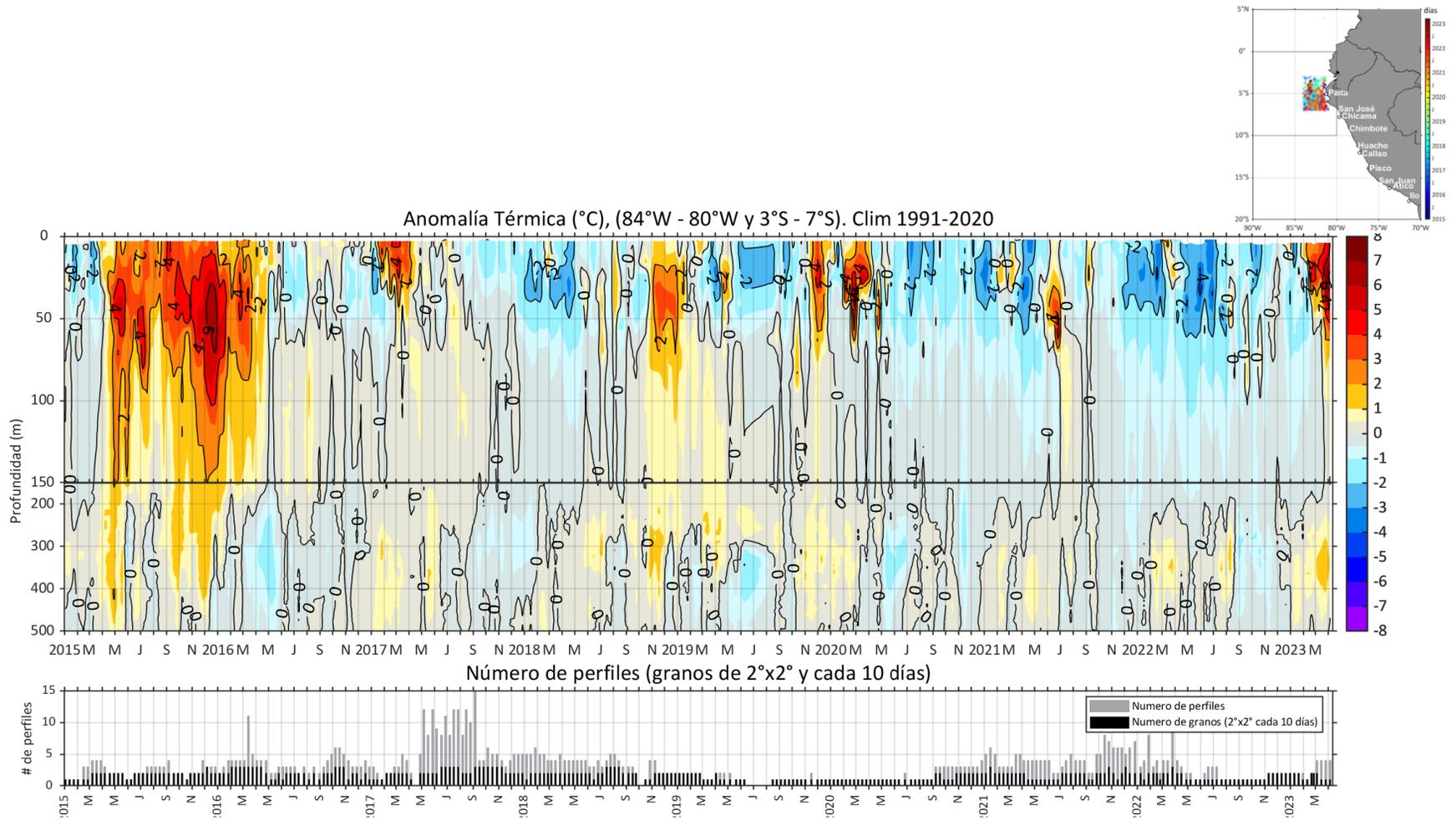


Figura 33. Anomalia térmica en base a los perfiladores ARGO, frente al zona norte, al 08 de abril de 2023; climatología 1991-2020 (Domínguez et al., 2023).

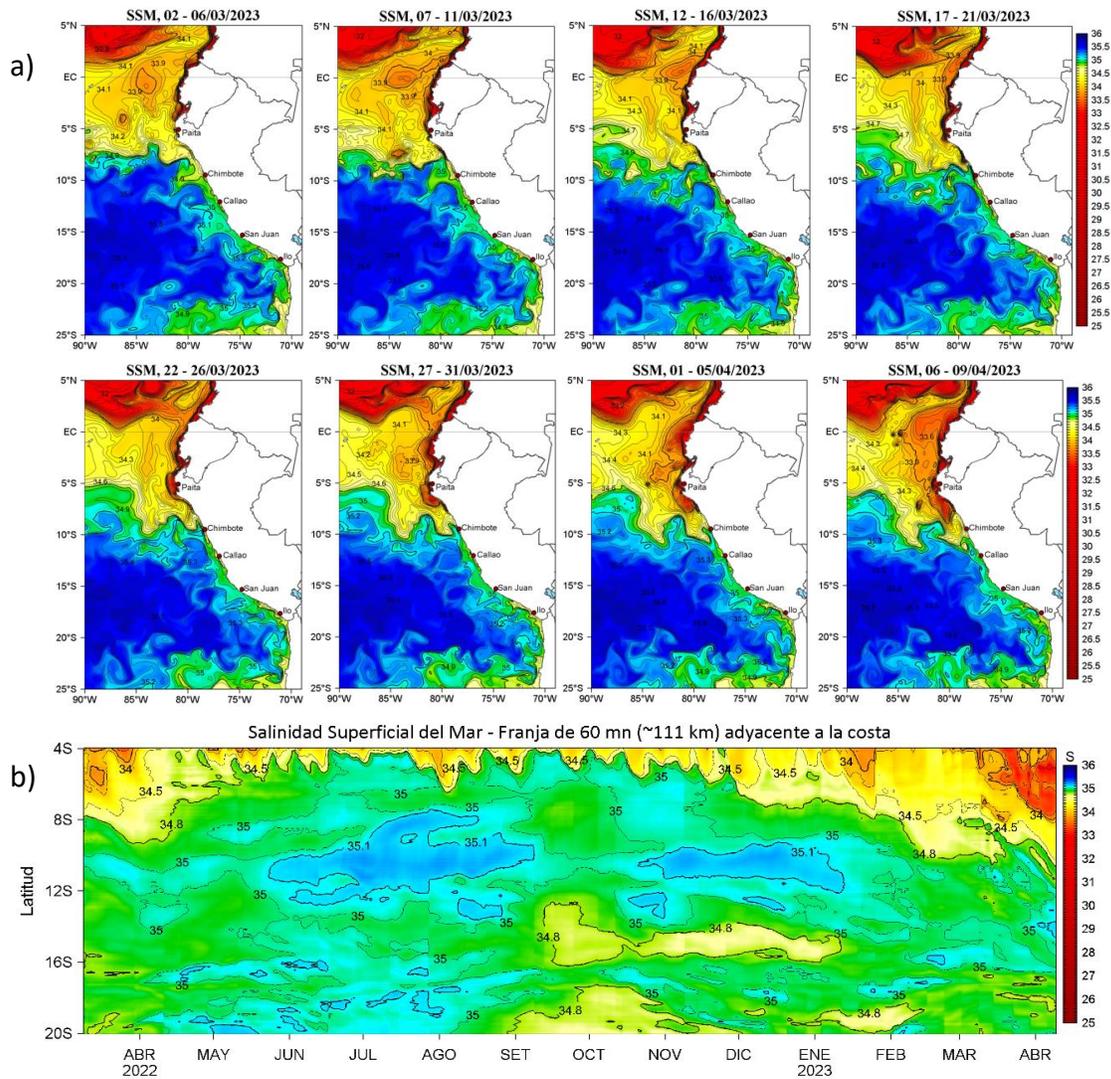


Figura 34. (a) Distribución pentadal de la Salinidad Superficial del Mar (SSM) en el Pacífico Sudeste, durante el mes de febrero y marzo 2023. (b) Diagrama Hovmöller de la SSM en la franja de las 60 millas costeras, al 9 de abril de 2023. Datos: GLOBAL\_ANALYSIS\_FORECAST\_PHY\_001\_024 (Lellouche, J.-M. et al, 2013) disponible en [http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com\\_csw&view=details&product\\_id=GLOBAL\\_ANALYSIS\\_FORECAST\\_PHY\\_001\\_024](http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024). Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

