



COMISIÓN PERMANENTE DEL PACÍFICO SUR

XXIV CRUCERO REGIONAL CONJUNTO DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA EN EL PACÍFICO SUDESTE, REALIZADO EN SEPTIEMBRE-NOVIEMBRE DE 2021



CONDICIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS EN EL OCÉANO PACÍFICO SUDORIENTAL EN SEPTIEMBRE-NOVIEMBRE 2021

INFORME EJECUTIVO

CPPS-2024

Nota de responsabilidad:

Este documento ha sido preparado por representantes del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), del Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada (INOCAR) y del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (CCCCP), con la coordinación de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). Las designaciones empleadas y la presentación de la información en este documento no implican la expresión de juicio alguno de parte de la CPPS. Los puntos de vista expresados en este documento son responsabilidad de sus autores.

COMISIÓN PERMANENTE DEL PACÍFICO SUR - CPPS

Dirección de Asuntos Científicos y Recursos Pesqueros
Av. Francisco de Orellana y Miguel H. Alcívar
Centro empresarial “Las Cámaras”, torre B, planta baja, oficinas 1, 2 y 3
Teléfono: (593-4) 3714390
Correo electrónico: sgeneral@cpps-int.org www.cpps-int.org
Guayaquil, Ecuador

Para efectos bibliográficos se sugiere citar este documento de la siguiente manera:
CPPS 2024. Informe Ejecutivo del Vigésimo Cuarto Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste: Condiciones Físicas y Químicas en el Océano Pacífico Sudoriental, en septiembre-noviembre de 2021. Comisión Permanente del Pacífico Sur - CPPS. Guayaquil, Ecuador. 31 p.

Autores

Carmen Grados (IMARPE), Hernán Reyes (IFOP), Leonor Vera (INOCAR), Catherine Grendi (IFOP), Katherine Vásquez (IMARPE), Cristhian Asto (IMARPE), Jesús Ledesma (IMARPE), Carlos Quispe (IMARPE), David Correa (IMARPE), Adolfo Chamorro (IMARPE), Noel Domínguez (IMARPE), Estefanía Giraldo (CCCCP).

Fotos en la portada:

Foto: Monitoreo Oceanográfico en el Pacífico Sudeste. XXIV Crucero Regional

ISBN: 978-9942-7175-8-0



2024 CPPS
Guayaquil, Ecuador

RESUMEN EJECUTIVO

La vigésimo cuarta edición del Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste (PSE) del programa Estudio Regional del Fenómeno El Niño (ERFEN) de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) evaluó el escenario oceanográfico y atmosférico entre los 2°N (Ecuador) y 26°S (Chile) y del litoral sudamericano al archipiélago de Galápagos (92°W). El crucero se ejecutó a bordo de buques de investigación de Ecuador, Perú y Chile entre el 22 de septiembre y 16 de noviembre de 2021, periodo en el que se realizaron 370 estaciones oceanográficas.

El presente crucero tuvo la finalidad de documentar las condiciones océano-atmosféricas en el margen occidental del litoral sudamericano PSE en la primavera de 2021 con el fin de anticipar la presencia de condiciones El Niño-Oscilación del Sur a fines de 2021 y en el primer trimestre de 2022 para la previsión oportuna de los Estados Miembros.

La información atmosférica y oceanográfica obtenida indicó la presencia de calentamiento anómalo de intensidad débil al norte de Paita (5°S), a diferencia de la zona al sur de esta latitud, donde fue característico el enfriamiento anómalo del mar por el efecto del paso de ondas Kelvin frías así como por la ocurrencia de procesos de interacción océano-atmósfera de escala local/regional más intensos que lo habitual como resultado de la ocurrencia del evento La Niña 2021.

A nivel de macroescala, los índices climáticos internacionales (ONI y MEIv2) fueron propios de una condición fría La Niña, mientras que, para el Perú y Colombia, el Índice Costero El Niño (ICEN) y el Índice Multivariado de Tumaco (IMT), respectivamente, fueron característicos de una condición neutral fría durante el periodo de ejecución del crucero. Por otro lado, los pronósticos climáticos internacionales del mes de noviembre 2021 indicaron una probabilidad del ~95 % que se mantenga la condición ENOS La Niña en el primer trimestre del 2022 y el 65 % que se prolongue hasta mayo de 2022. El análisis integrado de la información del crucero e información complementaria de registros in situ, información satelital, y de programas y pronósticos internacionales anticiparon la presencia de condiciones frías La Niña y/o dentro del rango neutral frío en el PSE durante el verano austral de 2021-2022.

El Comité Coordinador del XXIV Crucero Regional destaca la contribución de las instituciones especializadas que, mediante sus programas de investigación institucionales sistemáticos, de largo plazo, aunado a esta acción sinérgica anual desde el año 1998, coadyuvan a fortalecer diferentes competencias en los países de la región hacia una gestión del riesgo de desastres en un contexto regional integrado.

CONDICIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS EN EL OCÉANO PACÍFICO SUDORIENTAL EN SEPTIEMBRE-NOVIEMBRE 2021

Carmen Grados¹, Hernán Reyes², Leonor Vera³, Catherine Grendi², Katherine Vásquez¹,
Cristhian Asto¹, Jesús Ledesma¹, Carlos Quispe¹, David Correa¹, Adolfo Chamorro¹,
Noel Domínguez¹, Estefanía Giraldo⁴

¹IMARPE (Perú), ²IFOP (Chile), ³INOCAR (Ecuador), ⁴CCCP (Colombia)

RESUMEN

El Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste (CR) es una iniciativa del programa “Estudio Regional del Fenómeno El Niño” (ERFEN) de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). El presente informe expone los resultados de la vigésimo cuarta edición del CR que, del 22 de septiembre al 16 de noviembre de 2021, evaluó el escenario oceanográfico entre los 2°N (Ecuador) y 26°S (Chile) y del litoral sudamericano al archipiélago de Galápagos (92°W). Durante el crucero se realizaron 370 estaciones oceanográficas (166 sobre los 500 m de profundidad y 204 a nivel superficial) a bordo de plataformas de investigación del Ecuador, Perú y Chile.

La información atmosférica y oceanográfica obtenida indicó la presencia de calentamiento anómalo de intensidad débil al norte de Paita (5°S). Al sur de esta latitud fue característico el enfriamiento anómalo del mar por el paso de ondas Kelvin de afloramiento que, junto con procesos de interacción océano-atmósfera de escala local, coadyuvaron a la manifestación de condiciones frías más intensas que lo habitual.

En un contexto climático de macroescala, según los índices ONI y MEIv2, el XXIV CR se realizó durante un periodo La Niña, sin embargo, de acuerdo con el Índice Costero El Niño (ICEN) y el Índice Multivariado de Tumaco (IMT), aplicados en Perú y Colombia, respectivamente, el CR se realizó durante una condición neutral fría.

Los resultados del crucero, la información in situ y satelital disponible, los índices climáticos, así como los pronósticos regionales y de macroescala, anticiparon la presencia de condiciones frías La Niña y/o dentro del rango neutral frío de diciembre 2021 a marzo 2022.

PALABRAS CLAVE: océano Pacífico sudeste, oceanografía, meteorología, termoclina, surgencia costera, oceanografía, vientos alisios, frente ecuatorial, masas de agua.

ABSTRACT

The Joint Regional Oceanographic Research Cruise in the Southeast Pacific (CR) is an initiative of the “Regional Study of the El Niño” (ERFEN), a program of the Permanent Commission of the South Pacific (CPPS). This report presents the results of the twenty-fourth edition of the CR that, from September 22th to November 16th, 2021, evaluated the oceanographic scenario between 2°N (Ecuador) and 26°S (Chile) and from the South American coast to Galapagos archipelago (92°W). During the cruise, 370 oceanographic stations were realized (166 casts for the upper 500 m depth and 204 at surface level) on board research platforms of Ecuador, Peru and Chile.

The atmospheric and oceanographic information obtained indicated the presence of anomalous warming of weak intensity north off Paita (5°S). To the South of this latitude, an anomalous cooling occurred due to the passage of upwelling Kelvin waves which, together with local sea-air processes, contributed to the manifestation of colder conditions than usual.

In a macroscale climate context, according to the ONI and MEIv2 indices, the XXIV CR was carried out during a La Niña period, although according to El Niño Coastal Index (ICEN) and the Tumaco Multivariate Index (IMT), applied in Peru and Colombia, respectively, the CR was carried out during a neutral cold condition.

The results of the cruise, the available in situ and satellite information, the climate indices as well as the regional and macroscale forecasts, anticipated the presence of cold La Niña conditions and/or within the cold neutral range from December 2021 to March 2022.

KEY WORDS: Southeast Pacific Ocean, oceanography, meteorology, thermocline, coastal upwelling, oceanography, trade winds, equatorial front, water masses.

1. INTRODUCCIÓN

El océano Pacífico sudeste (PSE) presenta condiciones oceanográficas y meteorológicas particulares, como resultado de los procesos de interacción océano-atmósfera a diferentes escalas espaciales y temporales, dentro de las cuales se encuentran las variaciones climáticas de frecuencia interanual asociadas a El Niño-Oscilación Sur (ENOS), con efectos distintivos en los países de la región. Como resultado de los impactos producidos en la región, en el contexto de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) se estableció el programa Estudio Regional del Fenómeno de El Niño (ERFEN; CPPS, 2013) conformado por instituciones especializadas de Colombia, Ecuador, Perú y Chile. Entre las acciones conducentes a un mejorado monitoreo y vigilancia de ENOS, se consideró el monitoreo periódico de variables océano-atmosféricas en estaciones fijas, así como el desarrollo de cruceros oceanográficos coordinados entre los países de Colombia, Ecuador, Perú y Chile; acción última que se fortaleció desde 1998 cuando se realizó el primer crucero oceanográfico regional coordinado.

Este informe presenta los resultados del XXIV crucero regional en el cual participaron buques científicos de Ecuador (Vera et al., 2021), Perú (Imarpe, 2021a) y Chile (Grendi et al., 2021). El objetivo general del crucero fue documentar la variabilidad de las propiedades del océano y la atmósfera adyacente en el PSE en septiembre-noviembre de 2021 con la finalidad de anticipar oportunamente la posible ocurrencia de un evento ENOS entre noviembre/diciembre de 2021 y marzo/abril de 2022. Los objetivos específicos consideraron: i) Describir las condiciones océano-atmosféricas a macro escala en el Pacífico tropical y sus efectos en la dinámica regional, ii) Describir las condiciones oceanográficas en el Pacífico tropical y sur oriental registradas durante el periodo del crucero y iii) Analizar las condiciones océano-atmosféricas durante el periodo del crucero para contribuir al diagnóstico del escenario climatológico a corto plazo y la previsión de las condiciones ENOS en la región en el verano austral 2021-2022 (CPPS, 2021) en apoyo al diagnóstico regional del Comité ERFEN.

En un contexto climático, los índices de macroescala como el Índice Niño Oceánico (ONI) manifestaron condiciones La Niña en los meses previos a septiembre 2021 con excepción de los meses de junio y julio (Huang et al., 2017). Por otro lado, el Índice Multivariado ENOS (MEIv2; Wolter and Timlin., 1993, 1998 y 2011, y Kobayashi et al., 2015) mantuvo condiciones frías de junio (MJ) 2021 a mayo (AM) 2022 con valores máximos de -1.53 en julio y octubre 2021 y de -1.4 en setiembre y noviembre del mismo año. En el PSE, el Índice Costero El Niño (ICEN; Takahashi et al., 2014 y ENFEN, 2012) para la región Niño 1+2 como el Índice Multivariado de Tumaco (IMT; Rodríguez-Rubio, 2013) indicaron la presencia de un escenario neutral frío. Por otro lado, entre julio y septiembre 2021, la temperatura superficial del mar (TSM) en el océano Pacífico central mostró la prevalencia de enfriamiento anómalo cerca a lo neutral, mientras que en el PSE y Pacífico occidental ocurrió calentamiento leve entre +0.5°C y +1.0°C (NOAA, 2021).

De julio a setiembre 2021 se evidenció el arribo de ondas Kelvin frías y cálidas, las cuales contribuyeron al descenso y aumento del nivel del mar (NM), respectivamente. De tal forma que en julio se presentó la disminución del NM debido al arribo de una onda Kelvin fría (IMARPE, 2021b), seguida del aumento asociado al arribo de una onda Kelvin cálida en agosto, mes en que, además ocurrió un nuevo descenso del NM generado por el arribo de una nueva onda Kelvin fría (IMARPE, 2021c) cuyo efecto se prolongó hasta inicios de setiembre (IMARPE, 2021d), para posteriormente aumentar paulatinamente y alcanzar valores anómalos de hasta +10 cm debido al arribo de una nueva onda Kelvin cálida que se propagó desde el sector ecuatorial hacia el sur (IMARPE, 2021e).

2. METODOLOGÍA

La XXIV edición del CR evaluó el PSE desde el litoral hasta el archipiélago de Galápagos entre el 22 de septiembre y 16 de noviembre de 2021. Tres plataformas científicas de los estados del Ecuador, Perú y Chile y dos embarcaciones pesqueras del Perú participaron en esta evaluación. Los buques, las fechas

de inicio y término de las expediciones, las instituciones ejecutoras, la instrumentación empleada, las variables medidas y las muestras de agua recolectadas y su metodología se resume en la Tabla. 1 y, en la Tabla 2, se documenta la participación de investigadores en las plataformas.

Durante el crucero se realizaron 370 estaciones, 166 estaciones profundas (CTD) y 204 superficiales (Figura 1, Tabla 1). Este informe presenta la distribución superficial de la temperatura, salinidad y la concentración de oxígeno disuelto, así como la estructura de estas variables esenciales para transectas oceanográficas seleccionadas y representativas frente a los 3°S (Ecuador), Paita (5°S) y San Juan de Marcona (15°S) frente a Perú y, Arica (18°25'S) y Antofagasta (23°40'S) frente a Chile, además de un perfil meridional a 100 km de la costa desde Ecuador hasta Chile.

Los datos de CTD se procesaron de acuerdo a CPPS (2015). Las anomalías de la temperatura y la salinidad del mar se estimaron con referencia a WOA (2018) para la temperatura (Locarnini et al., 2018) y salinidad (Zweng et al., 2018). La concentración de oxígeno disuelto se analizó según Carpenter (1965). Complementariamente, se analizaron las condiciones físicas para los meses de setiembre y octubre 2021 en base a información satelital. La actividad de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se caracterizaron mediante la presión atmosférica superficial del National Centers for Environmental Prediction/National Oceanic and Atmospheric Administration (NCEP/NOAA) según Kalnay et al (1996), disponible en <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>. Para caracterizar el viento promedio a 10 m de la superficie marina se empleó información del escaterómetro ASCAT del Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer/Centre de Recherche et d'Exploitation Satellitaire (IFREMER/CERSAT, 2005). La TSM y SSM para los meses de septiembre y octubre de 2021 se caracterizaron con los productos OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012) y el Global_Analysis_Forecast_Phy_001_024 (Lellouche et al., 2013). La anomalía del nivel del mar (NM) y los flujos geostroficados (FG) se documentaron con el producto CMEMS V3.0 disponible mediante el Servicio de Monitoreo del Ambiente Marino Copernicus (CMEMS en inglés); las anomalías del NM se calcularon respecto de la climatología para 1993-2012 según Schaeffer et al (2016) y Pujol et al (2016) disponible en ftp://nrt.cmems-du.eu/Core/sealevel_glo_phy_L4_nrt_observations%20008_046/dataset-duacs-nrt-global-merged-allsat-phy-14/.

