

Presupuestal por Resultados N°068

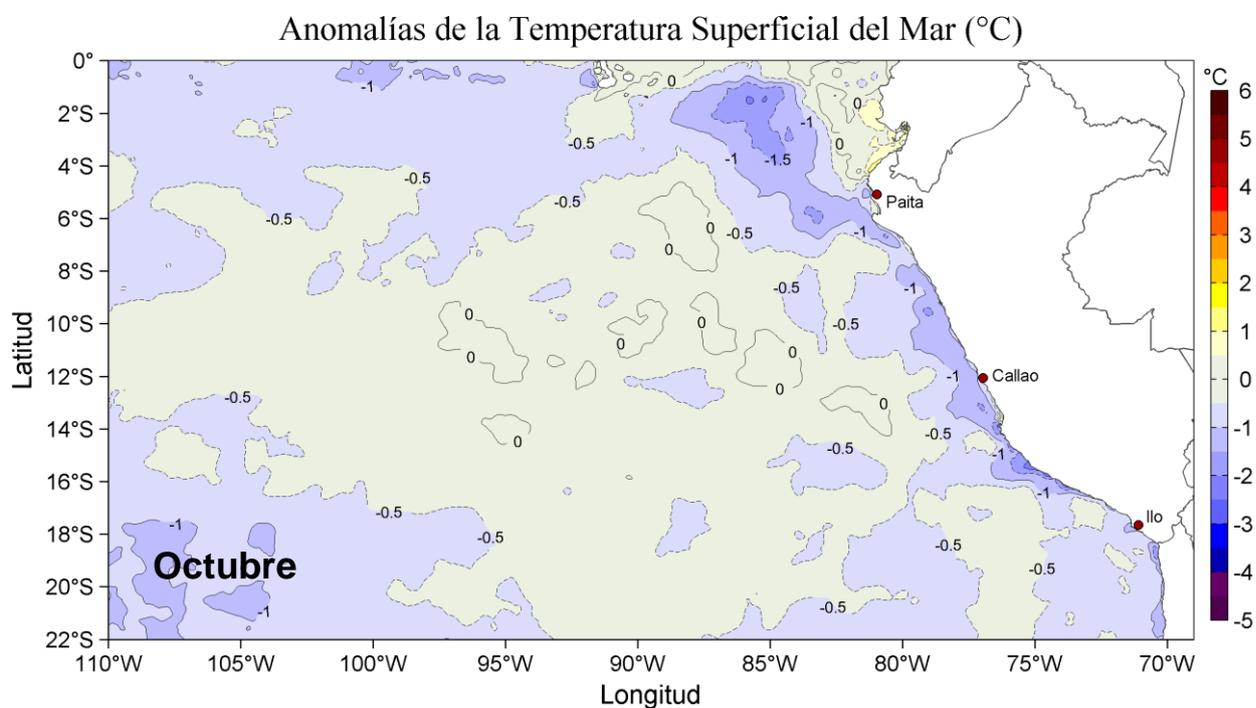
“Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de emergencias por Desastres”

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 OCTUBRE 2021



Octubre, 2021

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

GRUPO DE TRABAJO INSTITUCIONAL EL NIÑO

Informe de las Condiciones Oceanográficas y Biológico Pesqueras Octubre 2021

I.	RESUMEN EJECUTIVO	4
II.	INTRODUCCIÓN	6
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	7
	1. VARIABLES	7
	2. ÍNDICES	7
	3. IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES	9
	4. INDICADORES BIOLÓGICOS	9
	5. MODELOS DE PRONÓSTICO	10
IV.	CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS Y BIOLÓGICO-PESQUERAS	16
	1. CONDICIONES FÍSICAS EN EL PACÍFICO ECUATORIAL Y SUDORIENTAL	16
	1.1. Aspectos Meteorológicos	16
	1.1.1. Distribución del campo de presión a nivel del mar	16
	1.1.2. Radiación de onda larga y vientos en el Pacífico ecuatorial	16
	1.2. Aspectos oceanográficos	16
	1.2.1. Condiciones térmicas superficiales	16
	1.2.2. Variaciones en el contenido de calor y del nivel del mar	17
	2. CONDICIONES FRENTE A LA COSTA PERUANA	17
	2.1. Aspectos meteorológicos	17
	2.1.1. Velocidad y dirección del viento en la costa peruana	17
	2.2. Aspectos oceanográficos físicos	18
	2.2.1. Nivel del mar	18
	2.2.2. Temperatura superficial del mar	19
	2.2.2.1. Índices climáticos y oceánicos	19
	2.2.3. Salinidad superficial del mar	20
	2.2.4. Secciones Oceanográficas	20
	2.2.5. Condiciones observadas en cruceros oceanográficos	21
	2.2.5.1 Condiciones Superficiales	21
	2.2.5.2 Condiciones Sub-superficiales	21
	2.2.6. Variabilidad de alta frecuencia registrada en flotadores ARGO	22
	2.2.7. Aspectos biogeoquímicos y de productividad	22
	2.2.7.1. Oxígeno disuelto	22
	2.2.7.2. Productividad	23

2.2.8. Forzante remoto y variabilidad de la capa sub-superficial	23
3. INDICADORES ECOLÓGICOS Y BIOLÓGICO-PESQUEROS	24
3.1. Indicadores de masas de agua, volumen y composición del plancton	24
3.1.1. Fitoplancton	
3.1.2. Zooplancton	25
3.2. Condiciones biológico – pesqueras de los recursos pelágicos	25
3.2.1. Anchoqueta (<i>Engraulis ringens</i>)	25
3.2.1.1. Distribución, capturas, tallas	25
3.2.1.2. Indicadores reproductivos y somáticos	25
3.2.2. Jurel (<i>Trachurus murphy</i>) y Caballa (<i>Scomber japonicus</i>)	26
3.2.2.1. Indicadores reproductivos	26
3.2.3. Captura incidental en la pesca de anchoqueta	26
3.3. Condiciones biológico – pesqueras de los recursos demersales y litorales	26
3.3.1. Merluza (<i>Merluccius gayi peruanus</i>)	26
3.3.2. Invertebrados	26
3.3.3. Recursos de la pesca artesanal	27
3.3.3.1 Presencia de otras especies indicadoras	27
3.4. Indicadores Ecológicos	27
3.4.1 Depredadores Superiores	27
3.4.1.1 Aves	27
4. PRONÓSTICO DE LAS CONDICIONES DEL PACIFICO ECUATORIAL Y FRENTE A LA COSTA PERUANA	27
4.1. Pronósticos a gran escala de las agencias internacionales	27
4.2. Propagación de ondas Kelvin	28
4.3. Pronósticos de la TSM para la franja adyacente a la costa del Perú	28
V REFERENCIAS	29
VI RECONOCIMIENTOS	35
VII TABLAS	36
VIII FIGURAS	40

I. RESUMEN EJECUTIVO

Durante octubre 2021, el Pacífico ecuatorial central y oriental mostró una intensificación de condiciones frías en superficie, observándose que las anomalías negativas de la temperatura superficial del mar (TSM) abarcaron desde la región Niño 4 hasta la costa peruana y norte de Chile. Sin embargo, en la última semana de octubre se desarrollaron anomalías térmicas positivas frente a la costa de Ecuador. Los promedios mensuales de las anomalías de la TSM (ERSST v5) en las regiones Niño 1+2 y Niño 3.4 fueron de $-0,79\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-0,95\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente. El índice ONI (Oceanic Niño Index) para agosto-octubre indicó condiciones frías. La capa superior de 300 m del Pacífico central mostró intensas condiciones frías, con anomalías de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ desplazándose hacia el lado oriental, mientras que, en la capa subsuperficial del extremo occidental aumentaron las condiciones cálidas y tendieron a desplazarse hacia el Pacífico ecuatorial central.

En la atmósfera, a nivel superficial, sobre el Pacífico ecuatorial, en promedio, los vientos alisios presentaron intensidades entre 2 a 10 m s^{-1} . Durante la primera quincena de octubre predominaron anomalías de viento del este, principalmente desde 160°E hasta 120°W , alcanzando valores de hasta 4 m s^{-1} ; mientras que, desde la segunda quincena de octubre, entre la línea de cambio de fecha (180°) y 130°W , predominaron condiciones normales, y entre los 130°W a 90°W , predominaron anomalías del oeste (1 a 2 m s^{-1}).

En octubre, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se encontró ubicado al oeste de su posición habitual ($107,5^{\circ}\text{W}$, $30,0^{\circ}\text{S}$) y con una intensidad de $1030,4\text{ hPa}$, mayor que su valor climatológico. Frente a la zona costera y oceánica peruana se registraron vientos moderados ($4,1 - 6,8\text{ m s}^{-1}$) y fuertes ($6,8 - 10,4\text{ m s}^{-1}$) hasta la tercera semana de octubre, variando a vientos moderados después del 25 de octubre. El afloramiento costero peruano, se mantuvo intenso desde Talara hasta San Juan de Marcona hasta la última semana de octubre, reduciendo su actividad hacia fin del mes.

Las anomalías del nivel del mar (ANM) en la franja de las 60 m.n. adyacentes a la costa peruana, a inicios de octubre, exhibieron la normalización de las ANM, indicando la finalización del efecto de la onda Kelvin cálida que arribó en setiembre. En la segunda semana de octubre, se produjo la disminución paulatina de las ANM asociada al arribo de una onda Kelvin fría, que se propagó de norte a sur, cuya señal alcanzó San Juan de Marcona.

La TSM dentro de las 60 m.n. adyacentes a la costa fluctuó entre $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Talara) y $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Pisco-Atico). Durante el mes prevaleció el enfriamiento del mar de Sullana al sur alcanzando una intensidad entre $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en sectores adyacentes a la costa en promedio, con proyección hacia el Noroeste (NO) desde Paita-Morropón. El máximo enfriamiento del mar ocurrió frente a San Juan de Marcona donde la ATSM fue $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$. La diferencia térmica semanal indicó procesos de calentamiento y enfriamiento temporales de Paita al norte y con proyección hacia el NO, escenario siempre variable. Al sur de Paita el enfriamiento leve del mar fue constante en los últimos 20 días del mes. El calentamiento intermitente en el océano frente a los muelles de Tumbes y Paita también influyó en los valores de TSM y anomalías de TSM en estas localidades, registrándose anomalías de $+0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

Así mismo, la información térmica registrada durante el crucero Pelágico 2021-0911 durante octubre, indicó una condición fría prevaleciente entre Chicama e Ilo, resaltando núcleos fríos con valores de hasta $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ frente a San Juan, Punta Caballas, Chala y Pucusana, así como un pequeño núcleo cálido frente a Ocoña.

La temperatura subsuperficial frente a la costa norte peruana indicó el predominio de anomalías negativas dentro de las 100 m.n., con valores de hasta $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ en promedio, sobre los 60 m de profundidad. Debajo de los 60 m, se detectaron ligeras anomalías negativas de hasta $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Estas condiciones estuvieron asociadas al paso de la onda Kelvin fría ya descrita.

La salinidad superficial del mar (SSM) indicó un incremento de la cobertura de las aguas costeras frías (ACF) desde Punta Falsa hacia el sur, predominando dentro de las 60 m.n. y generando el repliegue de las aguas subtropicales superficiales (ASS) hacia la zona oceánica. Frente a la costa norte, la información de las boyas ARGO confirmó la intromisión anómala de las aguas ecuatoriales superficiales (AES) hacia Paita durante la segunda quincena de octubre, replegándose hacia el norte posteriormente.

Por otro lado, se observó el ascenso de la oxiclina y del límite superior de la Zona de Mínimo de Oxígeno (ZMO) frente a la costa norte, respecto a septiembre. En lo que va de octubre, dentro de las 20 m.n. a la costa, con la información del crucero Pelágico 2021-0910, se observó un predominio de valores de oxígeno disuelto superficial inferiores a $4,0\text{ mL L}^{-1}$, propios de las aguas del afloramiento costero.

De acuerdo a la información satelital, la concentración de clorofila-a mantuvo valores entre $1,0$ a $5,0\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$ dentro de las 60 m.n. y al norte de la latitud 11° S ; sin embargo, en la costa central se observaron núcleos de hasta $20,0\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$. De Pisco al sur, también se observaron condiciones de alta productividad, entre 5 a $10\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$, pero más replegadas a la costa entre Atico e Ilo (dentro de las 20 m.n.). En general, las concentraciones observadas estuvieron en o sobre el rango climatológico dentro de los 100 Km de la costa.

Respecto a los recursos pesqueros pelágicos, la flota industrial de cerco dirigida a la pesca del Stock Sur de la anchoveta, se distribuyó frente a Morro Sama hasta las 30 m.n. de la costa, asociada a las ACF. La estructura de tallas fue principalmente adulta con una moda de $12,5\text{ cm}$ de longitud total, con presencia del 14% de juveniles. Para el stock Norte-Centro, los indicadores reproductivos de la anchoveta mostraron una disminución de los procesos de maduración gonadal y desove, indicando la declinación de su periodo principal de desove.

Las especies transzonales jurel, caballa y bonito, se distribuyeron dentro de las 100 m.n. de costa, principalmente frente a Pisco e Ilo, asociados a los frentes halinos de las ACF con ASS y aguas de mezcla. Respecto a la actividad reproductiva del recurso bonito, se registró un incremento del Índice Gonadosomático en relación a setiembre, encontrándose en su principal periodo reproductivo.

La merluza se distribuyó entre Puerto Pizarro y Punta la Negra y, las principales capturas se registraron al norte de Punta Sal. Por otro lado, respecto a la distribución de tallas, se observó una disminución en las modas respecto a los meses anteriores. Los desembarques del calamar gigante, calamar común y concha de abanico, disminuyeron respecto al mes de septiembre; mientras que se incrementó el desembarque de pulpo. La distribución del calamar gigante estuvo asociada a aguas de mezcla, mostrando las mayores concentraciones en la zona norte.

La mayoría de los modelos de las agencias internacionales (inicializados el 19 de octubre) pronostican la continuación del desarrollo de la condición La Niña en el Pacífico ecuatorial central que persistiría hasta febrero 2022 inclusive. En base a las simulaciones de un modelo oceánico de complejidad intermedia, forzadas con las anomalías del esfuerzo del viento sobre el Océano Pacífico ecuatorial, se pronostica que una onda

Kelvin fría (modo 2) llegará frente a Sudamérica en noviembre. Además, una nueva onda Kelvin cálida (modo 1) llegaría frente a Sudamérica en diciembre 2021.

De acuerdo a los dos modelos aplicados en IMARPE para el pronóstico de las condiciones térmicas costeras, el modelo de complejidad intermedia del Océano Pacífico Tropical pronostica condiciones frías entre noviembre 2021 y febrero 2022, mientras que, el modelo estadístico pronostica condiciones neutras durante noviembre 2021-enero 2022 y condiciones frías en febrero 2022.

II. INTRODUCCIÓN

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

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

III. MATERIALES Y MÉTODOS

1. VARIABLES

Las principales variables utilizadas para el monitoreo de las condiciones ambientales, oceanográficas se resumen en la tabla III.1. La Figura 1 muestra la ubicación de las estaciones oceanográficas fijas y las secciones oceanográficas frente a 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 del vehículo submarino autónomo – glider Slocum G2 denominado “Paracas”. Los sensores del glider Paracas pueden registrar variables oceanográficas como: temperatura, salinidad, oxígeno, corrientes y clorofila. El glider Paracas hace un recorrido de diente de sierra en el momento de desplazarse y transmite información a través del satélite de tal manera que los datos pueden ser usado 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 de la presión atmosférica a nivel del mar máxima 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 ILOE e ILAT se usan los percentiles 25 y 75, de tal forma que los valores positivos (negativos) de los índices ILOE 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 re-análisis 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 e índices de Temperatura Superficial del Mar (TSM): Las anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (ATSM), en las regiones Niño, se evaluaron en periodos semanales, mensuales y de tres meses, con datos OISSTv2 que usa interpolación

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

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

Índice Térmico Costero Peruano (ITCP): Indicador del efecto del ENOS y de la circulación marina en la variabilidad térmica del océano costero del Perú caracterizado por el afloramiento costero. Se estima empleando los promedios mensuales de la TSM obtenidos del producto NOAA NCDC OISST v2 para el periodo 1982-2014 (Reynolds et al, 2007). Para ello se toma en cuenta el área de afloramiento, limitado por el máximo gradiente termal zonal del promedio anual de la TSM, seleccionando los puntos de grilla adyacentes a la costa (a 40 Km en promedio). Se calcula como la media móvil de tres meses de la primera componente principal (CP1) reducida de las anomalías térmicas de la zona costera. Se expresa en unidades de desviación estándar de la CP1. Categorías: LN fría ($<-0,6$), Neutro ($0,4 - -0,6$), EN cálido ($>-0,4$). Mayor información se encuentra en Quispe-Ccalluari et al. (2016).

Índices de la termoclina, oxiclina, y profundidad de la Zona Mínima de Oxígeno (ZMO): Como indicador de la termoclina, definida como la capa con el máximo gradiente de temperatura en la columna de agua, se utiliza a la isoterma de 15 °C. Como indicador de la oxiclina costera, definida como la capa con el máximo gradiente de Oxígeno Disuelto (OD) en la columna de agua, se utiliza a la iso-oxígena de 1 mL L⁻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 de grasa (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), Folkens & 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).

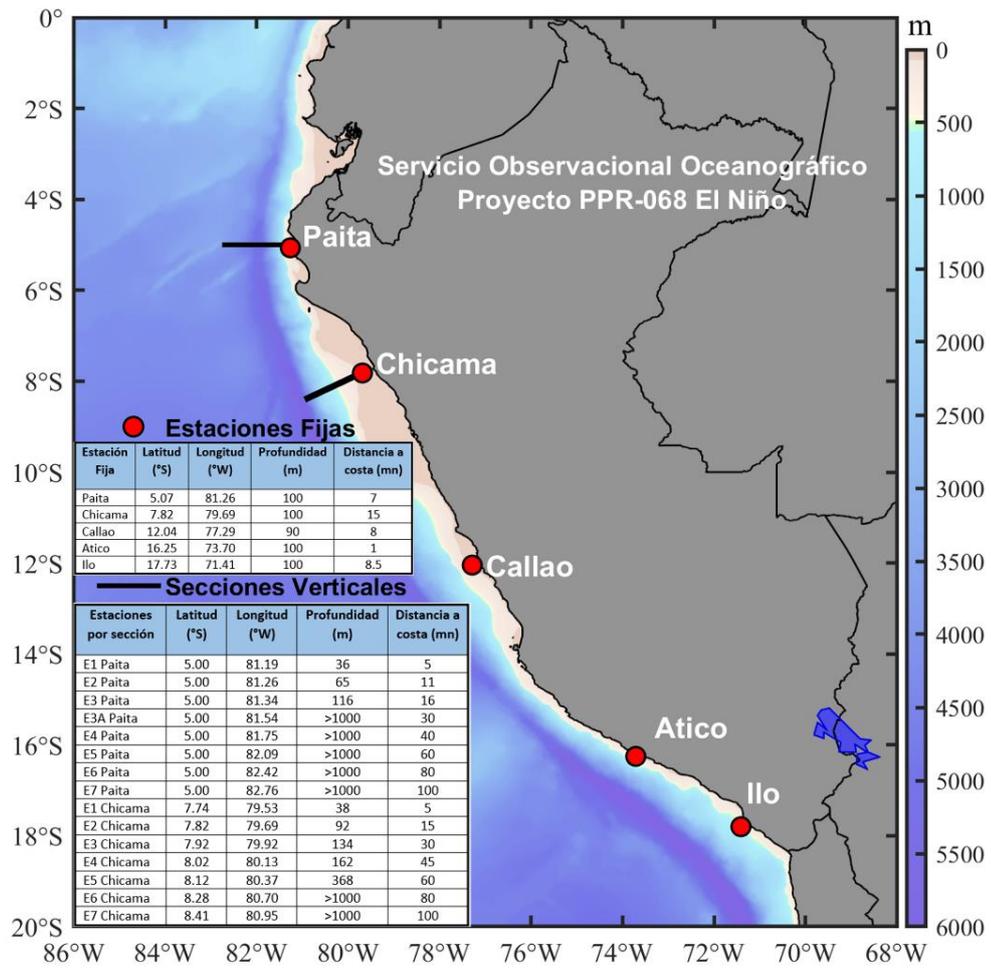


Figura 1. Ubicación geográfica de las estaciones fijas y secciones verticales de Paíta y Chicama, sobre la batimetría con ETOPO2. La continuidad de las estaciones fijas se ha visto alterada por la situación de la pandemia de Covid-19.

IV. CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS Y BIOLÓGICO-PESQUERAS

1. CONDICIONES FÍSICAS EN EL PACÍFICO ECUATORIAL Y SUDORIENTAL

1.1. Aspectos Meteorológicos

1.1.1. Distribución del campo de presión a nivel del mar

El APS presentó en promedio, para octubre 2021, un núcleo centrado en los 107,5°W - 30,0°S con una intensidad máxima de 1030,4 hPa, encontrándose desplazado hacia el oeste de su posición habitual con una intensidad mayor que su valor climatológico (Figura 2 a). Asimismo, se observaron anomalías positivas de presión entre +2 y +7 hPa en el Pacífico subtropical oriental y anomalías de +1 hPa frente a la costa sur de Perú (Figura 2 b).

Los índices de intensidad (IAPS), posición longitudinal (ILON) y latitudinal (ILAT) del APS presentaron para el trimestre agosto-octubre 2021 valores de +3,8 hPa, -9,0° y +1,6° respectivamente, indicando que el APS se mantuvo dentro del rango intenso y desplazado al oeste de su posición normal. El valor mensual de la anomalía de la presión máxima, en octubre 2021, fue de +6,2 hPa, mientras que, los valores mensuales de los desplazamientos longitudinal y latitudinal del APS fueron de -11,4° y +1,8° respectivamente, acorde con el patrón trimestral (Figura 3).

1.1.2. Radiación de onda larga y vientos en el Pacífico ecuatorial

La radiación de onda larga (OLR, por sus siglas en inglés) presentó un comportamiento normal frente a las costas de Sudamérica; mientras que, al oeste de los 160°W se presentaron anomalías positivas que alcanzaron su máximo valor al oeste de la línea de cambio de fecha (180°), indicando una zona de subsidencia con un núcleo entre 140° E y 170°E y otro núcleo al sur de 20°S alrededor de los 120°W (Figura 4). La componente zonal del viento, en la franja ecuatorial de 5°S a 5°N, mantuvo una dirección predominante de los vientos alisios, con un rango entre 2,0 a 7,0 m s⁻¹ en el área comprendida entre 160°E y 100°W. Entre los 130°E y los 180°W, la velocidad zonal presentó anomalías del este (4,0 m s⁻¹) durante casi todo el mes. Entre los 140° W y 100° W, las anomalías durante la primera quincena oscilaron entre -1,0 y +1,0 m s⁻¹; sin embargo, durante la última quincena de octubre, se registró un ligero incremento de anomalías del oeste (+2 m s⁻¹) entre 120°W y 100°W (Figura 5).

1.2. Aspectos oceanográficos

1.2.1. Condiciones térmicas superficiales

En el Pacífico ecuatorial, la TSM presentó condiciones frías que se intensificaron respecto a setiembre, observándose anomalías de -1 °C a lo largo de la banda ecuatorial, con mayor expansión en la región Niño 3.4; mientras que, anomalías mayores a -0,5 °C abarcaron desde el Pacífico central hasta las costas de Perú y norte de Chile. Frente a Tumbes y cerca de la costa de Ecuador, la anomalía promedio estuvo en el rango neutral (Figura 6). La anomalía semanal de la TSM (ATSM, proveniente de OISST v2.1), en el Pacífico ecuatorial (Figura 7) exhibió valores predominantes en el rango frío débil, especialmente desde la segunda semana y con mayor intensidad en la región Niño 3.4. Los promedios mensuales de las ATSM en las regiones Niño 1+2 y Niño 3.4, según OISST v2 fueron de -0,21 °C y -0,83 °C, mientras que, según ERSST v5 (usado para el ONI), fueron de -0,79 °C y -0,95 °C, respectivamente. El índice ONI para el trimestre agosto-octubre 2021 fue de -0,67, indicando que la condición térmica en el Pacífico ecuatorial central fue fría (Tabla 2, Figura 26).

1.2.2. Variaciones en el contenido de calor y del nivel del mar

La distribución vertical térmica en el Pacífico ecuatorial, en la zona central y oriental y encima de los 200 m, evidenció condiciones frías que se intensificaron hasta presentar un núcleo con anomalías negativas mayores a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, que se desplazó desde los 140°W hasta los 110°W , tendiendo a superficializarse de los 120 m a los 70 m de profundidad. En el lado occidental del Pacífico ecuatorial, las condiciones cálidas se intensificaron, llegando a superar anomalías de $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$, favoreciendo su expansión hacia el Pacífico ecuatorial central alrededor de los 150 m de profundidad, donde las anomalías de $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ alcanzaron los 170°W (Figura 8).

El contenido de calor promedio en la capa de 300 m, en la zona occidental (156°E - 155°W), cambió su tendencia, pasando de anomalías de $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que, en la parte central (180° - 95°W) y el lado oriental (140°W - 95°W), las condiciones frías continuaron intensificándose hasta la segunda quincena de octubre, alcanzando en el lado oriental anomalías de $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$; sin embargo, hacia finales de mes, estas condiciones frías empezaron a atenuarse (Figura 9).

La evolución espacio-temporal de las anomalías térmicas en el extremo oriental fue fluctuante en la capa superficial (0 – 30 m) y fría en la capa subsuperficial, en cambio en el Pacífico central, las condiciones frías proyectadas hacia el lado oriental alcanzaron su mayor intensificación en la segunda quincena, entre 120°W y 140°W . En el lado occidental, se notó el inicio de una fase de expansión de condiciones cálidas hacia el Pacífico central (Figura 10).

El paquete de ondas Kelvin frías, continuó propagándose a través del Pacífico ecuatorial, localizándose en la región oriental. Así mismo la onda Kelvin cálida que se generó en octubre en la región occidental, continúa su desplazamiento hacia la costa americana, ubicándose en 150°W a fines del mes (Figura 11).

2. CONDICIONES FRENTE A LA COSTA PERUANA

2.1. Aspectos meteorológicos

2.1.1. Velocidad y dirección del viento en la costa peruana

Frente a la costa peruana, entre el 01 y 25 de octubre, se produjeron vientos moderados del sureste (entre $4,1$ a $6,8\text{ m s}^{-1}$) a fuertes ($> 6,8\text{ m s}^{-1}$) desde Tumbes hasta San Juan de Marcona, los cuales se debilitaron durante la última semana. En la franja ecuatorial del extremo este, entre los 5°N y 5°S , se presentaron vientos moderados del sur ($> 4,1\text{ m s}^{-1}$ y $< 6,8\text{ m s}^{-1}$) (Figura 12).

Respecto a las anomalías de la velocidad del viento (AVV), a lo largo de la costa peruana se presentaron anomalías en el rango neutral a positivo ($\text{AVV} > +1,0\text{ m s}^{-1}$) desde el 1 al 25 de octubre; mientras que, durante la última semana las anomalías fueron negativas ($\text{AVV} < -1,0\text{ m s}^{-1}$). En la zona oceánica, predominaron las anomalías frente a la zona central y sur durante las tres primeras semanas, mientras que en la última semana las anomalías fueron negativas en la misma región (Figura 13).

A lo largo de la franja costera, dentro de los 40 km, predominaron vientos del sureste moderados a ligeramente fuertes, presentando mayor intensificación frente a Pisco - San Juan de Marcona, hasta la tercera semana. Durante la última semana, los vientos disminuyeron. Al norte de los 5°S , se presentaron vientos moderados, y al sur de San Juan de Marcona se presentaron vientos débiles durante todo el mes (Figura 14 a). Las anomalías de VV en la zona costera desde Talara hacia el sur se presentaron en el rango

neutral a positivo durante las tres primeras semanas, pasando a anomalías negativas entre el 26 al 30 de octubre (Figura 14 b).

El afloramiento costero se mantuvo persistente hasta el día 26 con valores del IAC superiores a $350 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 100 \text{ m}^{-1}$ frente a Paita, mientras que, desde Talara hasta San Juan de Marcona se observaron valores de $150 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 100 \text{ m}^{-1}$. Durante la última semana a lo largo de la costa el IAC disminuyó a valores inferiores a $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 100 \text{ m}^{-1}$ (Figura 14 c).

2.2. Aspectos oceanográficos físicos

2.2.1. Nivel del mar

Las ANM promedio de octubre (Figura 15 b) en comparación con setiembre (Figura 15 a), se caracterizaron por mantener la tendencia a la disminución desde julio, con un predominio de ANM entre 0 y +5 cm. Fuera de las 60 m.n., destacó la permanencia de ANM superiores a +5 cm entre San José y Pisco, así como frente a Atico, asociadas a la presencia de remolinos anticiclónicos (Figura 15 b).

A escala pentadal, se observó la normalización de las ANM durante la primera semana (Figuras 16 a y b), indicando la finalización de la onda Kelvin cálida que arribó en setiembre. En la segunda semana y hasta fin de mes (Figuras 16 c-f) se registró la disminución de las ANM debido al efecto de la onda Kelvin fría que arribó en octubre, tal como se indicó en el “Boletín Semanal Oceanográfico y Biológico-Pesquero” del IMARPE N° 41 (BSOBP, 2021).

En cuanto a la actividad de mesoescala, se detectaron en promedio entre 2 y 11 remolinos por día, representando una mayor generación de remolinos anticiclónicos con respecto a los ciclónicos hasta mediados de mes, los que posteriormente se mantuvieron por fuera de las 60 m.n. frente a la costa central, además de la ocurrencia de remolinos anticiclónicos en el sector sur (Figuras 17 a y 16). El radio de estas estructuras osciló entre 60 y 80 km, similar a lo registrado en setiembre, aumentando hacia fin de mes, debido a un remolino ciclónico de gran tamaño (>100 km) al norte de Paita (Figura 17 b). La energía cinética promedio (Figura 17 c) varió entre 75 y $250 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-2}$. Cerca de la costa, el remolino más importante se ubicó frente a Chicama y se desplazó hacia el oeste, perdiendo intensidad al acercarse a los 85°W (Figura 16) y alcanzando su mayor radio (~70 km) a inicios del mes. Mar afuera, resaltó el remolino anticiclónico frente a Atico con un radio ~70 km, el cual se mantuvo durante todo el mes (Figuras 16 a-f).

En el área próxima a la Isla Galápagos ($0,125^\circ\text{S}$, $90,125^\circ\text{W}$), las ANM (Figura 18 a) oscilaron entre 0 y +5 cm, lo cual indica una disminución respecto al mes anterior. Al aplicar el filtro pasa banda de 10 a 120 días (Figura 18 b) se confirmó que la disminución de setiembre se mantuvo hasta inicios de octubre y luego se estabilizó alrededor de -2 cm.

En la franja de 60 m.n. (111 km) adyacente a la costa peruana (Figuras 18 a y 19 a), para el sector norte-centro (5°S - 14°S) y centro-sur (14°S - 18°S) se observó una tendencia similar de permanente descenso durante la primera semana y valores por debajo del promedio el resto del mes. La disminución fue más significativa en la zona norte con respecto a la zona sur, debido a la propagación de la onda Kelvin fría. Las ANM filtradas (Figuras 18 b y 19 b), indicaron que la propagación de la onda Kelvin fría fue evidente entre la zona ecuatorial y San Juan de Marcona, con valores de hasta -4 cm (al norte de Paita) (Figura 19 b).

2.2.2. Temperatura superficial del mar

La TSM varió entre 14 °C frente al litoral de Pisco a Atico y 23 °C frente a Tumbes. La zona costera del mar peruano se caracterizó por presentar temperaturas menores de 17 °C de Paita al sur, particularmente la región costera entre Mórrope y Atico por las temperaturas menores de 16 °C. Asimismo se apreció la proyección hacia el noroeste de las isotermas de 18 a 20 °C desde Piura (Figura 20 a). Las anomalías de la TSM (Figura 20 b) indicaron un enfriamiento anómalo menor de -1,0 °C que predominó entre Paita y Atico, alcanzando -2 °C frente a este último punto, así como de manera puntual frente a Ilo. De Sullana al norte, adyacente al litoral, ocurrió calentamiento menor de +1,0 °C.

La variación de la TSM a frecuencia pentadal mostró cambios persistentes al norte de Chicama y en el extremo sur del Perú (Figura 21). La primera quincena de octubre se diferenció de la segunda por una mayor proyección hacia el norte (Figuras 21 a, b) y noroeste (Figura 21 c) de las aguas con TSM inferiores a 18 °C desde la costa de Piura. En la segunda quincena (Figuras 21 d-f) ocurrió el progresivo avance hacia el sur del frente térmico ecuatorial cerca de la costa, aunque las aguas de 20 °C y 19 °C mantuvieron su proyección hacia el noroeste. Asimismo, se apreció el continuo avance de aguas de 18 °C hacia el sur. Ambas configuraciones son propias del cambio estacional.

En las anomalías térmicas frente a la mayor parte de la costa peruana, el enfriamiento del mar se intensificó con el transcurso del mes (Figura 22). Sin embargo, ocurrió calentamiento anómalo de la zona al norte de Paita a partir de la tercera pentada (Figura 22 c). Estas condiciones cálidas anómalas se intensificaron en la quinta pentada (Figura 22 e) cuando la ATSM fue +3 °C, declinando en la última. Hacia el oeste de este núcleo cálido se mantuvo el sector con mayor enfriamiento del Pacífico sudeste evaluado, alcanzando mayor intensidad en la cuarta pentada (+4 °C).

En la franja de 60 m.n. adyacente a la costa, entre el ecuador geográfico y 22°S, la evolución diaria de la TSM y ATSM indicó que la mayor proyección de aguas de 16 °C (y valores de -1 °C) en esta banda ocurrió del 10 al 25 de octubre, declinando los últimos días cuando las temperaturas de 16 °C a 17 °C caracterizaron esta banda térmica (Figuras 23 a, b).

El cambio semanal de la TSM (Figuras 24 a-e) se manifestó principalmente en la zona norte y sur, destacando la primera por la alta variabilidad térmica con calentamientos de hasta 4 °C cerca a la costa en la tercera y cuarta semanas (Figuras 24 c, d); mientras que, la condición opuesta ocurrió en las otras semanas (Figuras 24 a, b, e).

En el litoral, los promedios mensuales de TSM (Figura 25 y Tabla 1) presentaron el valor máximo (26,1 °C) en la estación costera de Tumbes y el valor mínimo (14,0 °C) en Callao. Las anomalías térmicas indicaron valores dentro de la condición neutra en las estaciones de Tumbes, Chicama, Chimbote e Ilo, mientras que en San José, Huacho, Callao y Pisco el enfriamiento anómalo fue débil (-1,0 °C). Cabe precisar que el calentamiento intermitente en el océano frente a los muelles de Tumbes y Paita también influyó en los valores de TSM y anomalías de TSM en estas localidades, registrándose valores de +0,3 °C y +0,6 °C, respectivamente.

2.2.2.1. Índices climáticos y oceánicos

Las series de tiempo de los índices climáticos LABCOS (Quispe & Vásquez, 2015), ITCP (Quispe-Ccalluari et al., 2016), ONI (Huang et al, 2017), MEIv2, así como, los valores de las anomalías de la TSM en las regiones Niño se presentan en la Figura 26 y la Tabla 2.

En el mes de octubre, los valores preliminares de los índices locales fueron -0,21 (LABCOS) y -0,6 (ITCP) e indicaron una condición neutral fría. Los índices de macroescala ONI y MEIv2 registraron valores de -0,95 y -1,47, respectivamente, propios de una condición fría. En conclusión, los índices locales refieren de la ocurrencia de condiciones neutras frías mientras que los índices de macroescala, condiciones frías.

2.2.3. Salinidad superficial del mar

De acuerdo con el producto Mercator Ocean, la SSM promedio durante el mes de octubre (Figura 27 b) en comparación con setiembre (Figura 27 a); evidenció la intromisión de las ATS (SSM < 33,8) hasta Punta Sal, así como de las AES (SSM < 34,8) entre este último punto y Paita. De Punta Falsa hacia el sur, se observó el incremento de la cobertura de las ACF predominando dentro de las 60 m.n. y generando el repliegue de las ASS hacia la zona oceánica entre Punta Falsa y Pisco. Las ASS presentaron un mayor acercamiento hacia la costa, al sur de Atico (Figura 27 b).