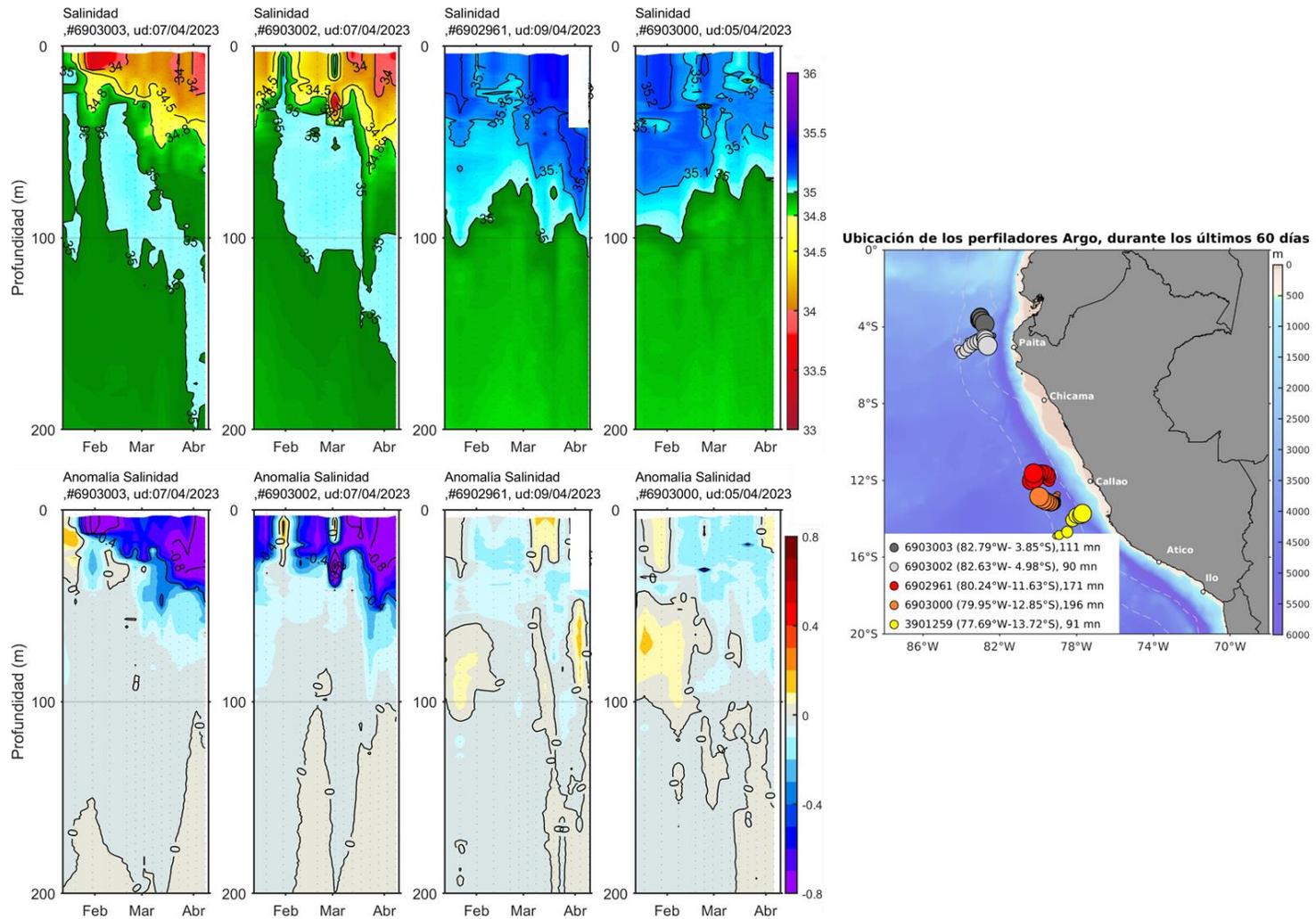


Figura 35. Evolución de la salinidad del agua de mar en flotadores ARGO en la zona costera (dentro de las 100 mn) y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas para el mes de abril 2023, donde brindo información el flotador ARGO, fuente: ARGO; climatología 1991-2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

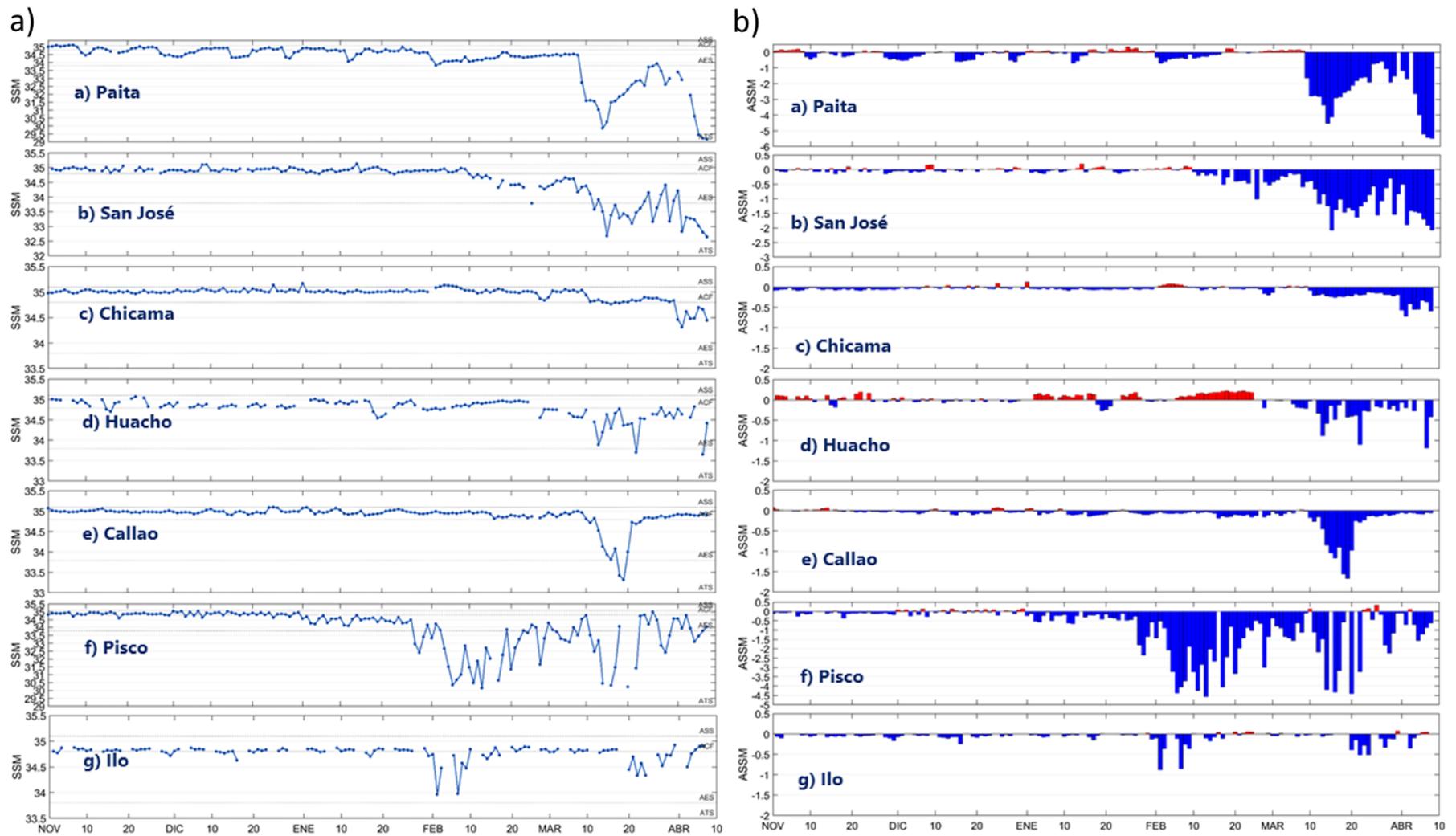


Figura 36. Salinidad de la superficial del mar (a) y sus anomalías (b) en los laboratorios costeros del IMARPE.

