



COMISIÓN PERMANENTE DEL PACÍFICO SUR (CPPS)

Informe Ejecutivo del Vigésimo Tercer Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste



Condiciones Físicas y Químicas (Oxígeno) durante el
Vigésimo Tercer Crucero Regional Conjunto de Investigación
Oceanográfica en el Pacífico Sudeste

CPPS - 2021



Ministerio de Defensa Nacional
Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
Centro de Investigaciones Oceanográficas
e Hidrográficas del Pacífico



Nota de responsabilidad:

Este documento ha sido preparado por representantes de la Dirección General Marítima (DIMAR), del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (CCCP), del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), del Instituto del Mar del Perú (IMARPE) y del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), 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 y no necesariamente son los puntos de vista de la CPPS.

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. 2021. Informe Ejecutivo del Vigésimo Tercer Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste 2020: Condiciones Físicas y Químicas (Oxígeno) durante el Vigésimo Tercer Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste. Comisión Permanente del Pacífico Sur - CPPS. Guayaquil, Ecuador. 39 p.

Comité Editor:

Leonor Vera San Martín y Freddy Hernández Vaca (INOCAR), Carmen Grados Quispe (IMARPE), Ana Caicedo Laurido y Manuel Gutiérrez Moreno (CCCP), Hernán Reyes Rivas (IFOP)

Autores:

Leonor Vera San Martín y Freddy Hernández Vaca, Dirección de Oceanografía y Meteorología, División El Niño y Clima Oceánico (INOCAR), Ecuador. Manuel Gutiérrez Moreno y Ana Caicedo Laurido, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (DIMAR-CCCP), Colombia. Carmen Grados Quispe, Katherine Vásquez Cecya, David Correa Chilón, Adolfo Chamorro Gómez, Carlos Quispe Ccalluari, Jesús Ledesma Rivera, Dirección General de Investigaciones Oceanográficas y Cambio Climático (IMARPE), Perú. Catherine Grendi Celedón, Tomás Berger Muñoz, Úrsula Cifuentes Ojeda y Hernán Reyes Rivas, Departamento de Oceanografía y Medio Ambiente (IFOP), Chile.

Fotos en la portada:

Tormenta del océano: Zacarias Pereira Da Mata / 123RF
B/I Abate Molina: IFOP
ARC Gorgona: CCCP/DIMAR
BAE Orión: INOCAR
BIC José Olaya y BIC Humboldt: IMARPE

© 2021 CPPS
Guayaquil, Ecuador

ISBN: 978-9942-8758-7-7



INFORME EJECUTIVO DEL VIGÉSIMO TERCER CRUCERO REGIONAL CONJUNTO DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA EN EL PACÍFICO SUDESTE

Condiciones Físicas y Químicas (Oxígeno) durante el Vigésimo Tercer
Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el
Pacífico Sudeste

CPPS - 2021

Buque Oceanográfico A.R.C.Malpelo, 13 de septiembre al 7 de octubre/2020
Buque de Investigación de la Armada del Ecuador ORIÓN, 1 al 21 de octubre/2020
BIC José Olaya y BIC Humboldt, 20 de septiembre al 11 de noviembre/ 2020
B/I Abate Molina, 20 de septiembre al 22 de octubre/2020

CONTENIDO

I	RESUMEN	1
II	INTRODUCCIÓN	2
III	ANTECEDENTES	2
IV	OBJETIVOS	3
V	METODOLOGÍA	3
VI	RESULTADOS	5
	6.1 COMPONENTE ATMOSFÉRICO	5
	6.2 COMPONENTE OCEANOGRÁFICO	5
	6.2.1 Condiciones Superficiales	5
	6.2.2 Características Oceanográficas Superficiales	6
	6.2.3 Topografía de las Isotermas de 20°C y 15°C	8
	6.2.4 Masas de Agua	8
	6.3 ONDAS KELVIN ECUATORIALES	9
VII	DISCUSIÓN	9
VIII	CONCLUSIONES	11
IX	PREVISIÓN OCEANOGRÁFICA PARA EL PRIMER TRIMESTRE 2020-2021	11
X	RECONOCIMIENTOS	11
XI	BIBLIOGRAFÍA	12

FIGURAS

Figura 1.	Área de estudio: Los puntos de color azul muestran la ubicación de las estaciones durante el XXIII Crucero Regional Conjunto de Investigaciones Oceanográficas en el Pacífico Sudeste.	17
Figura 2.	Viento superficial (m/s) registrado en los cruceros de Colombia, Perú y Chile.	18
Figura 3.	a) Temperatura superficial del mar (°C) y b) anomalía	19
Figura 4.	Salinidad superficial del mar (izquierda) y su anomalía (derecha).	20
Figura 5.	Oxígeno disuelto superficial.	21
Figure 6.	Secciones de temperatura perpendiculares a la costa.	22
Figura 7.	Secciones de salinidad perpendiculares a la costa.	23
Figura 8.	Secciones de oxígeno disuelto perpendiculares a la costa.	24
Figura 9.	Sección oceanográfica paralela a la costa hasta 500 m. De arriba hacia abajo, temperatura del mar, salinidad y oxígeno disuelto. el mapa en el lado derecho muestra la ubicación de la sección.	25
Figura 10.	Profundidad de la isoterma de 20°C (superior) y de la isoterma de 15 °C (inferior).	26
Figura 11.	Masas de aguas registradas durante los cruceros oceanográficos.	27
Figura 12.	Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin. Modo 1 (línea continua) y modo 2 (línea punteada) en el Pacífico Ecuatorial (0°N). Para el cálculo de las anomalías se usó el periodo 2000-2008. La línea discontinua horizontal indica el inicio del pronóstico. XXIII Crucero Regional Conjunto de Investigaciones Oceanográficas en el Pacífico Sudeste, Componente Perú.	28
Figura 13.	Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar para s) septiembre y b) octubre 2020 y sus anomalías (c, d). fuente de datos: NCEP/NOAA.	29
Figura 14.	Distribución espacial promedio mensual de la velocidad (M/S) y dirección del viento (m/s) para: a) septiembre y b) octubre de 2020 y sus anomalías (c, d). La velocidad del viento y su anomalía se presentan en matices de colores. La dirección del viento y su anomalía se presentan con flechas. Fuente de los datos: Satélite ASCAT y climatología QuikSCAT – ASCAT 2000 - 2014.	30
Figura 15.	Índice ONI (panel superior) y diagrama de la anomalía de la TSM (paneles inferiores). Hovmöller para las áreas comprendidas entre: 6°N - 26°S y desde la costa hasta 30 mn, 6°N - 26°S y 40mn -100mn (90°O) de la costa, y 1°N - 2°S y 89°O - 93°O (archipiélago de Galápagos). Se utilizaron datos promedio del compuesto mensual de temperatura del programa “Ocean Color Web” que distribuye información del satélite MODIS-Aqua (http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/). Las anomalías de temperaturas satelitales (ATSM) corresponden a la sustracción de la señal anual del periodo julio 2002-octubre 2020 a los datos mensuales de la serie.	31

Figura 16. Anomalía de los vientos, meridionales (superior) y zonales (inferior). Diagramas Hovmoller de anomalías mensuales entre 2015 y 2020 de los componentes de vientos, meridionales, en la banda cercana a la costa (0-30 mn) y 6°N - 26°S; y zonales, entre 6°N - 6°S y 90°O - 75°O. La información pertenece al producto global IFREMER CERSAT, estimado cada 6 horas, con una resolución espacial de 28 x 28 km² (0.25°/0.25° en latitud/longitud) y que combina la magnitud y las componentes meridional y zonal de los escaterómetros ASCAT y radiómetros SSMIS, provistos por el Sistema de Sensores Remotos (RSS, siglas en inglés); y del radiómetro WindSat. Esta información se la obtuvo de dos bases de datos (L4) del repositorio COPERNICUS (<http://marine.copernicus.eu/>): la primera reprocesada hasta el 2017 (WIND_GLO_WIND_L4_REP_OBSERVATIONS_012_006) y la segunda, cercana al tiempo real (WIND_GLO_WIND_L4_NRT_OBSERVATIONS_012_004) entre el 2018 y 2020. El cambio del uso de datos en los Hovmoller se encuentra identificada por una línea vertical gruesa centrada en enero del año 2018.

32

TABLAS

Tabla 1.	Comité Coordinador del XXIII Crucero Oceanográfico Regional	35
Tabla 2.	Personal participante en el Crucero Oceanográfico	35
Tabla 3.	Fechas de inicio y término de las expediciones científicas	39

I | RESUMEN

El Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste es una iniciativa del programa “Estudio Regional del Fenómeno El Niño” de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). Esta acción sinérgica se sustenta en programas de investigación institucionales sistemáticos desde 1998 y permite fortalecer diferentes competencias en los países de la región bajo un enfoque multidisciplinario hacia la gestión del riesgo de desastres.

Este informe expone el escenario atmosférico (vientos) y oceanográfico (físico-químico) de septiembre a octubre de 2020 en el Pacífico Sudeste con la finalidad de anticipar -de manera oportuna- la presencia de condiciones El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) en el primer trimestre de 2021.

El XXIII crucero regional conjunto se realizó durante la presencia de condiciones frías en el Pacífico Central ecuatorial y vientos superficiales meridionales fortalecidos en la región oceánica de la Cuenca del Pacífico Sudeste, ambos factores asociados al desarrollo de un episodio ENOS frío.

Durante el crucero los registros de vientos mostraron dirección predominante Sur, lo que favoreció las surgencias frente a las costas de Perú y Chile y al oeste de la isla Isabela - Galápagos y la configuración de anomalías negativas.

La distribución de Temperatura, Salinidad y Oxígeno Superficial evidenció Agua Tropical Superficial al norte del Frente Ecuatorial y Agua Superficial Ecuatorial al sur. La isoterma de 20 °C, se identificó al norte de 3°S, en aguas ecuatorianas y colombianas; mientras que la isoterma de 15 °C se profundizó hacia el sur, con sus máximos en las costas de Chile.

Los registros durante el Crucero oceanográfico mostraron la prevalencia de condiciones frías en el área de estudio con tendencia a condiciones entre neutrales y frías en el primer trimestre del 2020.

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

II | INTRODUCCIÓN

El Océano Pacífico Sudeste (OPS) es de suma importancia para la previsión y diagnóstico de procesos de variabilidad climática interanual, como El Niño-Oscilación Sur (ENOS) en sus fases cálida y fría, al considerarse una zona de generación, donde las variables climáticas y atmosféricas a diferentes escalas temporales y espaciales, dan las primeras señales del desarrollo de estos eventos, con efectos distintivos en los países de la costa continental sudamericana, (Imarpe, 2020).

En el marco Estudio Regional del Fenómeno de El Niño (ERFEN), instituido por Colombia, Ecuador, Perú y Chile, en 1998, se realiza el primer crucero regional conjunto, como contribución al Año Internacional de los Océanos. En los años siguientes, considerando los impactos causados por episodios ENOS y dada la importancia de la vigilancia integral de los océanos, se institucionalizó la ejecución anual de cruceros oceanográficos coordinados y sincronizados entre los Estados miembros con el apoyo de la Comisión Permanente del Pacífico Sur.

En este documento se presenta el análisis de la información de variables físicas y química en el período de duración del crucero, utilizando la información recolectada durante el XXIII Crucero Regional conjunto, a bordo de las embarcaciones descritas en la Tabla 3, y reforzada con datos satelitales superficiales en el área de estudio. Asimismo, se establecen perspectivas de las condiciones ambientales para el primer trimestre de 2021, constituyendo el aporte del Comité Coordinador de Cruceros Regional, al Estudio de eventos ENOS del Comité ERFEN regional.

La nómina de coordinadores nacionales de cruceros, de especialistas e instituciones participantes en las expediciones, se describen en las tablas 1 y 2.

III | ANTECEDENTES

Desde diciembre del 2019 hasta octubre 2020, en la cuenca del OPS predominaron, condiciones neutrales de TSM, con variaciones de anomalías positivas y negativas en el Pacífico Oriental Ecuatorial y frente a la costa sudamericana. Además, en agosto 2020 en su boletín mensual, la NOAA declaró condiciones La Niña en el Pacífico Tropical. En este escenario se realizó en XXIII crucero regional, (NOAA, 2020, a, b y c).

Desde noviembre de 2019 hasta marzo de 2020, el índice oceánico del Niño (ONI, siglas en inglés) estuvo en el umbral de un evento ENOS cálido, presentado un valor de 0.5 °C, excepto febrero de 2020, cuando se incrementó a 0.6 °C y desde abril 2020, con un valor de -0.6 °C, valor que superó el límite considerado normal, y se ubicó en condición la Niña con tendencia decreciente que persiste hasta la fecha. A escala regional, en la región Niño 1+2, el índice ICEN (ENFEN, 2012 y Takahashi, et al. (2014)) indicó condiciones neutras en el umbral de una condición fría en julio, septiembre y octubre. Conforme a este comportamiento las series de ATSM para las regiones Niño 1+2, Niño 4 y Niño 3.4 exhibieron una tendencia negativa en los últimos meses,

particularmente en septiembre (NOAA, 2020 b) y octubre (NOAA, 2020 c), (Imarpe, 2020) y (BAC 361).

El Índice de Oscilación del Sur (IOS), (<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products>), en noviembre y diciembre de 2019, (BAC 350 y 351), presentó valores negativos que coincidieron con un evento cálido, posteriormente se ubicó dentro de los límites de neutralidad hasta julio de 2020, a partir septiembre presentó valores positivos, asociado a las condiciones frías en el Pacífico ecuatorial.