La propagación de las ondas Kelvin ecuatoriales (OKE) y su impacto en la costa frente al Perú, principalmente, se ejecutó un modelo oceánico de complejidad intermedia con tres modos baroclinicos forzado con vientos del NCEP (Kalnay et al., 1996), siguiendo la metodología de Illig et al. (2004) y Dewitte et al. (2002).

Finalmente, el escenario regional de septiembre y octubre de 2021 se analizó en un contexto interanual reciente para el periodo 2017-2021 en base a información de índices climáticos locales como el índice LABCOS (Quispe y Vásquez, 2015), el índice térmico costero peruano (ITCP; Quispe et al., 2016) y el índice multivariado de Tumaco (IMT; Rodríguez-Rubio, 2013); regionales, como el índice costero El Niño (ICEN; Takahashi et al., 2014) e índice del anticiclón del Pacífico sur (IAPS; Chamorro Gómez, 2018 y Quispe-Ccalluari et al., 2015), e) y de macroescala como el índice Niño Oceánico (ONI; Huang et al., 2017) e índice multivariado de ENOS (MEI v2; Wolter y Timlin, 1993, 1998 y 2011, y Kobayashi et al., 2015).

3. RESULTADOS

3.1 Componente atmosférico

El viento fue propio del periodo frente a Ecuador: de dirección sureste (SE) al sur del área de estudio, del suroeste (SO) frente a la costa continental y del sur (S) al norte del Ecuador geográfico. En promedio, la magnitud del viento fue superior a 6 m/s y hasta 8.2 m/s con presencia de ráfagas de hasta 10.3 m/s, excepto al oeste de las I. Galápagos donde se registró un valor de 4 m/s (Vera et al, 2021).

Frente al Perú, predominaron vientos del S-SE y del SE con velocidades entre 0.5 y 13.8 m/s. Durante gran parte del trayecto se presentaron vientos fuertes mayores a 6.8 m/s, principalmente frente a Paita, Chicama (7°41'S) y entre Callao y Atico (16°30'S); al sur de esta última localidad, el viento fue de

intensidad variable (Imarpe, 2021a). Frente a la costa norte de Chile predominaron vientos del Sur de intensidad débil (<5 m/s) e intermedia (5-10 m/s) que presentaron una amplia distribución, mientras que los de mayor intensidad (>10 m/s) se detectaron entre 21°S y 25°S. Los vientos con componente Norte (N) fueron de intensidad débil y se distribuyeron principalmente al norte de 19°S y al sur de 25°S. (Grendi et al., 2021).

3.2 Componente oceanográfico

3.2.1 Temperatura, salinidad y oxígeno en la superficie del mar

El sector costero exhibió valores entre 14 °C (frente a punta Hornos-Paposo y San Juan de Marcona) y 26 °C (frente a Esmeraldas). El frente ecuatorial (FE) estuvo conformado por las isotermas de 20-25 °C y se ubicó con una dirección NO-SE, con un eje promedio en 0.5°S y desde 83°S hacia el oeste, lo que indicó el desplazamiento al sur de su posición climatológica (Vera et al., 2021). Entre Paita y Mollendo (17°S) y de Arica al sur ocurrió una franja con valores de TSM menor de 17 °C, con presencia de valores relativamente más cálidos (17-18 °C) al sur de San Juan de Marcona y frente a punta Lobos. Al oeste de las I. Galápagos, la TSM fue menor que la del área circundante, propio de la surgencia. (Figura 2a) La anomalía de la TSM indicó el predominio de enfriamiento anómalo al sur de Paita y en el sector ecuatorial al oeste de 85°W. El enfriamiento fue intenso y superó -3 °C entre 9-11°S, 20°S y al oeste de las I. Galápagos y alcanzó -4 °C frente a Chimbote. Condiciones cálidas anómalas ocurrieron al sur de San Juan de Marcona, frente a Chicama (8°S), entre Paita y Manta, así como al sur y norte de las I. Galápagos, con una máxima anomalía (+3 °C) frente al golfo de Guayaquil. (Figura 2b)

La salinidad superficial del mar (SSM, Figura 3a) mostró valores menores de 32.5 en la zona costera ecuatorial y hasta 35.5 al oeste de las I. Galápagos. Las aguas propias del régimen ecuatorial ($S \leq 34.8$) se presentaron al norte de Talara, con un gradiente halino intenso entre Talara y Cabo Blanco (4°10' S), zonas límite para las aguas ecuatoriales superficiales (AES) y las aguas tropicales superficiales (ATS) con concentraciones menores de 33.8. De Sullana (4°54' S) al sur ocurrieron aguas propias del régimen de afloramiento costero con concentraciones entre 34.6 y 35.0 ocupando amplias zonas frente a Pisco-San Juan de Marcona y al sur de Arica. Las aguas subtropicales superficiales (ASS) con concentraciones mayores a 35.1 se localizaron por fuera de las 30 m.n. entre punta Falsa (6°S) y Arica, así como al oeste de las I. Galápagos. La distribución halina mostró zonas de mezcla por la fuerte interacción entre las aguas costeras y oceánicas entre Paita y Pimentel (7°S) así como frente a Pisco (13°S). Al oeste de las I. Galápagos, la configuración halina fue propia de la surgencia ecuatorial.

La anomalía de la salinidad superficial del mar (ASSM) varió entre -2.0 frente al golfo de Guayaquil y +0.5 al oeste de las I. Galápagos (Figura 3 b). La configuración de las anomalías indicó que las aguas del régimen ecuatorial se desplazaron hacia el norte peruano, al sur de su posición climatológica. De Paita al sur, la salinidad presentó condiciones propias del periodo y entre ± 0.1 ; las anomalías negativas en el sector costero se asociaron con la surgencia, mientras que, en sectores oceánicos, los valores positivos se relacionaron con la advección hacia la costa de las ASS.

El oxígeno disuelto (OD, Figura 4) presentó concentraciones menores de 4.5 mL/L frente a Esmeraldas, del golfo de Guayaquil a los 11°S, entre 13 y 15°S y frente a Pisagua (19°40'S) y Paposo. Los valores mínimos (entre 3 y 4 mL/L) se presentaron frente a Chicama y Pisco, respectivamente, en el sector costero peruano asociados a procesos de surgencia. Aguas oxigenadas con valores mayores a 5 mL/L se detectaron por fuera de las 60 m.n. frente a Punta Falsa, Chicama, Callao y San Juan de Marcona asociado con la presencia de ASS y una alta actividad fotosintética, en tanto que, frente a Chile, presentaron una amplia cobertura espacial. Al oeste de la isla Isabela (92°W) y al sur de 25°10'S ocurrieron concentraciones mayores a 6 mL/L, coincidentes con la surgencia ecuatorial y procesos fotosintéticos.

3.2.2 Estructura física y química

Este informe presenta transectas oceanográficas representativas de la temperatura, salinidad y concentración de oxígeno frente a 3°S (Ecuador); Paita (5°S) y San Juan de Marcona (15°S) frente a Perú y Arica (18°25'S) y Antofagasta (23°40'S) frente a la costa norte de Chile.

Estructura térmica. Condiciones térmicas diferenciadas caracterizaron la estructura térmica en los perfiles seleccionados. En los 3°S ocurrió el mayor contraste térmico (1 °C/6 m) sobre los 60 m donde ocurrieron las isotermas de 15 a 24 °C (Figura 5a), escenario que cambió drásticamente 60 m.n. hacia el sur, frente a Paita (Figura 5b), donde la isoterma de 15 °C se profundizó 50 m con la aproximación a la costa y donde la configuración de las isotermas indicó enfriamiento leve sobre los 50 m y condiciones propias del periodo por debajo de los 50 m. Frente a San Juan de Marcona (Figura 5c), la isoterma de 15 °C irrumpió en la superficie en las 30 m.n. costeras indicando condiciones frías de mayor intensidad y cobertura en la zona costera (> 1.5 °C y 100 m de profundidad) respecto de la zona oceánica (< 1.0 °C y 20 m), asimismo, destacó el núcleo cálido presente por fuera de las 60 m.n. entre 50 y 70 m de profundidad, en el resto de la columna de agua predominaron condiciones cercanas a lo normal (Imarpe, 2021a). La sección Arica presentó temperaturas superiores a 15 °C en los primeros 30 m de profundidad, alcanzando 17 °C a 40 y 80 m.n. (Figura 5 d), mientras que en las primeras 30 m.n. frente a Antofagasta se registraron valores de 13 a 14 °C cerca de la costa (Figura 5e) declinando a 13 y 8 °C entre 100 y 500 m de profundidad. En ambas transectas, las isotermas formaron pendientes positivas hacia la costa sobre los 250 m.

Estructura halina. Las condiciones halinas subsuperficiales exhibieron variaciones considerables con la latitud. Las aguas propias del régimen ecuatorial se presentaron sobre los 50 m de profundidad frente a los 3S, siendo el mínimo valor 32.5 (Figura 5f).

En la sección Paita, la salinidad presentó valores menores de 34.8 sobre los 40 m y por fuera de las 60 m.n. asociadas con la presencia de las AES. En las primeras 60 mn y sobre los 100 m de profundidad se presentaron aguas de mezcla (AM) producto de la interacción de las AES, ASS y ACF (Figuras 5g). Frente a San Juan de Marcona, el campo halino indicó la presencia de ACF dentro de las 50 m.n., ASS por fuera de las 60 m.n. y núcleos de remanentes de aguas subantárticas entre los 75 y 100 m (Figura 5h). En Arica, las mayores concentraciones de sales (35-35.1) se apreciaron por fuera de las 15 m.n. y sobre los 30 m de profundidad (Figura 5i), por debajo de este nivel, la salinidad varió entre 34.8 (sobre los 250 m) y 34.5 (500 m). Frente a Antofagasta, la concentración de sales declinó a 34.6 y 34.7 en los primeros 30 m y se presentó una máxima concentración de sales entre 30 y 200 m, con focos aislados en subsuperficie (Figuras 5j).

Concentración del oxígeno disuelto. El perfil frente a 3 °S presentó valores superiores a 3 mL×L⁻¹ sobre los 40 m, declinando hacia el fondo. La zona de mínima de oxígeno (ZMO), referenciada por la iso-oxígena de 1.0 mL/L, se presentó entre 150 y 100 m de profundidad (Figura 5k).

En la sección Paita (Figura 5l) se presentaron isooxígenas de 5.0 a 1.5 mL/L sobre los 50 m de profundidad con ascenso a la superficie de las isolíneas de 4.0 y 3.0 mL/L. Las isooxígenas de 2.0 a 1.0 mL/L tuvieron un espesor variable de 10 a 100 m. Frente a San Juan de Marcona (Figura 5m), la estructura del oxígeno superior a 1.0 mL/L, ascendió desde 70 hasta 10 m de profundidad, en ambos casos, este escenario se asoció con condiciones propias de surgencia costera. El límite superior de la ZMO frente a Paita y San Juan se ubicó, en promedio, en los 125 y 50 m de profundidad, respectivamente.

Concentraciones de oxígeno disuelto superiores a 5.0 mL/L se presentaron en los primeros 30 y 60 m frente a Arica (Figura 5n) y Antofagasta (23°40'S) con excepción de las primeras 10 m.n. próximas a la costa por sus concentraciones de 4.0 mL/L (Figura 5o). Sólo las primeras 40 m.n. frente a Arica (18°25'S) presentaron concentraciones superiores a 6.0 mL/L. En ambas transectas, las isooxígenas tuvieron pendientes positivas hacia la costa y la profundidad del límite superior de la ZMO en Arica estuvo presente a niveles menores de 30 m (costa-oceano), mientras que en Antofagasta se profundizó desde 30 m en la costa hasta los 90 m a 100 m.n. de la costa.

3.2.3 Profundidad de la base de la termoclina oceánica y costera

La profundidad de la isoterma de 15 °C ($Z_{15^{\circ}\text{C}}$) mostró surgencia al sur de Paita, especialmente entre Chicama ($7^{\circ}41'S$) y Pisco (13°S) así como al sur de Paposo, donde la isoterma de 15 °C se presentó a 10 m, irrumpiendo en la superficie. En sectores oceánicos por fuera de las 100-120 m.n. entre Punta Falsa y Arica, la $Z_{15^{\circ}\text{C}}$ se localizó por debajo de los 100 m de profundidad. Al oeste de las I. Galápagos y frente a la costa ecuatoriana la $Z_{15^{\circ}\text{C}}$ ocurrió a profundidades de 50 m (Figura 6 a).

La $Z_{20^{\circ}\text{C}}$ (Figura 6 b) presentó mayor profundidad (40 m) en el extremo norte del área de estudio, mientras que al oeste de las I. Galápagos se ubicó a niveles muy someros, indicativo de la surgencia ecuatorial.

3.2.4 Masas de agua

Durante el XXIV Crucero Regional se presentó la masa de agua tropical superficial (ATS) con un límite sur en Puerto Pizarro (3.50°S). Las aguas ecuatoriales superficiales (AES) con concentraciones entre 33.8 y 34.7 se localizaron entre Puerto Pizarro y Talara (4.6°S) en Perú. Las aguas propias del régimen costero de afloramiento se presentaron al sur de Talara disminuyendo de Arica al sur. Hacia el oeste, entre Punta Falsa y Arica, se observaron aguas subtropicales superficiales (ASS) a distancias variables de la costa con concentraciones de sales superior a 35.1; el mayor acercamiento de esta masa de agua se presentó frente a la costa central del Perú y entre San Juan de Marcona y Arica. La distribución halina mostró grandes zonas de mezcla debido a una fuerte interacción entre las aguas costeras frías (ACF) y las ASS frente a Paita y Punta Falsa, al norte de Chimbote y al sur del Callao. A nivel subsuperficial se presentaron Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS) con concentraciones entre 34.8 y 34.6 que fueron ascendiendo progresivamente hacia el sur. Núcleos característicos de masas de aguas subantárticas (ASAA) ocurrieron cerca a los 100 m de profundidad en 16°S , 21°S , 22°S y 26°S . Las aguas intermedias antárticas (AIAA) se presentaron con concentraciones de 34.4 a 34.6 en el extremo sur del área de estudio mezclándose y atenuando sus concentraciones hacia el norte (Figura 7).