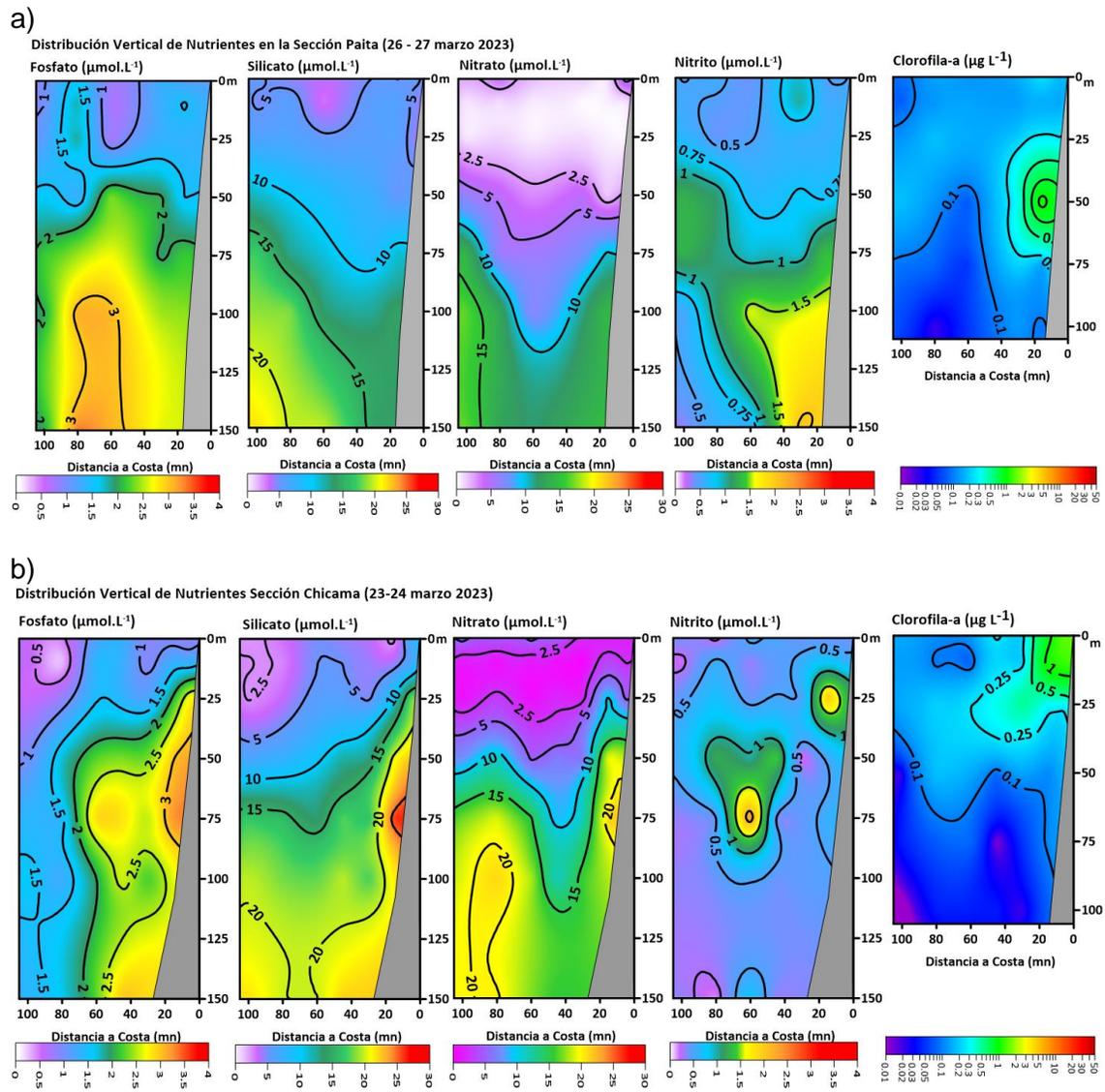


Figura 37. Distribución vertical de nutrientes y clorofila-a en la sección Paíta (26-27 marzo 2023) y Chicama (23-24 de marzo 2023).

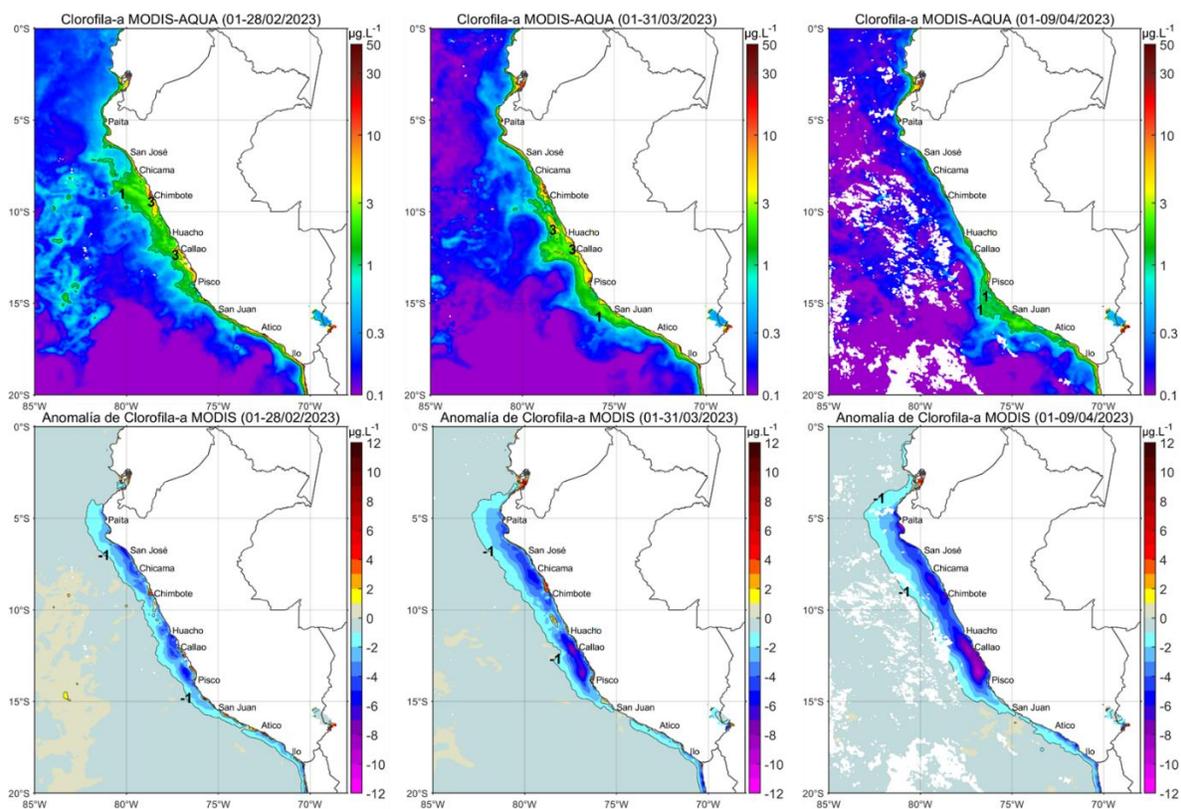


Figura 38. Distribución de la concentración de clorofila-a superficial satelital ( $\mu\text{g L}^{-1}$ , panel superior) y su anomalía ( $\mu\text{g L}^{-1}$ , panel inferior), durante febrero, marzo y lo que va de abril de 2023 (de izquierda a derecha), proveniente de MODIS-AQUA. Fuente: Satélite MODIS. Procesamiento: LHQ/AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

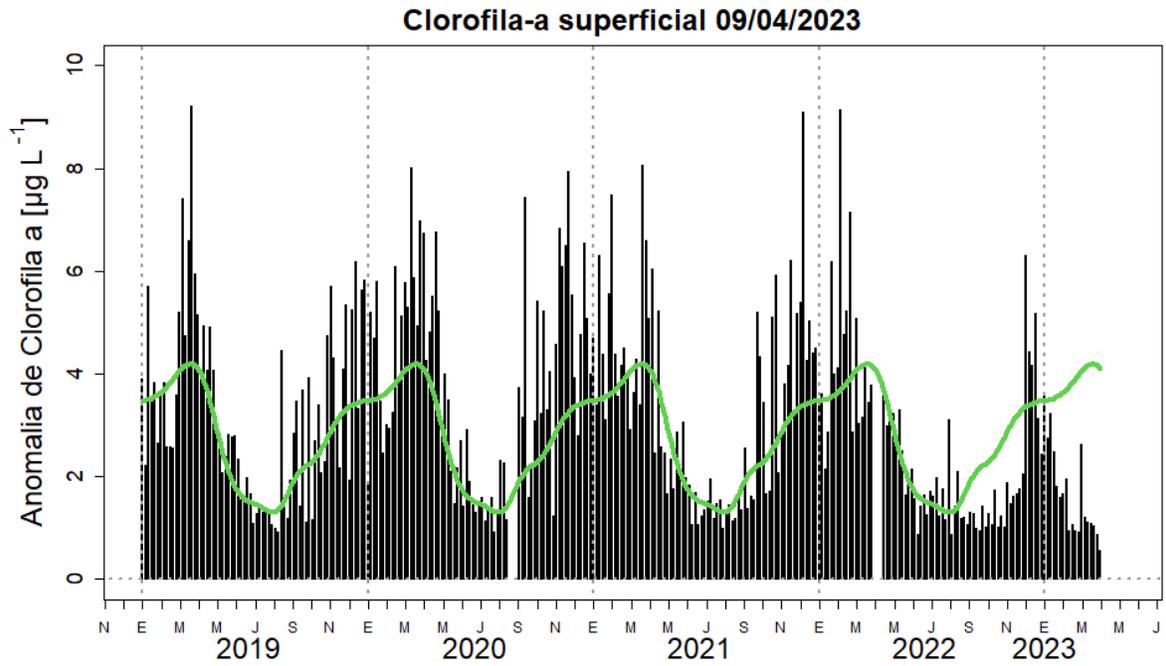


Figura 39. Serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barra negra) y su climatología (línea verde) proveniente de SeaWIFS-MODIS ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) entre  $4^{\circ}\text{S}$ - $16^{\circ}\text{S}$  y dentro de los 100 km de la costa. Fuente: IMARPE.

