

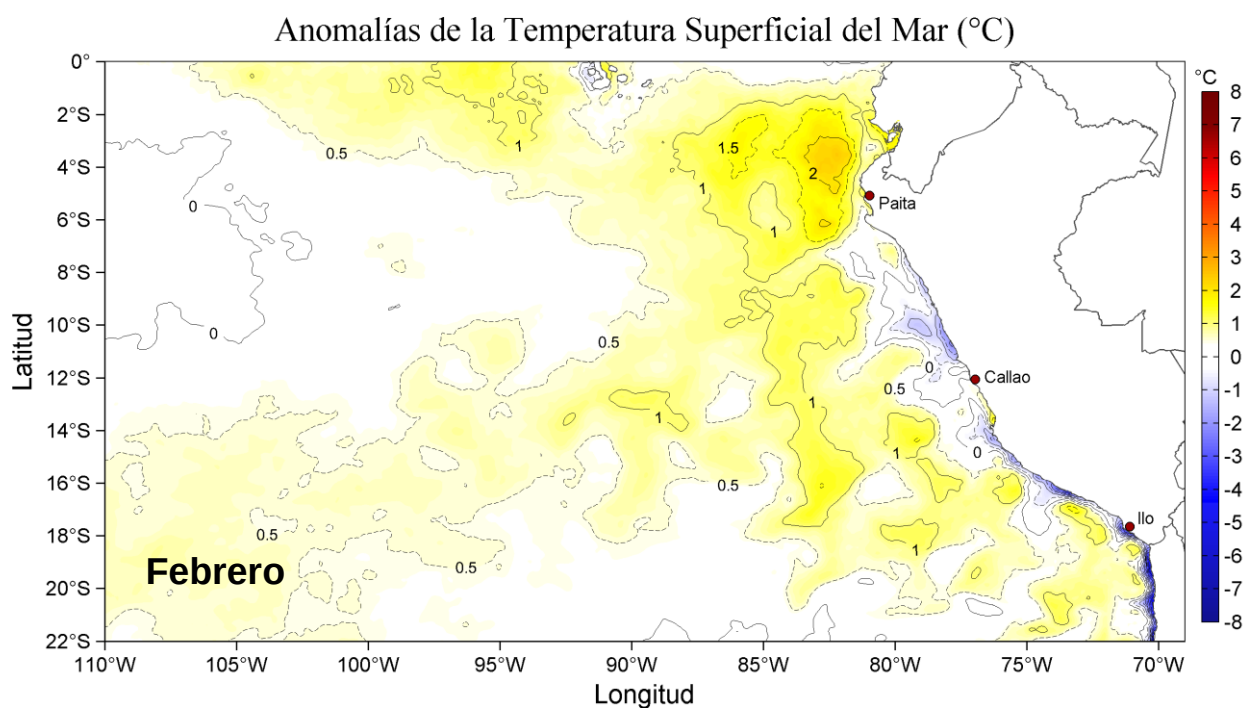
Presupuestal por Resultados N°068

“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 FEBRERO 2023 e INICIOS DE MARZO 2023



Febrero – Marzo 2023

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

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

I.	RESUMEN EJECUTIVO	3
II.	INTRODUCCIÓN	5
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	6
	1. VARIABLES	6
	2. ÍNDICES	6
	3. IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES	8
	4. INDICADORES BIOLÓGICOS	9
	5. MODELOS DE PRONÓSTICO	10
IV.	CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS Y BIOLÓGICO-PESQUERAS	14
	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	14
	2.1. Aspectos meteorológicos	14
	2.2. Aspectos oceanográficos físico	15
	2.2.1. Nivel del mar	15
	2.2.2. Temperatura superficial del mar	15
	2.2.3. Salinidad superficial del mar	16
	2.2.4. Aspectos biogeoquímicos	16
	2.2.4.1 Oxígeno Disuelto	
	2.2.4.2 Clorofila-a	
	3. INDICADORES ECOLÓGICOS Y BIOLÓGICO-PESQUEROS	17
	3.1. Fitoplancton	
	3.2. Zooplancton	
	3.3. Condiciones biológico – pesqueras de los recursos pelágicos	17
	3.4. Condiciones biológico – pesqueras de los recursos demersales y litorales	18
	4. PRONÓSTICO DE LAS CONDICIONES DEL PACÍFICO ECUATORIAL Y FRENTE A LA COSTA PERUANA	19
V	REFERENCIAS	20
VI	RECONOCIMIENTOS	26
VII	TABLAS	27
VIII	FIGURAS	29

I. RESUMEN EJECUTIVO

En febrero 2023, en el Pacífico ecuatorial central las condiciones frías continuaron atenuándose; mientras que, en la región Niño 1+2 se disiparon las aguas de condición fría y en su lugar se presentaron aguas cálidas con anomalía de temperatura superficial de Mar (TSM) de +1 °C. las cuales se expandieron hasta los 130°W. En los primeros diez días de marzo, el calentamiento anómalo se intensificó en la región Niño 1+2 y frente al norte de la costa peruana. En conjunto, los índices climáticos de gran escala y regionales indicaron la finalización del evento La Niña en el Pacífico ecuatorial central, y el rápido desarrollo de un evento cálido en el extremo del Pacífico ecuatorial oriental. Este último está relacionado al efecto acoplado de la llegada de un tren de ondas Kelvin cálidas, así como procesos advectivos asociados a la circulación anómala en la baja atmósfera, que se intensificaron en la última semana de febrero.

En la franja adyacente a la costa peruana, dentro de los 40 km se presentaron vientos débiles ($< 4,1 \text{ m s}^{-1}$) durante la primera quincena del mes, mientras que, para la segunda quincena, el viento se incrementó hasta alcanzar valores de 6 m s^{-1} , asociados a anomalías positivas en la zona entre Paita y San Juan. Para inicios de marzo se observó un debilitamiento del viento a lo largo de la costa. El afloramiento costero presentó valores menores a $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 100 \text{ m}$ a lo largo de la costa durante la primera quincena, incrementándose a $150 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 100 \text{ m}$ en la segunda quincena del mes, debilitándose nuevamente en los primeros doce días de marzo. Por otro, en la zona oceánica, desde el 06 de marzo, al sur de los 5°S de latitud y al oeste de los 85°W, se tuvo la presencia de un vórtice de circulación ciclónica, denominado Yaku.

Las anomalías del nivel del mar (ANM) en la franja de las 60 mn adyacentes a la costa peruana exhibieron la disminución generalizada de sus valores a inicios de febrero, asociado al arribo de la onda Kelvin fría. Posteriormente estas anomalías ascendieron paulatinamente alcanzando valores de +10 cm en la costa norte y en la costa sur hacia fines de febrero. En los primeros 12 días de marzo, el incremento de la ANM se intensificó hasta alcanzar valores de +14 cm (Talara), propagándose a lo largo de la costa.

En febrero, en la franja de 60 mn adyacente a la costa, entre el ecuador y Paita, en promedio la TSM fue superior a los 25 °C, asociada a anomalías de +1,0 a + 2,0 °C. En la zona central, la TSM mostró valores promedio entre 21 y 22 °C, dentro del rango de las condiciones neutras, mientras que al sur de los 15 °S se registraron valores mayores a 22 °C, asociados a anomalías dentro del rango neutro y positivas de +1,0 °C. En los primeros 12 días de marzo, las anomalías de TSM se mantuvieron en +1 °C en la zona norte, mientras que, al sur de Pisco la TSM varió de anomalías negativas (-1 a -2 °C) a valores en el rango neutro hacia la segunda semana de marzo.

Respecto a la salinidad superficial del mar, se detectó la aproximación de las Aguas Tropicales Superficiales (ATS) hasta Negritos durante la segunda semana de febrero, para luego replegarse al norte. En marzo, las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) alcanzaron la zona de Pimentel hasta las 60 mn de la costa con anomalías de -0,3. Al sur de Pimentel entre febrero y marzo, habrían predominado las aguas costeras frías (ACF), aunque con la presencia intermitente de salinidades de 34,7 dentro de las 20 mn, posiblemente asociadas al aumento de la descarga de los ríos. En la zona oceánica por fuera de las 60 mn se observaron a las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) entre Chicama y Pisco.

En la capa sub-superficial, dentro de las 100 mn frente a la costa norte y centro en el periodo evaluado, la temperatura presentó valores entre 17 °C y 26 °C sobre los 40 m de profundidad, en promedio, detectándose anomalías entre +0,1 °C y +4,0 °C en dicha capa.

No obstante, los mayores valores de temperatura y anomalías térmicas fueron registrados frente a Puerto Pizarro y Paita, entre las 100 y 200 mn. Luego, por debajo de los 40 m, se observaron anomalías negativas entre $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta los 100 m de profundidad, en promedio. La profundidad de la isoterma de $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, asociada a la termoclina, continuó presentándose más somera que su climatología, aunque con una tendencia a la normalización de su posición.

La clorofila-a, de acuerdo con la información satelital, presentó mayormente concentraciones entre $1,0$ a $5,0\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$ en la franja de 40 mn adyacente a la costa peruana, con los mayores valores en las zonas entre Chicama a Pisco y una franja muy costera entre San Juan e Ilo. Sus anomalías variaron entre $-1,0\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$ a $+8,0\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$; las anomalías positivas se registraron en una franja costera entre Chimbote a Ilo. En los primeros doce días de marzo, las concentraciones de clorofila-a superficial se incrementaron relativamente desde Chimbote a Pisco, aunque en general continuaron predominando las anomalías negativas.

La pesca industrial de cerco dirigida al recurso anchoveta presentó en la región norte – centro una distribución latitudinal, desde Paita hasta Pisco, con un acercamiento hacia la costa, dentro de las 30 mn, asociada a aguas de mezcla (AES, ACF y ASS). En la región sur, se distribuyó de Mollendo a Morro Sama, dentro de las 10 mn de la costa; asociada a ACF. En la región norte–centro se registró un porcentaje de juveniles de 18,91 % manteniendo la sobre posición de adultos y juveniles. En la región sur se registró la mayor incidencia de juveniles con 68 %. Los indicadores reproductivos de anchoveta peruana del stock norte-centro, mostraron un aumento en la actividad desovante y una disminución en los procesos de reabsorción. Las capturas de las especies transzonales jurel y caballa se registraron principalmente desde Chimbote hasta San Juan de Marcona, dentro de las 120 mn de la costa; mientras que, el bonito presentó una amplia distribución desde Talara hasta Morro Sama. El índice gonadosomático de la caballa aumentó respecto a enero; mientras que, el del jurel disminuyó, al igual que el bonito.

La merluza se distribuyó frente a la zona comprendida entre Puerto Pizarro y Punta La Negra y, las principales capturas de la flota industrial se registraron al norte de Punta Sal; además, durante febrero, la estructura de tallas total del recurso fluctuó entre 18 y 66 cm de longitud total, con una moda principal en 32 cm LT, la que fue mayor respecto al mes anterior. El calamar gigante, pulpo y concha de abanico mostraron incrementos de sus desembarques, a diferencia del calamar común cuyo desembarque disminuyó respecto a enero 2023. El calamar gigante estuvo distribuido entre Paita y Morro Sama, mostrando las mayores concentraciones en las zonas norte y centro.

La mayoría de los modelos climáticos de las agencias internacionales para pronóstico de El Niño Oscilación Sur (ENOS) inicializados en el mes de marzo 2023, indicaron una transición hacia las condiciones neutras del ENOS durante fines del verano y otoño austral, y hacia condiciones cálidas del ENOS durante fines del invierno y primavera austral. En lo que resta del mes de marzo 2023, se espera la llegada a Sudamérica de la onda Kelvin cálida (modo 1); mientras que, en abril se espera la llegada de una onda Kelvin fría (modo 2), la cual se ha debilitado en su propagación hacia la costa sudamericana. Cabe señalar que la persistencia de anomalías de vientos del oeste en la región del Pacífico oriental puede contribuir a debilitar aún más a la onda Kelvin fría, así como a fortalecer el paquete de ondas Kelvin cálidas. Además, en mayo, se espera la llegada de dos ondas Kelvin cálidas (modo 1 y modo 2). Por último, para la franja adyacente a la costa peruana, usando un modelo estadístico, se pronostican condiciones cálidas del ITCP entre abril y junio 2023; mientras que, un modelo dinámico, indica una tendencia del ITCP hacia las condiciones neutras entre marzo y junio 2023.

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 (IMARPE), 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 el monitoreo mensual 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 Paíta 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° . 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 geostróficos 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 geostrófico 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 geoide (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 $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. 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⁻¹. La ZMO se define como los cuerpos de agua con concentraciones menores a 0,5 mL L⁻¹ 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 (Paíta, 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), Folkenes & 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⁻¹), “Presente” (1 a 5 cél. campo⁻¹), “Escaso” (6 a 15 cél. campo⁻¹), “Abundante” (16 a 25 cél. campo⁻¹) y “Muy Abundante” (más de 25 cél. campo⁻¹).

Zooplancton. Para definir los indicadores de masas de agua del zooplancton se tomaron en cuenta los trabajos de Santander & Carrasco (1985), Ayón & Girón (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 especializada 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 RESPONSABLE	OBSERVACIONES		
		Observaciones <i>in situ</i>									Satélite/Re-análisis						Mode los										
		Estaciones <i>coastal</i>	Secciones	Estaciones fijas	Cruceros	Boyas ARGO	Boyas	Glider	Programa	Seguimiento de	Monitoreo de	Alerta de fauna	ESRL/NOAA	Reanálisis	QuickScat +	Producto OSTIA	Producto CMEMS	SeaWIFS + MODIS	MODIS + VIIRS	GFS	MERCATOR Ocean	Operatividad	Climatología				
VARIABLES ATMOSFÉRICAS																											
Condiciones Atmosféricas	Radiación de Onda Larga											X										1974-Actual	1981-2010	mensual	www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensodisc.html	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) Bentamy et al. (2009)	LCSR/LHFM/AFIOF/DGIOCC	- Resolución: 0,25°
																			X			1970-Actual	2000-2014	Diaria	https://pae-paha.pacioos.hawaii.edu/erddap/griddap/ncep_global.html		- Resolución: 0,5°
	Fracción de nube																	X				2002-Actual	2002-2016	Diaria	https://atmosphere-imager.gsfc.nasa.gov/MOD06_L2/atbd.html http://www.globcolour.info/CDR_Docs/GlobCOLOUR_PUG.pdf		- Resolución: 4 km
VARIABLES OCEANOGRÁFICAS																											
Condiciones Oceanográficas Físicas	Temperatura del Mar	X																				1963-Actual	1981-2010	Diaria/mensual	(Grados & Vásquez, en prep.)	LHFM/AFIOF/DGIOCC	- Paíta desde 1963 - Callao desde 1970 - Pisco desde 1976 *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			- Anomalías en base a climatología de IMARPE.
							X															1977-Actual		Diaria	www.pmel.noaa.gov/tao/drupal/disdel/		
															X							2006-Actual	2007-2016	Diaria	Donlon et al. (2012)		- Resolución: 0,054°
								X														Ago-2021	1981-2010	Diaria	Domínguez et al (2017)		
	Nivel del Mar															X						1993-Actual	1993-2012	Diaria	Schaeffer et al. (2016) Pujol et al. (2016)		- Resolución: 0,25° - A partir de este producto se derivan flujos geostróficos
	Salinidad	X																				1963-Actual	1981-2010	Diaria/mensual	(Grados & Vásquez, en prep.)		Paíta desde 1963 Callao desde 1950 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°
							X													Ago-2021	1981-2010	Diaria	Domínguez et al (2017)		
	Corrientes Marinas		X																	1960-Actual		mensual			
							X													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			
							X													Ago-2021		Diaria			
	Clorofila																	X		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. - La cobertura nubosa mensual de MODIS.
								X												Ago-2021		Diaria			
Indicadores Ecológicos y Biológico-Pesquero	Fitoplancton			X																2014-Actual		Mensual		LFPP/AFIOB/ DGIOCC	- Categorías según abundancia: Muy abundante" (>4 mL L ⁻³) Abundante (>3 mL L ⁻³) Escaso (>2 mL L ⁻³) Presente (>1 mL L ⁻³)
	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: Biovolumen: (mL 100m ³) y mL/muestra. Abundancia: Ind. 100m ³ , Ind. m ² y presencia.
	Floraciones Algaes Nocivas			X																2014-Actual		Quincenal	Sánchez & Delgado (2001)	LFPP/AFIOB/ DGIOCC	
	Bentos			X																1993-Actual		Mensual		LBM/AFIOB/ DGIOCC	
				X																1976-Actual		Anual			Muestreo durante el Crucero Demersal.
	Desembarques pesqueros									X										1959-Actual		Diario/ Mensual	Bouchon et al. (1997) Bouchon et. al (2001)	AFIRNP/ AFIRTAM	
	Distribución espacial de recursos				X				X											1985-Actual		Mensual/ Semestral	Bouchon et al. (1997)	AFIRNP AFIRTAM 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	Anchove ta			X				X	X										1959-Actual			Bouchon et al. (1997) Bouchon et. al (2001)		
		Jurel y Caballa			X				X	X										1980-Actual					
		Merluza			X					X										1980-Actual		Mensual/anual		DGIRDL/AFIPDBL	
	Recursos Invertebrados				X					X										1997-Actual		Mensual/anual	Arguelles et al. (2016) Espinoza et al. (2016) Sanjinez et al. (2016) 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), Schulenberg, et al. (2009),	ODS / AFIRNP	

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

*Continuación de la Tabla III.1.

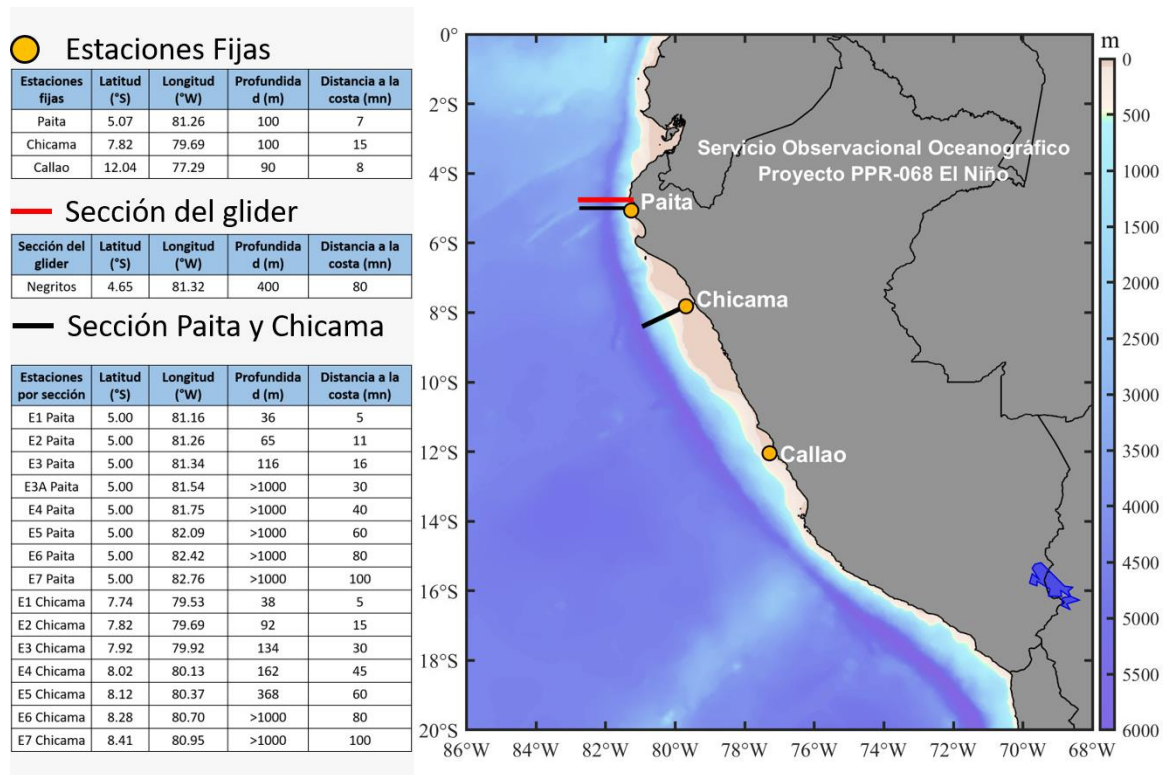


Figura 1. Ubicación geográfica de las estaciones fijas, secciones verticales de Paita y Chicama, y sección del glider sobre la batimetría con ETOPO2.

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 febrero y en los primeros días de marzo del 2023, los vientos alisios en general presentaron un notable debilitamiento a lo largo de toda la franja ecuatorial e inclusive se presentaron vientos de dirección oeste entre 120°W a 80°W (Figura 2).

En febrero, el APS se encontró ubicado a los 95,0°W y 35,0°S, desplazado al sureste de su posición habitual, con una intensidad de 1022,8 hPa, mayor en +0,2 hPa que su valor climatológico (Figuras 3 y 4). En los primeros días de marzo 2023, se encontró ubicado a los 97,5°W, 30,0°S, desplazado al noreste de su posición habitual, pero con una intensidad de 1019,9 hPa, menor en 1,9 hPa que su valor climatológico.

1.2. Aspectos oceanográficos

En febrero 2023, en el Pacífico ecuatorial central las condiciones frías anómalas continuaron atenuándose, así como en el lado oriental, donde durante la primera quincena de febrero frente a la costa centro-norte de Perú, se disiparon las anomalías negativas, en su lugar se expandieron anomalías térmicas positivas de +0,5 y +1 °C, cubriendo zonas de la región Niño 1+2, Niño 3 y zonas oceánicas. Durante la segunda quincena de febrero y hasta el 12 de marzo, en una celda frente a Tumbes-Golfo de Guayaquil, las anomalías positivas se intensificaron hasta valores de +2 °C, asociadas a temperaturas de 28 °C y a la expansión de la TSM de 27 °C que llegó hasta latitudes de 12°S, las cuales en enero se encontraban al norte de la línea ecuatorial (Figura 5). Los promedios mensuales de las anomalías de la TSM (ERSST v5) en las regiones Niño 1+2 y Niño 3.4, fueron de +0,48 °C y -0,46 °C, respectivamente. El índice ONI (Oceanic Niño Index) indicó la persistencia de La Niña en el Pacífico ecuatorial central para diciembre 2022 – febrero 2023 (-0,67) (Figura 6).

En la capa sub-superficial de 300 m, en el Pacífico ecuatorial occidental, las aguas cálidas alcanzaron anomalías de +5 °C en su núcleo, observándose que en la primera quincena del mes se expandieron hacia el Pacífico ecuatorial central; sin embargo, a fines de febrero, en la misma región, reaparecieron anomalías negativas alrededor de los 150 m de profundidad.

En el Pacífico ecuatorial oriental las aguas cálidas superficiales con anomalía de +1 °C, se expandieron hasta los 130°W durante febrero e inicios de marzo (Figuras 2, 7, 8 y 9). En los primeros doce días de marzo continuó la expansión de las anomalías positivas sub-superficiales desde el Pacífico ecuatorial occidental hacia la zona central (Figura 2)

2. CONDICIONES FRENTE A LA COSTA PERUANA

2.1. Aspectos meteorológicos

Al norte de la línea ecuatorial y los 5°S (Paita), se registraron vientos moderados (entre 4,1 a 6,8 m s⁻¹) a débiles (<4,1 m s⁻¹), con anomalías de la velocidad del viento (AVV) entre el rango neutral a negativo, en asociación con el posicionamiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT).

Además, durante la mayor parte de febrero, los vientos provenientes del golfo de Panamá exhibieron una intensidad mayor a lo normal, generando anomalías de componente norte frente a la costa norte del Perú (Figuras 10 y 11).

Frente a Perú, la zona costera registró vientos moderados a débiles, con AVV entre el rango neutral a negativo, mientras que, la zona oceánica presentó mayormente vientos débiles con AVV negativas, excepto el 11-15 de febrero, y entre el 26 de febrero al 02 de marzo, cuando registraron AVV positivas (Figuras 10 y 11).

En los primeros días de marzo, los vientos de Panamá se debilitaron al igual que los vientos oceánicos frente a la costa norte del Perú, apareciendo anomalías del oeste y del noroeste frente Ecuador y la costa norte del Perú. Luego, entre el 06 y el 12 de marzo, se desarrolló un vórtice ciclónico, denominado Yaku, en la zona oceánica frente a Perú, aproximadamente a los 5 - 8°S y 85 - 88°W (Figura 10). Asimismo, al sur de Centroamérica y en la zona oceánica frente a Colombia se observó otro vórtice ciclónico. En conjunto, ambos vórtices impulsaron vientos del oeste y anomalías del oeste en la zona ecuatorial frente a Colombia, Ecuador y el norte peruano, así como vientos del norte y anomalías del norte frente a Ecuador y al norte del Perú (Figuras 11 y 12).

Estos cambios también se tradujeron en el patrón del índice de anomalía del viento meridional y del dipolo de las anomalías del viento zonal frente a Colombia y al sur de Ecuador - norte de Perú (Anculle et al., 2021) en los primeros doce días de marzo, similar al comportamiento observado durante El Niño Costero 2017 (Figura 13).

A lo largo de la franja adyacente a la costa peruana, dentro de los 40 km se presentaron vientos débiles durante la primera quincena del mes, mientras que, para la segunda quincena, el viento se incrementó hasta alcanzar valores de 6 m s^{-1} , asociados a anomalías positivas en la zona entre Paíta y San Juan. En los primeros doce días de marzo se observó un debilitamiento anómalo del viento a lo largo de la costa (Figura 14).

El afloramiento costero presentó valores menores a $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 100 \text{ m}$ a lo largo de la costa durante las dos primeras semanas de febrero, incrementándose a $150 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 100 \text{ m}$ en el resto del mes, para luego debilitarse nuevamente en los primeros doce días de marzo (Figura 15 a, b). El bombeo de Ekman mostró anomalías negativas a partir del 5 de marzo y hasta el día 12, las cuales estarían vinculados al debilitamiento de los vientos oceánicos y su cambio de dirección de suroeste a noroeste frente a la costa norte en dicho período (Figura 15 c), descritos más arriba.

2.2. Aspectos oceanográficos físicos

2.2.1. Anomalía del nivel del mar

La ANM en la franja de las 60 mn adyacentes a la costa peruana (Figura 16) exhibieron la disminución generalizada de sus valores a inicios de febrero, asociado al arribo de la onda Kelvin (OK) fría (modo 2). Posteriormente estas anomalías ascendieron paulatinamente alcanzando valores de +10 cm en la costa norte y en la costa sur hacia fines de febrero. En los primeros doce días de marzo, el incremento de la ANM alcanzó los +15 cm, propagándose a lo largo de la costa, relacionado al efecto acoplado de la llegada de un tren de OK cálidas y procesos advectivos, asociado a la circulación anómala en la baja atmósfera.

En la zona de Galápagos (Figura 17), luego de una disminución registrada a fines de enero, se registró un comportamiento fluctuante de la ANM alrededor de +10 cm en febrero y en los primeros doce días de marzo. En la zona costera peruana destacó el incremento sostenido de las ANM, que fue mayor en la costa norte-centro respecto a la costa centro-sur, alcanzando +13 cm y +11 cm, aproximadamente, el 12 de marzo.

La actividad de mesoescala (Figura 18) se desarrolló principalmente en sectores oceánicos frente a la costa central y en sectores adyacentes a Chicama y la costa sur, con una polaridad anticiclónica. Esta actividad presentó un incremento paulatino en intensidad y tamaño, principalmente a partir de la segunda quincena de febrero y más aún en marzo, asociado al acercamiento de aguas cálidas del oeste ($TSM > 25^{\circ}\text{C}$). Los remolinos más resaltantes dentro de las 200 mn se ubicaron frente a Huacho, entre Callao y Pisco, San Juan de Marcona, Atico e Ilo. Remolinos del tipo ciclónico también se generaron frente a Chimbote durante las 3 primeras pentadas y frente a Callao a partir de la cuarta pentada y hasta el 12 de marzo. A más de 200 mn, frente a la costa norte destacó la generación de un remolino anticiclónico de gran tamaño y que se desplazó al este de 85°W durante la segunda semana de marzo; al sur de este remolino, se observó otro de tipo ciclónico a unas 300 mn, con su núcleo alrededor de los 7°S . Estos remolinos oceánicos estarían asociados a la circulación atípica de los vientos y la intensificación de las anomalías cálidas dentro de la región Niño 1+2.

El seguimiento de estas estructuras durante febrero y principios de marzo 2023 (Figura 19) indicó un incremento del número de remolinos, principalmente del tipo anticiclónico, posiblemente asociado al incremento de las ANM positivas en este periodo. El radio y la energía cinética, también presentaron un incremento respecto a los meses anteriores, presentando valores que oscilaron entre 55 y 75 km y entre 98 y 300 $\text{cm}^2 \text{s}^{-2}$, respectivamente.

2.2.2. Temperatura del mar

Temperatura en superficie

La TSM presentó valores entre 20°C y 27°C durante febrero y se distinguió por: i) la disminución considerable de la franja costera con valores de TSM de 16°C a 20°C , persistiendo estrechas franjas de 20°C adyacentes a Chimbote-Huacho y de Bahía de la Independencia a Chala; b) Asimismo, se apreció la proyección de aguas mayores de 25°C del noroeste al sur, con una diferencia térmica de 4°C en el sector por fuera de los 85°W y entre el ecuador geográfico y 5°S (Figura 20); c) Se desarrollaron condiciones cálidas anómalas al norte de Punta Aguja, con ATSM entre $+1^{\circ}\text{C}$ y $+2^{\circ}\text{C}$; al sur de este punto y hasta Punta San Juan de Marcona, ATSM positivas ($+1^{\circ}\text{C}$) fueron observadas fuera de las 150 mn de la costa, mientras que hacia el sur, las ATSM cálidas se detectaron fuera de las 30 mn; d) Condiciones neutras caracterizaron el sector costero desde Punta Aguja hasta Chimbote; y condiciones frías destacaron en algunas franjas costeras entre Chimbote y Huacho, de Pisco a Atico y frente a Ilo con anomalías máximas de hasta -2°C frente a Chala y de -3°C frente a Ilo (Figuras 22 y 23).

En los primeros 12 días de marzo las aguas de 25°C al sur de Talara presentaron un acercamiento inusual frente a Chicama (40 mn), Huarmey (69 mn) y Pisco (109 mn), generando un calentamiento de hasta $+1,5^{\circ}\text{C}$ en estas localidades.

Al norte de Punta Aguja destacó el incremento de la TSM observándose el acercamiento de las aguas entre 27 y 28 °C hacia la costa, lo cual favoreció el incremento de las anomalías positivas hasta +3 °C (a 100 mn de Talara). Al sur de Pisco, las aguas menores a 20 °C se replegaron hasta 30 mn de la costa generando una menor cobertura de las anomalías negativas de TSM entre Atico e Ilo.

La frecuencia pentadal de la TSM (Figura 21) evidenció la disminución paulatina de la franja costera menor a 20 °C y también exhibió el desplazamiento de las aguas cálidas hacia la costa y hacia el sur (Figuras 23 y 25). La diferencia semanal de la TSM confirmó en febrero la tendencia de calentamiento, especialmente frente a la costa norte y central, así como un enfriamiento frente a la costa sur a fines de mes. Para marzo entre la primera y segunda semana se detectó un calentamiento moderado dentro de las 100 mn frente a la costa central y sur, así como un calentamiento significativo en la zona oceánica frente a Ecuador (Figura 24).