IV | OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Documentar la variabilidad de las propiedades del océano y la atmósfera adyacente en el Pacífico Sudeste en septiembre - noviembre de 2020 con la finalidad de anticipar oportunamente la posible ocurrencia de un evento ENOS entre noviembre/diciembre de 2020 y marzo/abril de 2021.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir las condiciones océano-atmosféricas a macro escala en el Pacífico Tropical y sus efectos en la dinámica regional.
- Describir las condiciones oceanográficas en el Pacífico Tropical y sur oriental registradas durante el periodo del crucero.
- Analizar las condiciones océano-atmosféricas durante el periodo del crucero para contribuir al diagnóstico y previsión de condiciones ENOS en la región.

V | METODOLOGÍA

El Vigésimo Tercer Crucero Regional Conjunto se ejecutó a través de expediciones de los cuatro Estados miembros, con mediciones entre 13 de septiembre al 4 de noviembre de 2020 en las embarcaciones que se describen en la Tabla 3 con un total de 451 estaciones, las cuales se indican en la Figura 1.

Se realizaron mediciones superficiales y perfiles en profundidad de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto hasta máximo 1000 metros, utilizando un CTD SeaBird, el cual fue maniobrado en tiempo real junto con un sistema de Roseta de muestreo vertical, equipado con botellas Niskin a profundidades estándares de 0, 5, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300 y 500 m. El manejo del equipo y el procesamiento de los datos se efectuaron de acuerdo a CPPS (2015). El análisis de OD se realizó a bordo mediante el método Winkler modificado por Carpenter (1965). La recolección de información meteorológica se realizó en los cruceros locales de Colombia, Perú y Chile, de

acuerdo a la metodología recomendada por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y para el registro, se acogieron las normas, tablas y códigos del National Oceanographic Data Center (NODC, 1991).

Los datos del CTD se interpolaron espacialmente por medio del método DIVA, de ODV y se confeccionaron las cartas de distribución superficial y vertical de las variables de temperatura, salinidad y oxígeno y de la profundidad de las isotermas de 20 °C y 15 °C. Para el cálculo de las anomalías superficiales de temperatura y salinidad en los meses respectivos de ejecución del crucero (septiembre y octubre), se utilizó la climatología del World Ocean Database, 2018 (WOA), disponible en línea (<https://www.nodc.noaa.gov/OC5/woa18/woa18data.html>). El valor de la anomalía correspondió a la diferencia entre el valor observado y los promedios para cada mes, calculados respecto a la climatología utilizada. Las masas de agua se identificaron mediante diagramas TS.

Para caracterizar las condiciones atmosféricas durante el crucero, como la actividad de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), la acción del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) y su forzamiento en la dinámica regional y local se registró información de temperatura del aire, presión atmosférica superficial y vientos (velocidad y dirección). En el presente documento se presenta la información de vientos.

Con el fin de detectar la propagación de las Ondas Kelvin Ecuatoriales (OKE) y su impacto en la costa Sudamericana, se ejecutó un modelo oceánico de complejidad intermedia con 3 modos baroclínicos forzado con vientos del NCEP (Kalnay et al. 1996), 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. La suma de los primeros dos modos (modo 1, modo 2) proporcionan la mayor contribución a la anomalía del nivel del mar. La visualización de los datos oceanográficos del crucero en superficie y a escala vertical se realizó de acuerdo al software Ocean Data View (ODV) en su versión v5.3.0 (Schlitzar, 2020), la información de productos satelitales y otros complementarios se realizó con MATLAB.

Con el fin de documentar las condiciones promedio de contexto durante la presente versión del crucero, la información local se complementó con productos satelitales de presión atmosférica superficial y vientos. Para monitorear las zonas de alta y baja presión se construyeron mapas del promedio mensual de la presión atmosférica a nivel superficial con la base de datos del National Centers for Environmental Prediction (Kalnay et al. 1996) que tienen una resolución espacial de 2.5° y están disponibles en el enlace <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>. El promedio de viento mensual a 10 m de la superficie del mar, del escaterómetro ASCAT con una resolución de ~25 x 25 km, fue obtenido del Centre de Recherche et d'ExploitationSatellitaire (CERSAT) en L'InstitutFrançais de Recherchepourl'Exploitation de la Mer (IFREMER) disponibles en <ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/cersat/products/gridded/MWF/L3/ASCAT/Daily/>; TSM y ATSM del producto Análisis Operacional de la TSM y del Hielo Marino (OSTIA en inglés) en su versión OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012) disponibles en <https://podaac-tools.jpl.nasa.gov/drive/files/allData/ghrsst/data/GDS2/L4/GLOB/UKMO/OSTIA/v2>.

Además se emplearon series de tiempo desde el 2015 del índice ONI, vientos y TSM, para contextualizar el escenario actual con la variabilidad interanual. Se confeccionaron diagramas de anomalía de temperatura superficial del mar, latitud vs tiempo, llamado Hovmöller, para las áreas entre 6°N y 26°S, desde la costa hasta 100 mn (90°O), y entre 1°N y 2°S y 89° y 93°O (archipiélago de Galápagos).

VI | RESULTADOS

6.1 COMPONENTE ATMOSFÉRICO

Predominaron vientos del sur, con variaciones suroeste (Colombia) o sureste (costas de Perú y Chile), de acuerdo a la dirección de la costa. La componente este fue importante frente a Perú y Chile. En la cuenca Pacífica colombiana, la mayor intensidad, 9.4 m/s, ocurrió en 2.5°N y 84°O, y la menor, de 1.4 m/s, frente a la costa en 7.5°N. En Perú, los vientos oscilaron entre 2 m/s a 12 m/s; con vientos superiores a 6.8 m/s frente a Talara (4.5°S), así como por fuera de las 10 mn desde Chicama (7.8° S) hasta San Juan de Marcona (15.4° S) y vientos de débil intensidad se observaron entre Paita (5°S) y Chimbote (9°S) y entre Callao (12°S) y Pisco (13.7°S). En Chile, los registros de viento a bordo evidenciaron un predominio de viento sur favorable a la surgencia.

Los vientos Sur de intensidad débil (<5 m/s) presentaron una amplia distribución espacial, los de intensidad moderada (5-10 m/s) se concentraron al norte de 23°S y entre 24° y 26°S. Los de mayor intensidad (>10 m/s hasta 21 m/s) fueron de dirección sur y sur-este y estuvieron presentes en el sector oceánico entre 21°S y 23°S y al sur de 25°S. Los vientos de componente norte presentaron intensidad débil y se distribuyeron principalmente al sur de 23°S, Figura 2.

Vientos superiores a 6.8 m/s ocurrieron frente a Talara, así como por fuera de las 10 mn desde Chicama hasta San Juan de Marcona. Entre Paita y Chimbote y de Callao a Pisco, por el contrario, se presentaron vientos de débil intensidad.

6.2 COMPONENTE OCEANOGRÁFICO

6.2.1 Condiciones Superficiales

La TSM presentó valores entre 13.4 °C y 28.4 °C, con el máximo en aguas colombianas y mínimo frente a las costas de Perú y Chile. La distribución cuasi zonal de las isotermas, configuró el Frente Ecuatorial con eje promedio en 0.5°S y desde 83°S hacia el oeste, con TSM > a 25 °C al norte y menores a 22 °C, al sur. Frente a Colombia se observaron las zonas más cálidas con temperatura promedio de 26.9 °C; al contrario, núcleos de menor temperatura (14 °C) se observaron adyacentes a la costa, desde Pisco (13.7°S) a San Juan de Marcona (15.4 °S), de Huacho (11 °S) a Mórrope (7 °S) y al sur de Punta Hornos (23°S). Al oeste de Galápagos la TSM de 17°C es menor que la del área circundante, Figura 3a.

La anomalía de la temperatura superficial del mar (ATSM) presentó anomalías negativas en la mayor parte del área de análisis. Condiciones neutras se concentraron en el mar colombiano, junto a la costa de Ecuador y en el sector oceánico de Perú; mientras que, las condiciones frías ($0.5\text{ }^{\circ}\text{C} - 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) se registraron en océano abierto alrededor de la línea ecuatorial hasta 86°O , al oeste de las islas Galápagos y frente a las costas de Perú y Chile. Dos núcleos de anomalías positivas ($\sim 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) se observaron al norte de Paita y este de Galápagos y se asocian a la presencia de aguas de mayor temperatura, Figura 3b.

La salinidad presentó valores de 27, frente a la CPC. Estos valores mínimos se asociaron a la escorrentía de algunos ríos en la costa colombiana cuya influencia alcanzó la costa norte y centro de Ecuador, encontrándose valores menores a 33 hasta Manta (1°S). En el resto del área y hacia el sur la salinidad aumentó y fue superior a 34, con el máximo 35.3, cercano a la costa de Arica ($\sim 18^{\circ}\text{S}$ a 20°S), Figura 4a. Las anomalías fueron negativas frente a las costas de Colombia y Ecuador y neutras en el resto de la región, Figura 4b.

Aguas más oxigenadas se observaron al norte de 1°N y sur de 10°S , con 6 ml/l , asociado a vientos de mayor magnitud; mientras que, en la zona ecuatorial estuvieron los valores mínimos de 5 ml/l . Figura 5.

6.2.2 Características Oceanográficas Superficiales

Perfiles Oceanográficos

Secciones perpendiculares al perfil costero

En Buenaventura (4°N), la temperatura en los primeros 70 m osciló entre $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $28\text{ }^{\circ}\text{C}$. La termoclina se ubicó entre los 45 m a 50 m manteniéndose constante durante toda la latitud. Figura 6a.

En Tumaco (2°N) la temperatura en los primeros 70 m osciló entre los $17.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $28\text{ }^{\circ}\text{C}$. La termoclina se ubicó entre los 45 m a 50 m manteniéndose constante durante toda la latitud. Figura 6b.

La sección Paita (5°S), Figura 6c, presentó condiciones térmicas frías de $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la capa de agua en las primeras 85 mn de la costa sobre 50 m de profundidad. Por debajo de los 100 m, las isotermas de 14 y $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ indicaron una profundización dentro de las 40 y 60 mn indicando flujos hacia el sur. Las anomalías térmicas (no se muestran) indicaron enfriamiento sobre los 80-70 m de profundidad con intensidades de débil ($-1\text{ }^{\circ}\text{C}$) a moderado ($-2\text{ }^{\circ}\text{C}$) entre 10 m (cerca de la costa) hasta 50 m de profundidad (a 100 mn de la costa).

La temperatura evidenció las mayores variaciones en los primeros 100 m de profundidad, disminuyendo en superficie de $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ en Arica ($18^{\circ}25'\text{S}$) y de $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ en Antofagasta ($23^{\circ}40'\text{S}$) hasta $13\text{ }^{\circ}\text{C}$; bajo esta capa la temperatura disminuyó hasta $<8\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el nivel máximo de muestreo (Figuras 6d y 6e). En ambas transectas las isotermas formaron pendientes positivas hacia la costa.

La isoterma de 15 °C se encontró en ambas transectas en la costa a <20 m y en el sector oceánico entre 30 m (Arica,) y 50 m (Antofagasta).

La salinidad en Buenaventura en los primeros 70 m osciló entre los 29 PSU a 34.9 PSU. La haloclina se ubicó entre los 5 m a 30 m siendo menos profunda entre la longitud 80°O a 79°O, esto debido a la influencia de la escorrentía del río San Juan, Figura 7a.

La salinidad en Tumaco en los primeros 70 m osciló entre los 31 PSU a 35 PSU. La haloclina se ubicó entre los 5 a 35 m siendo menos profunda entre longitud 84°O a 82°O, Figura 7b.

La salinidad del mar frente a Paita (Figura 7c) presentó concentraciones homosalinas de 34.9 sobre los 250 m de profundidad con anomalías halinas negativas leves (-0.05) por fuera de las 90 mn y anomalías positivas (0.05) sobre los 10 m de profundidad.

En los primeros 20 m de profundidad en Arica (18°25'S) se observaron salinidades >35 a una distancia >20 mn de la costa (Figura 7d y 7e). Bajo esta capa la salinidad fue >34,8 hasta los 250 m, a mayor profundidad la salinidad disminuyó a <34,6. Comparativamente, la transecta de Antofagasta (23°40'S) presentó menores salinidades, donde los máximos salinos fueron >34.8 y se situaron entre 30 y 150 m profundidad a < 20 mn y como focos aislados por una parte en superficie en torno a las 20 y 80 mn y entre 100 y 150 m profundidad en las 60 mn. En Antofagasta, a mayor distancia de la costa (>20 mn) y a nivel subsuperficial entre 30 y 90 m profundidad se presentó una capa con salinidad <34.6 y bajo los 300 m se observaron nuevamente estos valores.

En los perfiles de Buenaventura y Tumaco se registraron los valores máximos de oxígeno disuelto (OD), 6 ml/l, en la capa superior de 40 m. La zona mínima de oxígeno se encontró aproximadamente, bajo los 200 m, Figuras 8a y 8b.

El oxígeno disuelto en el perfil oceanográfico frente a Paita (Figura 8c) presentó en promedio, valores bajos en la capa superficial (3 mL/L), mientras que el borde superior de la Zona de Mínima de Oxígeno (ZMO) se presentó alrededor de los 50 m y por fuera de las 80 mn, así como a unos 100 m entre las 80 y 40 mn, para luego profundizarse rápidamente hasta los 190 m dentro de las 30 mn de la costa.