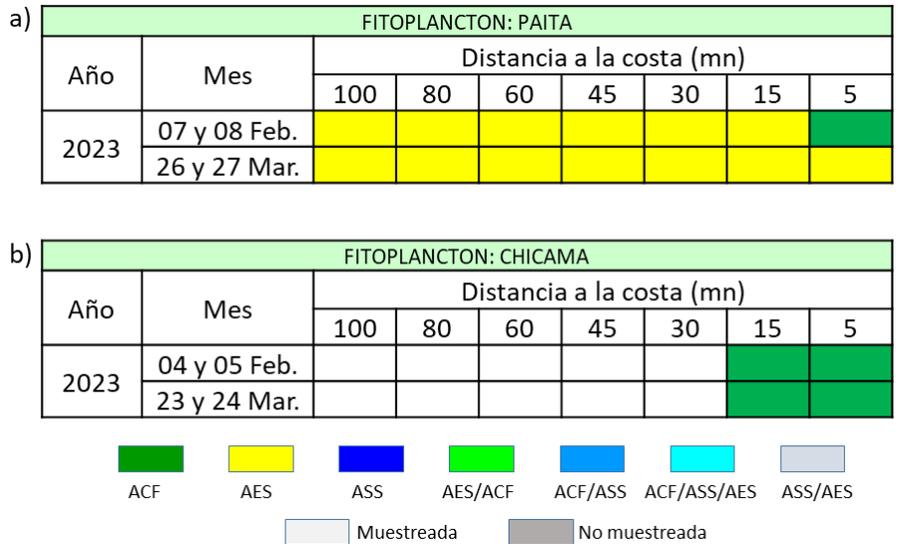


Figura 40. Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton frente a Paita entre 26 y 27 marzo 2023 (a). Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton frente a Chicama entre 23 y 24 marzo 2023 (b).

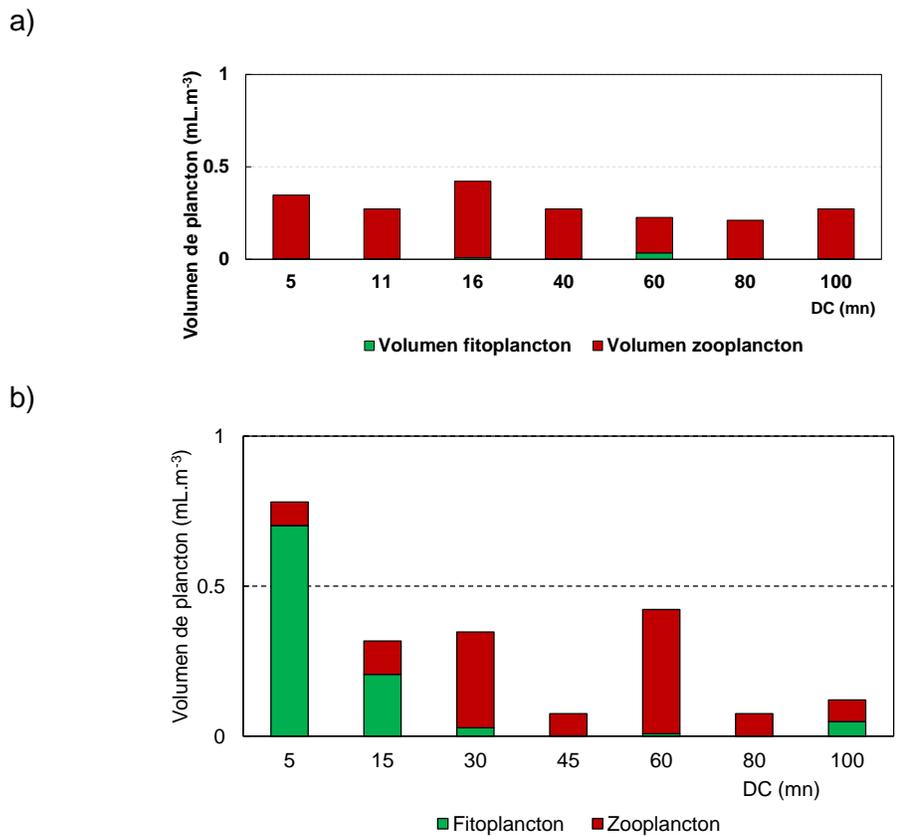


Figura 41. Distribución de volúmenes de plancton frente a Paita entre 26 y 27 marzo 2023 (a). Distribución de volúmenes de plancton frente a Chicama entre el 23 y 24 marzo 2023 (b).

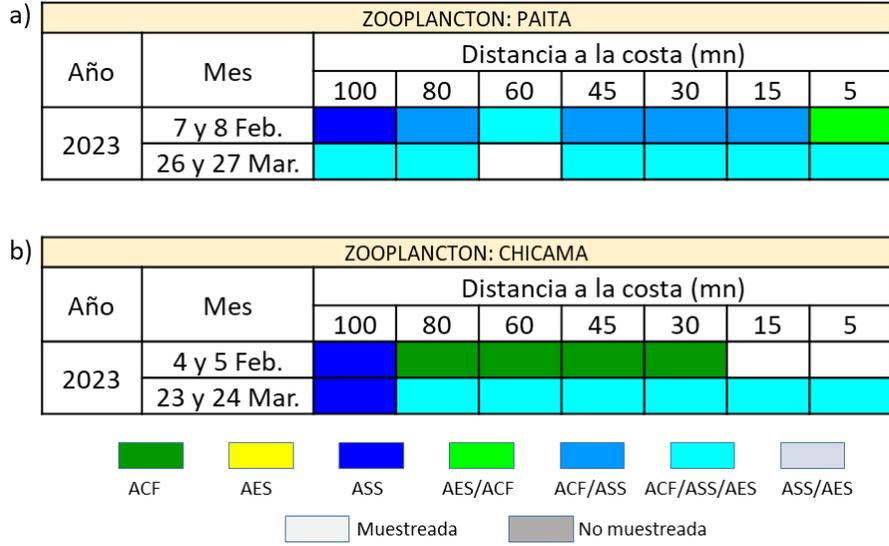


Figura 42. Indicadores biológicos de zooplancton frente a Paita (a) y Chicama (b) durante el 23 de marzo del 2023.

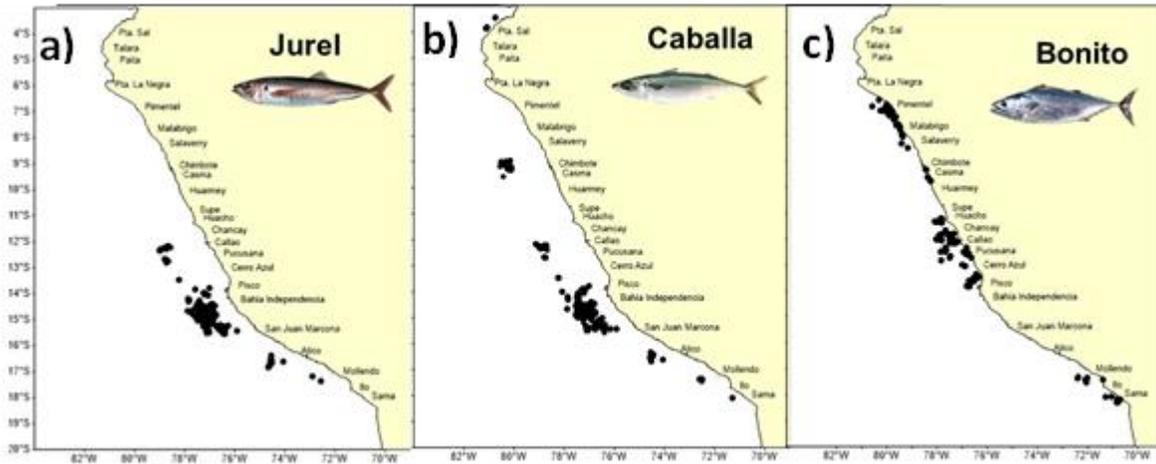


Figura 43. Distribución espacial de lances de anchoveta y samasa proveniente de la flota de cerco artesanal y menor escala, en: a) región Piura y b) región Ica. Marzo del 2023.