Las variaciones de la distribución espacial de la SSM a frecuencia pentadal evidenciaron que durante la segunda quincena del mes (Figuras 28 d-f), se habría producido la intromisión de las AES hasta Paita, del mismo modo que el aumento de la cobertura de las ACF, alcanzando su mayor proyección hacia la zona oceánica hacia fines de mes (Figura 28 f). Además en este último período la intromisión anómala de las ATS y AES se ubicó hasta Talara y Punta Falsa, respectivamente.

A nivel superficial, contrastando la información del producto Mercator Ocean con la información colectada durante el Crucero de Evaluación de Recursos Pelágicos 2021-0911 (ver Figura 33) y el monitoreo Bio-Oceanográfico frente a Paita y Chicama 2110 (Figuras 29 y 31); se corroboró el predominio de las ACF dentro de las 60 m.n. a la costa, siendo estas condiciones propias del periodo. Por otro lado, frente a la costa norte, la información de las boyas ARGO (ver Figura 35) confirmó la intromisión anómala de las AES hacia Paita, a partir de la segunda quincena de octubre y hasta fines de mes según el perfil Paita (Figura 28 f, 29 y 31).

2.2.4. Secciones Oceanográficas

Paita

Frente a Paita, entre el 30 y 31 de octubre, la TSM varió de 16,5 °C a 17,9 °C. Las anomalías térmicas de -1,3 °C a -0,3 °C (Figura 29). Las salinidades en superficie variaron de 34,6 ups a 35,0 ups propiciando un escenario de condiciones frías con predominio de aguas en procesos de mezcla, aunque desde 80 a 100 m.n. se ubicaron las AES (Figura 29 y 30).

En la capa subsuperficial, se evidenciaron condiciones frías sobre los 100 m con anomalías de hasta -2 °C entre la costa y las 80 m.n. La isoterma de 15 °C se ubicó entre los 50 y 30 m de profundidad a las 100 m.n. y cerca de la plataforma costera, respectivamente. Dentro de las 60 m.n. se observó a las ACF y aguas en procesos de mezcla de las ACF con las ASS. Por fuera de las 80 m.n., salinidades de 34,7 indicaron la presencia de las AES. Esta distribución generó anomalías halinas positivas cerca de la costa y negativas fuera de las 40 m.n. Los flujos geostroficados denotaron uno de norte a sur dentro de las 40 m.n. con velocidades de hasta 20 cm s⁻¹ y otro de sur a norte más intenso, con velocidades de hasta 30 cm s⁻¹ (Figuras 30).

Chicama

Frente a Chicama, entre el 28 y 29 octubre, la TSM varió de 14,7 °C a 18,1 °C. La salinidad de 34,9 a 35,1 (Figura 31). Las anomalías térmicas en superficie que fueron de -0,4 °C (60 m.n.) a -1,3 °C (5 m.n.), evidenciaron condiciones frías dentro de las 60 m.n. y neutras desde las 60 m.n. a 100 m.n. Los valores obtenidos en superficie indicaron condiciones frías dentro de las 60 m.n. con predominio de las ACF y neutras por fuera de las 60 m.n. hasta las 100 m.n. asociadas con aguas en procesos de mezcla (Figuras 31 y 32).

En la capa subsuperficial, la estructura térmica presentó sobre los 100 m de profundidad temperaturas que variaron de 14 °C a 17 °C, notándose el ascenso de las isoterma de 15 °C a las 20 m.n., lo cual originó sobre los 50 m anomalías negativas de -1 °C dentro de las 60 m.n. y condiciones neutras por fuera. Las salinidades indicaron el predominio de las ACF, con valores de 35 y aguas en procesos de mezcla a las 60 m.n. Las anomalías halinas mostraron una condición neutra. Los flujos geostroficó indicaron el predominio del flujo de sur a norte, asociado a la Corriente costera peruana (CCP), la que alcanzó velocidades de 10 cm s⁻¹ (Figuras 32).

2.2.5. Condiciones observadas en cruceros de investigación

En octubre se continuó con la "Evaluación Hidro-acústica de la anchoveta y otros recursos Pelágicos 2109-11", cuyo recorrido abarcó desde la zona frente a Chicama hasta Morro Sama, a bordo del BIC Flores Portugal y embarcaciones pesqueras (EP), de la Sociedad Nacional de Pesquería (SNP).

2.2.5.1. Condiciones superficiales

Durante octubre, frente a la costa central y sur predominaron condiciones frías, predominando anomalías de -1,0 °C en promedio, con un rango de variación entre -3,8 a +1,6 °C. Las anomalías positivas estuvieron principalmente distribuidas frente a Chicama y Atico así como en la Bahía de Pisco; mientras que, las anomalías negativas fueron las que predominaron extendiéndose desde Chicama hasta Morro Sama con núcleos intensos frente a San Juan de Marcona y Chala. La distribución espacial de las condiciones frías estuvo asociada a la extensión de la isoterma de 16 °C; mientras que, las condiciones cálidas se asociaron a las isotermas mayores de 17 °C. Respecto a las masas de agua, predominaron las ACF cerca de la costa, mientras que, por fuera de las 30 m.n. principalmente predominaron aguas de mezcla (AM) y ASS. Las anomalías halinas indicaron condiciones neutras en promedio con pequeños núcleos positivos y negativos débiles (Figura 33).

2.2.5.2. Condiciones subsuperficiales

Las condiciones térmicas frente a Chicama (Figura 34 a), encima de los 100 m, presentaron anomalías positivas de +1 °C fuera de las 60 m.n. y anomalías negativas de -1 °C dentro de las 30 m.n., asociada a débiles anomalías halinas positivas por la aproximación de aguas con salinidad mayor de 35,1 procedentes de las ASS; mientras que, frente a Chimbote (Figura 34 b), encima de los 50 m, predominaron anomalías térmicas negativas de -1 °C desde la costa hasta las 80 m.n., acompañadas de condiciones halinas normales. En ambas zonas la isoterma de 15 °C y la iso-oxígena de 1 mL L⁻¹ ascendieron hacia la costa encima de los 100 m, indicando activo proceso de afloramiento. Las corrientes en la capa de 100 m, frente a Chicama presentaron flujos hacia el norte dentro de las 70 m.n. y flujos hacia el sur fuera de las 80 m.n., mientras que, frente a Chimbote predominaron flujos hacia el norte, con velocidad mayor a 10 cm s⁻¹.

Desde Callao hasta San Juan (Figuras 34 c, d, e) se pudo observar la isoterma de 15 °C con una profundidad de hasta 100 m por fuera de las 60 m.n., haciéndose más superficial frente a Callao y San Juan cerca de la costa, indicando aquí también procesos activos de afloramiento. En la sección de Ilo (Figura 34 f), se observó una termoclina muy somera llegando hasta los 25 m, sin indicios de afloramiento activo. En general se observó condiciones frías de hasta -2,5 °C sobre los 100 m con pequeños núcleos positivos centrados en 75 m y por fuera de las 80 m.n. Las ACF predominaron desde Callao hasta Ilo mientras que las ASS se ubicaron por fuera de las 50 m.n. frente a Callao, Pisco y San Juan; además, se apreciaron aguas de mezcla hasta una profundidad de 100 m. Por debajo de los 150 m, las AESS fueron predominantes en todos los perfiles. Finalmente, las corrientes predominantes en la región centro-sur tuvieron dirección hacia el norte con velocidades de hasta 20 cm s⁻¹ y centradas en 25 m.

2.2.6. Variabilidad de alta frecuencia registrada en flotadores ARGO

En base a la información de alta frecuencia de las boyas ARGO se analizó los datos de temperatura en la columna de agua frente a la costa peruana. En la boya 3901809, ubicada a fines de mes a 60 m.n. de la costa frente a San José (81,68° W y 6,75° S) se detectó un ligero descenso de las isotermas de 14 °C a 17 °C a inicios de mes. Esto generó ligeras anomalías positivas, con núcleos de hasta +1 °C, sobre los 100 m, y ligeras anomalías negativas hasta los 500 m de profundidad; mientras que, en la segunda quincena del mes, predominaron ligeras anomalías negativas en toda la columna de agua, con anomalías de hasta -1 °C sobre los 50 m a finales del mes (Figura 35).

En la boya ARGO 3901808 que se ubicó a 128 m.n. frente a Chicama (81,13°W y 8,62°S) se observó una ligera profundización de las isotermas de 16 °C a 18 °C a mediados del mes, fluctuaciones en la profundidad de la isoterma de 13 °C y una tendencia hacia la superficie de las isotermas de 8 °C a 11 °C. Esto generó, anomalías negativas sobre los 30 m y entre los 110 y 500 m de -1 °C y -0,4 °C, en promedio, respectivamente; mientras que, entre los 50 y 100 m se detectó anomalías positivas de hasta +1 °C en la última semana (Figura 36). En conjunto, el predominio de anomalías negativas de temperaturas subsuperficiales indicó el paso de la onda Kelvin fría durante el mes.

2.2.7. Aspectos biogeoquímicos y de productividad

2.2.7.1. Oxígeno disuelto

De acuerdo a lo observado en el crucero de "Evaluación hidro-acústica de la anchoveta y otros recursos pelágicos 2109-11", el OD en la superficie del mar cerca de la costa mostró un predominio de las concentraciones entre 3,0 a 4,0 mL L⁻¹ que estuvieron asociadas a anomalías de oxígeno de -1,0 a -0,5 mL L⁻¹. Las concentraciones de OD se incrementaron hacia la zona oceánica, así como en la bahía de Paracas y frente a Ilo, registrando las iso-oxígenas de 5,0 a 6,0 mL L⁻¹ (Figura 33).

De acuerdo a la información subsuperficial, frente a la costa norte, en la sección Paita 30 – 31 octubre 2021, el OD mostró sobre los 50 m de profundidad iso-oxígenas de 4,0 a 1,0 mL L⁻¹, registrando la ascendencia de las isolíneas de 4,0 y 3,0 mL L⁻¹ hasta la superficie del mar, dentro de las 80 m.n. de costa, por la intensidad del afloramiento. Las iso-oxígenas de 2,0 a 1,0 mL L⁻¹ abarcaron un espesor variable de 10 a 70 m. El límite superior de la ZMO se encontró por debajo de los 75 m de profundidad y hacia la zona oceánica (Figura 30). La sección Chicama mostró, sobre los 50 m, valores de 6,0 a 0,5 mL L⁻¹ de OD, registrando la elevación de las iso-oxígenas de 4,0 a 3,0 mL L⁻¹ hasta la superficie del mar y cerca de la zona costera, asociado a la surgencia. El límite superior de la ZMO se registró desde los 30 m de profundidad hasta los 70 m (Figura 32).

Frente a la costa sur, la sección Pisco presentó sobre la capa los 50 m un gradiente con iso-oxígenas de 6,0 a 1,0 mL L⁻¹, detectándose el ascenso de la iso-oxígena de 4,0 mL L⁻¹ desde los 110 m hasta la superficie del mar y hacia la zona costera. El límite superior de la ZMO se ubicó a los 140 m de profundidad (Figura 34 d). En la sección San Juan, sobre la capa de los 50 m, se presentó un gradiente con iso-oxígenas de 6,0 a 0,5 mL L⁻¹, registrándose el ascenso de la iso-oxígena de 4,0 mL L⁻¹ desde los 80 m hasta la superficie del mar, relacionada a la intensidad del afloramiento hacia la zona costera. El límite superior de la ZMO se ubicó desde los 140 m hasta los 50 m de profundidad (Figura 34 e).

2.2.7.2. Productividad

La concentración de la clorofila-a superficial, indicador de la producción del fitoplancton, aumentó respecto a setiembre de acuerdo con su estacionalidad y predominaron valores entre 1,0 a 5,0 µg L⁻¹ dentro de las 60 m.n. y al norte de la latitud 11° S; sin embargo, en la costa central (Callao-Pisco), se observaron núcleos de hasta 20,0 µg L⁻¹. De Pisco al sur, también se observaron condiciones de alta productividad, entre 5 a 10 µg L⁻¹, pero más replegadas a la costa entre Atico e Ilo, dentro de las 20 m.n. (Figura 37 a). Respecto a las anomalías, entre San José y Huacho se observaron anomalías negativas de -0,5 a -2,5 µg L⁻¹, dentro de las 40 m.n.; mientras que, de Callao al norte de Atico, en promedio dentro de las 60 m.n., predominaron anomalías positivas entre +2 a +6 µg L⁻¹ (Figura 37 b).

La serie de tiempo pentadal dentro de los 100 km frente a la costa y entre Talara y San Juan de Marcona, nos indica que predominaron bajas concentraciones de clorofila-a (-0,5 µg L⁻¹) la mayor parte del mes, con pulsos de altas concentraciones durante la primera y tercera semana del mes, principalmente entre los 13°S a 16°S (Figuras 37 d y e). Entre los 6°S y 13°S, no se contó con información durante todo el mes por la alta nubosidad (Figura 38).

En general, la cantidad de luz incidente, que varía por la presencia de nubes e influye en el crecimiento de fitoplancton y la producción de clorofila-a, presentó anomalías de la fracción de nube ligeramente positivas a lo largo de la costa (+10 %) (Figuras 37 c y 38).

Respecto a los datos de clorofila-a *in situ*, en la sección Paita, durante fines de octubre, se observó concentraciones inferiores a 0,5 µg L⁻¹ dentro de las 20 m.n. de costa y más lejos de la costa se incrementaron los valores ligeramente, registrándose un núcleo de 2,0 µg L⁻¹ a las 65 m.n. de costa. En la sección Chicama durante octubre 2021, se apreció concentraciones entre 0,1 a 0,5 µg L⁻¹, dentro de las 20 m.n., relativamente más bajas que lo observado en Paita. Por otro lado, el núcleo productivo se ubicó a las 40 m.n., y presentó una concentración de 3,0 µg L⁻¹ (Figura 39).

2.2.8. Forzante remoto y variabilidad de la capa subsuperficial

Frente a Paita, hasta fines de octubre, la posición de la isoterma de 15 °C dentro de las 100 m.n. se ubicó a 30 – 50 m de profundidad, unos 30 - 60 m por encima de lo normal (Figuras 40 b, c). Además, la posición de la iso-oxígena de 1 mL L⁻¹ se ubicó entre 40 y 60 m de profundidad, es decir 10 m por encima de su normal (Figuras 40 d, e).

Frente a Chicama, hasta fines de octubre, la posición de la isoterma de 15 °C dentro de las 100 m.n. se ubicó a 30 – 70 m de profundidad, lo que indicó una ligera tendencia hacia la superficie de hasta 20 m por encima de su posición habitual dentro de las 30 m.n., y en una posición de acuerdo a su estacionalidad entre las 30 y 100 m.n. (Figuras 41 b, c). Además, la posición de la iso-oxígena de 1 mL L⁻¹ se ubicó entre 30 y 60 m de profundidad, unos 10 m por encima de su posición habitual (Figuras 41 d, e).

Las posiciones de la isoterma de 15 °C frente a Paita indicó una superficialización; mientras que la isoterma de 15 °C frente a Chicama e iso-oxígena de 1 mL L⁻¹ frente a Paita y Chicama registradas en octubre se ubicaron a una profundidad de acuerdo a su estacionalidad, en promedio, lo que indicó una posición más somera de estas respecto a septiembre, esta superficialización se debió al arribo de la onda Kelvin fría en octubre, evidenciadas por la propagación de la anomalía de profundidad de la isoterma de 20 °C en el Pacífico ecuatorial (Figura 40 a, 41 a).

Asimismo, la profundidad de la isoterma de 15 °C frente a Paita, integradas dentro de las 100 m.n., indicó una superficialización de hasta 38 m por encima de su posición habitual; mientras que la isoterma de 15 °C frente a Chicama e iso-oxígenas de 1 mL L⁻¹ frente a Paita y Chicama, integradas dentro de las 100 m.n., mostraron una posición alrededor de su posición climatológica (Figuras 42 y 43).

3. INDICADORES ECOLÓGICOS Y BIOLÓGICO-PESQUEROS

3.1. Indicadores de masas de agua, volumen y composición del plancton

En el mes de setiembre, frente a Paita y Chicama se realizaron observaciones sobre la composición e identificación de especies de masas de agua del plancton.

3.1.1. Fitoplancton

Frente a la sección Paita se determinó al dinoflagelado *Protoperidinium obtusum*, especie indicadora de ACF, a 5 m.n. de la costa, asociado a una TSM de 16,5 °C. También se determinó a la especie indicadora de ASS *Tripos praelongus*, distribuida a 40 y 80 m.n. de la costa, relacionada a una TSM de 16,1 °C y 17,9 °C, respectivamente. Frente a la sección Chicama, solo se registró a *P. obtusum*, distribuida entre las 5 y 45 m.n. de la costa, relacionada a un rango de TSM entre 14,7 °C y 18,5 °C (Figura 44).

La comunidad fitoplanctónica frente a Paita obtuvo una mayor predominancia del 90 % solo a 60 m.n. de la costa, conformada principalmente por la diatomea *Detonula pumila*, que alcanzó una máxima abundancia relativa con categoría “Muy Abundante”, aunada a otras diatomeas como *Eucampia zoodiacus*, *Coscinodiscus granii* y *Chaetoceros debilis* con abundancias relativas de categoría “Escaso”. Cabe resaltar que, las diatomeas *Chaetoceros lorenzianus* y *Coscinodiscus perforatus*, destacaron a 5 m.n. por sus abundancias relativas con categoría de “Abundante”. En las demás estaciones predominó el zooplancton.

A partir de las 11 m.n. mar afuera, se observaron especies de aguas cálidas entre las diatomeas a *Thalassiosira partheneia*, *Planktoniella sol* y *Proboscia alata* f. *gracillima*. Mientras que, del grupo de los dinoflagelados se determinaron a *Tripos gravidus*, *Tripos vultur*, *Tripos massiliensis*, *T. azoricus*, *Pyrocystis noctiluca* y *Ceratocorys armata*, entre otros, especies con abundancias relativas de categoría “Presente”.

Frente a Chicama, la dominancia del fitoplancton alcanzó hasta 45 m.n. con un máximo del 99 % de predominancia (45 m.n.). Tanto las diatomeas neríticas como las de afloramiento registraron altas abundancias como *Lithodesmium undulatum*, *Actynocyclus* sp. y *C. perforatus* con abundancias relativas de categoría “Muy Abundante”, seguidas de *Chaetoceros lorenzianus*, *Odontella aurita* y *Thalassionema nitzschioides* cuyas abundancias relativas alcanzaron la categoría “Abundante”. Entre las 60 y 100 m.n., el predominio fue del zooplancton, siendo evidente la predominancia de especies de aguas cálidas como las diatomeas *Pseudosolenia calcar-avis*, *P. sol*, *Proboscia alata* f. *gracillima* y *Lioloma delicatulum*; y de los dinoflagelados termófilos se determinaron a *T.*

azoricus, *Tripes massiliensis*, *Triadinium polyedricum* y *Tripes buceros*, que obtuvieron abundancias relativas de categoría “Presente”.

3.1.2. Zooplancton

En el Programa Bio-Oceanográfico 2110, entre el 30 y 31 de octubre a 16 m.n. frente a Paíta se determinó al copépodo *C. brachiatus* y *C. furcatus*, indicadores biológicos relacionados a ACF y AES, respectivamente; mientras que, por fuera de las 40 m.n. se determinaron especies indicadoras de ASS (*A. danae* y *T. conifera*) y al copépodo perteneciente a AES (*C. furcatus*). Entre el 28 y 29 de octubre, en Chicama, a diferencia del perfil de Paíta, se observó al copépodo *C. brachiatus*, indicador de ACF, localizado dentro de las 45 m.n., seguido por una zona de mezcla, con presencia de las especies *C. brachiatus* y *M. clausi* especies asociadas a ACF y AES, respectivamente, localizados por fuera de las 60 m.n.

Los bio-volúmenes de zooplancton oscilaron entre 0,01 a 6,50 mL/m³. Valores entre 0,01 - 0,25 mL/m³ fueron los más frecuentes (60%) distribuidos en toda el área de estudio. Valores entre 0,26 y 0,50 mL/m³ registraron una frecuencia de 17% localizados en tres áreas, el primero entre Talara a Pimentel, el segundo en núcleos dispersos entre Pacasmayo y Bahía Independencia y el tercero entre San Juan y Morro Sama, en estaciones costeras como oceánicas, valores entre 0,51 – 1,00 mL/m³ y > 1,0 mL/m³ registraron una frecuencia de 12 % y 11 %, respectivamente, distribuidos en estaciones dispersas en el área evaluada observándose hasta una distancia máxima de 60 m.n. de la costa frente a Paíta (Figura 45).

3.2. Condiciones biológico – pesqueras de los recursos pelágicos

El desembarque de la pesquería industrial acumulado, del 1 de enero hasta el 31 de octubre, de los principales recursos pelágicos, similar al mes anterior, registró un leve incremento (<0,5 %) con respecto al mes setiembre, registrando 3 224 519 toneladas (t) (cifras para uso científico), manteniéndose el dominio el recurso anchoveta con el 97,8 % de total. (Tabla 3).

3.2.1. Anchoveta (*Engraulis ringens*)

Mediante la RM N°173-2021-PRODUCE, se autorizó el inicio de la Segunda Temporada de Pesca 2021 del recurso anchoveta en el área marítima comprendida entre los 16°00'LS y el extremo sur del dominio marítimo a partir del 02 de julio, estableciendo un Límite Máximo Total de Captura Permisible (LMTCP) de 409 000 t.

3.2.1.1. Distribución, capturas y tallas

En la región sur, durante el periodo 02 de julio – 31 de octubre 2021, el desembarque de anchoveta alcanzó las 20 441 t, con un avance de la cuota de pesca al 5,0 %, siendo el puerto de mayor descarga Ilo, que registró el 85,9 % del total (Tabla 4).

La pesca de la anchoveta del Stock Sur se distribuyó dentro de las 30 m.n. entre Ilo (~17°30' S) a Morro Sama (18°00' S), asociada a la presencia de ACF (Figura 46). La estructura de tallas del recurso fue principalmente adulta con una moda de 12,5 cm de longitud total (LT), y registrando una presencia de individuos juveniles del 14 %.

3.2.1.2. Indicadores reproductivos y somáticos

Los indicadores reproductivos de la anchoveta peruana del Stock Norte-Centro, en octubre, registró una disminución de los procesos de maduración gonadal y desove,

mostrando la declinación de su periodo principal de desove. Así mismo el contenido graso mostró una disminución propia del esfuerzo reproductivo observado (Figura 47).

3.2.2. Jurel (*Trachurus murphyi*) y Caballa (*Scomber japonicus*)

Las especies transzonales como el jurel, la caballa y el bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*) se distribuyeron dentro de las 120 mn de la costa, asociados a frentes halinos entre ACF y aguas oceánicas con influencia de ASS. La principal zona de pesca se registró en la región sur, de Mollendo (17°00'S) y Los Palos (18°20'S). El bonito presentó otras zonas de pesca entre Paita (5°00'S) y Chicama (~7°30'S) y entre Hacho (11°00'S) y Pisco (~13°30'S) (Figura 48).

3.2.2.1. Indicadores reproductivos

La actividad reproductiva de especies transzonales fue evaluada a través del IGS. En octubre, los recursos jurel y caballa continuaron sus procesos de maduración gonadal y desove. El bonito mostró un aumento de los procesos de maduración gonadal y desove, encontrándose en un periodo reproductivo importante (Figura 49).

3.2.3. Captura incidental en la pesca de anchoveta

La pesca artesanal de red de cerco registró dentro de las 30 m.n. frente a la zona de Pisco (~13°30'S) y Bahía Independencia (~14°00'S) la presencia de anchoveta, samasa (*Anchoa nasus*), bonito, jurel y caballa.

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

3.3.1. Merluza

En el marco del Régimen Provisional de Pesca del recurso “merluza” (*Merluccius gayi peruanus*), para el periodo 01 de julio 2021 – 30 junio 2022 (R.M. N° 174-2021-PRODUCE) estableciendo un LMCTP del 48 212 t. En octubre 2021, la flota industrial arrastrera, luego del término del período de veda reproductiva, registró un mayor número de embarcaciones, alcanzando un desembarque acumulado de merluza de 7 954,9 t que representa el 16,5 % del LMCTP.

La distribución de la flota dirigida a la merluza registró una ampliación del área de extracción en los extremos norte y sur, principalmente al norte, distribuyéndose hasta Puerto Pizarro (3°00' S), posiblemente debido al ascenso de la oxiclina y los flujos al norte observados en la columna de agua. Respecto a la estructura de tallas, similar al mes anterior, se registró incremento en el porcentaje de juveniles en todas las sub-áreas (Figura 50).

3.3.2. Invertebrados

La flota pesquera de la especie *Dosidicus gigas* “calamar gigante” o “pota”, se registró desde Punta La Negra (6°00' S) a Morro Sama (18°00' S), de 6 a 150 m.n. de la costa. Las mayores concentraciones se presentaron en la zona norte, entre Punta La Negra y Pimentel (~7°00'S) y Mórrope (6°00'S) y la mayor cobertura se registró en la zona centro, registrándose de Chancay (11°30'S) a Punta Caballas (15°00'S). Al relacionar la distribución del calamar gigante con las condiciones ambientales en el mes de octubre, se observó que el recurso se encontró asociado, en forma similar al mes anterior, a aguas de mezcla entre ACF y AES en el norte y de ACF y ASS en el centro y sur (Figura 51).

Los recursos calamar gigante, calamar común (*Doryteuthis (Amerigo) gahi*) y concha de abanico (*Argopecten purpu*), mostraron disminución de sus desembarques, mientras que, el recurso pulpo (*Octopus mimus*) mostró un ligero incremento de sus desembarques, ambos comparados respecto al mes anterior (Figura 52).

3.3.3. Recursos de la pesca artesanal

Las embarcaciones de la pesca artesanal registraron la mayor amplitud en la distribución de las especies *Paralabrax humeralis* “cabrilla”, *Sciaena deliciosa* “lorna” y *Mugil cephalus* “lisa”.

3.3.3.1 Presencia de otras especies indicadoras

Durante el mes de octubre 2021, en el norte de Perú, se observó 2 especies propias de aguas cálidas, igual número al mes de anterior. En la zona de Pacasmayo (La Libertad) se observó *Peprilus snyderi* “chiri lomo negro” y *Prionotus stephanophrys* “falso volador”, cuyos límites de distribución reportados son el norte del Perú e Islas Lobos de Afuera, ocasionalmente hasta Callao e Ilo, respectivamente (Tabla 5).

3.4. Indicadores ecológicos

3.4.1. Depredadores superiores

Las aves y mamíferos marinos son indicadoras del ecosistema y expresan los cambios ocurridos a diferentes niveles tróficos por lo que son utilizados como indicadores indirectos de los cambios en la distribución y disponibilidad de presas, así como de cambios en el medio marino.

3.4.1.1. Aves

En la dieta del guanay, registrada a través del análisis de la proporción de otolitos en los bolos residuales, evidenció que, en Punta San Juan y Punta Coles, continuó siendo la anchoveta adulta el primer ítem alimenticio, seguido de la anchoveta juvenil. Otras especies registradas fueron pejerrey (*Odontesthes regia regia*) y lorna (Figura 53).

El avistamiento de aves marinas, durante el Crucero de evaluación acústica de recursos pelágicos (Cr.2110-11) registró la mayor abundancia de aves guaneras en la región norte, con dos zonas, la de mayor abundancia, entre Punta La Negra (6°00'S) y Pimentel (~7°00'S) y entre Chicama (~7°30'S) y Salaverry (~8°15'S). La mayor abundancia fue de la especie *Sula variegata* “piquero peruano” que además presentó una mayor cobertura, llegando hasta San Juan de Marcona (~15°30'S) (Figura 54).

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

4.1 Pronósticos a gran escala de las agencias internacionales

La mayoría de los modelos dinámicos y estadísticos de pronóstico de ENOS (Niño 3.4) de las agencias internacionales (IRI, 19 octubre 2021), pronostican la persistencia de anomalías negativas de TSM en el Pacífico ecuatorial central, asociadas al desarrollo de una condición La Niña, hasta febrero 2022, alcanzando su máxima intensidad entre noviembre, diciembre 2021 y enero 2022 (Figura 55).

A gran escala, para el trimestre diciembre-febrero 2021-2022, en el Pacífico ecuatorial central, los modelos internacionales del ENOS ECMWF, CFS v2 y el ensamble NMME pronostican condiciones La Niña. Por otro lado, en el Pacífico ecuatorial oriental, los modelos internacionales del ENOS pronostican condiciones de neutras a frías.

Con más detalle, para el trimestre diciembre-febrero 2021-2022, para el Pacífico Ecuatorial Central (Niño 3.4), el modelo ECMWF indica anomalías de TSM entre -1 °C y $-0,5\text{ °C}$ y para los modelos CFSv2 y NMME indican anomalías entre -2 °C y -1 °C para la región Niño 3.4. Con respecto a la región Niño 1+2, para el trimestre diciembre -febrero 2021-2022, el modelo ECMWF indica anomalías de TSM entre -2 °C y $-0,5\text{ °C}$, mientras que el modelo CFSv2 y el ensamble NMME pronostican que en promedio las anomalías de la TSM variarán entre $-1,5\text{ °C}$ y $-0,5\text{ °C}$ (Figura 56).

A escala regional frente al Perú, los modelos internacionales del ENOS (ECMWF, CFSv2 y NMME) pronostican condiciones neutras frente a la costa peruana para el trimestre diciembre-febrero 2021-2022. En la franja costera frente al Perú, para el mismo trimestre, los modelos ECMWF y CFSv2 pronostican que los valores de las anomalías negativas de la TSM estarán entre -1 °C y $-0,5\text{ °C}$, mientras que, el ensamble NMME indica que las anomalías de TSM estarían entre -1 °C y $-0,25\text{ °C}$. Por otro lado, en la zona oceánica frente al Perú, el modelo ECMWF pronostica para el mismo trimestre que las anomalías de TSM variarán entre -1 °C y $-0,5\text{ °C}$, el modelo CFSv2 indica que las anomalías de TSM variarán entre $-0,5\text{ °C}$ y $-0,25\text{ °C}$ y el ensamble NMME indican que las anomalías de TSM variarán entre -1 °C y $-0,25\text{ °C}$ (Figura 56).

4.2 Propagación de ondas Kelvin

Según la simulación de un modelo oceánico de complejidad intermedia (Illig et al., 2004; Dewitte et al., 2002), aplicado en el IMARPE y siguiendo la metodología descrita en Quispe-Ccalluari et al. (2017), y forzado hasta el 26 de octubre del 2021 (Figura 57), una onda Kelvin fría (modo 2), generada por las anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial occidental entre agosto y setiembre, ha sido reforzada en el Pacífico ecuatorial central en octubre y llegará frente a Sudamérica en noviembre. Por otro lado, una onda Kelvin cálida (modo 1) se habría generado en octubre, como producto de la reflexión de una onda Rossby cálida en el Pacífico ecuatorial occidental, y llegaría frente a Sudamérica en diciembre 2021.

4.3 Pronósticos de la TSM para la franja adyacente a la costa del Perú

El pronóstico del ITCP (Quispe-Ccalluari et al. 2018), en base al 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) indica condiciones frías entre noviembre 2021 y febrero 2022. De acuerdo al 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), se pronostican condiciones neutras del ITCP durante noviembre-enero 2021-2022 y una condición fría en febrero 2022 (Figuras 58 y 59).

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.
- 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 (BSOBP) [en línea]. Callao, Instituto del Mar del Perú. Año 6, N° 41, 15 de octubre de 2021. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2258023/BS%20OBP%20N%C2%B041%202021.pdf>.
- Boltovskoy, D. 1981. Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. INIDEP. Argentina.
- Boltovskoy, D. 1999. South Atlantic Zooplankton. Backhuys Publishers, Leiden. 2:869-1706.
- Bouchon M., Ñiquen M., Arias Shreiber M., Bello R. 1997. Manual de Operaciones del Proyecto Bitácoras de Pesca. Inf. Prog. Inst. Mar Perú N° 74: 44 p.
- Bouchon M, Ñiquen M, Mori J, Echevarría A, Cahuín S. 2001. Manual de muestreo de la pesquería pelágica. Inf. Prog. Inst. Mar Perú – Callao. 157: 38pp.
- Brinton, E. 1962. The distribution of Pacific euphausiids. Bull. Scripps Inst. Oceanogr. 8 (2): 51-270.
- Buitrón, B., Perea, A., Mori, J., Sánchez, J. & Roque, C. 2011. Protocolo para estudios sobre el proceso reproductivo de peces pelágicos y demersales. Protocol for studies on the reproductive process of pelagic and demersal fishes. Boletín Instituto del Mar Perú, 38: 373-384.
- Cairns, D. 1987. Seabird as indicators of marine food supplies. Biological oceanography. 5: 261-271

- Carrasco S. 1989. Anfípodos planctónicos del área comprendida entre Paita y norte de Chimbote. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas. URP. Perú.
- Castillo, R.; Gutierrez, M.; Peralta, S.; Ganoza, F. 2009. Distribución y biomasa de algunos recursos pelágicos peruanos en primavera 2003. Inf. Inst. Mar Perú. Vol. 36, Números 1-2. p: 45-51.
- Chelton D.B., M.H. Freilich, J.M. Sienkiewicz & J.M. Von Ahn. 2006. On the use of QuikSCAT scatterometer measurements of surface winds for marine weather prediction. Monthly Weather Review. 134 (8): 2055–2071.
- Chirichigno, N. 1970. Lista de crustáceos del Perú. Boletín IMARPE, Lima, Perú. 70 pp.
- Chirichigno N. & Vélez J. 1998. Clave para identificar los peces marinos del Perú. Instituto del Mar del Perú. Publicación Especial, Callao, 500 p.
- Chirichigno N. & Cornejo R.M. 2001. Catálogo Comentado de los peces marinos del Perú. Publicación Especial Inf. Inst. Mar Perú. 314 pp.
- Crawford, R.J.M. 1987. Food and population variability in five regions supporting large stocks of anchovy, sardine and horse mackerel. En: Payne, A.I.L., Gulland, J.A., Brink, K.H. (Eds). The Benguela and comparable ecosystems. S. Afr. J. Mar. Sci. 5:735 -757.
- Cupp E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps it. Oceangr. 5: 1-237.
- Dewitte B, Gushchina D, duPenhoat Y, Lakeev S. 2002. On the importance of subsurface variability for ENSO simulation and prediction with intermediate coupled models of the Tropical Pacific: A case study for the 1997-1998 El Niño. Geoph. Res. Lett., 29(14), 1666, 10.1029/2001GL014452.
- 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 Niño event on the productivity of the Peruvian Coastal Upwelling System. Journal Geophysical Research Oceans, 122 (7): 5423–5444, doi:10.1002/2016JC012439
- Fauchald, K. 1977. The polychaete worms, definitions and keys to the orders, families and genera. Natural History Museum of Los Angeles County: Los Angeles, CA (USA), Science Series. 28:1-188.
- Fischer W., F. Krupp, W. Scheneider, et al. (eds.). 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Roma, FAO. Volumen II y III. 1199p.
- Folkens, P. & Reeves, R. 2002. Guide to marine mammals of the world. National Aubon 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, Petrossians 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 micro-fitoplancton, mesozooplancton, ictioplancton y macro-zoobentos 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. Ansoorge, 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.
- 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., Drévillon, 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.
- 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 holo-planctónicos heteropoda y pteropoda colectados en noviembre y diciembre de 1996 en el mar peruano. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Quesquén, R. 2017. Moluscos gasterópodos holoplanctónicos en el mar peruano recolectados entre 1994 y 2005. Boletín IMARPE: 32(2).
- Quispe, J. & L. Vásquez, 2015. Índice “LABCOS” para la caracterización de evento El Niño y La Niña frente a la costa del Perú, 1976-2015. En: Boletín Trimestral Oceanográfico, Volumen 1, Números 1-4, pp.: 14-18.
- Quispe-Ccalluari C, Tam J, Arellano C, Chamorro A, Espinoza-Morriberón D, Romero C & J Ramos. 2017. Desarrollo y aplicación de índices y simulaciones para la vigilancia y el pronóstico a mediano plazo del impacto del ENOS frente a la costa peruana. Inf Int. Mar Perú, 44(1): 28-34.
- Quispe-Ccalluari, C., J. Tam, H. Demarcq, A. Chamorro, D. Espinoza-Morriberón, C. Romero, N. Dominguez, J. Ramos y R. Oliveros-Ramos. 2018: An index of coastal thermal effects of El Niño Southern Oscillation on the Peruvian Upwelling Ecosystem. Int. J. Climatol.:1-11. <https://doi.org/10.1002/joc.5493>.
- Quiñones, J., González Carman, V., Zeballos, J., Purca, S., y Mianza, H. 2010. Effects of El Niño-driven environmental variability on black turtle migration to Peruvian foraging ground. Hydrobiología, 645(1), 69 -79.
- Reyes J.C. 2009. Ballenas, delfines y otros cetáceos del Perú. Una Fuente de Información. Squema-Ediciones. Lima. 159 pp.
- Reynolds, R. W., T. M. Smith, C. Liu, D. B. Chelton, K. S. Casey, & M. G. Schlax, 2007: Daily high-resolution-blended analyses for sea surface temperature. Journal of Climate, 20, 5473–5496, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00293.1>
- Rojas de Mendiola B., Ochoa N. & Gómez O. 1981. Los dinoflagelados como indicadores biológicos de masas de agua – Fenómeno El Niño 1972. Mem. Seminario sobre Indicadores Biológicos del Plancton. Instituto del Mar del Perú-UNESCO:54-73 p.
- Samamé M. 1993. Algunos aspectos de la biología y pesquería del bonito *Sarda chiliensis chiliensis* de la costa norte del Perú. Pag. 261-272. En: E. Castillo de Marrueda (Ed.) Memoria X CONABIOL, 02-07 agosto 1992. Lima-Perú.
- Sánchez S. & E. Delgado. 2001. Programa de Monitoreo de Fitoplancton Potencialmente Tóxico en los bancos naturales y zonas de cultivo de mariscos de importancia económica de la costa peruana. V Taller de Floración de Algas Nocivas (FAN). Uruguay 15-18 octubre del 2001.
- Sandoval de Castillo, O. 1979. Distribución y variación estacional de larvas de peces en la costa peruana. Inf. Inst. Mar Perú-Callao N° 63: 61 p.
- Santander, H. 1967. Los euphausidos en la zona de Callao-Chimbote y la composición general del zooplancton en agosto de 1961. Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología, UNMSM. Perú.
- Santander, H. & Carrasco, S. 1985. Cambios en el zooplancton durante El Niño 1982-1983 en el área de Chimbote. In: Aguilar AET (ed) I Congreso Nacional de Biología Pesquera, Trujillo, 201-206 pp.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1969. Desarrollo y distribución de huevos y larvas de merluza, *Merluccius gayi* (guichenot) en la costa peruana. Bol. Inst.Mar Peru-Callao. 2 (3):80-126.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1971. Desarrollo y distribución de huevos y larvas de jurel, *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en la costa peruana. Inst.Mar Peru-Callao. 36:23p.

- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1972. Desarrollo y distribución de huevos y larvas de caballa, *Scomber japonicus peruanus* (Jordan y Hubbs) en la costa peruana. Inf. Esp. Inst. Mar Perú-Callao. N° 103:1-10.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1973. Estudios sobre las primeras etapas de vida de la anchoveta. Inf. Inst. Mar Perú. Callao 41:1-3.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1977. Variaciones en la intensidad del desove de la sardina, *Sardinops sagax sagax* (J) en la costa peruana en los años 1966-1973. Bol. Inst. Mar Perú. 3(3): 73-94.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1979. El ictioplancton de la costa peruana. Bol. Inst. Mar Perú. 4(3): 69-112.
- Santander H., Luyo, G., Carrasco, S., Veliz, M. & Sandoval, O. 1981. Catálogo de zooplancton en el mar peruano, primera parte: Área Pisco-San Juan. Boletín Instituto del Mar del Perú. 6:1-75.
- Schaeffer P., I. Pujol, Y. Faugere, A. Guillot, N. Picot. 2016. The CNES CLS 2015 Global Mean Sea surface. Presentation OSTST 2016, http://meetings.avisio.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, Osterreich und der Schweiz., Vol. X Flagellatae, Section III3, Part. I. Reprint by Johnson Repr. Corp. New York, London: 617 pp.
- Schneider, W., Fuenzalida, R., Rodríguez-Rubio, E., Garcés-Vargas, J., Bravo, L., 2003. Characteristics and formation of eastern South Pacific Intermediate Water. Geophys. Res. Lett. 30 (11), 1581. <http://dx.doi.org/10.1029/2003GL017086>.
- Schulenberg, T., Stotz, D., Lane, D., O'neil, J. & Parker, T. 2009. Aves del Perú. Serie Biodiversidad Corbidi 01. Lima, Perú.
- Sournia A. 1967. Le genre *Ceratium* (Peridinién Planctonique) dans le Canal de Mozambique. Contribution a une revision mondiale. Vie et Milieu. 18 (2A-A): 375-580 pp.
- Steidinger K. & Tangen K. 1996. Dinoflagellates. In: Tomas C. (ed.). Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Academic Press, Inc. San Diego. 387-570pp.
- Sundström B. 1986. The marine diatom genus *Rhizosolenia*. A new approach to the taxonomy. Lund, Sweden: 196 pp.
- Tomas C. 1993. Marine Phytoplankton: A guide to naked flagellates and coccolithophorids. Academic Press, Inc. California-USA; Balech, 1988. Los Dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental.
- Tovar S. H & N. Galarza. 1984. Cambios en el régimen alimentario del Guanay (*Phalacrocorax bougainvillii* (Lesson)). Boletín de Lima, no. 35: 85-91.
- Tovar, S.H., V. Guillén & M.E. Nakama. 1987. Monthly population size of three guano bird species off Peru, 1953 to 1982. In The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change (Daniel Pauly and Isabel Tsukayama, Eds.). Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Callao, Perú; Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), GmbH, Eschborn, Federal Republic of Germany; and International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM), Manila, Philippines. ICLARM Studies and Reviews, 15: 208-218.
- Tovar, S.H., D. Cabrera & V. Guillén. 1988. Predación de Piquero (*Sula variegata*: Aves Sulidae) sobre peces en el litoral peruano. In Recursos y dinámica del ecosistema de afloramiento peruano (Horst Salzwedel and Antonio Landa, Eds.). Boletín Instituto del Mar del Perú [Callao], Volúmen Extraordinario, pp. 329-333.
- Trenberth, K. 1997. The Definition of El Niño. Bulletin of the American Meteorological Society, 78 (12): 2771 – 2777.
- Trigo, F. 2011. Patología sistémica veterinaria. 5ta edición. México D.F. México. 99-101pp.
- Trites, A. 1997. The role of pinnipeds in the ecosystem. Pinniped population, Eastern north Pacific: status, trend 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 Pacífico Oriental. Informes de la UNESCO sobre Ciencias del Mar. Informe final del Seminario-Taller realizado en el Instituto del Mar del Perú, 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 magellanicus*). São Paulo Brasil. Centro de Pesquisa e Conservação de aves silvestres. 62 p.

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

VI. RECONOCIMIENTOS

The Group for High Resolution Sea Surface Temperature (GHRSSST) 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 TSM (°C) y las ATSM (°C) en los muelles costeros del IMARPE de junio a octubre 2021.

Muelle costero	Lat, °S	TSM, °C					ATSM, °C				
		JUN	JUL	AGO	SET	OCT	JUN	JUL	AGO	SET	OCT
Tumbes	3,66	25,6	25,7	25,7	25,7	26,1	-0,3	+0,6	+0,9	+0,6	+0,3
Paita	5,01	19,6	19,2	18,02	18,6	18,0	+1,4	+1,7	+1,0	+2,0	+0,6
San José	6,77	19,1	18,9	18,8	18,2	18,1	-0,1	0,0	0,0	-0,7	-0,9
Chicama	7,84	18,7	17,9	16,7	16,1	15,7	+1,5	+1,1	+0,4	+0,2	-0,1
Chimbote	9,09	19,7	19,4	18,4	18,0	18,3	+0,5	+0,7	-0,1	-0,4	-0,5
Huacho	11,11	17,3	17,2	15,6	14,7	14,2	+0,6	+0,5	-0,4	-0,8	-1,0
Callao	12,06	17,4	17,1	16,2	15,1	14,0	+1,0	+1,0	+0,9	-0,0	-0,9
Pisco	13,71	18,6	18,3	17,8	18,7	18,2	-0,8	0,0	-0,3	-0,1	-1,6
Ilo	17,63	15,9	15,2	14,6	14,3	14,9	+0,0	-0,1	-0,4	-0,6	-0,2

Tabla 2. Valores promedio mensuales de los índices LABCOS, ITCP, ICEN, ONI disponibles para el periodo de agosto 2020 a octubre 2021.

AÑO	MES	ÍNDICES CLIMÁTICOS								
		LABCOS	ITCP	ICEN	ONI	MEIv2	Niño 1+2	Niño 3	Niño 3.4	Niño 4
2020	08	-0,17	-0,8	-1,14	-0,6	-0,99	-0,9	-0,5	-0,6	-0,2
2020	09	-0,17	-0,5	-1,00	-0,9	-1,19	-0,9	-1,3	-1,0	-0,4
2020	10	-0,33	-0,6	-0,95	-1,2	-1,20	-1,2	-1,3	-1,4	-0,8
2020	11	-0,60	-0,6	-0,83	-1,3	-1,15	-0,7	-1,2	-1,3	-0,7
2020	12	-0,88	-0,8	-0,88	-1,2	-1,16	-0,7	-0,8	-1,0	-0,8
2021	01	-1,04	-0,8	-0,86	-1,0	-1,20	-0,8	-0,7	-1,1	-1,2
2021	02	-0,93	-0,9	-0,83	-0,9	-0,95	-0,7	-0,6	-0,9	-1,0
2021	03	-0,83 ²	-1,1	-0,81	-0,8	-0,79	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6
2021	04	-0,66	-0,9	-0,76	-0,7	-0,96	-0,8	-0,7	-0,5	-0,2
2021	05	-0,23	-0,7	-0,59	-0,5	-1,06	-0,7	-0,4	-0,3	-0,1
2021	06	+0,43	-0,2	-0,34	-0,4	-1,11	0,1	-0,2	-0,2	-0,1
2021	07	+0,53	-0,1	-0,22	-0,4	-1,53	+0,5	-0,1	-0,3	-0,2
2021	08	+0,34	-0,3	-0,36	-0,5	-1,34	+0,2	-0,2	-0,4	-0,2
2021	09	-0,06	-0,5	-0,59	-0,7	-1,41	+0,1	-0,3	-0,3	-0,4
2021	10	-0,21 ¹	-0,6 ²	(³)	- 0,95 ¹	-1,47	-0,2	-0,5	-0,8	-0,7

¹ Valor preliminar

² Valor preliminar de la primera componente

³ Sin dato disponible al momento

Tabla 3. Desembarque (toneladas) de los principales recursos pelágicos en el litoral peruano durante el 01 enero al 31 de octubre del 2021. Flota de cerco industrial. Fuente: IMARPE.

Especie/Flota/Región		Año Calendario (01 Ene. al 31 Oct. 2021)					
		Norte	Centro	N+C	Sur	Total	%
Anchoveta	Fl. Acero	1 615 150	761 397	2 376 547	152 255	2 528 802	78,4
	Fl. Madera	511 158	78 391	589 549	35 776	625 325	19,4
Subtotal		2 126 308	839 788	2 966 096	188 031	3 154 127	97,8
%		67,4	26,6	94,1	5,9	100	
Sardina		0	0	0	0	0	0
Jurel		11 413	36 116	47 529	12	47 541	1,5
Caballa		8 930	14 294	23 224	0	23 224	0,7
Samasa		0	0	0	0	0	0
*Otros		0	32	32	0	32	0
Total		2 146 651	890 230	3 036 881	187 638	3 224 519	100
%		66,6	27,6	94,2	5,8	100	

*Cifras de uso científico

*Otros incluyen múnida y calamar

Tabla 4. Desembarque (toneladas) de anchoveta durante la Segunda Temporada de Pesca en la Región Sur. Del 02 de julio al 31 de octubre del 2021. Flota de cerco industrial. Fuente: IMARPE.

Puerto	Tipo de flota industrial		Total (t)	Porcentaje (%)
	Acero	Madera		
Atico	0	0	0	0,0
Planchada	0	0	0	0,0
Quilca	0	0	0	0,0
Mollendo	2 574	309	2 883	14,1
Ilo	12 902	4 656	17 558	85,9
Total (t)	15 476	4 965	20 441	100
Porcentaje (%)	75,7	24,3	100	

Tabla 5. Especies cuyo límite sur de su distribución típica varió en las costas de Perú durante el mes de octubre 2021.

Espece	Área registrada	D. Costa (m.n.)	Prof. (m)	Captura (kg)	Distribución típica
FALSO VOLADOR <i>Prionotus stephanophrys</i>	La Libertad	S/R	18	150	Hasta Islas Lobos de Afuera (ocasionalmente hasta Callao e Ilo)
CHIRI LOMO NEGRO <i>Peprilus snyderi</i>	La Libertad	~1	10	1122	Hasta norte del Perú

S/R: sin registro

VIII. FIGURA

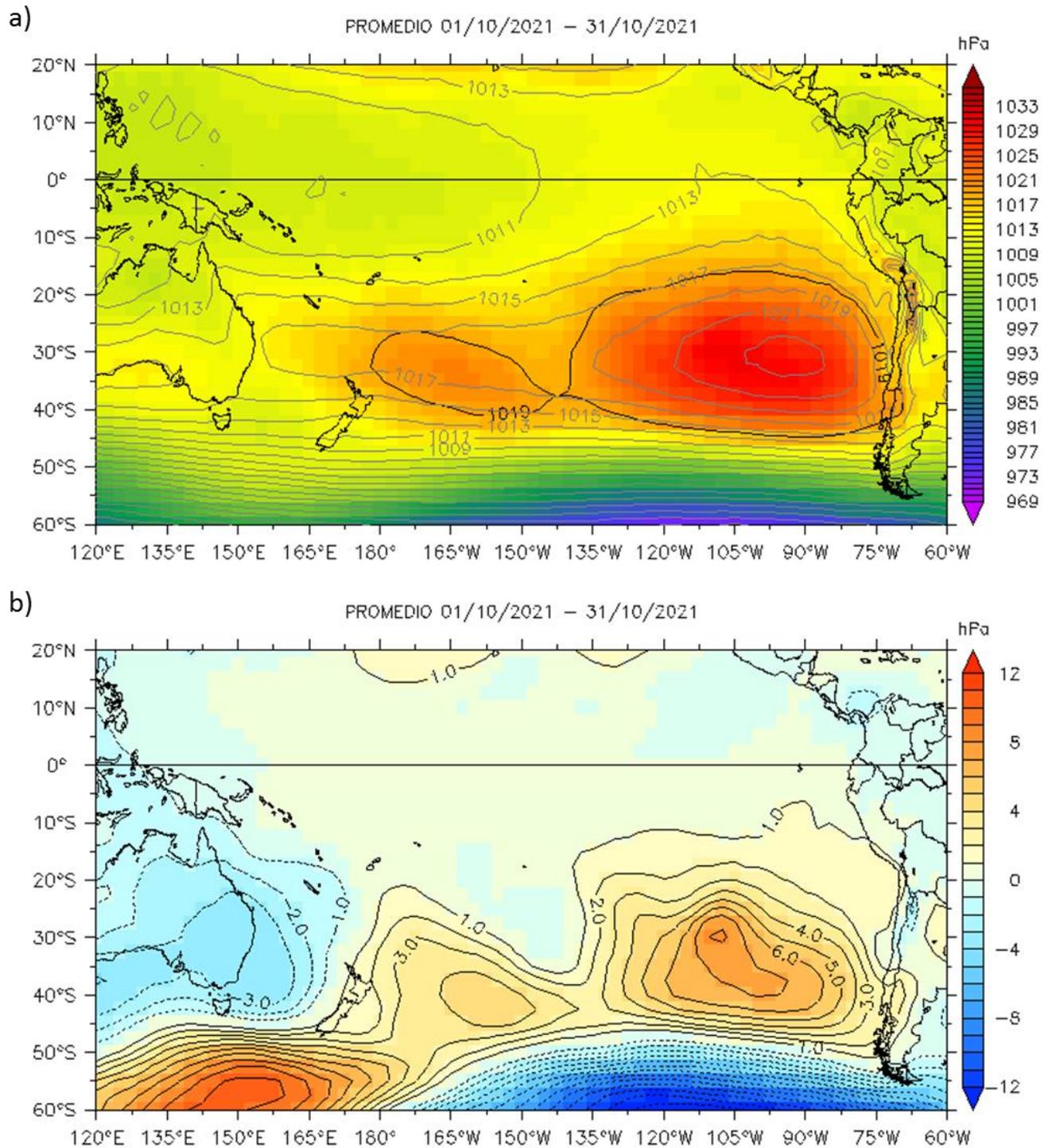
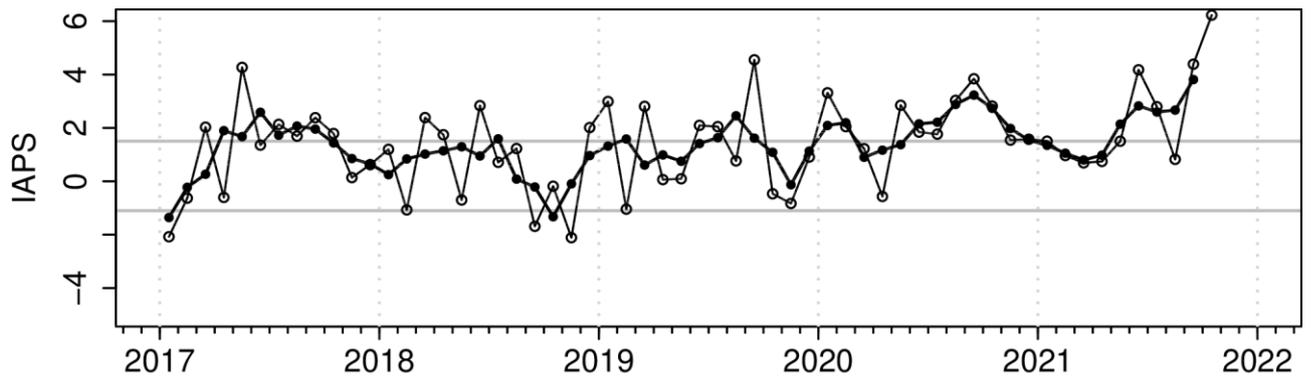
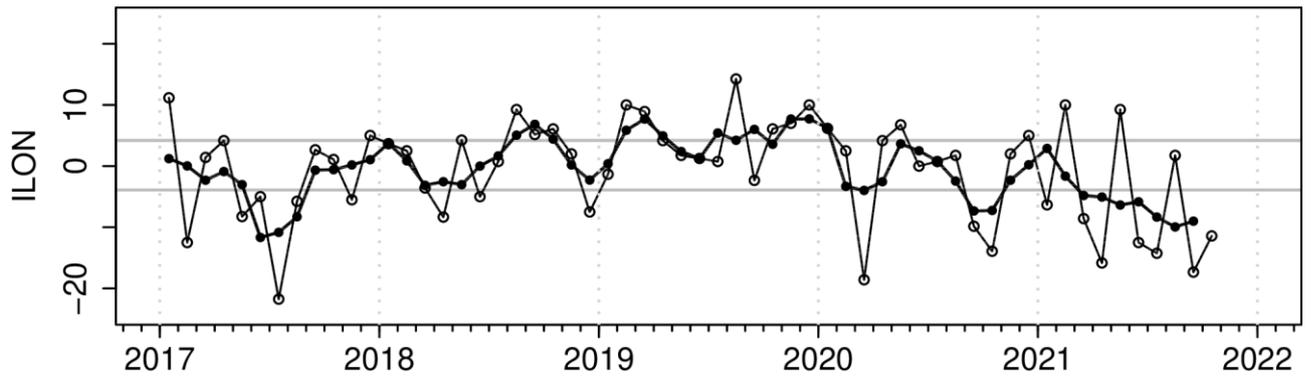


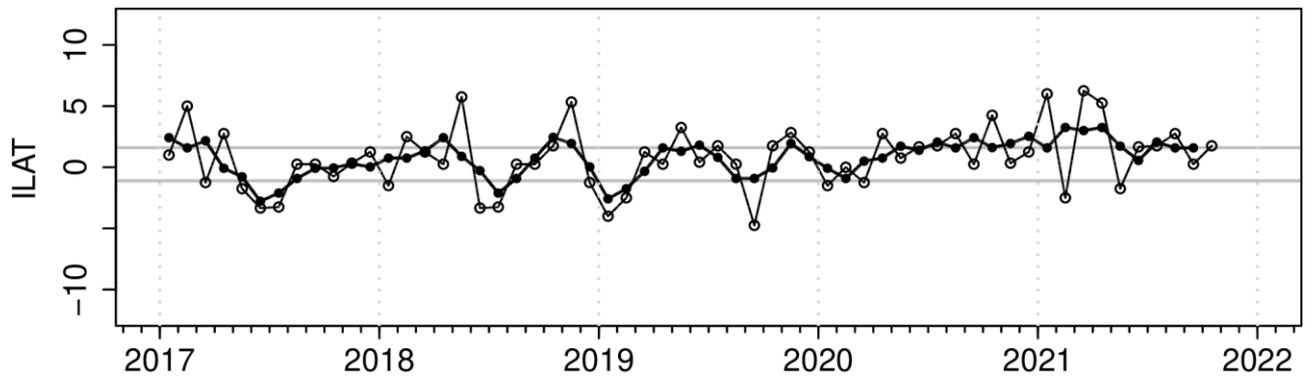
Figura 2. Presión atmosférica a nivel del mar, (a) promedio 1-31 octubre 2021 (colores y contorno negro para la isóbara de 1019 hPa) y climatología octubre (contornos grises), y (b) anomalías promedio 1-31 de octubre 2021. Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.



(a)



(b)



(c)

Figura 3. 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 ASO 2021 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2017 – octubre 2021.

OLR Anomalies
10 OCT 2021 to 04 NOV 2021

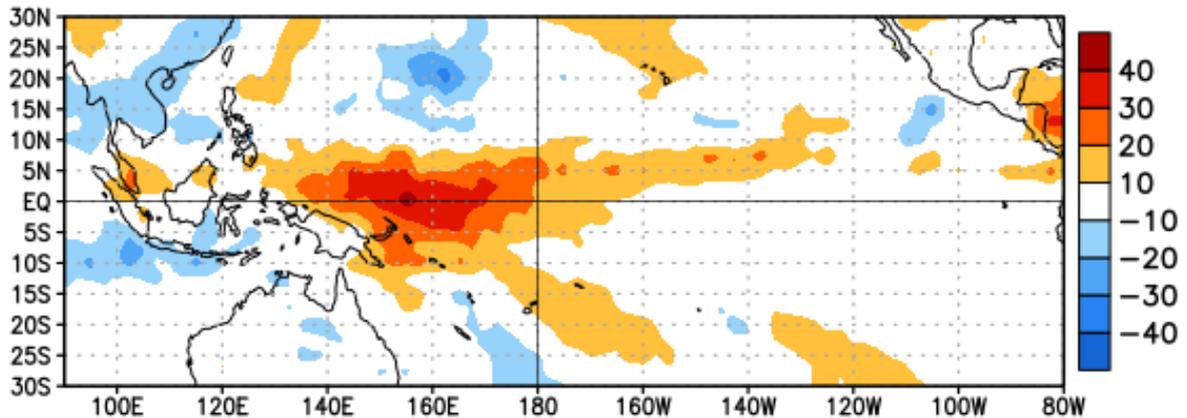


Figura 4. Anomalías del promedio de la radiación de onda larga emitida (OLR, por sus siglas en inglés) ($W m^2$) durante el mes de octubre 2021. Las anomalías de OLR se calculan como desviaciones de los penta-promedios del período base de 1981-2010 (Fuente NOAA).

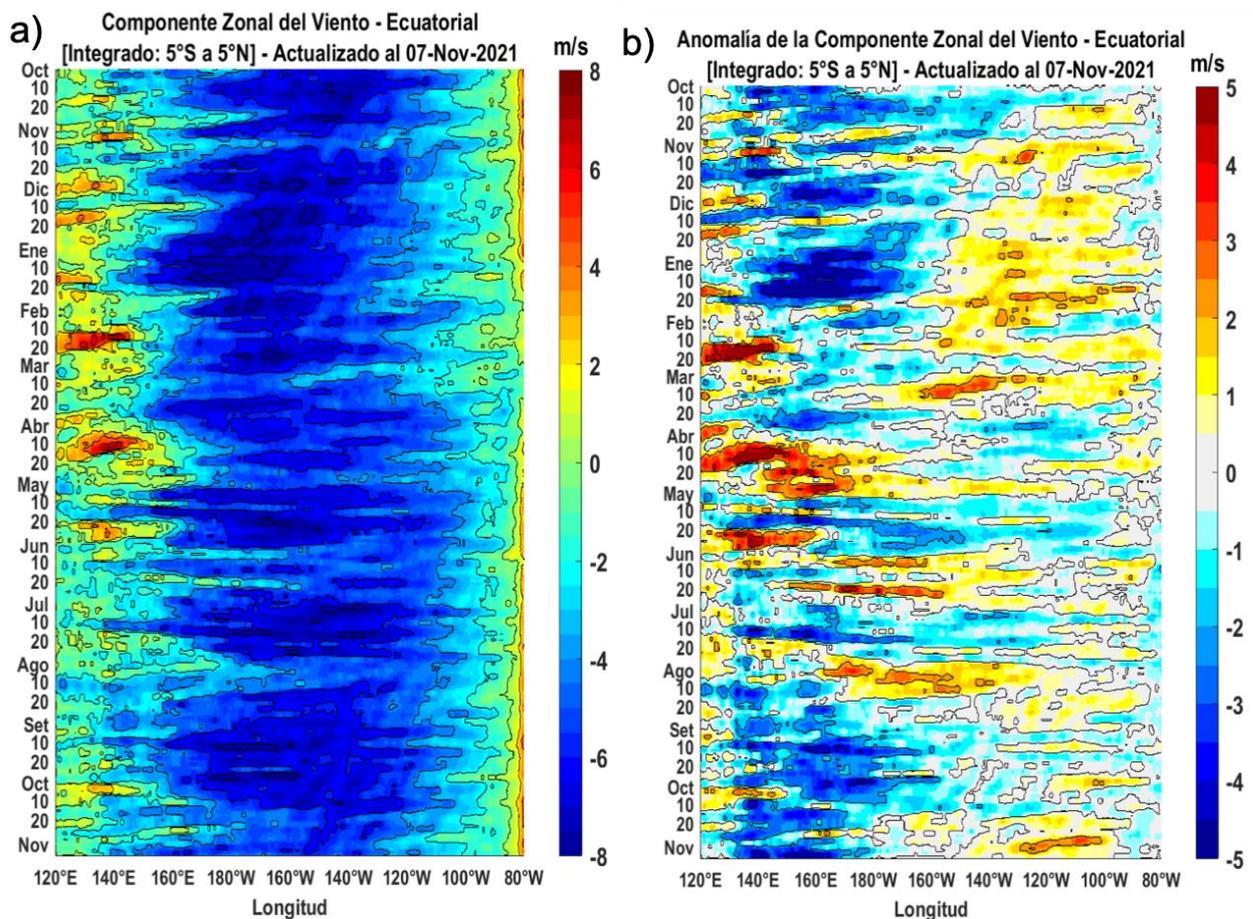


Figura 5. Viento satelital (integrado en el Ecuador): a) Componente zonal del viento ($m s^{-1}$), b) Anomalia de la componente zonal del viento ($m s^{-1}$), durante el último año (Fuente: Satélite ASCAT y modelo GSF, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 07/11/2021.

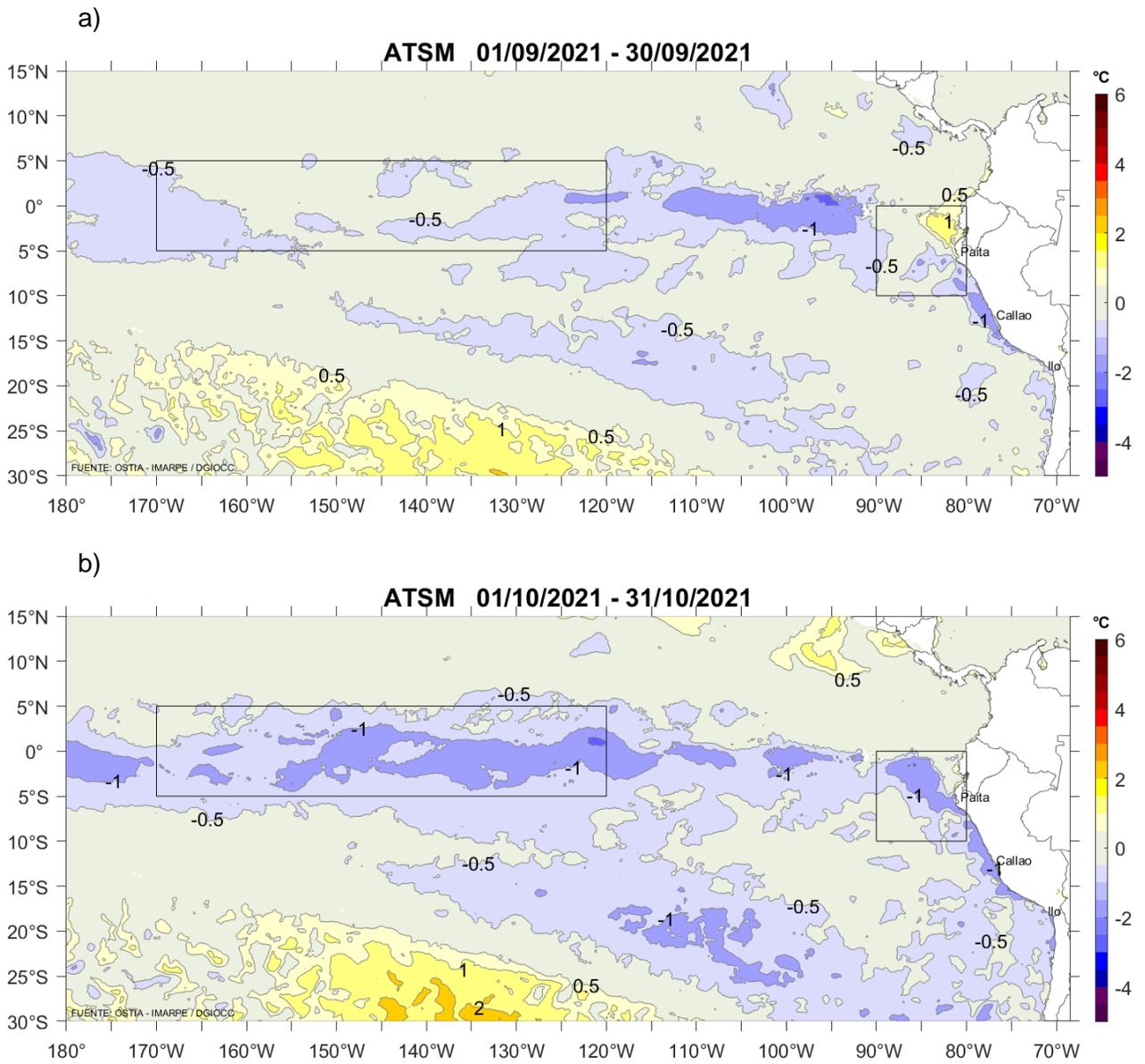


Figura 6. Anomalías promedio de la temperatura superficial del mar (°C) para los meses de setiembre (a) y octubre 2021 (b). Periodo base de 2007-2016. Fuente: PODAAC/OSTIA. Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

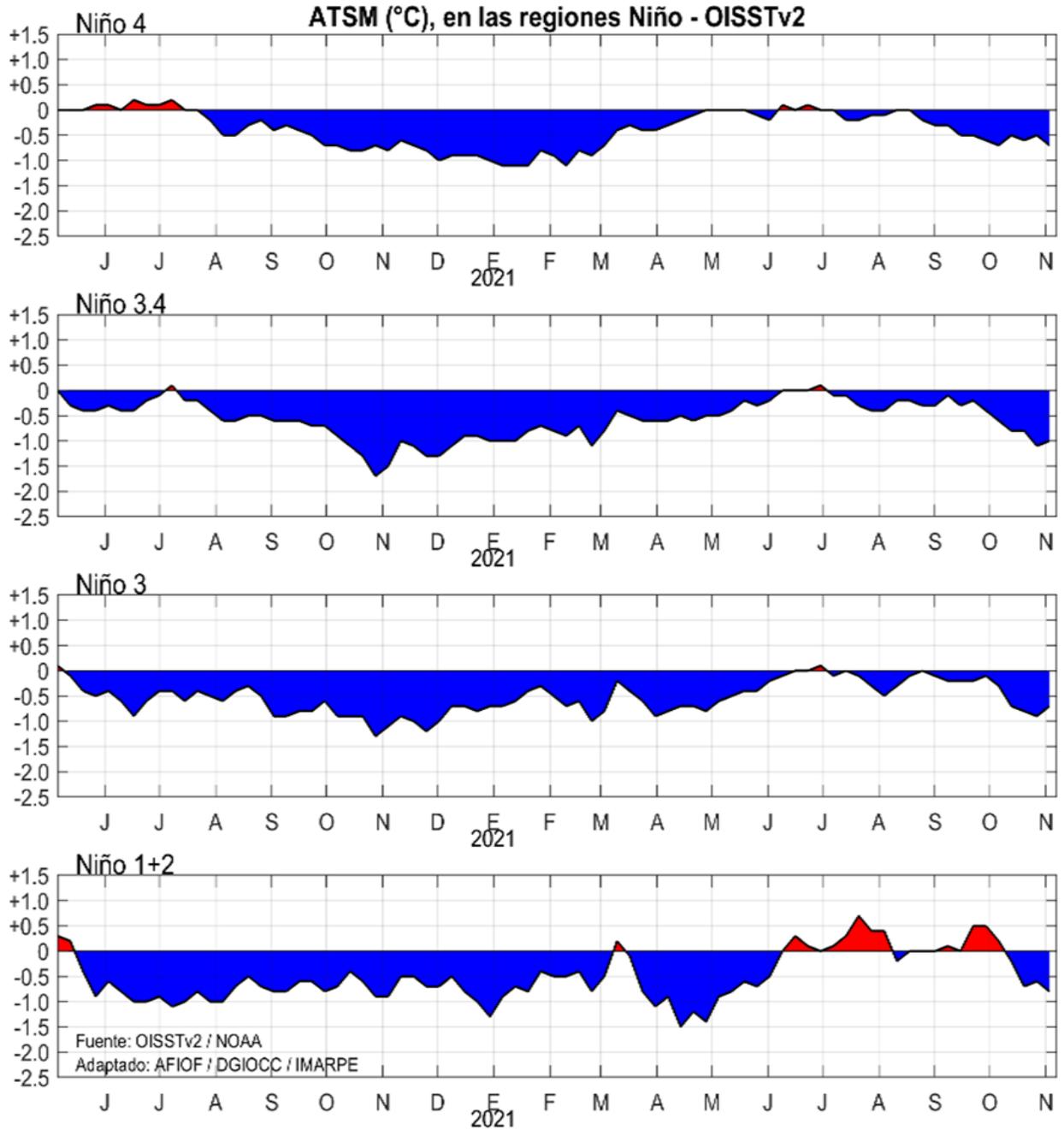


Figura 7. Variación semanal de las anomalías de la temperatura superficial del mar (°C), en las regiones Niño del Pacífico ecuatorial, durante dieciocho meses, hasta fines de octubre del 2021. Fuente CPC/NOAA, Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