En ambas transectas, Arica y Antofagasta, las isoxígenas tuvieron pendientes positivas hacia la costa y concentraciones <5 mL/L se presentaron a 20 m profundidad en la costa (Figura 8d y 8e). Focos costeros de OD >6 mL/L se destacaron en las 5 mn de Arica (18°25'S) y en las primeras 20 mn de Antofagasta (23°40'S). La profundidad del límite superior de la capa de mínimo oxígeno (isoxígena de 1 mL/L) en la costa bajo los 30 m y en el sector oceánico se presentó de 35 m en Arica (18°25'S) hasta bordear los 100 m en Antofagasta (23°40'S).

Sección paralela a la costa

Las secciones de temperatura, salinidad y oxígeno, muestran mayor variabilidad al norte de 3°S. En la capa de 50 m, la temperatura oscila entre 16 °C y 26.7 °C (superficie) y la salinidad entre 32

(superficie) y 34; en la capa de 200 m, el oxígeno tuvo concentraciones entre 1 ml/l y 6 ml/l (superficie). En este sector, entre 2°N y 2°S, se configuró el FE, con encuentro de masas de agua de diferentes características, como el Agua Superficial Tropical, del norte, que se evidenció hasta 40 m de profundidad y 1°S aproximadamente. Por su parte la Distribución de OD, también fortalece la presencia de masas de agua de características diferentes, con menor oxígeno al norte de 2°S, por debajo de la capa de mezcla, Figuras 9a, 9b y 9c.

La temperatura del mar, en los primeros 50 m, al sur de 5 °S y hasta 22°S, estuvo entre 17 °C y 16 °C; y desde el sur de 22°S hasta 25°S, una temperatura casi constante de 15 °C. A 100 m, la temperatura descendió de a 14 °C a 12 °C de norte a sur. Entre 400 y 500 m, se encuentra los mínimos de temperatura de 10 °C y 7 °C, al norte y sur de la sección en análisis, Figura 9a.

En salinidad, entre 2°N y 2°S, de 60 m a 200 m; y entre 1°S y 23 °S, desde la superficie hasta 200-250 m, se observan valores >34.8. Entre 19 y 23°S, hasta 60 m de profundidad, resalta un núcleo salino con valores >35; Desde el extremo sur (26°S) en superficie, se observó el ingreso de un cuerpo de agua con salinidades <34,6, que se profundizaron hasta los 100 m cerca de los 23°S., Figura 9b.

El Oxígeno disuelto es mayor en superficie, y desde 8°S, hacia el sur es casi homogénea (5 ml/l) en los primeros 50 m. En dirección sur, desde 8°S a 26°S, la isolinea de 5 ml/l, y la oxiclina, se profundizaron desde la superficie hasta 100 m. El límite superior de la capa mínima de oxígeno (limitada por isolíneas de 0.5 ml/l), desde el norte de la sección hasta 3°S, fue observada en 220 m; a partir de esa latitud, se elevó a 80 m para descender hacia el sur hasta 120 m. En aguas chilenas el espesor varió entre 40 m y 550 m, Figura 9c.

6.2.3 Topografía de las Isotermas de 20 °C y 15 °C

La isoterma de 20 °C estuvo presente al norte de 2.5°S. Junto a la costa, se ubicó entre 40 m y 60 m, con mayor profundidad en 6°N; mientras que disminuyó en dirección sur, a 60 mn del continente (2°S y 83°O) hasta 15 m, Figura 10a.

La profundidad de la isoterma de 15 °C disminuye de norte a sur, encontrándose hasta en 125 m en 3°N con 84°O. Desde 1°N hacia el sur, la D20 es menor o igual a 20 m, con sectores asociados a surgencias, como el oeste de Isabela y costas de Perú y Chile, Figura 10b.

6.2.4 Masas de Agua

Mediante el diagrama T-S, se evidencia en la primera capa de profundidad de 50 metros las Aguas Superficiales Tropicales (AST), posteriormente entre los 50 y 150 metros la segunda masa de agua nombrada Agua Ecuatorial Superficial (AES), en la tercera masa de agua encontramos Agua Subtropical Subsuperficial (ASS) para los 200 y 400 m y finalmente la cuarta masa de agua a partir de los 500 metros nombrada Agua Antártica Intermedia (AAI), Figura 11.

6.3 ONDAS KELVIN ECUATORIALES

El modelo de ondas Kelvin ecuatoriales forzado con anomalías del esfuerzo del viento ecuatorial superficial obtenidos del NCEP al 20.09.2020, indicaron la presencia de dos ondas Kelvin frías de modos 1 y 2 que alcanzaron el extremo del Pacífico ecuatorial oriental en setiembre. Por otro lado, los resultados del modelo indicaron que otras dos ondas Kelvin frías (modos 1 y 2) que se generaron entre fines de agosto e inicios de setiembre continuaron su propagación hacia el extremo del Pacífico ecuatorial oriental y ambas alcanzaron la costa en octubre. Al 19.10.2020, la onda Kelvin fría (modo 1) fue reforzada por las anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial oriental y llegaría al extremo del Pacífico ecuatorial oriental entre fines de octubre e inicios noviembre (Imarpe, 2020), Figura 12.

VII | DISCUSIÓN

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS), principal modulador de los vientos en regiones tropicales/subtropicales del Pacífico Sur, especialmente frente a Chile y Perú, presentó en septiembre y octubre 2020, un núcleo de ~1028 hPa y 1027 hPa, respectivamente, ubicado alrededor de 103°O-30°S, al oeste de su posición normal. En ambos meses el APS exhibió una intensidad mayor que su valor climatológico (Figuras 13a- 13d). Los vientos fueron mayores a 4 m/s en toda el área de estudio, notándose en octubre, una ligera tendencia a disminuir. La dirección dominante varió del sureste al suroeste, al sur y norte de 1°S. Al sur de 5°S, el viento tuvo la mayor magnitud, alcanzando hasta 10 m/s en la parte oceánica, alrededor de 15°S y 95°O.

Frente a la costa predominaron vientos con intensidad promedio de 6 m/s, con intensificación en algunos sectores, al sur de la costa peruana, donde se registraron intensidades de fuerte (> 6,8 m/s) a moderada (> 4,1 m/s), Figura 14a y 14b. Esta condición de viento, configuró al norte de 5°N, anomalías positivas (~ 1m/s) con menor magnitud en octubre; entre 5°N y 10°S, condiciones próximas a la neutralidad y; al sur de esta zona, anomalías positivas con mayor valor en octubre. Figura 14c y 14d.

Durante los dos últimos trimestres del 2019 y tres primeros del 2020, el ONI, se mantuvo con anomalías positivas, entre los umbrales característicos de un episodio cálido ENOS; luego estuvo neutral hasta julio y en los meses siguientes y hasta la actualidad se mantiene en condiciones propias de La Niña, Figura 13a. Por su parte el índice costero ICEN, (ENFEN, 2012 y Takahashi, et al. (2014)) indicó la presencia de condiciones neutras en el umbral de una condición fría en los meses de julio, septiembre y octubre en la región Niño 1+2. Desde mayo 2020 la ATSM positiva descendió y varió a negativa a partir de agosto, tanto en la región ecuatorial, como en sitios puntuales de la costa de Perú y Chile. De la misma manera, los vientos superficiales del sur y sureste, se intensificaron. En agosto la NOAA declaró el desarrollo de un evento La Niña, basado en modelos de TSM.

Las condiciones oceanográficas y meteorológicas durante el crucero regional conjunto coincidieron con el desarrollo de un evento frío, con anomalías, en su mayoría negativas,

persistentes a lo largo de toda la costa sudamericana y entre Galápagos y el continente; así como vientos intensificados del sur. Es importante señalar que, junto a las costas de Ecuador y sur de Colombia, desde septiembre, se configuraron zonas neutrales y con anomalías positivas de TSM, que difieren a de lo observado en lo oceánico, lo que se asocia con la presencia de aguas cálidas del norte.

La información local de la distribución de la temperatura, salinidad y oxígeno en superficie y hasta 40 m, señalan el encuentro de las masas de agua en el FE, al norte, el Agua Tropical Superficial, de mayor temperatura, menor salinidad y mayor oxigenación que en el sur, con el Agua Ecuatorial Superficial.

Contexto interanual

El indicador de macro escala de el Niño, el índice ONI, en el período 2015 - 2016, tuvo características de un episodio cálido muy intenso, con anomalías que superaron los 2.5 °C en su punto más intenso (diciembre/2015); desde entonces, ha alternado entre condiciones frías y cálidas, pero con anomalías positivas o negativas menores a 1 °C, Figura 15a. Por su parte, en la región más cercana a la costa (hasta las 30 mn), línea verde en la Figura 15b, las anomalías desde el 2015 hasta los primeros meses de 2016, fueron positivas, similares al ONI; sin embargo, entre 2016 y 2017, las anomalías se mantuvieron positivas, contrario al comportamiento del ONI, luego se observan variaciones asociadas a condiciones frías y cálidas. En la sección comprendida entre 40 mn y 60 mn de la costa, Figura 15c, y Galápagos, Figura 15d, se presentaron condiciones similares a la observada en la costa.

Del 2015 al 2017, en la franja entre la costa y 30 mn, aunque se observaron anomalías positivas y negativas del viento meridional, predominaron valores negativos. A partir del 2018, las anomalías positivas fueron más frecuentes, Figura 15a. Al norte del cero geográfico, se observó la mayor variabilidad en anomalías, observándose la máxima anomalía positiva (1 m/ s) en noviembre-diciembre/2019. En los últimos meses las anomalías han sido positivas en toda la costa, lo que implica intensificación de vientos del Sur en el Hemisferio Sur y debilitamiento en el del Hemisferio Norte. Con respecto a la componente meridional, se mantienen anomalías positivas, relacionadas con la intensificación de los vientos alisios del sureste durante un evento La Niña, Figura 15b.

Entre el 2015 y 2016 se presentó un El Niño de características fuertes, con anomalías de TSM sostenidas y mayores a 2 °C, cuyo impacto en los países de costa sudamericana fueron menores a los registrados durante episodios de similares características. Una de las causas de los impactos menores es atribuible a las condiciones atmosféricas, las cuales no presentaron comportamientos asociados a eventos cálidos. El ONI, reportó condiciones La Niña a finales de 2016 y entre 2017-2018; condiciones cálidas en 2018 - 2019 y 2019 - 2020 y desde agosto hasta la fecha condiciones.

VIII | CONCLUSIONES

El crucero regional conjunto se realizó durante el desarrollo de un episodio ENOS La Niña. La componente atmosférica se acopló a condiciones relacionadas con un episodio frío y se observó que la componente meridional del viento estuvo intensificada, lo que favoreció las surgencias frente a las costas de Perú y Chile y al oeste de la isla Isabela-Galápagos.

El XXIII Crucero Oceanográfico Regional indicó la presencia de condiciones superficiales frías. La columna de agua en el Pacífico Sudeste se caracterizó por tener valores de temperatura menor a 20 °C al sur de 2°S y por las condiciones de afloramiento de la isoterma de 15 °C, al oeste de las islas Galápagos y frente a las costas de Perú y Chile.

La presencia de Ondas Kelvin Ecuatoriales frías contribuyó al modulamiento del escenario frío de la corriente de Humboldt.

IX | PREVISIÓN OCEANOGRÁFICA PARA EL PRIMER TRIMESTRE 2020 – 2021

Los pronósticos climáticos internacionales en noviembre señalan una probabilidad ~95 % que se mantengan condiciones ENOS La Niña en el primer trimestre del 2021 y 65 % de que se prolonguen hasta mayo de 2020.

El modelo de ondas Kelvin ecuatoriales prevé que ondas frías de afloramiento, contribuyan al mantenimiento de condiciones frías en la zona ecuatorial hasta diciembre del 2020.

Asimismo, basado en la información registrada en el crucero regional se prevén condiciones de neutral a frías.

X | 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>).

XI | BIBLIOGRAFÍA

- Carpenter, J.H. 1965. The Chesapeake Bay Institute Technique for the Winkler dissolved oxygen method. *Limnol. and Oceanogr.*, 10:141-143.
- Castilla, J.C., N. Lagos, R. Guiñez & J.L. Largier. 2002. Embayments and nearshore retention of plankton: The Antofagasta Bay and other examples. In: *oceanography and ecology of the nearshore and bays in Chile. Proceedings of the International Symposium on Linkages and Dynamics of Coastal systems: Open costal and embayments*, Santiago, Chile 2000. Castilla, J.C. & L. Largier (eds.). Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, pp. 179-203.
- Comité Regional ERFEN, 2020. BOLETÍN de Alerta Climática; BAC Nro. 361. www.inocar.mil.ec.
- 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.
- 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, Grados Quispe C, Vásquez Espinoza L, Gutiérrez Aguilar D, Chaigneau A. Climatología termohalina frente a las costas del Perú. Periodo: 1981-2010. *Inf Inst Mar Perú*. 2017 Mar 44(1):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.
- 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>.
- Fonseca, T.R. & M. Farías. 1987. Estudio del proceso de surgencia en la costa chilena utilizando percepción remota. *Investigaciones Pesqueras* 34:33-46.
- 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/>.
- IMARPE, 2020. Informe de la componente física del Crucero 2020/09-11 “Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos”, BIC José Olaya y BIC Humboldt, 29 de septiembre-11 de noviembre 2020. Informe Interno.
- Jeffrey, S.W., R.F.C. Mantoura & S.W. Wright. 1997. Phytoplankton pigments in oceanography: methods. Monographs on Oceanographic Methodology. SCOR and UNESCO.
- 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.
- 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 Oce. 47(3), 513-526.
- 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.
- National Oceanic and Atmospheric Administration from U.S.A., NOAA. 2020. El Niño/Southern Oscillation (ENSO). Discusión diagnóstica, 12 de noviembre, 2020. Recuperado de https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/ensodisc_Sp.pdf_Sp.pdf.
- NOAA, 2020 a. Climate Diagnostics Bulletin, NWS/NCEP, August 2020. https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/CDB/CDB_Archive_pdf/CDB.monthly_color.pdf
- NOAA, 2020 b. Climate Diagnostics Bulletin, NWS/NCEP, September 2020. https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/CDB/CDB_Archive_pdf/CDB.monthly_color.pdf
- NOAA, 2020 c. Climate Diagnostics Bulletin, NWS/NCEP, October 2020. https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/CDB/CDB_Archive_pdf/CDB.monthly_color.pdf
- NODC. 1991. National Oceanographic Data Center. National Oceanographic Data Center Users' Guide. Second Edition. Key to Oceanographic Records Documentation 14, 315 pp.
- Parsons, T.R., Y. Maita & C.M. Lalli. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis, Pergamon Press, Oxford, 173 pp.
- Pond, S. & G. Pickard eds. 1983. Chapter 8 - Currents without Friction: Geostrophic Flow. Introductory Dynamical Oceanography (Second Edition), Butterworth-Heinemann, 1983, Pages 63-99, ISBN 9780080570549, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-057054-9.50014-6>.
- 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.
- Reynolds, R.W. 1982. A monthly averaged climatology of sea-surface temperatures. NOAA Tech. Rep. NW531, Washington, D.C.
- 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.
- 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/ElNino_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.