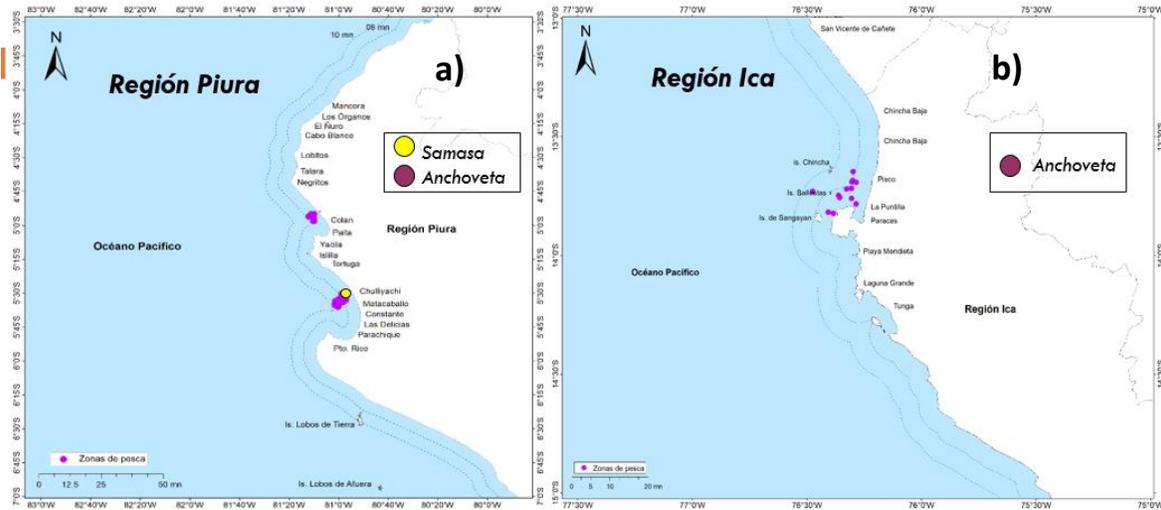


Figura 44. Distribución de lances, realizados por la flota de cerco dirigidas a especies transzonales a) jurel b) caballa y c) bonito. Periodo: marzo del 2023.

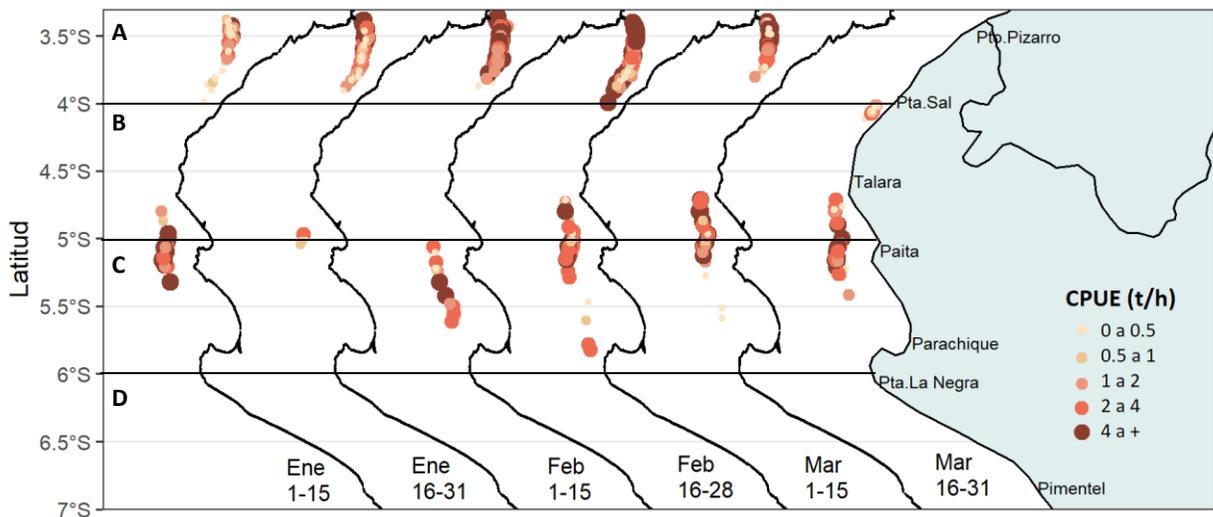


Figura 45. Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE en  $t h^{-1}$ ) por lance de pesca entre los meses de enero y marzo (2023) (de izquierda a derecha por quincena) de la flota industrial de arrastre de merluza.

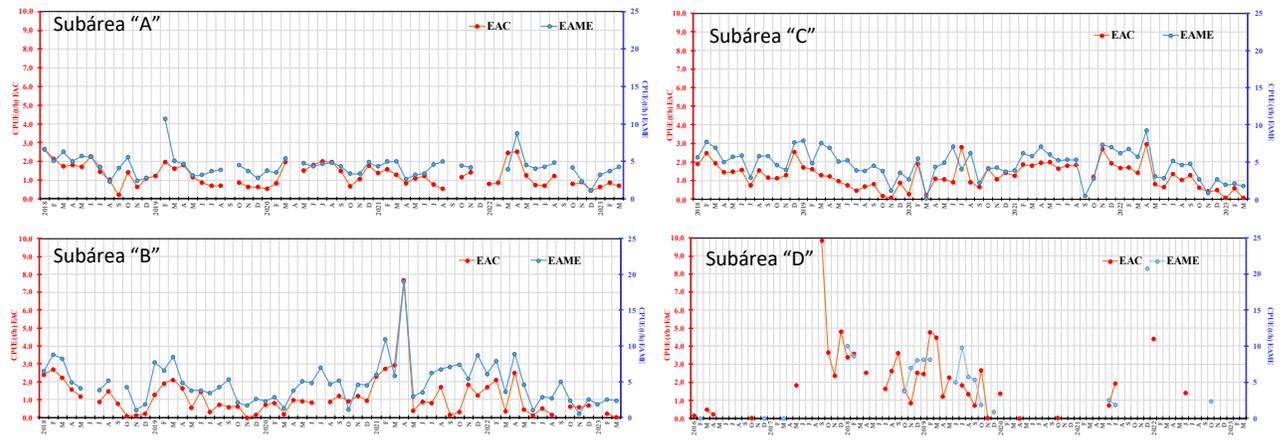


Figura 46. CPUE mensual ( $h^{-1}$ ) por sub-área de pesca y tipo de embarcación de la flota industrial de arrastre de merluza.

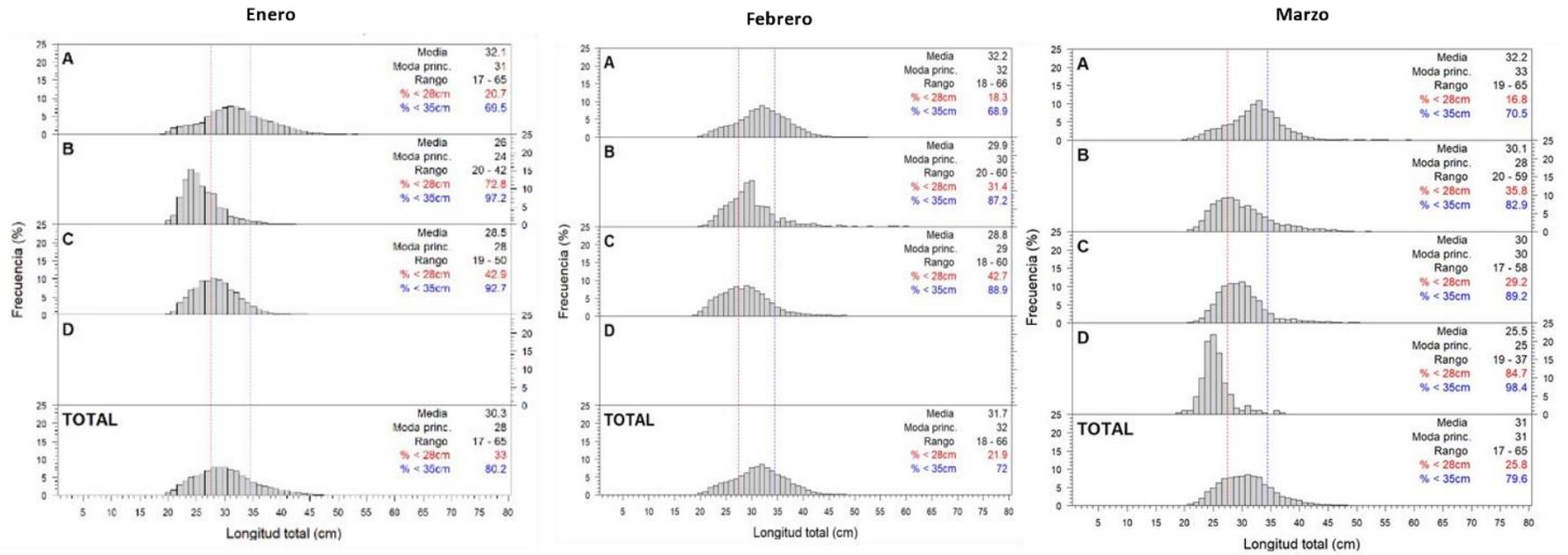


Figura 47. Distribución de tallas de merluza por sub-área (latitud) entre los meses de enero y marzo 2023 (de izquierda a derecha), capturada por la flota industrial de arrastre.