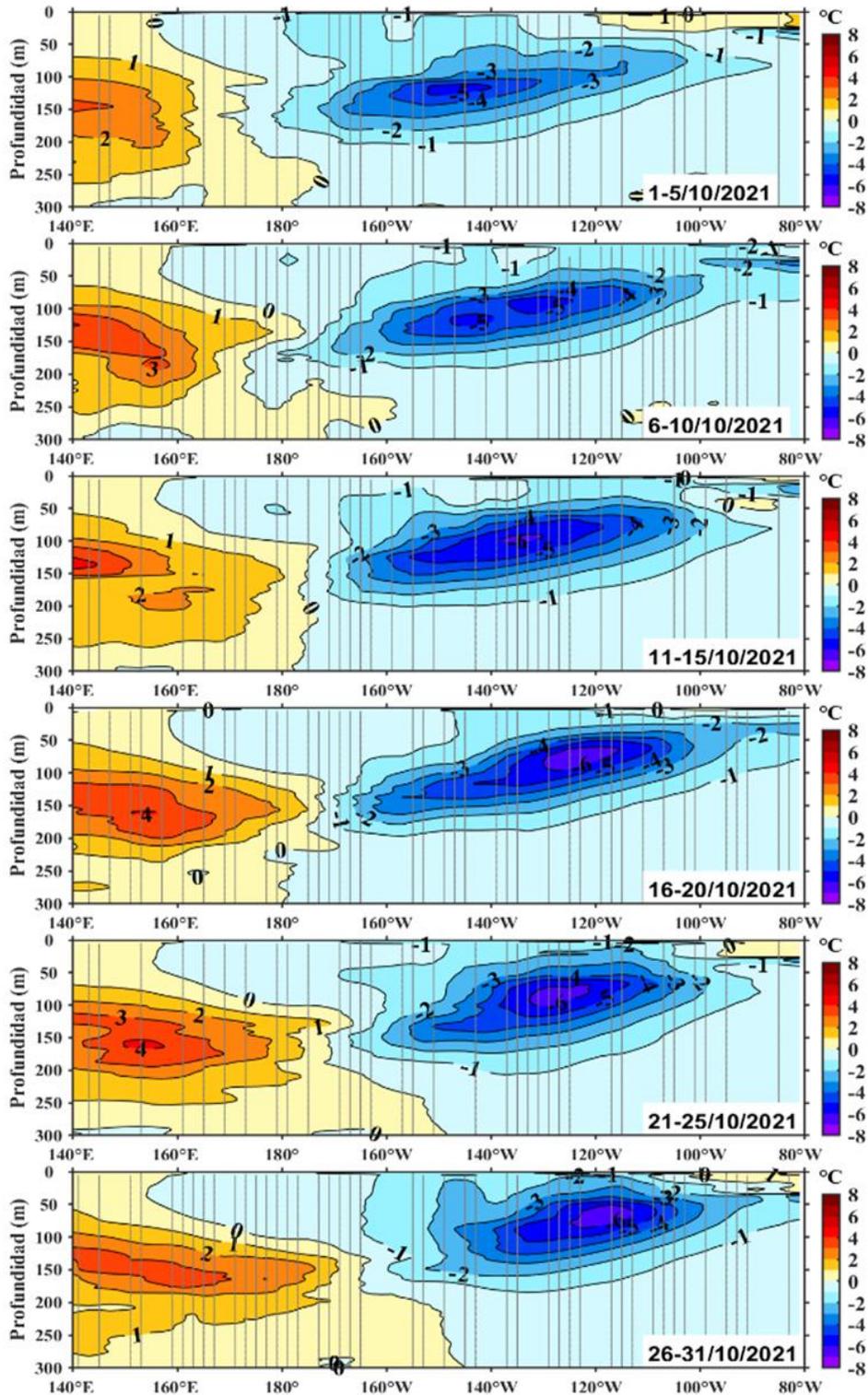


Figura 8. Anomalías de temperatura (°C) en la capa superior (0-300 m) del Pacífico ecuatorial (140°E – 80°W y 2°S - 2°N), en promedios de cinco días durante octubre de 2021. Periodo base 1993-2010. Fuente: ARGO - TAO/TRITON, Procesamiento AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

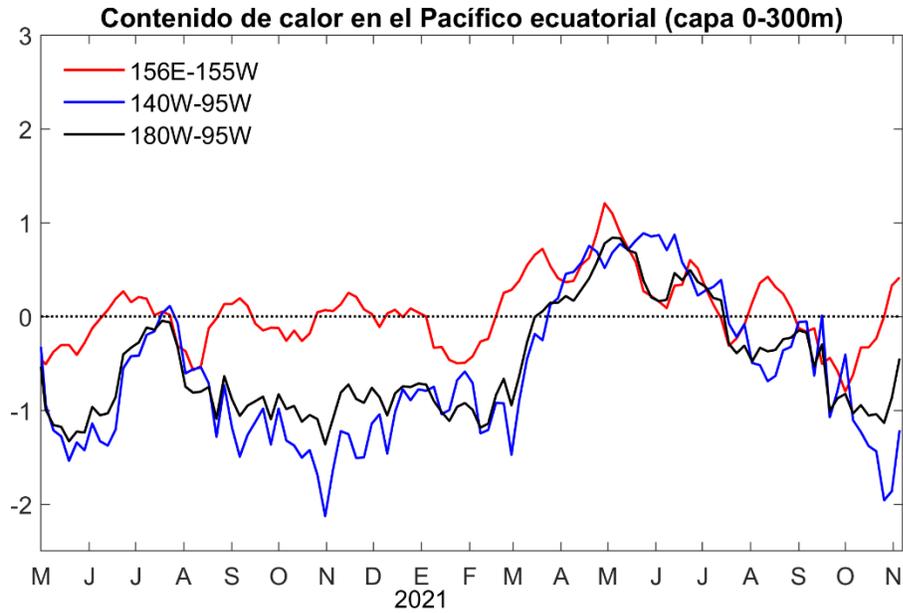


Figura 9. Anomalías del contenido de calor promediado en la capa de 0–300 m del Pacífico Ecuatorial (2°S – 2°N y 156°E - 95°W). Periodo base de 1981-2010. Fuente TAO-TRITON/PMEL/NOAA, Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

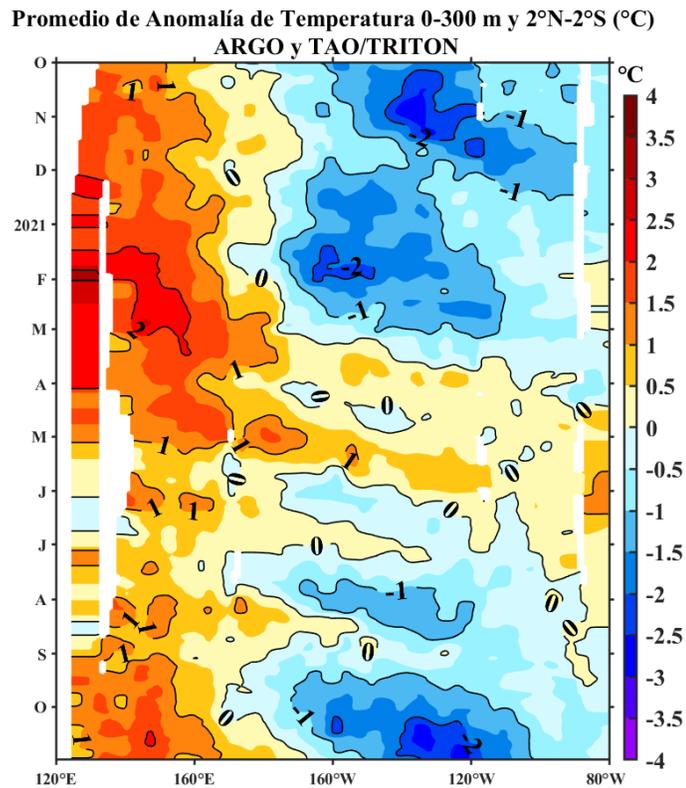


Figura 10. Evolución de las anomalías del contenido de calor promedio en la capa de 0-300 m en el Pacífico ecuatorial (140°E a 80°W), en el periodo de un año, hasta fines de octubre del 2021. Fuente: ARGO – TAO/TRITON, Procesamiento: DGIOCC/IMARPE.

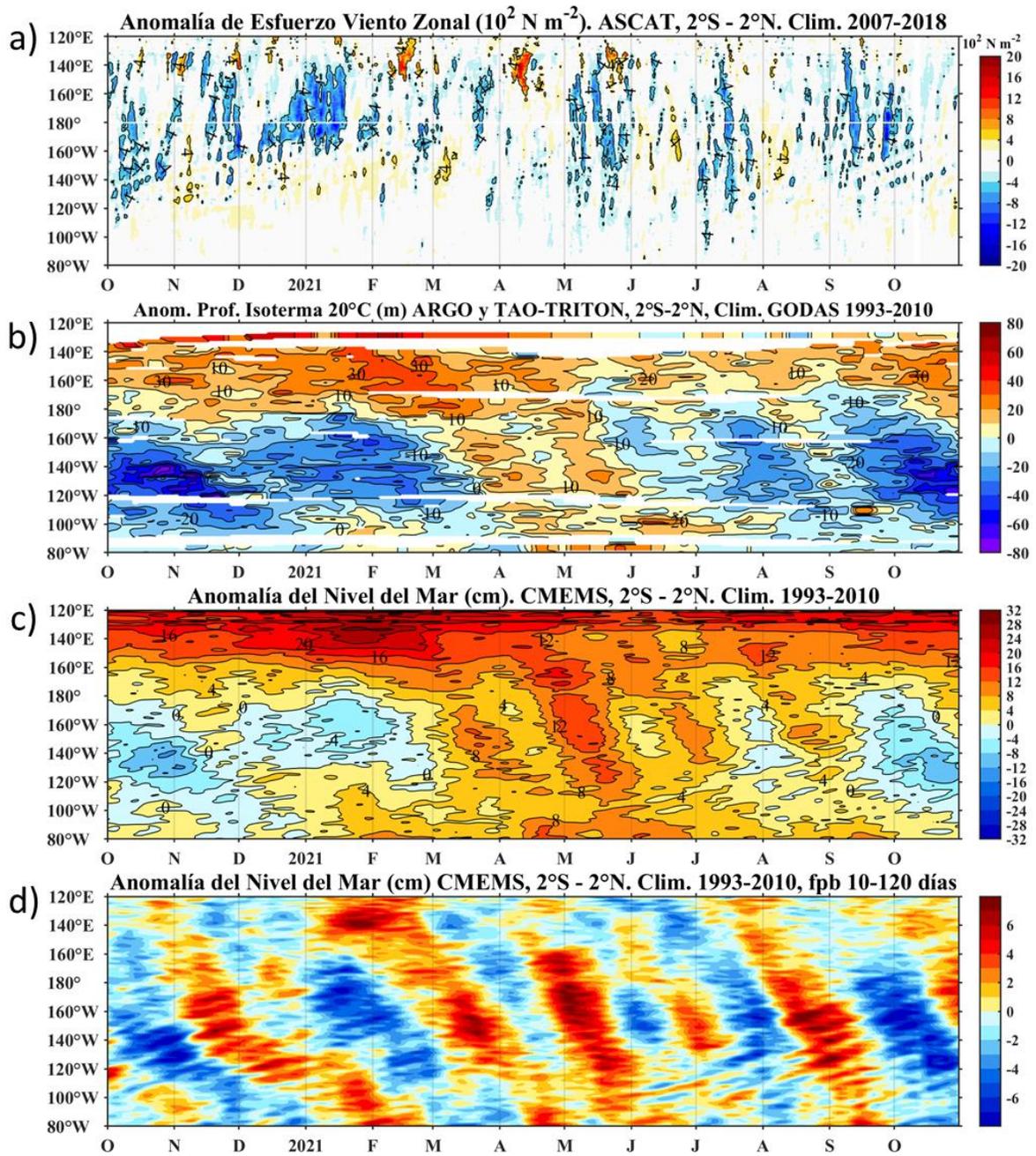


Figura 11. Diagrama Hovmöller de: a) Anom. del esfuerzo de viento zonal (10^2 N m^{-2}), b) anom. de la profundidad de la isoterma de 20 °C (m) suavizado de 11 días, fuente: ARG0 y TAO-TRITON, climatología: 1993-2010, c) anom. del nivel medio del mar diario (cm) y d) anom. del nivel del mar diario (cm) con un filtro pasa banda de 10 - 120 días. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2010; ambos en el Pacifico ecuatorial ($140^\circ \text{ W} - 80^\circ \text{ W}$ y $2^\circ \text{ N} - 2^\circ \text{ S}$). Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

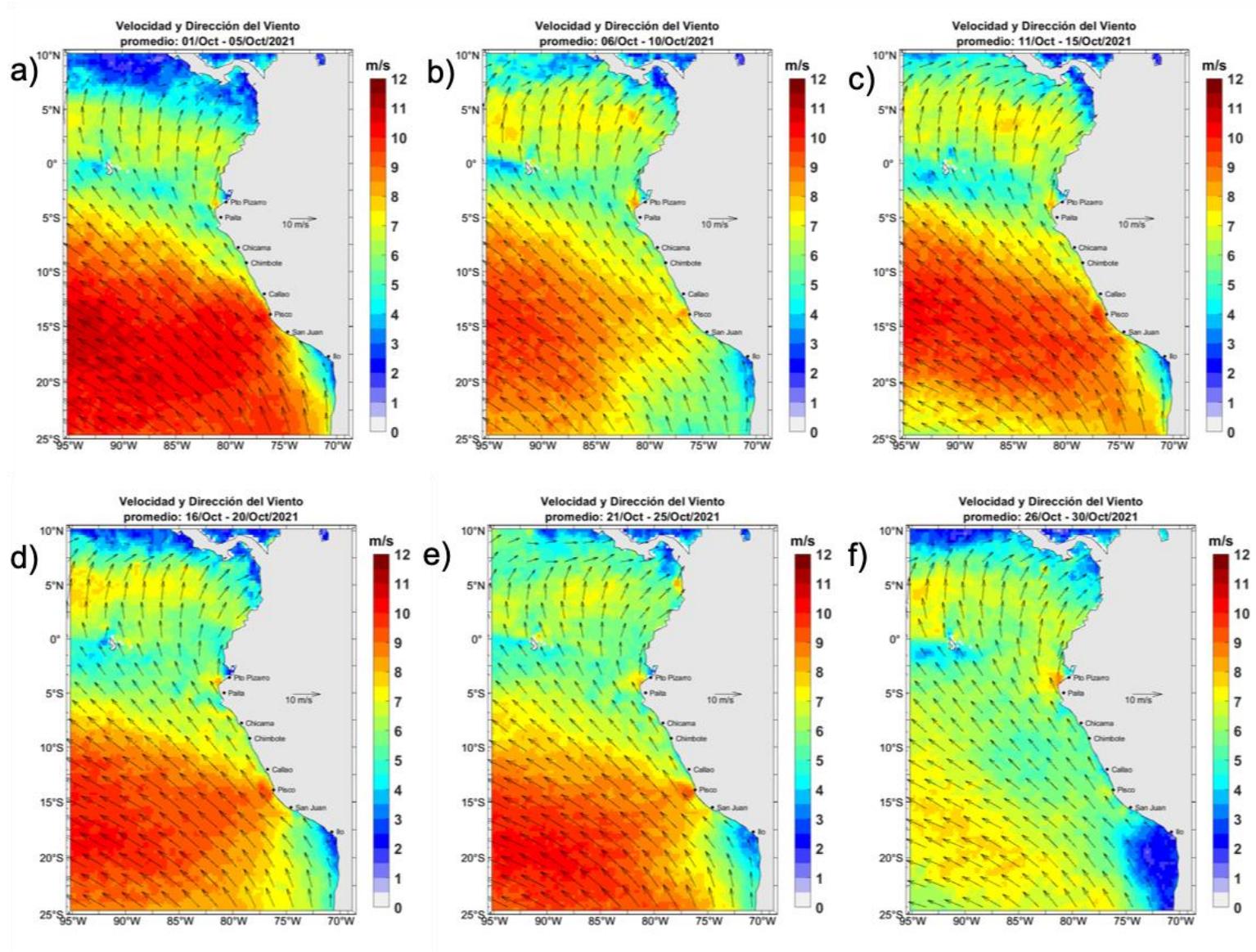


Figura 12. Mapas promedio 5 días de la velocidad del viento satelital (frente a la costa entre el Norte de Panamá y la costa peruana): Fuente: Satélite ASCAT y GFS, Procesamiento: Laboratorio Costero de Santa Rosa/Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.

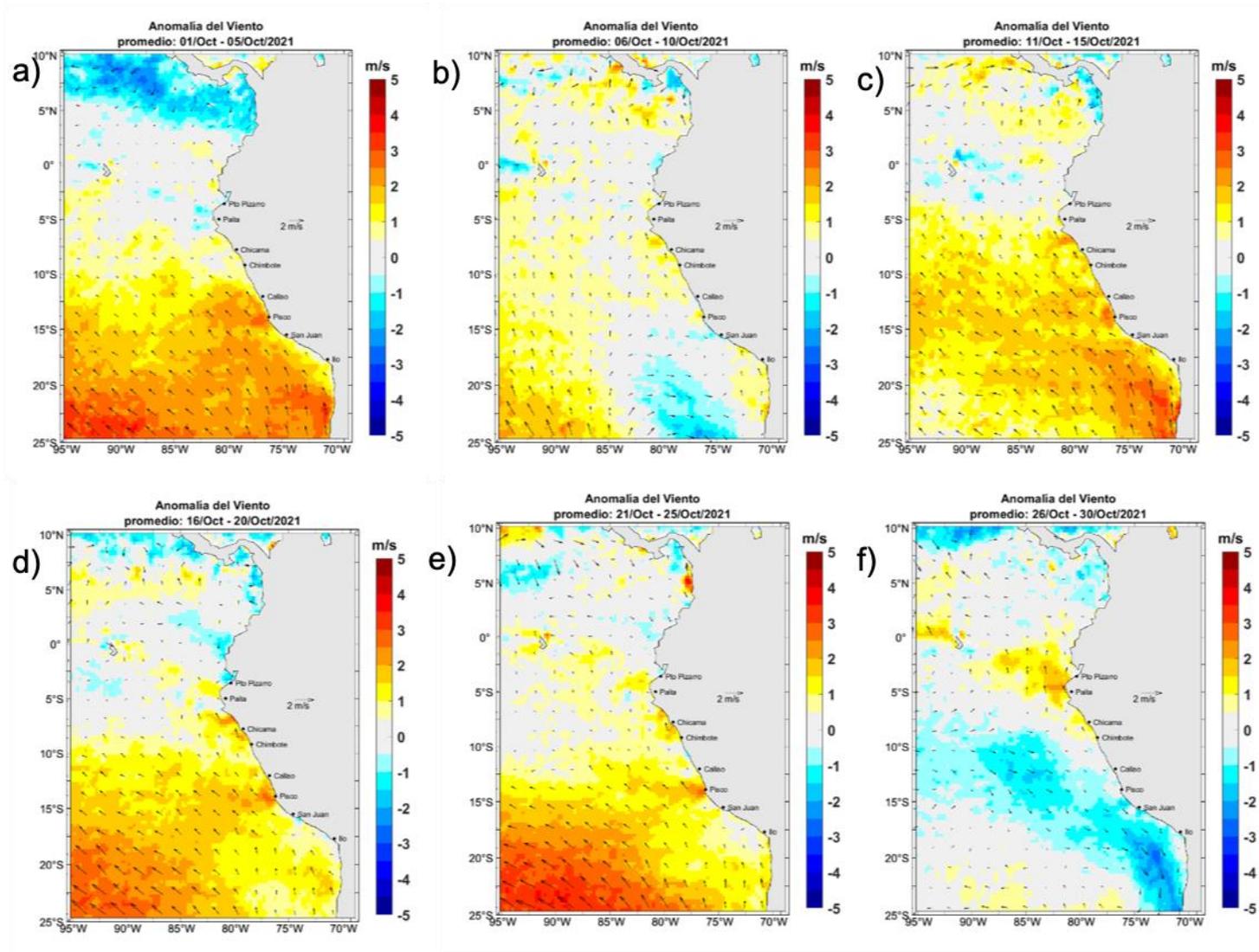


Figura 13. Mapas promedio 5 días de la anomalía de la velocidad del viento satelital (frente a la costa entre el Norte de Panamá y la costa peruana): Fuente: Satélite ASCAT y GFS, Procesamiento: Laboratorio Costero de Santa Rosa/Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.

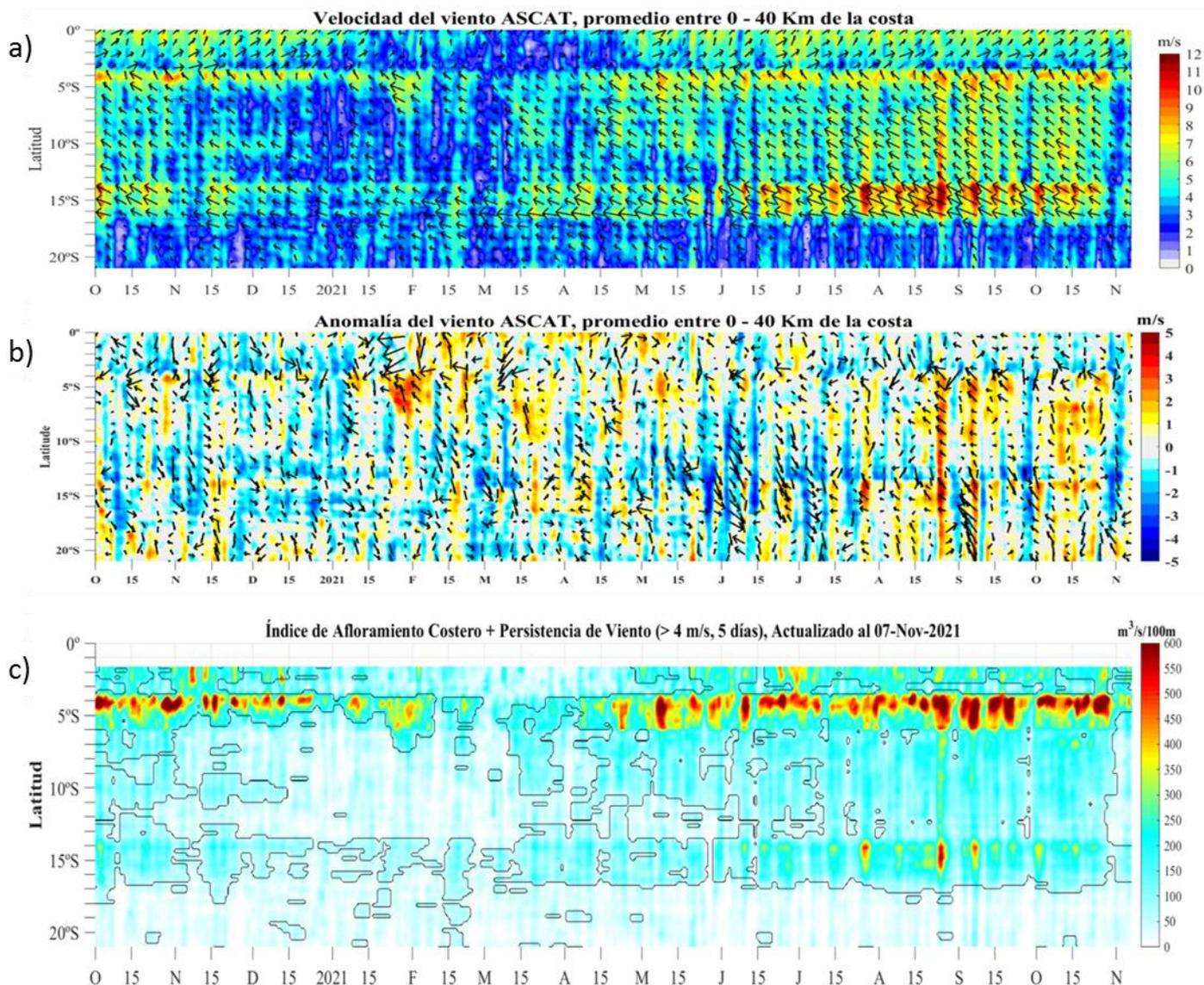


Figura 14. Diagrama Hovmöller de (a) la velocidad del viento (VV), (b) la anomalía de la VV; y (c) del índice de afloramiento costero ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} \times 100\text{m}$) a lo largo de la costa peruana. El IAC en (c), fue calculado a 40 km frente a la costa del Perú y los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad $> 4 \text{ m s}^{-1}$ durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT y productos del proyecto COPERNICUS. Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizado hasta inicios de noviembre.

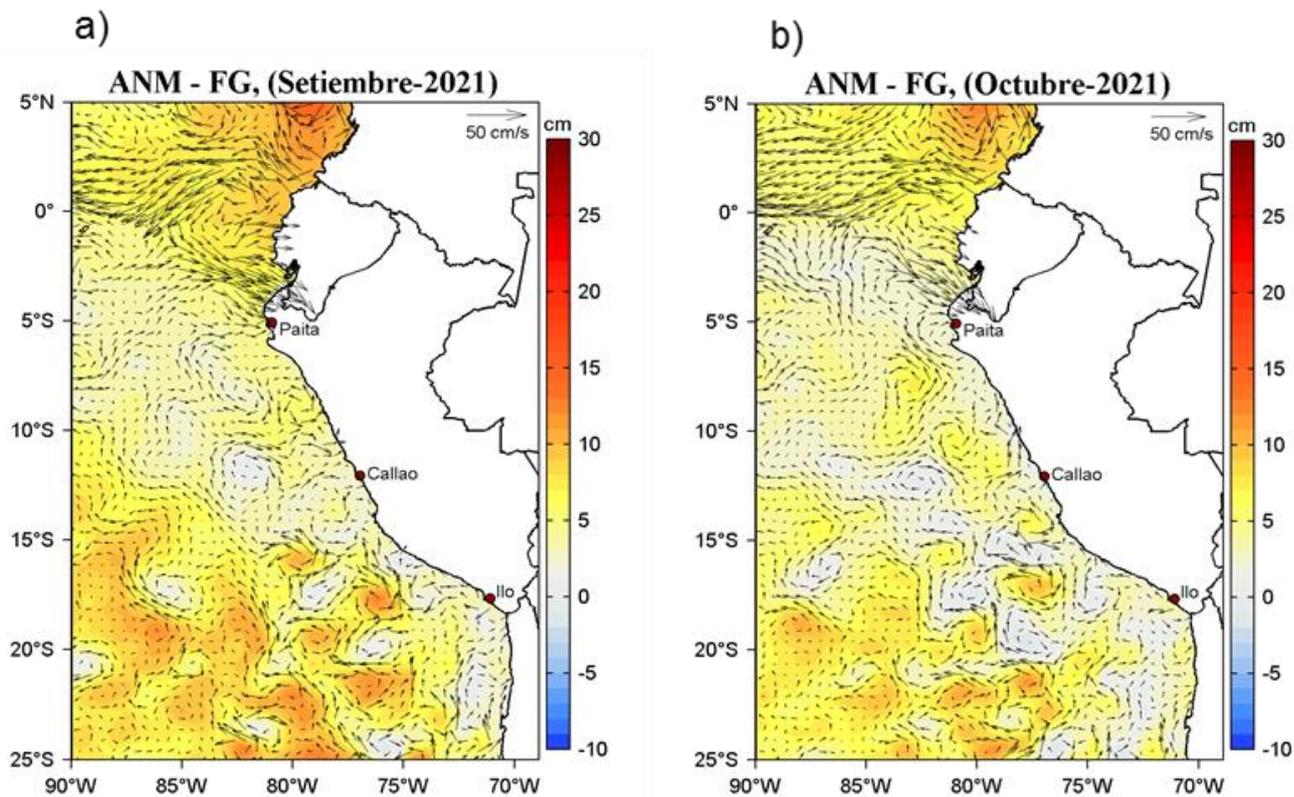


Figura 15. Distribución mensual de las anomalías del nivel del mar (ANM, cm) y los flujos geostroficados (FG, cm s^{-1}) en el Pacífico Sudeste para a) setiembre y b) octubre de 2021. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

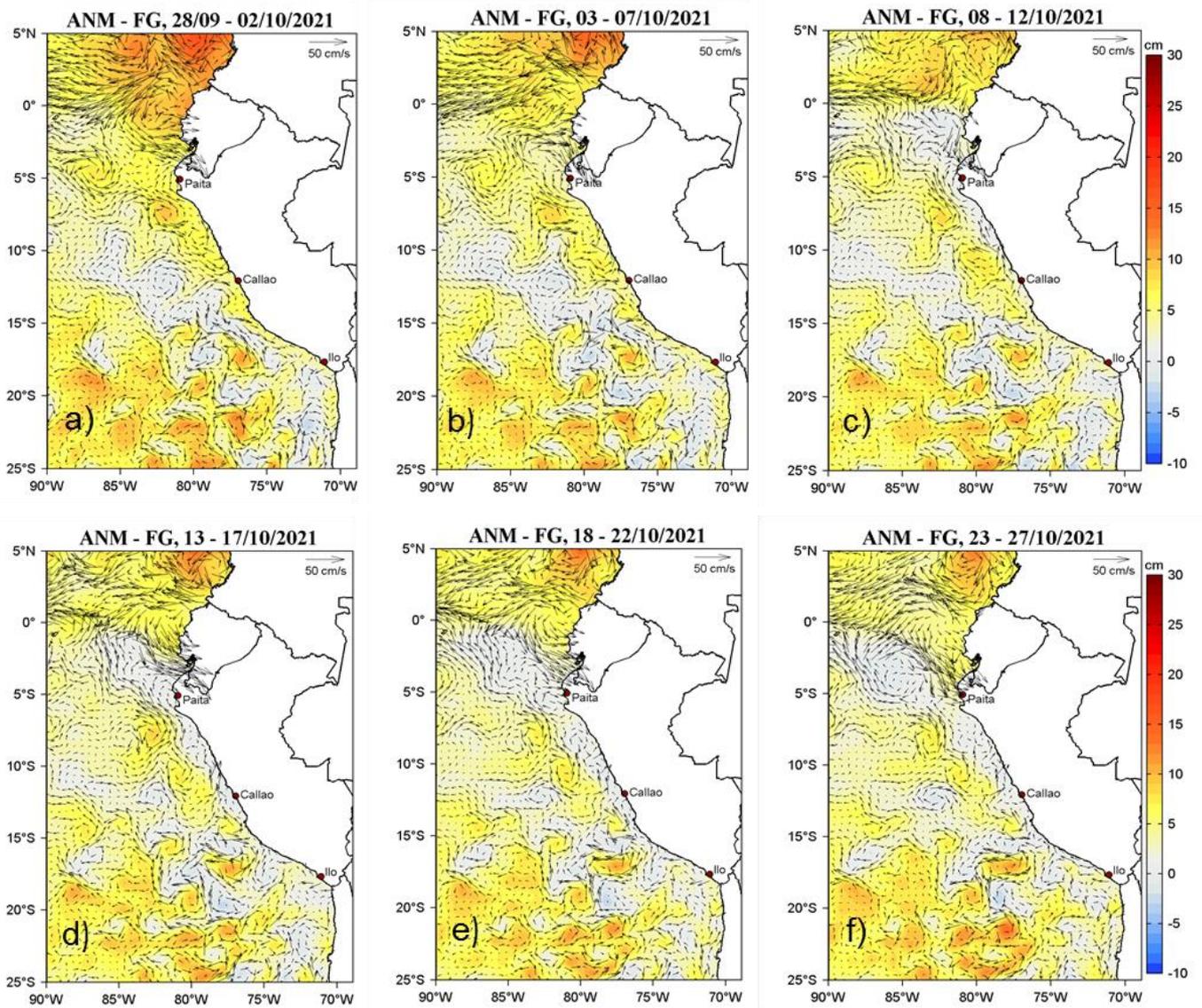


Figura 16. Distribución pentadal de las anomalías del nivel del ar (ANM, cm) y los flujos geostróficos (FG, $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$) en el Pacífico Sudeste durante el mes de octubre de 2021. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

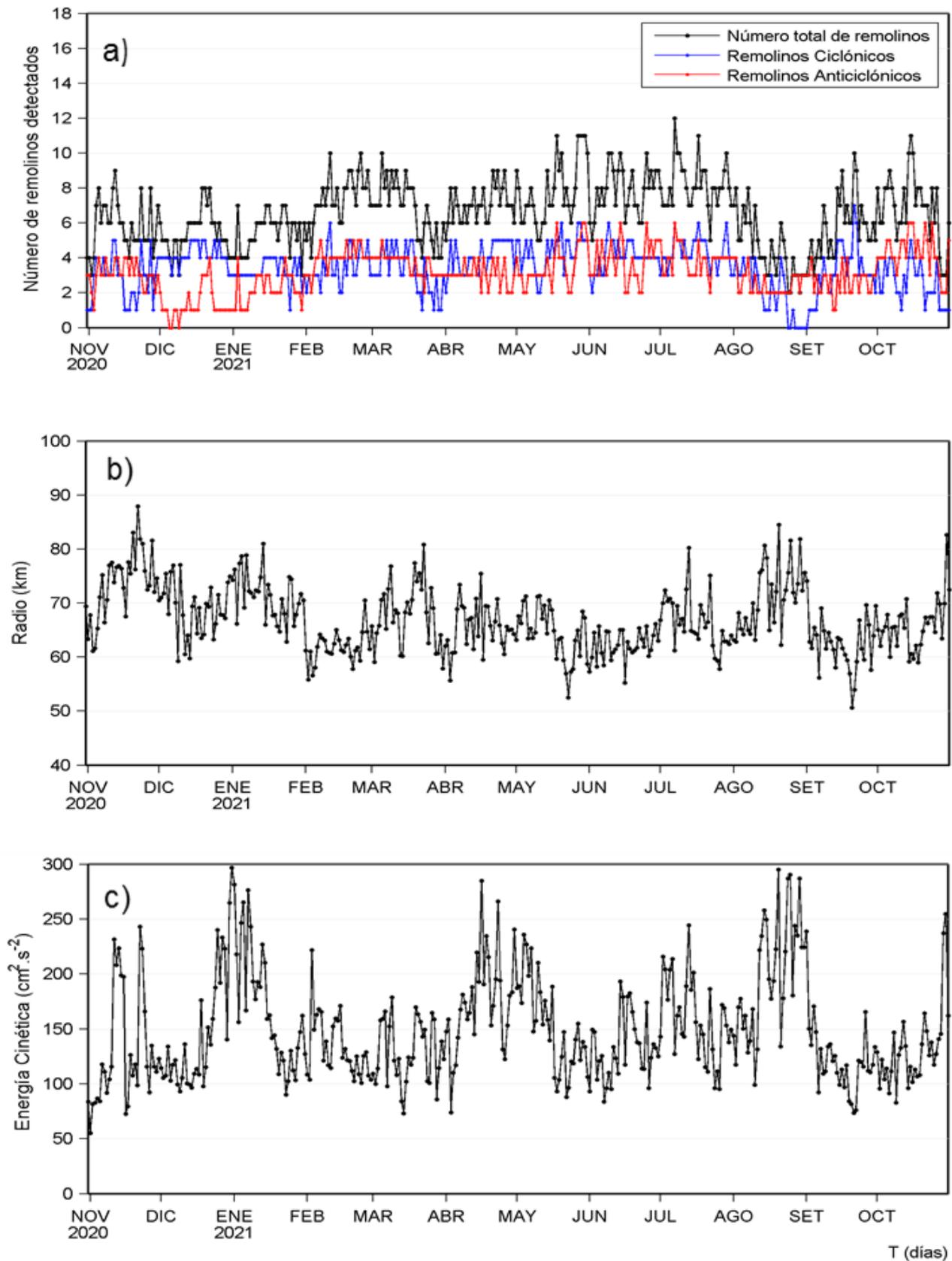


Figura 17. Variación diaria de: a) número de remolinos detectados, b) radio promedio (km) y c) la energía cinética promedio (cm² s⁻²) de los remolinos entre 3°S y 18°S y de 70°W a 84°W de noviembre de 2020 a octubre de 2021. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