Por otro lado, de acuerdo con la información recopilada en el Crucero de Evaluación de Recursos Pelágicos 2202-03 del IMARPE, a fines de febrero se detectaron TSM mayores a 28 °C a 80 mn frente a la costa norte con anomalías de +4 °C fuera de las 40 mn frente a Paíta. En los primeros 12 días de marzo, al sur de Punta Falsa, se registraron TSM mayores a 24 °C entre Pacasmayo y Supe fuera de las 20 mn. Asimismo, predominaron anomalías entre +1 °C y +3 °C, con un núcleo de +4 °C a 30 mn frente a Supe-Huacho (Figura 26). Al comparar con la información satelital de los mismos períodos se aprecian valores in situ de TSM/ATSM en promedio 1°C superiores.

En los muelles costeros del IMARPE durante febrero la TSM osciló entre 29,4 °C (Tumbes) y 17,1 °C (Matarani). Las máximas anomalías mensuales se presentaron frente a Chicama (+1,6 °C) y Paíta (+1,5 °C). Condiciones en el rango neutro ocurrieron en Chimbote (+0,39 °C), Huacho (-0,4 °C), Callao (-0,12 °C), Matarani (+0,18 °C) e Ilo (+0,50 °C) (Figura 27 y Tabla 1). En los primeros doce días de marzo, se apreció un aumento del valor de la anomalía en las estaciones costeras con excepción de Tumbes, San José e Ilo donde disminuyeron entre 0,3 °C y 1 °C; los mayores aumentos (entre 1,1 °C y 1,3 °C) se produjeron en Paíta, Huacho y Callao.

A nivel regional-local, el ICEN (+0,42), ITCP (-0,3) y LABCOS (+0,78) indicaron la presencia de condiciones cálidas en febrero 2023. Estos valores contrastaron con los índices climáticos de gran escala que indicaron condiciones en el rango neutro para el ONI (-0,4) y frías para el MEI v2 (-0,81) (Figura 28).

Desarrollo de una Ola de Calor Marina

El calentamiento superficial que afecta el mar peruano continúa su desarrollo como una creciente ola de calor marina (OCM, Hobday et al., 2016) en la zona norte, con una duración de 15 días al 12 de marzo desde su origen. En la zona costera frente a Chicama también se observa una OCM que tiene solo 6 días de duración. Entre los 2 y 15°S, el área integrada de OCM alcanzó $1,28 \times 10^5$ Km² y una anomalía acumulada de TSM de 43,40 °C días dentro de las 150 mn (Figura 29).

Temperatura en sub-superficie

Durante el Crucero de Evaluación de Recursos Pelágicos 2202-03, dentro de las 100 mn frente a la costa norte y centro (Puerto Pizarro, Paita, Punta Falsa, Chicama y Chimbote) entre la tercera semana de febrero y los primeros días de marzo, las temperaturas mostraron valores entre 17 °C y 26 °C sobre los 40 m de profundidad, en promedio, detectándose anomalías entre +0,1 °C y +4,0 °C en dicha capa; los mayores valores de temperatura y anomalías térmicas fueron frente a Puerto Pizarro y Paita. Luego, por debajo de esta capa, se observaron anomalías negativas entre -1 °C y -0,5 °C hasta los 100 m de profundidad, en promedio. Finalmente, entre los 300 y 400 m de profundidad y frente al talud continental se detectaron anomalías de hasta +1 °C, desde Paita hasta Chimbote (Figura 30).

Frente a Negritos, entre febrero y el 9 de marzo, en base a los datos recopilados por el glider Chimú dentro de las 80 mn de la costa, se detectaron anomalías térmicas positivas en la capa superficial, fluctuando entre +2 °C y +4 °C, en promedio, y hasta los 40 m de profundidad. Por debajo de esta capa hasta los 100 m de profundidad se observaron anomalías negativas, las cuales fueron más intensas (-1 °C) entre el 9 y 14 de febrero, para luego debilitarse. A mayor profundidad, se detectaron anomalías mayores a +1 °C en una capa entre los 250 y 400 m en la cuarta semana de febrero (Figura 31), cuyo espesor se redujo ligeramente en el resto del período.

Entre las 100 y 200 mn frente Tumbes y Piura, conforme a los datos obtenidos por flotadores Argo, también se detectaron anomalías positivas sobre los 40 m de profundidad, con valores de hasta +4 °C a fines de febrero y los primeros 12 días de marzo. Por debajo de los 300 m de profundidad, en la segunda quincena de febrero se detectó un pulso de anomalía > +0,5 °C y en la segunda semana de marzo se detectó otro pulso con anomalía > +1 °C (Figura 32).

Frente a Paita y a Chicama, la profundidad de la isoterma de 15 °C, asociada a la termoclina, continuó presentándose más somera que su climatología, aunque con una tendencia a la normalización de su posición (Figura 33).

En promedio, la anomalía térmica sub-superficial en la zona norte (80 – 84°W, 3 – 7°S) entre la segunda quincena de febrero y los primeros diez días de marzo de 2023, ha presentado valores de hasta +4 °C sobre los 50 m de profundidad, los cuales son similares a El Niño Costero 2017 para el mismo período (Figura 34).

2.2.3. Salinidad del mar

La salinidad superficial del mar (SSM) mostró la aproximación de las Aguas Tropicales Superficiales (ATS) hasta Negritos durante la segunda semana de febrero, para luego replegarse al norte. En marzo, las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) alcanzaron la zona de Pimentel hasta las 60 mn de la costa con anomalías de -0,3 (Figuras 26 b, 30, 35 y 36). Al sur de Pimentel entre febrero y marzo, habrían predominado las aguas costeras frías (ACF), aunque con la presencia intermitente de salinidades de 34,7 dentro de las 20 mn, posiblemente asociadas a la descarga de los ríos (Figuras 35 y 36). En la zona oceánica se observaron a las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) fuera de las 100 mn (Figura 26 b, 30, 35, 36 y 37).

En términos generales, la influencia de las AES se habría ampliado hacia el sur paulatinamente alcanzando la zona de Pimentel al término del periodo de estudio, mientras que, las ATS habrían presentado una fuerte intromisión hasta Negritos entre la segunda y tercera semanas de febrero (Figura 30). En los primeros doce días de marzo se registraron más cambios posiblemente asociados al incremento de la temperatura y de la descarga de ríos debido a las lluvias.

2.2.4. Flujos subsuperficiales

La distribución vertical termohalina determinada en el Crucero de Evaluación de Recursos Pelágicos entre el 26 de febrero y el 09 de marzo, mostró flujos geostróficos hacia el sur sobre la plataforma y talud superior hasta aproximadamente los 250 m de profundidad en las secciones de Paita, Chicama y Chimbote, que alcanzaron su mayor intensidad (20 cm/s) frente a Paita. Frente a Punta Falsa, los flujos al sur se presentaron entre las 20 y 70 mn, fuera de la plataforma. No obstante, también se detectaron flujos al norte fuera de las 40 mn frente a Paita (100 – 450 m), dentro de las 15 mn sobre los 100 m de profundidad frente a Punta La Negra y a Chicama; así como en núcleos superficiales (< 50 m) en todas las secciones oceanográficas (Figura 29). Frente a Negritos, el monitoreo realizado con el glider “Chimú” dentro de las 100 mn evidencia que los flujos al sur alcanzaron su mayor intensidad en la tercera semana de febrero y dentro de las 40 mn, alcanzando velocidades integradas de hasta 15 cm/s en la capa de 0 – 400 m (Figura 40).

2.2.5. Aspectos biogeoquímicos

2.2.5.1. Oxígeno Disuelto

En cuanto a las concentraciones de oxígeno disuelto (OD), para fines de febrero e inicios de marzo, la iso-oxígena de 1,0 mL L⁻¹, indicador de la oxiclina, se ubicó entre los 60 y 140 m frente a Paita. Frente a Chicama se localizó entre los 40 m a 50 m. El borde superior de la zona de mínima de oxígeno (ZMO, OD < 0,5 mL L⁻¹) se ubicó a 170 m de profundidad en el extremo norte (Negritos y Paita) a fines de febrero, y en la primera semana de marzo, se profundizó a 200 m frente a Negritos. Asimismo, a inicios de marzo frente a Punta La Negra la posición del borde superior de la ZMO varió entre 50 m (80 mn) y 230 m (35 mn). Frente a Chicama se ubicó a 60 m y frente a Chimbote alcanzó los 25 m dentro de las 30 mn (Figura 30). La anomalía negativa de la profundidad de la oxiclina exhibió una tendencia a reducirse en la zona costera frente a Paita y a Chicama (Figura 33).

2.2.5.2. Nutrientes

La distribución de nutrientes en las secciones de Paita (26 y 27 de febrero), Chicama (06 de marzo) y Chimbote (08 y 09 de marzo), mostraron concentraciones bajas, asociadas a aguas cálidas. En Paita se evidenció un pulso de bajas concentraciones de nutrientes a las 40 mn, profundizándose hasta los 50 m las isolíneas de 1,5 µmol L⁻¹ de fosfatos, 10,0 µmol L⁻¹ de silicatos y nitratos. En Chicama, se observaron valores inferiores a 1,0 µmol L⁻¹ de fosfatos y a 5,0 µmol L⁻¹ en silicatos y nitratos. Por otro lado, se detectó una profundización de las isolíneas de 2,0 µmol L⁻¹ de fosfatos y 20,0 µmol L⁻¹ de silicatos y de nitratos. Para ambas secciones, esta profundización estuvo asociada a los flujos subsuperficiales hacia el sur. Por último, en Chimbote, se detectaron sobre la capa de 10 m valores inferiores a 1,0 µmol L⁻¹ de fosfatos y 5,0 µmol L⁻¹ de silicatos y nitratos.

Las concentraciones elevadas de nutrientes, habituales de aguas frías, se presentaron por debajo de los 25 m de profundidad con valores superiores a $2,0 \mu\text{mol L}^{-1}$ de fosfatos y $10,0 \mu\text{mol L}^{-1}$ de silicatos – nitratos (Figura 41).

2.2.5.3. Clorofila-a

La clorofila-a, indicador de la producción de fitoplancton, de acuerdo con la información satelital, en febrero presentó principalmente concentraciones entre $1,0$ a $2,0 \mu\text{g L}^{-1}$ a lo largo de la costa peruana, en una franja hasta las 60 mn entre Chicama y Pisco; mientras que, al norte de San José y al sur de San Juan, estas concentraciones se ubicaron replegadas a la costa (~ 10 mn). Las anomalías variaron de -1 a $-3 \mu\text{g L}^{-1}$, encontrándose las más extremas entre San José y Chimbote y entre Huacho y Pisco. En los doce primeros días de marzo ocurrió un ligero aumento de la concentración de clorofila-a, observándose valores mayores a $3 \mu\text{g L}^{-1}$ a lo largo de la costa dentro de las 15 a 20 mn, llegándose a detectar un núcleo de valores de $10 \mu\text{g L}^{-1}$ al norte de Huacho. A pesar del incremento de la productividad, han seguido predominando las anomalías negativas de -1 a $-3 \mu\text{g L}^{-1}$; aunque frente a Chimbote y el norte de Huacho se detectaron anomalías positivas de $\sim +4 \mu\text{g L}^{-1}$ (Figura 42).

La información in situ es congruente con la información satelital. Es así que, a inicios de febrero, condiciones de baja productividad fueron detectadas por el glider Chimú frente a Negritos, donde predominaron valores de clorofila-a menores a $1 \mu\text{g L}^{-1}$ por encima de los 50 m, mientras que entre fines de febrero y los primeros nueve días de marzo se detectaron concentraciones superficiales entre 1 y $4 \mu\text{g L}^{-1}$ (Figura 28). Además, información del Crucero de Evaluación de Recursos Pelágicos entre fines de febrero e inicios de marzo, mostró las mayores concentraciones entre Chimbote y Huacho ($>5 \mu\text{g L}^{-1}$); mientras que, al norte de Chimbote se observaron valores más bajos ($<0,5 \mu\text{g L}^{-1}$) (Figura 43). Cabe indicar que las condiciones de baja productividad a lo largo de la costa peruana se vienen presentando desde setiembre del 2022 y han sido persistentes hasta la fecha (Figura 44). Las bajas concentraciones de clorofila-a observadas en las últimas semanas a lo largo de la costa estarían principalmente asociadas al paso de la onda Kelvin cálida.

3. INDICADORES ECOLÓGICOS Y BIOLÓGICO-PESQUEROS

3.1. Fitoplancton

El monitoreo de indicadores biológicos de masas de agua del fitoplancton y las concentraciones de volúmenes de plancton durante el Crucero de Evaluación de Recursos Pelágicos (I Etapa) se llevó a cabo entre 26 de febrero y 9 de marzo 2023 frente a los perfiles hidrográficos de Paita, Punta Falsa, Chicama y Chimbote, siendo la cobertura de muestreo desde 5 mn hasta aproximadamente 80 mn. Esta evaluación fue ejecutada a bordo de la L/P TASA 425.

3.1.1. Indicadores biológicos

En toda la sección de Paita se determinó a *Ceratium breve*, especie indicadora de AES, distribuida entre 5 y 80 mn de la costa asociado a una TSM que variaron entre de $24,81^\circ\text{C}$ y $27,80^\circ\text{C}$; además, se registró a *Tripes incisus* a 5 mn, especie indicadora de ASS, en este caso indicando aguas de mezcla (AES+ASS).

Por otro lado, se determinó a *Protooperidinium obtusum*, especie indicadora de ACF, distribuida desde Punta Falsa hasta a 5 mn de la costa relacionado a una TSM de 24,2 °C (Figura 45 a).

3.1.2. Volumen de plancton

El volumen de plancton presentó una variación entre 0,08 y 1,25 mL m⁻³, siendo el promedio de 0,44 mL m⁻³. Los máximos valores se presentaron frente a Paita y Malabrigo con valores de 1,25 y 1,13 mL m⁻³, ambos a 5 mn de la costa; mientras que, los otros valores fueron menores a 1,0 mL m⁻³ (Figura 45 b).

La composición de especies estuvo conformada principalmente de dinoflagelados termófilos con una alta riqueza de especies (*Triadinium polyedricum*, *Pyrocystis fusiformis*, *Tripes candelabrum*, *T. grande*, *T. arietinus*, *T. krastanii* y *Pyrophacus horologium*, entre otros).

3.2. Zooplancton

Frente a Paita se identificó al copépodo *Centropages brachiatus*, indicador de ACF, localizado hasta las 16 mn de la costa, con valores entre 3 y 2 226 Ind. 100⁻³, mientras que, el copépodo *C. furcatus*, especie asociada a AES, fue determinada entre las 5 y 80 mn, registrando abundancias entre 3 y 74 937 Ind. 100⁻³. Las especies asociadas a ASS, como los copépodos *Acartia danae*, *Calocalanus pavo* y *C. plumulosus*, estuvieron localizadas entre las 16 y 80 mn con concentraciones entre 13 y 40 Ind. 100⁻³ (Figura 46 a). Cabe señalar que durante el mes de febrero 2023 se detectó un aumento en las concentraciones del copépodo *C. furcatus*, indicador de AES, en relación al muestreo del mes de diciembre del 2022; así mismo se determinó al copépodo *Undinula vulgaris*, especie inusual para el área evaluada.

Frente a Chicama se determinó al copépodo *C. brachiatus*, especie asociada a ACF, localizado entre las 30 y 80 mn, con abundancias que fluctuaron entre 23 y 143 245 Ind. 100m⁻³, mientras que, el copépodo *A. danae*, especie asociada a ASS fue detectado a 100 mn de la costa (Figura 46 b).

3.3. Condiciones biológico – pesqueras de los recursos pelágicos

Durante febrero, la pesca industrial de cerco dirigida al recurso anchoveta presentó en la región norte–centro una distribución desde Paita hasta Pisco, con un acercamiento hacia la costa dentro de las 30 mn, asociada a aguas de mezcla (AES, ACF y ASS). En la región sur, se distribuyó de Mollendo a Morro Sama, dentro de las 10 mn de la costa y asociada a ACF. En ambas regiones la distribución se asoció a anomalías térmicas entre cero y -1 °C (Figura 47). En la región norte–centro se registró un porcentaje de juveniles de 18,91 %, manteniendo la sobre posición de adultos y juveniles, mientras que, en la región sur se registró la mayor incidencia de juveniles con 68 % (Figura 48). Los indicadores reproductivos de anchoveta peruana del stock norte-centro, mostraron un aumento en la actividad desovante y disminución en los procesos de reabsorción. Por otro lado, el valor del contenido graso (CG) fue similar al mes anterior, evidenciando el gasto energético producto de su condición reproductiva (Figura 49).

En cuanto a las especies transzonales como es el caso de jurel (*Trachurus murphyi*) y caballa (*Scomber japonicus peruanus*) se registraron principalmente desde Chimbote hasta San Juan de Marcona, dentro de las 120 mn de la costa asociadas a aguas de mezcla entre ASS y ACF, con una gran disponibilidad; mientras que, el bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*) presentó una amplia distribución desde Talara hasta Morro Sama asociados a agua de mezcla entre AES, ASS y ACF en el norte y ASS y ACF en el sur (Figura 50).

Los valores del índice gonadosomático (IGS) mostraron que la caballa incrementó ligeramente su valor de IGS respecto a enero, indicando importantes procesos de maduración gonadal y desove, continuando con su periodo reproductivo. El IGS de jurel en lo que va del mes de marzo, mostró la disminución en su actividad reproductiva, indicándonos el fin de su periodo importante de reproducción y el recurso bonito, mostró una ligera disminución en el valor de IGS, indicando la disminución de los procesos de maduración gonadal y desove (Figura 51).

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

La merluza (*Merluccius gayi peruanus*) se distribuyó frente a la zona comprendida entre Puerto Pizarro y Punta La Negra y, las principales capturas de la flota industrial se registraron al norte de Punta Sal (Figura 52 a); además, durante febrero, la estructura de tallas total del recurso fluctuó entre 18 y 66 cm de longitud total (LT), con una moda principal en 32 cm LT, la que fue mayor respecto al mes anterior (Figura 52 b).

El calamar gigante (*Dosidicus gigas*), pulpo (*Octopus mimus*) y concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) abanico mostraron incrementos de sus desembarques, a diferencia del recurso calamar común (*Doryteuthis gahi*) que disminuyó respecto a enero 2023 (Figuras 53 a y 54). El calamar gigante estuvo distribuido entre Paíta y Morro Sama, mostrando las mayores concentraciones en las zonas norte y centro (Figura 53 b).

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 55). Es de señalar, que durante el mes de febrero no se observaron especies indicadoras de eventos cálidos.

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 marzo 2023, indican una transición hacia las condiciones neutras del ENOS durante fines del verano y otoño australes, y hacia condiciones cálidas del ENOS durante fines del invierno y primavera (Figura 56). Para la región Niño 1+2, los modelos NMME, el modelo CFSv2 y el modelo ECMWF, inicializados en inicios de marzo 2023, indican que para el periodo abril-junio 2023 las anomalías de TSM estarían entre +1,0 °C y +2,0 °C, dentro del rango de las condiciones cálidas del ICEN (Figura 57). Por otro lado, con condiciones iniciales del 3 al 12 marzo, el modelo CFSv2 pronostica anomalías positivas de TSM dentro de las condiciones cálidas del ICEN en la región Niño 1+2 desde marzo hasta la primavera de 2023 (Figura 58).

En lo que resta del mes de marzo 2023, se espera la llegada a Sudamérica de una onda Kelvin cálida (modo 1), generada en el Pacífico ecuatorial occidental como producto de una reflexión de onda Rossby cálida en enero. En abril, se espera la llegada de una onda Kelvin fría (modo 2), generada por las anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial central en enero 2023, la cual se ha debilitado en su propagación hacia la costa sudamericana. Cabe señalar que la persistencia de anomalías de vientos del oeste en la región del Pacífico oriental puede contribuir a debilitar aún más a la onda Kelvin fría, así como a fortalecer el paquete de ondas Kelvin cálidas. Además, en mayo, se espera la llegada de dos ondas Kelvin cálidas (modo 1 y modo 2), generadas por reflexión ondas Rossby en el Pacífico ecuatorial occidental (Figura 59).

En la franja adyacente a la costa peruana, 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 pronostica condiciones cálidas del ITCP entre abril y junio 2023; mientras que, el modelo dinámico acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia del Pacífico ecuatorial (Dewitte et al., 2002; Gushchina et al., 2000), siguiendo la metodología descrita en Quispe-Ccalluari et al. (2017), indica una tendencia del ITCP hacia las condiciones neutras entre marzo y junio 2023 (Figuras 60 y 61).

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.
- Álamo, V. & V. Valdivieso. 1987. Lista sistemática de moluscos marinos del Perú. Bol. Inst. Mar. Perú- Callao. Volumen Extraordinario: 205 pp.
- 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.
- Anculle, T., Graco, M., Vásquez, L., García W., Gutiérrez, D. (2021). Contribución de las ondas Kelvin a las anomalías térmicas de las aguas costeras frente al Perú durante El Niño 2015 – 2016 y El Niño Costero 2017. Bol Inst Mar Perú, 36(2): 362 - 384
- 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=I017802040000000000000000.
- 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 Inst. Oceanogr. 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.
- Dioses 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.

- Dioses 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.
- 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.
- Espinoza-Morriberon D., Echevin V., Colas F., Tam J., Ledesma J., Graco M., Vásquez L. 2017. Impact of the El Nino 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. Guia FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacifico centro-oriental. Roma, FAO. Volumen II y III.1199p.
- Folkens, P. & Reeves, R. 2002. Guide to marine mammals of the world. National Auubon 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). 2021. Informe de las condiciones oceanográficas y biológico-pesqueras febrero 2021. [en línea]. Callao, Instituto del mar del Perú. Julio 2021.
- 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. Ansorge, 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 übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. 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]
- 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., Drévilhon, 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. Domínguez, 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 euphausídeos 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.avisos.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) Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich 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 (Peridinien 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.
- 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], Volumen 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 (*Merlucius 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 populacoes 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 (GHRST) 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 enero 2022 a marzo 2023.

a) Temperatura superficial del mar

Temperatura Superficial del Mar (°C) en los muelles costeros del IMARPE

AÑO	MES	TUMBES	PAITA	SAN JOSÉ	CHICAMA	CHIMBOTE	HUACHO	CALLAO	PISCO	MATARANI	ILO
2022	01	27.62	21.19	18.98	16.38	20.79	15.98	15.46	21.68	16.23	16.19
	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	16.61
	02	29.37	24.50	23.71	20.41	22.59	17.40	16.88	22.44	17.12	17.70
	01-12/03	29.03	26.06	23.00	21.12	23.34	18.88	18.49	23.08	17.49	17.37

b) Anomalías de la temperatura superficial del mar

Anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (°C) en los muelles costeros del IMARPE

AÑO	MES	TUMBES	PAITA	SAN JOSÉ	CHICAMA	CHIMBOTE	HUACHO	CALLAO	PISCO	MATARANI	ILO
2022	01	+0.22	+0.59	-1.82	-1.02	-0.51	-1.32	-0.84	-1.02	-0.55	-1.01
	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	-0.59
	02	+1.37	+1.50	+1.11	+1.61	+0.39	-0.40	-0.12	-0.66	+0.18	+0.50
	01-12/03	+1.03	+2.85	+0.12	+1.92	+0.95	+0.78	+1.01	+0.04	+0.41	+0.23

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 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 ¹	+1.4 ²		(⁴)	-0.16 ³	-0.67

¹ Valor preliminar.

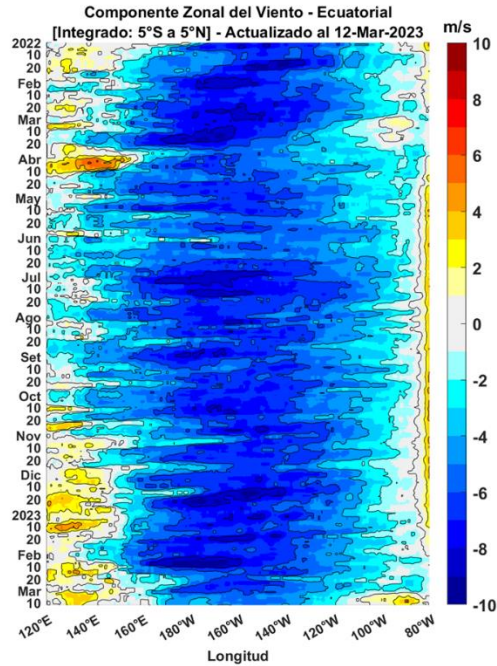
² Valor preliminar de la primera componente.

³ Valor preliminar del ONI (https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/detrend.nino34.ascii.txt)

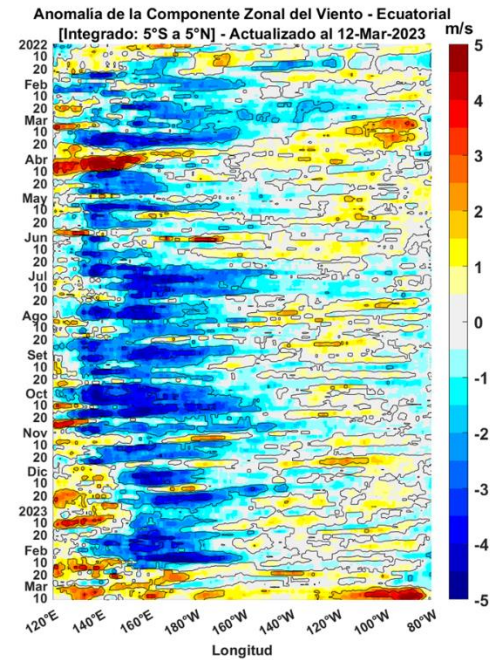
⁴ Sin dato disponible a la fecha

VIII. FIGURAS

a)



b)



c)

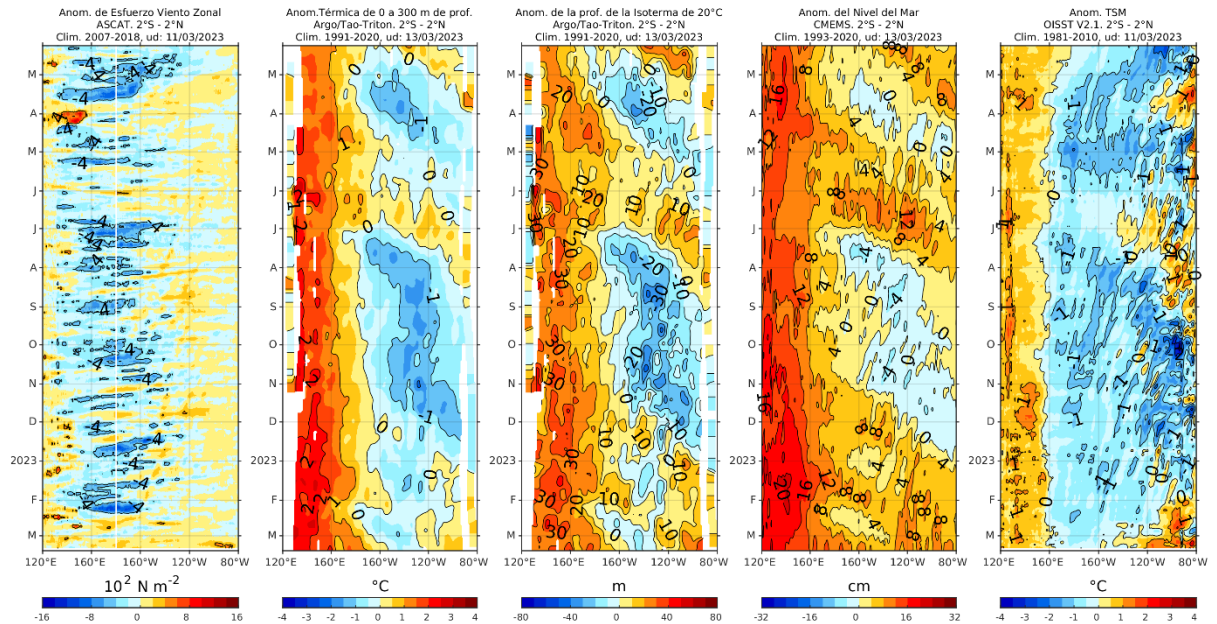
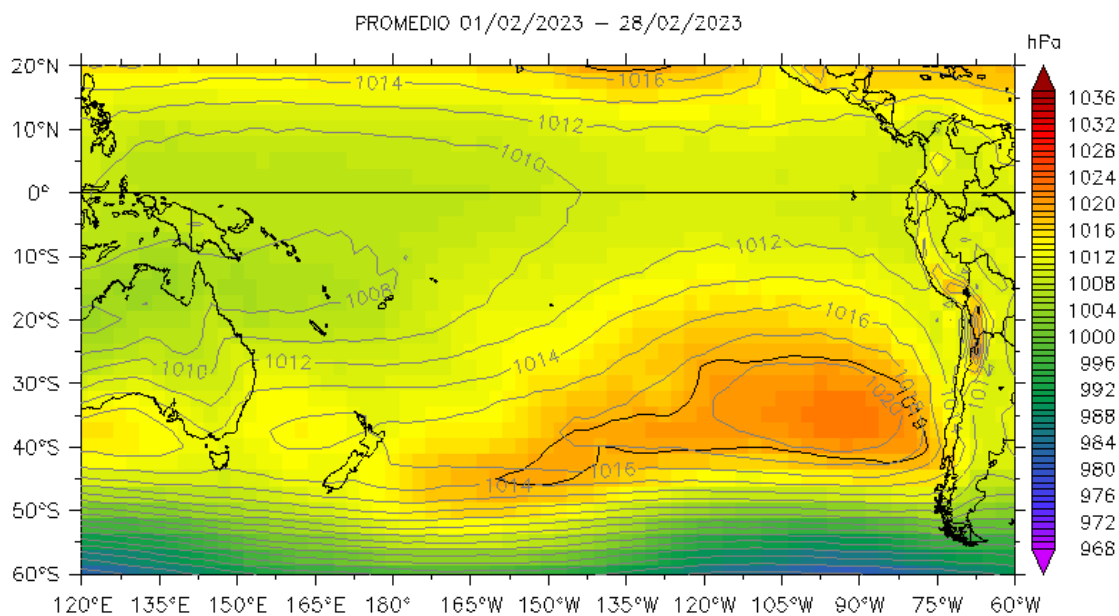


Figura 2. Viento satelital (integrado en los 5°S a 5°N en el Ecuador): a) Componente zonal del viento (m s^{-1}); b) Anomalia de la componente zonal del viento (m s^{-1}). Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina; y c) Anomalia de esfuerzo de viento zonal (10^{-2} N m^{-2}), Anomalia térmica sobre los 300 m de profundidad ($^{\circ}\text{C}$), Anomalia de la profundidad de la isoterma de 20 $^{\circ}\text{C}$ (m), Anomalia de Nivel del Mar (cm), Anomalia de temperatura de superficie del mar ($^{\circ}\text{C}$) de izquierda a derecha. IMARPE.

a)



b)