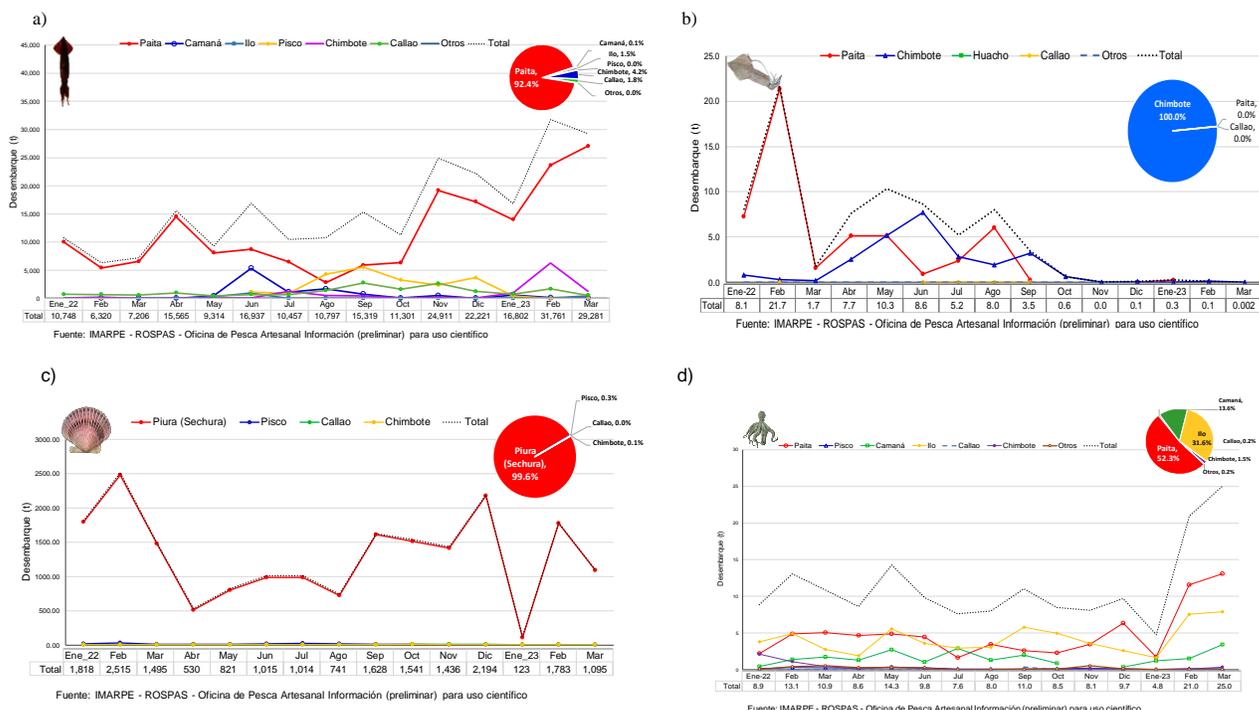


Figura 48. Desembarque (t) de calamar gigante *Dosidicus gigas* (a), calamar común *Doryteuthis gahi* (b), concha de abanico *Argopecten purpuratus* (c) pulpo *Octopus mimus* (d), durante 2022-2023.

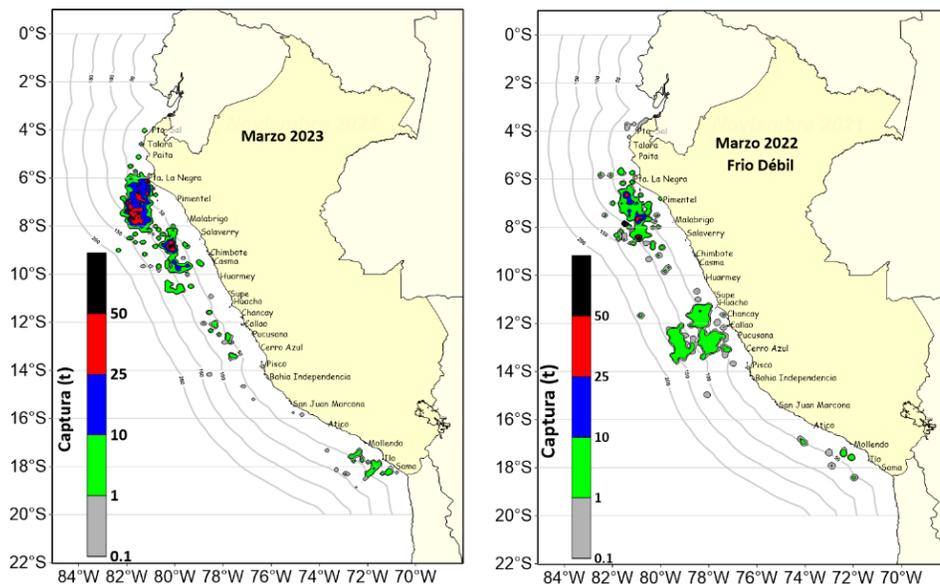


Figura 49. Distribución de la flota artesanal del calamar gigante *Dosidicus gigas*, marzo 2023.

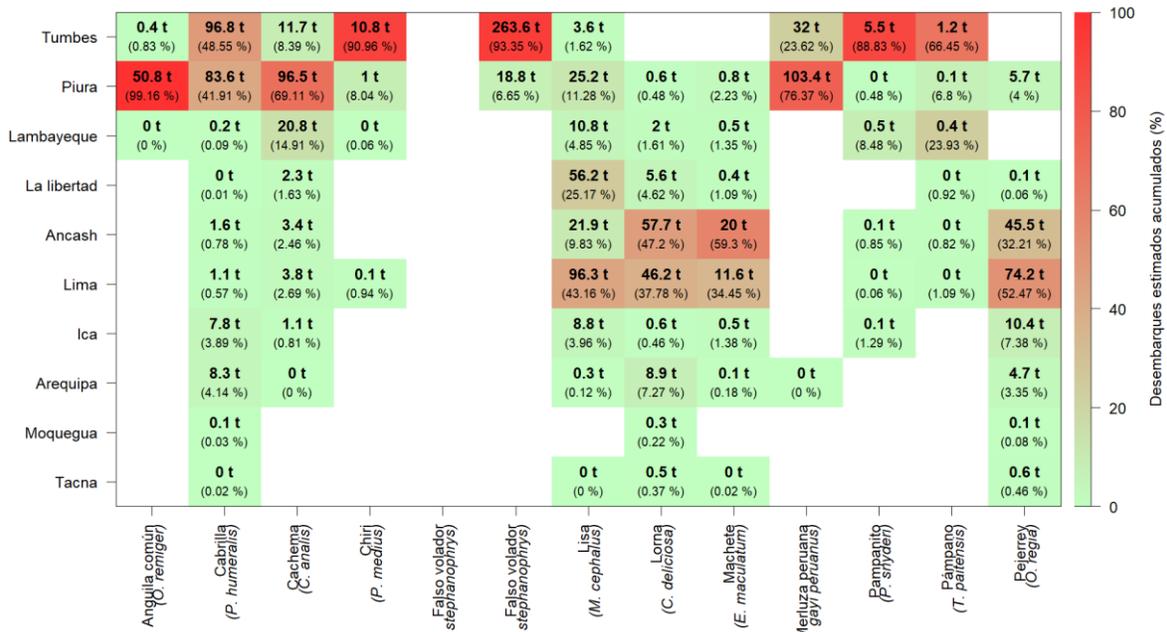


Figura 50. Desembarque (t) mensual de los recursos hidrobiológicos registrados por la pesca artesanal en el litoral peruano, durante marzo 2023.