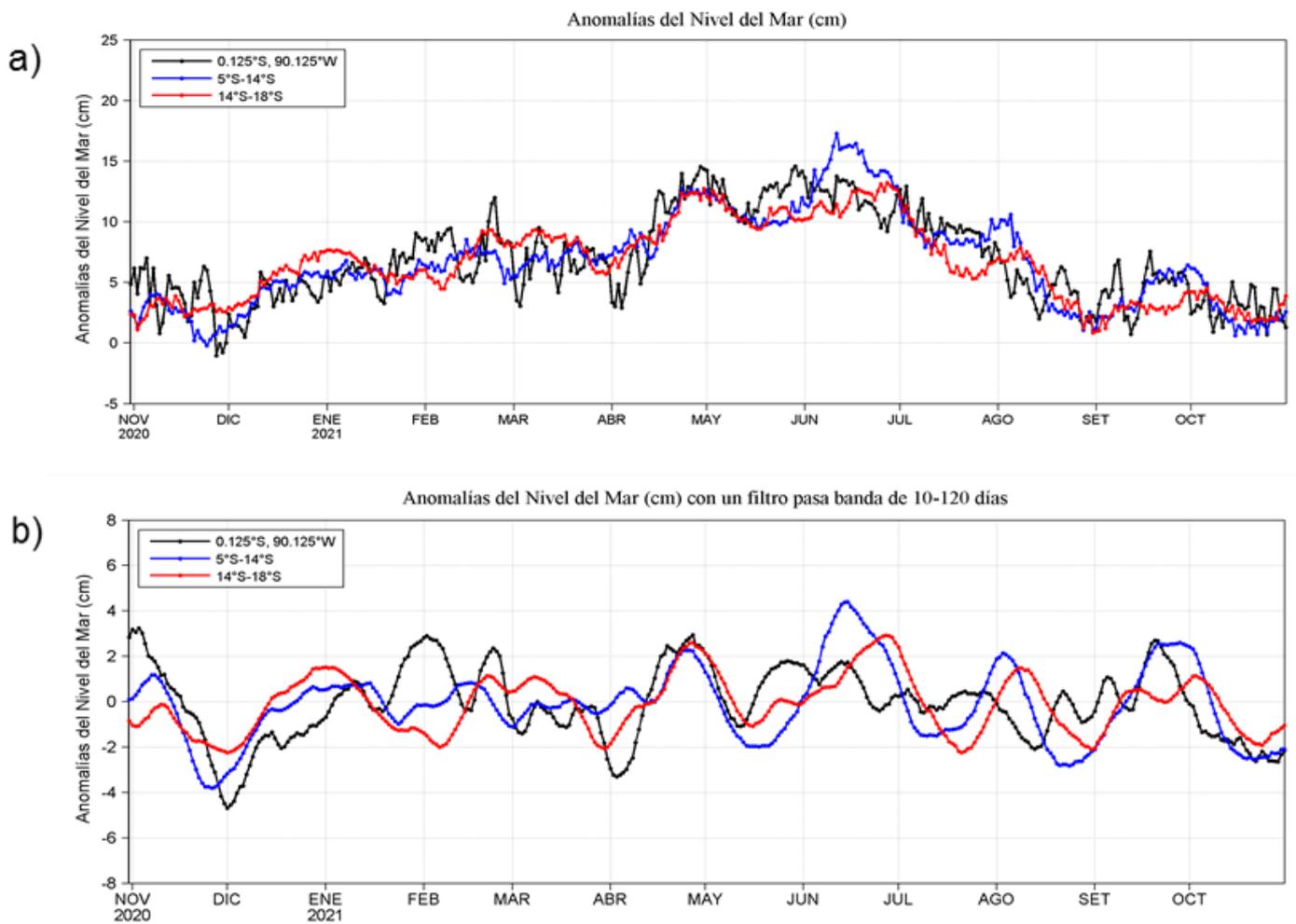


Figura 18. Variación temporal de las a) Anomalías del Nivel del Mar (cm) y b) Anomalías del Nivel del Mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para tres áreas promedio para los últimos doce meses: i) Área de 75 km centrada en $0,125^{\circ}\text{S}$ y $90,125^{\circ}\text{W}$, ii) Área promedio de 60 m.n. (~ 111 km) entre 5°S - 14°S y iii) Área promedio de 60 m.n. (~ 111 km) entre 14°S – 18°S . Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 (a) y 1993-2010 (b). Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

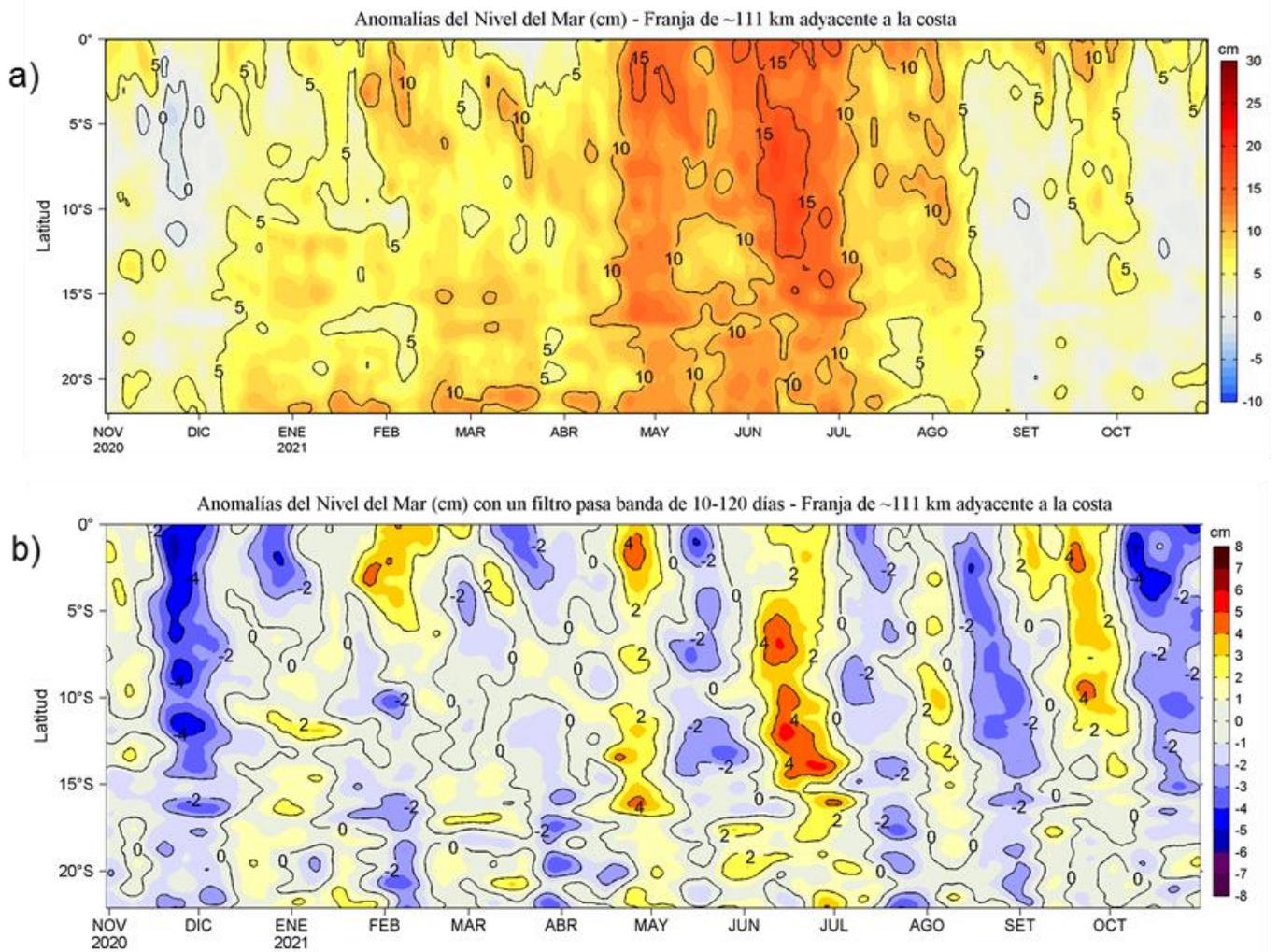


Figura 19. Evolución diaria de las a) Anomalías del Nivel del Mar (cm) y b) Anomalías del Nivel del Mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para una franja de 60 m.n. (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos doce meses. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 para (a) y 1993-2010 para (b). Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

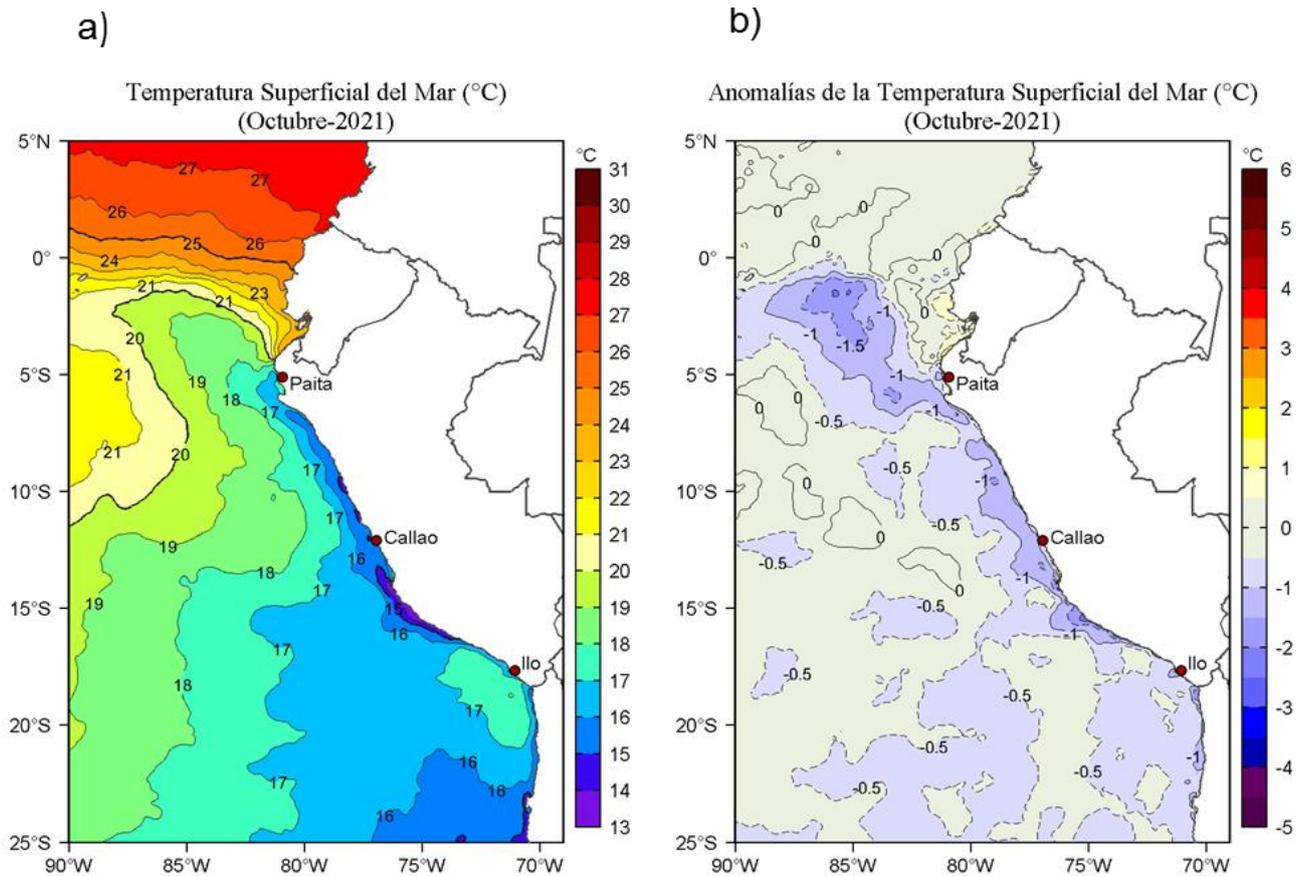


Figura 20. Distribución espacial promedio mensual de: a) Temperatura superficial del mar (TSM, °C) y b) Anomalía de la temperatura superficial del mar (ATSM, °C) para el mes de octubre de 2021 en el océano Pacífico tropical oriental. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 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.

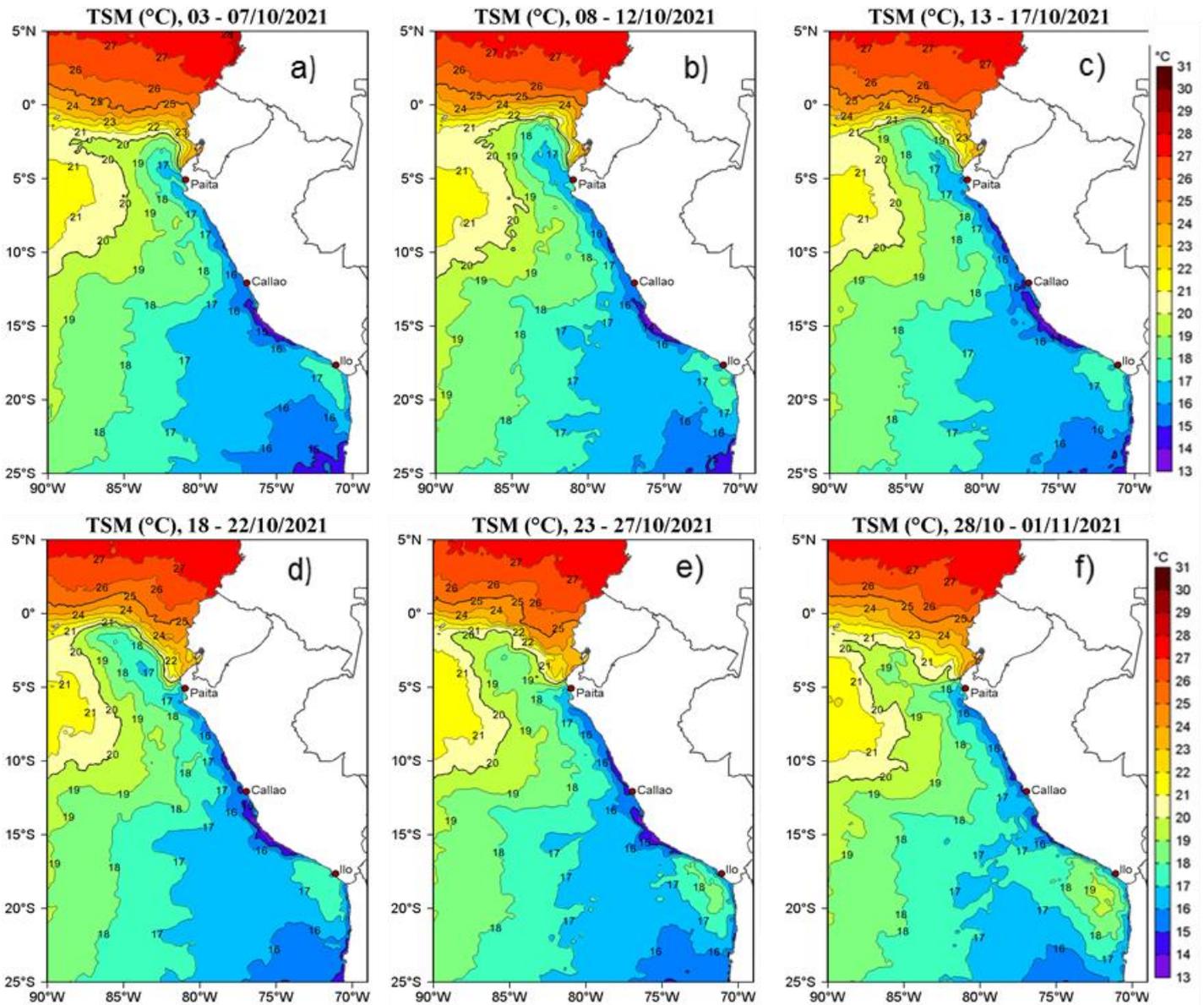


Figura 21. Distribución espacial promedio pentadal de la temperatura superficial del mar (TSM, °C) para el mes de octubre 2021 en el océano Pacífico tropical oriental para las pentadas: a) 03-07 de octubre, b) 08-12 de octubre, c) 13-17 de octubre, d) 18-22 de octubre, e) 23-27 de octubre, f) 28 de octubre-01 de noviembre de 2021. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). La escala de colores de la TSM se presenta a la derecha. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

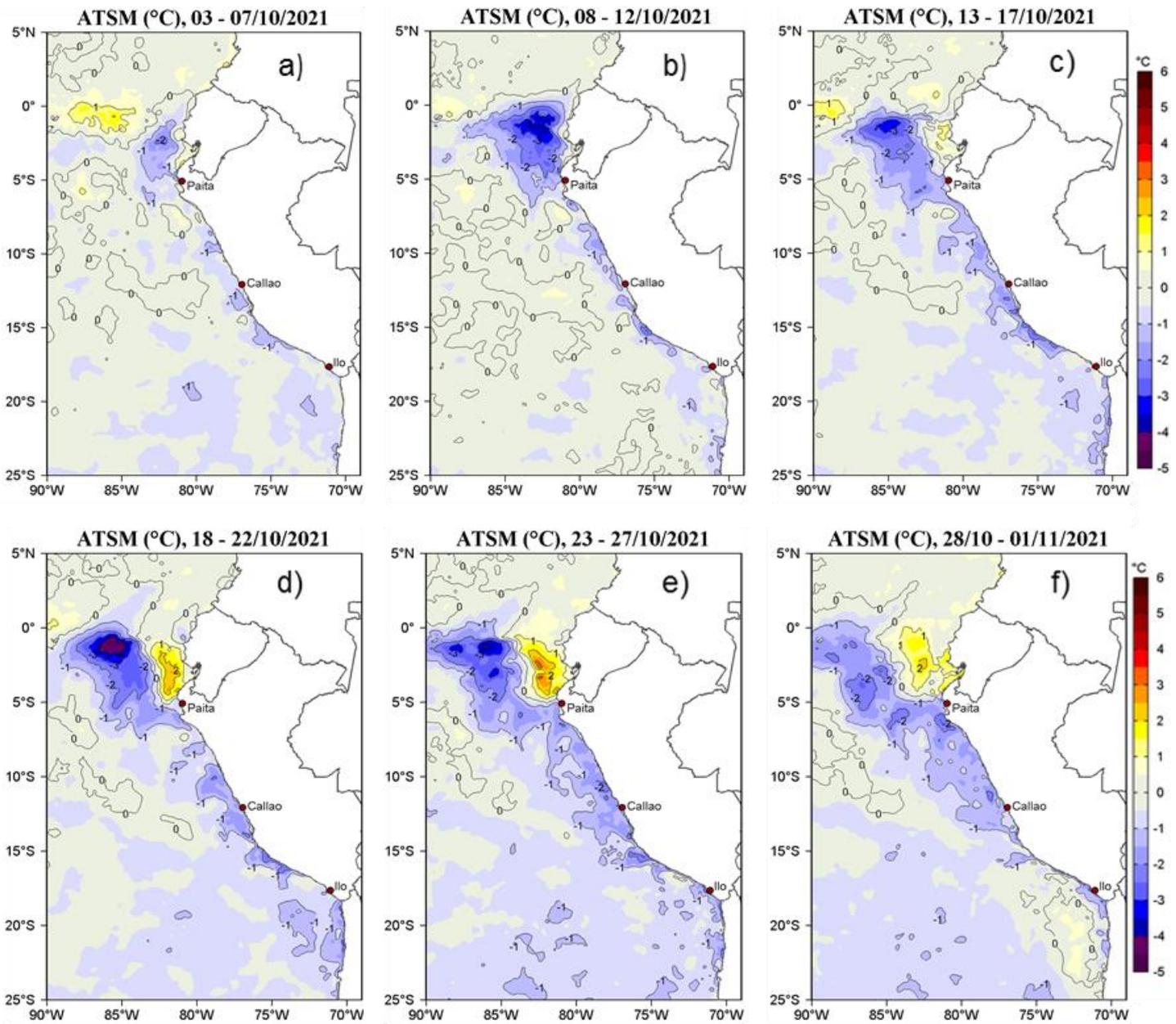


Figura 22. Distribución espacial promedio pentadal de las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM, °C) para el mes de octubre 2021 en el océano Pacífico tropical oriental para las pentadas: a) 03-07 de octubre, b) 08-12 de octubre, c) 13-17 de octubre, d) 18-22 de octubre, e) 23-27 de octubre, f) 28 de octubre-01 de noviembre de 2021. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). La escala de colores de las anomalías de la TSM se presenta a la derecha. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

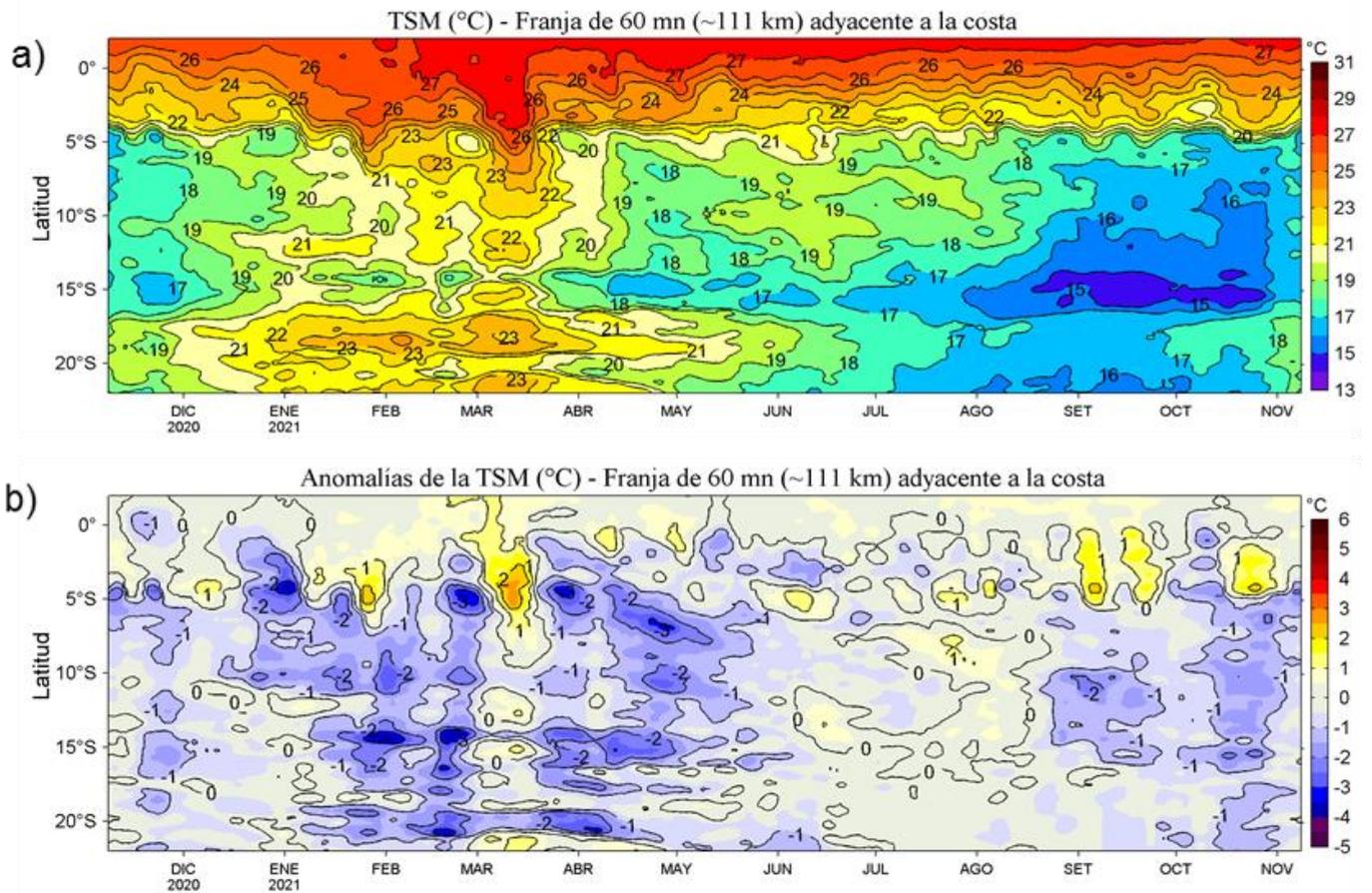


Figura 23. Evolución diaria de: a) Temperatura superficial del mar (°C) y b) Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) de noviembre 2020 a octubre 2021 para una franja de 111 km adyacente a la costa entre el ecuador geográfico y 22° S. Los promedios climatológicos de referencia consideran los años del 2007 al 2016. La barra de colores a la derecha muestra la escala de la temperatura y las anomalías, respectivamente. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC.

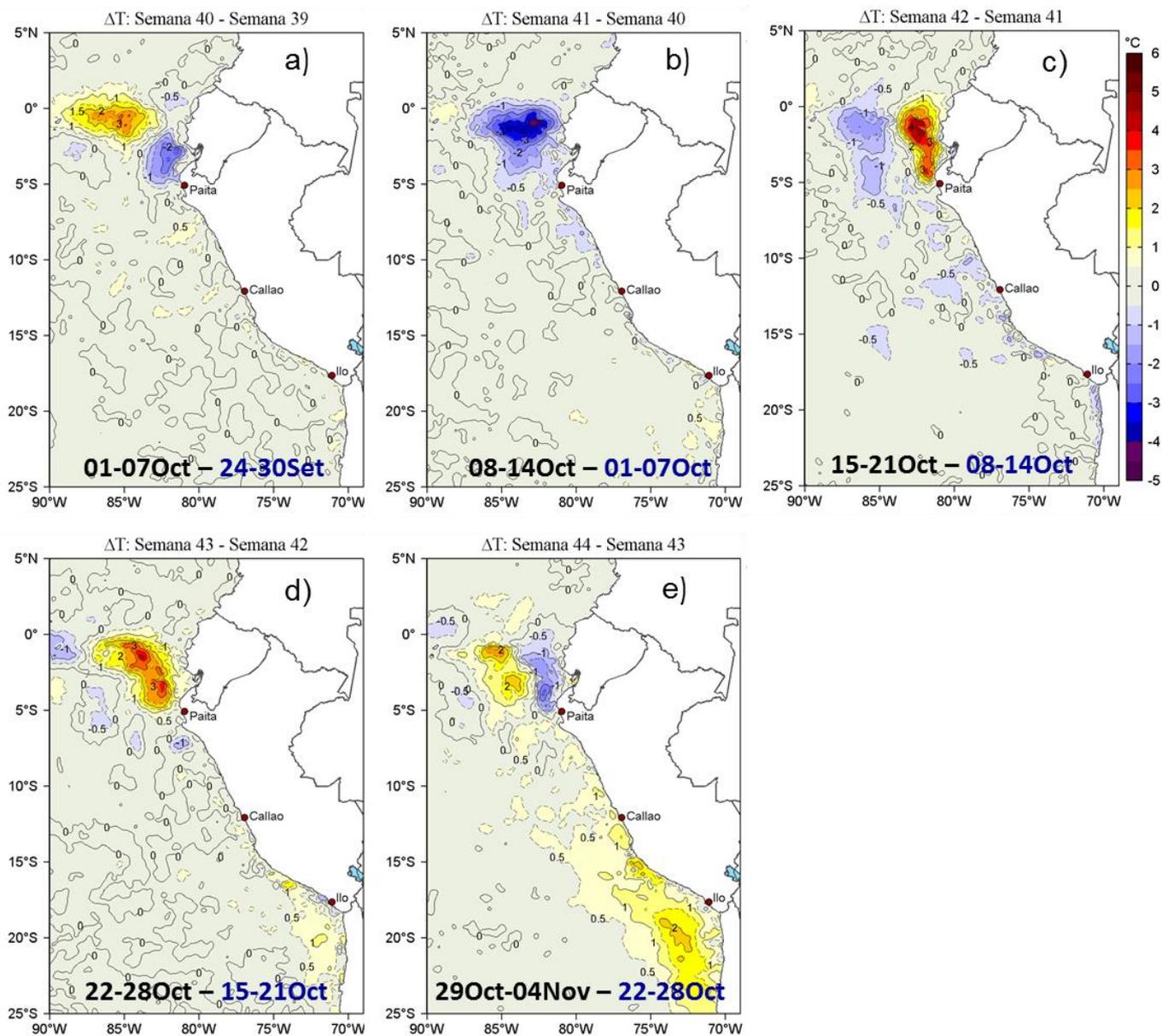


Figura 24. Cambio semanal de la temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$) en octubre de 2021. Fuente: OSTIA. Climatología: 2007-2016. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC.

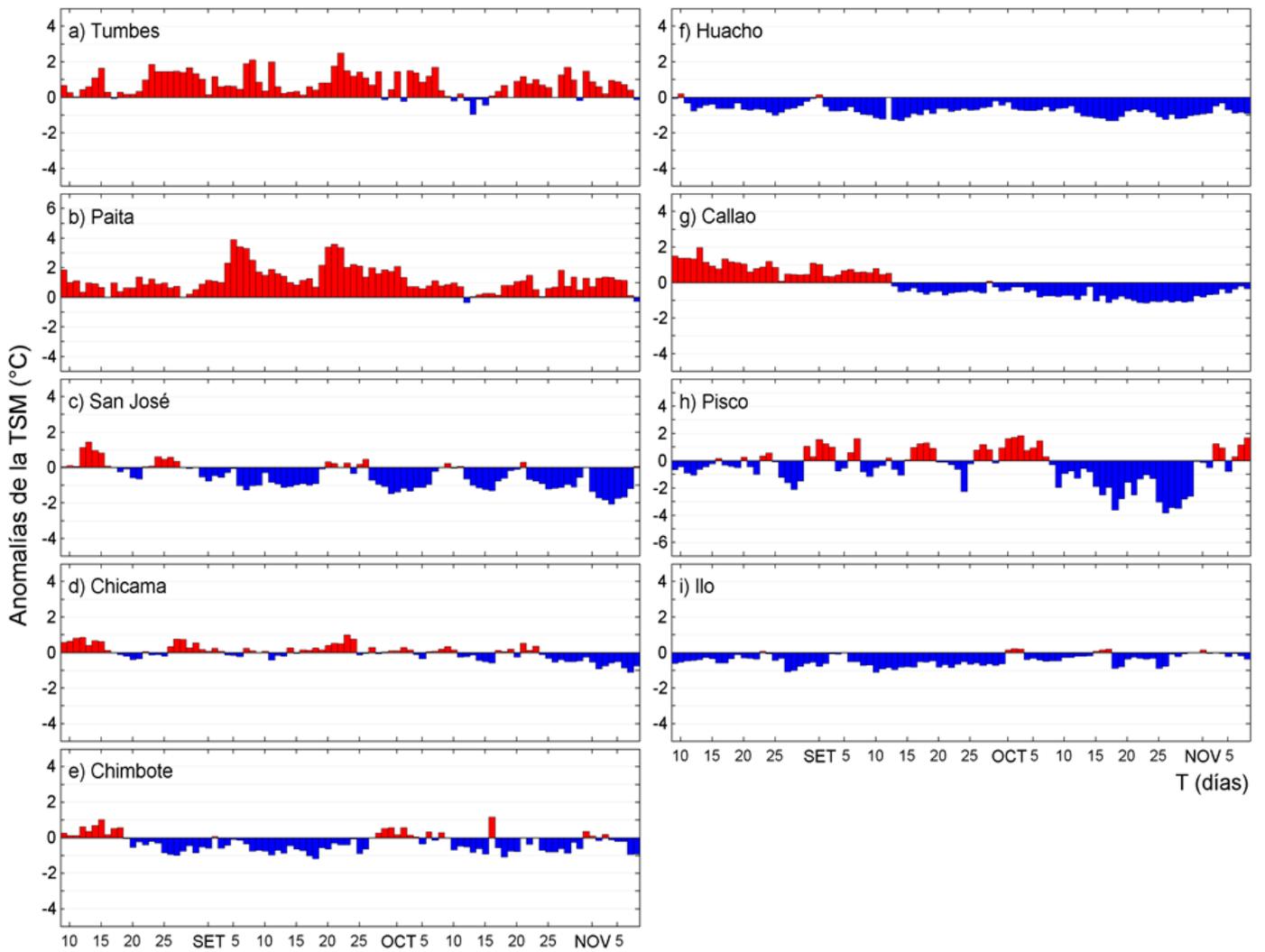


Figura 25. Series de tiempo de las anomalías de la temperatura superficial del mar (ATSM, °C) en los muelles costeros del IMARPE de agosto a octubre de 2021.

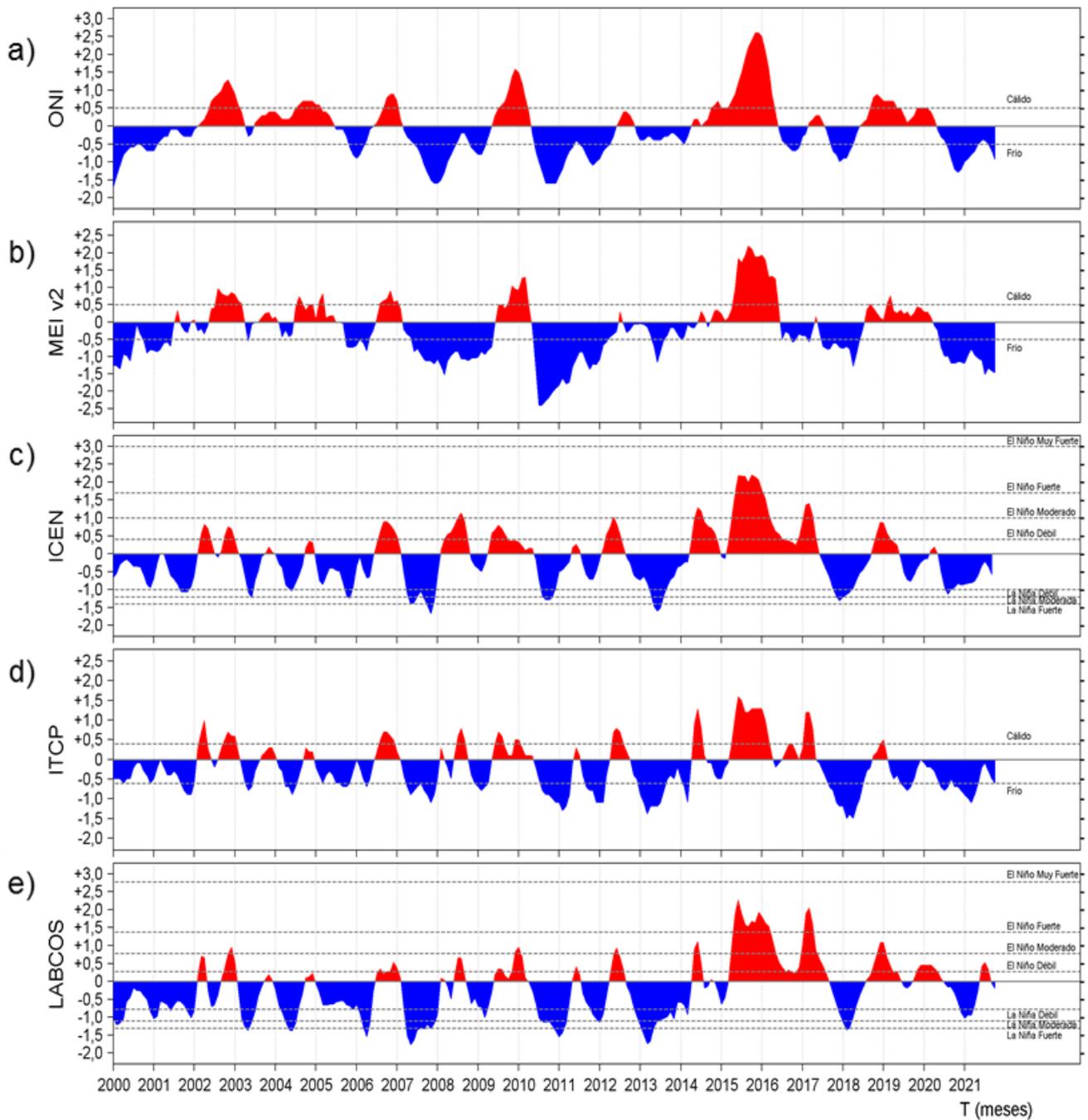


Figura 26. Series de tiempo de los valores mensuales de los índices climáticos: a) Índice Niño Oceánico (ONI; Huang et al., 2017), b) Índice Multivariado de ENOS (MEI v2; Wolter y Timlin, 1993, 1998 y 2011) y Kobayashi et al., 2015), c) Índice Costero El Niño (ICEN; Takahashi et al., 2014), d) Índice Térmico Costero Peruano (ITCP; Quispe et al., 2016) y e) Índice LABCOS (Quispe y Vásquez, 2015) desde enero 2000 a la actualidad.