3.2.5 Estructura meridional de la temperatura, salinidad y oxígeno

La sección paralela a la costa sudamericana (Figura 8a) exhibió los intensos gradientes de temperatura del sector ecuatorial y la variación meridional de la temperatura. Entre septiembre y octubre 2021, la TSM presentó 27°C en los 2°N y 15°C en los 26°S , que corresponden a los extremos geográficos de la zona de estudio. La zona de mayor gradiente térmico ocurrió entre 2°S y 5°S , mientras que al sur de 9°S , la temperatura fue homogénea frente a la costa central del Perú ($16-17^{\circ}\text{C}$) como al sur de 22°S (15°C). La base de la termoclina estacional ($Z_{20^{\circ}\text{C}}$) se presentó al norte de 4°S , mientras que la base de la termoclina costera ($Z_{15^{\circ}\text{C}}$) se detectó a profundidades entre 25 y 75 m, destacando su estabilidad en el sector peruano y la tendencia al ascenso de las isotermas en el sector chileno. Por debajo de la base de la termoclina permanente, la estructura térmica se profundizó en el sector ecuatorial y ascendió en su desplazamiento al sur.

La estructura halina (Figura 8b) presentó cambios abruptos de la salinidad en el área norte de la zona. El mayor gradiente ocurrió entre 4°S y 5°S asociado con la presencia del FE, las ACF y ASS con mayor concentración de sales. Hacia el sur, frente a la costa central del Perú, se presentaron aguas del oeste con concentraciones de 35.2. Un segundo sector con gradientes ocurrió entre 22°S y 24°S . Las mayores variaciones del campo halino se presentaron sobre los 50 m de profundidad, mientras que, a niveles más profundos, los cambios sustantivos ocurrieron al sur de 20°S .

La concentración de oxígeno disuelto en la capa superficial fue 5 mL/L en la zona ecuatorial, declinando a 4-5 mL/L frente a la costa central del Perú. Al sur de 18°S , concentraciones mayores a 5 mL/L incrementaron su cobertura con la latitud. La oxiclina se observó bien definida y también presentó una tendencia a profundizarse hacia el sur, ampliando su rango de profundidad desde ~ 40 m (21°S) hasta

~90 m (25,8°S). El tope superior de la ZMO presentó mayor profundidad en el sector norte, ascendiendo a 50 m en 20°S para profundizarse hasta 120 m frente a 25°S.

La simulación del modelo de ondas Kelvin ecuatoriales (OKE) forzado con anomalías del esfuerzo del viento ecuatorial superficial obtenidos del NCEP (Figura 9) indicó el dominio de ondas Kelvin frías en los modos 1 y 2 durante los meses de septiembre y octubre 2021 (Figura 9) y favorecieron el enfriamiento de la estructura térmica, especialmente frente al Perú y norte de Chile (Figura 9).

4. DISCUSIÓN

Las condiciones oceanográficas en el Pacífico oriental presentaron escenarios diferenciados: frente a Ecuador ocurrió calentamiento anómalo asociado con la proyección al sur de la ubicación climatológica del FE, mientras que frente al Perú y zona norte de Chile ocurrió enfriamiento anómalo de hasta -3 °C (Chile y sector occidental de las I. Galápagos) y -4 °C (Chimbote) asociado con la presencia de vientos del S y del SE y el paso de ondas Kelvin de enfriamiento que favorecieron la presencia de procesos de surgencia intensos. Efectivamente, los comunicados oficiales N°09-2021 (ENFEN, 2021 a) y N°10-2021 (ENFEN, 2021 b) para la región El Niño 1+2 anticiparon de la presencia de enfriamiento anómalo de hasta -1 °C debido al arribo de ondas Kelvin frías entre octubre y noviembre.

Por una parte, el núcleo del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) exhibió valores de 1028.6 hPa (1030.4 hPa) y una anomalía de +2 hPa (+7 hPa) para septiembre (octubre) con anomalías de +1 hPa frente a la costa de Perú y norte-centro de Chile (Figura 10 a, b; Imarpe, 2021b). Por otra parte, el campo de vientos en la zona ecuatorial oriental al este de los 95°W, frente a Colombia y Ecuador, fue de intensidad moderada ($4.1 \text{ m/s} \leq VV \leq 6.8 \text{ m/s}$) con anomalías en el rango neutral ($\pm 1 \text{ m/s}$), mientras que, entre Paita y San Juan de Marcona la intensidad del viento fue moderada y fuerte, con intensificación hacia el sur en octubre, favoreciendo la activación y permanencia de la surgencia costera frente a Perú (Figura 11a, b). El campo de viento durante el periodo de crucero mantuvo la componente sur-suroeste habitual de la zona norte de Chile (Shaffer *et al.*, 1997; Rutlant *et al.*, 2004; Correa-Ramírez *et al.*, 2012), con intensidad débil a moderada (>43% en los registros 2020 y 2021) favorable para mantener la surgencia costera a lo largo de la costa, proceso que fue más intenso entre Pisagua y Paposó (19°40'S-25°S) considerando las bajas temperaturas y las concentraciones de oxígeno (<4 mL/L). En particular, en el sector costero de Mejillones (23°S) se presentó el viento de mayor intensidad >10 m/s y surgencia asociado con la topografía de la península (Fonseca & Farías 1987; Marín *et al.*, 1993; Letelier *et al.*, 2012).

La TSM promedio en septiembre y octubre de 2021 (Figura 12 a, b) presentó un campo térmico homogéneo (25 °C – 27 °C) al norte de 1°N. Al sur, el Frente Ecuatorial (FE) conformado por las isotermas de 21°C a 25°C estuvo desplazado al sur de su posición habitual en el sector costero, notándose la proyección de AES del sur del Ecuador hacia la costa norte del Perú que favoreció el incremento térmico, puntual, en la banda ecuatorial costera en septiembre 2021. Los mapas promedio pentadales de la TSM y sus anomalías frente al Perú (no se muestra) indican que el máximo calentamiento anómalo ocurrió del 03-07 de septiembre y del 23-27 de octubre cuando las ATSM alcanzaron +4° y +3 °C, respectivamente (IMARPE, 2021 b, c). Al sur de Paita fue significativa la presencia de una banda adyacente al litoral con valores de TSM menores de 16 °C desde Mórrope hasta Atico y desde Punta Lobos hasta los 30°S donde su amplitud alcanzó las ~630 mn. Núcleos de 14 °C ocurrieron entre los 13-16°S y de 25-30°S (disminuyendo en amplitud en este último sector en octubre). De septiembre a octubre (Figura c, d), el enfriamiento del mar se intensificó y, sobretodo, se extendió en amplitud frente a la costa norte de Chile, donde las ATSM ocurrieron en el rango neutral a frío leve, mientras que, desde el sur del Perú hasta Manta, el enfriamiento anómalo del mar se extendió en cobertura e intensidad asociado a la surgencia de las ACF y la proyección de aguas frías del norte peruano hacia el ecuador.

Entre julio y septiembre 2021, en el Pacífico ecuatorial, los indicadores climáticos de macroescala (Figura 12) como el Índice Niño Oceánico (ONI) y el Índice Multivariado ENOS (MEI.v2) registraron en el primer caso magnitudes de -0.4, -0.5 y -0.7, respectivamente; mientras en el segundo, -1.53, -1.34 y -1.41. Estos valores indicaron la presencia de condiciones La Niña a partir de agosto en ambos casos (ENFEN, 2021; IMARPE, 2021a). A nivel regional, el Índice Costero El Niño (ICEN; Takahashi et al., 2014) indicó para el mismo periodo, magnitudes de -0.22 (julio), -0.36 (agosto) y -0.59 (septiembre) correspondientes a un escenario neutral; mientras que, para el Índice Multivariado de Tumaco (IMT; Rodríguez-Rubio, 2013), se presentaron valores de -0.36, -0.88 y -1.44, indicando, según su definición, condiciones frías en un rango neutral.

Las series de tiempo de los índices climáticos LABCOS (Quispe & Vásquez, 2015), ITCP (Quispe-Ccalluari et al., 2016), IMT (Rodríguez-Rubio, 2013), ONI (Huang et al, 2017) y MEIv2 se presentan en la Figura 13. En el mes de septiembre y octubre de 2021, los índices locales para dichos meses fueron -0.06 y -0.21 (LABCOS) y -0,5 y -0,6 (ITCP) e indicaron una condición neutral cálida y neutral fría, respectivamente. Los índices de macroescala ONI y MEIv2 indicaron condiciones frías La Niña. El IMT presentó también valores propios de una condición fría. La Cuenca Pacífica Colombiana entre enero y octubre del 2021, registró magnitudes de las anomalías coherentes con la variabilidad climática; los valores medidos para la temperatura superficial del mar, el nivel del mar, la temperatura del aire y la precipitación acumulada, variables que sirven como insumo para el cálculo del Índice Multivariado de Tumaco (IMT), catalogaron las condiciones de este periodo en neutrales. Finalizando el año, en el periodo comprendido entre noviembre del 2021 a enero del 2022, las condiciones océano-atmosféricas de la cuenca cambiaron, registrándose valores del IMT por debajo del promedio climatológico; clasificando estos tres meses con categoría F2, lo que los sitúa en una fase fría de ENOS. Sin embargo, rápidamente hubo un retorno a condiciones neutrales en febrero 2022, lo que no permitió cumplir con la persistencia necesaria (cinco trimestres consecutivos en condiciones frías) para catalogar definitivamente un episodio La Niña 2021-2022 en la zona sur de Pacífico colombiano. Los últimos dos valores del IMT calculados para febrero y marzo 2022, fueron de -1.02 y -0.64, con categoría F2, posicionándose nuevamente en una fase neutral en este punto geográfico. En conclusión, los índices locales refieren de la ocurrencia de condiciones neutras frías (Perú) y frías (Colombia) mientras que los índices de macroescala indicaron la presencia de condiciones frías La Niña (Figura 13).

Las simulaciones numéricas de la propagación de ondas Kelvin ecuatoriales (IMARPE, 2021 e) indicaron el arribo de una onda Kelvin fría (modo 2) frente a Sudamérica en noviembre 2021 y una onda Kelvin fría (modo 1) en enero 2022 lo que favorecería la persistencia del escenario casi normal y levemente frío en el verano austral 2022.

6. CONCLUSIONES

- El crucero regional conjunto se realizó durante una fase fría La Niña a nivel de macroescala y condiciones neutras frías frente a Colombia, Perú y Chile.
- Durante el periodo del crucero, la componente atmosférica regional se acopló a condiciones relacionadas con un episodio frío y se observó que la componente meridional del viento estuvo intensificada, lo que favoreció la surgencia frente a las costas de Perú y Chile y al oeste de la isla Isabela en el archipiélago de Galápagos.
- Las condiciones superficiales fueron frías al sur de Paita, y cálidas anómalas al norte de esta localidad. La TSM presentó valores entre 26 °C en el extremo norte frente a Esmeraldas, Ecuador y 14 °C entre Punta Hornos y Paposo (Chile), así como frente a San Juan de Marcona (Perú).
- El oxígeno disuelto presentó bajas concentraciones frente a Ecuador y en el sector costero peruano (4 a 4.5 mL/L) producto de las surgencias más intensas derivadas del proceso frío regional incrementándose hacia el sur y oeste. Al oeste de la I. Isabela (92°W), las concentraciones de 6.06 mL/L estuvo asociado con la surgencia ecuatorial y procesos fotosintéticos.

- La columna de agua en el Pacífico Sudeste se caracterizó por tener valores de temperatura menores a 20 °C al sur de 2°S y por las condiciones de afloramiento de la isoterma de 15 °C al oeste de las I. Galápagos y frente a las costas de Perú y Chile, especialmente entre Chicama y Pisco (13°S) así como al sur de Paposo, donde la isoterma de 15 °C se presentó somera irrumpiendo en la superficie.
- Durante el XXIV Crucero Regional, la ocurrencia persistente de ondas Kelvin ecuatoriales frías contribuyó a modular el escenario frío de la corriente de Humboldt durante septiembre y octubre de 2021. La onda Kelvin cálida de septiembre 2021 no tuvo mayor efecto en las condiciones locales, con excepción de la zona sur de Ecuador y norte del Perú.

7. 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 distributed through the Marine Copernicus Service. (<http://www.marine.copernicus.eu>).

The National Centers for Environmental Information (NCEI) for the use of World Ocean Atlas 2018 (WOA18) available at <https://www.ncei.noaa.gov/data/oceans/woa/WOA18/DATA/>

El crucero regional oceanográfico en el PSE es una acción de la DGIOCC/Imarpe en el marco del Programa Presupuesto Por Resultados - PPR 068 El Niño “Reducción de Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Desastres” y su producto “Entidades Informadas en forma permanente y con pronósticos frente al Fenómeno El Niño” del IMARPE, Perú.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carpenter, J.H. 1965. The Chesapeake Bay Institute Technique for the Winkler dissolved oxygen method. *Limnol. and Oceanogr.*, 10:141-143.

Correa D., Chamorro A., Tam J. (2020) Clasificación pentadal de vientos frente a la costa peruana, *Revista de Investigación de Física* 23(3).

Correa-Ramírez, M., S. Hormazábal & C. Morales. 2012. Spatial patterns of annual and interannual surface chlorophyll-a variability in the Peru–Chile Current System. *Progress in Oceanography*, 92: 8-17.

CPPS. 2003. Comisión Permanente del Pacífico Sur. Convenios, Acuerdos, Protocolos, Declaraciones, Estatuto y Reglamento de la CPPS, Guayaquil, Ecuador.

CPPS. 2015. Protocolo del Uso del CTD Sea - Bird y Procesamiento de Datos. Comisión Permanente del Pacífico Sur - CPPS. Guayaquil, Ecuador. 23 p.

CPPS. 2021. Plan del XXIV Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico sudeste.

Dewitte B., D. Gushchina, Y. du Penhoat and S. Lakeev, 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.*, vol. 29, no. 14, 1666, 10.1029/2001GL014452.