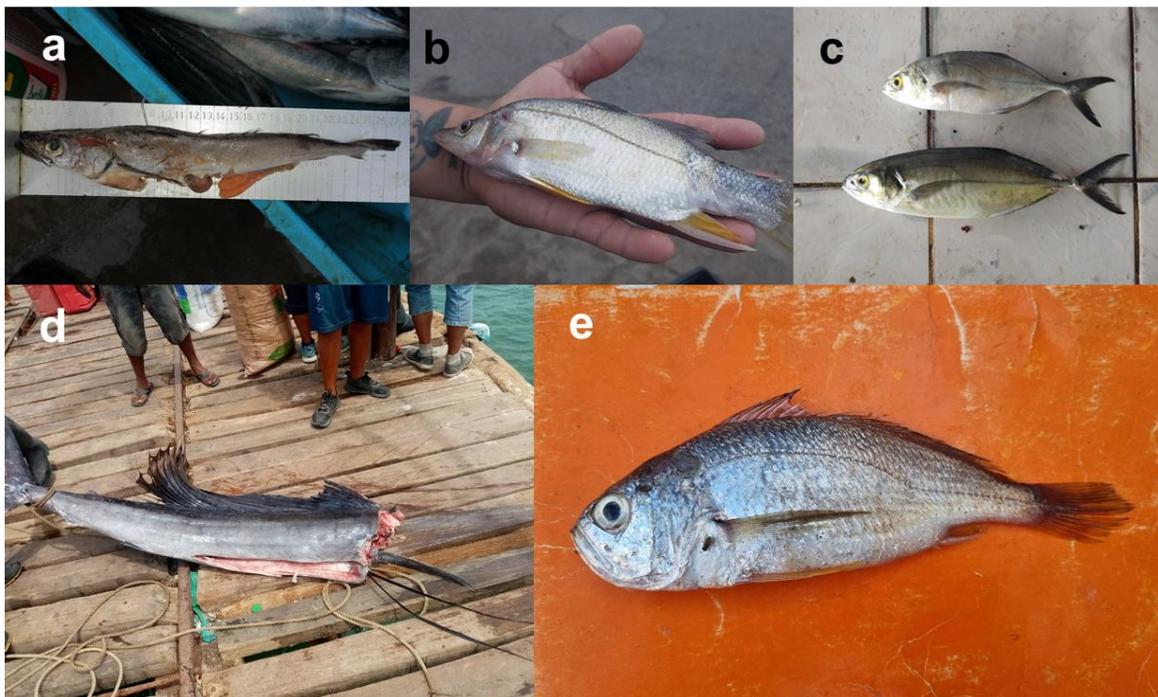


Figura 51. Especies de aguas cálidas reportadas más al sur de su límite inferior de distribución usual, fines de marzo e inicio de abril 2023. a. *Merluccius gayi* “merluza”, b. *Centropomus robalito* “robalito”, c. *Caranx caballus* “cocinero”, d. *Istiophorus platypterus* “pez vela” y e. *Larimus effulgens* “bereche”.

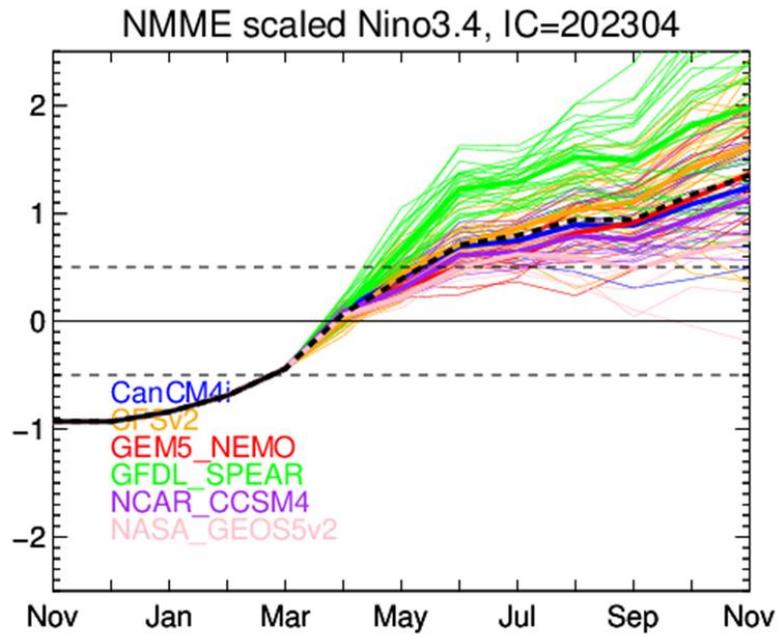


Figura 52. Pronóstico del índice Niño 3.4 mediante modelos climáticos dinámicos del North American Multi-Model Ensemble (NMME) proyect. Promedio de los pronósticos de los modelos dinámicos (línea negra discontinua). Fuente: CPC / IRI / NMME.

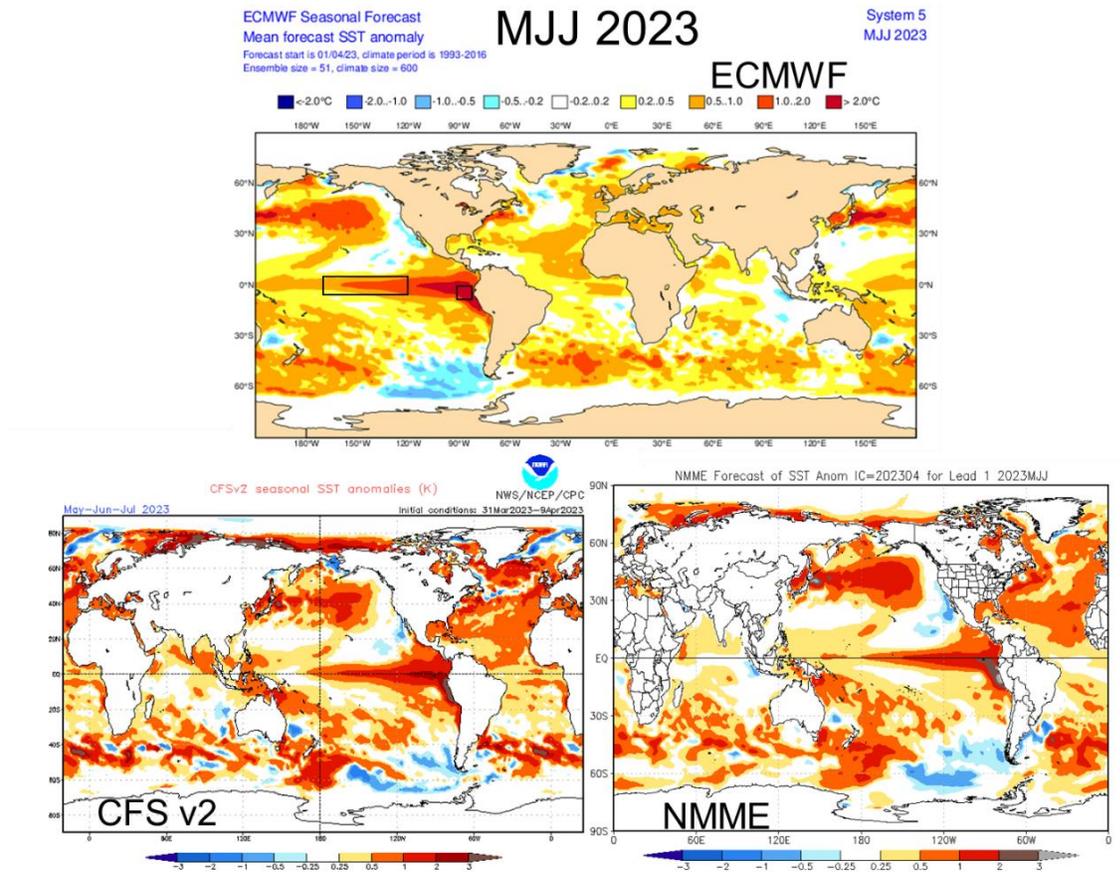


Figura 53. Pronóstico de la TSM para el trimestre AMJ 2023 de los modelos ECMWF, CFSv2 y NMME (condiciones iniciales: inicios en abril 2023). Los recuadros indican la región El Niño 3.4 y 1+2. Fuente: ECMWF, NWS/NCEP/CPC y NOAA/CPC.



NWS/NCEP/CPC

Last update: Mon Apr 10 2023  
Initial conditions: 31Mar2023-9Apr2023

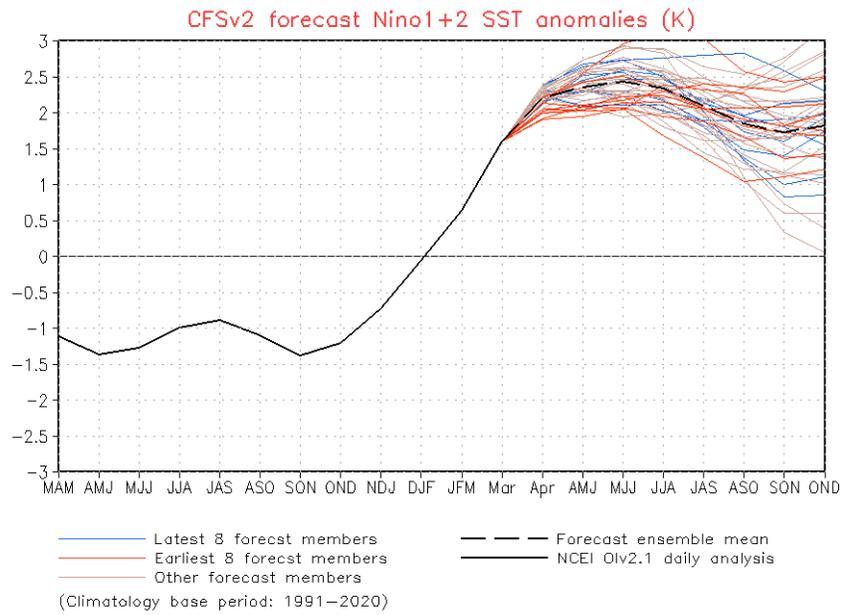


Figura 54. Pronóstico del índice Niño 1+2 mediante modelos climáticos CFSv2.