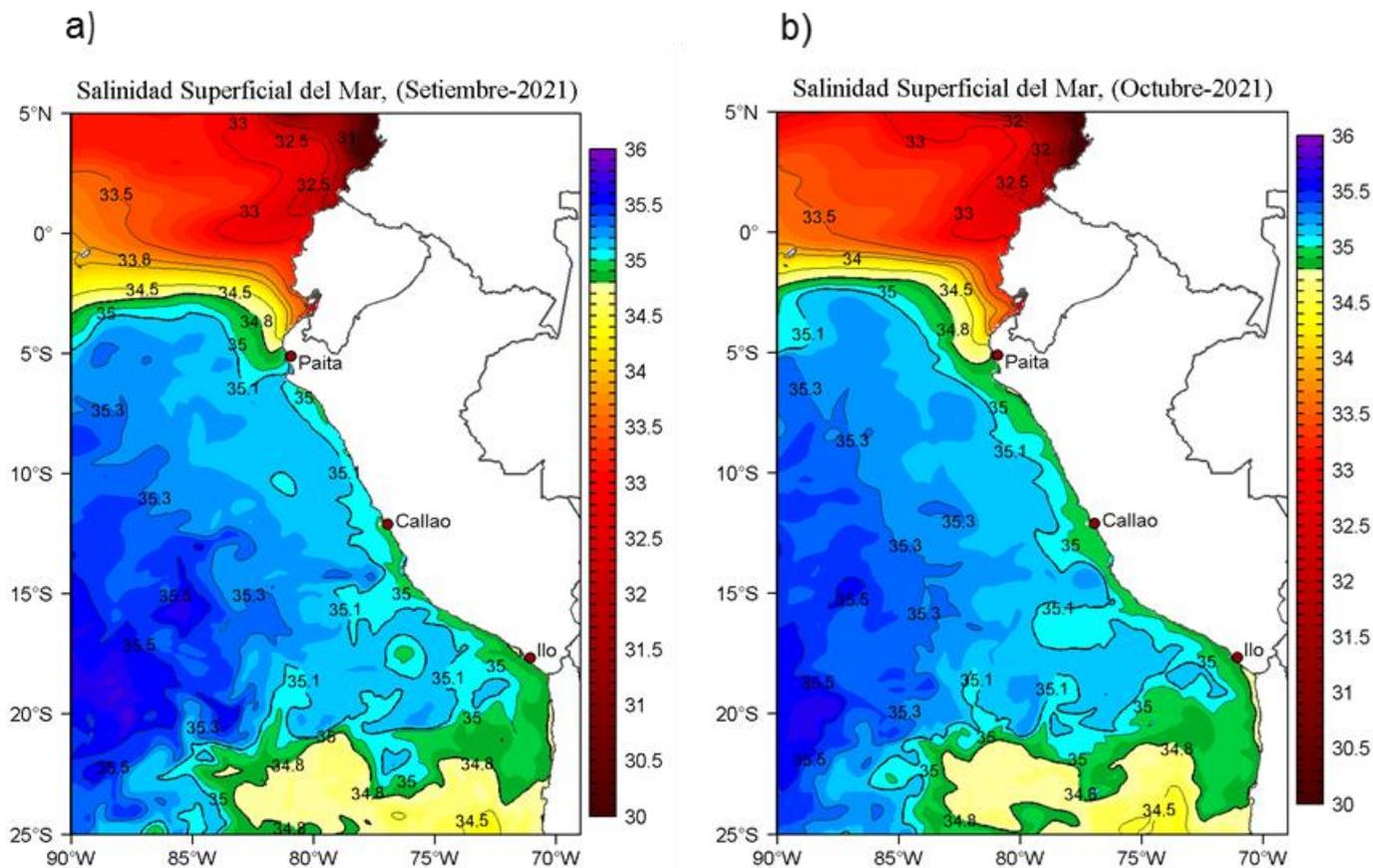


Figura 27. Distribución mensual de la salinidad superficial del mar (SSM) en el Pacífico Sudeste durante el mes de a) setiembre y b) octubre de 2021. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. et al, 2013) disponible en http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

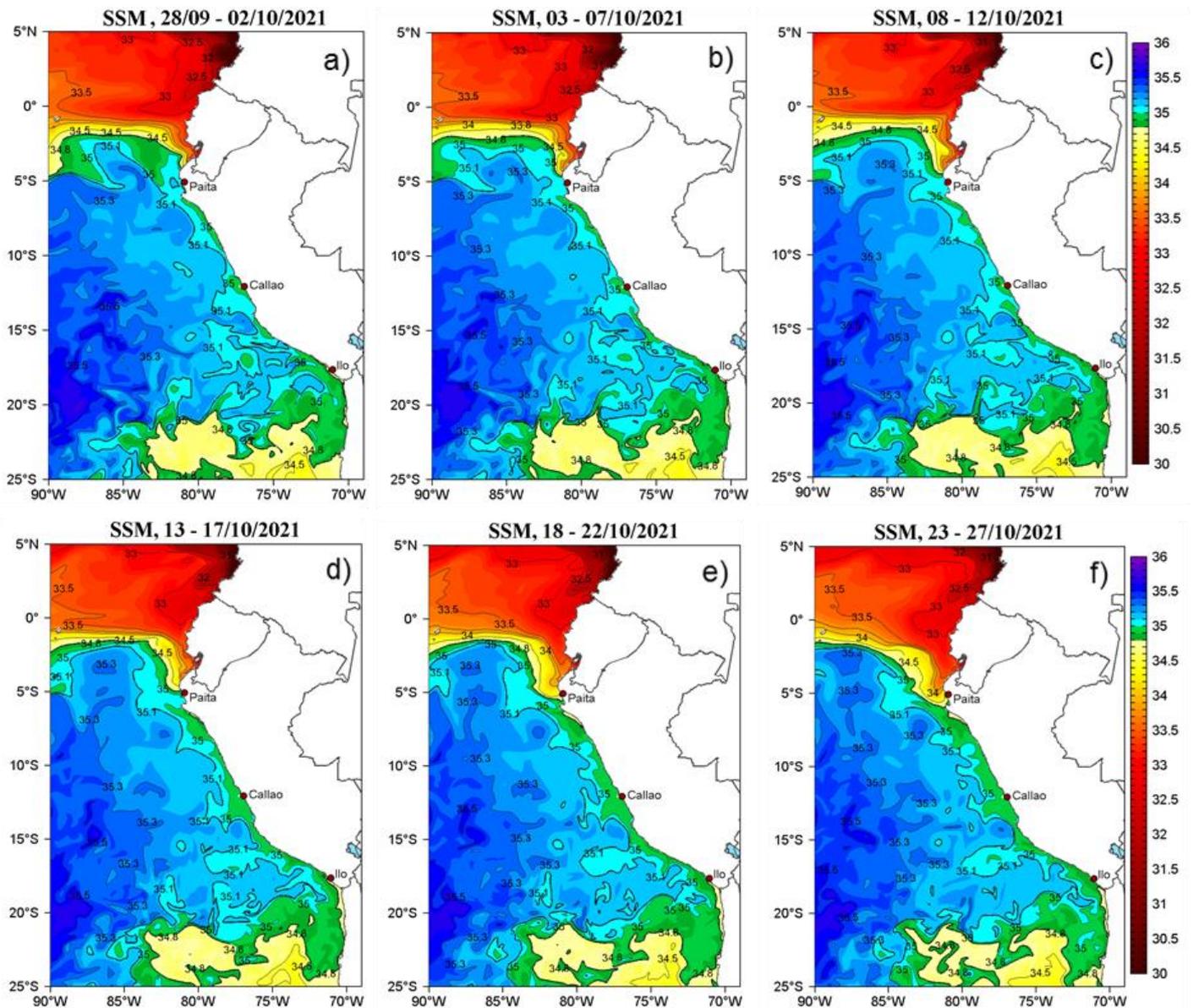


Figura 28. Distribución pentadal de la salinidad superficial del mar (SSM) en el Pacífico Sudeste, durante el mes de octubre de 2021. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. et al, 2013) disponible en http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

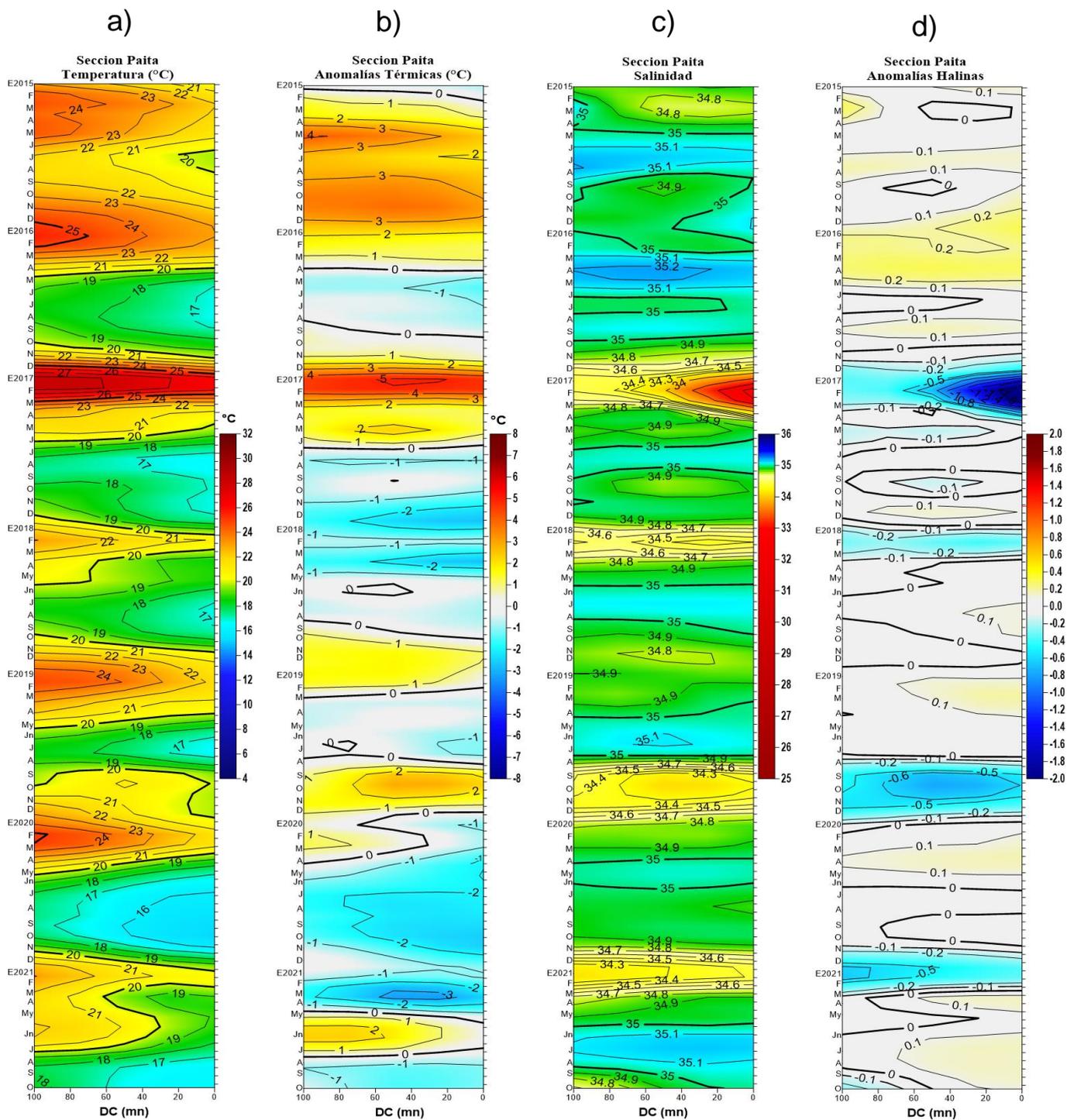


Figura 29. Diagrama Hovmöller de la sección Paita de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, y d) ASSM, registrado desde enero del 2015 hasta octubre del 2021.

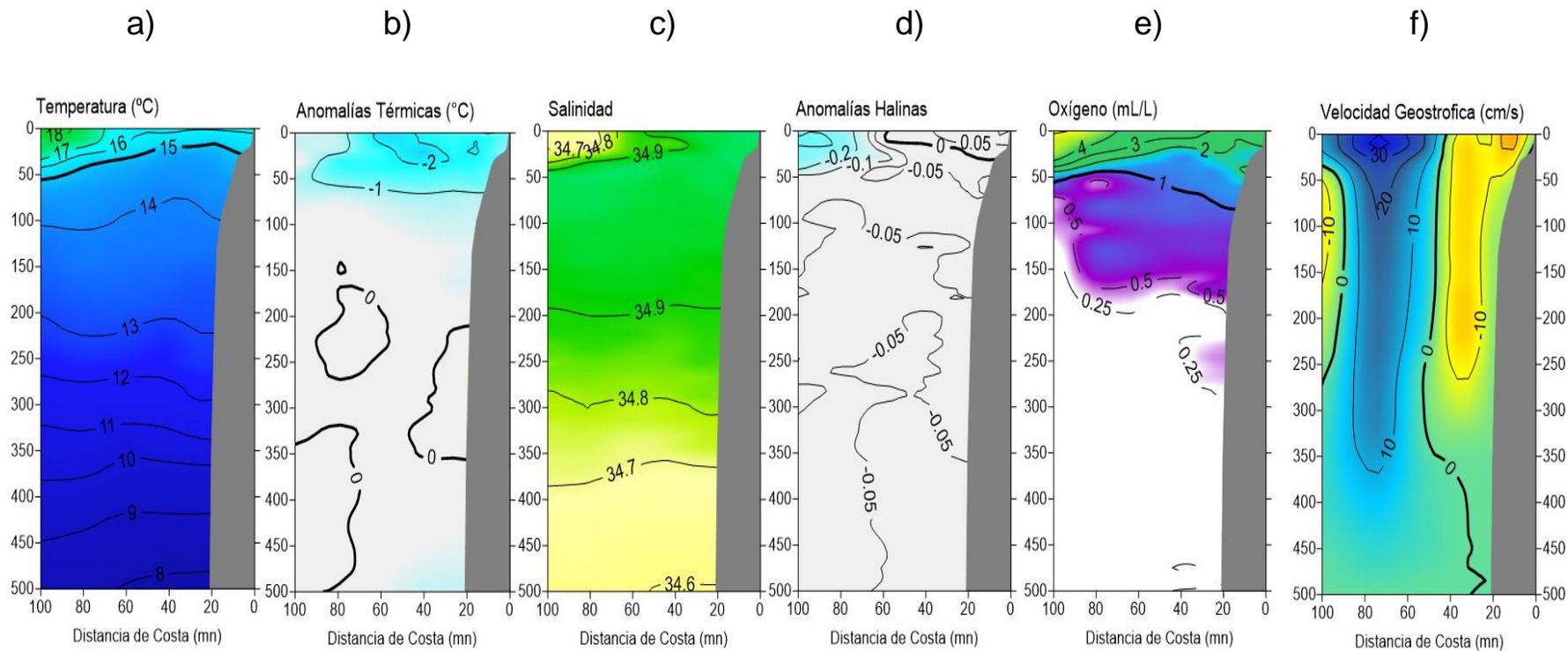


Figura 30. Sección vertical frente a Paita, mostrando la distribución de: a) Temperatura (°C), b) Anomalías térmicas (°C), c) Salinidad y d) Anomalías halinas, e) Oxígeno disuelto (mL L^{-1}) y f) Corrientes geostóficas (cm s^{-1}), registrado desde el 30 al 31 de octubre del 2021. Las anomalías fueron calculadas respecto al periodo 1981-2010 (Domínguez, et al; 2017).

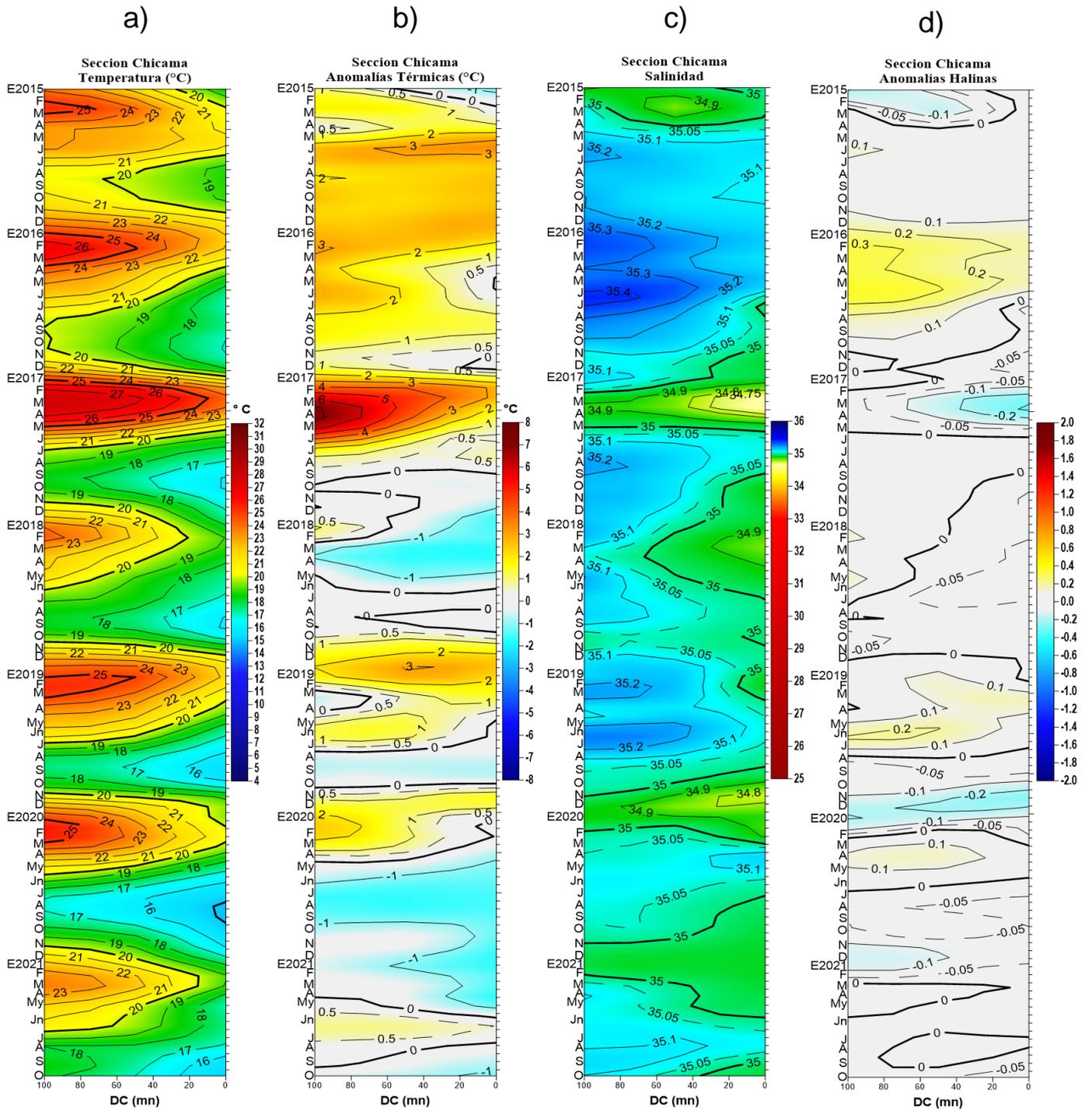


Figura 31. Diagrama Hovmöller de la sección Chicama de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, y d) ASSM, registrado desde enero del 2015 hasta octubre del 2021.

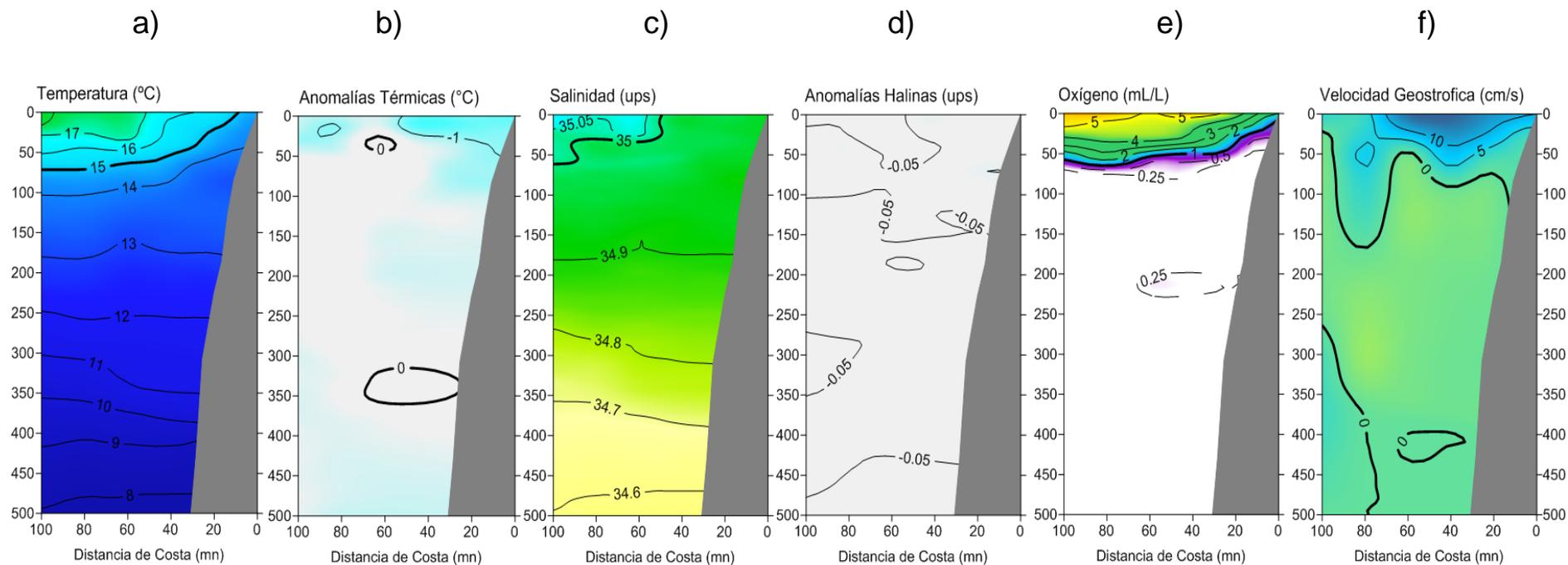


Figura 32. Sección vertical frente a Chicama, mostrando la distribución de: a) Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) Anomalías térmicas ($^{\circ}\text{C}$), c) Salinidad, d) Anomalías halinas, e) Oxígeno disuelto (mL L^{-1}) y f) Corrientes geostroficas (cm s^{-1}), registrado desde el 28 al 29 de octubre del 2021. Las anomalías fueron calculadas respecto al periodo 1981-2010 (Domínguez, et al; 2017).

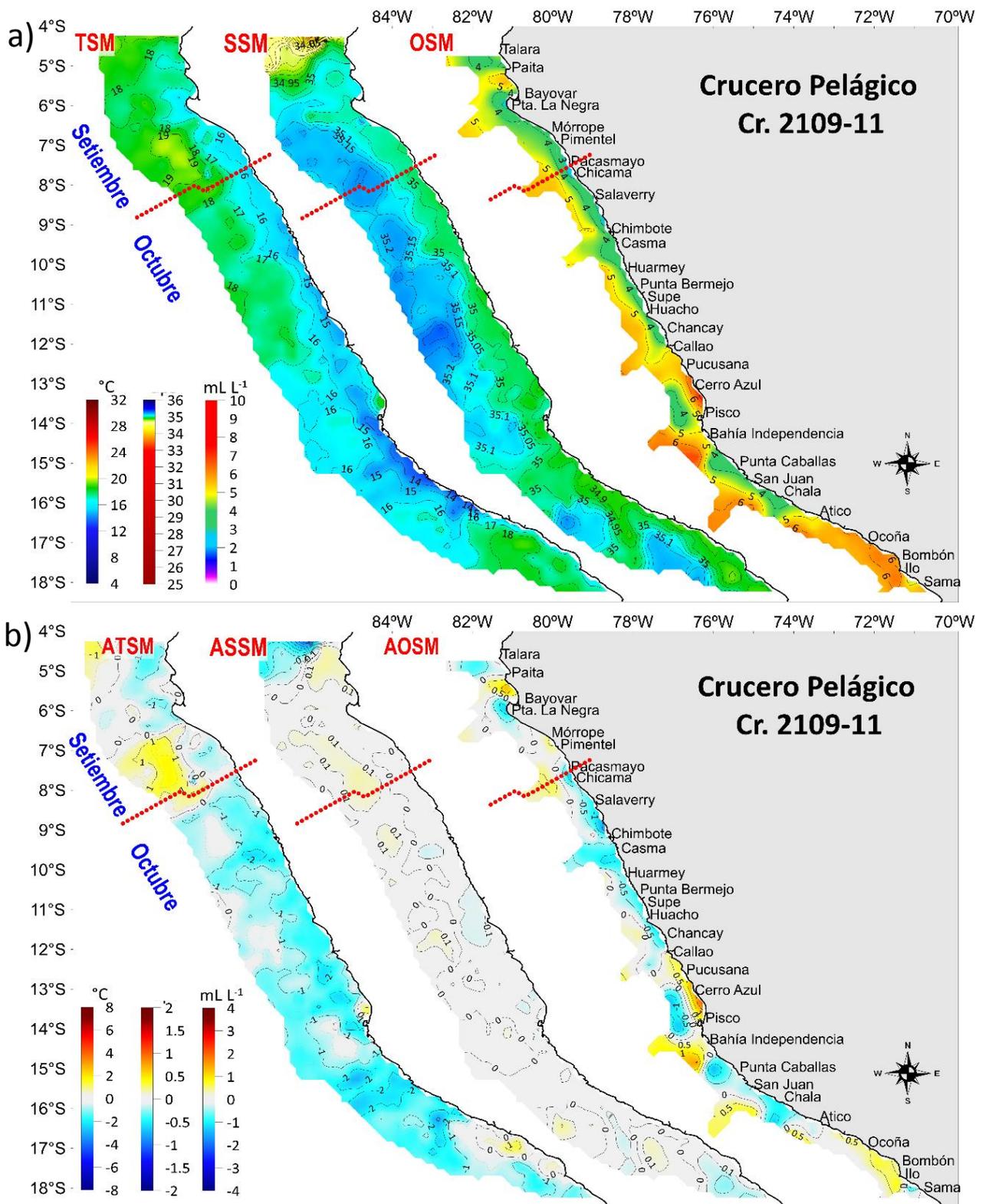


Figura 33. Distribución a nivel de superficie de a) temperatura, salinidad y oxígeno disuelto y b) anomalías de temperatura, anomalías de salinidad y anomalías de oxígeno disuelto, registrados entre el 01 – 31 octubre, en el “Crucero de evaluación hidro-acústica de anchoveta y otros recursos pelágicos. Cr.2109-11”, a bordo del BIC Flores Portugal y EP de la SNP (Incamar-I, Tasa314).

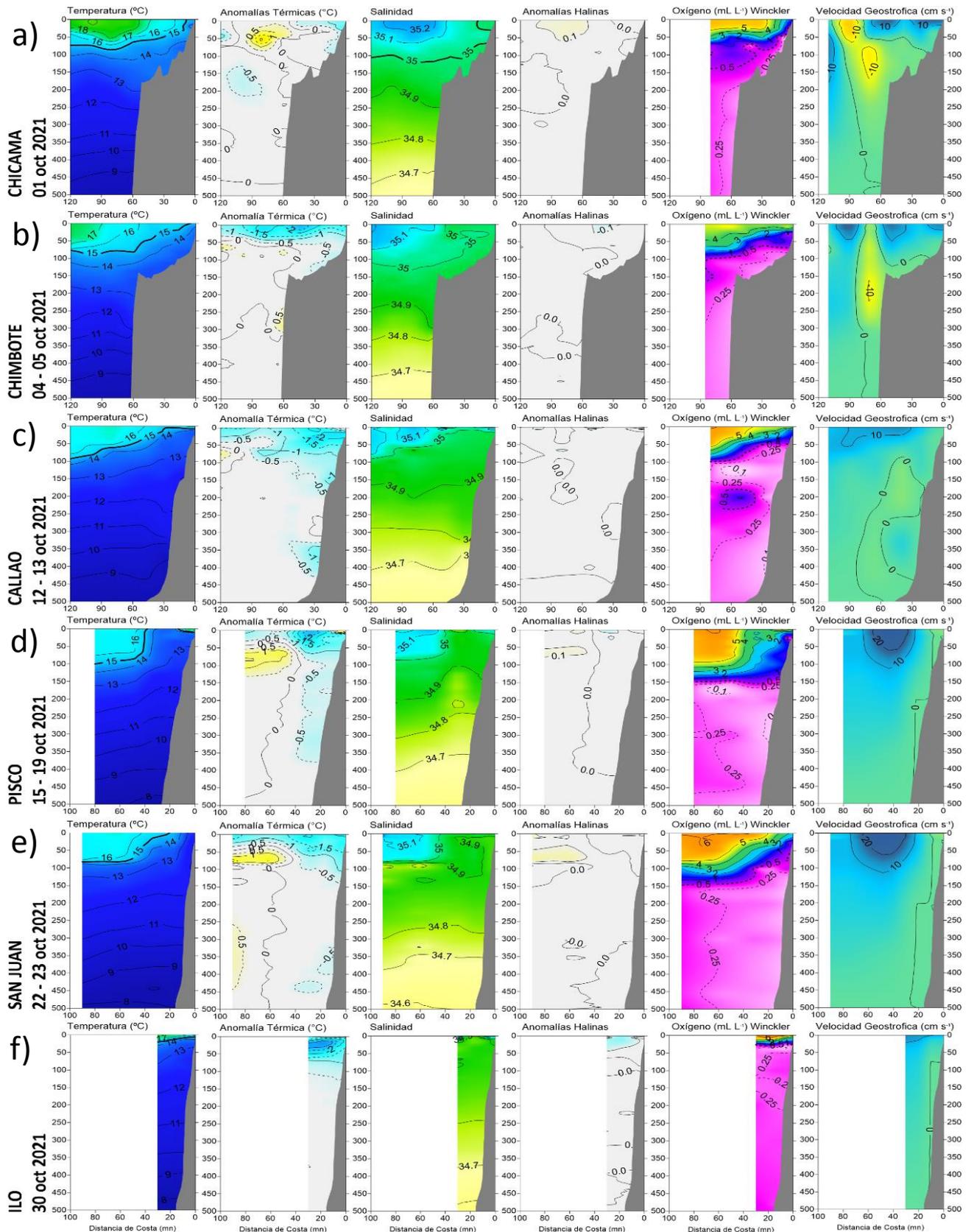


Figura 34. Secciones mostrando condiciones oceanográficas durante octubre del 2021, a través de la distribución vertical de temperatura, anomalías térmicas, salinidad, anomalías halinas, oxígeno disuelto y velocidad geostrofica, frente a: a) Chicama, b) Chimbote, c) Callao, d) Pisco, e) San Juan de Marcona, e f) Ilo, registrados durante el crucero pelágico Cr.2109-11, a bordo del BIC Flores Portugal y EP de la SNP (Incamar-I, Tasa314).

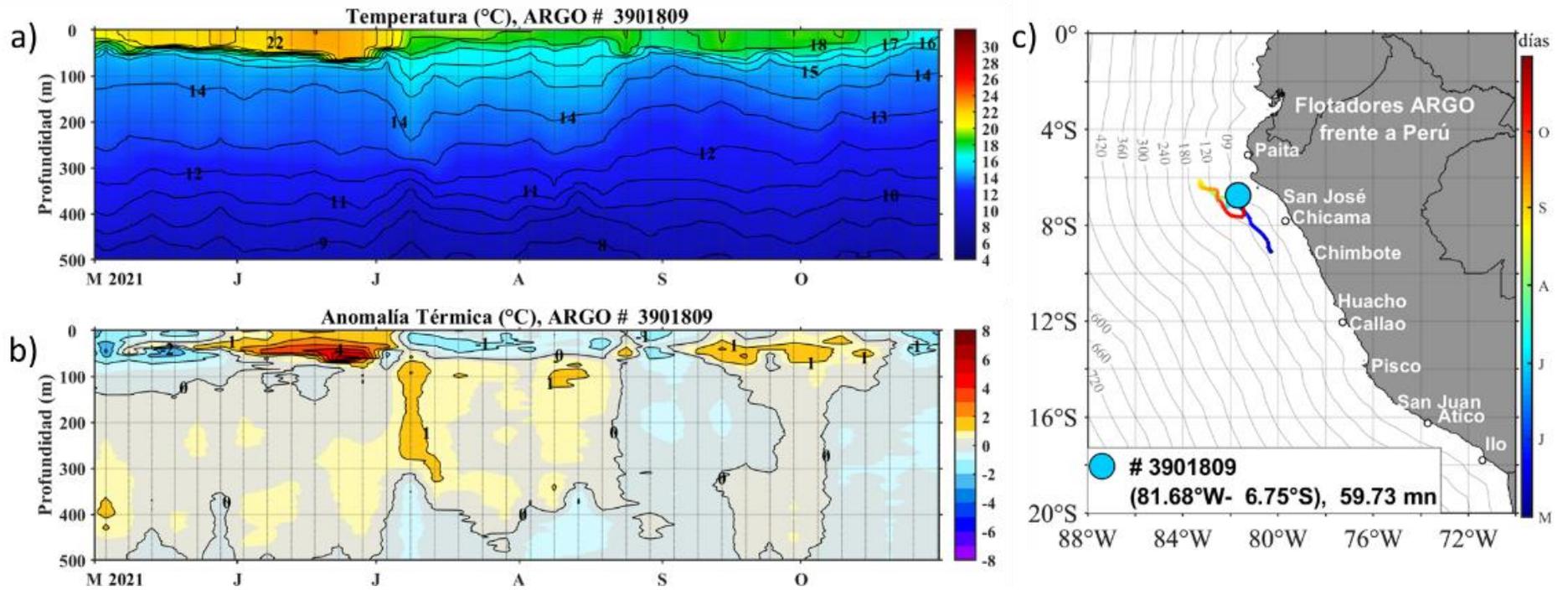


Figura 35. Evolución de la a) temperatura (°C) y b) anomalía de la temperatura (°C) del agua de mar de la boya ARGO frente a San José, y c) ubicación de las últimas posiciones, entre mayo y octubre de 2021 donde brindó información el flotador ARGO. La anomalía de la temperatura (°C) se calculó en base al promedio climatológico de 1981-2010. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

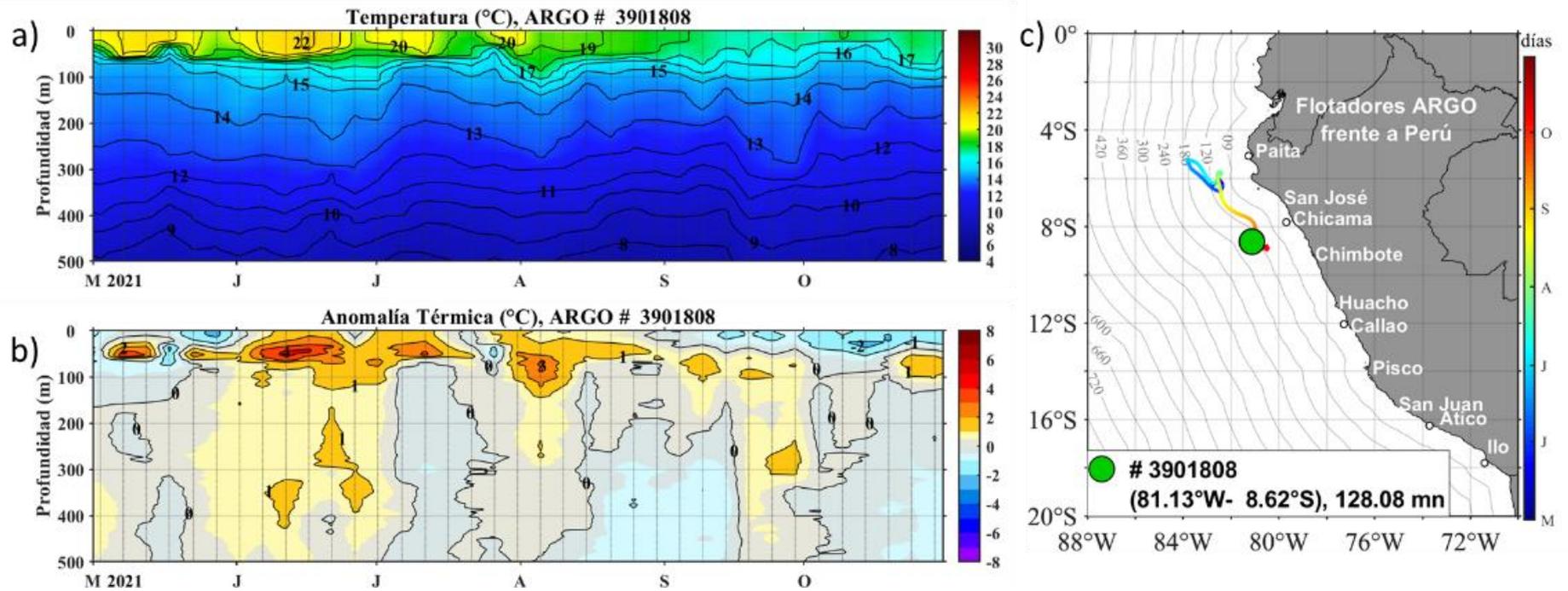


Figura 36. Evolución de la a) temperatura (°C) y b) anomalía de la temperatura (°C) del agua de mar de la boya ARGO frente a Chicama, y c) ubicación de las últimas posiciones, entre mayo y octubre de 2021 donde brindó información el flotador ARGO. La anomalía de la temperatura (°C) se calculó en base al promedio climatológico de 1981-2010. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