- Domínguez, N., C. Grados, L. Vásquez, D. Gutiérrez, A. Chaigneau. Climatología termohalina frente a las costas del Perú. Periodo: 1981-2010. Volumen 44, Número 1, Enero - Marzo 2017. Inf. Inst. Mar Perú 44(1).
- 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.
- ENFEN, 2012. Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú. <http://www.imarpe.gob.pe>.
- ENFEN, 2021 a. Comunicado Oficial ENFEN No. 09-2021, 13 de setiembre 2021. <http://enfen.gob.pe/download/comunicado-oficial-enfen-n-09-2021/?wpdmdl=1672&ind=1631564214768>
- ENFEN, 2021 b. Comunicado Oficial ENFEN No. 10-2021, 14 de octubre 2021. <http://enfen.gob.pe/download/comunicado-oficial-enfen-n-10-2021/?wpdmdl=1675&ind=1634240144322>
- Fonseca, T.R. & M. Farías. 1987. Estudio del proceso de surgencia en la costa chilena utilizando percepción remota. Investigaciones Pesqueras 34:33-46.
- Grendi, C., M. Pizarro, A. Bustamante, Ú. Cifuentes, J. Bonicelli y H. Reyes (2021). Informe ejecutivo nacional del Vigésimo Cuarto Crucero Regional Conjunto de Investigación oceanográfica en el Pacífico sudeste. B/I Abate Molina, 22 de septiembre – 22 de octubre, 2021. Departamento de Oceanografía y Medio Ambiente/Instituto de Fomento Pesquero. Informe interno.
- Huang, B., P. W. Thorne, V. F. Banzon, T. Boyer, G. Chepurin, J. H. Lawrimore, M. J. Menne, T. M. Smith, R. S. Vose & H.-M. Zhang. 2017. Extended Reconstructed Sea Surface Temperature, version 5 (ERSSTv.5): Upgrades, validations, and intercomparisons. J. Climate, 30, 8179-8205, doi:10.1175/JCLI-D-16-0836.1.
- IFREMER/CERSAT. 2005. NSCAT Level 3 Gridded Mean Wind Fields (IFREMER). Ver. 1. PO.DAAC, CA, USA. Dataset accessed [YYYY-MM-DD]. <ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/cersat/products/gridded/MWF/L3/ASCAT/Daily/>.
- Illig, S., B. Dewitte, N. Ayoub, Y. du Penhoat, G. Reverdin, P. De Mey, F. Bonjean and G. S. E. Lagerloef, 2004: Interannual Long Equatorial Waves in the Tropical Atlantic from a High Resolution OGCM Experiment in 1981-2000, Journal of Geophysical Research, 109, C02022, doi:10.1029/2003jc001771.
- IMARPE, 2021 a. Informe del Crucero de Investigación Hidroacústica de los principales recursos pelágicos, 22 de septiembre-05 de noviembre, 2021. Informe Interno.
- IMARPE, 2021 b. Diagnóstico Oceanográfico y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú. Julio 2021. Grupo Institucional El Niño. Instituto del Mar del Perú. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2214255/Informe_GTI_julio_2021.pdf
- IMARPE, 2021 c. Diagnóstico Oceanográfico y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú. Agosto 2021. Grupo Institucional El Niño. Instituto del Mar del Perú. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2382066/Informe_GTI_agosto.pdf
- IMARPE, 2021 d. Diagnóstico Oceanográfico y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú. Setiembre 2021. Grupo Institucional El Niño. Instituto del Mar del Perú. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2510636/Informe_GTI_septiembre.pdf
- 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, and D. Joseph, 1996: The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 437–471.
- Kobayashi S, Ota Y, Harada Y, Ebata A, Moriya M, Onoda H, Onogi K, Kamahori H, Kobayashi C, Endo H, Miyaoka K, Takahashi K (2015) The JRA-55 reanalysis: general specifications and basic characteristics. J Meteor Soc Jpn 93:5–48.
- 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.: Evaluation of global monitoring and forecasting systems at Mercator Océan, Ocean Sci., 9, 57-81, 2013.

- Letelier, J., L. Soto-Mardónes, S. Salinas, L. Vicenti, R. Pávez & M. Arriagada. 2012. Influencia de la península de Mejillones en la variabilidad oceanográfica anual e interanual frente al norte de Chile. *Rev. Bio. Mar. y Océ.* 47(3), 513-526.
- Locarnini, R.A., A.V. Mishonov, O.K. Baranova, T.P. Boyer, M.M. Zweng, H.E. Garcia, J.R. Reagan, D. Seidov, K.W. Weathers, C.R. Paver, and I.V. Smolyar (2019). *World Ocean Atlas 2018, Volume 1: Temperature*. A. Mishonov, Technical Editor. NOAA Atlas NESDIS 81, 52pp
- Marín, V., L. Rodríguez, L. Vallejo, J. Fuenteseca & E. Oyarce. 1993. Dinámica primaveral de la productividad primaria de Bahía Mejillones del Sur (Antofagasta, Chile). *Rev. Chil. Hist. Nat.* 66: 479-491.
- NOAA, 2021. *Climate Diagnostics Bulletin, NWS/NCEP, November 2021.* https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/lanina/enso_evolution-status-fcsts-web.pdf.
- Pujol, M.-I., Faugère, Y., Taburet, G., Dupuy, S., Pelloquin, C., Ablain, M., and Picot, N.: 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, 2016.
- Quispe Ccallauri, C, J. Tam, H. Demarcq, C. Romero, D. Espinoza, A. Chamorro, J. Ramos, R. Oliveros, 2016. El Índice Térmico Costero Peruano. En: *Boletín Trimestral Oceanográfico, Volumen 2, Número 1*, pp: 7-11.
- Quispe, J. y 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 Carlos, Tam Jorge, Cinthia Arellano, Chamorro Adolfo, Espinoza-Morriberón Dante, Romero Carlos, Ramos Jorge (2017). Desarrollo y aplicación de índices y simulaciones para vigilancia y el pronóstico a mediano plazo del impacto del ENOS frente a la costa peruana. *Informe Instituto del Mar de Perú, Vol 44(1): 18-34.*
- Rodríguez-Rubio, E. A multivariate climate index for the western coast of Colombia. *Adv. Geosci.*, 33, 21-26, 2013. www.adv-geosci.net/33/21/2013/, doi:10.5194/adgeo-33-21-2013.
- Rojas, R. & N. Silva. 1996. *Atlas Oceanográfico de Chile (18°21'S - 50°00'S). Volumen I. S.H.O.A.* 234 pp.
- Rutlant, J.A., B. Rosenbluth & S. Hormazabal. 2004. Intraseasonal variability of wind-forced coastal upwelling off central Chile (30°S). *Continental Shelf Research*, 24(7-8): 789-804.
- Schaeffer P., I. Pujol, Y. Faugere, A. Guillot, N. Picot, The CNES CLS 2015 Global Mean Sea surface. Presentation OSTST 2016, http://meetings.aviso.altimetry.fr/fileadmin/user_upload/tx_ausyclsseminar/files/GEO_03_Pres_OSTST2016_MSS_CNES_CLS2015_V1_16h55.pdf (last access 2023/10/01).
- Schlitzer, Reiner, *Ocean Data View*, <https://odv.awi.de>, 2020.
- Shaffer, G., O. Pizarro, L. Djurfeldt, S. Salinas. & J. Rutlant. 1997. Circulation and low-frequency variability near the Chilean coast: Remotely forced fluctuations during the 1991–92 El Niño. *Journal of Physical Oceanography*, 27(2): 217-235.
- Takahashi, K., K. Mosquera y J. Reupo. El Índice Costero El Niño (ICEN): historia y actualización. *Boletín Técnico - Vol. 1 N° 2 Febrero del 2014.* Instituto Geofísico del Perú. http://www.met.igp.gob.pe/publicaciones/2014/EINiño_v2_27_03_2014_7.pdf.
- UK Met Office, 2012. GHRSSST Level 4 OSTIA Global Foundation Sea Surface Temperature Analysis (GDS version 2). Ver. 2.0. PO.DAAC, CA, USA. Dataset accessed [YYYY-MM-DD] at <http://dx.doi.org/10.5067/GHOST-4FK02>.
- UNESCO, 1981. *The Practical Salinity Scale 1978 and the International Equation of State of Seawater 1980.* UNESCO Technical Paper on Marine Sciences, 36 pp.
- Vera, L., F. Hernández-Vaca, S. Recalde y S. Nativí (2021). Informe científico preliminar de las condiciones océano-atmosféricas monitoreadas en el crucero B.A.E. Orión CO-I-2021. Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador/Ministerio de Defensa Nacional. Informe Interno.
- Wolter K. and M. S. Timlin, 1993. Monitoring ENSO in COADS with a seasonally adjusted principal component index. *Proceedings of the 17th Climate Diagnostics Workshop*, Norman, Oklahoma. NOAA/NMC/CAC-NSSL-Oklahoma Climate Survey-CIMMS-School of Meteorology of the

University of Oklahoma, pp. 52-57.

Wolter K. and M. S. Timlin, 1998. Measuring the strength of ENSO events - how does 1997/98 rank? *Weather* **53**, 315-324.

Wolter K. and M. S. Timlin, 2011. El Niño/Southern Oscillation behavior since 1871 as diagnosed in an extended multivariate ENSO index (MEI. ext). *Int. J. Climatol.* **31**, 1074-1087.

Zweng, M. M., J. R. Reagan, D. Seidov, T. P. Boyer, R. A. Locarnini, H. E. Garcia, A. V. Mishonov, O. K. Baranova, K. Weathers, C. R. Paver, and I. Smolyar, 2018. *World Ocean Atlas 2018, Volume 2: Salinity*. A. Mishonov Technical Ed.; NOAA Atlas NESDIS 82, 50pp.

9. ANEXOS

9.1 Figuras

Figura 1. Mapa de las estaciones realizadas durante el XXIV Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste ejecutado del 22 de septiembre al 16 de noviembre de 2021. La banda de color rojo identifica las estaciones seleccionadas a ~100 km de la costa sudamericana empleadas en la construcción de la estructura termohalina y del contenido de oxígeno frente a Sudamérica.

Figura 2. a) Temperatura superficial del mar [°C] y b) Anomalía de la temperatura superficial del mar [°C] durante el XXIV Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste ejecutado del 22 de septiembre al 16 de noviembre de 2021. Las anomalías térmicas se estimaron de acuerdo a la climatología de WOA (2018). Los matices de colores empleados, en ambos casos, se presentan a la derecha de los gráficos.

Figura 3. a) Salinidad superficial del mar y b) Anomalías de la Salinidad Superficial del Mar durante el XXIV Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste ejecutado del 22 de septiembre al 16 de noviembre de 2021. Las anomalías halinas se estimaron de acuerdo a la climatología de WOA (2018). Los matices de colores empleados, en ambos casos, se presentan a la derecha de los gráficos.

Figura 4. a) Concentración del oxígeno disuelto en la superficie del mar [ml.L⁻¹] y b) Clorofila-a [µ.L⁻¹] durante el XXIV Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste ejecutado del 22 de septiembre al 16 de noviembre de 2021. Los matices de colores empleados, en ambos casos, se presentan a la derecha de los gráficos.

Figura 5. Estructura de a-e) la temperatura del agua de mar [°C], f-g) la salinidad del mar y k-o) la concentración del oxígeno disuelto [ml.L⁻¹] frente a los 3 °S (24-25 de octubre), Paíta (5 °S, 24-25 de septiembre), c) San Juan de Marcona (15 °S, 22-23 de octubre), d) Arica (18° 25´S, 27-28 de septiembre) y e) Antofagasta (23° 40´S, 13-14 de octubre), respectivamente, durante el XXIV Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste ejecutado del 22 de septiembre al 16 de noviembre de 2021. Los matices de colores empleados se presentan a la derecha de (e, j, o).

Figura 6. a) Profundidad [m] de la isoterma de 15 °C y b) profundidad [m] de la isoterma de 20 °C durante el XXIV Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste ejecutado del 22 de septiembre al 16 de noviembre de 2021. Los matices de colores empleados, en ambos casos, se presentan a la derecha de los gráficos.

Figura 7. Diagrama TS. XXIV durante el XXIV Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste ejecutado del 22 de septiembre al 16 de noviembre de 2021. Los matices de colores empleados se presentan a la derecha del gráfico. En el inset se aprecian las diferencias según la latitud de los diagramas TS para Ecuador (color rojo), Perú (color verde) y Chile (color azul).

Figura 8. Estructura meridional de a) temperatura del mar [°C], salinidad y concentración de oxígeno disuelto [ml.L⁻¹] en los 500 m superiores, a 100 km de la costa sudamericana, durante el XXIV Crucero

Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste ejecutado del 22 de septiembre al 16 de noviembre de 2021. Los matices de colores empleados para cada variable se presentan a la derecha de los gráficos.

Figura 9. Diagramas Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin ecuatoriales (OKE) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 130°E y 95°W forzados con anomalías del esfuerzo del viento [$\text{N}\cdot\text{m}^{-2}$] del National Center for Environmental Prediction (Kalnay et al. 1996) de acuerdo con la metodología de Illig et al. (2004) y Dewitte et al. (2002): a) Modo 1, b) Modo 2 y c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal de color verde indica el inicio del pronóstico con anomalías del esfuerzo del viento igual a cero. Los valores negativos corresponden a las OKE de afloramiento (“frías”, flechas de color blanco) mientras que los valores positivos refieren a las OKE de hundimiento (“cálidas”, flechas de color negro). Los datos del modelo provienen de LMOECC/IMARPE.

Figura 10. Distribución espacial promedio de a, b) la anomalía de la velocidad [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] y dirección [$^{\circ}$] del viento; c, d) la anomalía del nivel del mar [cm] y los flujos geostroficados [$\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$] para los meses de septiembre y octubre de 2021, respectivamente. Las figuras a y b se obtuvieron de ASCAT con referencia a la climatología QuikSCAT-ASCAT entre 2000 y 2014 (Correa et al, 2020). Las anomalías para (c, d) se construyeron en base a CMEMS v3.0 con referencia al periodo climatológico entre 1993-2012 (Schaeffer et al, 2016; Pujol et. al, 2016).

Figura 11. Distribución espacial promedio de a, b) la temperatura superficial del mar [$^{\circ}\text{C}$]; c, d) la anomalía de la temperatura superficial del mar [$^{\circ}\text{C}$] para los meses de septiembre y octubre de 2021, respectivamente. Las figuras a y b se obtuvieron de OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012) con referencia a la climatología entre 2007 y 2016.

Figura 12. a) Diagramas Hovmöller de la anomalía de la componente meridional del viento [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] para una banda costera entre 0 y 30 m.n. de Colombia (7 °N) a Chile (26 °S); b y c) Anomalías de la TSM ($^{\circ}\text{C}$) para una banda paralela a la zona costera (0-30 m.n.) y oceánica (40-100 m.n.). Las subáreas frente al litoral sudamericano se presentan en la figura superior a la derecha. Las escalas de colores, en cada caso, se encuentran a la derecha. Las series Hovmöller se adaptaron de Grendi et al (2021).

Figura 13. Series de tiempo 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), e) Índice LABCOS (Quispe y Vásquez, 2015) y f) Índice Multivariado de Tumaco (IMT; Rodríguez-Rubio, 2013), respectivamente, desde el año 2000.