FIGURAS

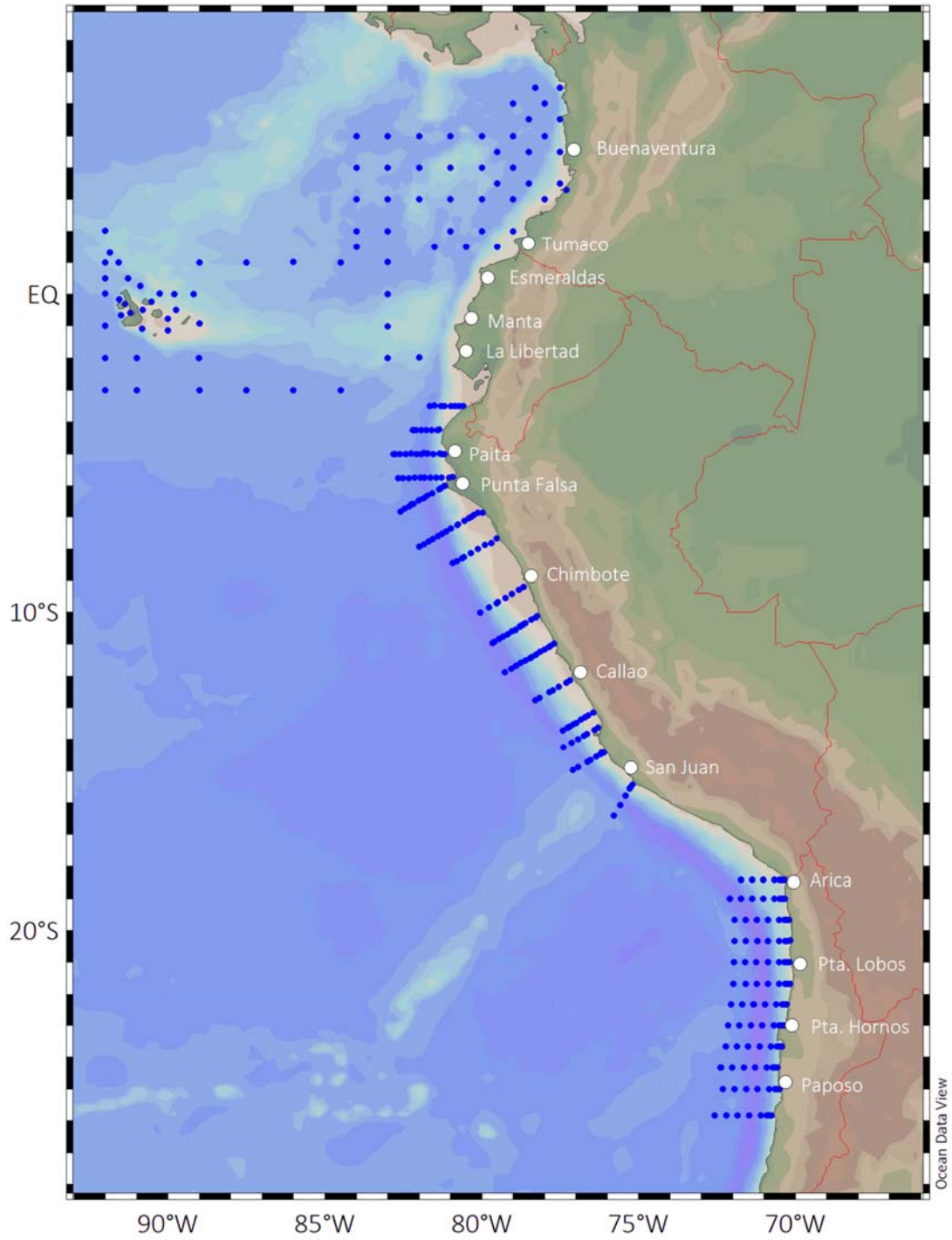


Figura 1. Área de estudio: Los puntos de color azul muestran la ubicación de las estaciones durante el XXIII Crucero Regional Conjunto de Investigaciones Oceanográficas en el Pacífico Sudeste.

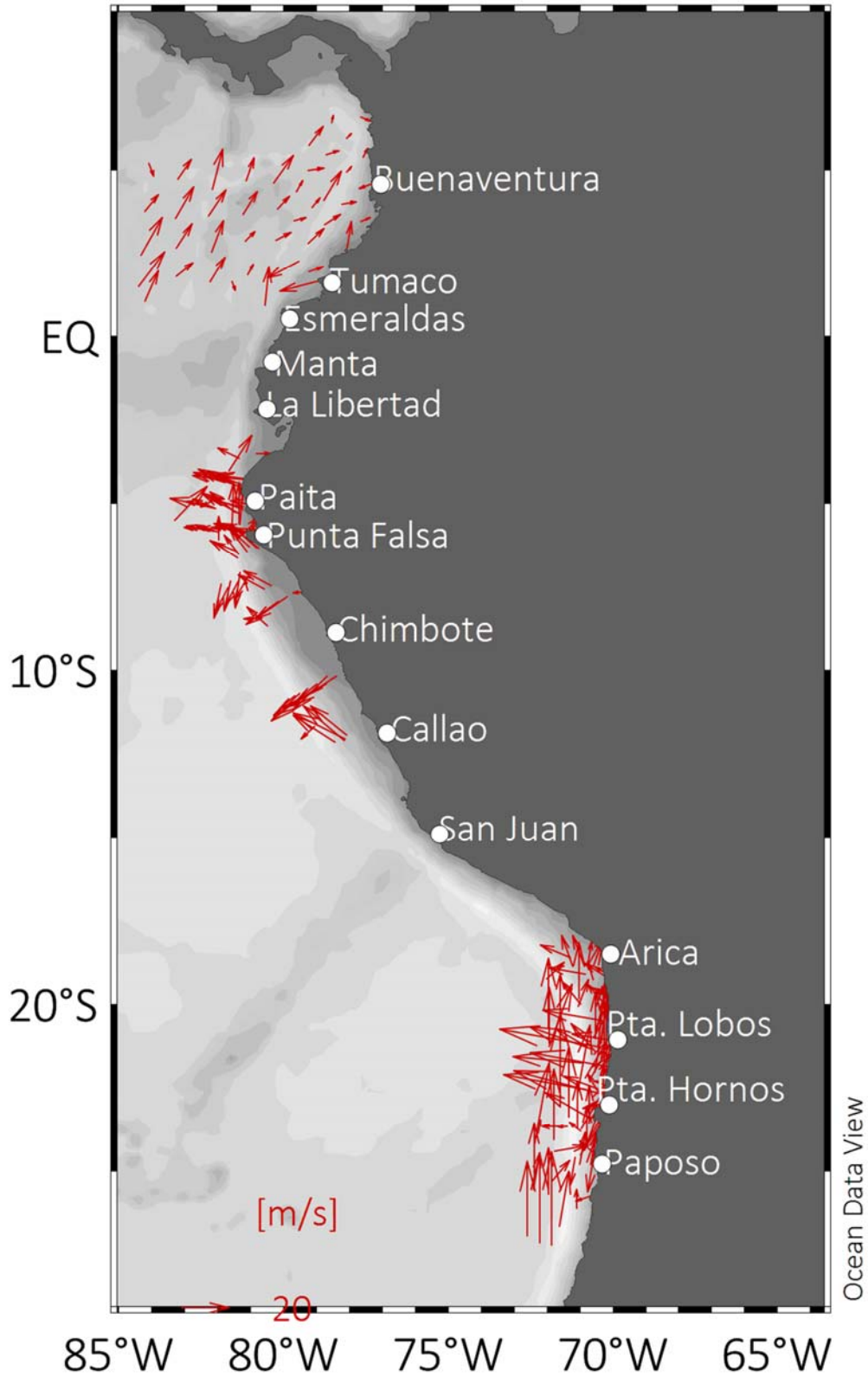


Figura 2. Viento superficial (m/s) registrado en los cruceros de Colombia, Perú y Chile.