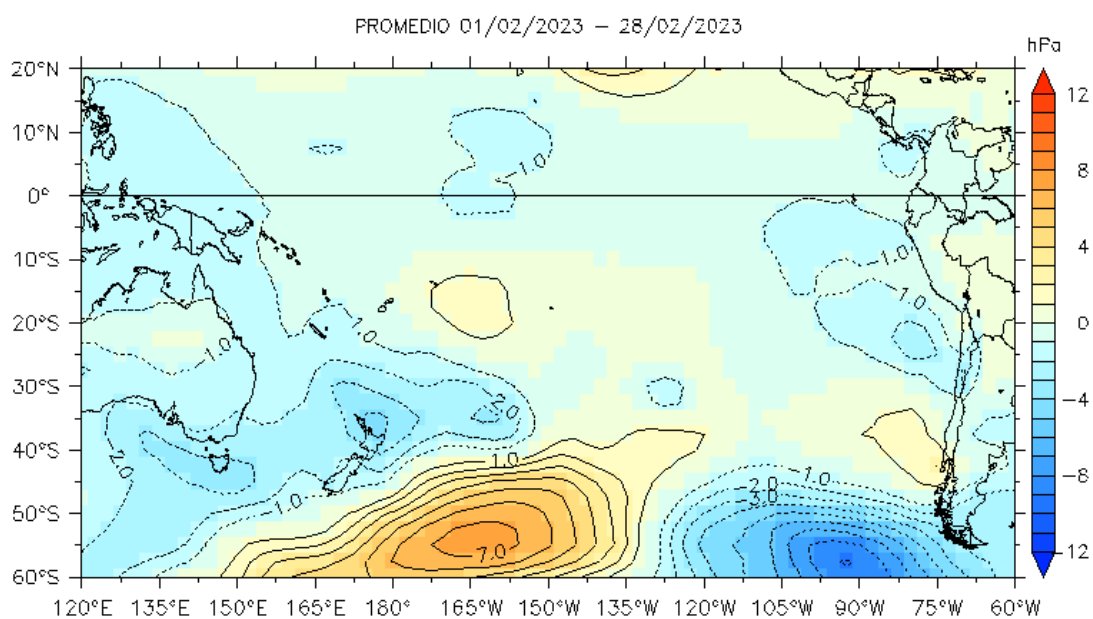


Figura 3. Presión atmosférica a nivel del mar, (a) promedio 1-28 de febrero 2023 (colores y contorno negro para la isóbara de 1019 hPa) y climatología febrero (contornos grises), y (b) anomalías promedio 1-28 de febrero 2023. Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

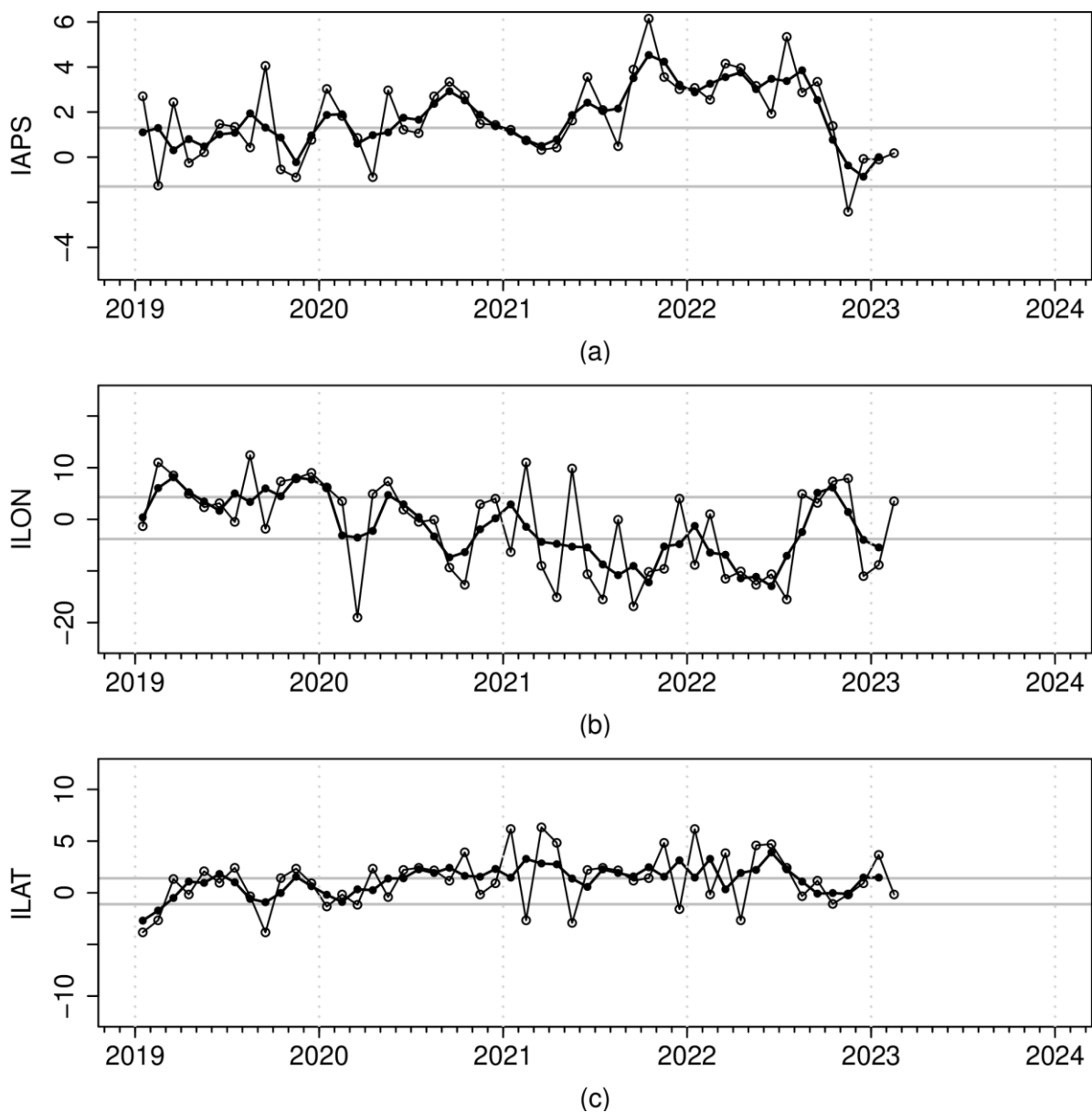


Figura 4. Variación temporal de los índices del APS: a) índice de intensidad (IAPS) e índices de posición b) longitudinal (ILON) y c) latitudinal (ILAT) hasta el trimestre DEF 2022-2023 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2019 – febrero 2023.

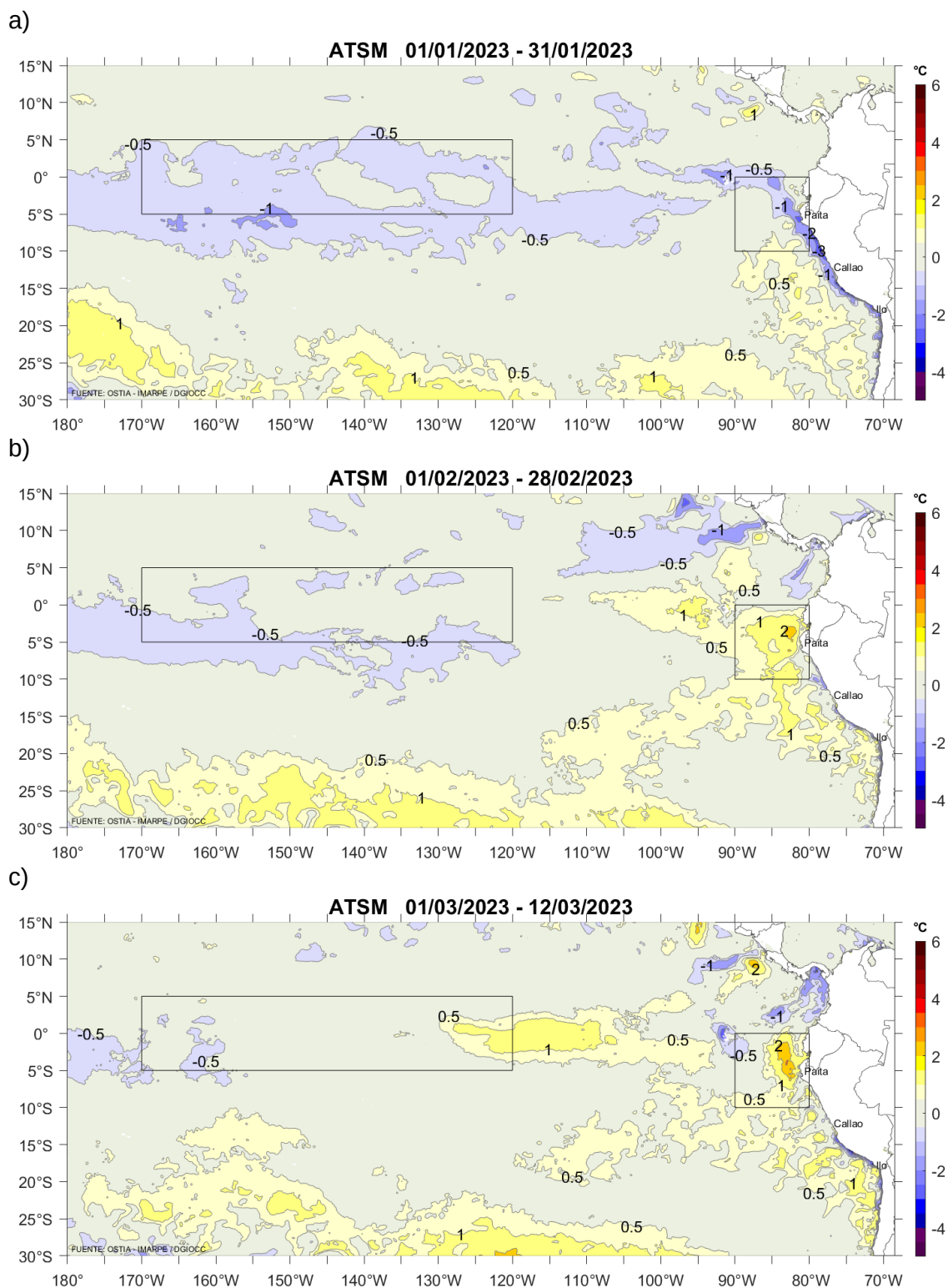


Figura 5. Anomalías promedio de la temperatura superficial del mar (°C) para los meses de a) enero, b) febrero y c) marzo (01-12), del 2023. Periodo base de 2007-2016. Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

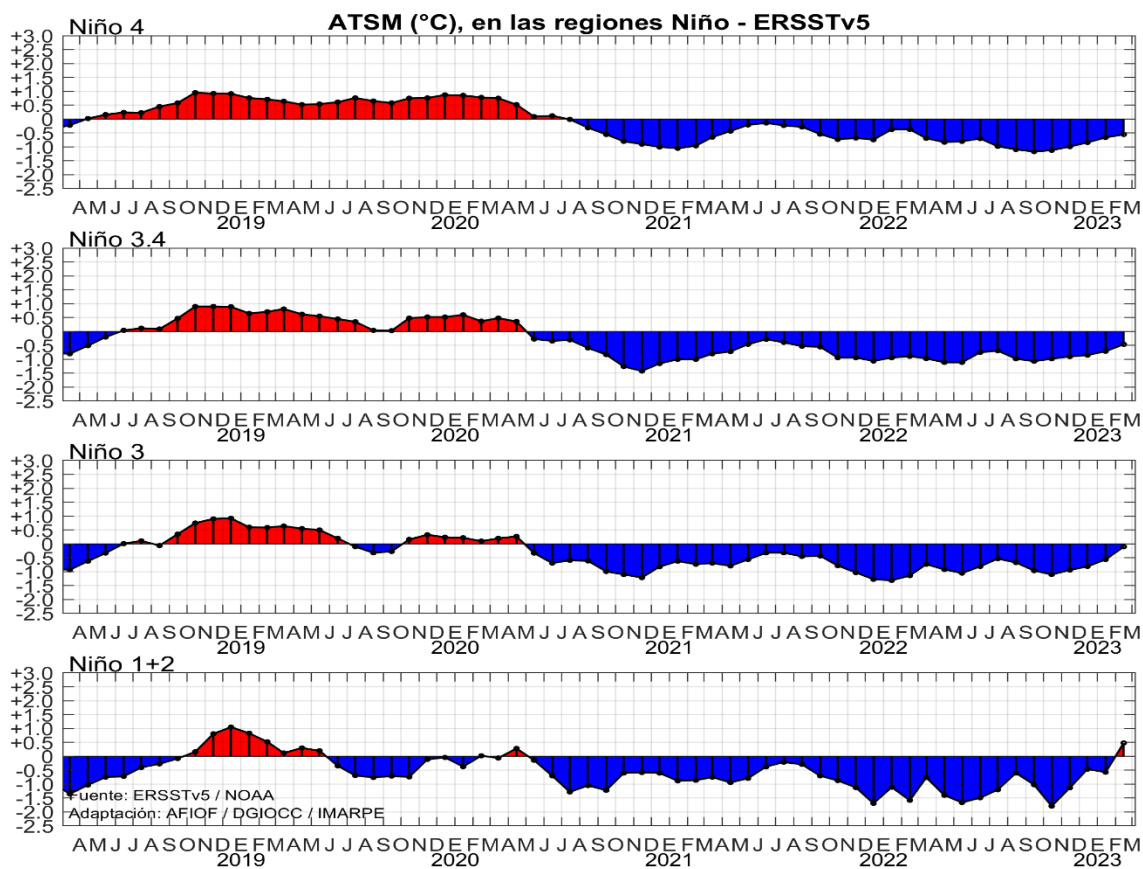


Figura 6. Variación mensual de las anomalías de la temperatura superficial del mar (°C), en las regiones Niño del Pacífico Ecuatorial, durante cinco años, hasta fines de febrero del 2023. Fuente CPC/NOAA, Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

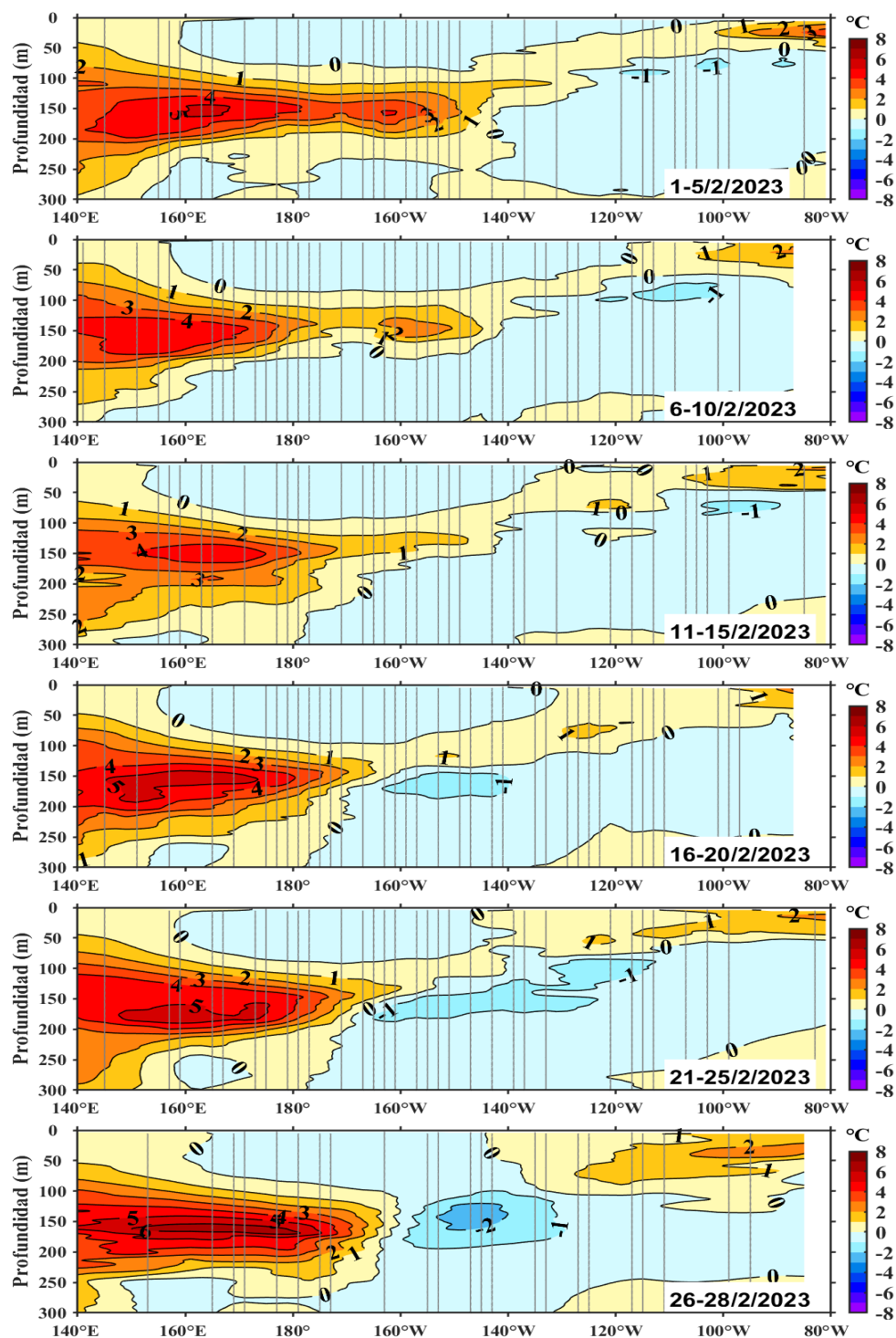


Figura 7. Anomalías de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en la capa superior (0-300 m) del Pacífico Ecuatorial ($140^{\circ}\text{E} - 80^{\circ}\text{W}$ y $2^{\circ}\text{S} - 2^{\circ}\text{N}$), en promedios de cinco días durante febrero de 2023. Periodo base 1993-2010. Fuente: ARGO - TAO/TRITON, Procesamiento AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

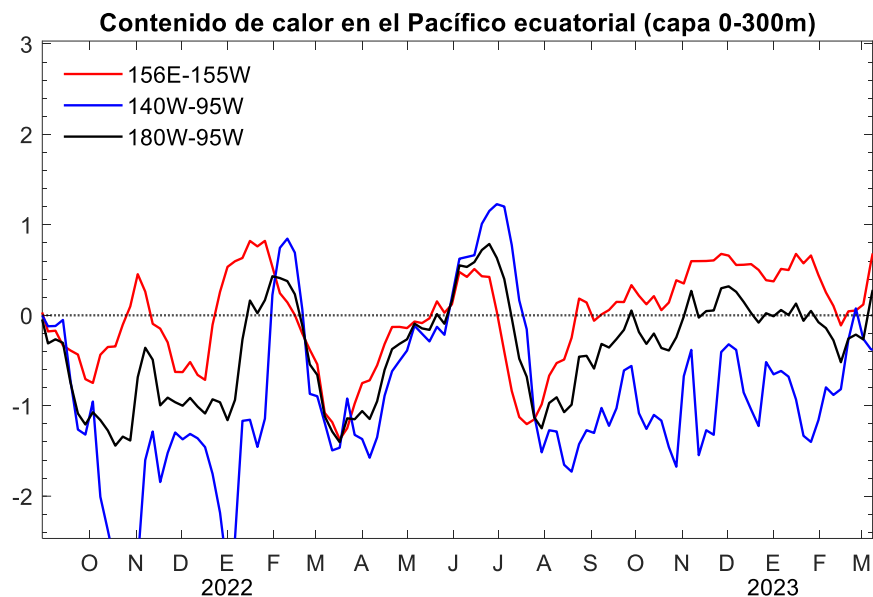


Figura 8. Anomalías del contenido de calor promediado en la capa de 0–300 m del Pacífico Ecuatorial ($2^{\circ}\text{S} - 2^{\circ}\text{N}$ y $156^{\circ}\text{E} - 95^{\circ}\text{W}$). Periodo base de 1981-2010. Fuente TAO-TRITON/PMEL/NOAA, Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

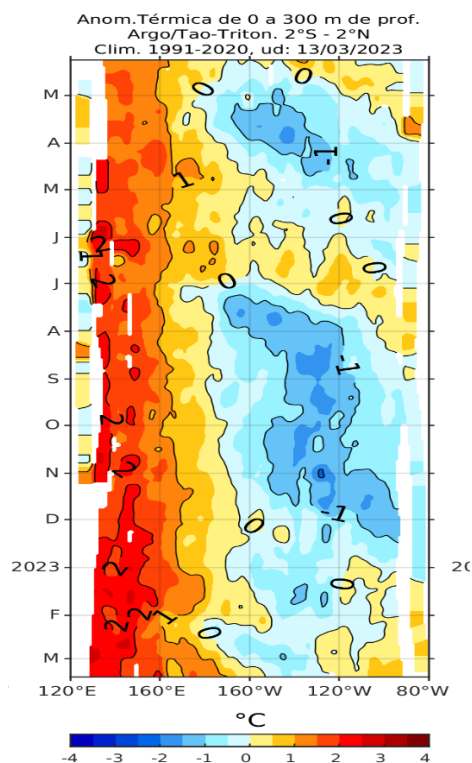


Figura 9. Evolución de las anomalías del contenido de calor promedio en la capa de 0-300 m y de 2°S a 2°N a lo largo del Pacífico Ecuatorial (140°E a 80°W), en el periodo de un año, hasta inicios de marzo 2023. Climatología: 1993-2010. Fuente: ARGO – TAO/TRITON, Procesamiento: DGIOCC/IMARPE.

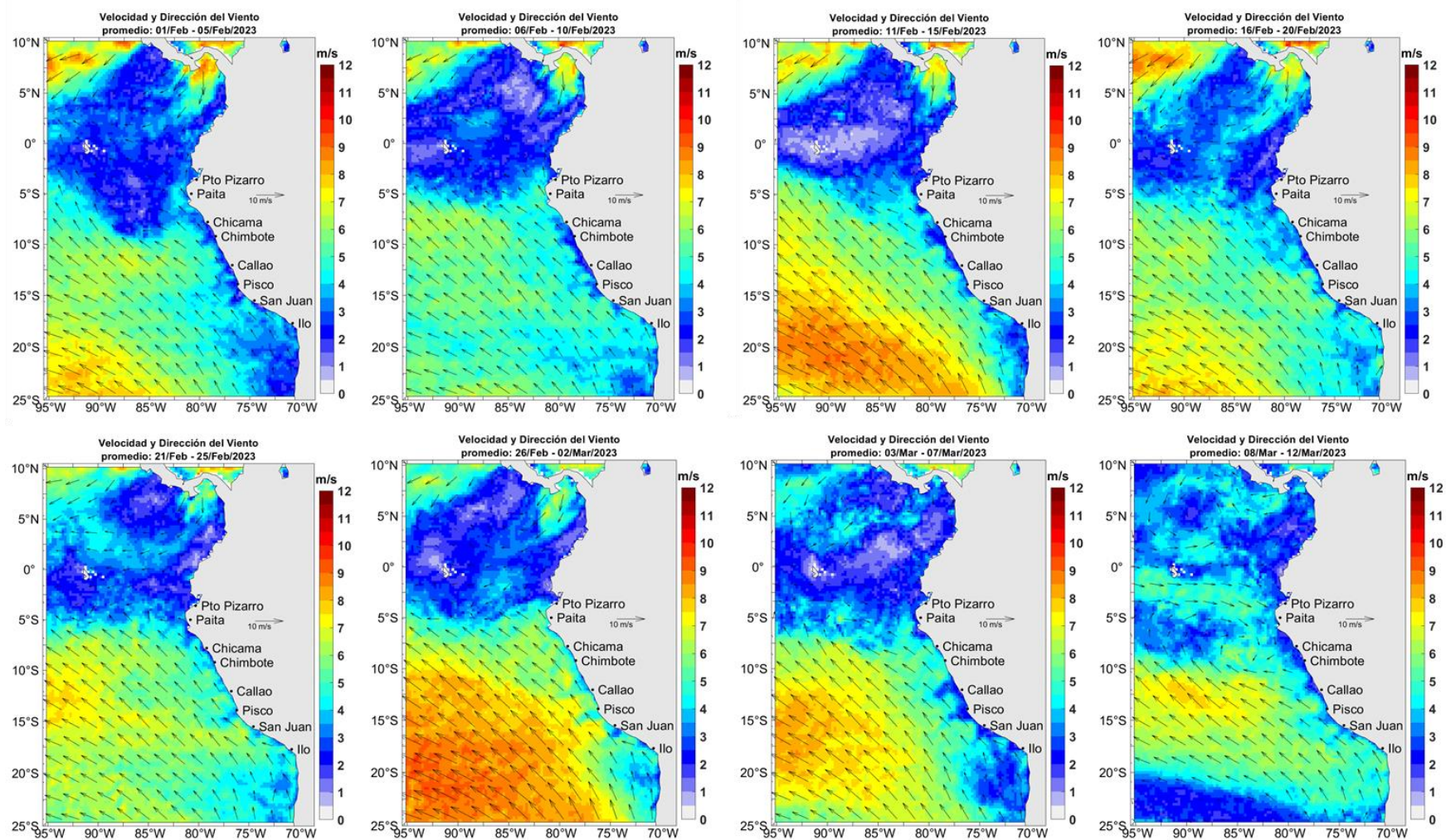


Figura 10. Mapas promedio 5 días de la velocidad del viento satelital (frente a la costa entre el Norte de Panamá y la costa peruana): Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio Costero de Santa Rosa/Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.

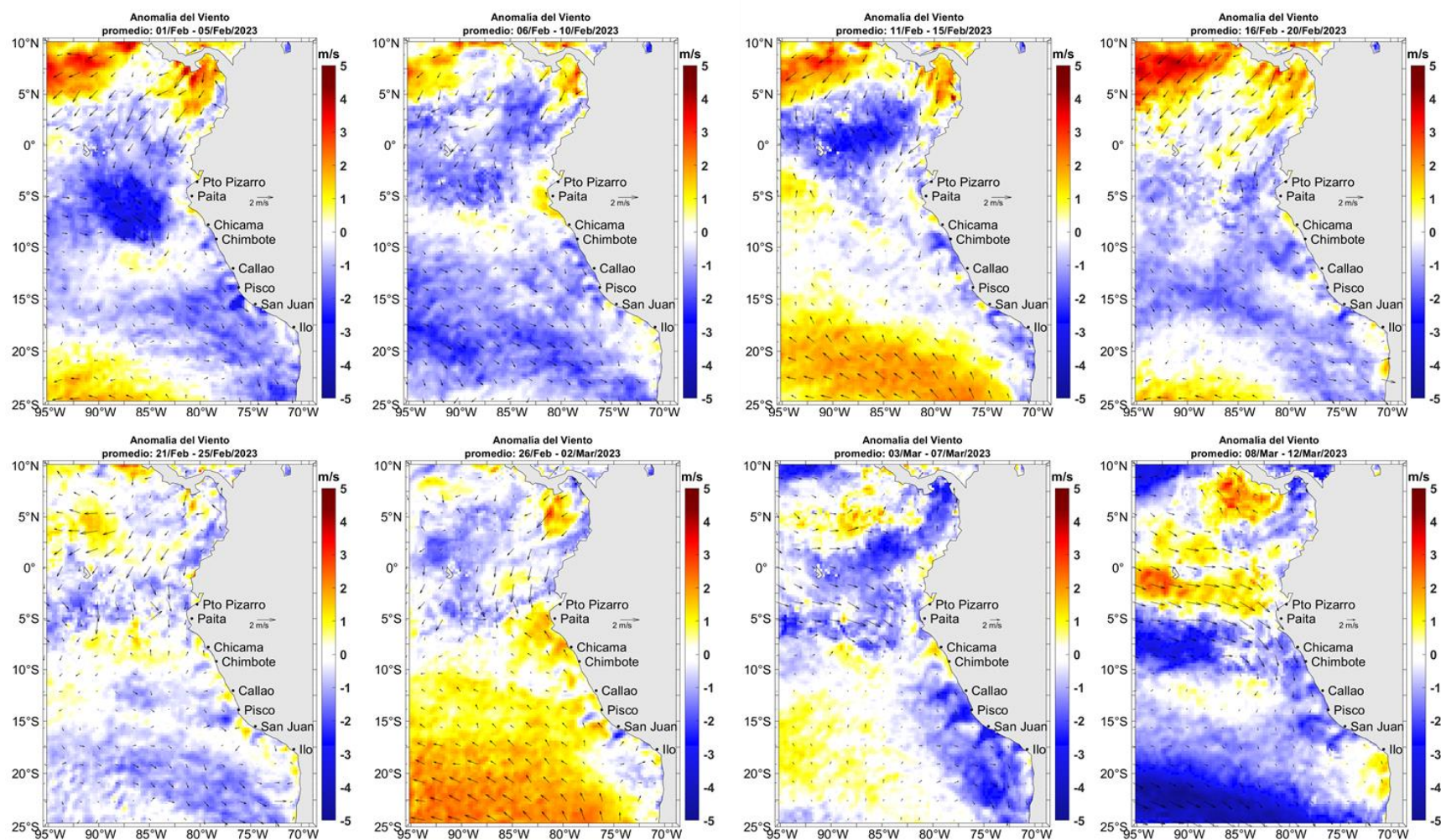


Figura 11. Mapas promedio 5 días de la anomalía de la velocidad del viento satelital (frente a la costa entre el Norte de Panamá y la costa peruana): Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio Costero de Santa Rosa/Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.