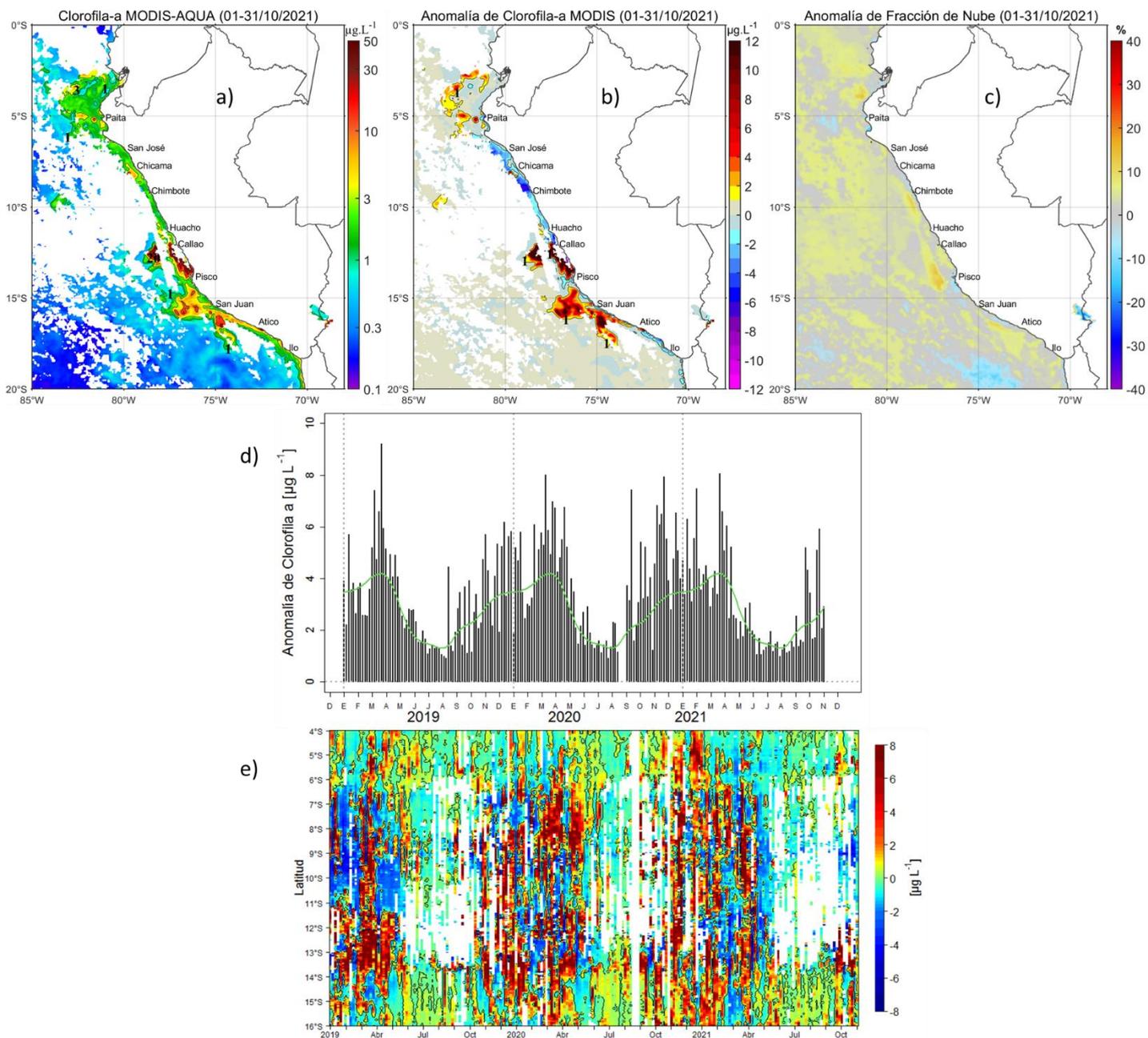


Figura 37. Mapa promedio de la concentración de clorofila-a satelital (a, en $\mu\text{g L}^{-1}$), y su anomalía (b, en $\mu\text{g L}^{-1}$), y las anomalías de la fracción de nubes (c, en %) proveniente de MODIS-AQUA durante octubre 2021. En (d), se muestra la serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barra negra) y su climatología (línea verde); y en (e) el Hovmöller latitud vs tiempo de las anomalías de clorofila-a, proveniente de SeaWiFS-MODIS ($\mu\text{g L}^{-1}$) entre 4°S-16°S y dentro de los 100 km de la costa. Fuente: IMARPE.

a)



b)

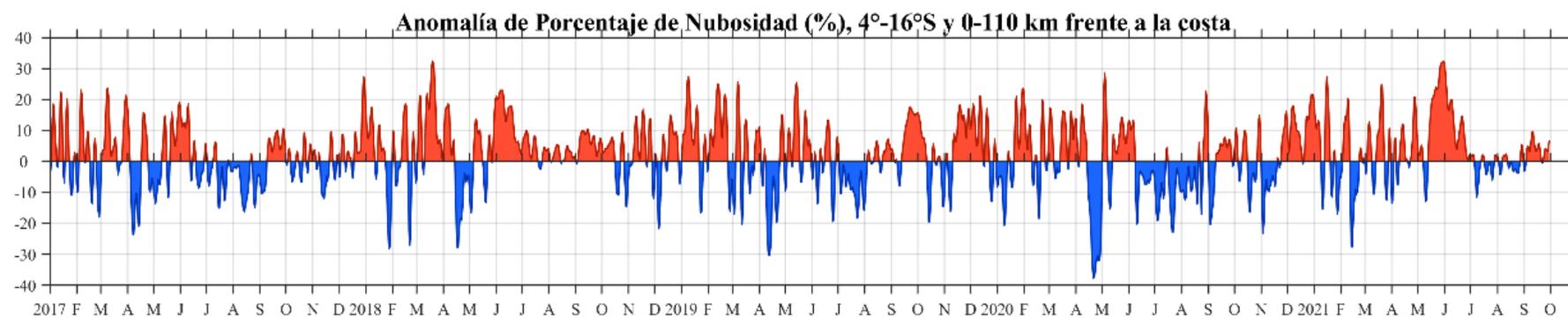


Figura 38. Serie de tiempo de la fracción de nubes (a) y sus anomalías (b) de enero del 2017 hasta octubre 2021, entre 4°S - 16°S y dentro de los 100 km de la costa, proveniente del satélite MODIS.

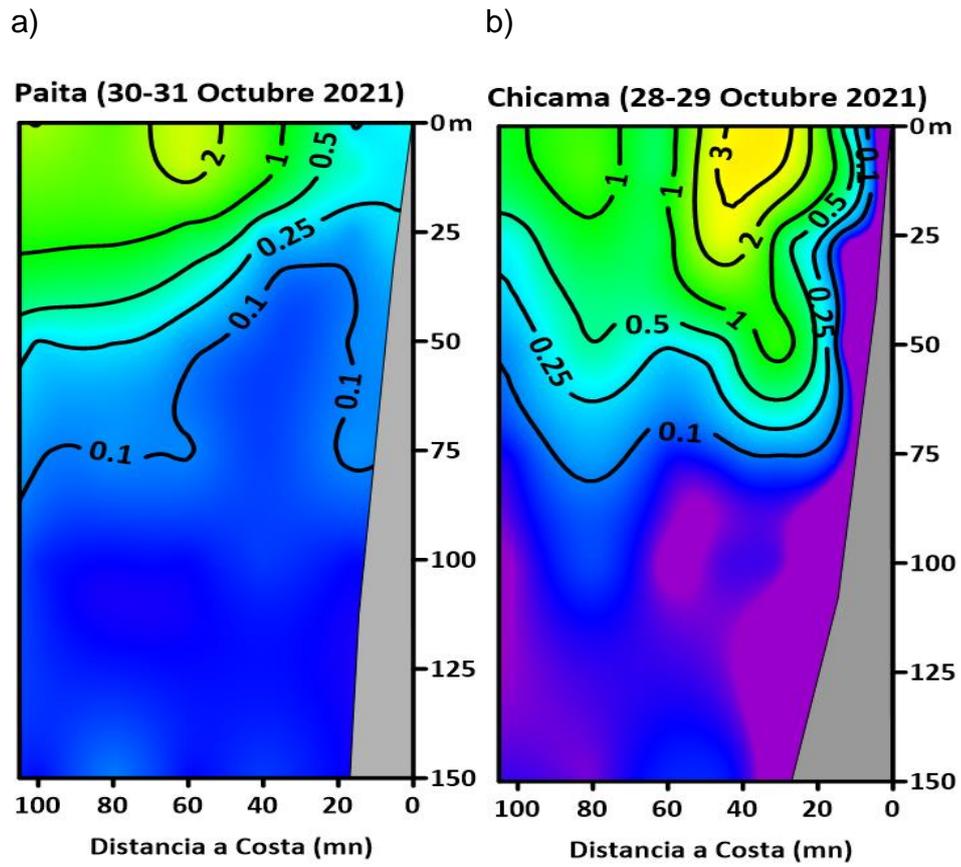


Figura 39. Distribución vertical de Clorofila-a ($\mu\text{g L}^{-1}$), en las secciones de Païta y Chicama durante octubre 2021.

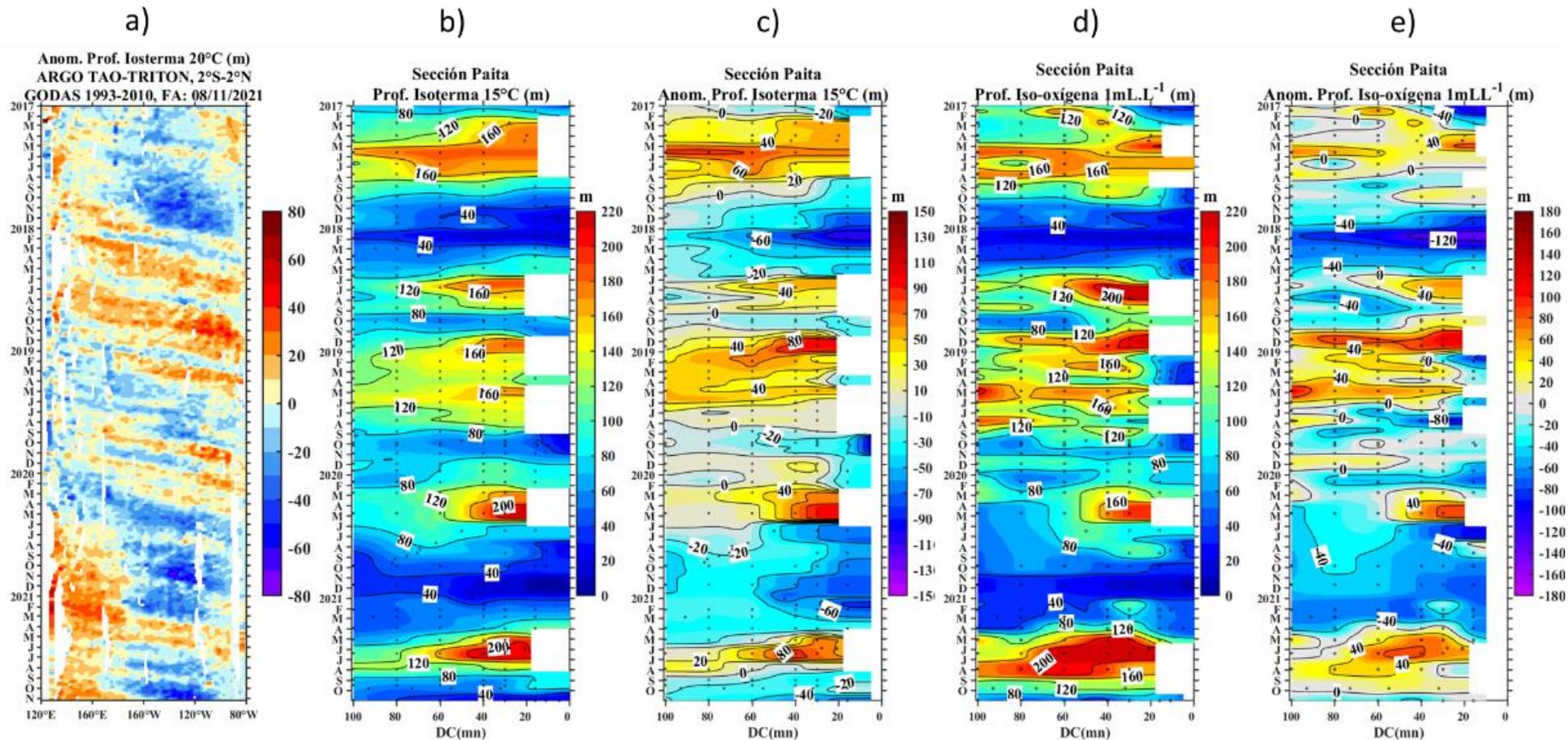


Figura 40. Diagrama Hovmoller de a) profundidad de la isoterma de 20 °C en el Pacifico ecuatorial (120°E – 80°W y 2°N – 2°S) con las boyas ARGO y TAO/TRITON, b) profundidad de la isoterma de 15 °C, c) anomalía de la profundidad de la isoterma de 15 °C, d) profundidad de la iso-oxígena de 1 mL L⁻¹, e) anomalía de la profundidad de la iso-oxígena de 1 mL L⁻¹ frente a Paita (0-100 m.n.). Climatología de 1981 a 2010.

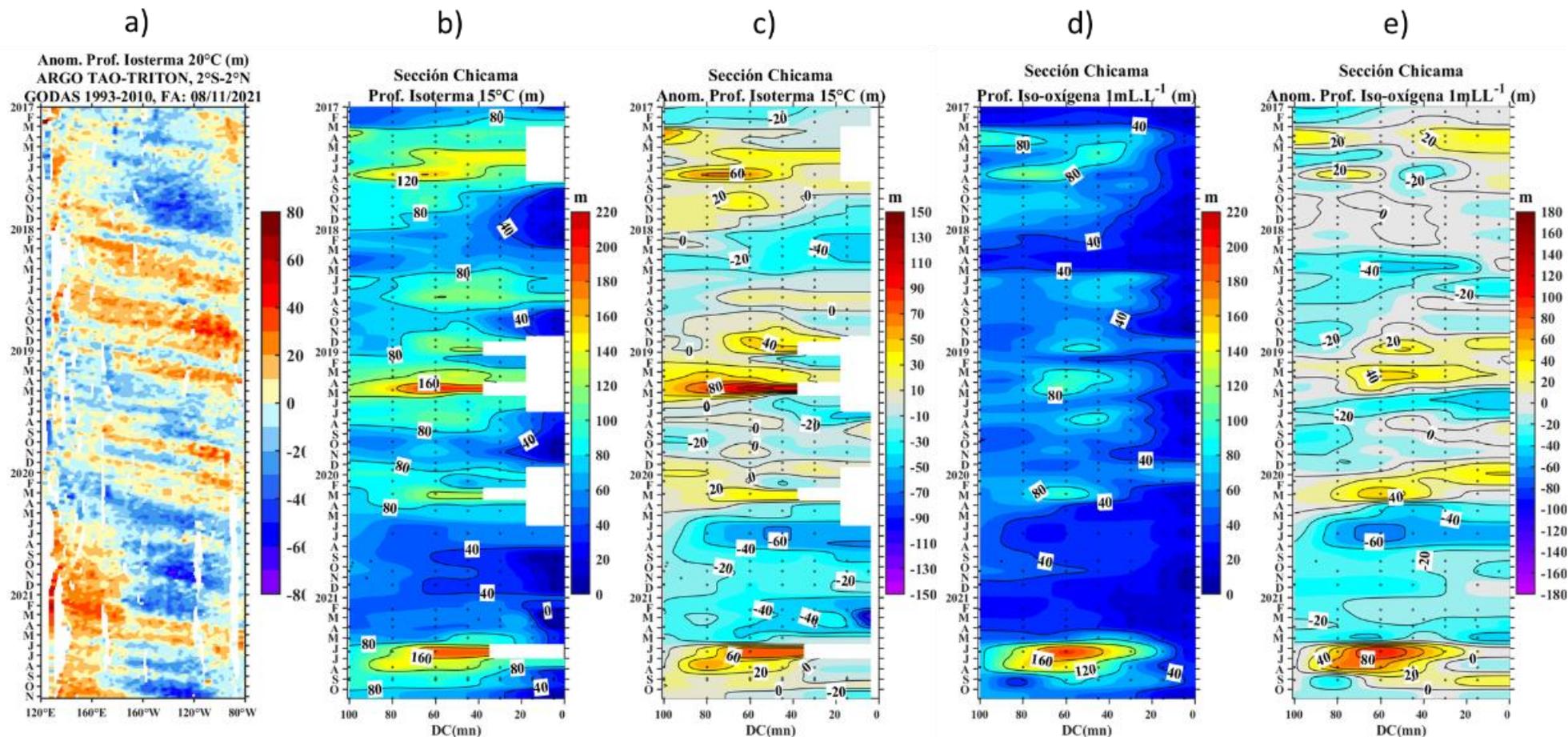


Figura 41. Diagrama Hovmöller de a) profundidad de la isoterma de 20 °C en el Pacífico ecuatorial (120°E – 80°W y 2°N – 2°S) con las boyas ARGO y TAO/TRITON, b) profundidad de la isoterma de 15 °C, c) anomalía de la profundidad de la isoterma de 15 °C, d) profundidad de la iso-oxígeno de 1 mL L⁻¹, y e) anomalía de la profundidad de la iso-oxígeno de 1 mL L⁻¹ frente a Chicama (0-100 m.n.). Climatología de 1981 a 2010.

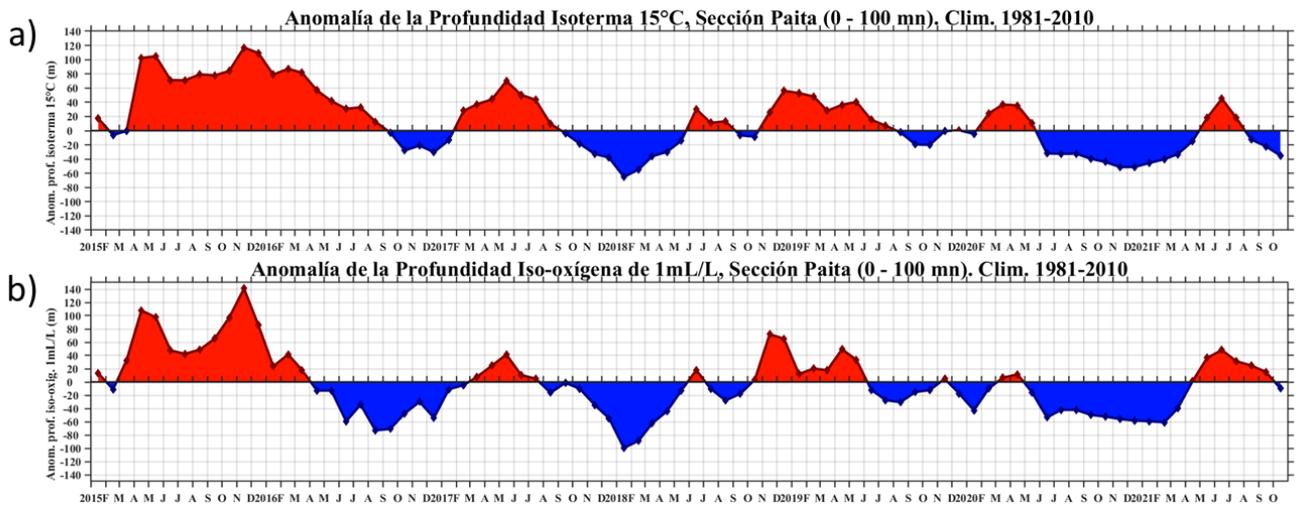


Figura 42. Serie de tiempo de promedio de 0 a 100 mn de la a) anomalía de la profundidad de la isoterma de 15 °C, y b) iso-oxígena de 1 mL L⁻¹ frente a Paita. Climatología de 1981 a 2010.

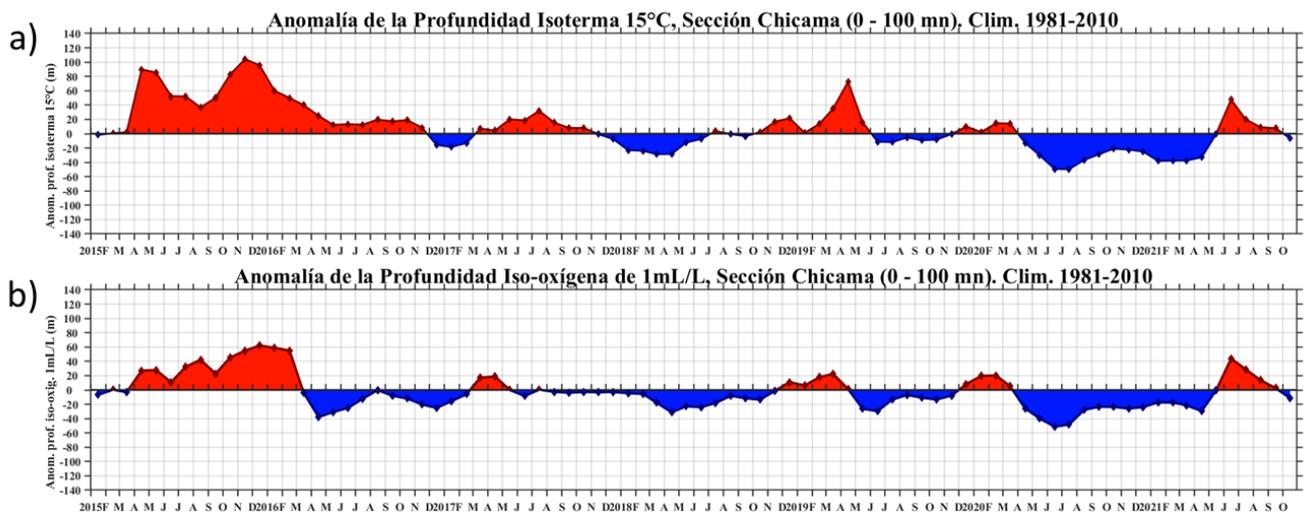


Figura 43. Serie de tiempo de promedio de 0 a 100 m.n. de la a) anomalía de la profundidad de la isoterma de 15 °C, y b) iso-oxígena de 1 mL L⁻¹ frente a Chicama. Climatología de 1981 a 2010.

a) Sección Paita

		Distancia a la costa (mn)						
Año	Mes	100	80	60	40	16	11	5
2021	Feb							
	Mzo							
	May							
	Jun							
	Jul							
	Ago							
	Oct							

b) Sección Chicama

		Distancia a la costa (mn)						
Año	Mes	100	80	60	45	30	15	5
2021	Feb							
	Mzo							
	May							
	Jun							
	Jul							
	Ago							
	Oct							

ACF
 AES
 ASS
 AES-ASS
 Área muestreada

Figura 44. Distribución de indicadores biológicos del fitoplancton en la a) Sección Paita y b) Sección Chicama durante octubre 2021.

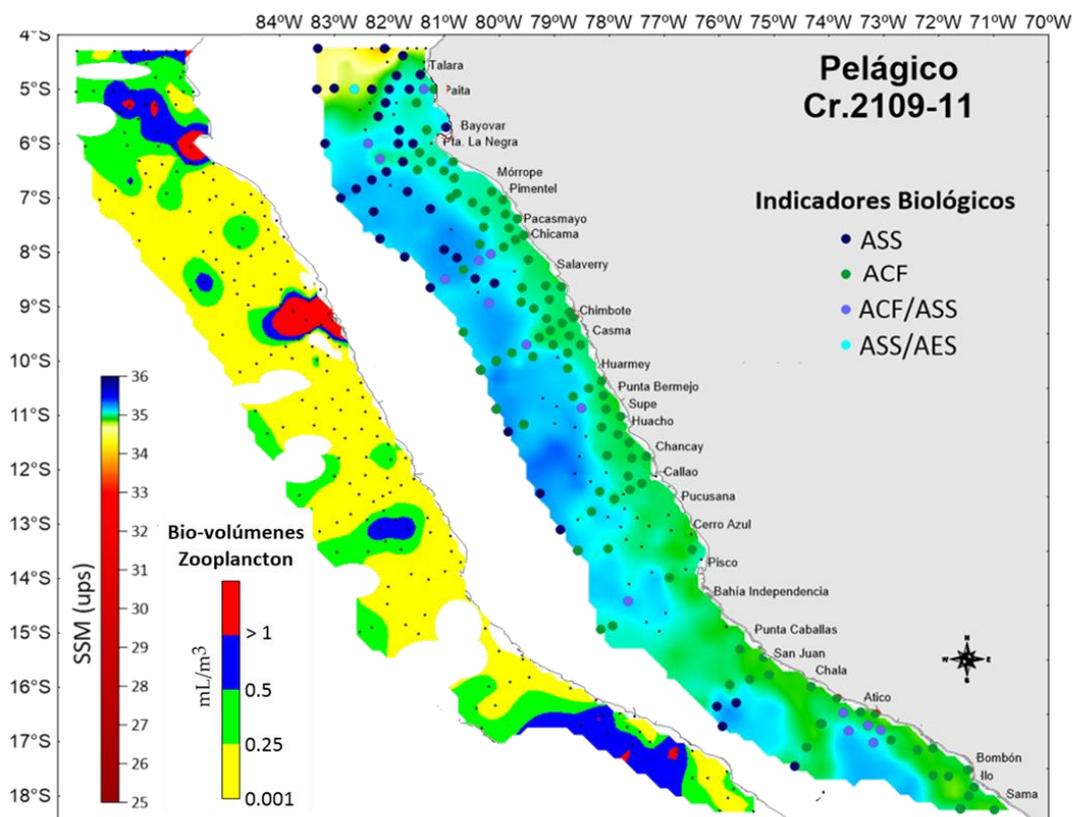


Figura 45. Distribución de: a) indicadores biológicos de masas de agua (puntos) sobre la SSM (colores) y b) bio-volúmenes de zooplancton durante el crucero de recursos pelágicos Cr.2109-11.

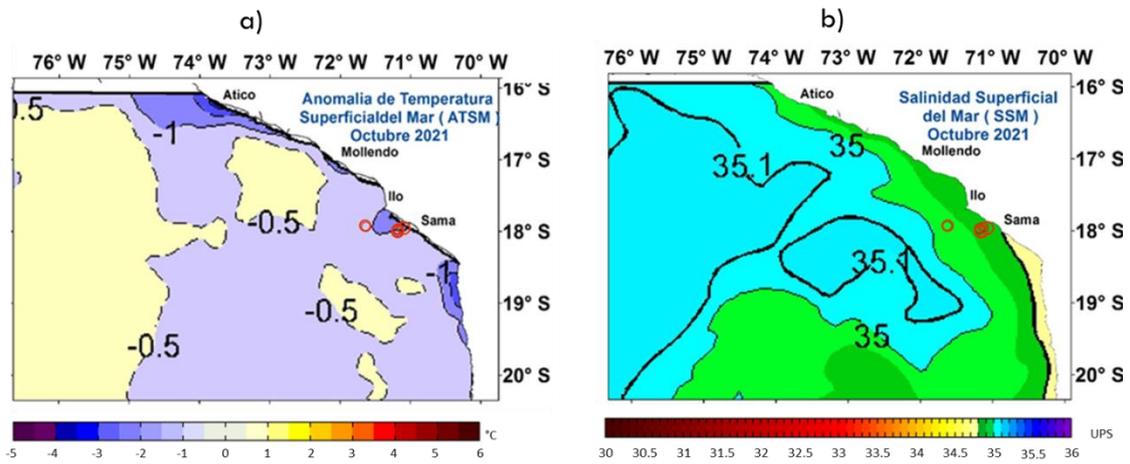


Figura 46. Distribución de la anchoveta en la región sur en relación con a) anomalía de la temperatura del mar (ATSM) y b) salinidad superficial del mar (SSM) durante el setiembre 2021.

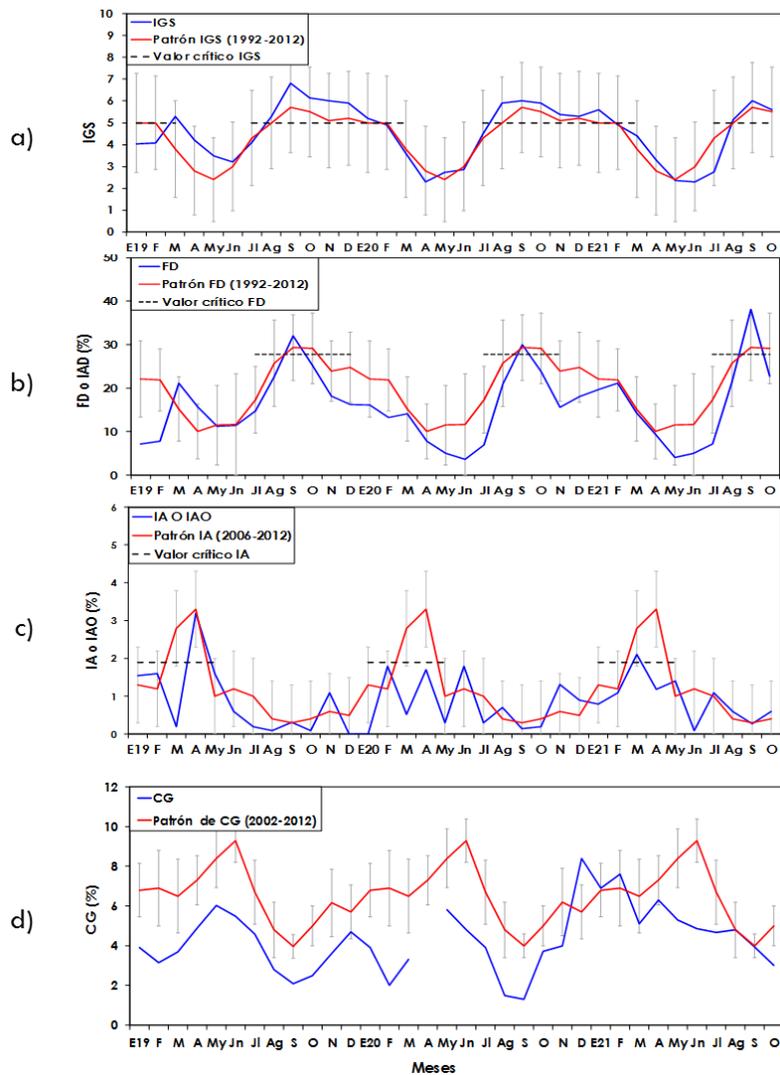


Figura 47. Indicadores reproductivos a) Índice Gonadosomático y b) fracción desovante, e indicador somático c) contenido graso de anchoveta en la región norte – centro durante el periodo enero 2019 a octubre 2021.

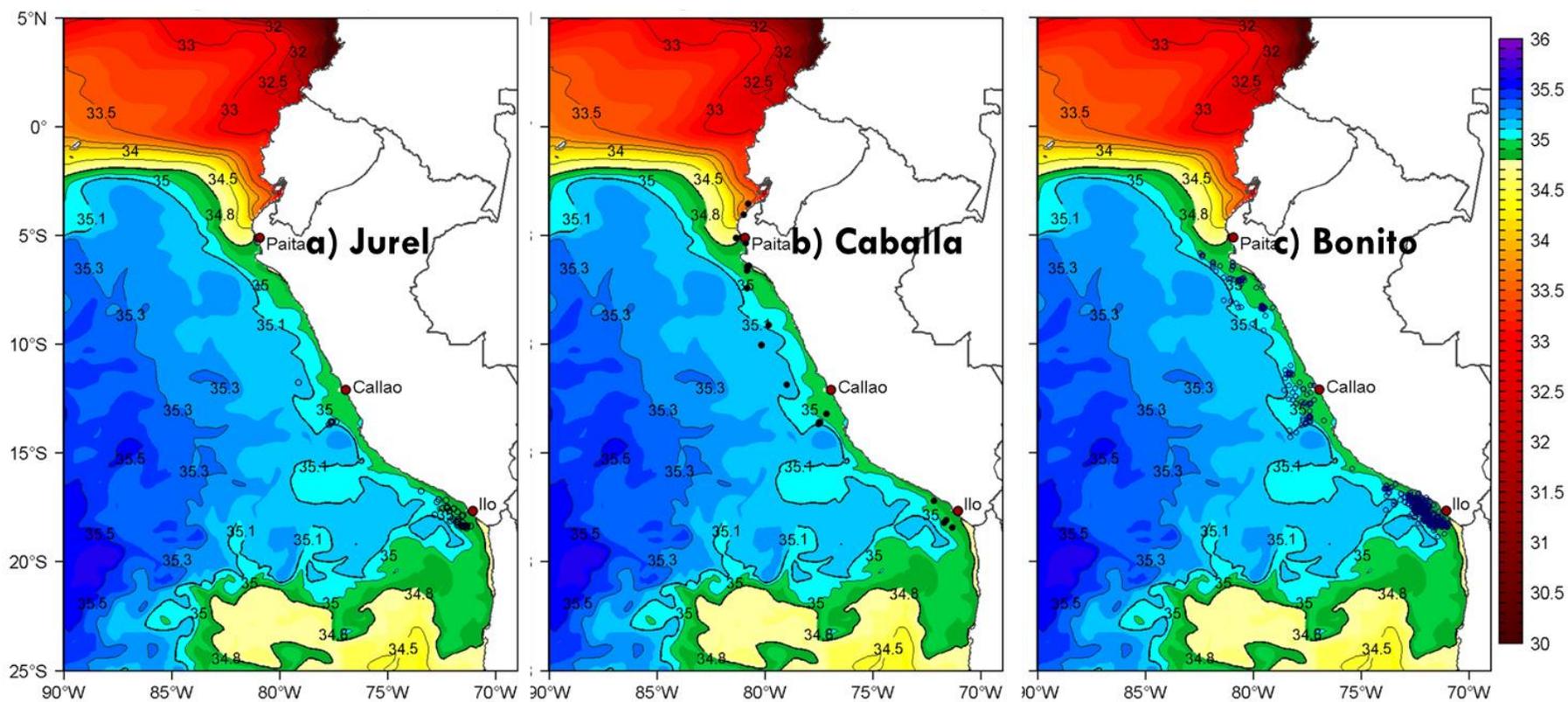


Figura 48. Distribución de a) jurel, b) caballa y c) bonito asociados salinidad superficial de mar (SSM) durante octubre 2021.