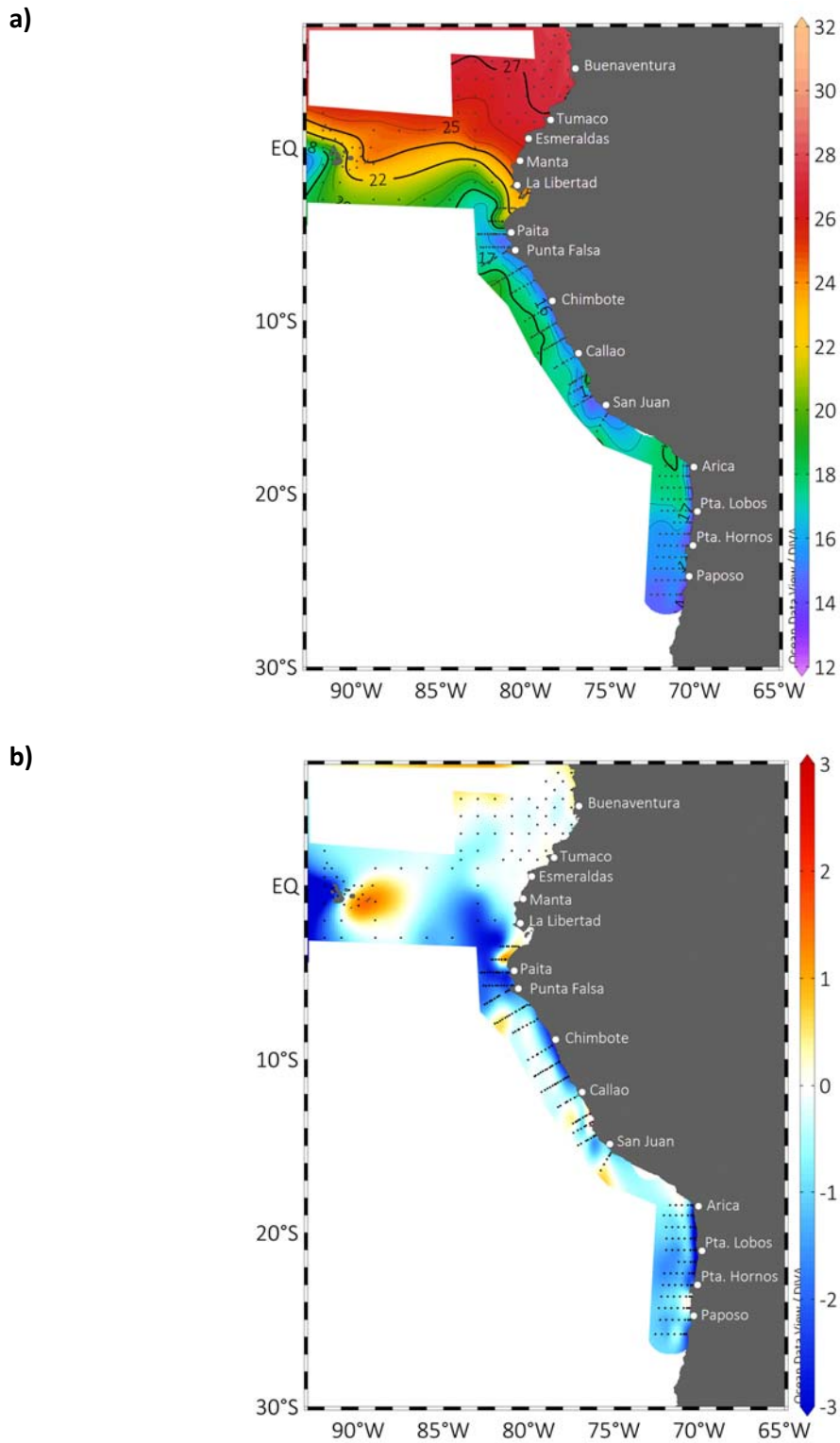


Figura 3. a) Temperatura superficial del mar (°C) y b) anomalía

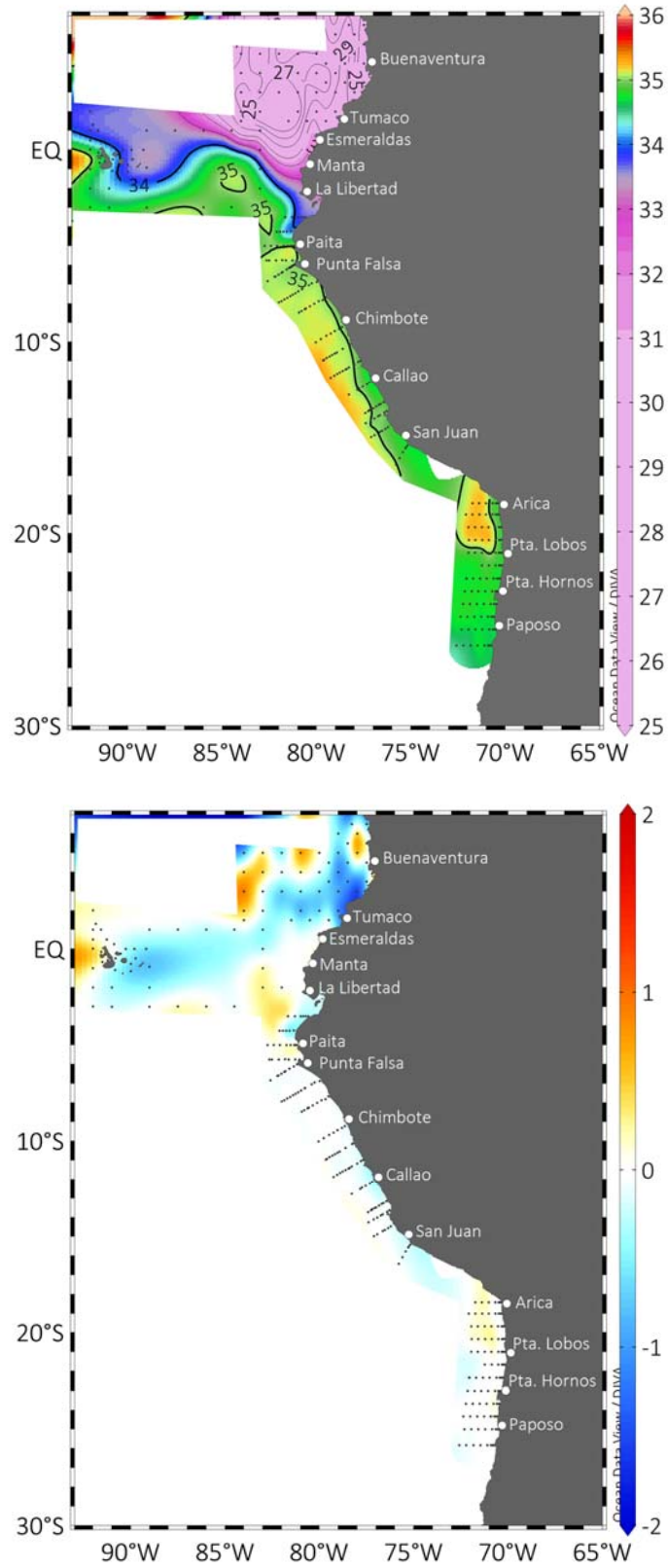


Figura 4. Salinidad superficial del mar (izquierda) y su anomalía (derecha).

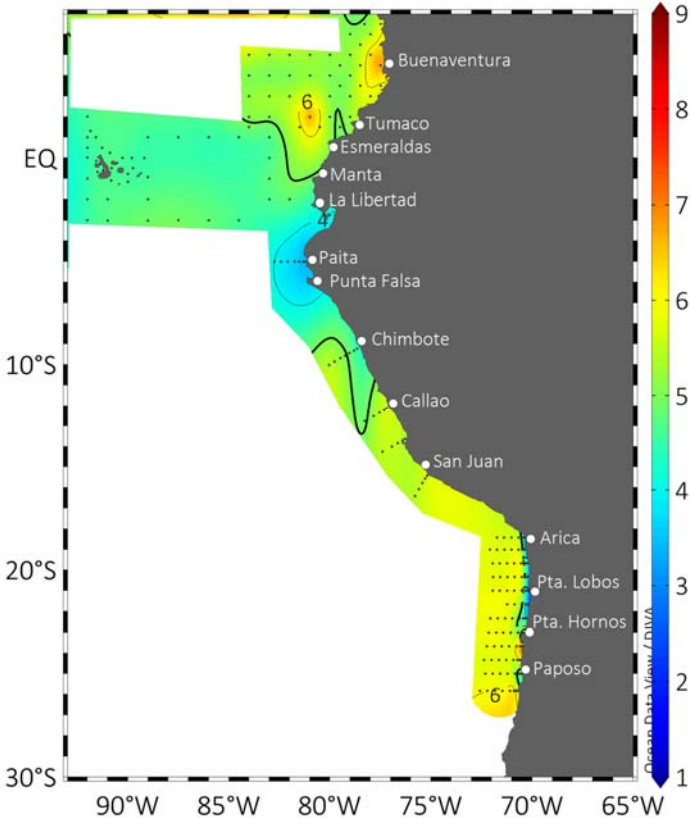


Figura 5. Oxígeno disuelto superficial.

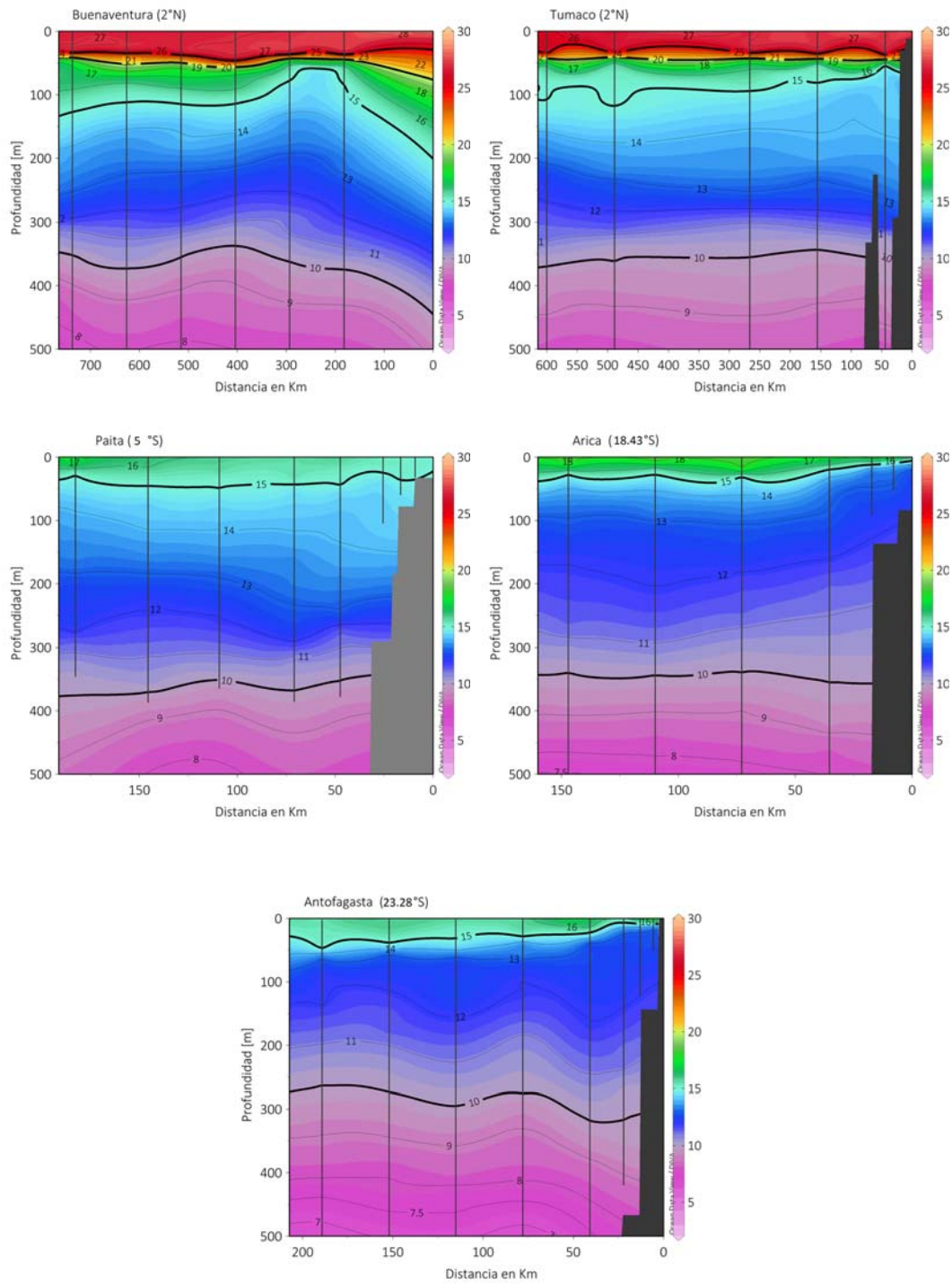


Figura 6. Secciones de temperatura perpendiculares a la costa.

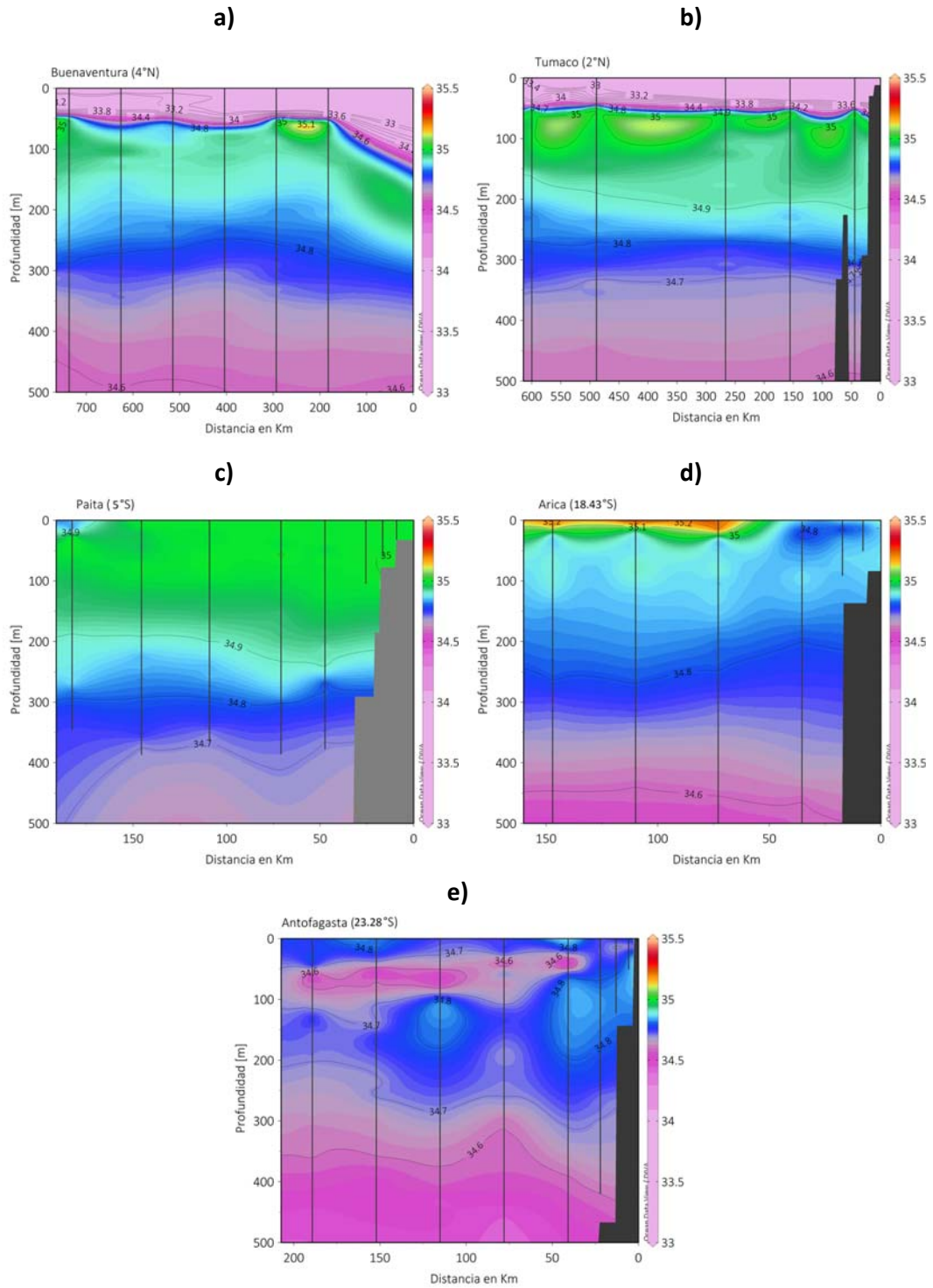


Figura 7. Secciones de salinidad perpendiculares a la costa.