9.2 Tablas

Tabla 1. Cruceros realizados, número de estaciones y variables medidas

Tabla 2. Personal científico participante

Tabla 3. Comité Coordinador del XXIV Crucero Oceanográfico Regional

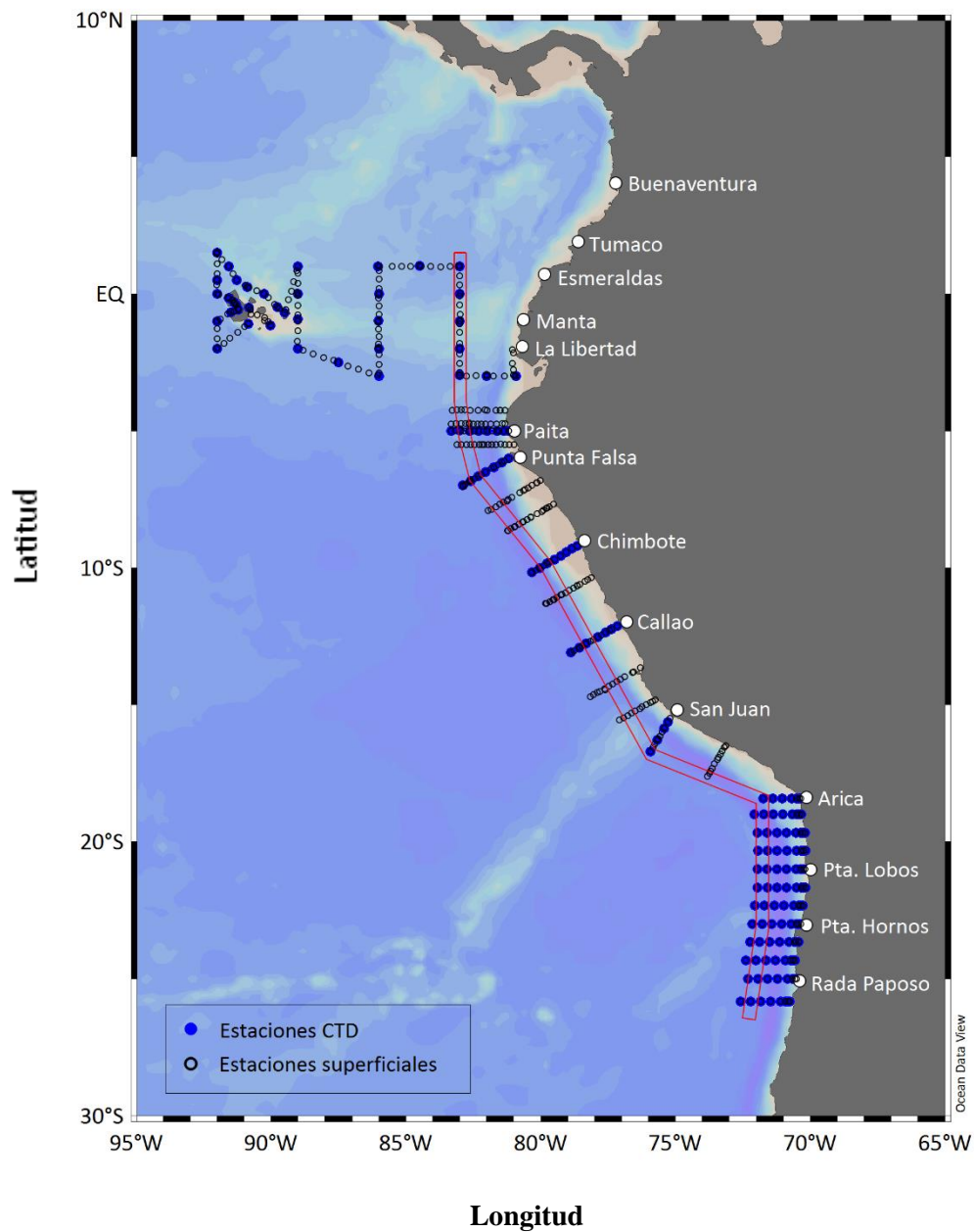


Figura 1. Mapa de las estaciones realizadas durante el XXIV Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste ejecutado del 22 de septiembre al 16 de noviembre de 2021. La banda de color rojo identifica las estaciones seleccionadas a ~100 km de la costa sudamericana empleadas en la construcción de la estructura termohalina y del contenido de oxígeno frente a Sudamérica.

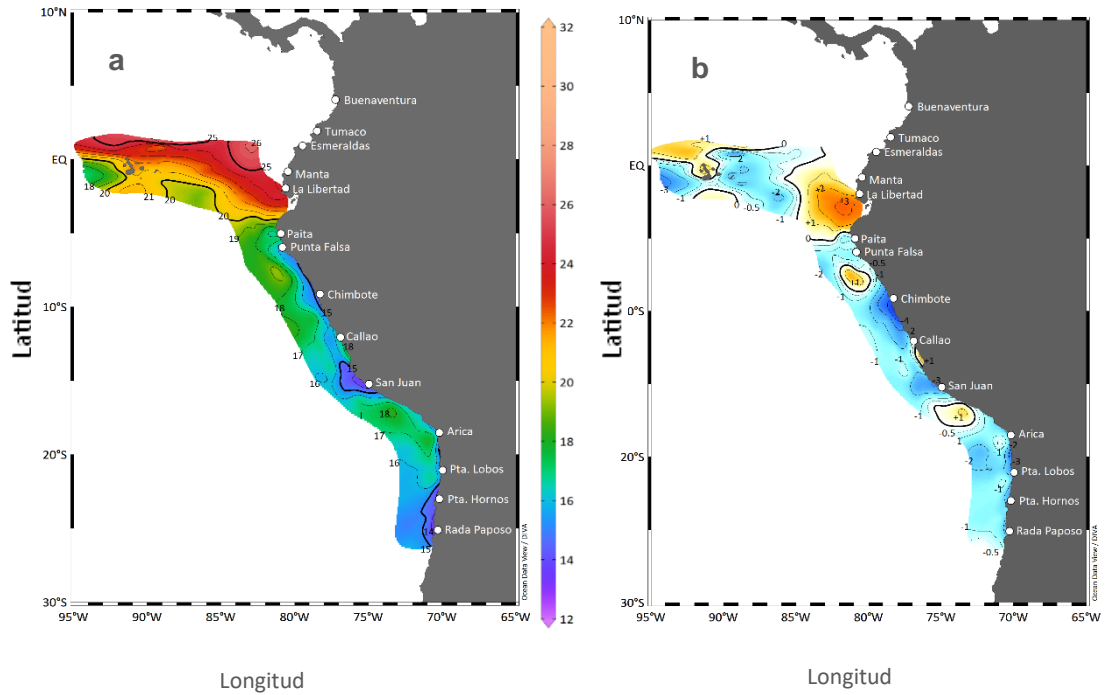


Figura 2. a) Temperatura superficial del mar [°C] y b) Anomalía de la temperatura superficial del mar [°C] durante el XXIV Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste ejecutado del 22 de septiembre al 16 de noviembre de 2021. Las anomalías térmicas se estimaron de acuerdo a la climatología de WOA (2018). Los matices de colores empleados, en ambos casos, se presentan a la derecha de los gráficos.

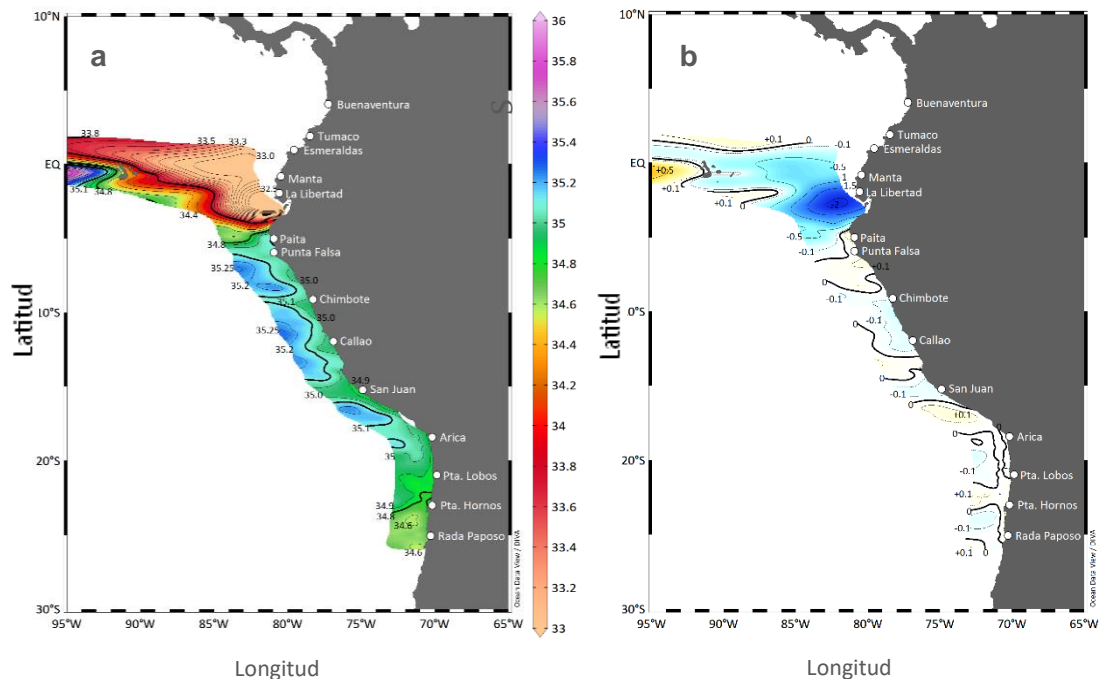


Figura 3. a) Salinidad superficial del mar y b) Anomalías de la Salinidad Superficial del Mar durante el XXIV Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste ejecutado del 22 de septiembre al 16 de noviembre de 2021. Las anomalías halinas se estimaron de acuerdo a la climatología de WOA (2018). Los matices de colores empleados, en ambos casos, se presentan a la derecha de los gráficos.

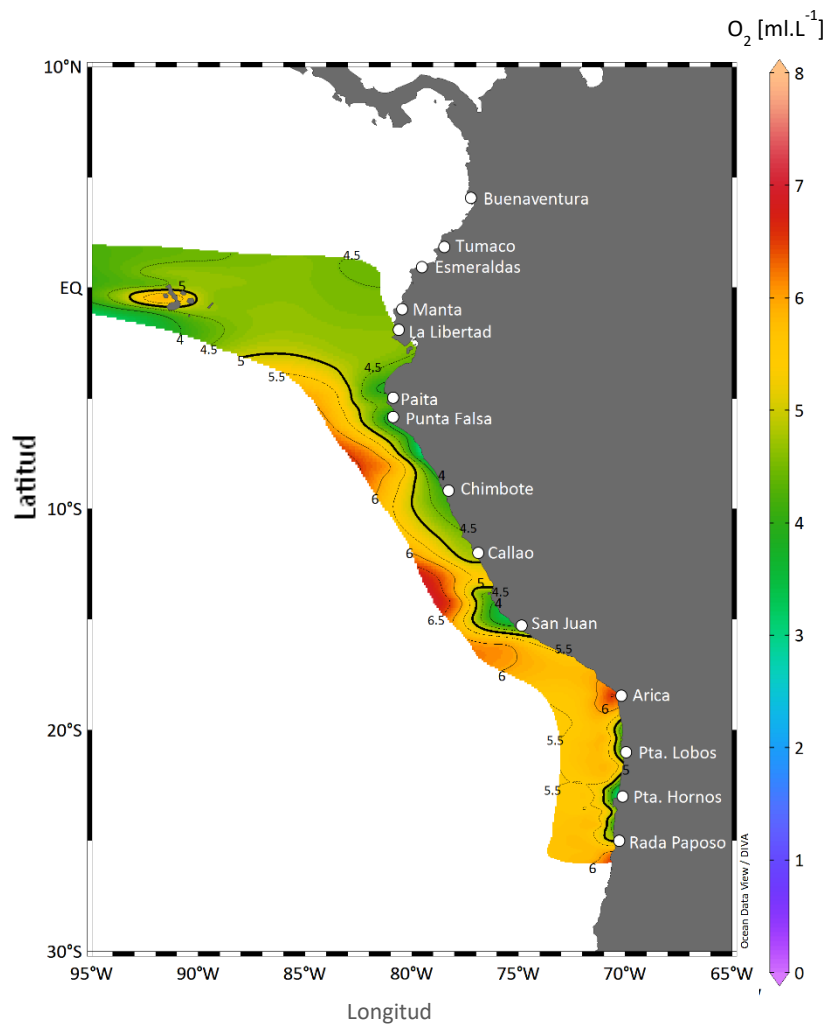


Figura 4. Concentración del oxígeno disuelto en la superficie del mar [$ml.L^{-1}$] durante el XXIV Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste ejecutado del 22 de septiembre al 16 de noviembre de 2021. Los matices de colores empleados se presentan a la derecha de la figura.

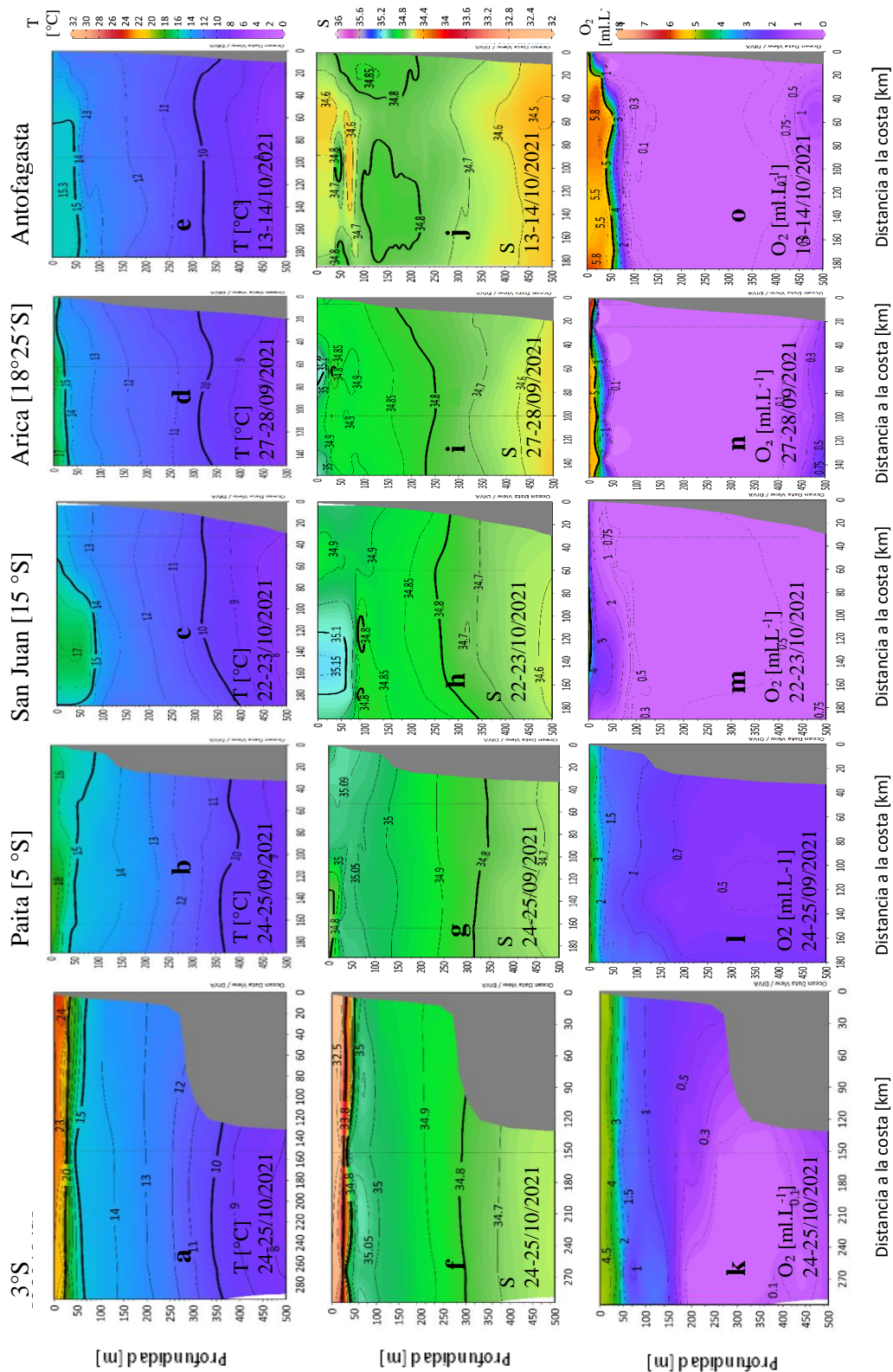


Figura 5. Estructura de a-e) la temperatura del agua de mar [°C], f-g) la salinidad del mar y k-o) la concentración del oxígeno disuelto [ml.L⁻¹] frente a los 3° S (24-25 de octubre), Paíta (5° S, 24-25 de septiembre), San Juan de Marcona (15° S, 22-23 de octubre), Arica (18° 25' S, 27-28 de septiembre) y Antofagasta (23° 40' S, 13-14 de octubre), respectivamente, durante el XXIV Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste ejecutado del 22 de septiembre al 16 de noviembre de 2021. Los matices de colores empleados se presentan a la derecha de (e, j, o).