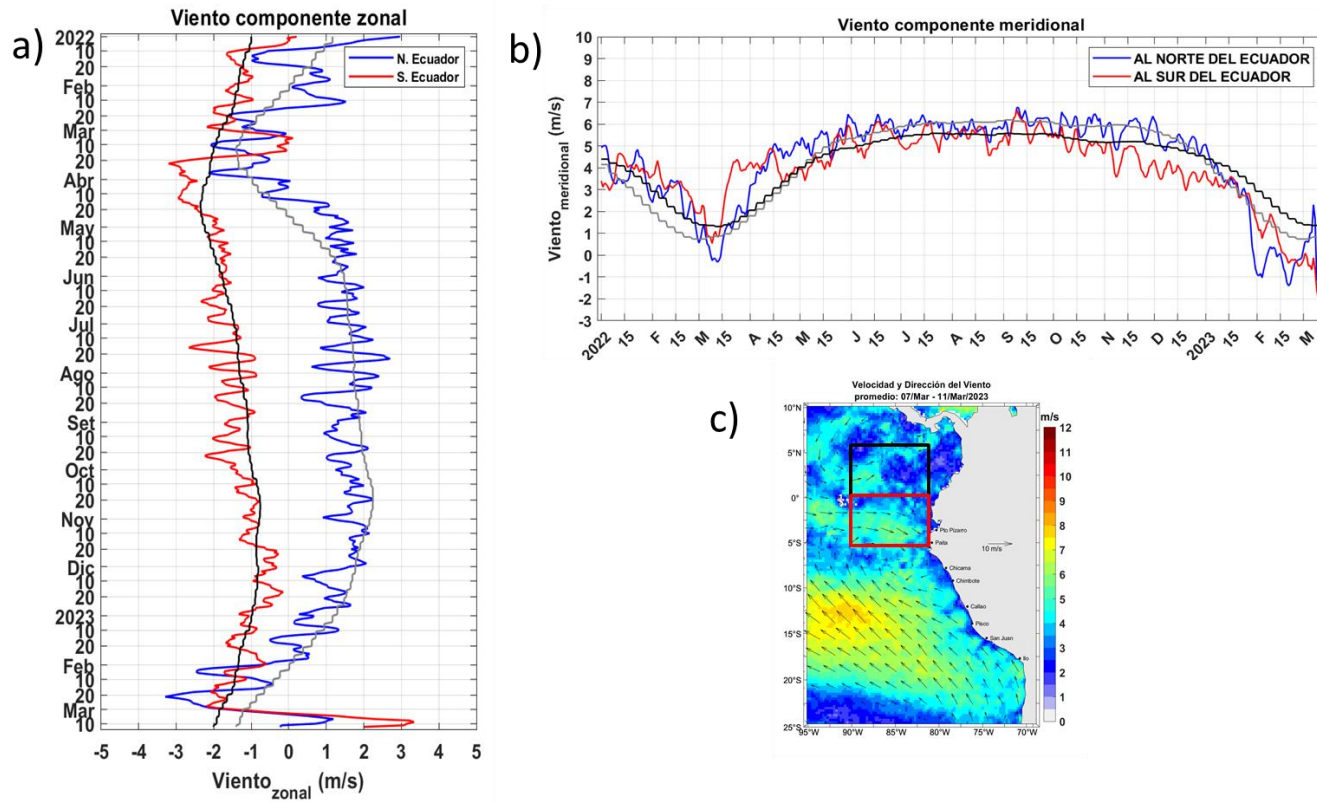
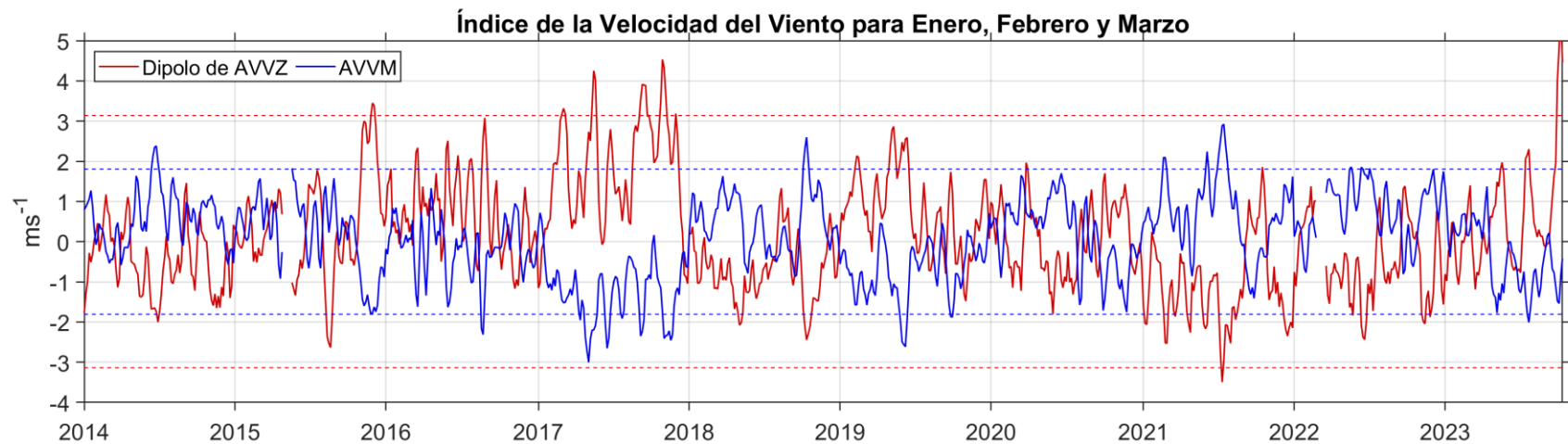


Figura 12. Serie de tiempo de a) velocidad de viento zonal al norte (azul) y al sur (rojo) de la línea ecuatorial, b) velocidad de viento meridional norte (azul) y al sur (rojo) de la línea ecuatorial, y c) ubicación de las regiones del viento al norte (caja negra) y sur de la línea ecuatorial (caja roja).

a)



b)

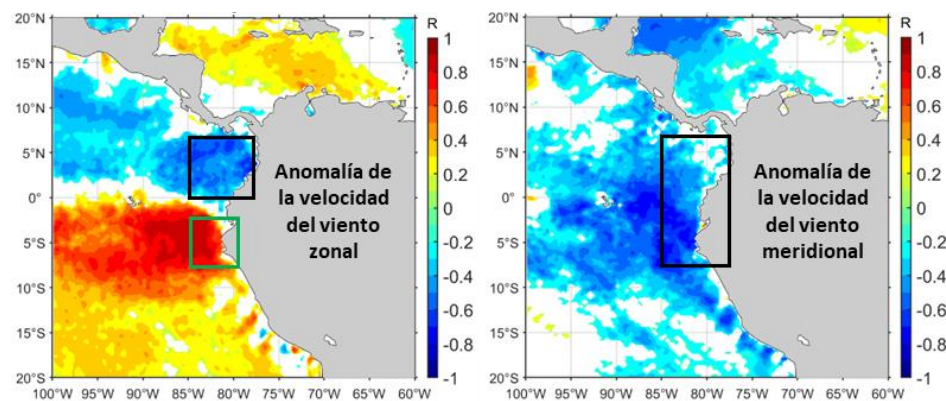


Figura 13. a) Serie de tiempo de dipolo de anomalía de viento zonal (rojo) y viento meridional (azul) frente a la costa norte de Perú, Ecuador y Chile para los meses de enero, febrero y marzo (1-12); b) ubicación de las áreas para el cálculo de los índices del viento zonal (izquierda) y meridional (derecha) (Anculle et al., 2021).

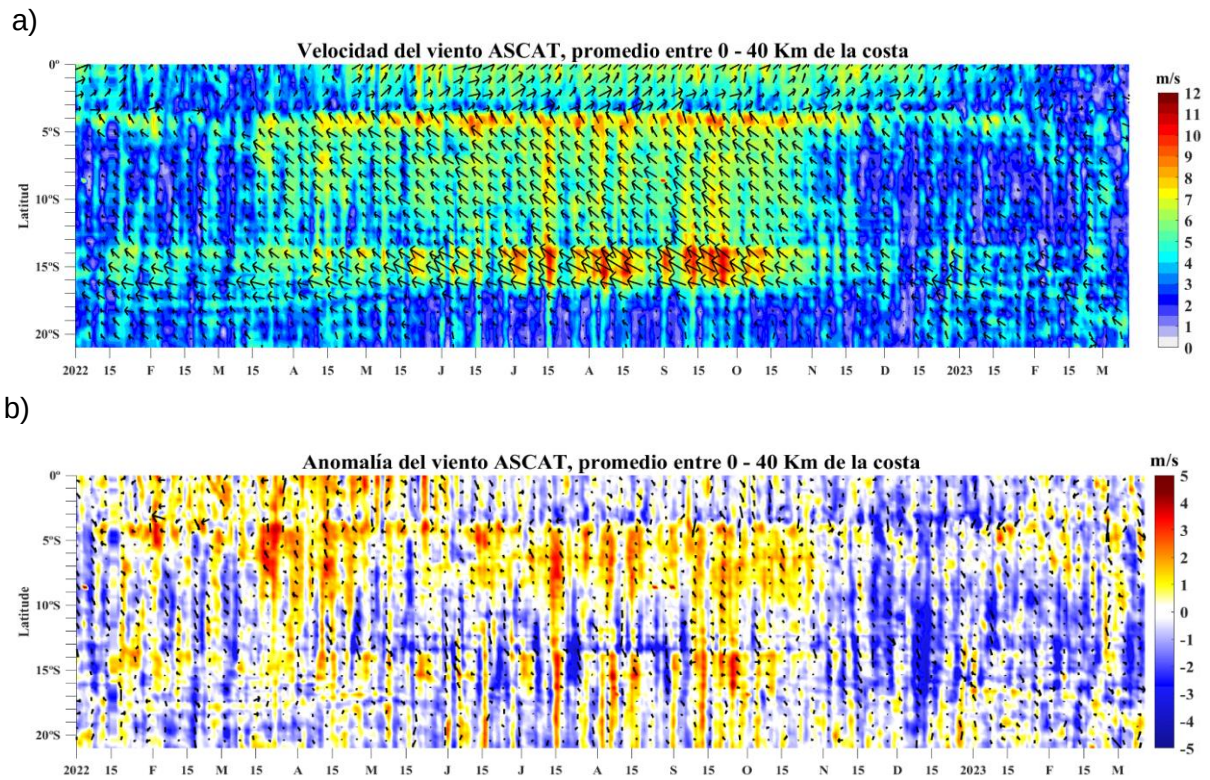


Figura 14. Viento satelital (40 Km frente a la costa del Perú): a) Velocidad del viento (m s^{-1}), b) Anomalía de la velocidad del viento (m s^{-1}) al 12 de marzo 2023. Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.

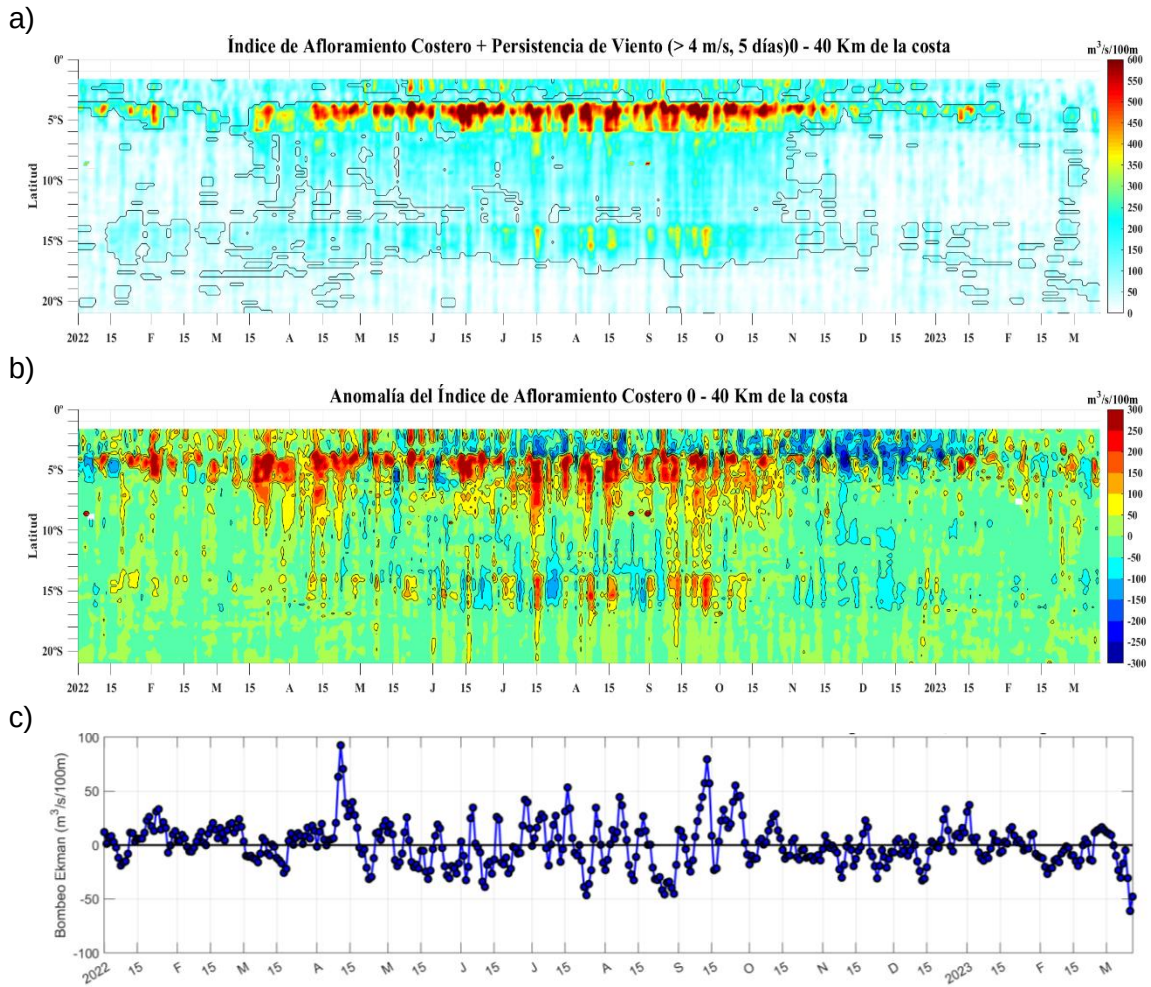
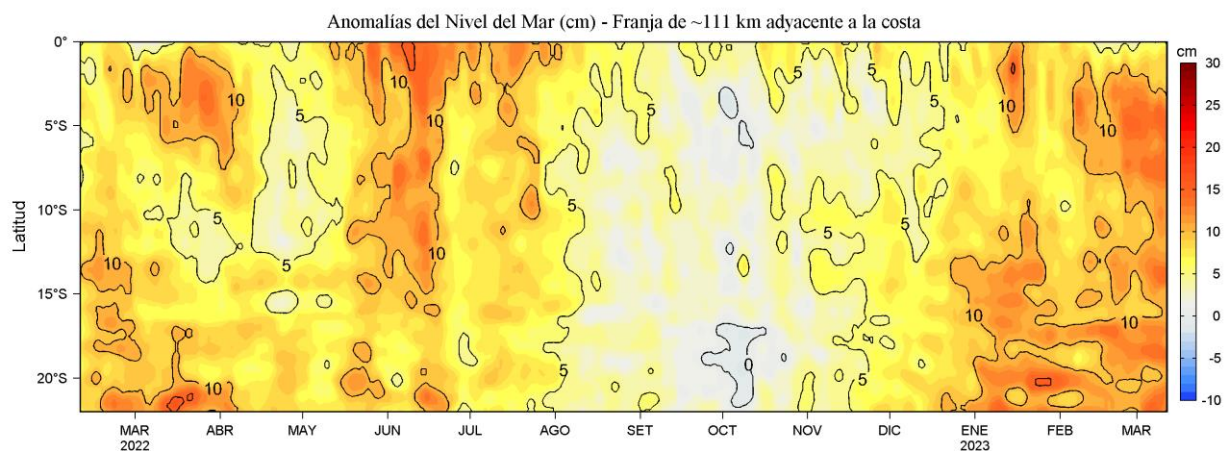


Figura 15. a) Índice de afloramiento costero - IAC ($m^3 s^{-1} 100 m^{-1}$), calculado a partir del viento satelital a 40 km frente a la costa del Perú; b) Anomalia del IAC ($m^3 s^{-1}$); c) Anomalia del Bombeo Ekman dentro de la franja de 200 Km adyacentes a la costa entre los 5 y 16°S ($m^3 s^{-1} 100 m^{-1}$). Todas las series están al 12 de marzo 2023. Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE.

a)



b)

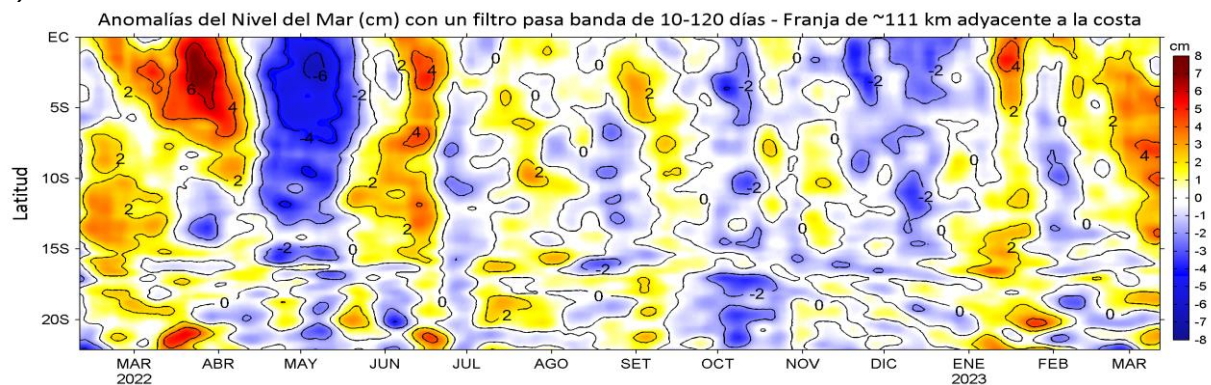


Figura 16. Evolución diaria de las anomalías del nivel del mar (cm) y b) anomalías del nivel del mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para una franja de 60 mn (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos doce meses al 12 de marzo 2023. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 para (a) y 1993-2010 para (b). Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

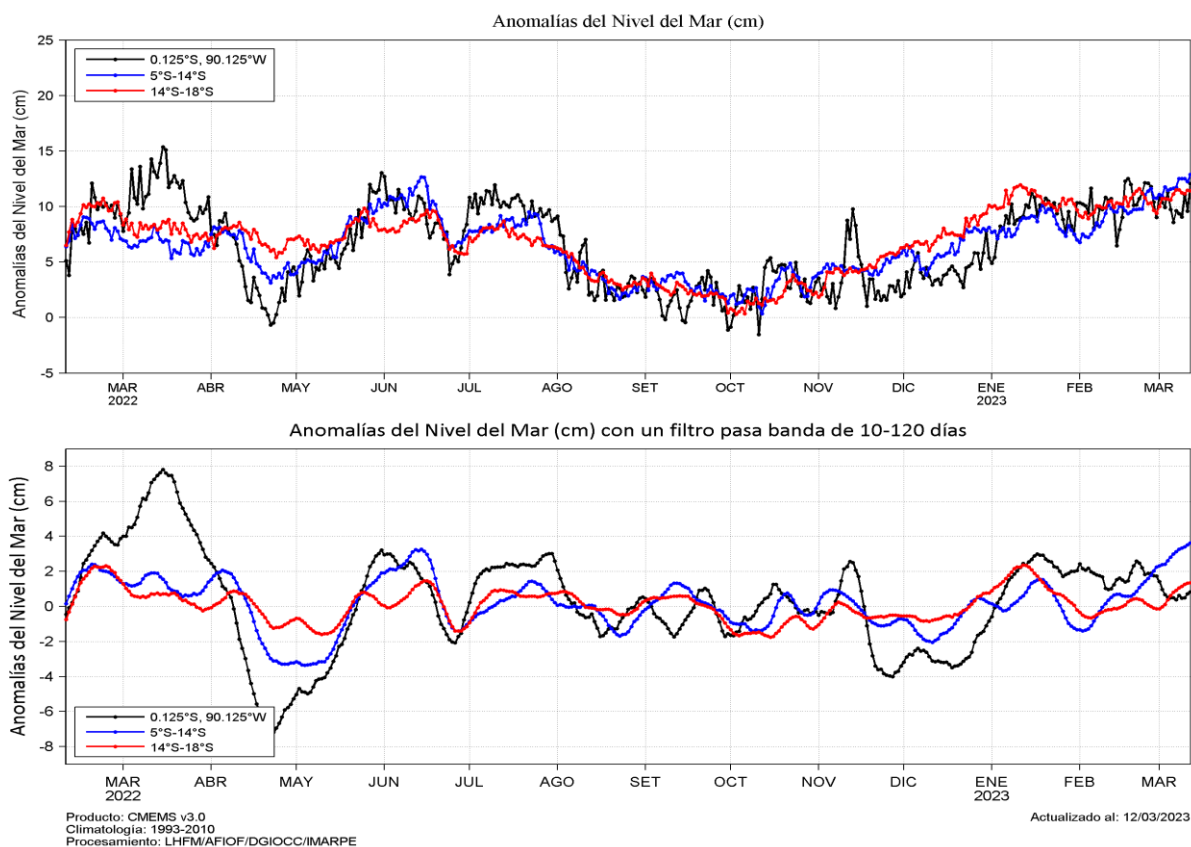


Figura 17. Variación temporal de las a) anomalías del nivel del mar (cm) y b) anomalías del nivel del mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para tres áreas promedio para los últimos doce meses al 12 de marzo 2023: i) Área de 75 km centrada en 0,125° S y 90.125° W, ii) Área promedio de 60 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.

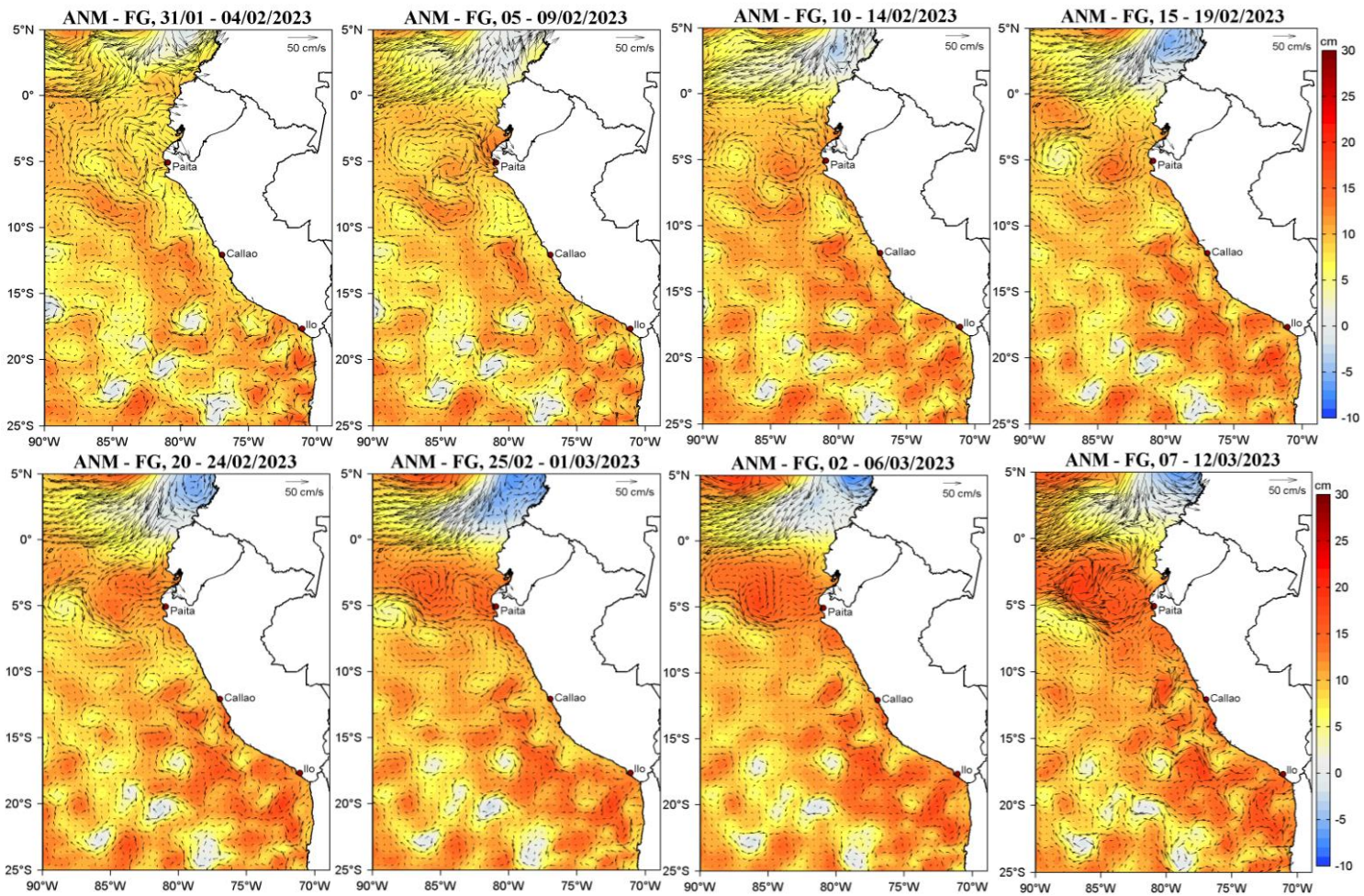


Figura 18. Distribución pentadal de las anomalías del nivel del mar (ANM, cm) y los flujos geostróficos (FG, cm s^{-1}) en el Pacífico Sudeste durante el mes de febrero y hasta el 12 de marzo 2023. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

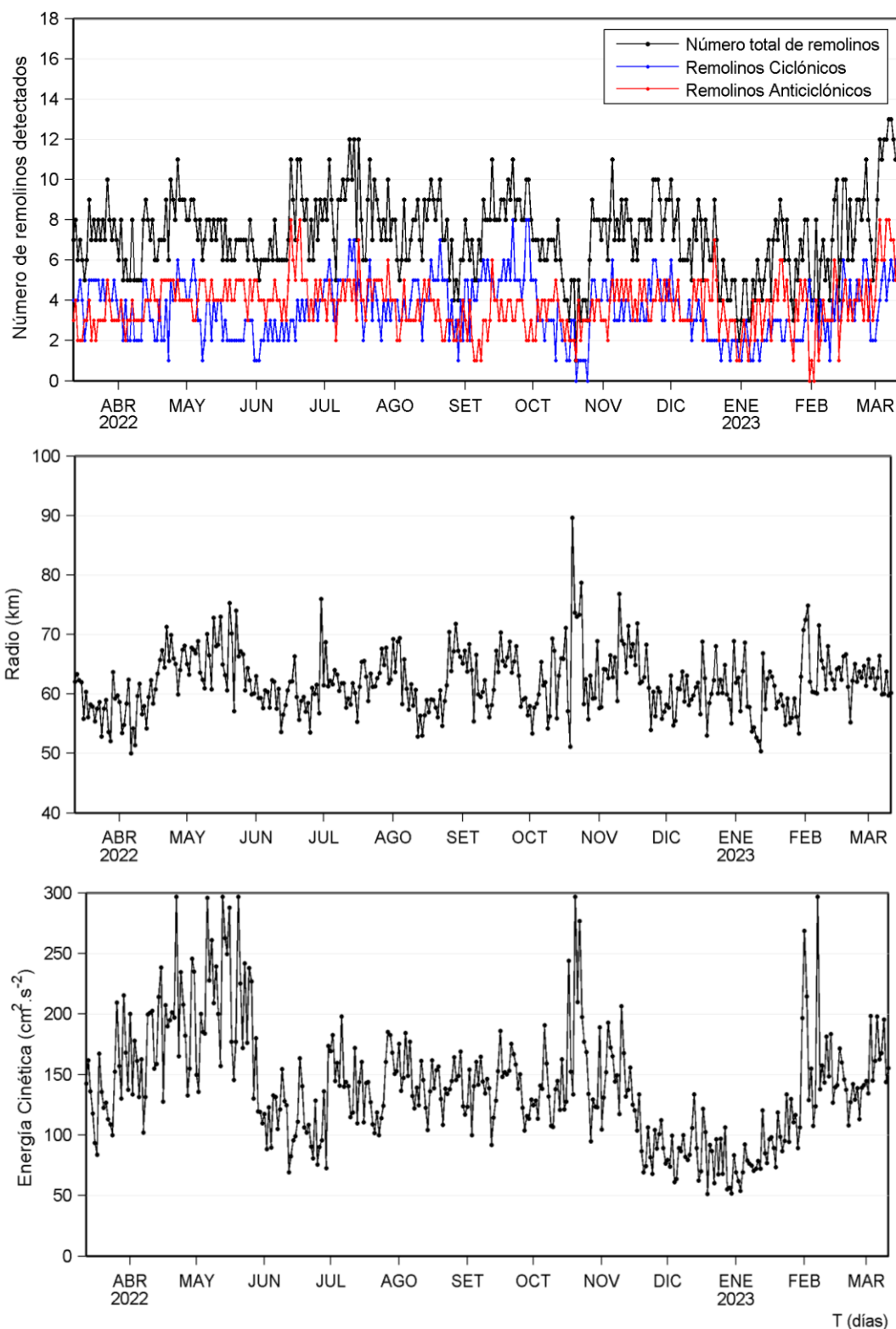


Figura 19. Variación diaria de: a) número de remolinos detectados, b) radio promedio (km) y c) la energía cinética promedio ($\text{cm}^2 \text{s}^{-2}$) de los remolinos entre 3°S y 18°S y de 70°W a 84°W de abril 2022 hasta el 12 de marzo 2023. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

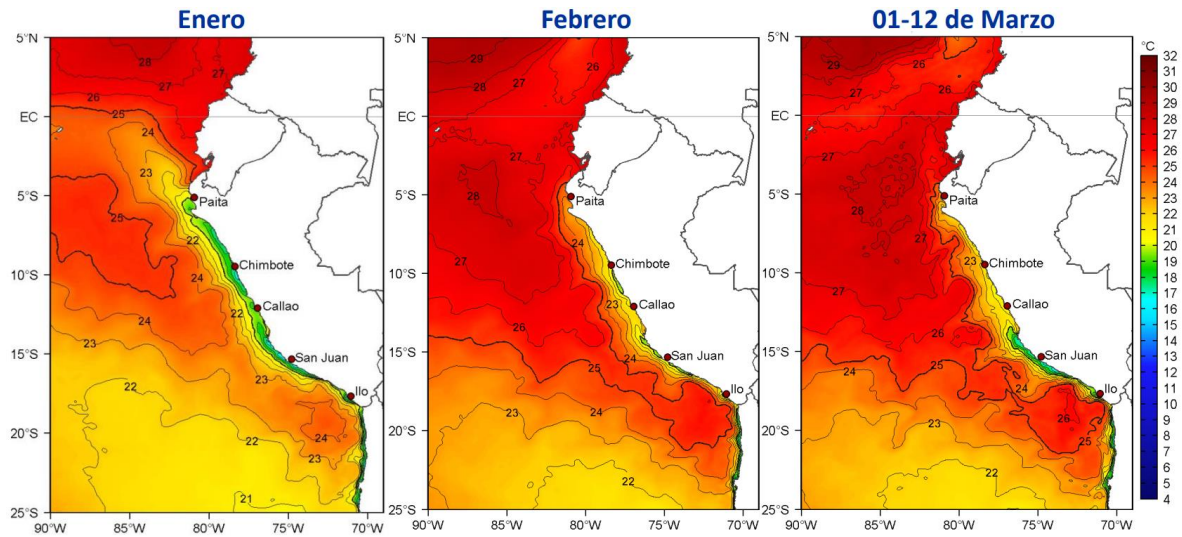


Figura 20. Distribución espacial promedio mensual de temperatura superficial del mar (TSM, °C) para el mes de enero (a), febrero (b) y del 01-12 de marzo en el año 2023 (c) en el océano Pacífico tropical oriental. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). Las escalas de colores de la TSM como de la ATSM se presentan a la derecha de cada gráfico. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

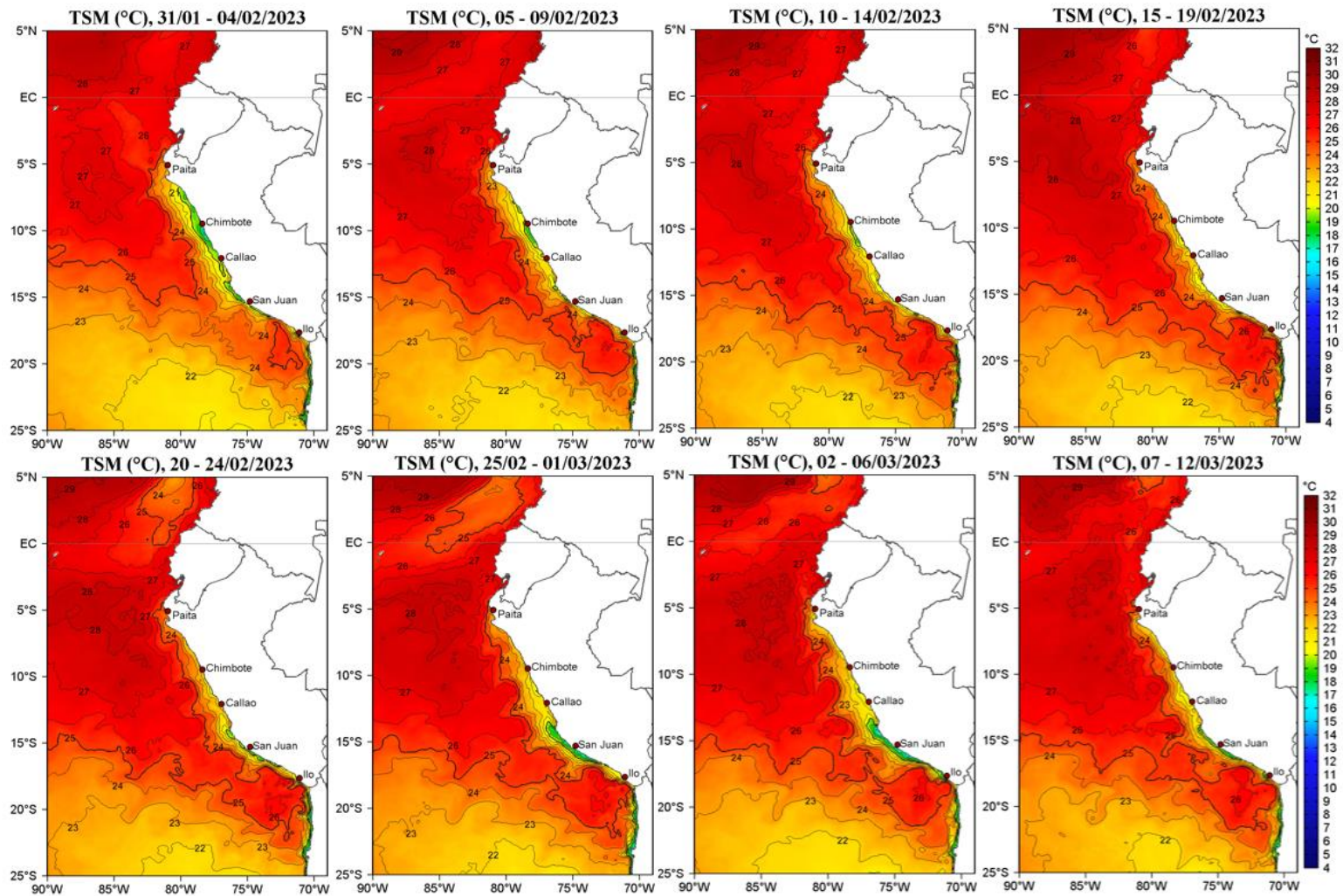


Figura 21. Distribución espacial promedio pentadal de la temperatura superficial del mar (TSM, °C) para el mes de febrero y hasta el 12 de marzo 2023 en el océano Pacífico tropical oriental. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). La escala de colores se presenta a la derecha.