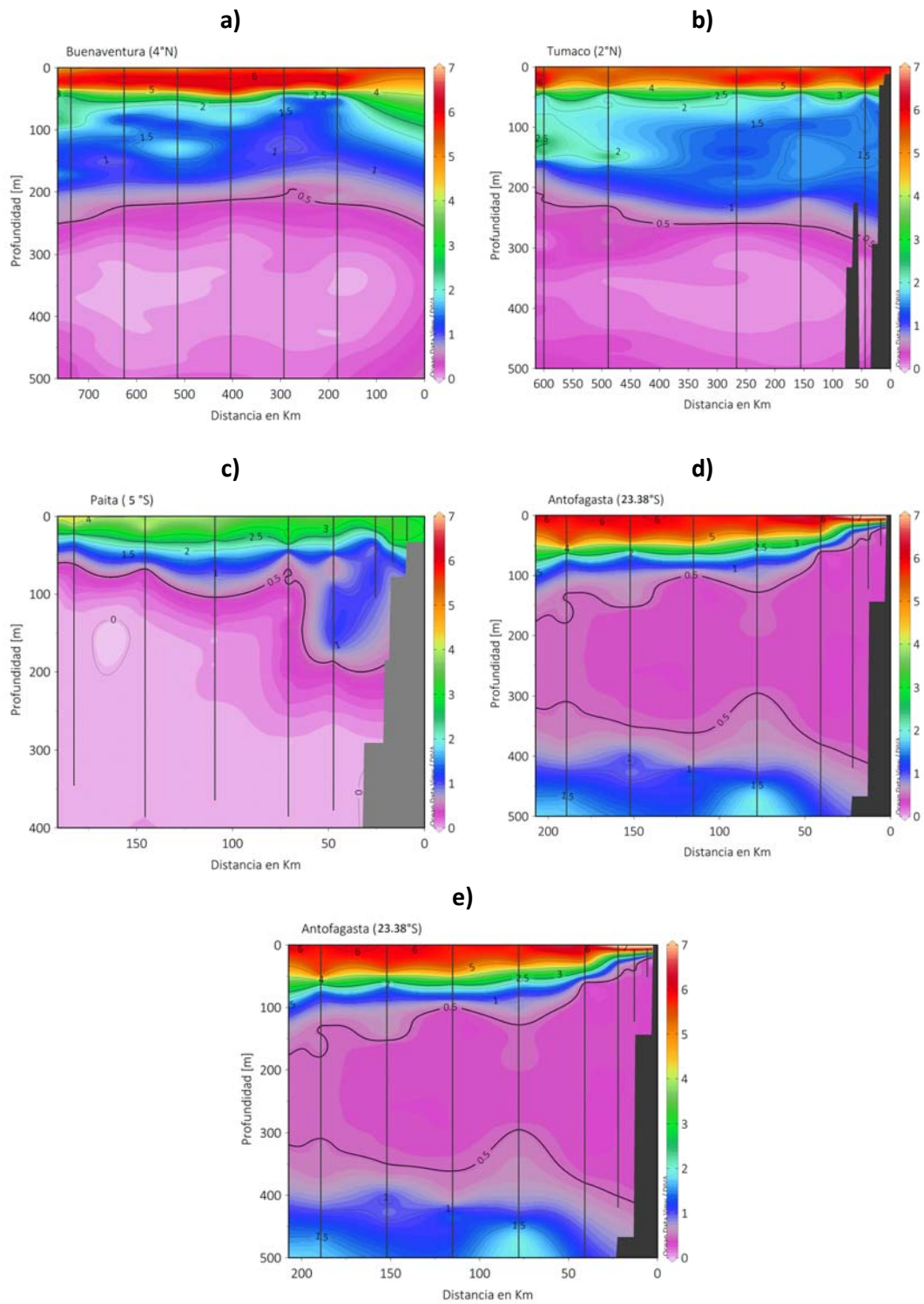


Figura 8. Secciones de oxígeno disuelto perpendiculares a la costa.

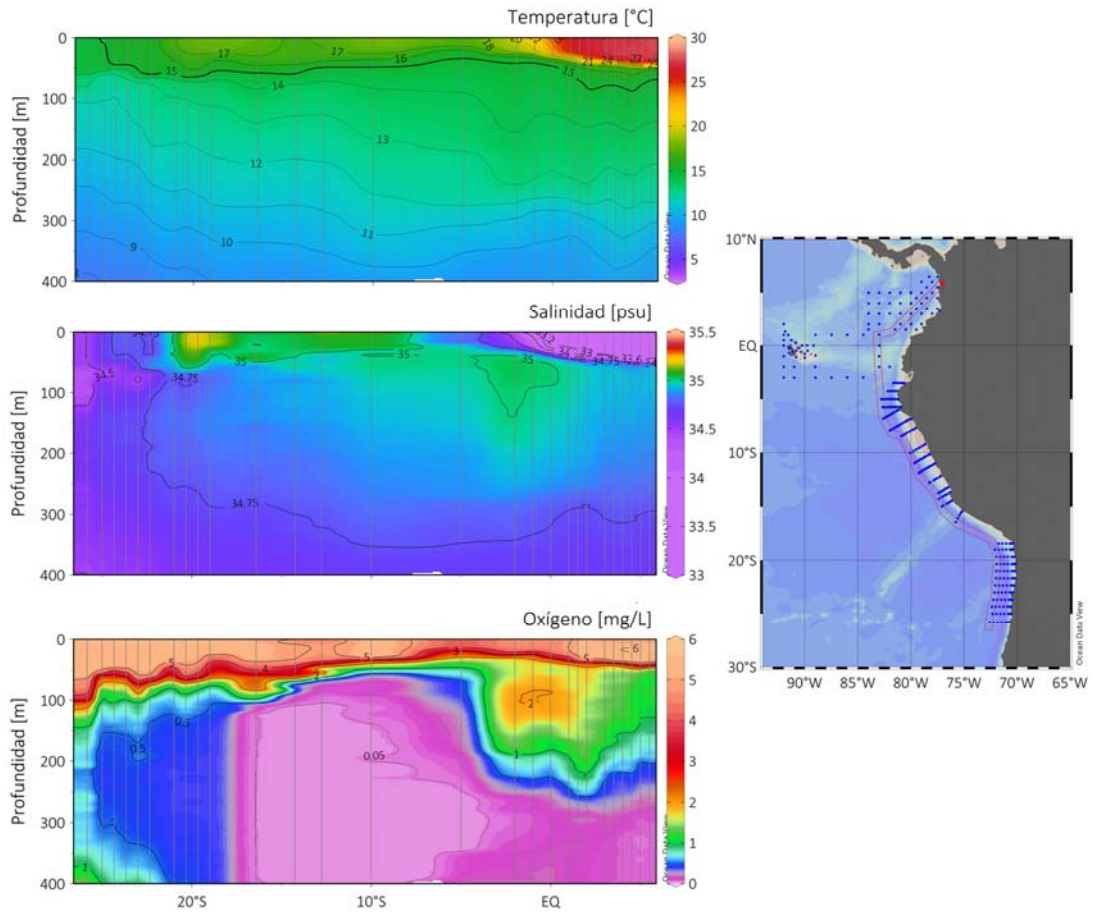


Figura 9. Sección oceanográfica paralela a la costa hasta 500 m. De arriba hacia abajo, temperatura del mar, salinidad y oxígeno disuelto. el mapa en el lado derecho muestra la ubicación de la sección.

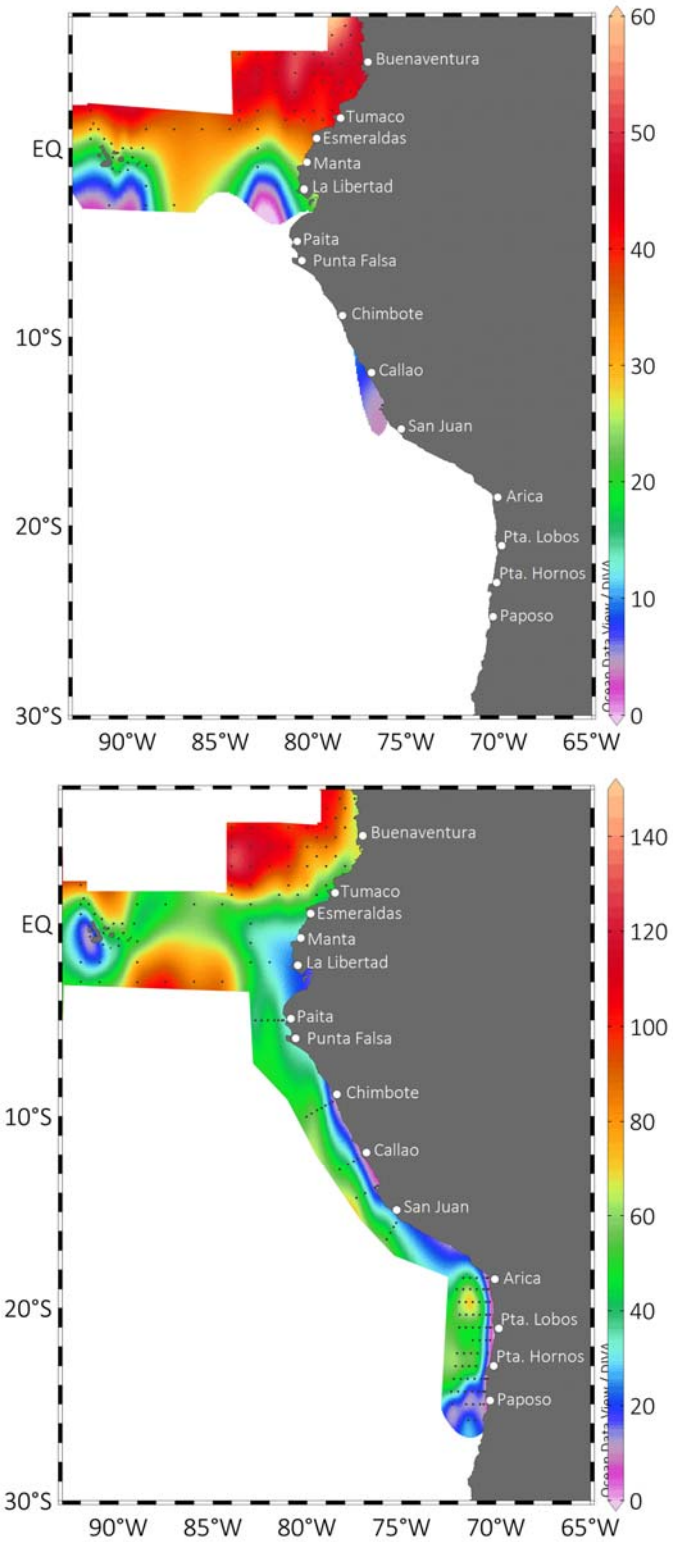


Figura 10. Profundidad de la isoterma de 20°C (superior) y de la isoterma de 15°C (inferior).

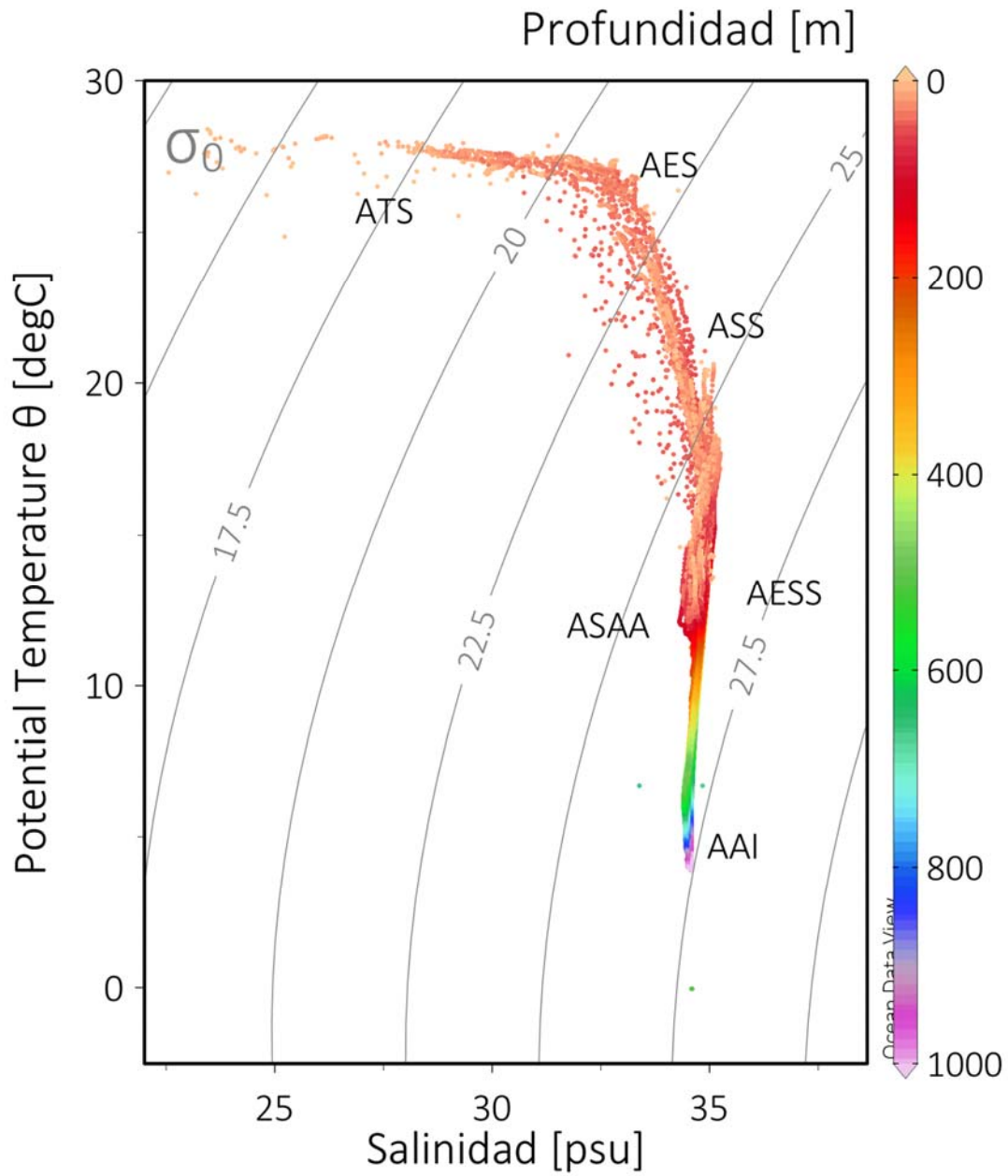


Figura 11. Masas de aguas registradas durante los cruceros oceanográficos.