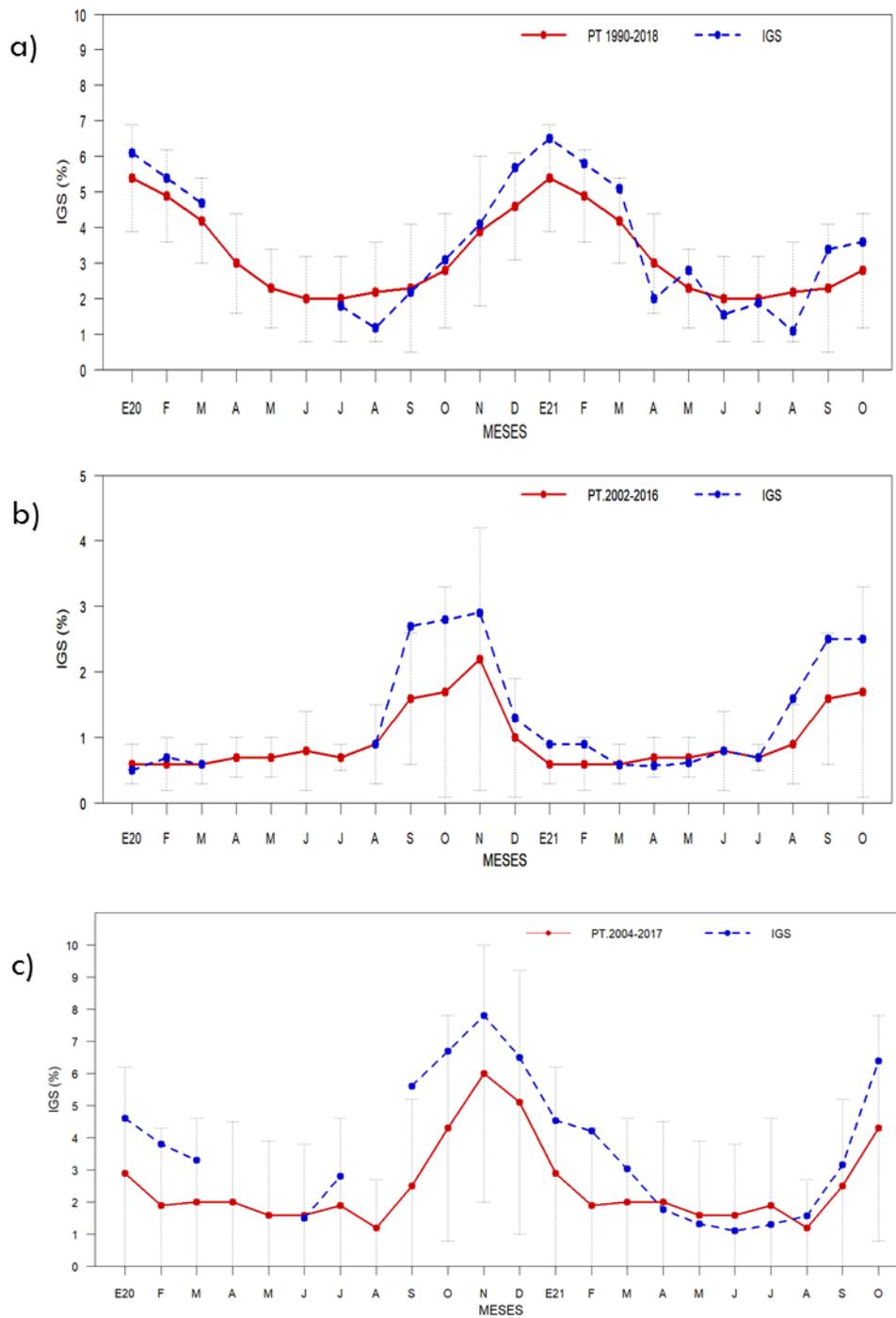
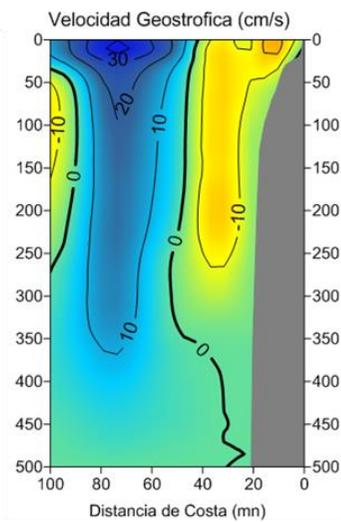
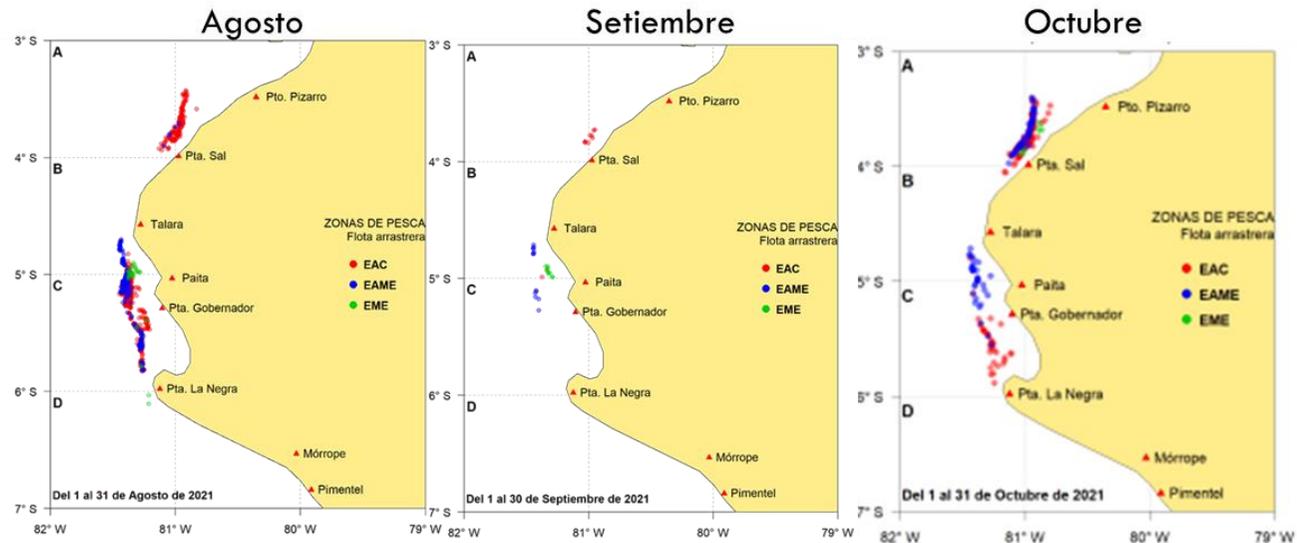


Figura 49. Índice Gonadosomático de a) jurel, b) caballa y c) bonito durante el periodo enero 2020 a octubre 2021.

a) F. GEOSTRÓFICOS



b) DISTRIBUCIÓN



c) ESTRUCTURA DE TALLAS

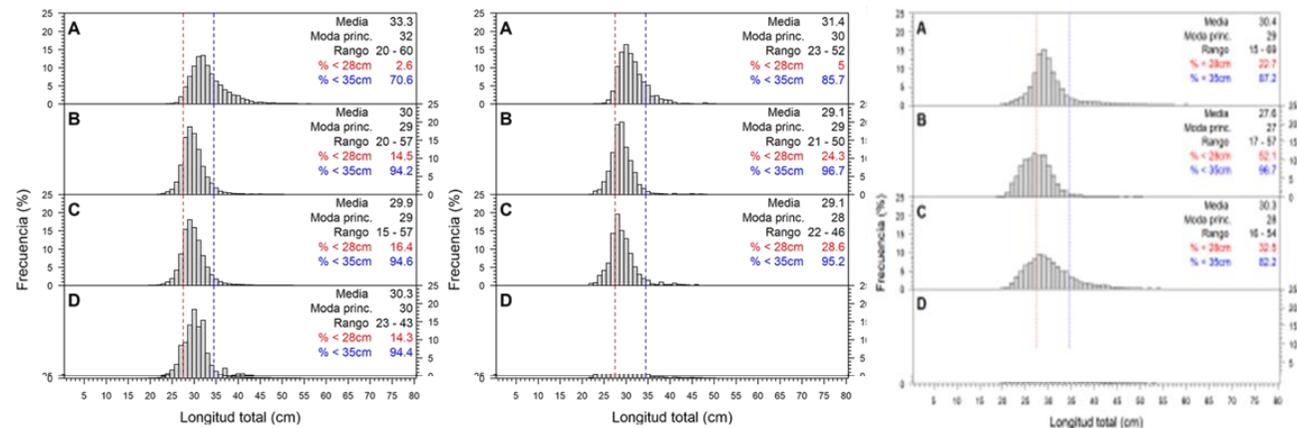


Figura 50. a) Distribución y b) estructura de tallas mensual de merluza según grado latitudinal, donde A: 3°S, B: 4°S, C: 5°S y D: 6°S, durante el periodo agosto - octubre 2021. Donde EAC: embarcaciones arrastreras costeras, EAME: embarcaciones arrastreras de mediana escala y EME: embarcaciones de menor escala.

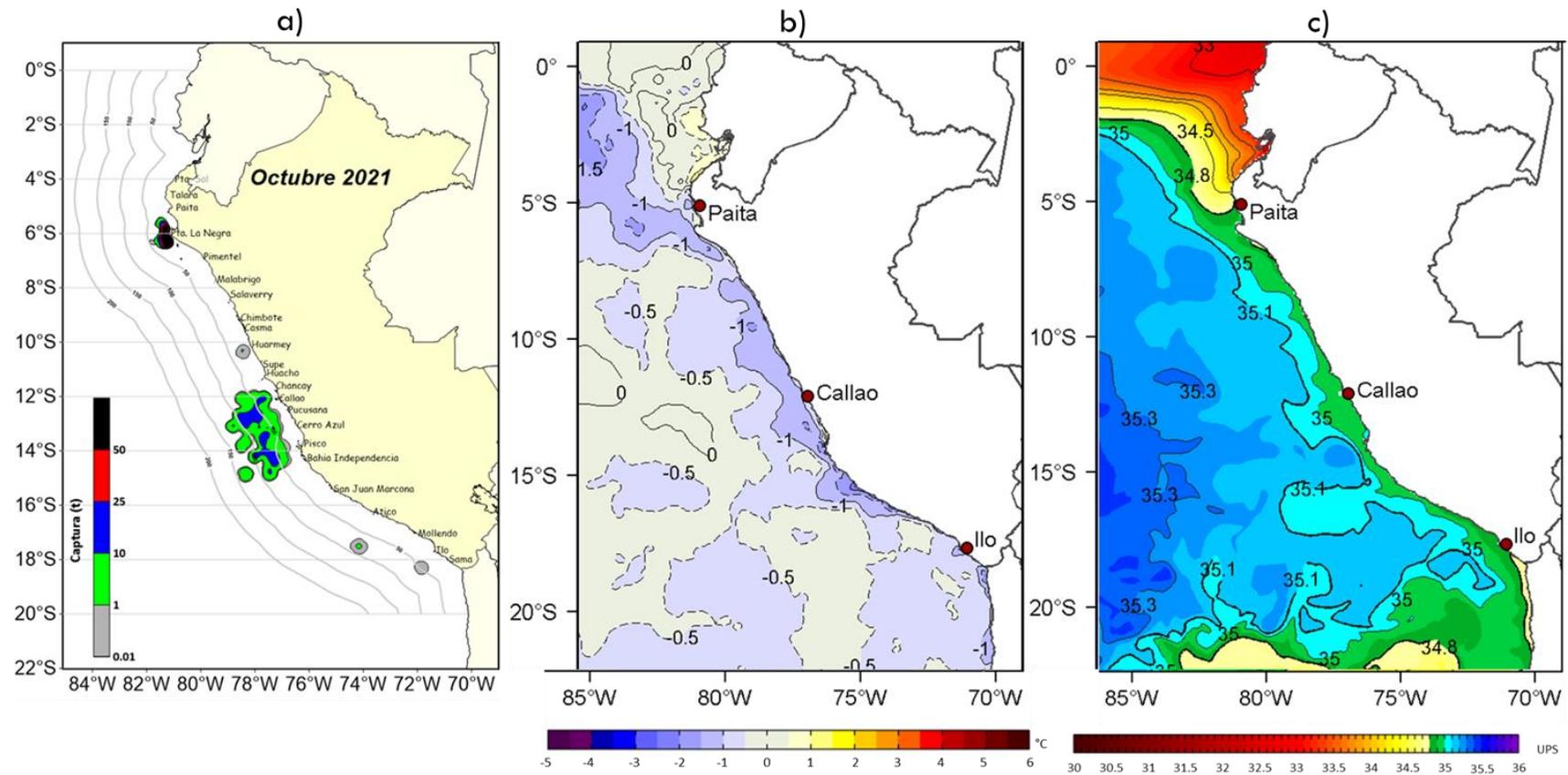


Figura 51. Distribución del a) calamar gigante o pota con relación a la b) anomalía de la temperatura superficial del mar (ATSM) y a la c) salinidad superficial del mar (SSM) en octubre 2021.

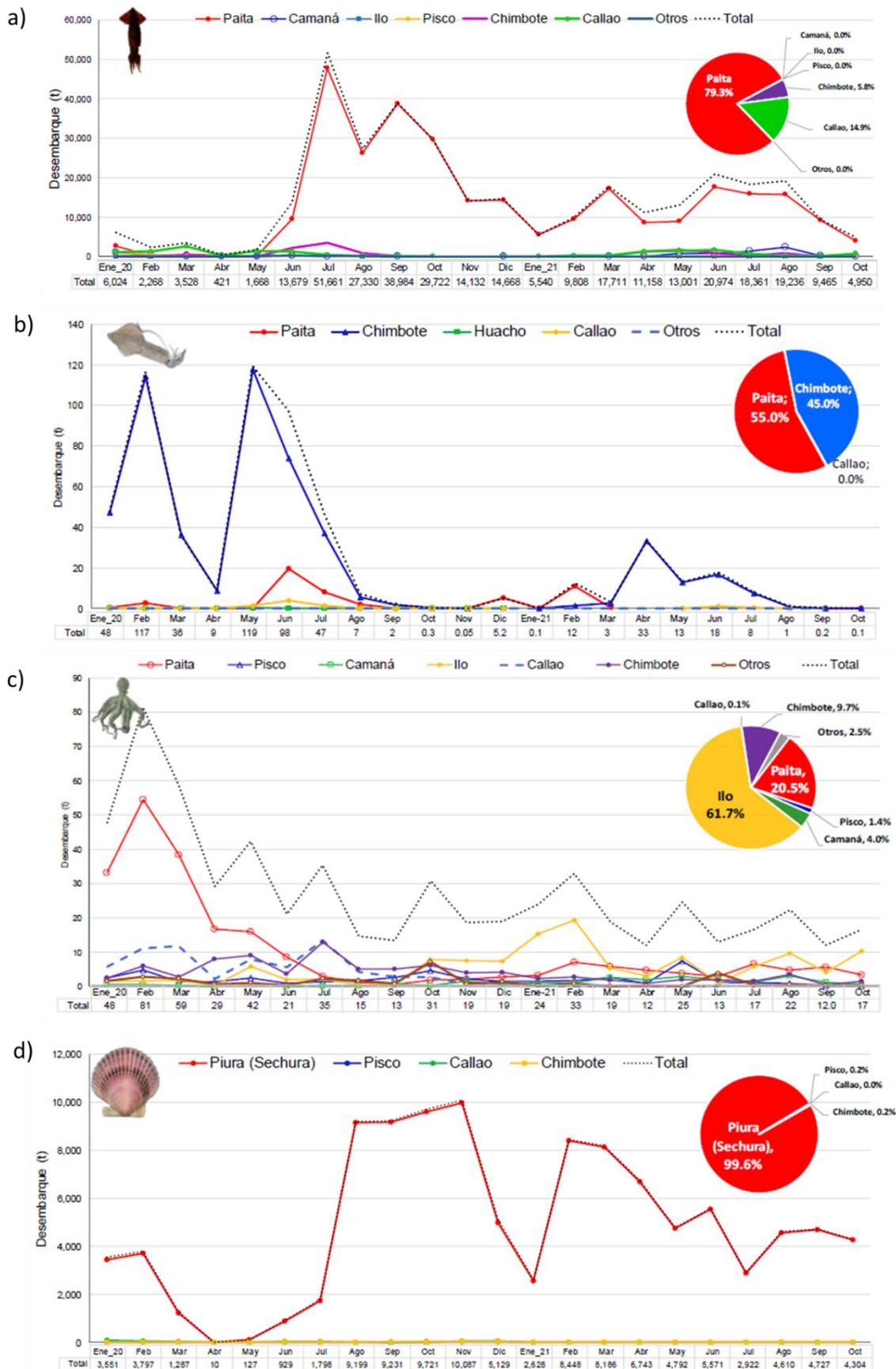


Figura 52. Desembarque (en toneladas) de a) calamar gigante o pota, b) calamar común, c) pulpo y d) concha de abanico durante enero 2020 a octubre 2021.

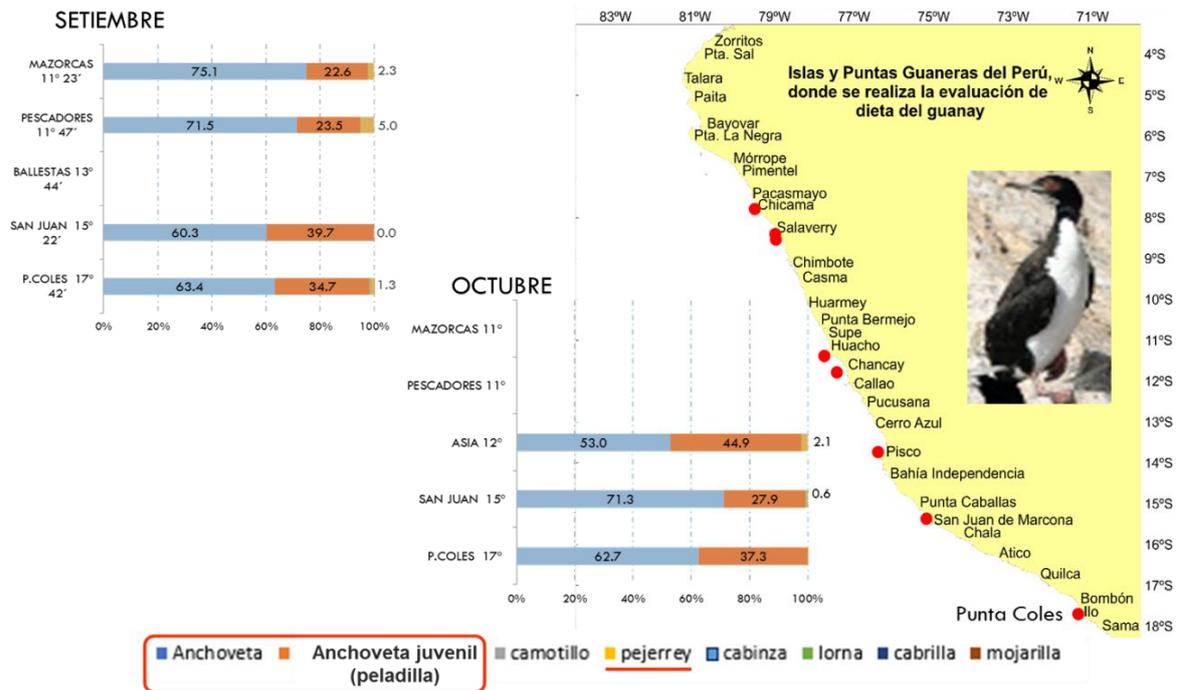


Figura 53. Contenido alimenticio del guanay en las puntas San Juan y Coles durante octubre 2021.

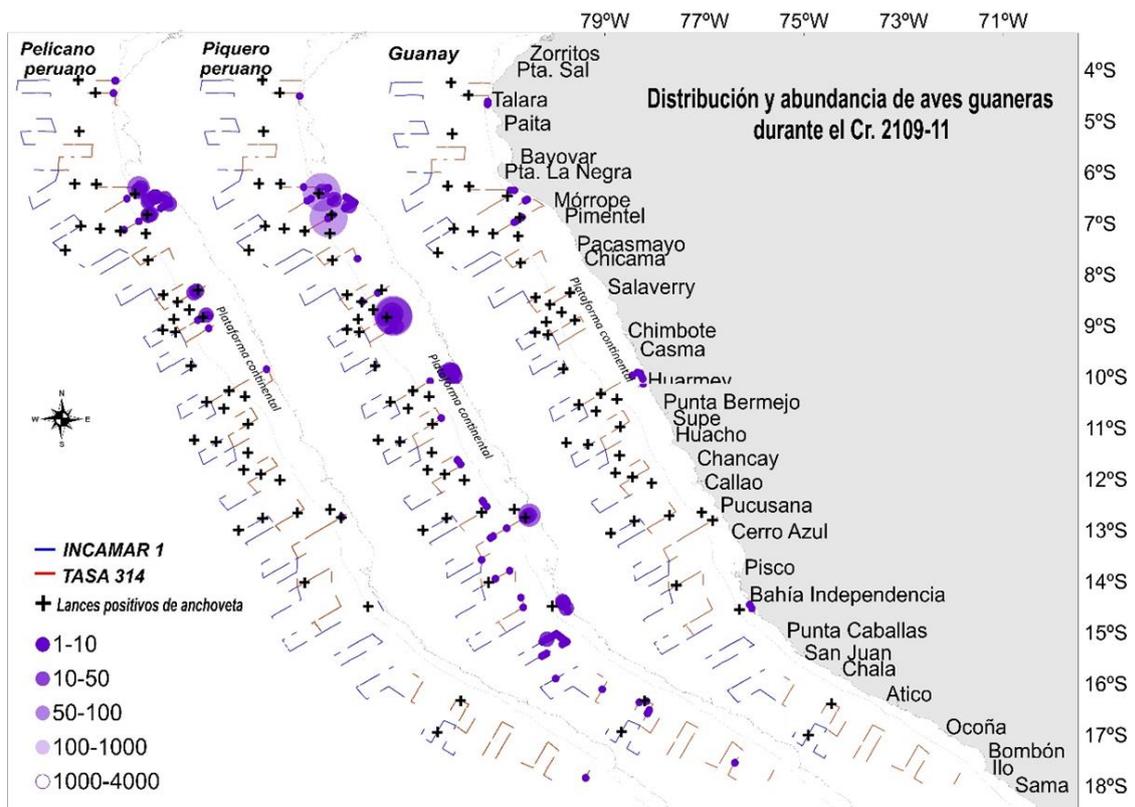


Figura 54. Distribución de aves guaneras durante el Crucero de evaluación de recursos pelágicos entre setiembre y octubre del 2021.

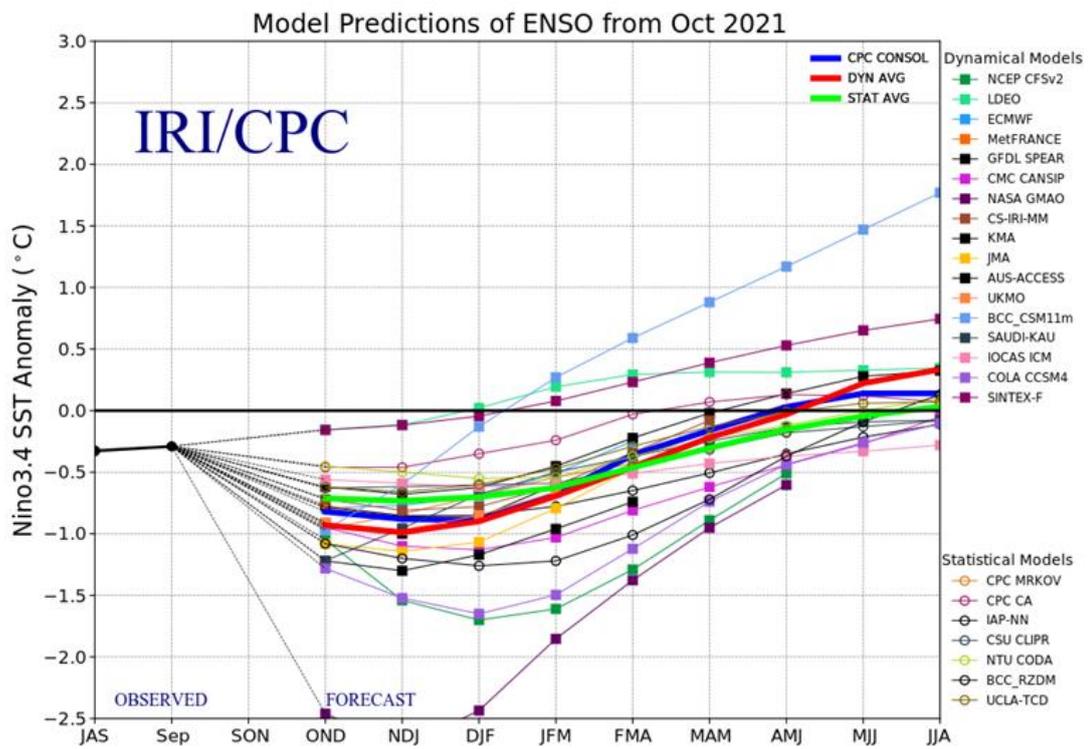


Figura 55. Pronóstico del índice Niño 3.4 mediante modelos climáticos estadístico y dinámico. Promedio de los pronósticos de los modelos estadísticos (línea verde gruesa) y dinámicos (línea roja gruesa). Promedio de los modelos del Centro de Predicción Climática NOAA (línea azul gruesa). Fuente: IRI/CPC, octubre 2021.

ECMWF Seasonal Forecast
 Mean forecast SST anomaly
 Forecast start is 01/11/21, climate period is 1993-2016
 Ensemble size = 51, climate size = 600

DEF 2021-22

System 5
 DJF 2021/22

ECMWF

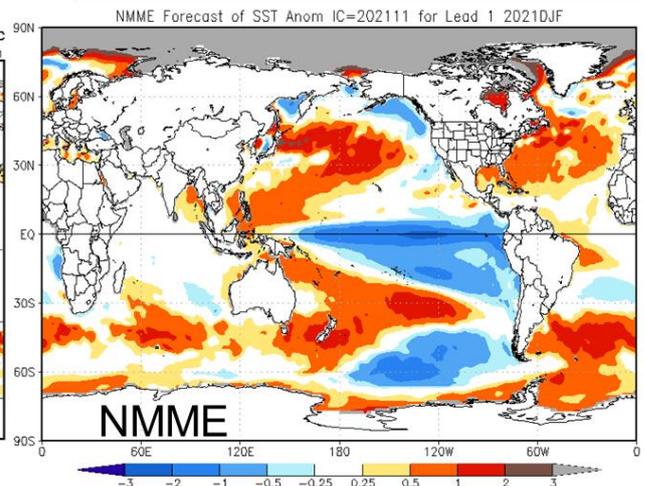
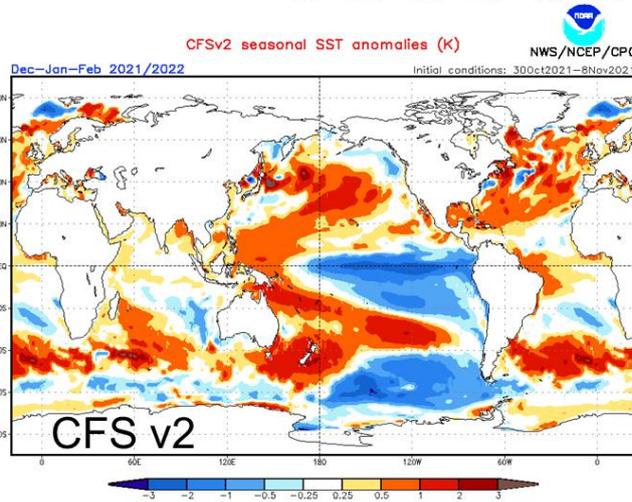
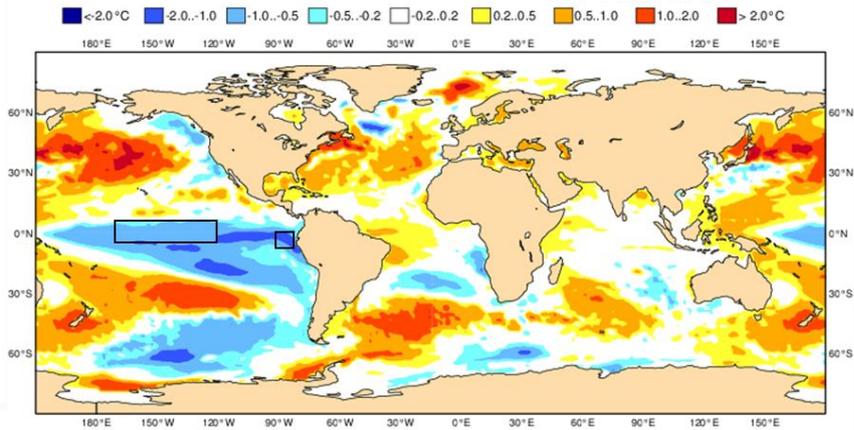


Figura 56. Pronóstico de la TSM para el trimestre NDE 2021-2022 de los modelos ECMWF, CFSv2 y NMME (condiciones iniciales: inicios de noviembre 2021). Los recuadros indican la región El Niño 3.4 y 1+2. Fuente: ECMWF, NWS/NCEP/CPC y NOAA/CPC.

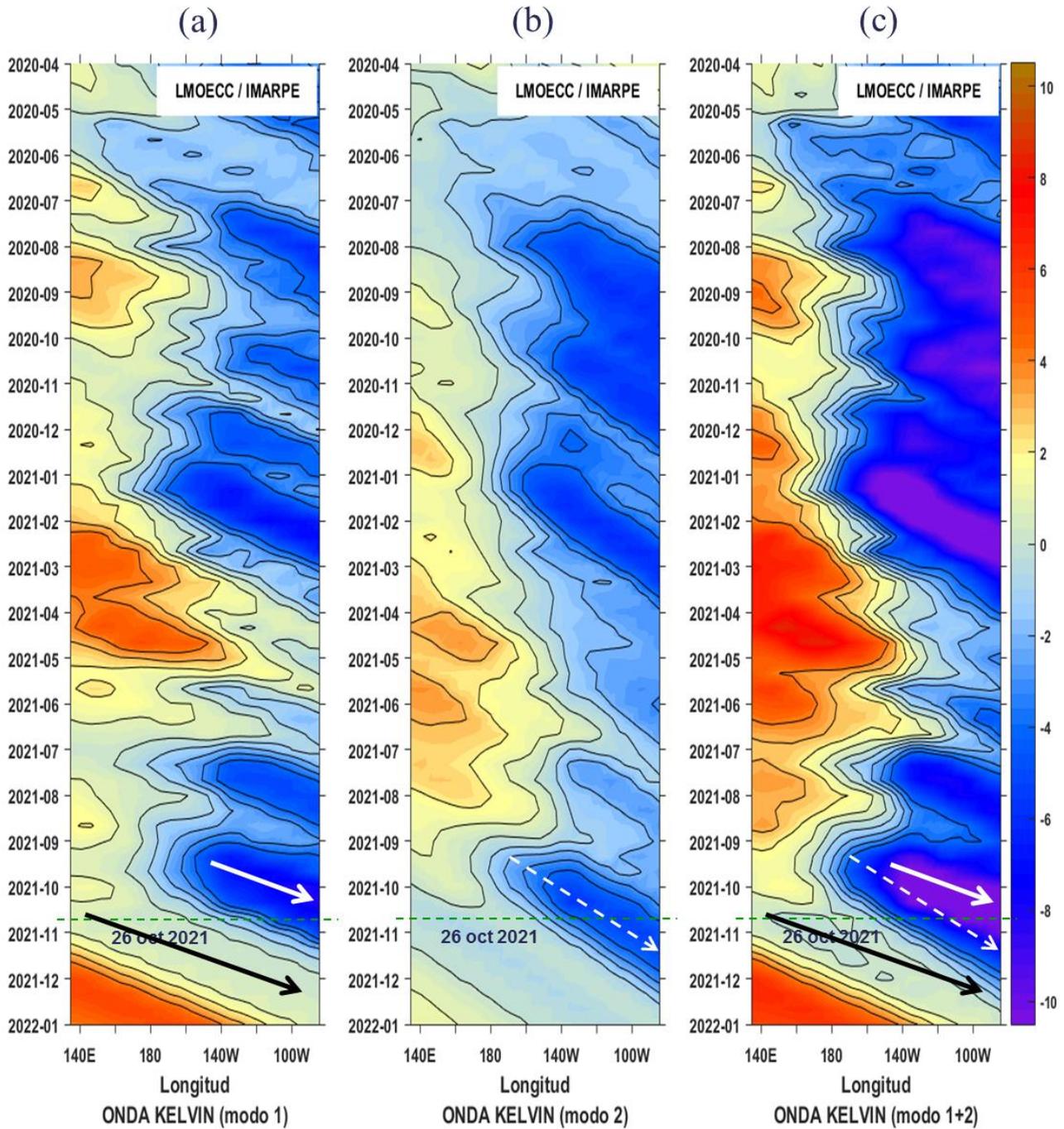


Figura 57. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).

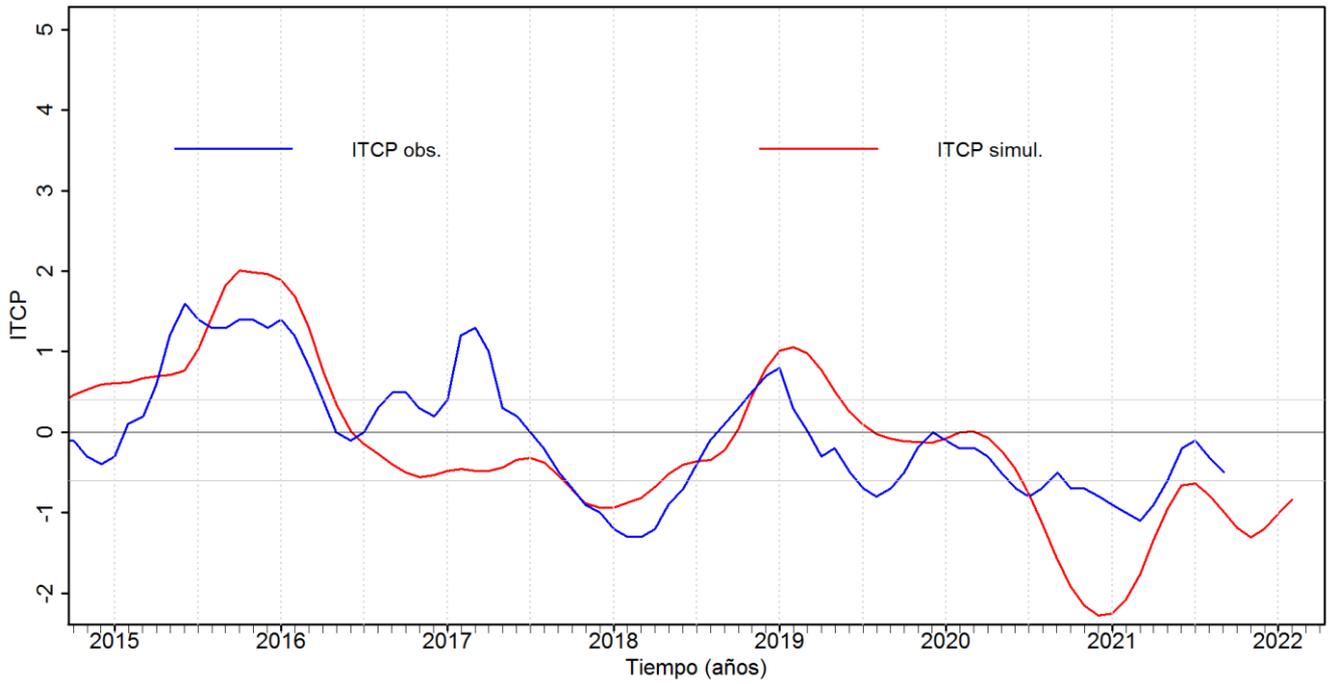


Figura 58. Pronóstico del ITCP mediante un modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia, con datos actualizados hasta el mes de octubre 2021. Fuente: IMARPE.

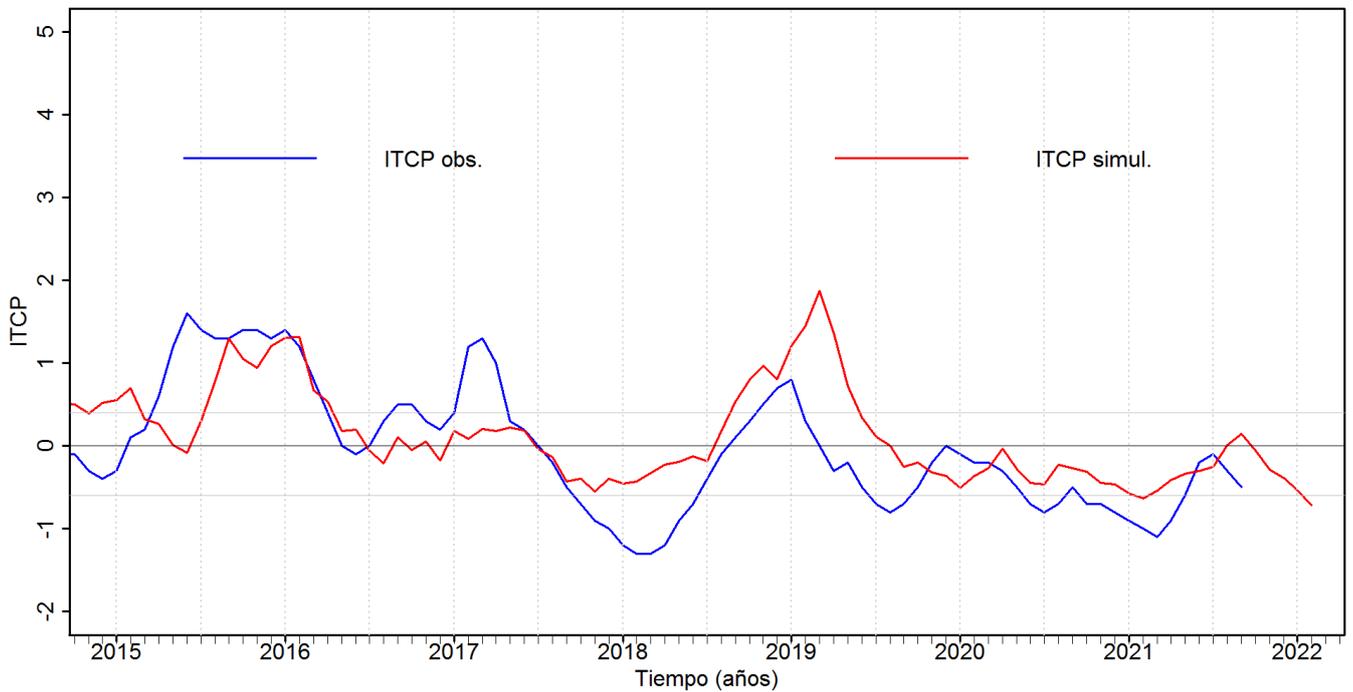


Figura 59. Pronóstico del ITCP mediante un modelo estadístico, con datos actualizados hasta el mes de octubre 2021. Fuente: IMARPE.