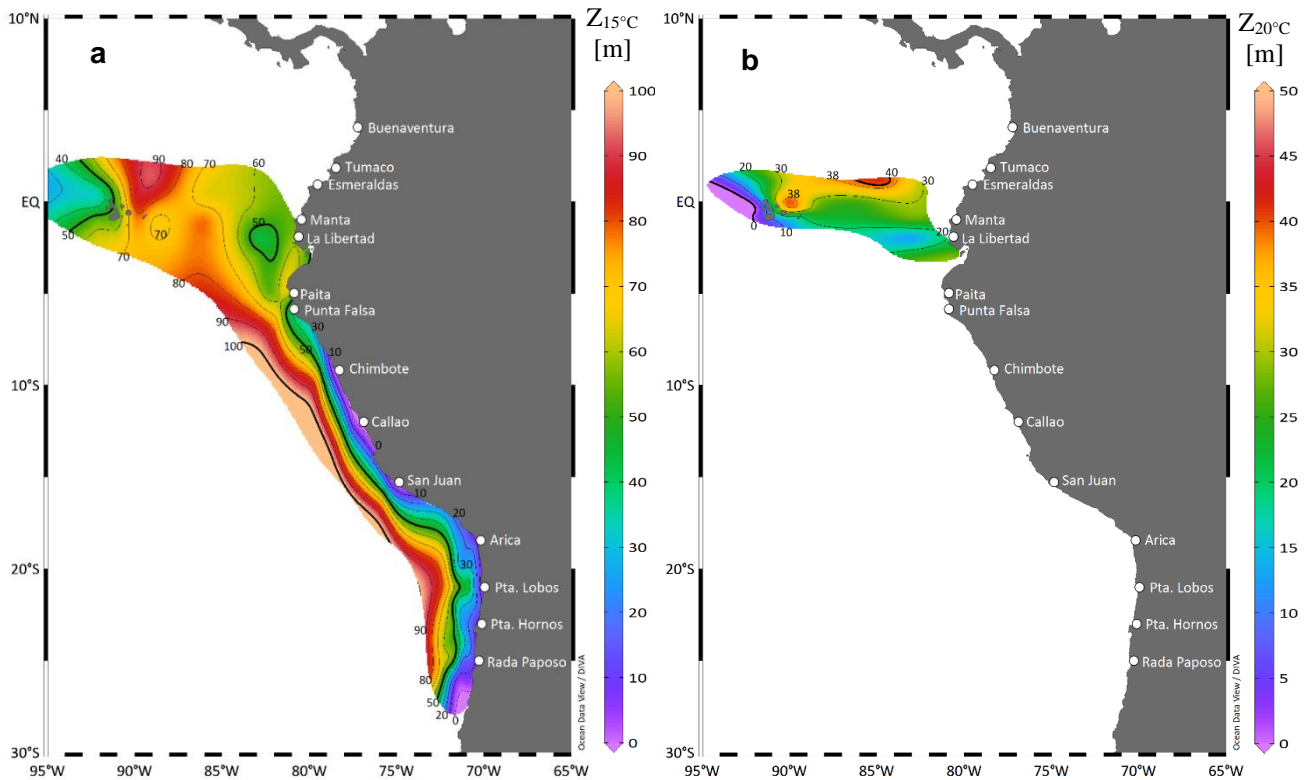


Figura 6. a) Profundidad [m] de la isoterma de 15 °C y b) profundidad [m] de la isoterma de 20 °C durante el XXIV Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste ejecutado del 22 de septiembre al 16 de noviembre de 2021. Los matices de colores empleados, en ambos casos, se presentan a la derecha de los gráficos.

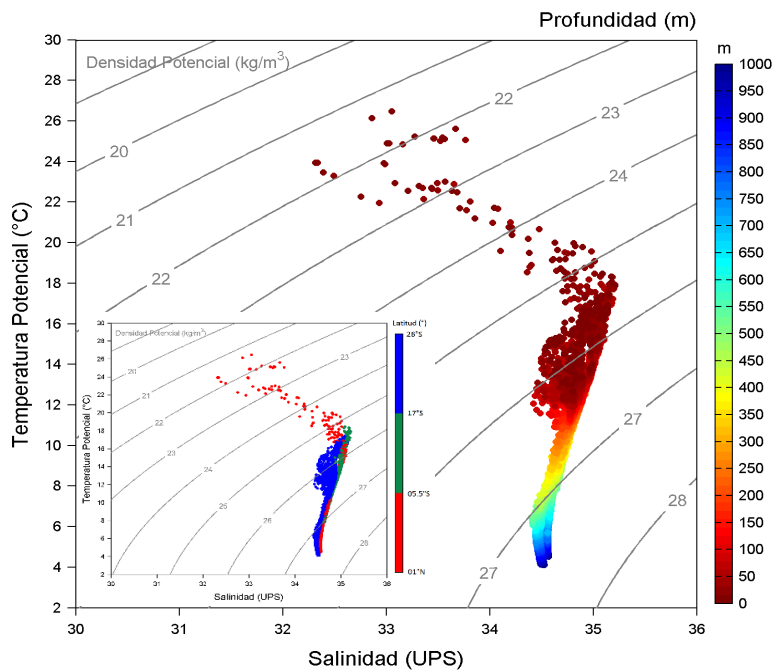


Figura 7. Diagrama TS. XXIV durante el XXIV Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste ejecutado del 22 de septiembre al 16 de noviembre de 2021. Los matices de colores empleados se presentan a la derecha del gráfico. En el inset se aprecian las diferencias según la latitud de los diagramas TS para Ecuador (color rojo), Perú (color verde) y Chile (color azul).

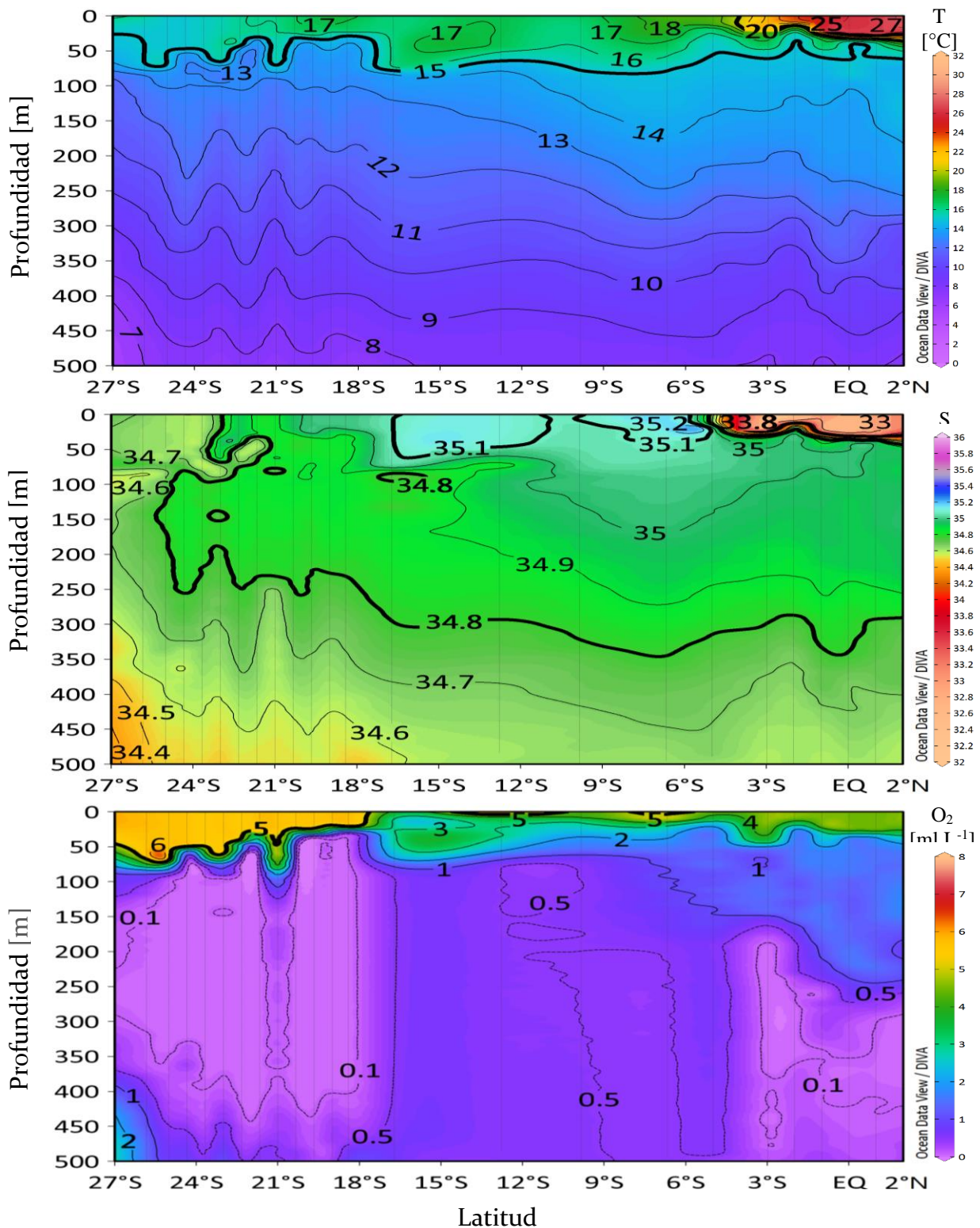


Figura 8. Estructura meridional de a) temperatura del mar [°C], salinidad y concentración de oxígeno disuelto [ml.L⁻¹] en los 500 m superiores, a 100 km de la costa sudamericana, durante el el XXIV Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el océano Pacífico sudeste ejecutado del 22 de septiembre al 16 de noviembre de 2021. Los matices de colores empleados para cada variable se presentan a la derecha de los gráficos.

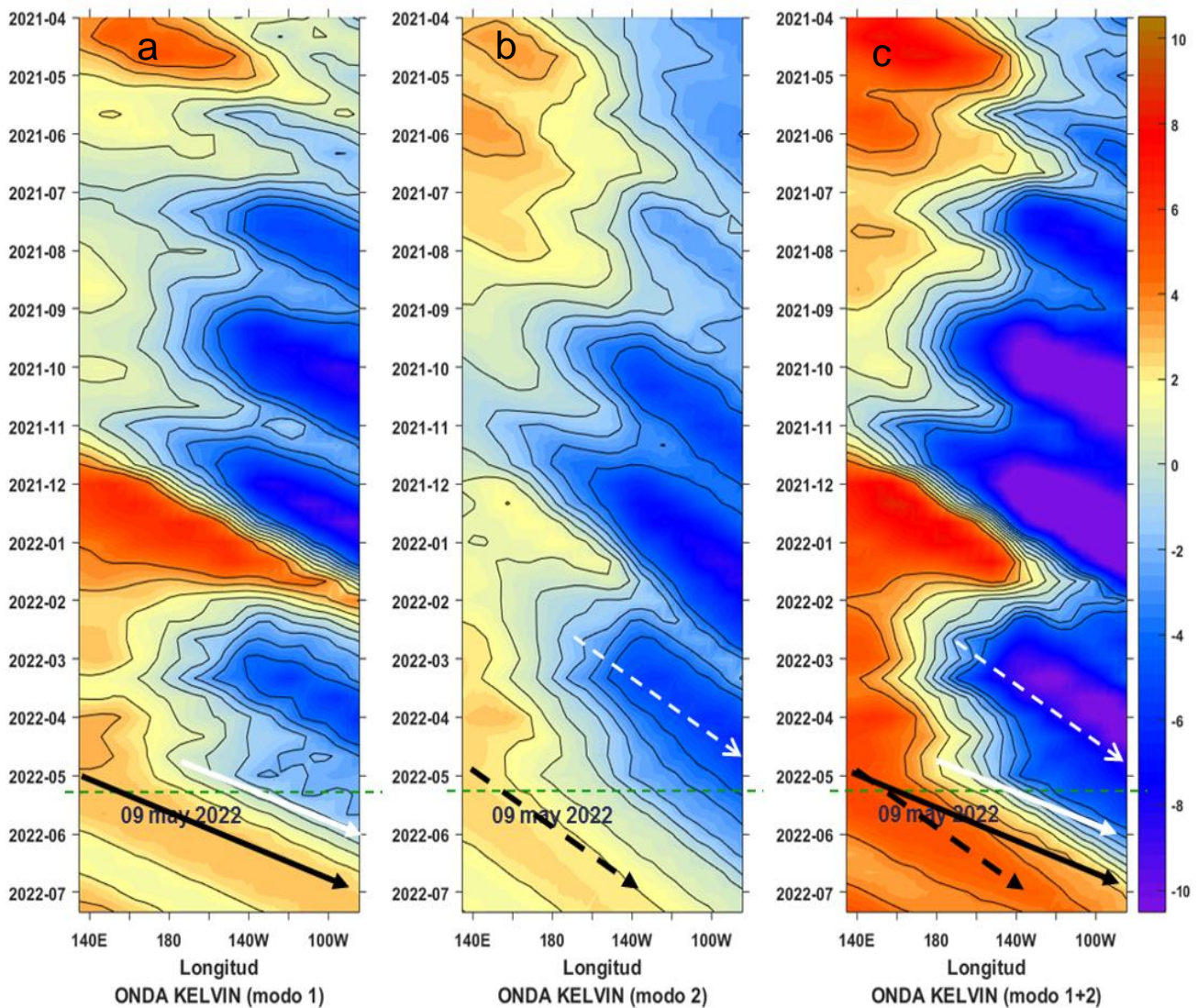


Figura 9. Diagramas Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin ecuatoriales (OKE) en el océano Pacífico ecuatorial entre los 130°E y 95°W forzados con anomalías del esfuerzo del viento [N.m⁻²] del National Center for Environmental Prediction (Kalnay et al. 1996) de acuerdo con la metodología de Illig et al. (2004) y Dewitte et al. (2002): a) Modo 1, b) Modo 2 y c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal de color verde indica el inicio del pronóstico con anomalías del esfuerzo del viento igual a cero. Los valores negativos corresponden a las OKE de afloramiento (“frías”, flechas de color blanco) mientras que los valores positivos refieren a las OKE de hundimiento (“cálidas”, flechas de color negro). Los datos del modelo provienen de LMOECC/IMARPE.