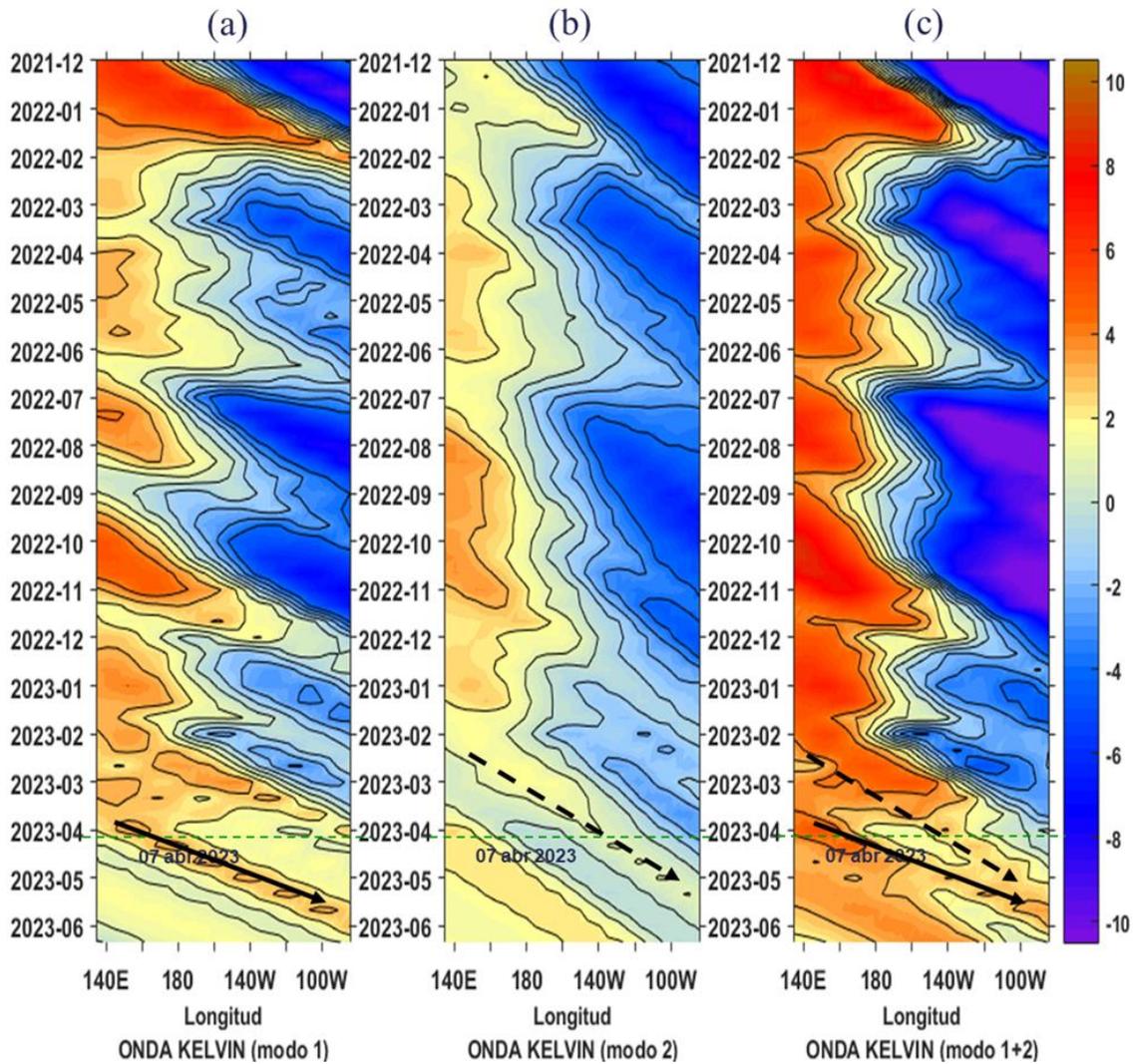


Figura 55. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1 (flechas con líneas continuas), (b) Modo 2 (flechas con líneas discontinuas), (c) Modos 1+2. Se presentan las ondas de hundimiento “cálidas” (flechas negras). La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico con el forzante de vientos climatológico. Fuente: IMARPE, forzado con anomalías del esfuerzo de vientos de NCEP. Procesamiento: LMOECC/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

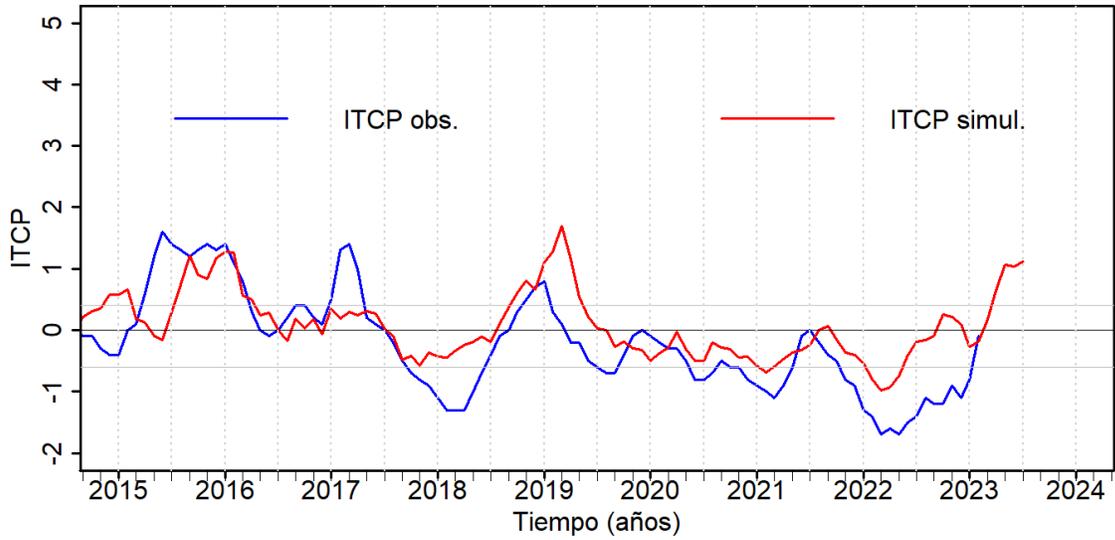


Figura 56. Pronóstico del ITCP mediante un modelo estadístico, con datos actualizados hasta el mes de marzo 2023. Fuente: IMARPE.

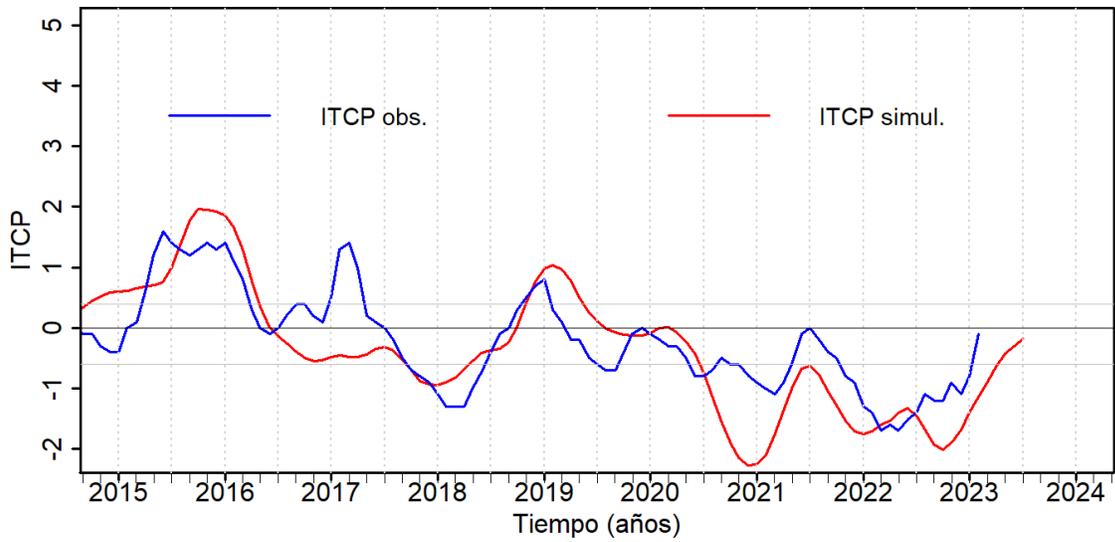


Figura 57. Pronóstico del ITCP mediante un modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia, con datos actualizados hasta el mes de marzo 2023. Fuente: IMARPE.