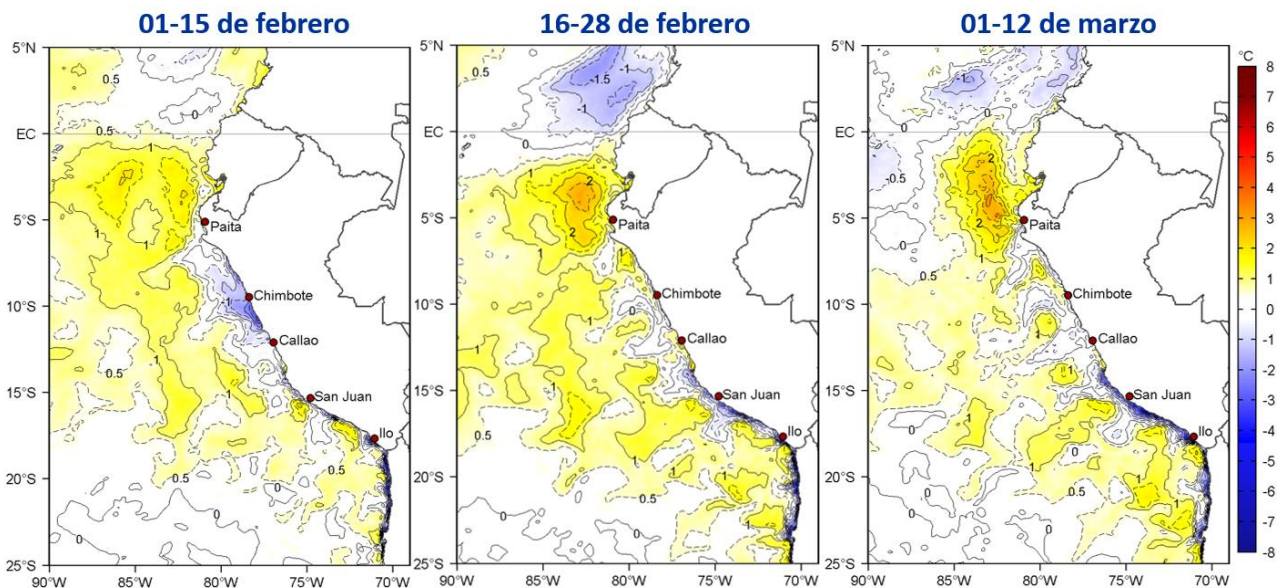


Figura 22. Distribución espacial promedio mensual de las anomalías de temperatura superficial del mar (ATSM, °C) para el mes de enero (a), febrero (b) y del 01-12 de marzo de 2023 en el océano Pacífico tropical oriental. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). Las escalas de colores de la TSM como de la ATSM se presentan a la derecha de cada gráfico. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

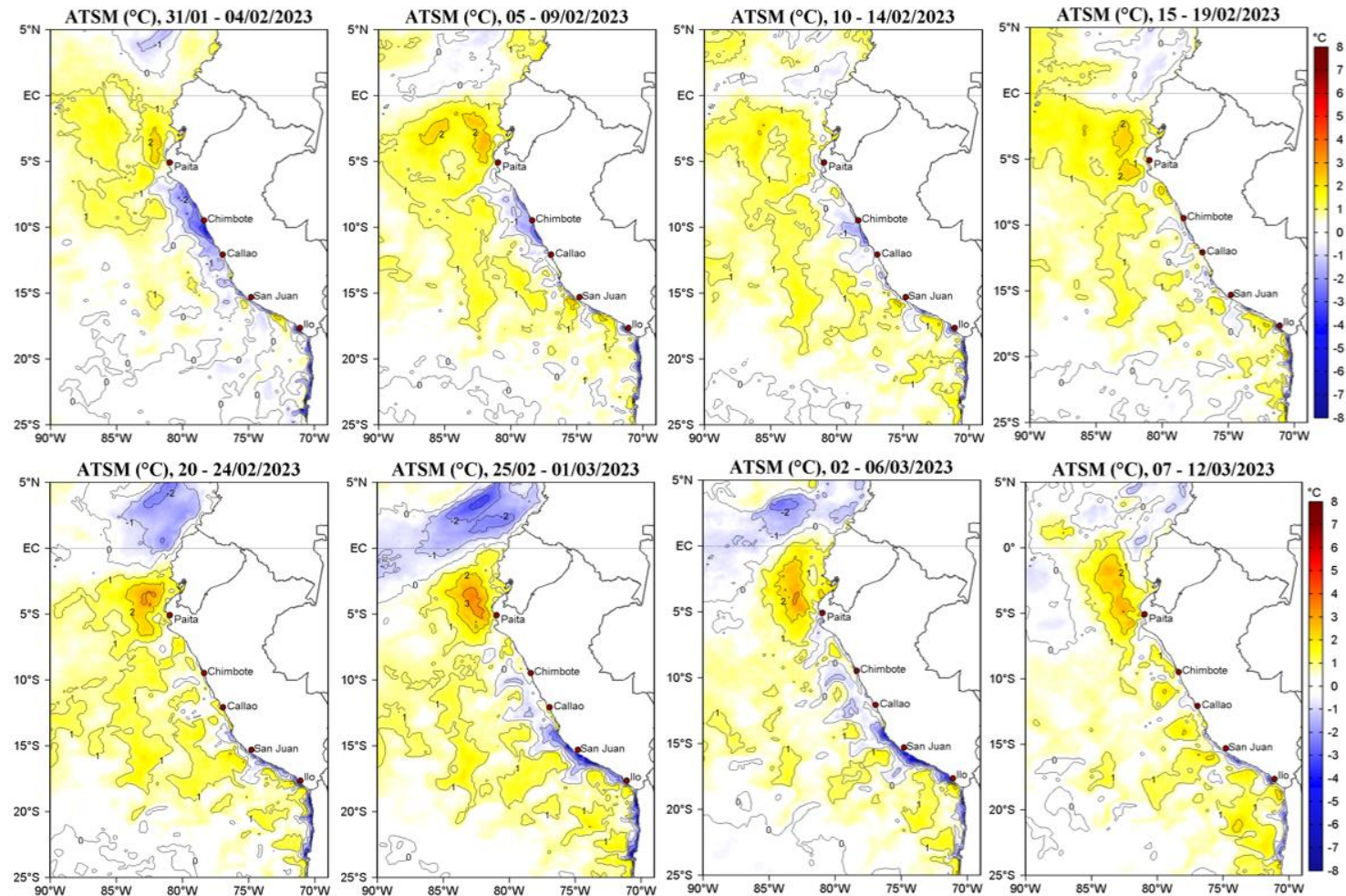


Figura 23. Distribución espacial promedio pentadal de las anomalías de temperatura superficial del mar (ATSM, °C) para el mes de febrero y hasta el 12 de marzo 2023 en el océano Pacífico tropical oriental. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). La escala de colores se presenta en el margen derecho

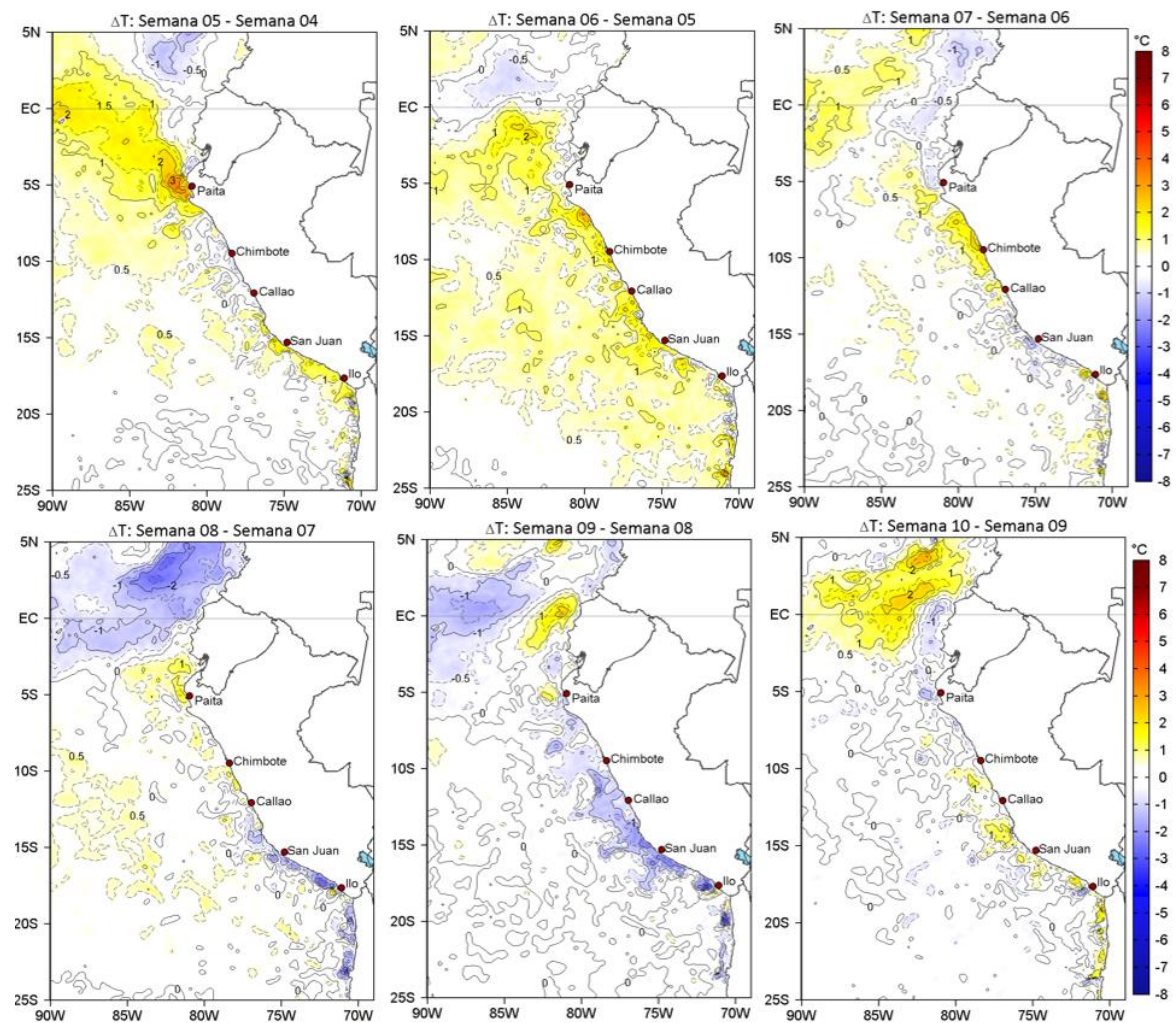


Figura 24. Cambio semanal de la temperatura superficial del mar (TSM, °C). Fuente: OSTIA, Climatología: 2007-2016. Semanas S4 (22-28/01), S5 (29/01-04/02), S6 (05-11/02), S7 (12-18/02), S8 (19-25/02), S9 (26/02-04/03), S10 (05-11/03).

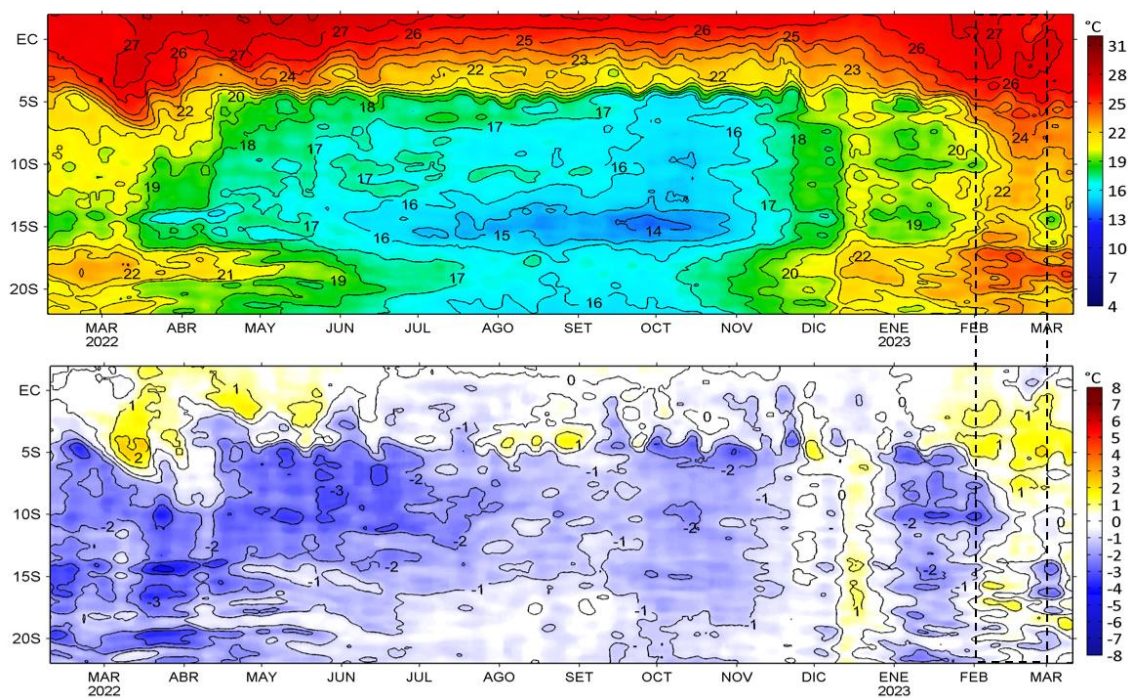


Figura 25. Diagrama Hovmöller de la TSM (°C) y ATSM (°C) para una franja de 60 mn (~111 km) adyacente al litoral de febrero 2022 al 12 de marzo 2023. Fuente: OSTIA, Climatología: 2007-2016.

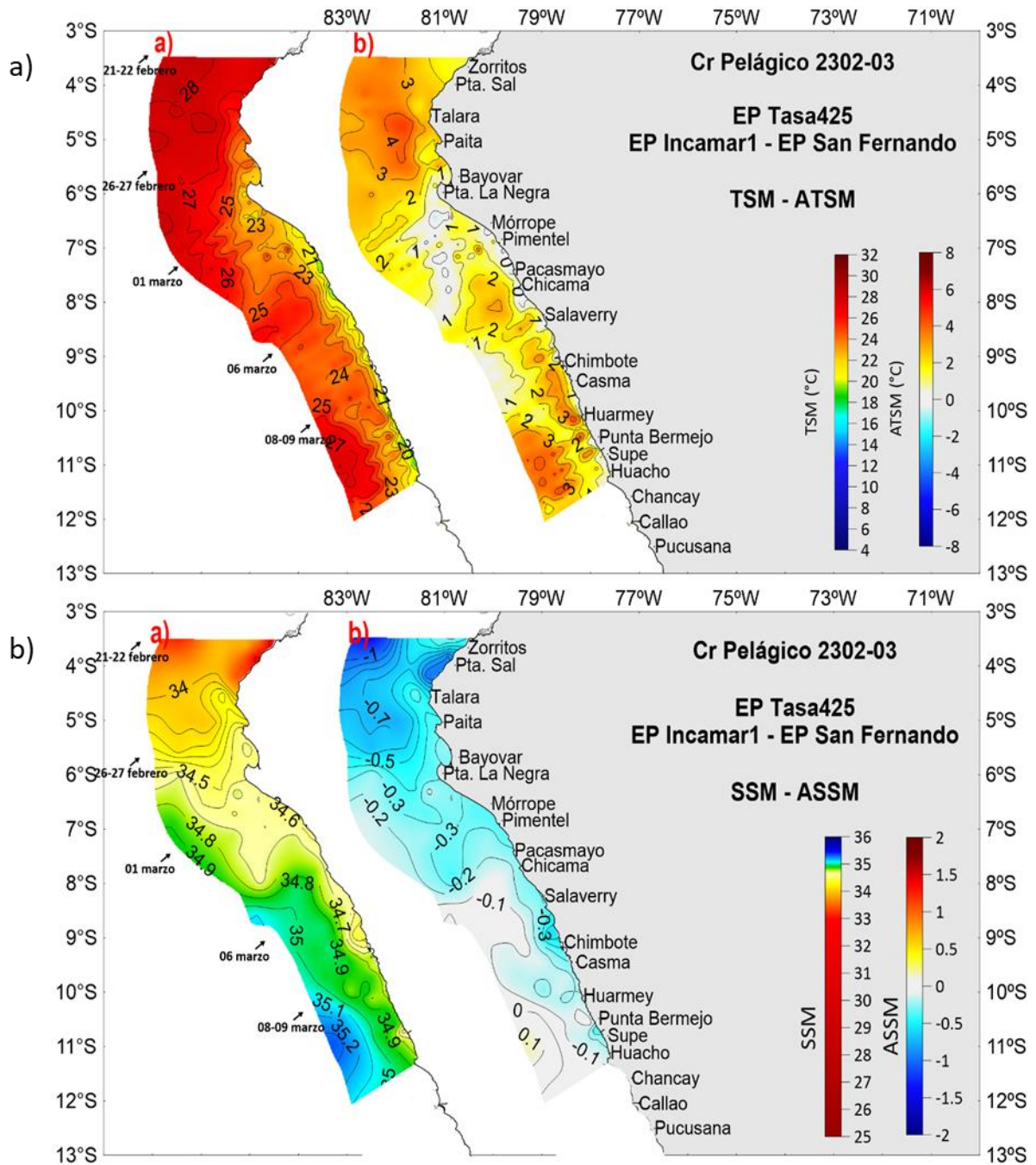


Figura. 26. a) TSM (°C) y ATSM (°C), y b) SSM y ASSM, registrados durante el Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos 2302-03 (EP Tasa 425 – EP Incamar 1), del 21-02-2023 al 14-03-2023.

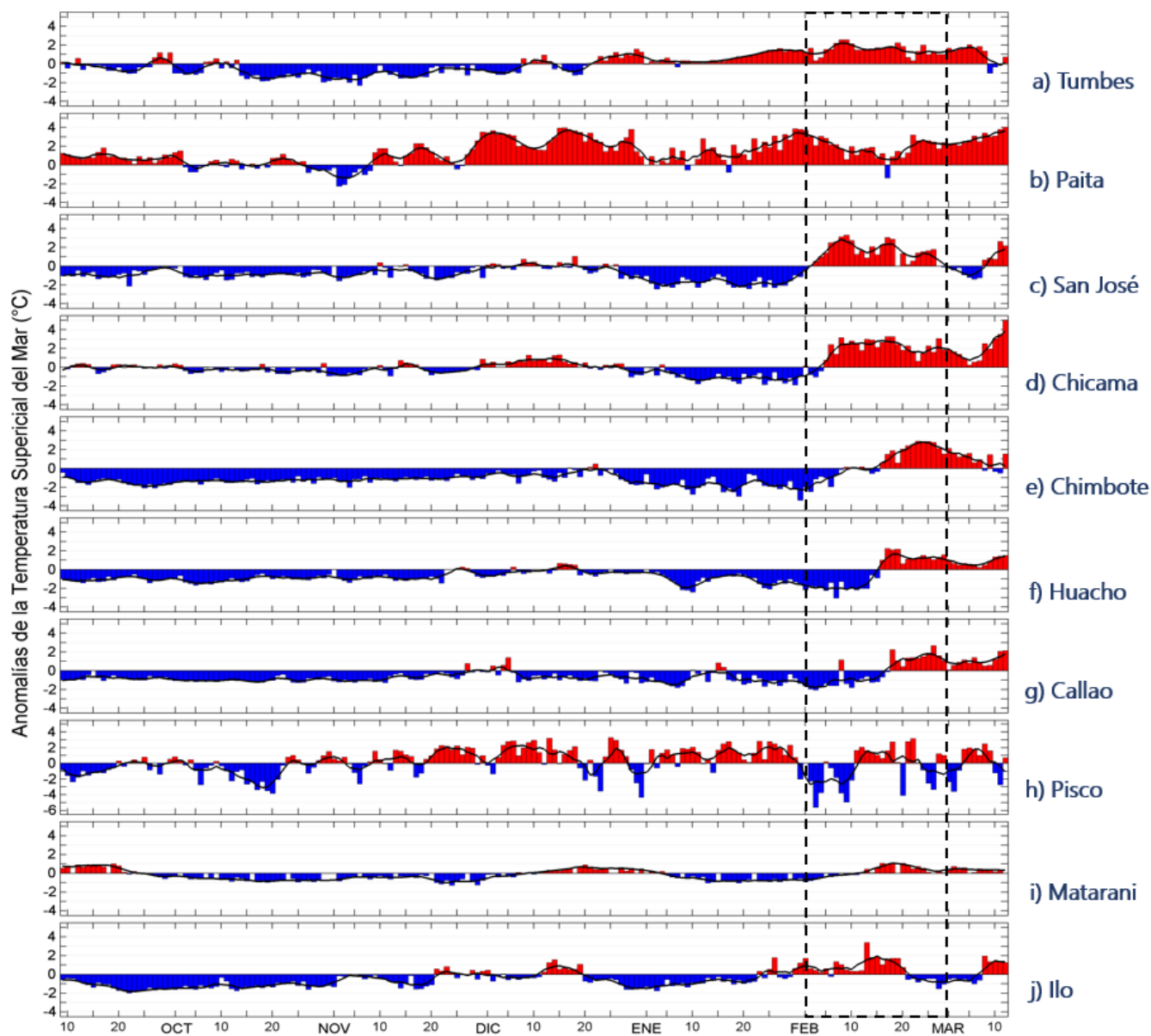


Figura 27. Series de tiempo de las anomalías de la temperatura superficial del mar (ATSM, °C) en los muelles costeros del IMARPE de setiembre 2022 al 12 de marzo 2023.

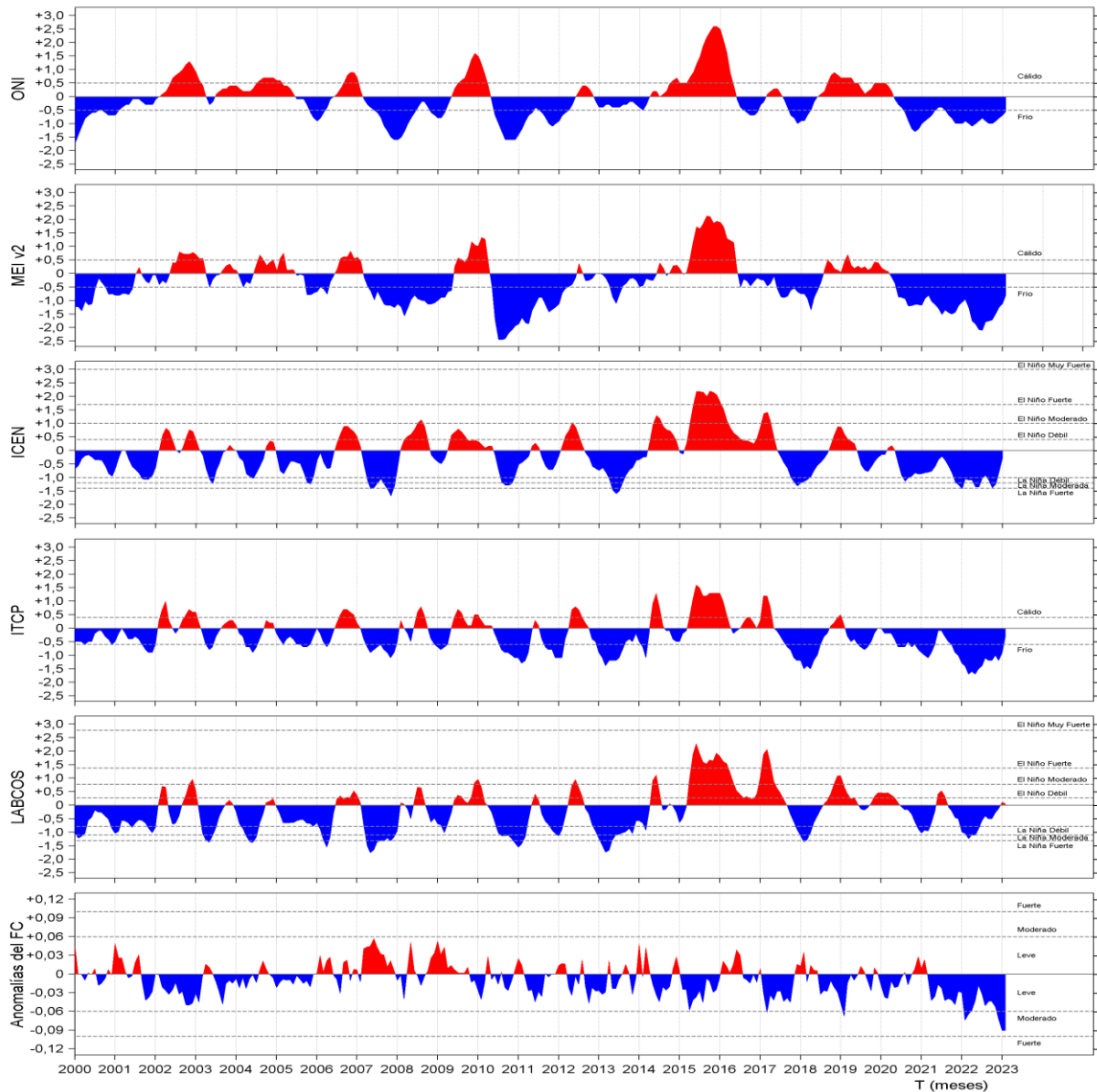


Figura 28. Series de tiempo de: a) Índice Niño Oceánico (ONI; Huang et al., 2017), b) Índice Multivariado de ENOS (MEI v2; Wolter y Timlin (1993, 1998 y 2011) y Kobayashi et al., 2015), c) Índice Costero El Niño (ICEN; Takahashi et al., 2014), d) Índice del Anticiclón del Pacífico Sur (IAPS; (Chamorro Gómez, 2018; Quispe-Ccalluari et al., 2015), e) Índice Térmico Costero Peruano (ITCP; Quispe et al., 2016), f) Índice LABCOS (Quispe y Vásquez, 2015) del año 2000 al 2022.

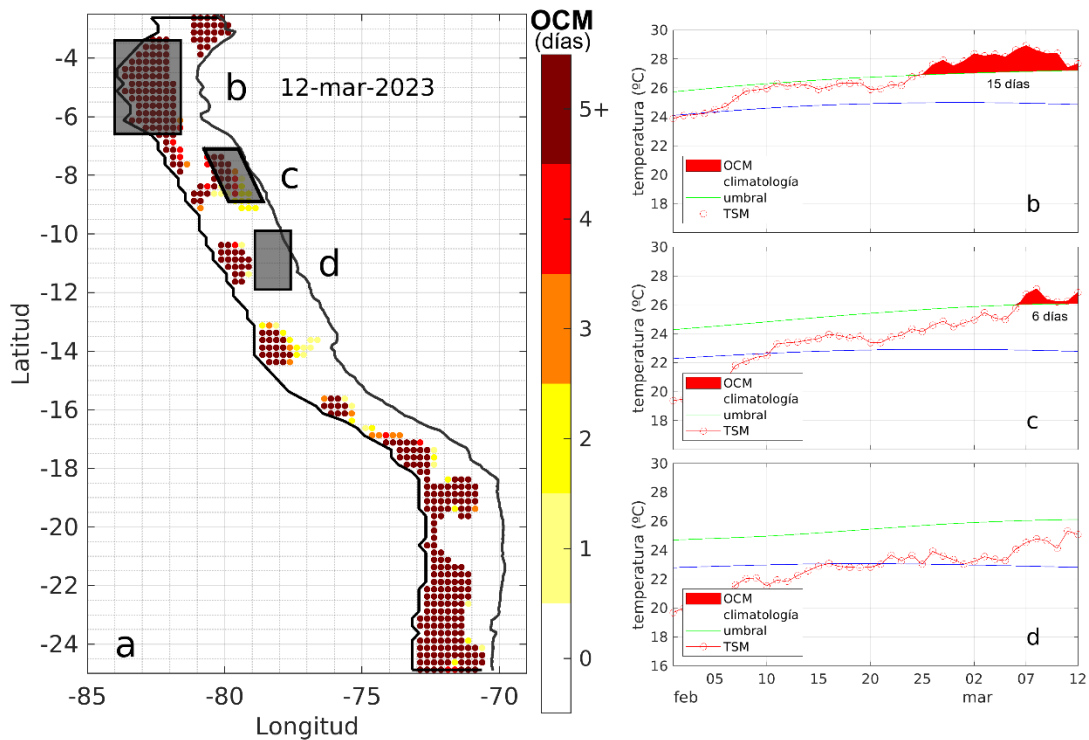


Figura 29. a) Extensión de la ola de calor marina (OCM) dentro de la franja de 150 millas frente a la costa al 12 de marzo del 2023; la escala de color indica el número de días en los cuales la TSM ya ha superado el percentil 90 de los datos diarios históricos, usando el período 1982-2011 como referencia (Pietri et al., 2021). 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.