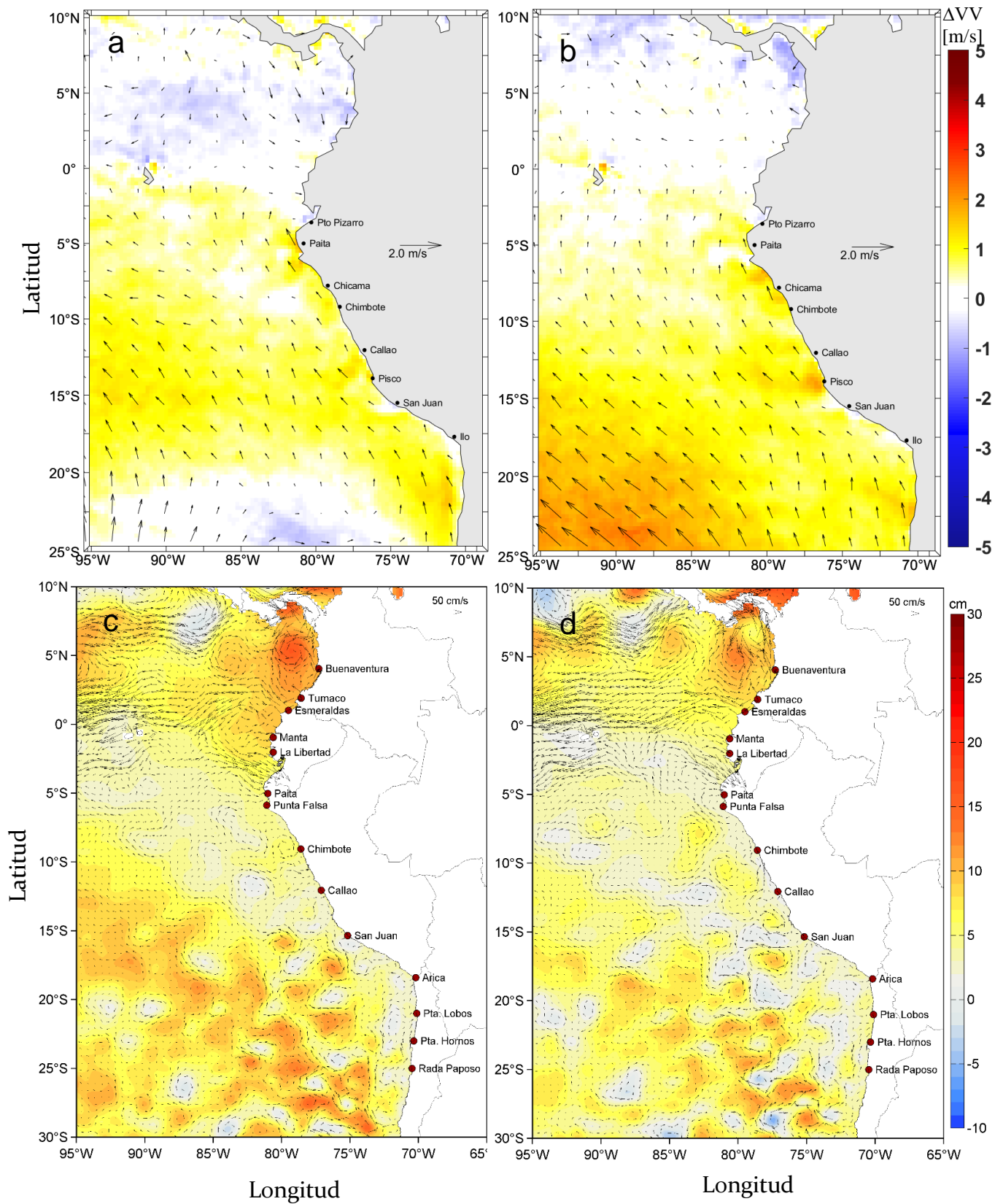


Figura 10. a,b) Distribución espacial promedio de la anomalía de la velocidad [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] y dirección [$^{\circ}$] del viento; c, d) la anomalía del nivel del mar [cm] y los flujos geostroficados [$\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$] para los meses de septiembre y octubre de 2021, respectivamente. Las figuras a y b se obtuvieron de ASCAT con referencia a la climatología QuikSCAT-ASCAT entre 2000 y 2014 (Correa et al, 2020). Las anomalías para (c, d) se construyeron en base a CMEMS v3.0 con referencia al periodo climatológico entre 1993-2012 (Schaeffer et al, 2016; Pujol et. al, 2016).

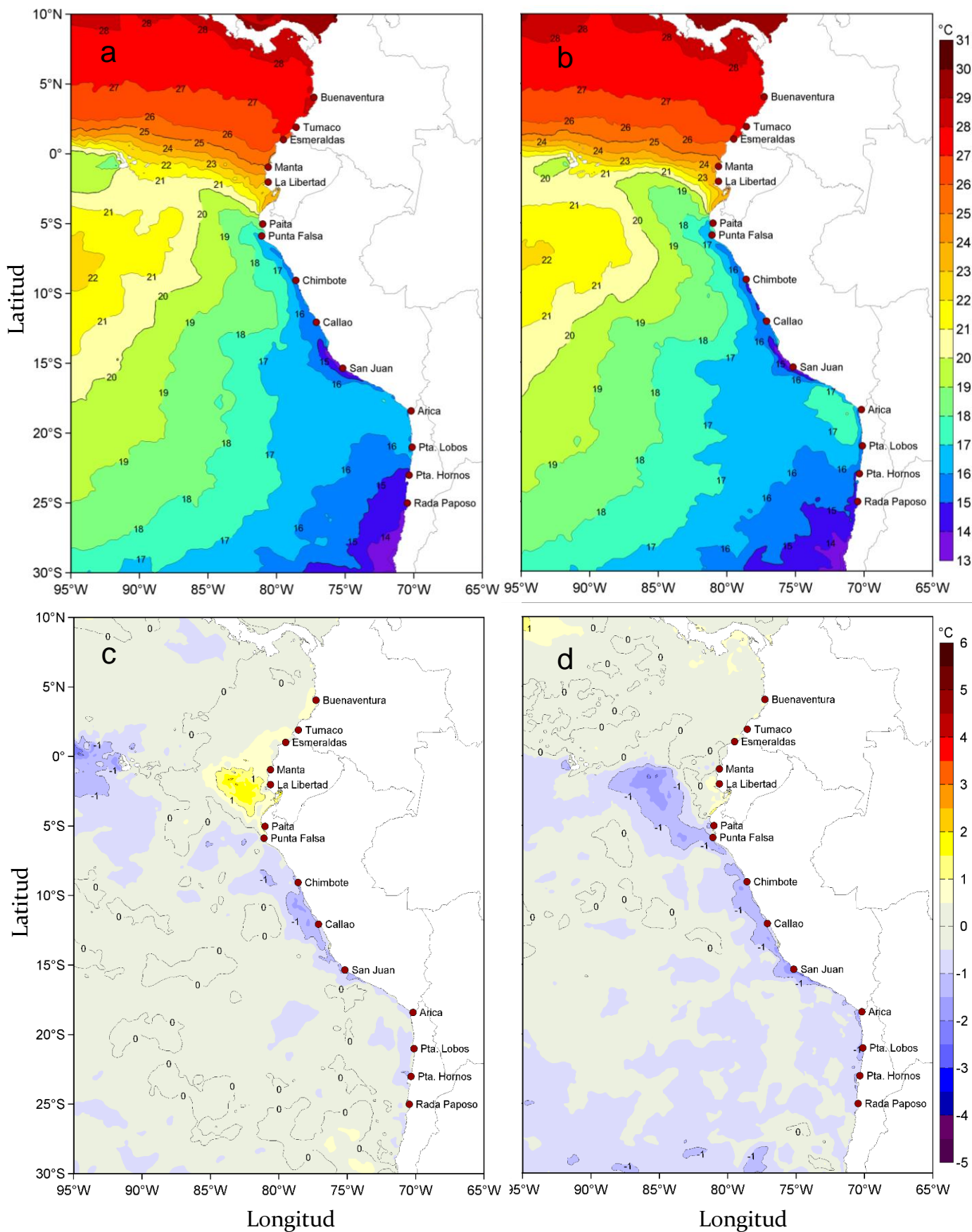


Figura 11. a,b) Distribución espacial promedio de la temperatura superficial del mar [°C]; c, d) la anomalía de la temperatura superficial del mar [°C] para los meses de septiembre y octubre de 2021, respectivamente. Las figuras a y b se obtuvieron de OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012) con referencia a la climatología entre 2007 y 2016.

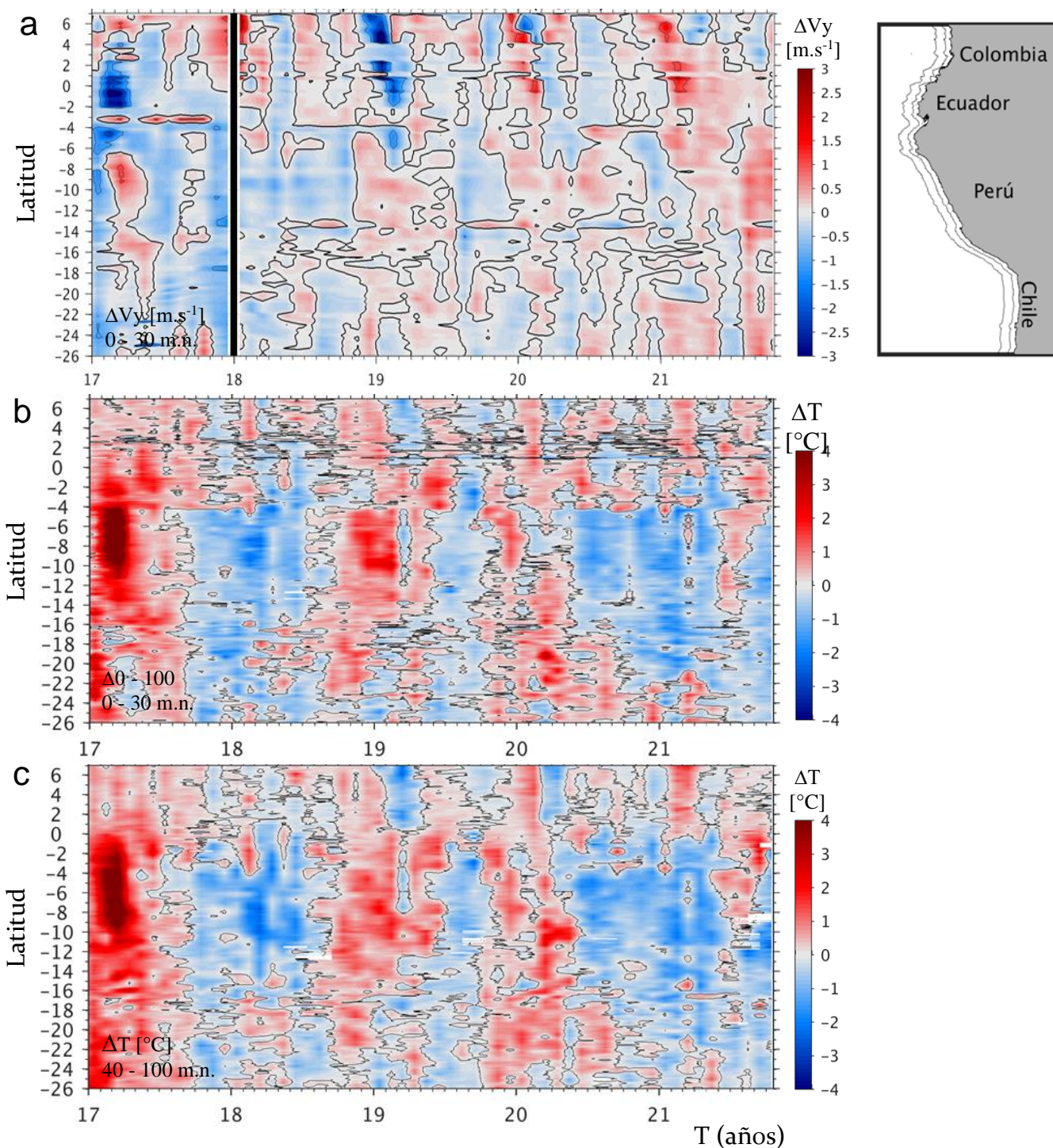


Figura 12. a) Diagramas Hovmöller de la anomalía de la componente meridional del viento [m.s^{-1}] para una banda costera entre 0 y 30 m.n. de Colombia (7°N) a Chile (26°S); b y c) Anomalías de la TSM ($^{\circ}\text{C}$) para una banda paralela a la zona costera (0-30 m.n.) y oceánica (40-100 m.n.). Las subáreas frente al litoral sudamericano se presentan en la figura superior a la derecha. Las escalas de colores, en cada caso, se encuentran a la derecha. Las series Hovmöller se adaptaron de Grendi et al (2021).