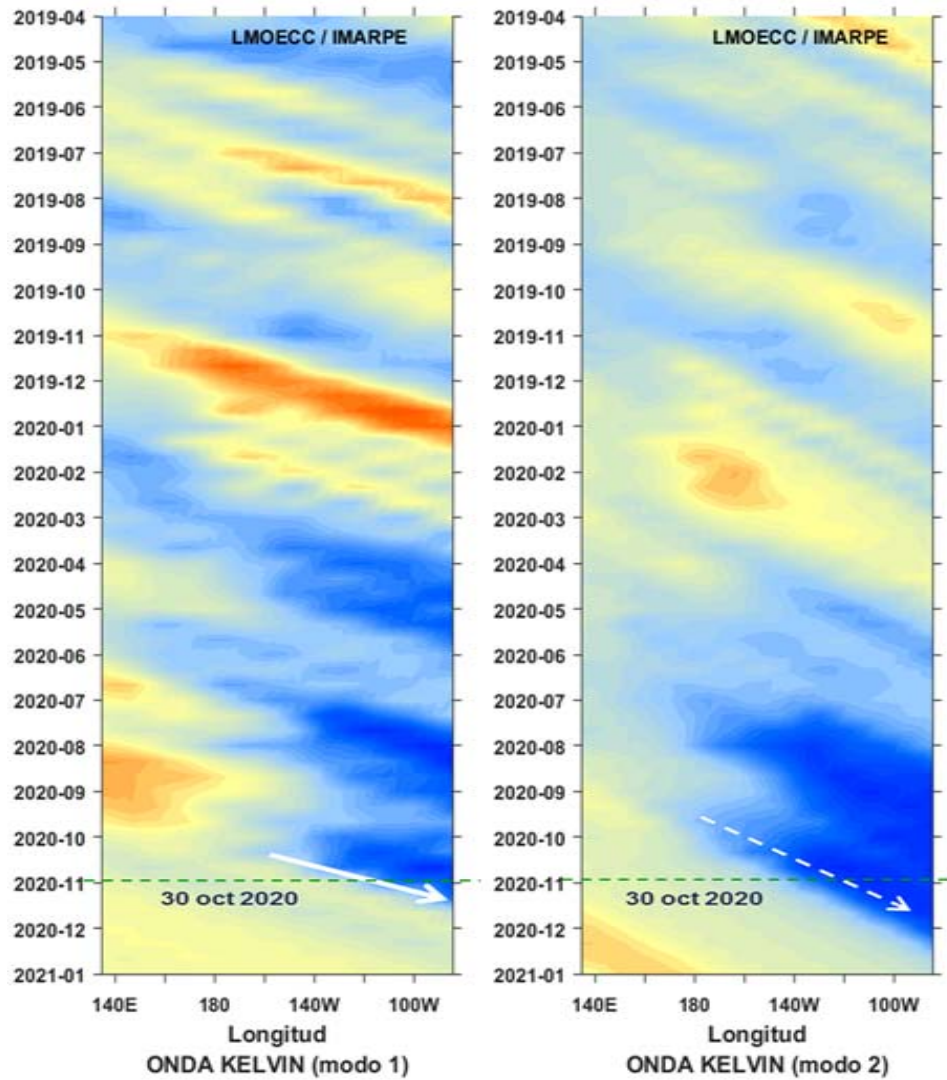


Figura 12. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin. Modo 1 (línea continua) y modo 2 (línea punteada) en el Pacífico Ecuatorial (0°N). Para el cálculo de las anomalías se usó el periodo 2000-2008. La línea discontinua horizontal indica el inicio del pronóstico. XXIII Crucero Regional Conjunto de Investigaciones Oceanográficas en el Pacífico Sudeste, Componente Perú.

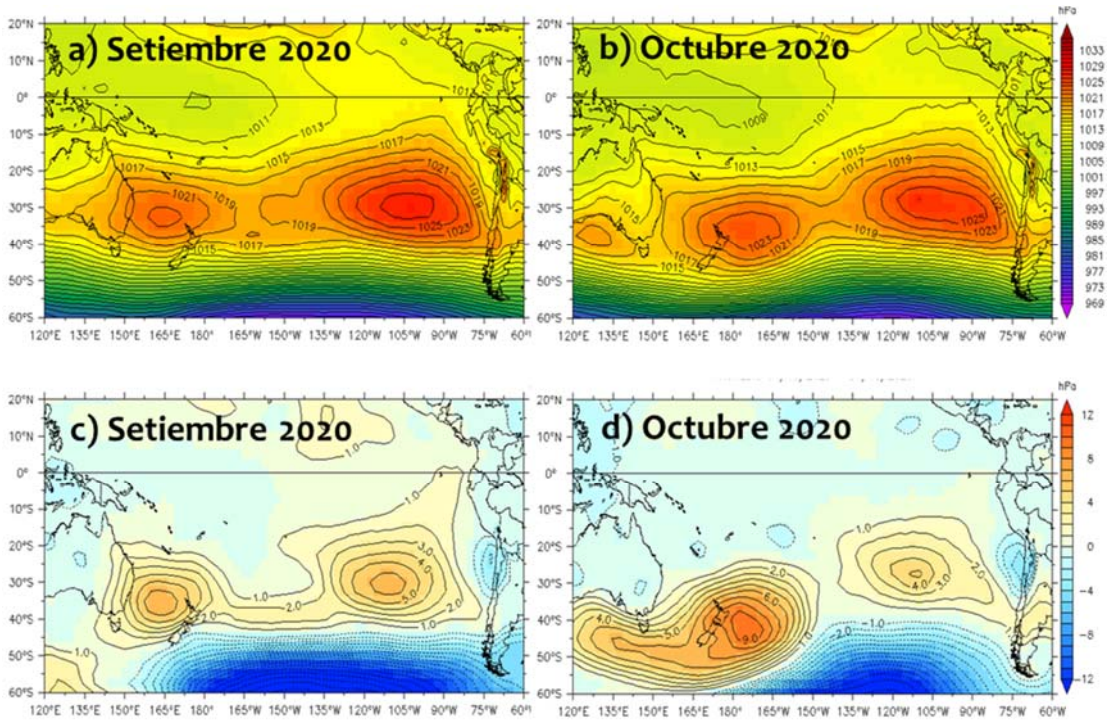


Figura 13. Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar para s) septiembre y b) octubre 2020 y sus anomalías (c, d). fuente de datos: NCEP/NOAA.

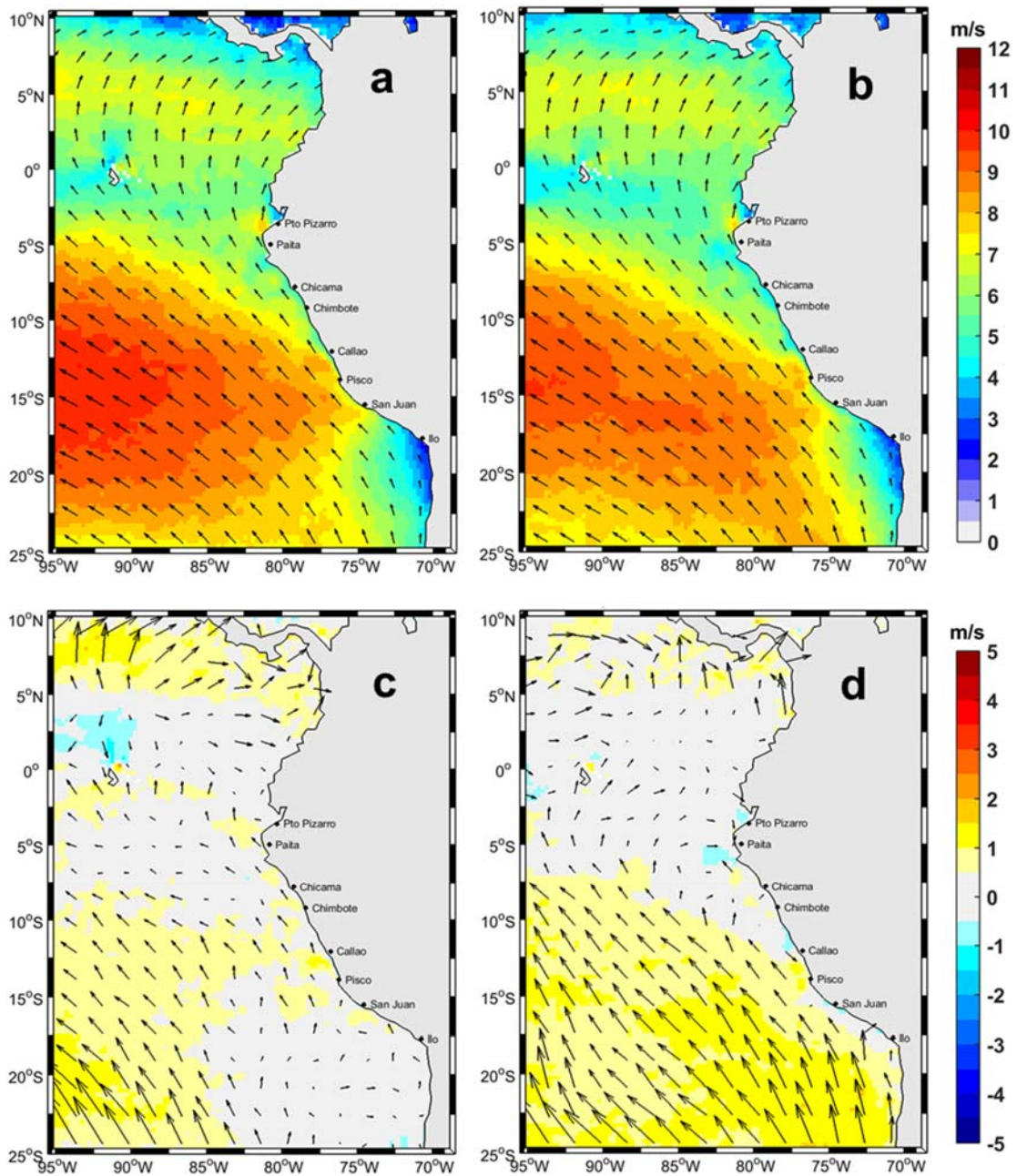


Figura 14. Distribución espacial promedio mensual de la velocidad (M/S) y dirección del viento (m/s) para: a) setiembre y b) octubre de 2020 y sus anomalías (c, d). La velocidad del viento y su anomalía se presentan en matices de colores. La dirección del viento y su anomalía se presentan con flechas. Fuente de los datos: Satélite ASCAT y climatología QuikSCAT – ASCAT 2000 - 2014.