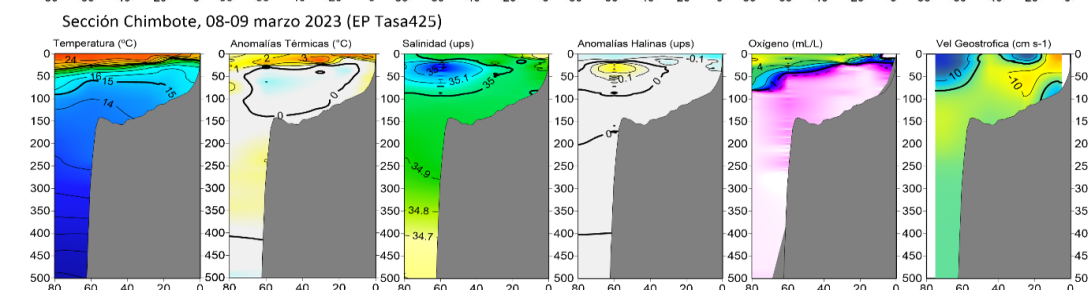
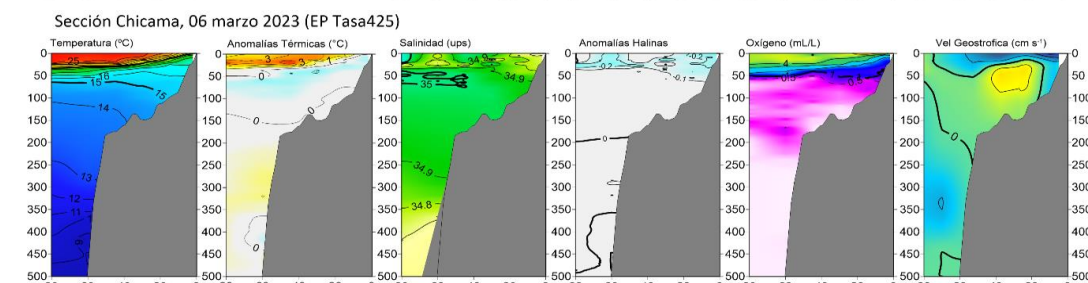
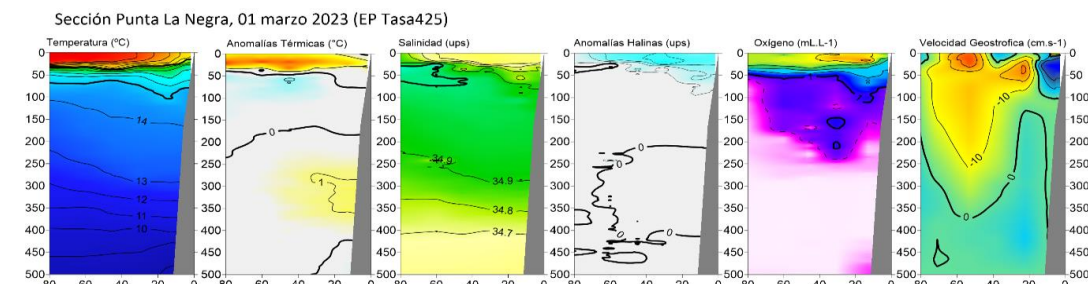
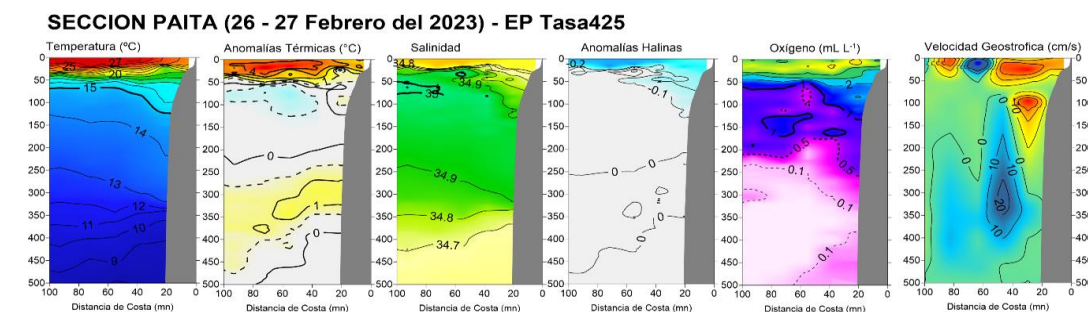
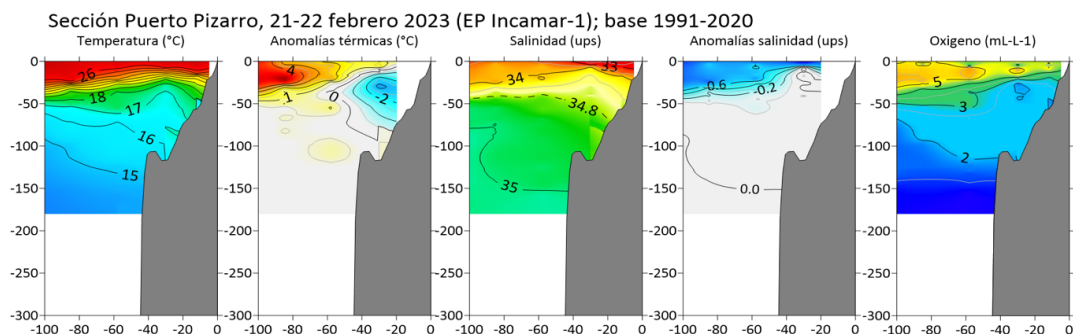


Figura 30. Secciones de temperatura (°C), anomalías térmicas (°C), salinidad, anomalías halinas, oxígeno disuelto OD (mL L⁻¹) y corriente geostrofica (de izquierda a derecha) frente a a) Sección Puerto Pizarro (21-22 febrero), b) Paita (26-27 febrero), c) Punta la Negra (1 de marzo), d) Chicama (06 de marzo), y e) Chimbote (8-9 marzo), realizadas durante el Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos 2302-03.

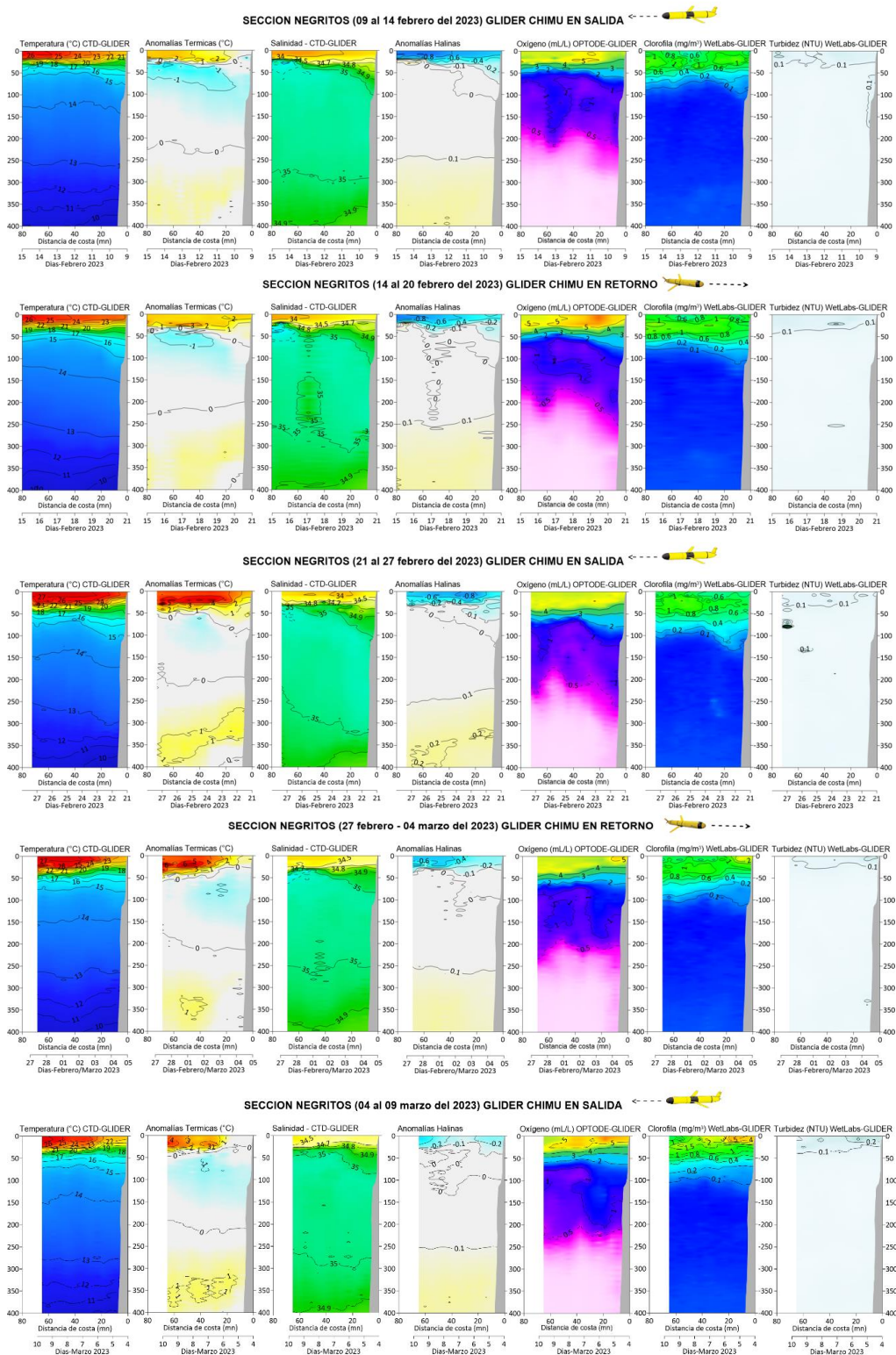


Figura 31. Sección vertical de temperatura (°C), anomalías térmicas (°C), salinidad, anomalías halinas, oxígeno (mL L⁻¹), clorofila (mg m⁻³) y turbidez (NTU) registrados del 9 de febrero al 9 de marzo (*glider* Chimú) frente a Negritos – Talara.

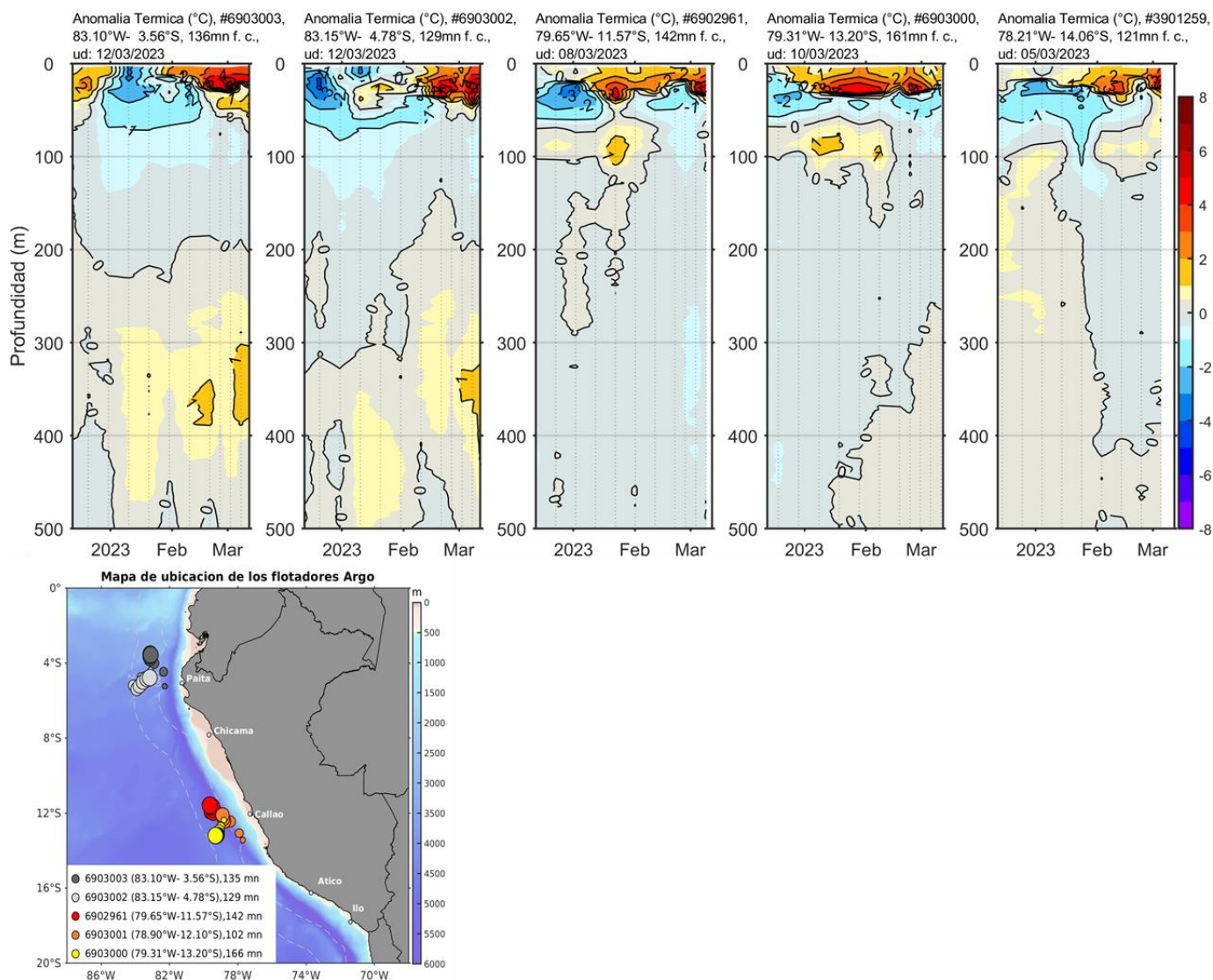


Figura 32. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores Argo en la zona costera (dentro de las 150 mn) entre diciembre 2022 y marzo 2023; y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas donde brindó información el flotador Argo. Fuente: Argo, climatología: 1991-2020. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

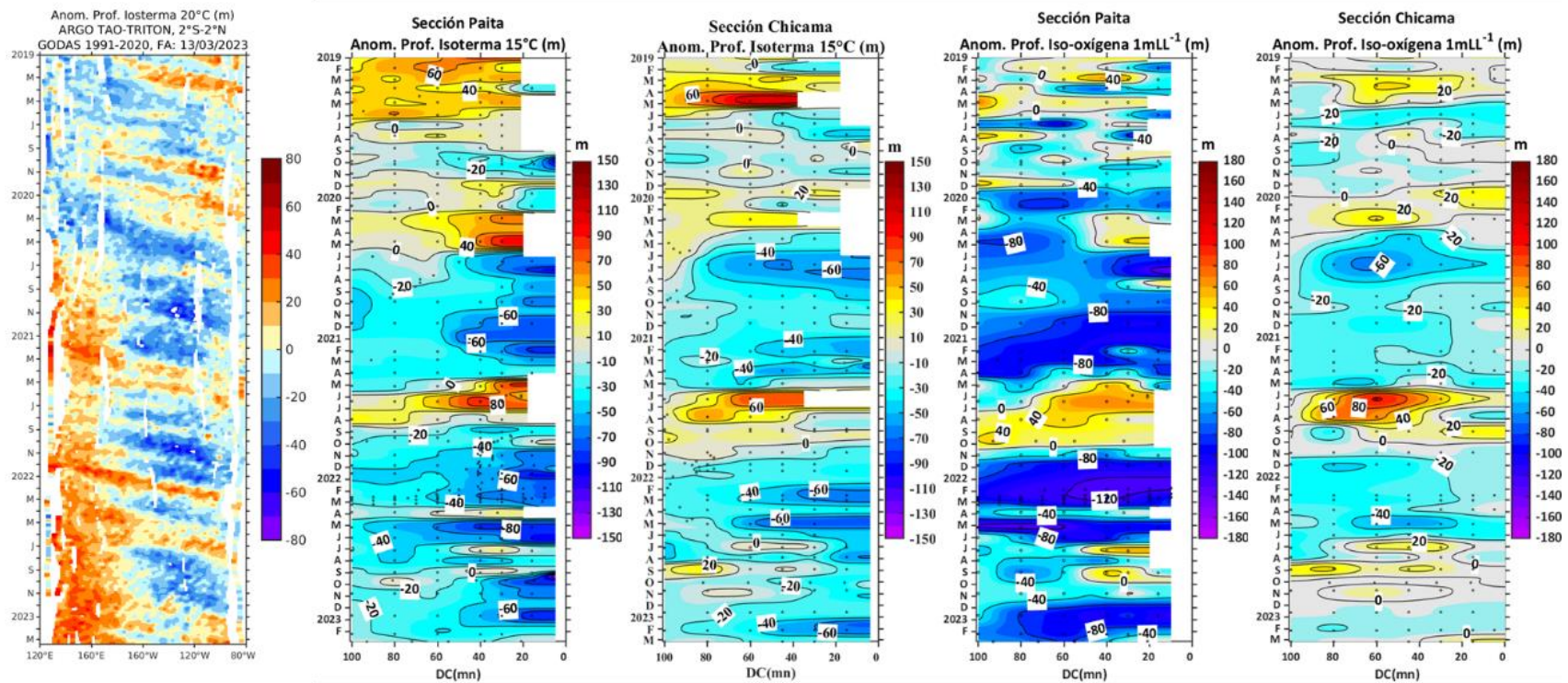


Figura 33. Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 en el Pacífico ecuatorial (ARGO/ TAO Triton) y anomalías de la profundidad de la isoterma de 15 °C y de la iso-oxígena de 1 mL L⁻¹, indicadores de la termoclina y de la oxiclina, respectivamente, frente a Paita y Chicama, estimadas en base al monitoreo mensuales realizado por el IMARPE.

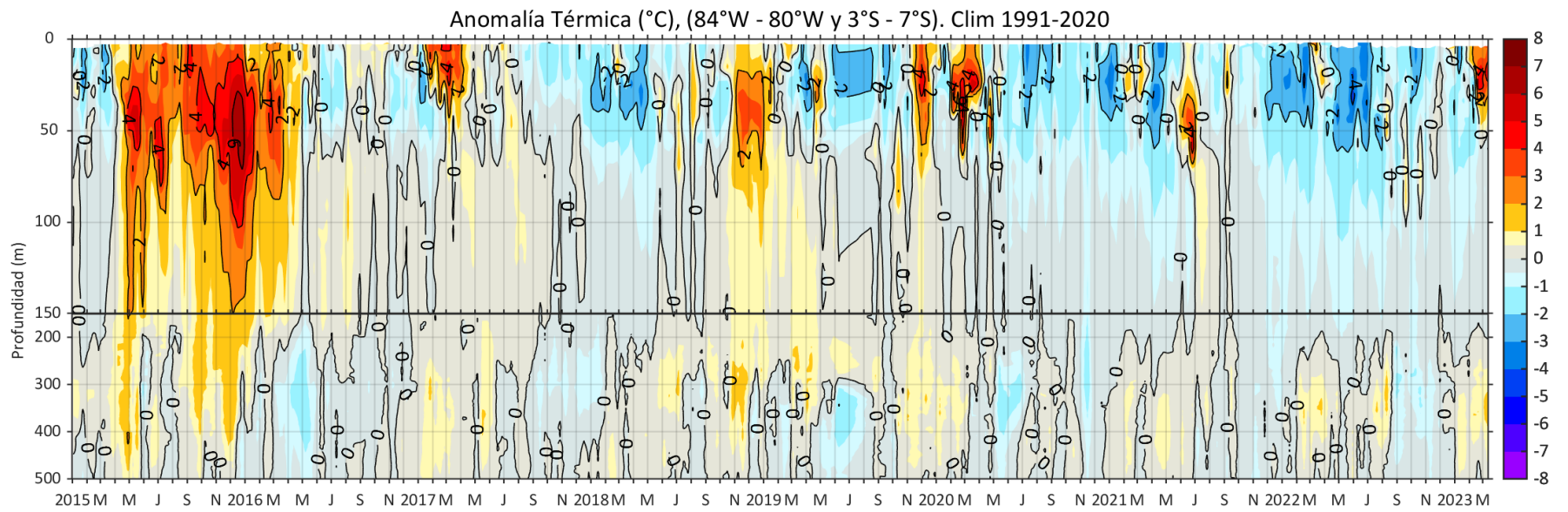


Figura 34. Anomalía térmica en base a los perfiladores ARGO, frente al zona norte, climatología 1991-2020.

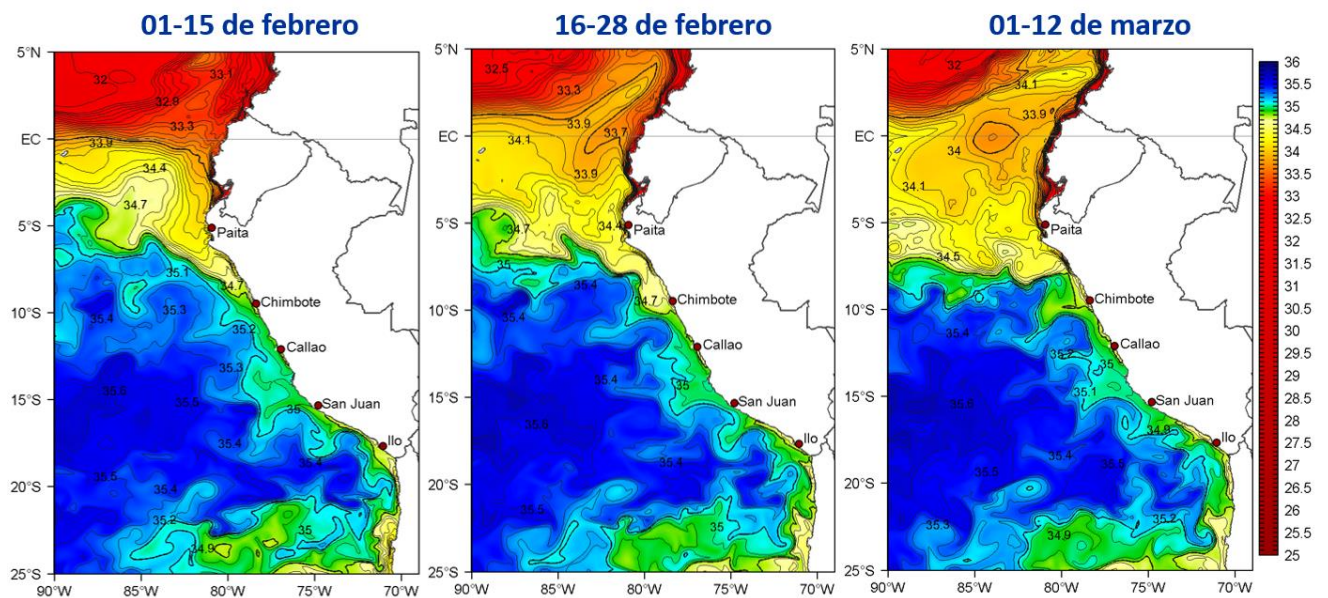


Figura 35. Distribución mensual de la salinidad superficial del mar (SSM) en el Pacífico Sudeste durante el mes de a) enero, b) febrero y c) 01 al 12 de marzo de 2023. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. et al, 2013) disponible en http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details &product_id=GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

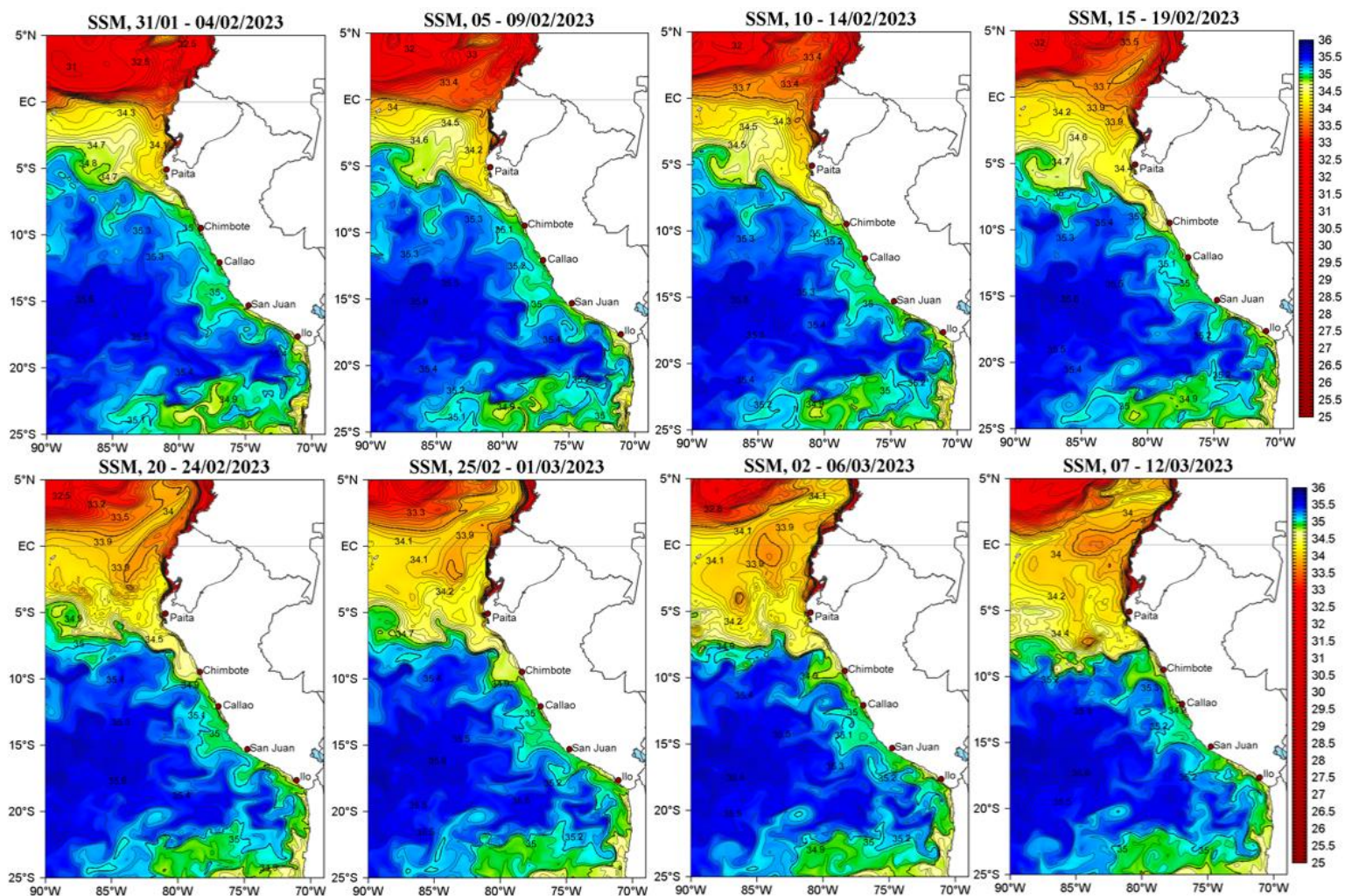


Figura 36. Distribución pentadal de la salinidad superficial del mar (SSM) en el Pacífico Sudeste, durante el mes de febrero y marzo 2023. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. et al, 2013). Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

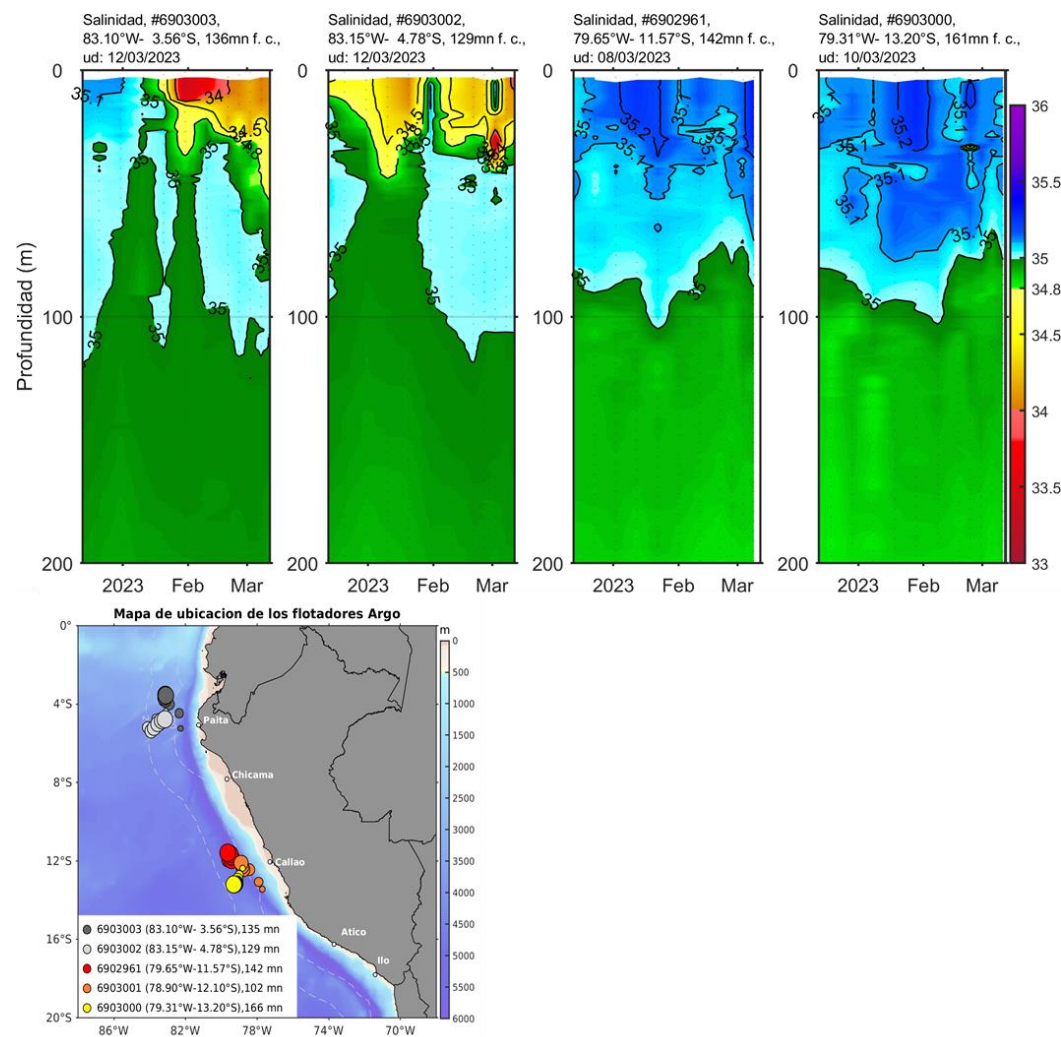


Figura 37. Evolución de la salinidad del agua de mar en flotadores Argo en la zona costera (dentro de las 150 mn) entre diciembre 2022 y marzo 2023; y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas donde brindó información el flotador Argo. Fuente: Argo, climatología: 1991-2020. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

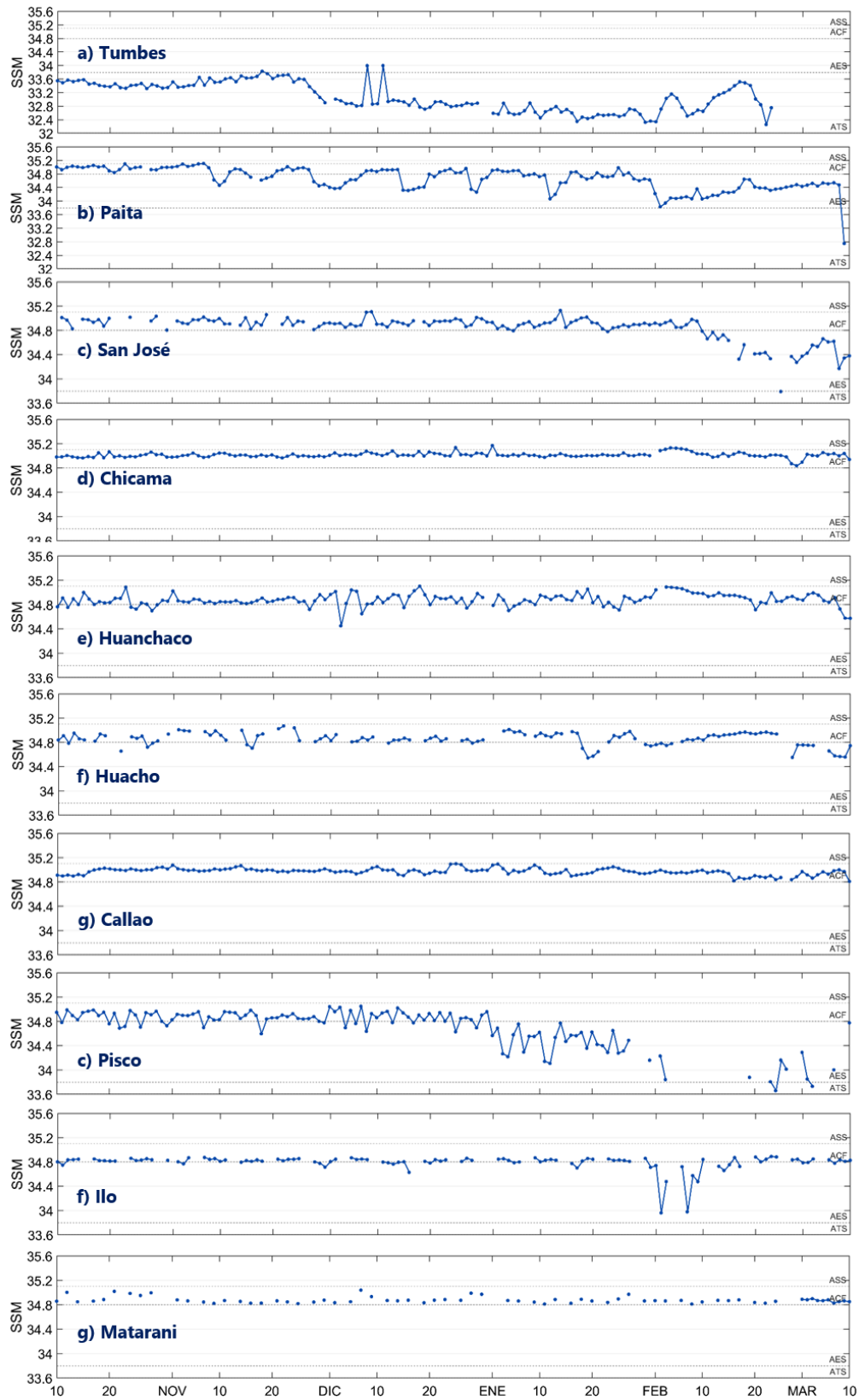


Figura 38. Anomalías de la salinidad del mar en los laboratorios costeros del IMARPE.