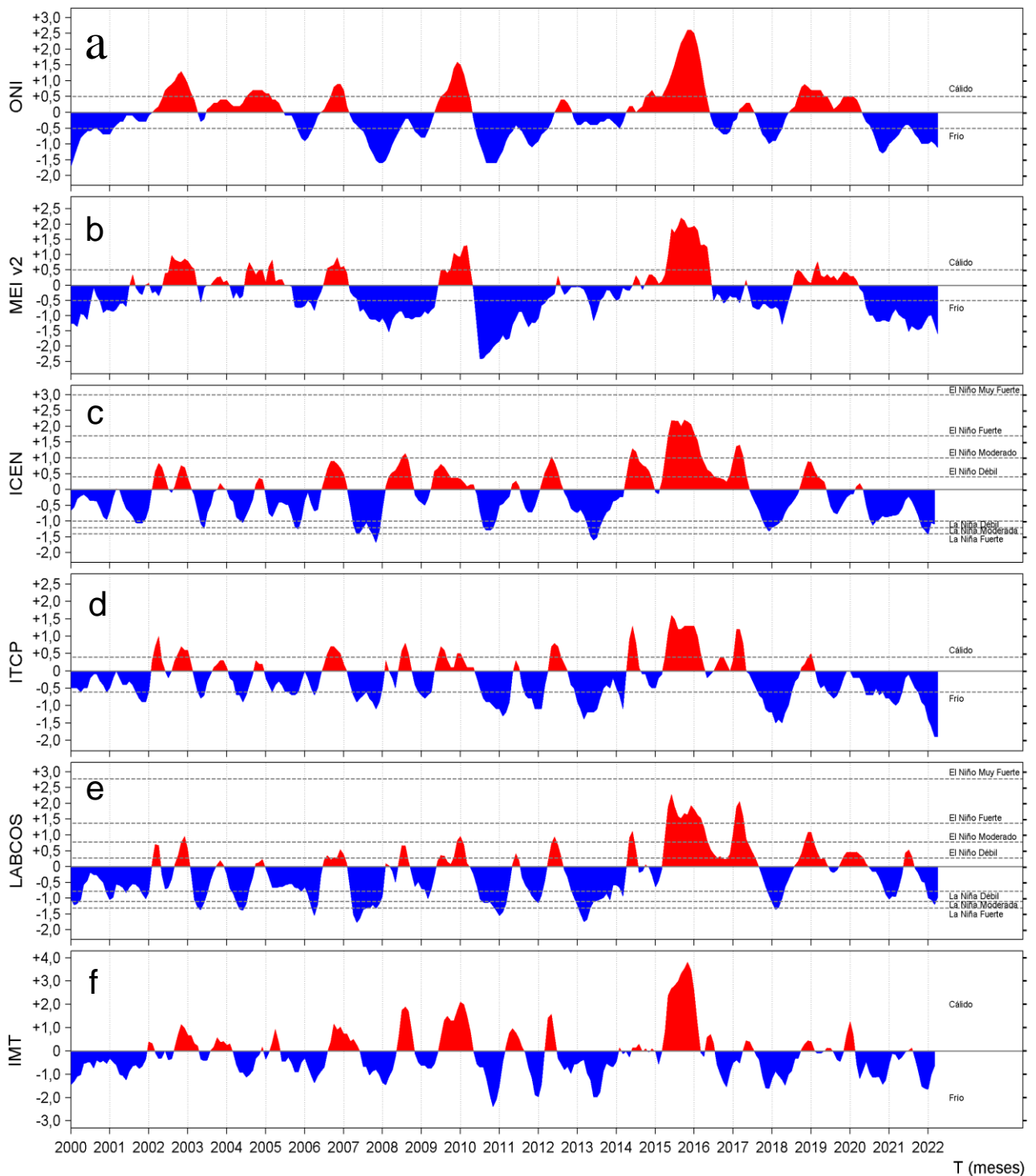


Figura 13. Series de tiempo de los índices climáticos a) Índice Niño Oceánico (ONI; Huang et al., 2017), b) Índice Multivariado de ENOS (MEI v2; Wolter y Timlin (1993, 1998 y 2011) y Kobayashi et al., 2015), c) Índice Costero El Niño (ICEN; Takahashi et al., 2014), d) Índice Térmico Costero Peruano (ITCP; Quispe et al., 2016), e) Índice LABCOS (Quispe y Vásquez, 2015) y f) Índice Multivariado de Tumaco (IMT; Rodríguez-Rubio, 2013), respectivamente, desde el año 2000.

Tabla 1: Cruceros realizados, número de estaciones y variables medidas

País	Buque	Fecha de inicio-término	Institución ejecutora	Variables medidas	N° Est.
Ecuador	B.A.E. Orión	23/10-16/11/2021 (25 días)	INOCAR	<p>Meteorología: Mediciones horarias de Temperatura Superficial del Mar, Temperatura del aire, Viento y Presión Atmosférica de acuerdo a la OMM y NODC (1991).</p> <p>Oceanografía física: T, S (0-500 m) y hasta 1000 m en la transecta 82°W. Se empleó un perfilador CTD Seabird 19plus v2 con sensores externos de fluorescencia, PH y oxígeno disuelto.</p> <p>Oceanografía química: O2 y nutrientes (Nitrito, Nitrato, Silicato, Fosfato). La toma de muestras de aguas se ejecutó a profundidades Estándar (0, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100 m).</p> <p>Oceanografía Biológica: Clorofila y conteo celular en las profundidades estándar. Análisis cualitativo de fitoplancton mediante lances superficiales y verticales empleando una red cilindro cónica simple con una apertura de malla de 50 µ. Se efectuaron lances de red de cilindro cónica simple con una apertura de malla de 335 µ para análisis de las comunidades del zooplancton.</p> <p>Los lances superficiales se realizaron durante 10 minutos a una velocidad de 2 nudos y los lances verticales se ejecutaron en la columna de agua desde la superficie hasta los 50m de profundidad.</p> <p>Estaciones: Mediciones realizadas con un equipo CTDO y recolección de agua a profundidades estándar, para análisis físicos, biológicos y químicos.</p> <p>Referencia: Vera, L; F. Hernández-Vaca; S. Recalde y S. Nativí, 2021. Informe científico preliminar de las condiciones océano-atmosféricas monitoreadas en el crucero B.A.E. Orión CO-I-2021. Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador/Ministerio de Defensa Nacional. Informe Interno.</p>	37
Perú	B.I.C. Luis Flores E/P TASA 314 ¹ E/P INCAMAR 1 ²	22/09-05/11/2021 (43d) 22/09-27/10/2021 (36d) 23/09-23/10/2021 (31d)	IMARPE	<p>Meteorología: Ta, Hr, Pa, Vw/Dw (estación meteorológica Vaissala Milos 500) de acuerdo a la OMM y NODC (1991).</p> <p>Se realizaron 5 transectas frente a las localidades de Paita (5°S), Punta Falsa (6°S), Chimbote (9°S), Callao (12°S) y San Juan de Marcona (15°S).</p> <p>Oceanografía física: TSM con termómetros superficiales. Se empleó el CTD-SBE-19plus SN 7357 (BIC Flores), SN 7554 (E/P TASA 314) y SN 7945 (E/P INCAMAR 1). Las muestras de salinidad se colectaron para calibrar los datos de CTD y se analizaron con el Portasal Guildline 8410.</p> <p>Oceanografía química: Se colectaron volúmenes de agua de mar a niveles estándar entre 0 y 500 m para el análisis de oxígeno disuelto, nutrientes (nitrito, nitrato, fosfato, silicato) y Cl-a. Los nutrientes y clorofila-a se colectaron en superficie, en la mayoría de estaciones de CTD y en las estaciones multidisciplinarias en frascos de polietileno de 250 y 100 ml, respectivamente. Para estimar las concentraciones de oxígeno se empleó el método de Winkler modificado por Carrit y Carpenter (1965). Las muestras para clorofila-a se filtraron con filtros de fibra de Vidrio (GF/F) de 0,75 µm de 25 mm de diámetro y se preservaron por congelamiento hasta su análisis con el espectrofotómetro Turner Design 10AU.</p> <p>Biología: Se colectaron muestras de fitoplancton (red/agua) en estaciones seleccionadas con red estándar de 75 µ de poro de malla. Los arrastres superficiales se realizaron durante 5 minutos a 3 nudos de velocidad. Las muestras de red se fijaron y preservaron con formalina neutralizada al 1% para su posterior identificación. Las muestras de zooplancton (red) se colectaron con la red WP-2 mediante arrastres horizontales a nivel superficial a una velocidad de 3 nudos en promedio. La cantidad de agua filtrada se estimó con el medidor de flujo General Oceanic modelo 2030R. El contenido de la bolsa colectora se colocó en frascos de plástico de boca ancha de 300 cc de volumen. Las muestras se fijaron en formaldehído al 2% etiquetándose para su determinación en tierra.</p> <p>Mediciones complementarias: Evaluación hidroacústica de cardúmenes, avistamiento de mamíferos marinos.</p> <p>Estaciones: 238 (34 profundas y 204 superficiales).</p> <p>Referencia: IMARPE, 2021. Informe del Crucero de Investigación Hidroacústica de los principales recursos pelágicos, 22 de septiembre-05 de noviembre, 2021. Informe Interno.</p>	238

Chile	B/I Abate Molina	22/09-31/10/2021 (31d)	IFOP	<p>Meteorología: Estación meteorológica Vaisala, modelo MAWS 410: temperatura del aire, presión atmosférica (Hpa), humedad relativa, intensidad y dirección del viento de acuerdo a la OMM y NODC (1991).</p> <p>Se realizaron 12 transectas frente a Arica (18° 25'S), punta Madrid (19° 00'S), punta Junín (19° 40'S), punta Gruesa (20° 20'S), punta Lobos (21° 00'S), punta Arenas (21° 40'S), punta Copaca (22° 20'S), punta Hornos (Mejillones, 23° 00'S) y bahía Moreno (Antofagasta, 23° 40'S), punta Tres Picos (24° 20'S), rada Paposo (25° 00'S) y punta Ballenita (25° 50'S).</p> <p>Oceanografía: En las estaciones profundas se recolectó información oceanográfica físico-química y biológica hasta 500 m de profundidad a 1, 5, 10, 20, 40, 60, 80 y 100 m.n. de distancia a la costa, con excepción de las estaciones a 100 m.n. donde se realizó el muestreo con CTD/OF hasta una profundidad de 700 m y del perfil Arica que se extendió hasta 80 m.n. Las segundas se ubicaron a 30, 50, 70 y 90 m.n. y consideraron el muestreo hasta 100 m con CTD/OF. En el muestreo se utilizaron dos equipos CTD/OF de marca SeaBird. El CTD/OF principal es un modelo 911 operado en tiempo real durante las estaciones oceanográficas profundas y el otro fue un modelo 19plus V2 operado en modo de autocontenido, en las estaciones superficiales y de recolección de huevos de anchoveta.</p> <p>Química: Se realizó un muestreo discreto para el análisis de clorofila-a y del oxígeno disuelto, con botellas Niskin de 5 L, adosadas a un sistema de Roseta, a niveles de profundidades estándar 1, 5, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300 y 500 m. La medición de la concentración de oxígeno disuelto se realizó mediante el método Winkler modificado por Carpenter (1965) empleando una micro-bureta Dosimat (0,001) y dispensadores automáticos. Las muestras de agua para el análisis de clorofila-a fueron filtradas in situ con un volumen estandarizado de 50 mL, utilizando un sistema de filtrado múltiple con filtros de fibra de vidrio (MFS, GF/75) de 25 mm de diámetro y tamaño de poro de 0,7 µm. Las muestras fueron almacenadas en nitrógeno líquido hasta su posterior análisis en el laboratorio.</p> <p>Biología: Se realizaron pescas planctónicas a través de lances verticales continuos y estratificados con una red modelo WP-2. Los lances continuos se realizaron hasta 100 m de profundidad como máximo. La red WP-2 contó con una apertura de malla de 300 micras y un sistema de cierre por estrangulación para lances estratificados. La medición del agua filtrada, se hizo mediante un flujómetro marca TSK fijado al aro de la red, calibrado y metodología estándar del Instituto Nacional de Hidráulica de Chile. Los lances estratificados se hicieron solo en las estaciones oceanográficas incluidas dentro de las 40 primeras millas náuticas de distancia a la costa en los tramos: 0-10m, 10-25m y 25-50m. Las muestras obtenidas fueron fijadas con una solución de agua de mar con formalina al 5 %, neutralizada con tetraborato de sodio.</p> <p>Mediciones complementarias: Durante el crucero se registró la densidad acústica del recurso anchoveta y otras especies presentes en la zona. En horario diurno y con buenas condiciones de mar se realizó avistamiento de mamíferos marinos.</p> <p>Estaciones: 139 (95 profundas y 44 superficiales).</p> <p>Referencia: Catherine Grendi Celedón; Milena Pizarro Revelo; Adrián Bustamante Maino; Úrsula Cifuentes Ojeda, Jéssica Bonicelli Proaño & Hernán Reyes Rivas, 2021. Informe ejecutivo nacional del Vigésimo Cuarto Crucero Regional Conjunto de Investigación oceanográfica en el Pacífico sudeste. B/I Abate Molina, 22 de septiembre – 22 de octubre, 2021. Departamento de Oceanografía y Medio Ambiente/Instituto de Fomento Pesquero. Informe interno.</p>	139
-------	------------------	------------------------	------	---	-----

Tabla 2. Personal científico participante

País	Ecuador
Crucero	Crucero Oceanográfico CO-I-2021
Plataforma oceanográfica	B.A.E. Orión
Jefe Científico	CPCB-SU Othoniel Palacios
Capitán del buque	CPFG-EM Juan Carlos Fiallo Molina
Especialistas por componentes	Meteorología: CBOP-HI- Rubén Caba, CBOP-HI Jhonny Loor Oceanografía Física: Oce. Sonia Recalde, Ing. Sharon Muñoz, Ing. Freddy López Oceanografía Química: OF. María del Carmen Gamboa, Ing. Quím. Alfredo Lynch Oceanografía Biológica: Blga. Elsa Salazar, Blgo. Raúl Marcillo Gestión Ambiental/Microplásticos: Ing. Verónica Condo.
Invitados	Física y Meteorología: Elisa Toro Yerovi (ESPOL), Francis Espinoza Aguirre (SEK) Química: Johara Sarmiento, Elvis Piguave, Analía Intriago Gestión Ambiental: Alison Selena Vega Ayala (SEK) Biología: Doménica Campos (ESPOL)
País	Perú
Crucero	Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos 2021/09-10
Plataforma oceanográfica	B.I.C. Luis Flores
Jefe Científico	Dr. Ramiro Castillo Valderrama
Capitán del buque	Cap. Alfredo Álvaro Sosa
Especialistas por componentes	Oceanografía física: MSc. Daniel Quispe, MSc. Cristhian Asto Oceanografía química: Ing. Kevin Díaz, Tec. Miguel Sarmiento Oceanografía biológica: Blga. Katherine Natividad Recursos Pelágicos: Blgo. José Salcedo, Ing. Pablo González, Blgo. Ricardo Tafur, Tec. Jesús Sánchez Biología Reproductiva: Blgo. Javier Castillo, Blgo. Javier Sánchez Acústica y Pesca: Ing. Luis La Cruz, Ing. Gustavo Cuadros, Ing. Germán Chacón E/P Incamar 1: Dr. Daniel Grados, Ing. Marisela Posada, Ing. Carlos Valdez, Ing. Ronald Huallpa e Ing. Julio Limache E/P TASA 314: Ing. Aarón Paz, Fis. Jason Rojas
País	Chile
Crucero	Condiciones bio-oceanográficas y evaluación del stock desovante de anchoveta entre las regiones de Arica y Parinacota y Antofagasta, año 2021
Plataforma oceanográfica	B/I Abate Molina
Jefe Científico	Oce. Hernán Reyes Rivas
Capitán del buque	Cap. Takashi Abe
Especialistas por componentes	Oceanografía física: Oce. Hernán Reyes, Blga. Elda Riquelme Oceanografía química: Oce. Darleen Riveros, Blga. Consuelo González. Plancton: Blga. Jessica Bonicelli, Tecnólogo Christian Ibieta, Blga. Débora Albormoz, Oce. Andrea Soto, Blga. Yanara Figueroa. Operadores Marinos: Ing. Pesq. Iván Toro, Ing. Pesq. Andrés Ruiz Acústica: Tecnólogo Manuel Rojas, Tecnólogo Adrián Ibieta Observación de Mamíferos Marinos: Obs. Científico Robert Bello, Obs. Científico Judith Díaz.

Tabla 3. Comité Coordinador del XXIV Crucero Oceanográfico Regional

País	Institución Especializada	Especialista	Coordinación Científica
Ecuador	INOCAR	Oce. Leonor Vera	Nacional
Perú	IMARPE	Oce. Carmen Grados	Nacional/Regional
Chile	IFOP	Oce. Hernán Reyes	Nacional