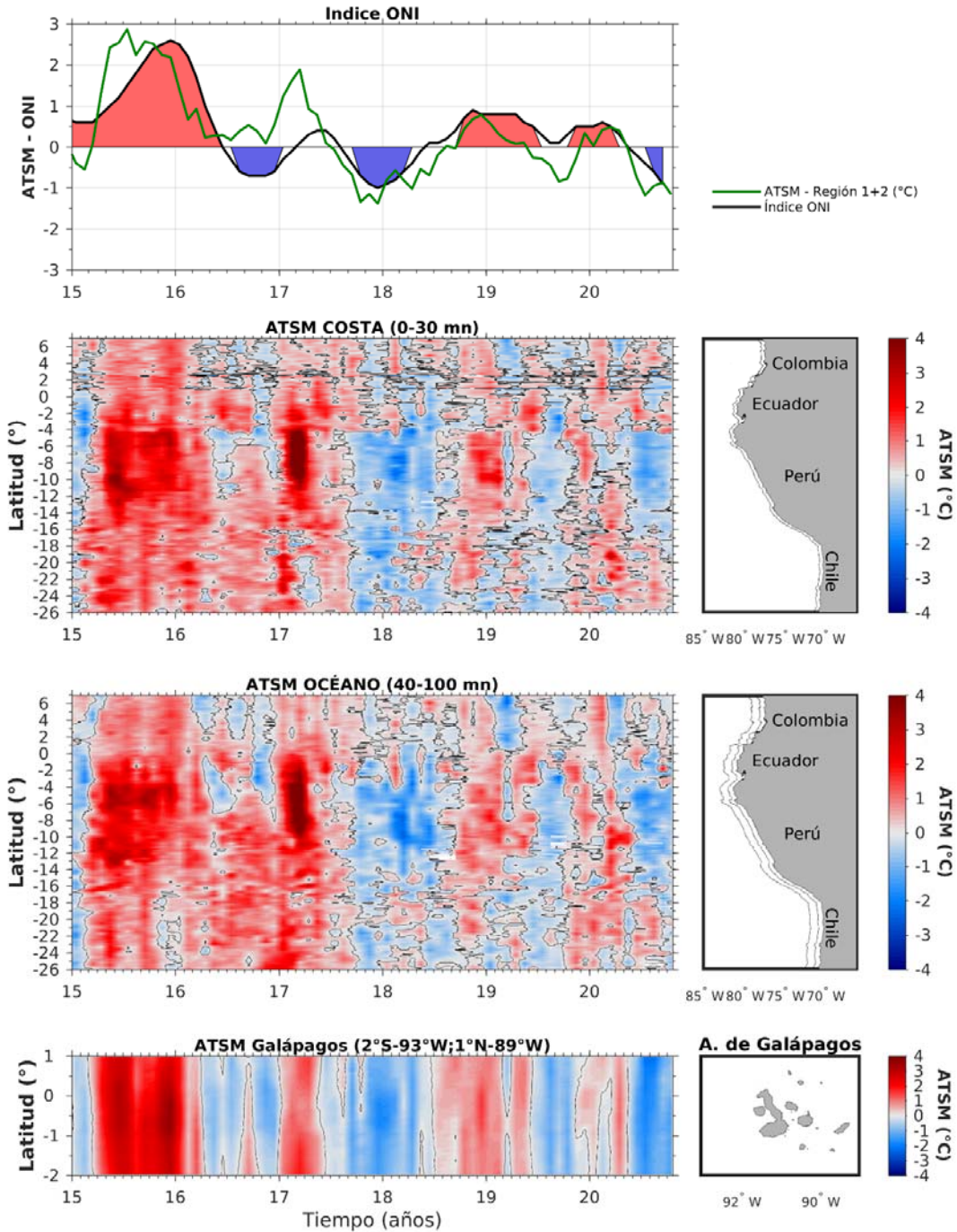


Figura 15. Índice ONI (panel superior) y diagrama de la anomalía de la TSM (paneles inferiores). Hovmöller para las áreas comprendidas entre: 6°N - 26°S y desde la costa hasta 30 mn, 6°N - 26°S y 40mn -100mn (90°O) de la costa, y 1°N - 2°S y 89°O - 93°O (archipiélago de Galápagos). Se utilizaron datos promedio del compuesto mensual de temperatura del programa "Ocean Color Web" que distribuye información del satélite MODIS-Aqua (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>). Las anomalías de temperaturas satelitales (ATSM) corresponden a la sustracción de la señal anual del periodo julio 2002-octubre 2020 a los datos mensuales de la serie.

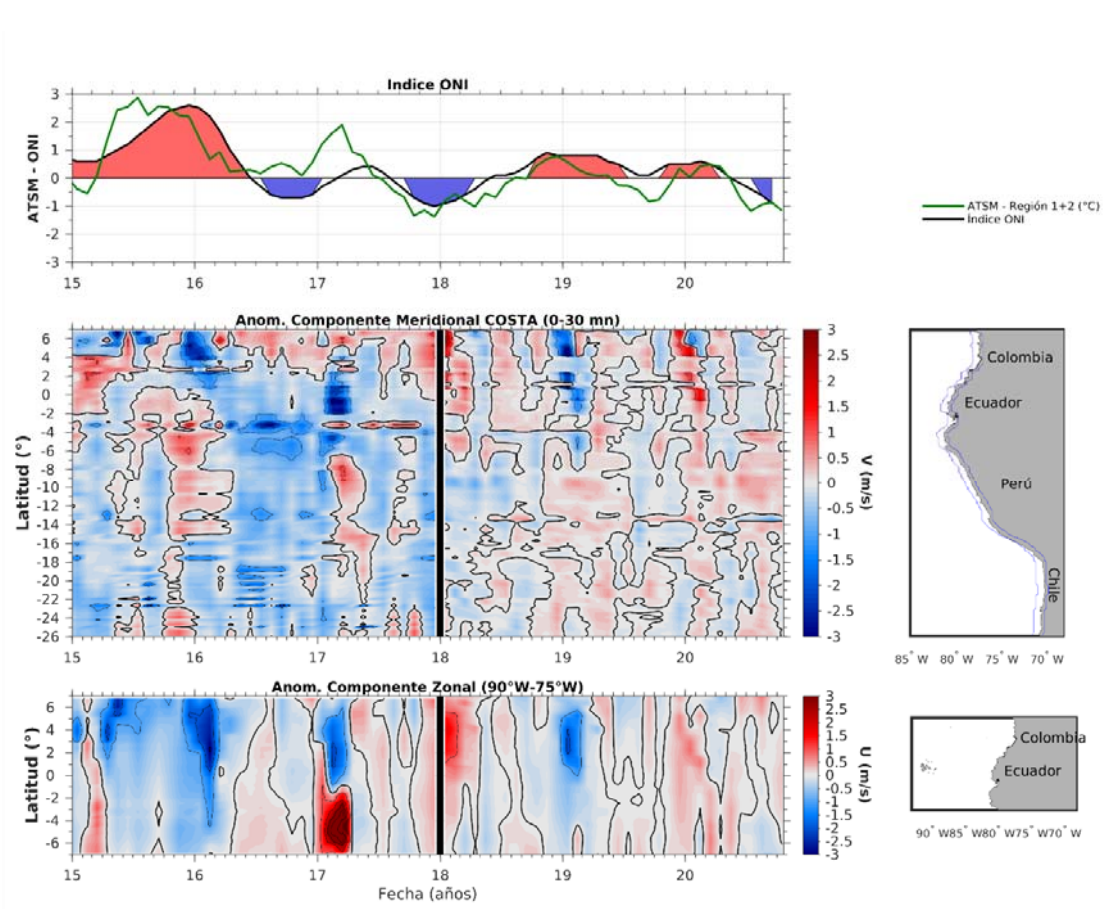


Figura 16. Anomalia de los vientos, meridionales (superior) y zonales (inferior). Diagramas Hovmoller de anomalías mensuales entre 2015 y 2020 de los componentes de vientos, meridionales, en la banda cercana a la costa (0-30 mn) y 6°N - 26°S; y zonales, entre 6°N - 6°S y 90°O - 75°O. La información pertenece al producto global IFREMER CERSAT, estimado cada 6 horas, con una resolución espacial de 28 x 28 km² (0.25°/0.25° en latitud/longitud) y que combina la magnitud y las componentes meridional y zonal de los escaterómetros ASCAT y radiómetros SSMIS, provistos por el Sistema de Sensores Remotos (RSS, siglas en inglés); y del radiómetro WindSat. Esta información se la obtuvo de dos bases de datos (L4) del repositorio COPERNICUS (<http://marine.copernicus.eu/>): la primera reprocesada hasta el 2017 (WIND_GLO_WIND_L4_REP_OBSERVATIONS_012_006) y la segunda, cercana al tiempo real (WIND_GLO_WIND_L4_NRT_OBSERVATIONS_012_004) entre el 2018 y 2020. El cambio del uso de datos en los Hovmoller se encuentra identificada por una línea vertical gruesa centrada en enero del año 2018.

ANEXO

Tabla 1. Comité Coordinador del XXIII Crucero Oceanográfico Regional

PAÍS	INSTITUCIONES ESPECIALIZADAS	ESPECIALISTA	COORDINACIÓN CIENTÍFICA
Colombia	Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (CCCP), Dirección General Marítima (Dimar).	Manuel Alejandro Gutiérrez Moreno	Nacional
Ecuador	Instituto Oceanográfico de la Armada	CPCB. Othoniel Palacios Celín	Nacional y regional
Perú	Instituto del Mar del Perú	Oc. Carmen Grados Quispe	Nacional
Chile	Instituto de Fomento Pesquero	Oc. Hernán Reyes Rivas	Nacional

Tabla 2. Personal participante en el Crucero Oceanográfico

PAÍS	COLOMBIA
Crucero DIMAR- CCCP:	“Crucero Oceanográfico Cuenca Pacífica Colombiana (CPC) - Estudio Regional del Fenómeno de El Niño/Niña (ERFEN)”
Buque:	Buque Oceanográfico A.R.C.Malpelo
Jefe de crucero:	TNESP Manuel Alejandro Gutiérrez Moreno, CCCP
Comando del buque:	CFESP. Javier Eduardo Márquez Orjuela
Participantes:	<p><u>Componente Físico</u> MA1MMO. Ángel Barleta Brainer, Jefe de estación, CCCP CPS Estefanía Giraldo Franco, Auxiliar de estación, CCCP</p> <p><u>Componente Químico</u> CPS Jesús David Reyes Negrete, Jefe de estación, CCCP</p> <p><u>Componente Biológico</u> CPS Ortiz Miele Laura Carolina, Jefe de estación, CCCP</p> <p><u>Componente Microbiológico</u> CPS Edith Durán, Jefe de estación, CCCP</p>

PAÍS	ECUADOR
Crucero DIMAR- CCCP:	“Crucero Oceanográfico Cuenca Pacífica Colombiana (CPC) - Estudio Regional del Fenómeno de El Niño/Niña (ERFEN)”
Buque:	Buque de Investigación de la Armada del Ecuador ORIÓN
Jefe de crucero:	TNNV-SU Leonardo Alvarado.
Comando del buque:	
Participantes:	<p>PERSONAL DE FÍSICA MSc. Sonia Recalde M. Ing. Oc. Sharon Muñoz R. Ing. Oc. Freddy López</p> <p>PERSONAL DE BIOLOGÍA Biol. Elsa Salazar</p> <p>PERSONAL DE QUÍMICA Quím. Alfredo Lynch. Ing. Quím. Rubén Choto</p> <p>PERSONAL DE METEOROLOGÍA SGOS-HI Bolívar Maldonado. CBOS-HI David Solís.</p> <p>PRACTICANTES NACIONALES Melanie Agila Lisette Calle Cesar Enderica Dayanna Reyes Sully Rivas Vanessa Gavela Karla Morales Donoso Julio Espinosa David Romero</p>

PAÍS	PERÚ
Crucero IMARPE:	“Evaluación Hidroacústica de los Recursos Pelágicos 2020 09-11”
Buque:	BIC Humboldt y BIC Flores Portugal
Jefe de crucero:	Ing. Ramiro Castillo Valderrama (Zona norte, BIC Humboldt) Ing. Luis La Cruz Aparco (Zona sur, BIC Humboldt) Ing. Gustavo Cuadros Caballero (BIC Flores Portugal)
Comando del buque:	
Participantes:	<p>Zona Norte BIC Humboldt: Grupo de Oceanografía: Jesús Ledesma Rivera, Cristhian Asto Córdova, Areliss Choque Medina Grupo de Biología: Cecilia Peña Tercero, Iván Guevara Izquierdo, José Taira Okamura Grupo de Acústica: Luis La Cruz Aparco, Carlos Valdez Mego, Marisella Pozada Herrera, Xu Han Grupo Observación de Mamíferos Marinos: Cristian Moreno Mendez, Sandra Falero Alama, Juan Manuel Moreno Méndez</p> <p>Zona Sur BIC Humboldt: Grupo de Oceanografía: Jesús Ledesma Rivera, Cristhian Asto Córdova, Areliss Choque Medina Grupo de Biología: Cecilia Peña Tercero, Iván Guevara Izquierdo, José Taira Okamura Grupo de Acústica: Carlos Valdez Mego, Marisella Pozada Herrera, Xu Han Grupo Observación de Mamíferos Marinos: Cristian Moreno Mendez, Sandra Falero Alama, Juan Manuel Moreno Méndez</p> <p>BIC Flores Portugal: Gustavo Cuadros Caballero, César Paz Velásquez, Edward Albuquerque Salazar, Pablo Gonzáles Aranda, Manuel Ochoa Madrid, Gian Paul Galarza Tirado, Daniel Quispe Ramos, Katherine Natividad Hilares</p>

PAÍS	CHILE
Crucero IFOP:	“Condiciones bio-oceanográficas y evaluación del stock desovante de anchoveta entre la regiones de Arica y Parinacota y Antofagasta, año 2020”
Buque:	B/I Abate Molina
Jefe de crucero:	Oc. Hernán Reyes Rivas
Comando del buque:	Cap. Takashi Abe
Participantes:	<p>Grupo de Oceanografía: Oc. Carolina Pérez, Oc. Andrea Soto, Biol. Elda Riquelme.</p> <p>Grupo de plancton: Oc. Darleen Riveros, Tnlgo. Christian Ibieta Biol. Débora Albornoz Oc. Claudia Rozas Estudiante Oc. Antonia Bennewitz</p> <p>Operadores Marinos: Ing Pesq. Iván Toro O. Ing Pesq. Andrés Ruiz A.</p> <p>Grupo de Acústica: Tnlgo. Roberto Lorca A. Tnlgo. Adrián Ibieta.</p> <p>Grupo Observación de Mamíferos Marinos Obs. Científico Robert Bello S. Obs. Científico Juan Guerra.</p>

Tabla 3. Fechas de inicio y término de las expediciones científicas

PAÍS	BUQUE	FECHA DE INICIO/TÉRMINO	Nº DÍAS	ESTACIONES EJECUTADAS
Colombia	Buque Oceanográfico A.R.C.Malpelo	13 de septiembre al 7 de octubre/2020	25	44
Ecuador	Buque de Investigación de la Armada del Ecuador ORIÓN	1 al 21 de octubre/2020	21	59
Perú	BIC José Olaya y BIC Humboldt	20 de septiembre al 11 de noviembre/2020	53	60 estaciones CTD 72 estaciones superficiales
Chile	B/I Abate Molina	20 de septiembre al 22 de octubre/2020	33	95 estaciones



COMISIÓN PERMANENTE DEL PACÍFICO SUR
Chile - Colombia - Ecuador - Perú
Guayaquil - Ecuador