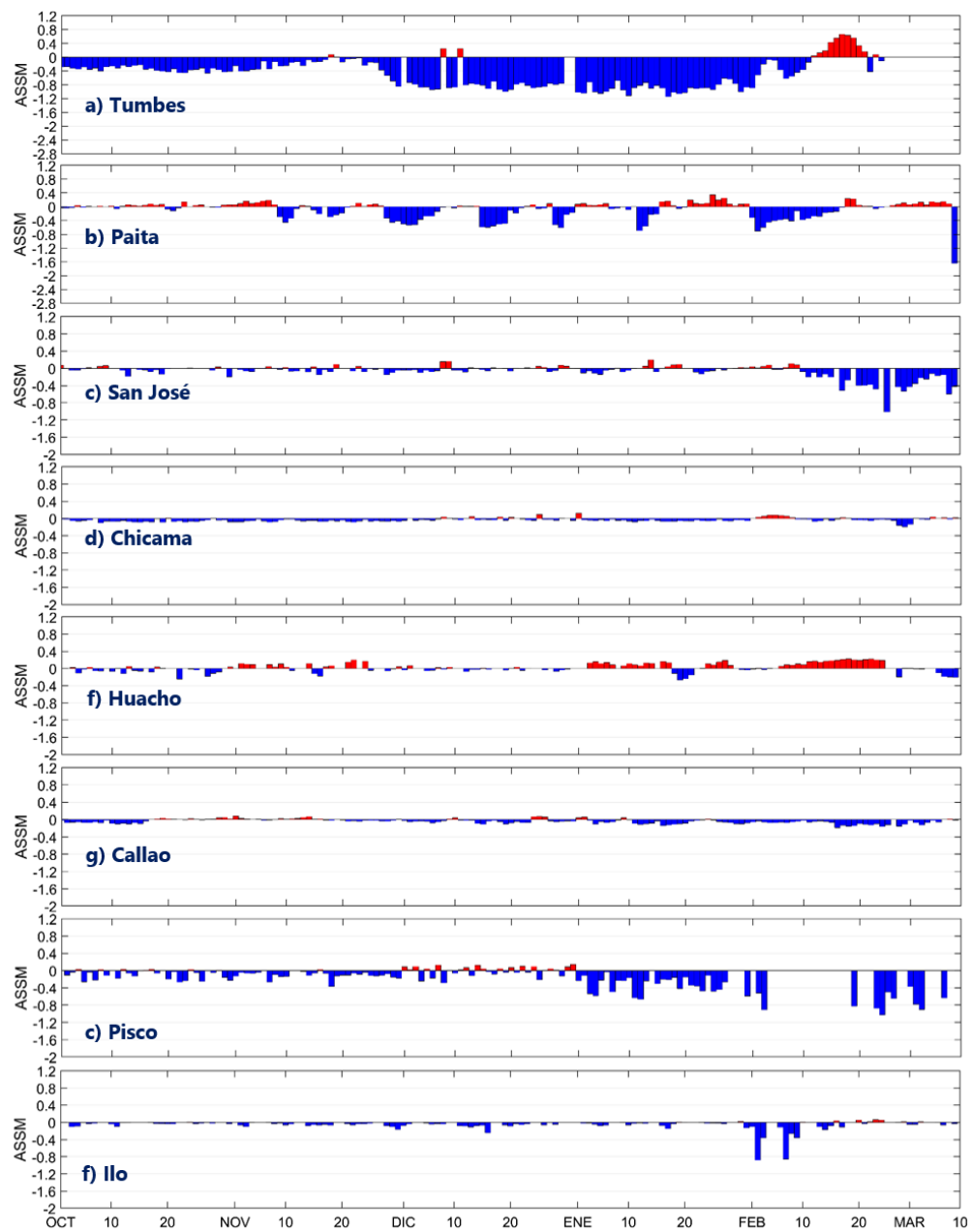


Figura 39. Anomalías de la salinidad del mar en los laboratorios costeros del IMARPE.

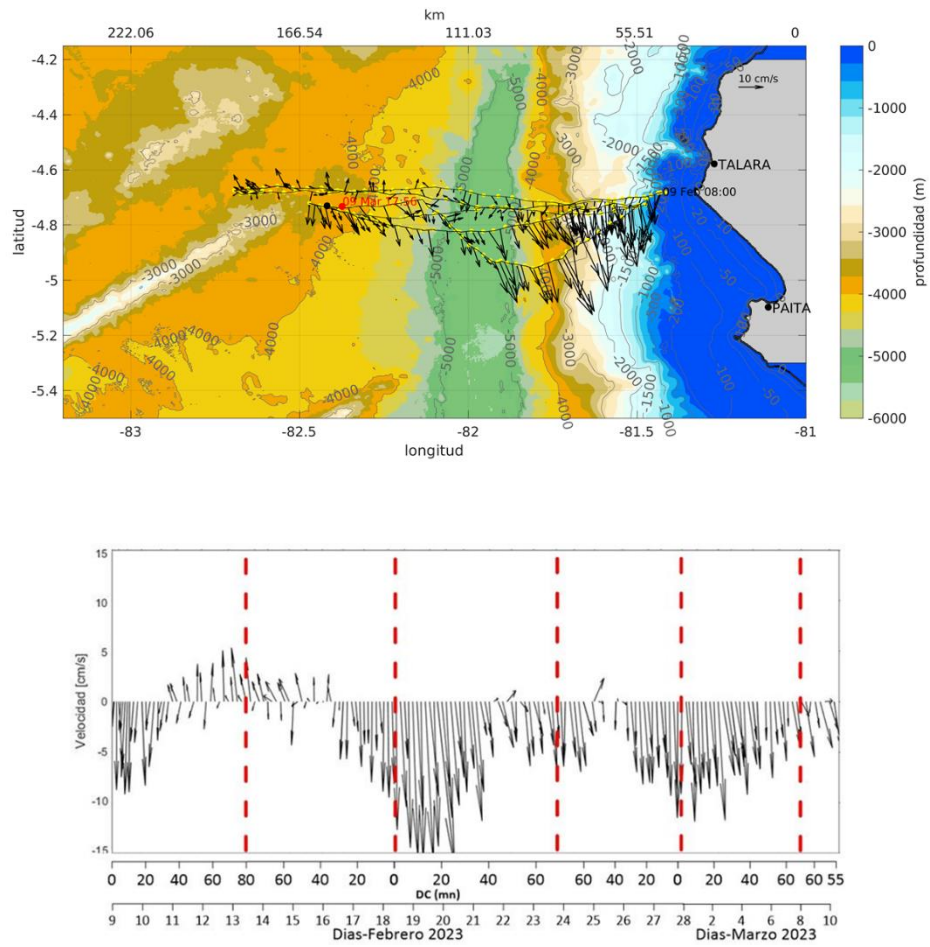
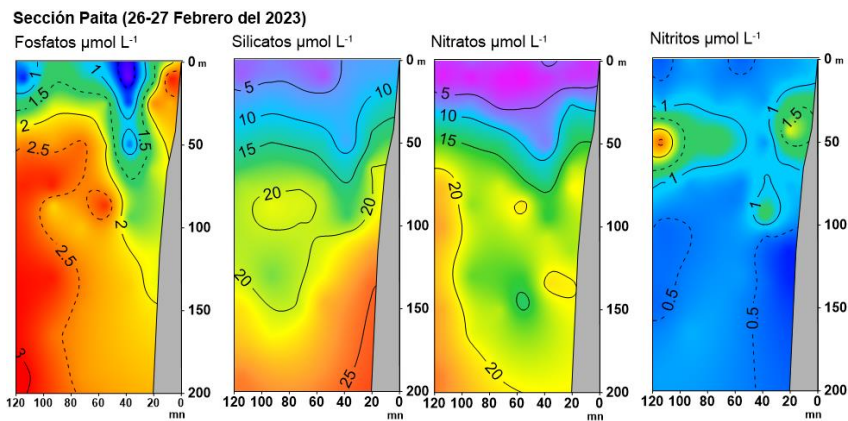
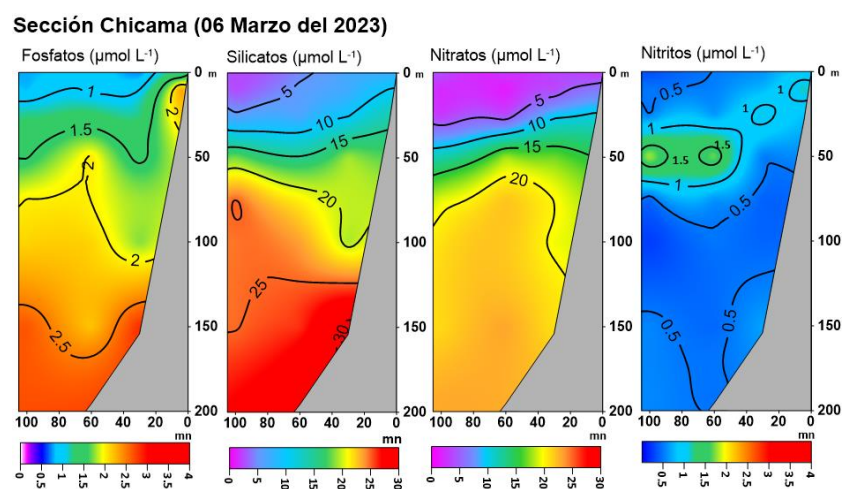


Figura 40. a) Recorrido acumulado del glider “Chimú” frente a la zona de Negritos entre el 09 de febrero y el 10 de marzo; b) velocidades integradas en la capa de 0 a 400 m de profundidad en las secciones de salida y de regreso realizadas por el glider “Chimú”.

a)



b)



c)

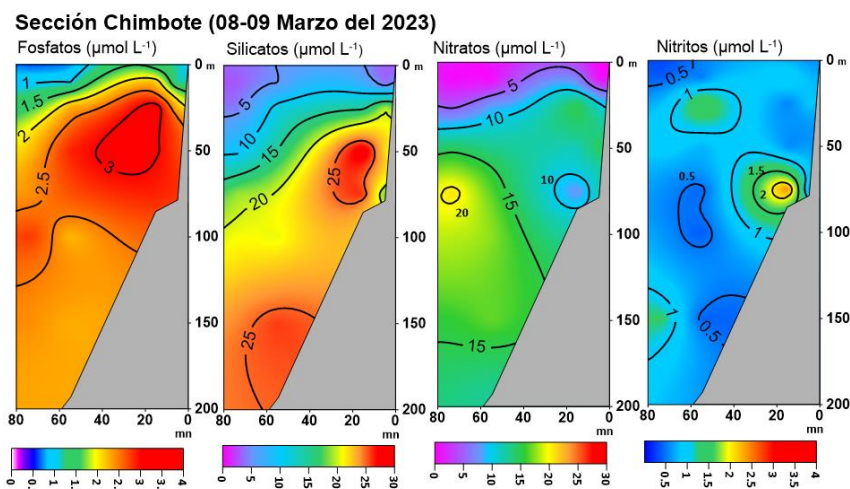


Figura 41. Distribución vertical de nutrientes ($\mu\text{mol L}^{-1}$) en la sección Paita, Chicama y Chimbote durante los días 26 y 27 de febrero 2023, 06 de marzo 2023 y el 08 y 09 de marzo, respectivamente.

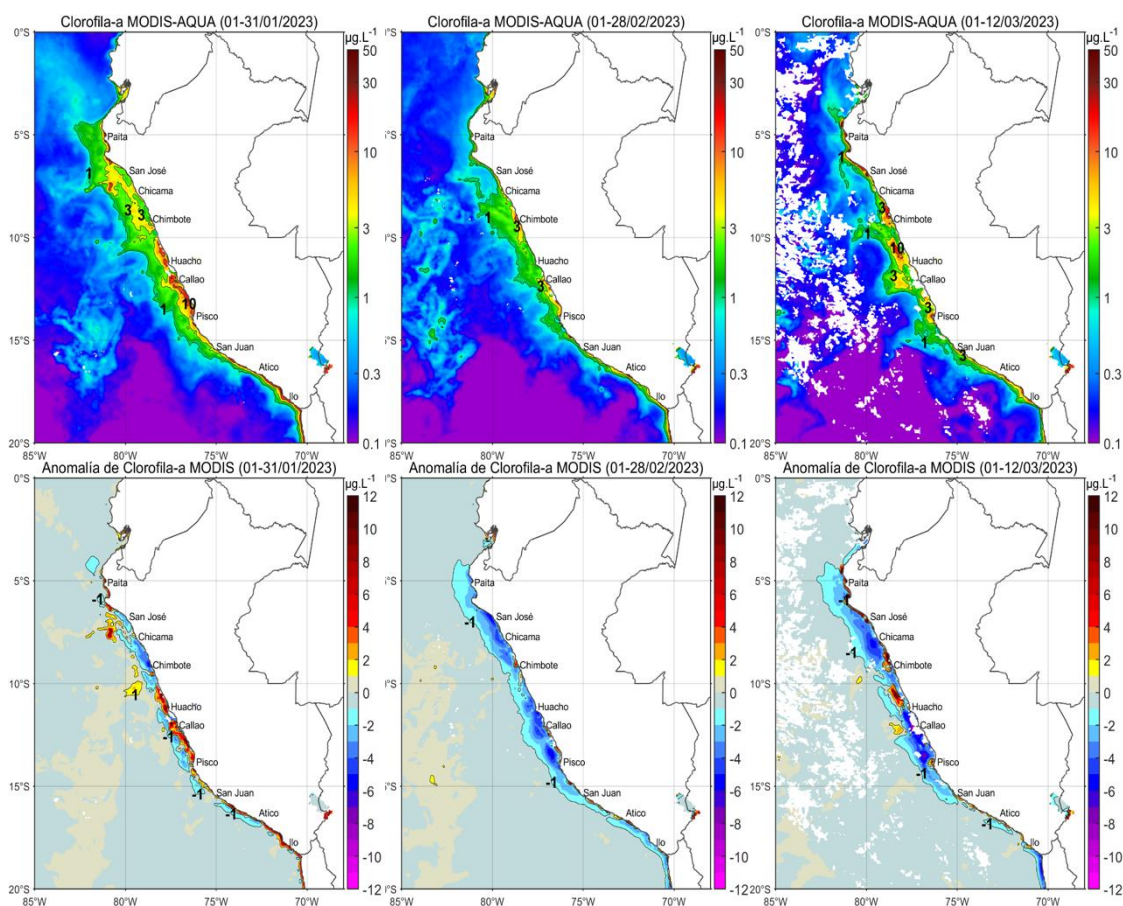


Figura 42. Distribución de la concentración de clorofila-a superficial satelital ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel superior) y su anomalía ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel inferior), durante enero, febrero y lo que va de marzo de 2023 (de izquierda a derecha), proveniente de MODIS-AQUA. Fuente: Fuente: Satélite MODIS. Procesamiento: LHQ/AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

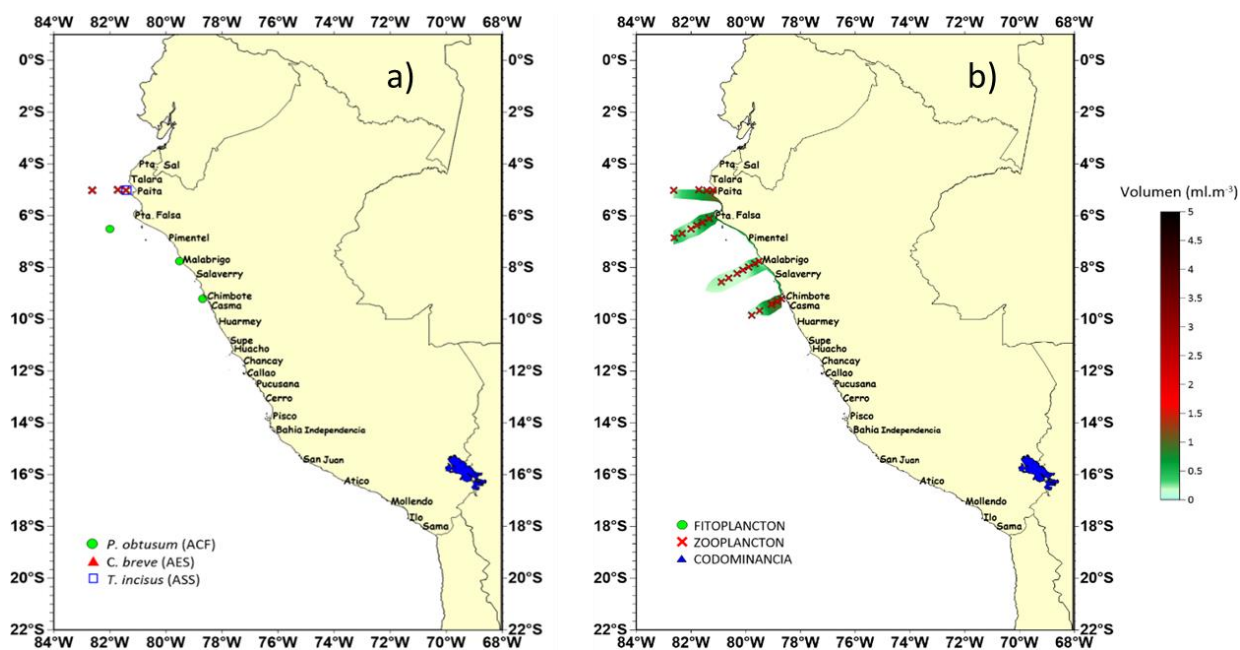
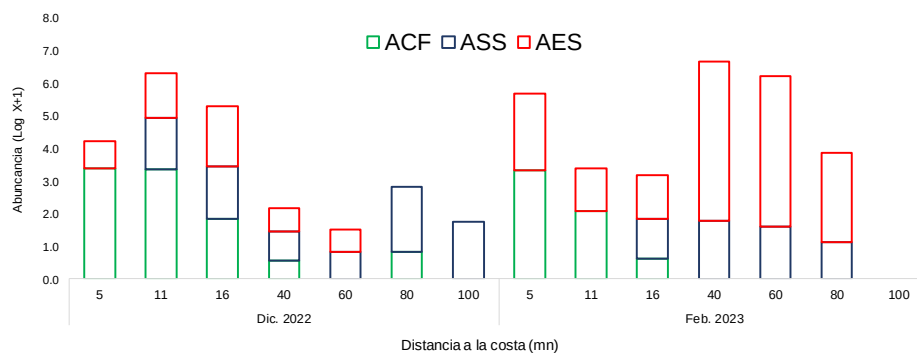


Figura 45. Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton (a) y volúmenes de plancton (b) durante el Crucero de Evaluación de Recursos Pelágicos 2302-03. Fuente: IMARPE.

a)



b)

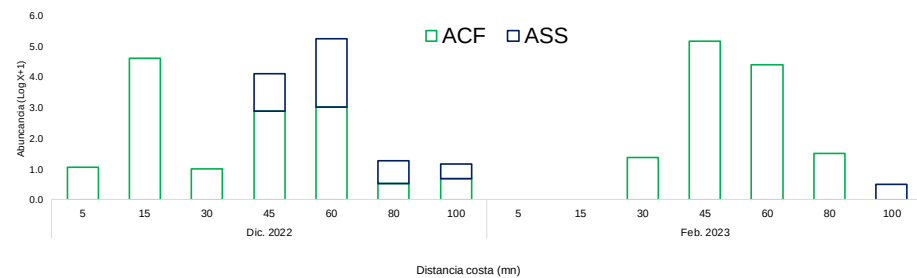


Figura 46. Indicadores biológicos de zooplancton frente a Paita (a) y Chicama (b) durante febrero 2023. Fuente: IMARPE.

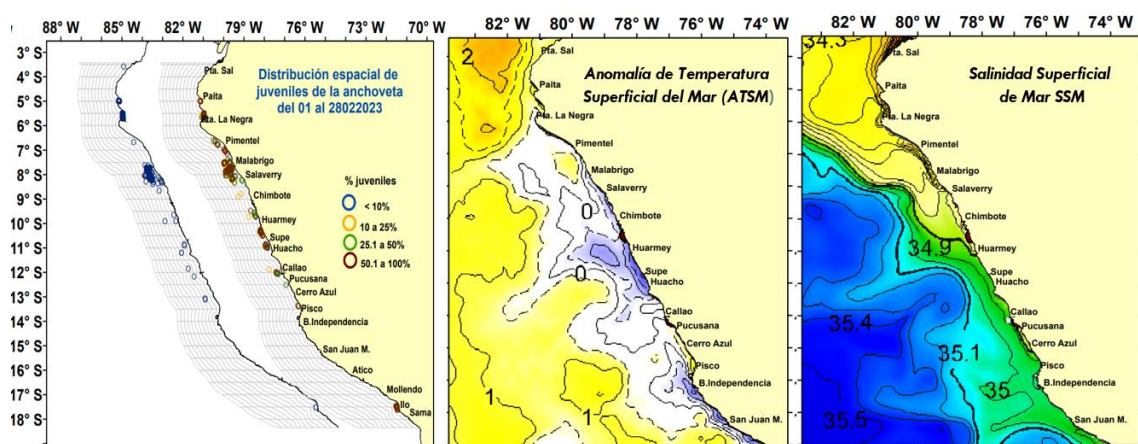


Figura 47. Distribución espacial de lances de: a) la anchoveta en el mar peruano durante febrero del 2023 en relación: b) anomalía de la temperatura superficial del mar (ATSM) y c) salinidad superficial del mar (SSM).

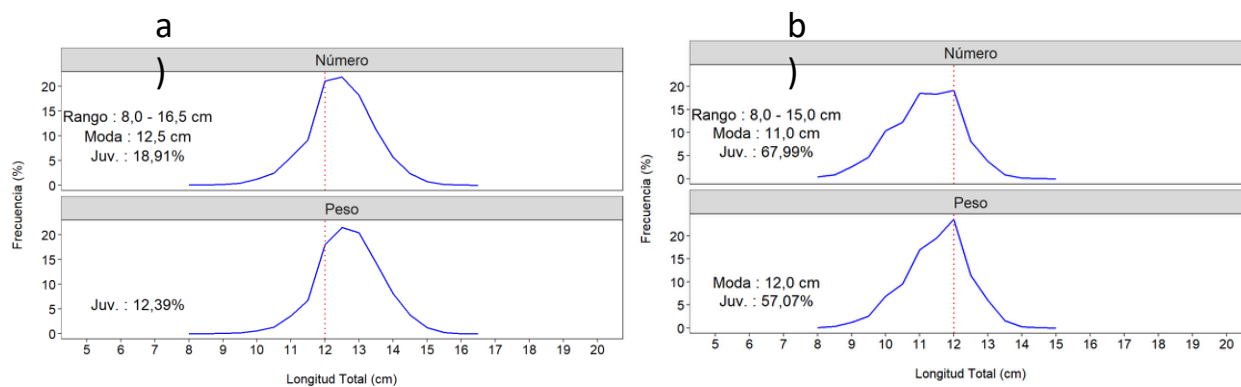


Figura 48. Estructura por tamaños de la anchoveta en número y peso en la región a) norte-centro durante la segunda temporada de pesca de 2022 y b) durante la primera de pesca del sur del 2023.

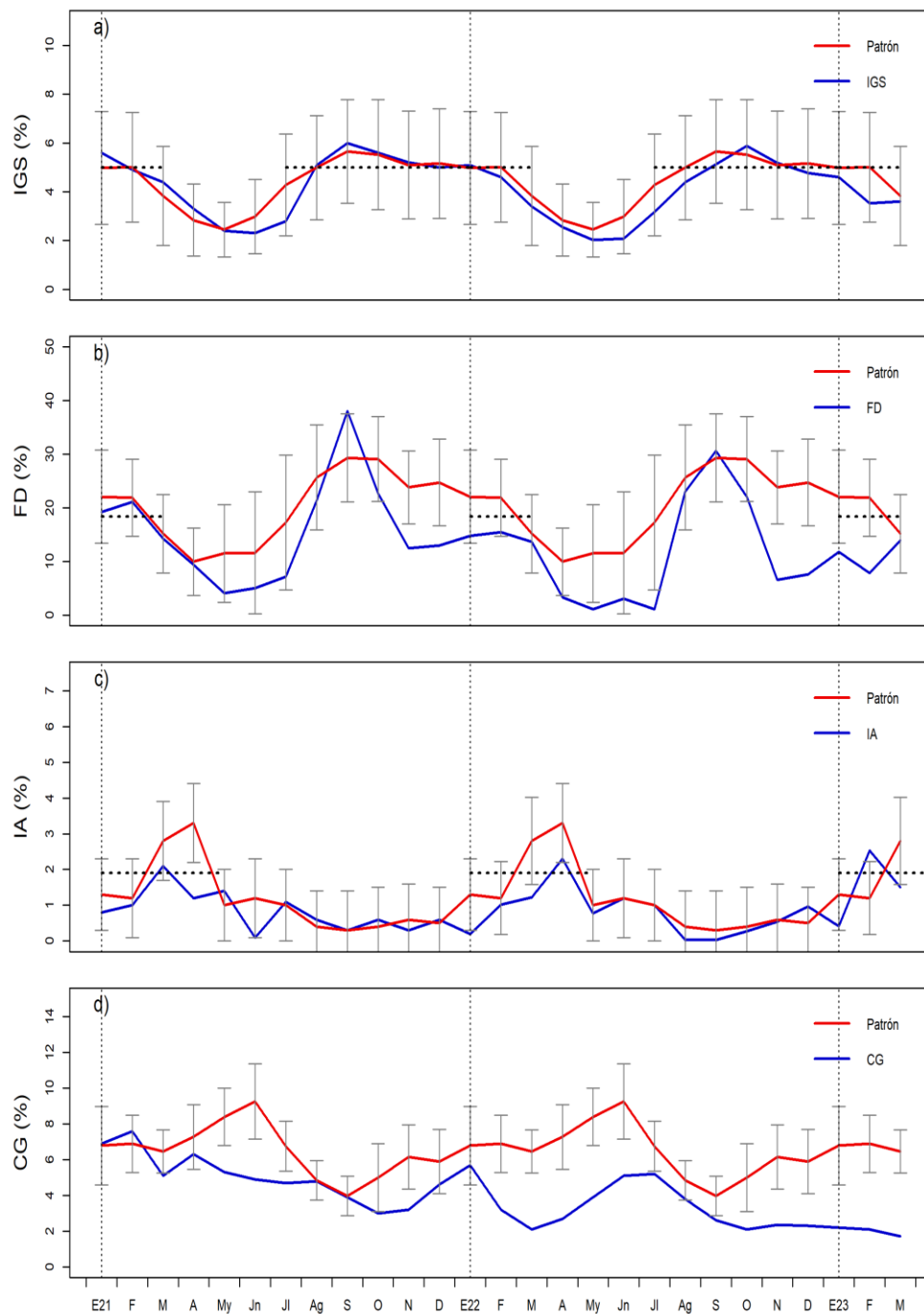


Figura 49. Serie mensual de los indicadores de la condición reproductiva de la anchoveta: a) Índice gonadosomático (IGS), b) Fracción desovante (FD) y c) Índice de atresia (IA) y de la condición somática: d) contenido graso (CG). De enero 2021 – febrero 2023.

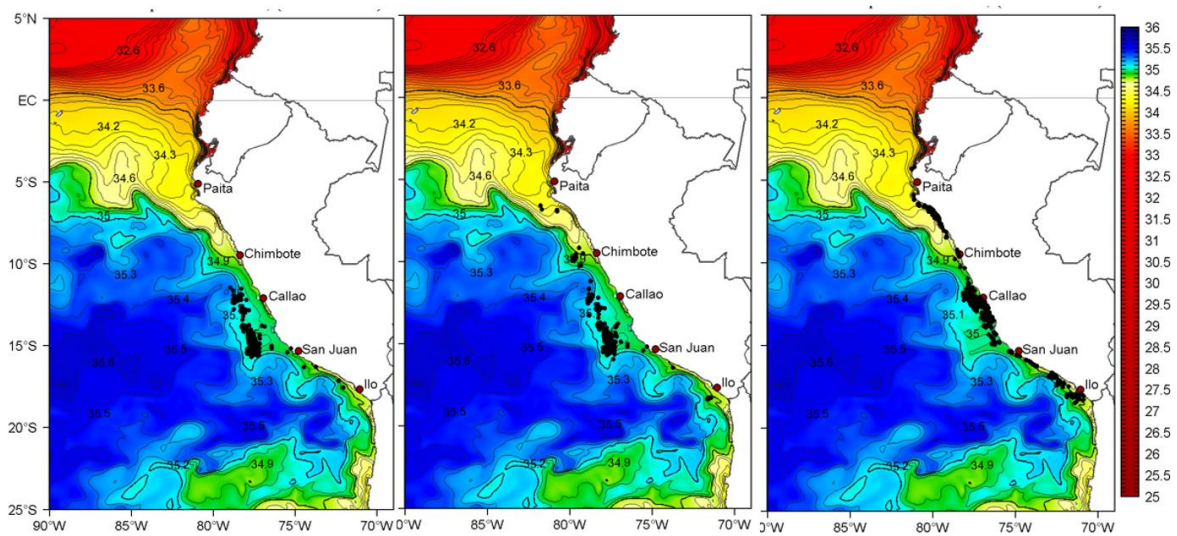


Figura 50. Distribución de lances, realizados por embarcaciones dirigidas a especies transzonales a) jurel b) caballa y c) bonito en relación a la salinidad superficial del mar (SSM). Periodo: febrero 2023.

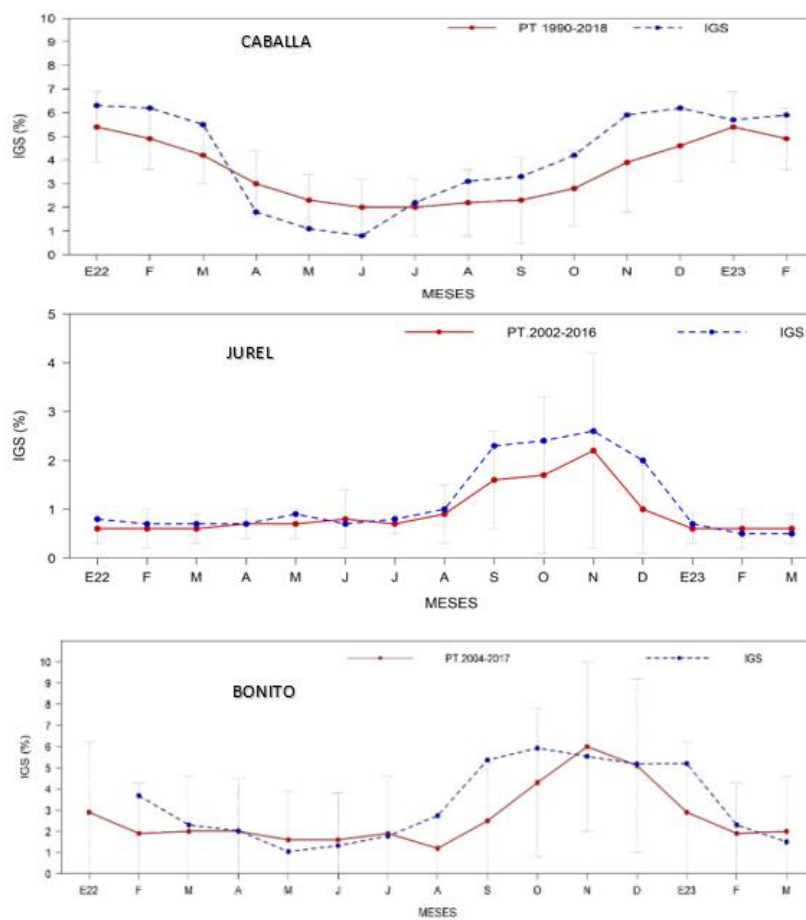
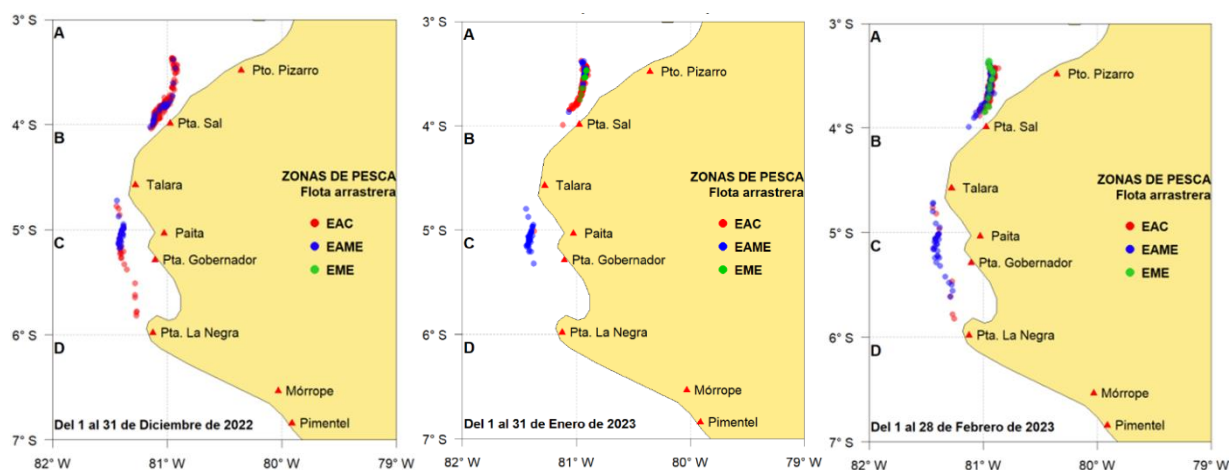


Figura 51. Índice gonadosomático (IGS) de a) jurel, b) caballa y c) bonito. Periodo enero 2022 a marzo 2023 respecto al patrón histórico 2002 -2016.

a)



b)

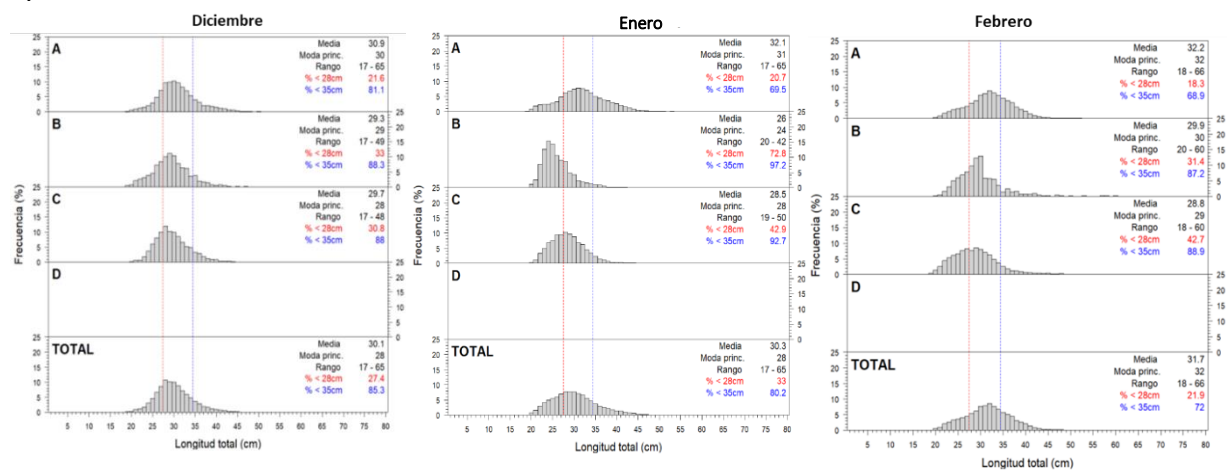
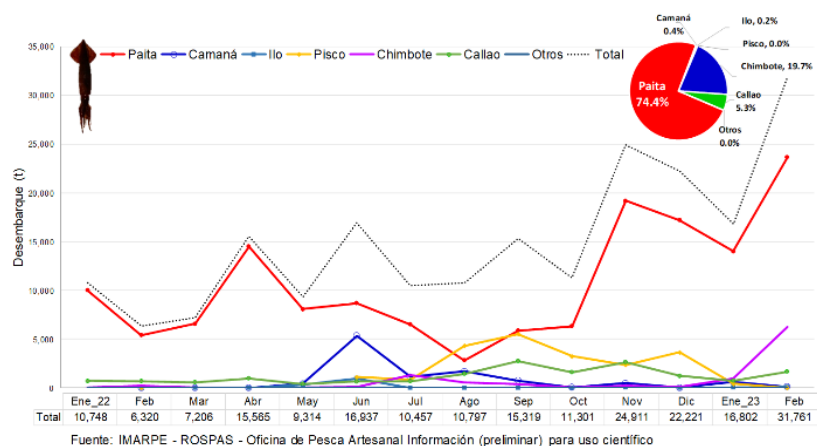


Figura 52. a) Zonas de pesca de la flota industrial de arrastre de merluza, y b) estructura de tallas de merluza por sub-área, entre los meses de diciembre 2022 y febrero 2023 (izquierda a derecha) capturada por la flota industrial de arrastre.

a)



b)

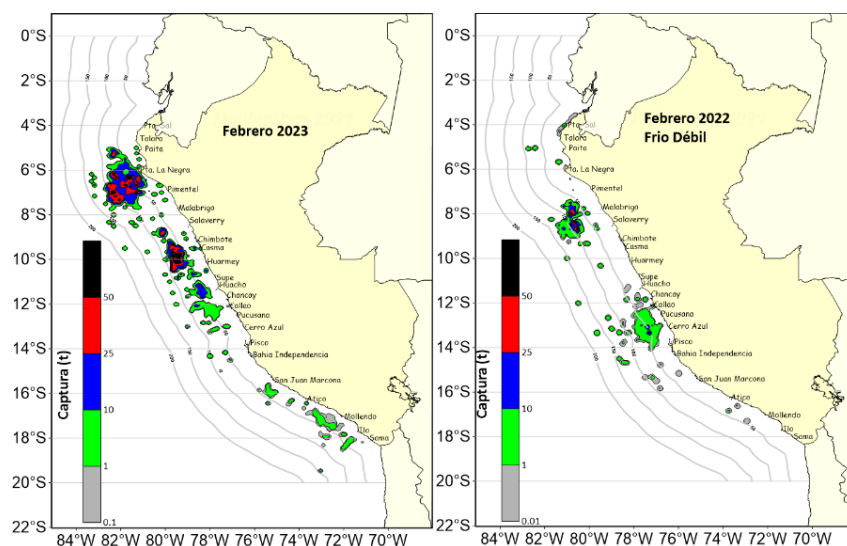
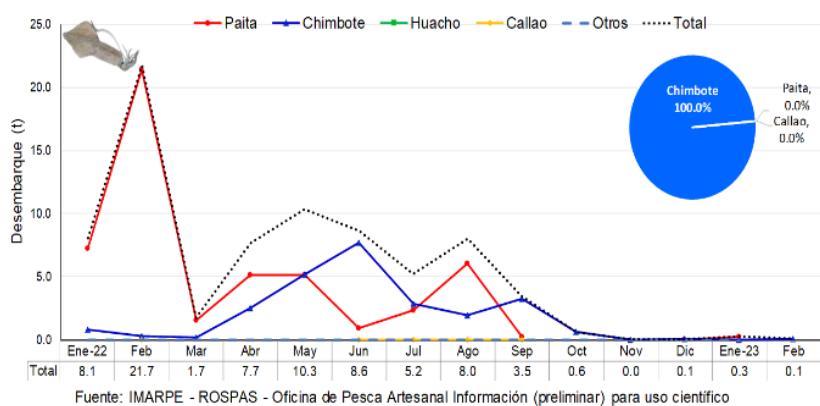
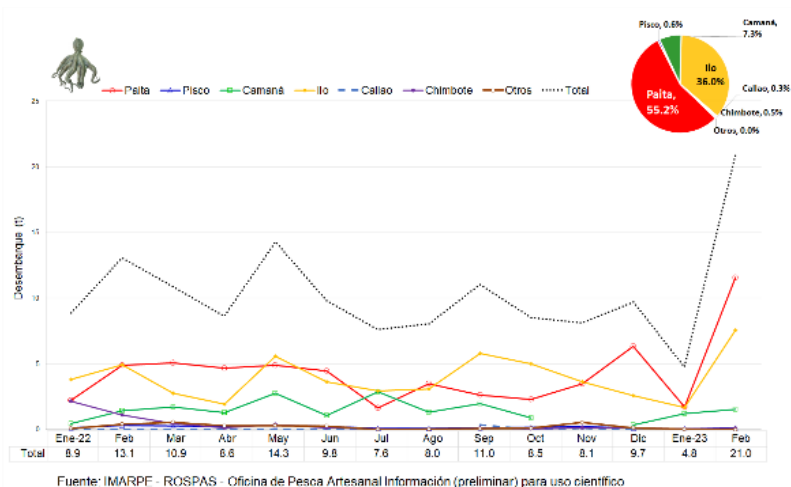


Figura 53. a) Desembarque por puerto en toneladas (t), de calamar gigante durante enero 2022 a febrero 2023 y, b) Distribución de la flota artesanal del calamar gigante *Dosidicus gigas* de febrero 2023 (izquierda) y febrero 2022.

a)



b)



c)

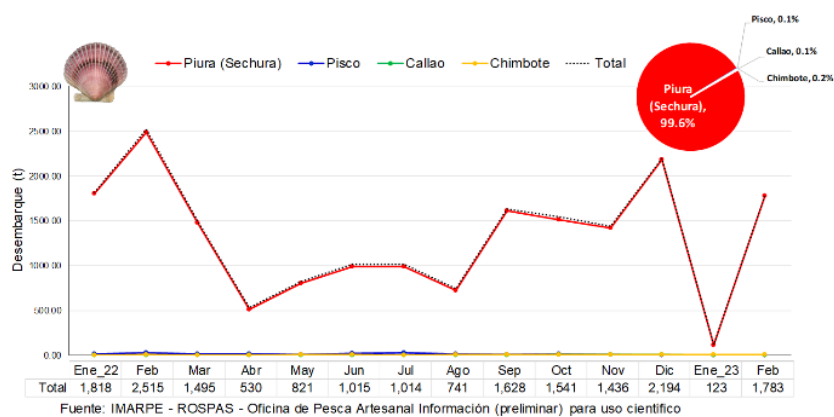


Figura 54. Desembarque por puerto en toneladas (t) de: a) calamar común, b) pulpo y c) concha de abanico, durante el periodo enero 2022 - febrero 2023.

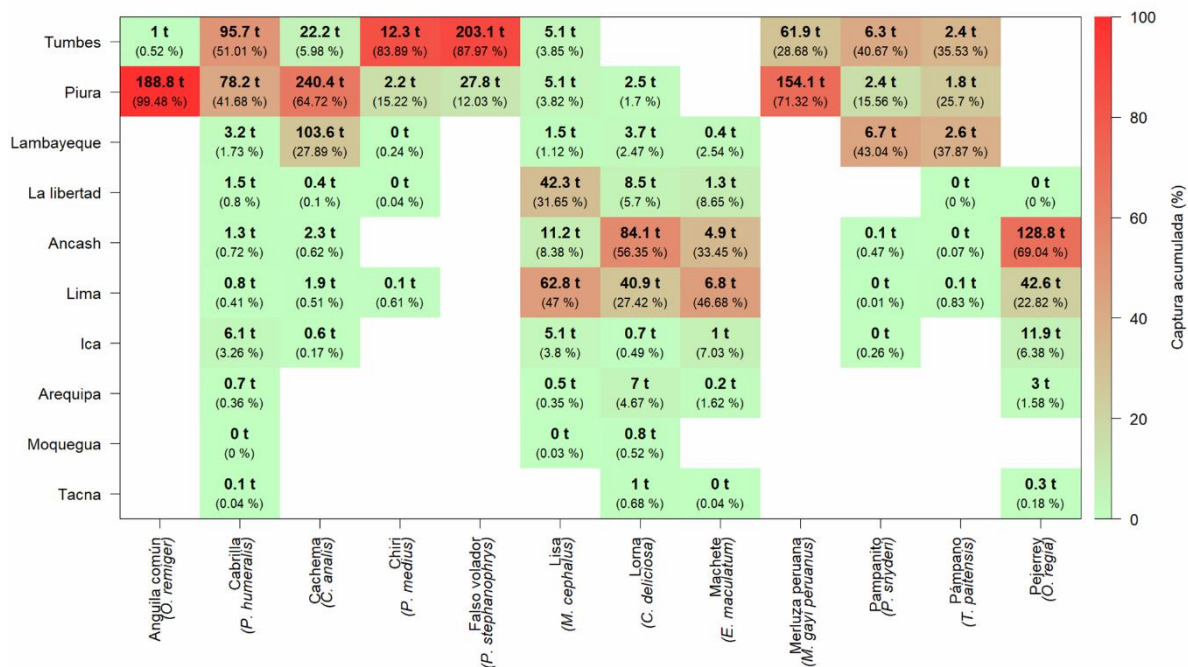


Figura 55. Desembarque mensual en toneladas (t), de los recursos hidrobiológicos registrados por la pesca artesanal en el litoral peruano, durante febrero 2023.

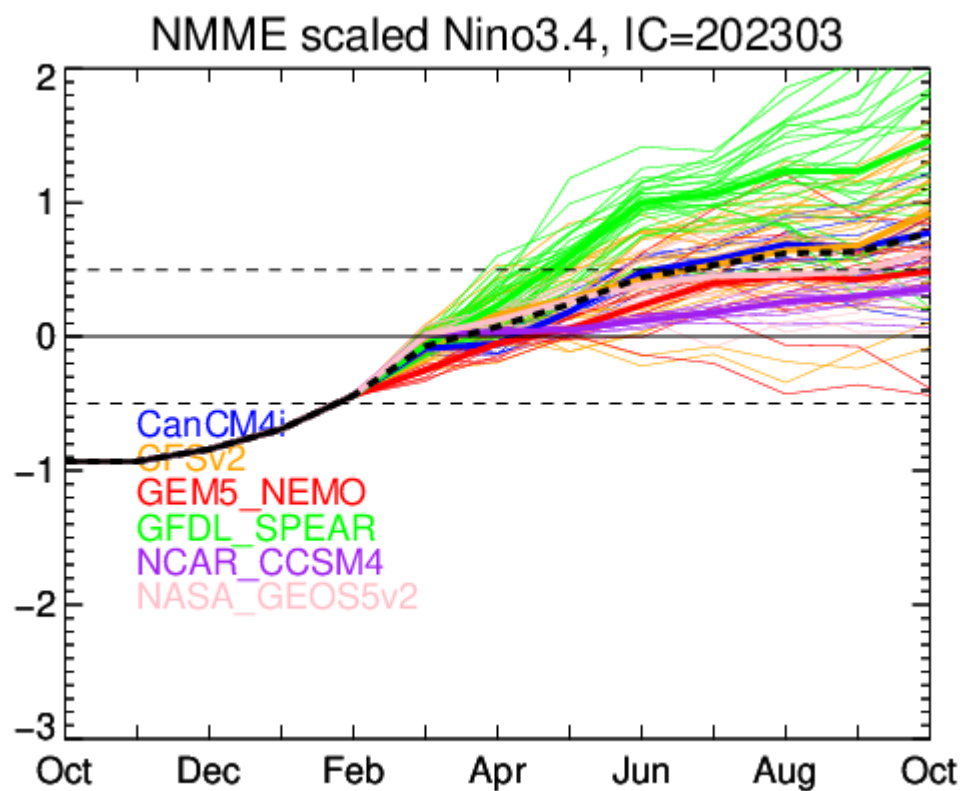


Figura 56. Pronóstico del índice Niño 3.4 mediante modelos climáticos dinámicos del North American Multi-Model Ensemble (NMME) project. Promedio de los pronósticos de los modelos dinámicos (línea negra discontinua). Fuente: CPC / IRI / NMME.

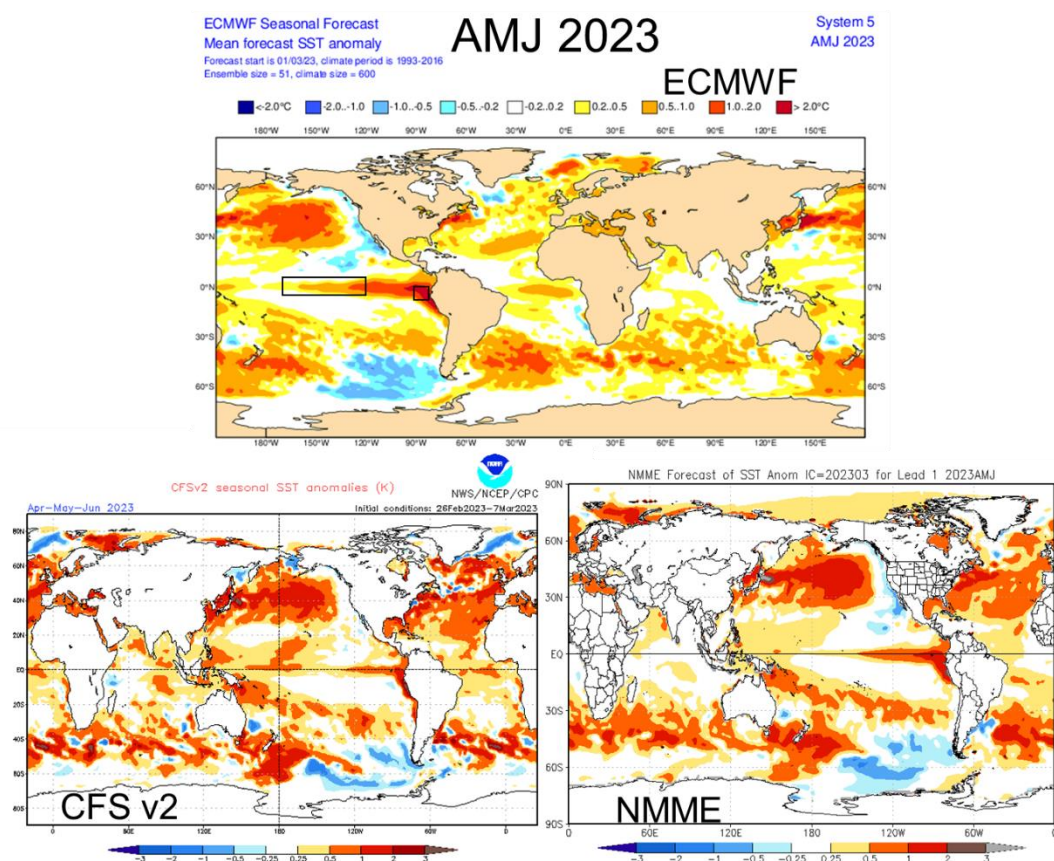


Figura 57. Pronóstico de la TSM para el trimestre MAM 2023 de los modelos ECMWF, CFSv2 y NMME (condiciones iniciales: inicios de marzo 2023). Los recuadros indican la región El Niño 3.4 y 1+2. Fuente: ECMWF, NWS/NCEP/CPC y NOAA/CPC.



NWS/NCEP/CPC

Last update: Mon Mar 13 2023
Initial conditions: 3Mar2023–12Mar2023

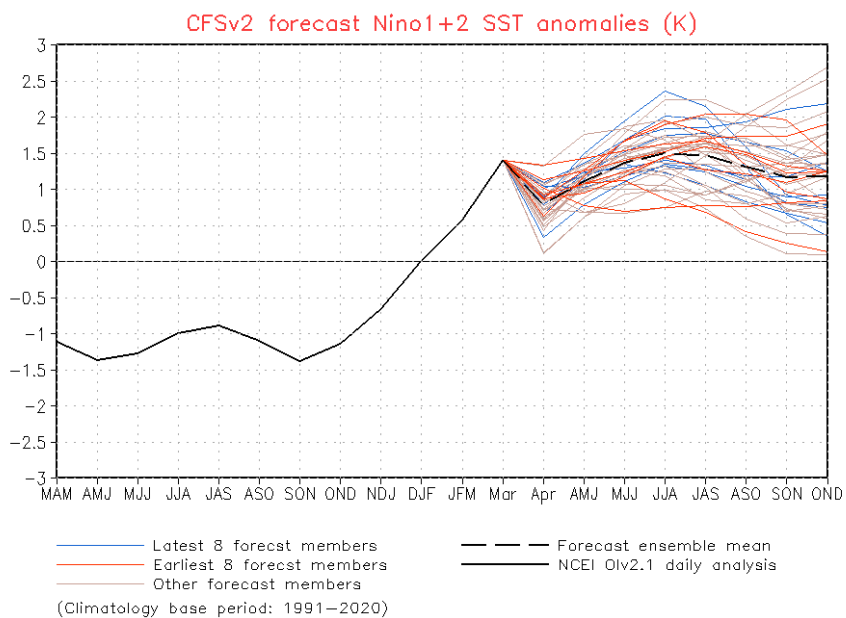


Figura 58. Pronóstico del índice Niño 1+2 mediante modelos climáticos CFSv2.

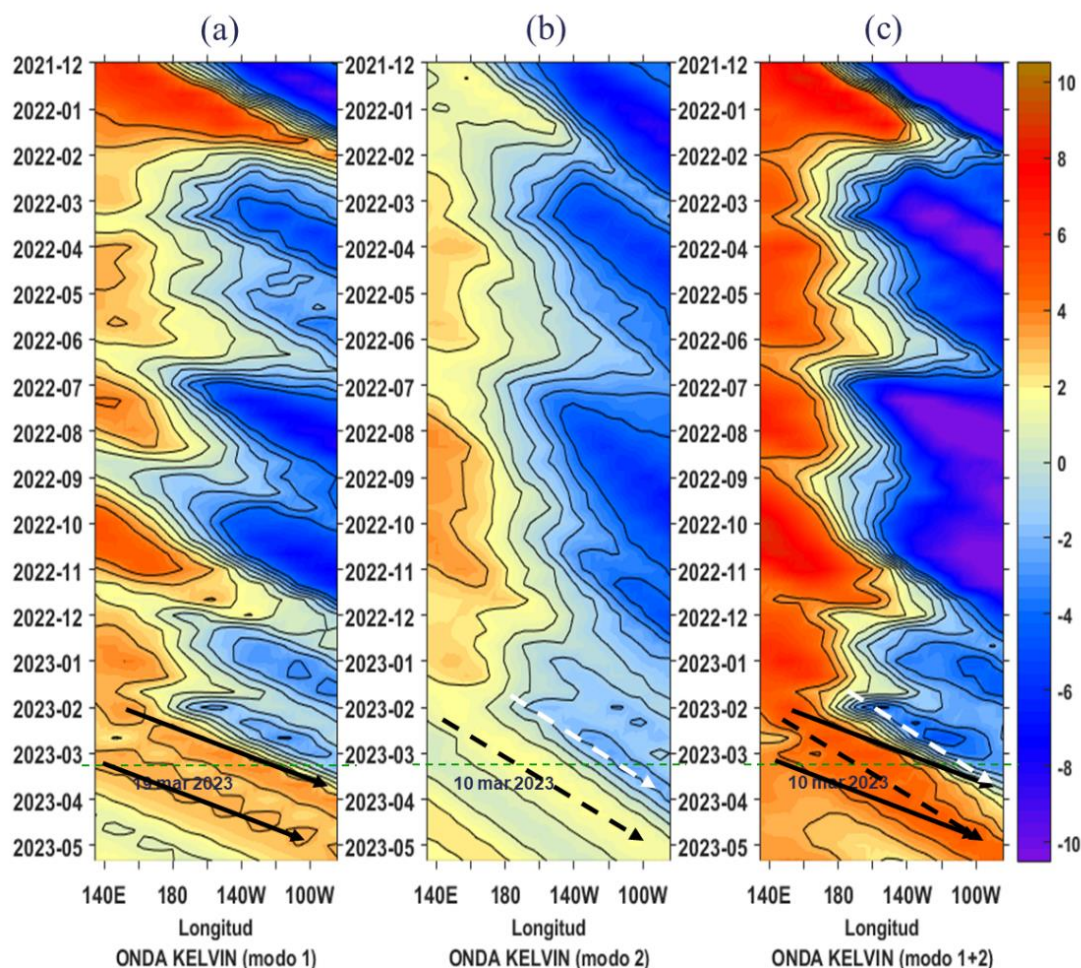


Figura 59. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1 (flechas con líneas continuas), (b) Modo 2 (flechas con líneas discontinuas), (c) Modos 1+2. Se presentan las ondas de hundimiento “cálidas” (flechas negras), y las ondas de afloramiento “frías” (flechas blancas). 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.

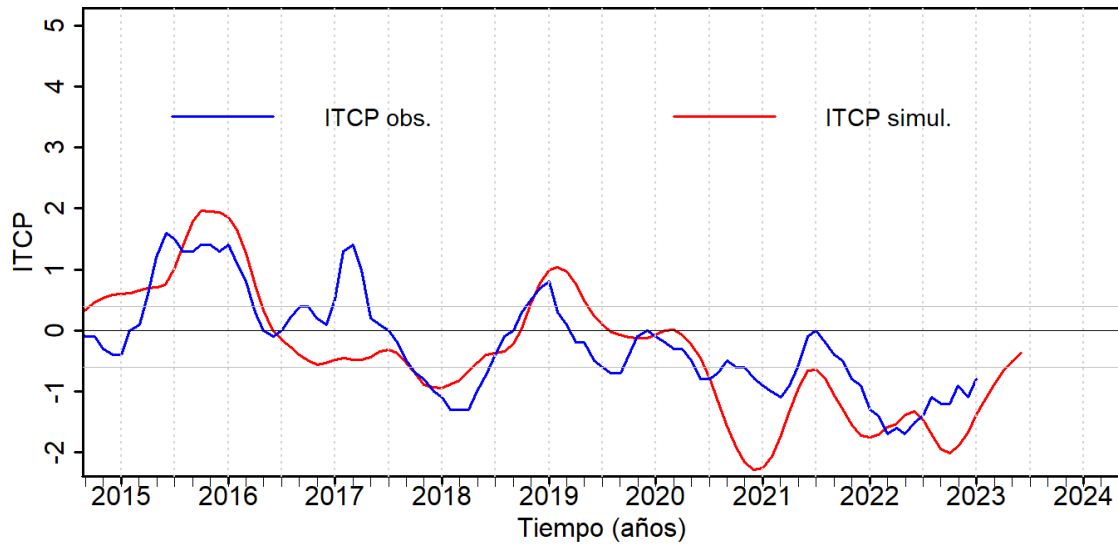


Figura 60. Pronóstico del ITCP mediante un modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia, con datos actualizados hasta el mes de febrero 2023. Fuente: IMARPE.

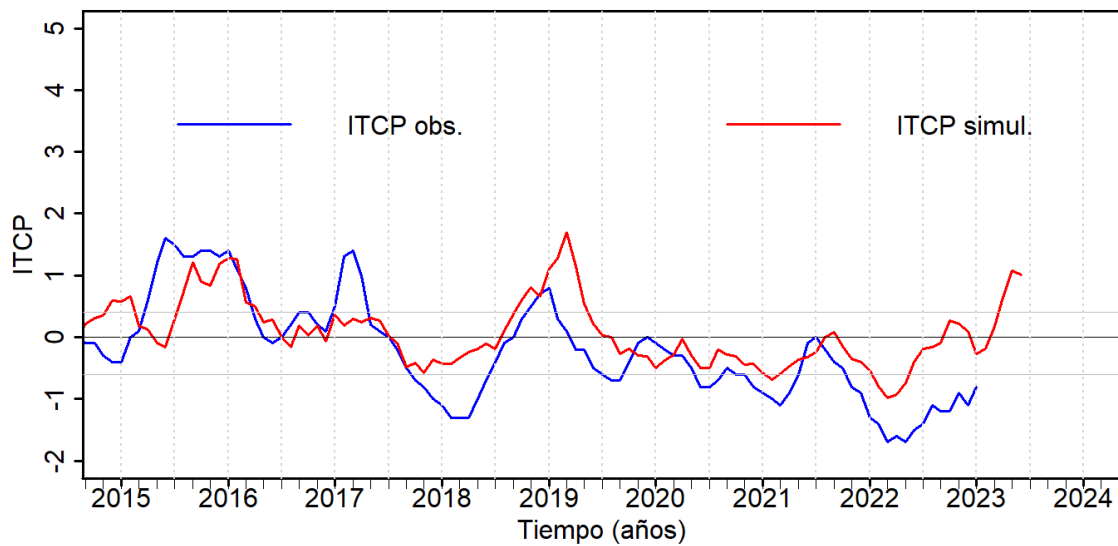


Figura 61. Pronóstico del ITCP mediante un modelo estadístico, con datos actualizados hasta el mes de febrero 2023. Fuente: IMARPE.