



**COMISIÓN PERMANENTE
DEL PACÍFICO SUR (CPPS)**

Informe Final del Décimo Sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste



Condiciones océano-atmosféricas en el océano Pacífico
tropical oriental en Septiembre y Octubre de 2013

CPPS - 2018

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 (CCCCP), 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. Carlos Julio Arosemena kilómetro 3,
Complejo Comercial Albán Borja, Edificio Classic, piso 2.
Teléfono: (593-4) 2221200, 2221202. Fax 2221201
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. 2018. Informe Final del Décimo Sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación conjunta en el Pacífico Sudeste: Condiciones océano-atmosféricas en el océano Pacífico tropical oriental en septiembre y octubre de 2013. Comisión Permanente del Pacífico Sur - CPPS. Guayaquil, Ecuador. 51 p.

Autores:

M. Grados, H. Reyes, C. Perugachis, S.-A. Latandret, M. Pizarro, E. Miguel, J. Quispe, W. García, G. Luque, K. Vásquez, S. Recalde, D. Correa, R. Chauca, N. Quispe, K. Mosquera, L. Cabeza, M. Marín.

Fotos en la portada:

La imagen de fondo es provista por Anton Balazh/123rf.com. La composición de fotografías incluidas en la portada son propiedad de Miguel Sarmiento (IMARPE/Perú) para las dos imágenes superiores de la columna izquierda y para la imagen superior de la columna derecha; del MA2MOF José Ignacio Castaño Gómez (DIMAR/CCCCP, Colombia) para la imagen inferior a la derecha y de M. Grados (IMARPE, Perú) para la imagen inferior a la izquierda.

Reconocimientos:

La Comisión Permanente del Pacífico Sur reconoce el profesionalismo, dedicación y espíritu de cooperación mostrados por los investigadores y el comando y tripulación de los buques oceanográficos de Colombia, Ecuador, Perú y Chile que permitieron conducir el Décimo Sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación conjunta en el océano Pacífico Sudeste.

© 2018 CPPS
Guayaquil, Ecuador

ISBN: 978-9942-8538-8-2



INFORME FINAL DEL DÉCIMO SEXTO
CRUCERO OCEANOGRÁFICO REGIONAL DE
INVESTIGACIÓN CONJUNTA EN EL PACÍFICO SUDESTE:

Condiciones océano-atmosféricas en el océano Pacífico tropical oriental
en septiembre y octubre de 2013

CPPS - 2018

CONTENIDO

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. ANTECEDENTES	3
3. DATOS Y MÉTODOS	3
4. RESULTADOS	5
4.1 Condiciones atmosféricas	5
a) Presión atmosférica	5
b) Campo de vientos a nivel de 1000 hPa	6
c) Precipitación acumulada y Zona de Convergencia Intertropical	7
4.2 Condiciones físicas	7
a) Temperatura y salinidad superficial del mar	7
b) Caracterización de la estructura termohalina y masas de agua	8
c) Profundidad de las isotermas de 20°C y 15°C	9
d) Distribución meridional de la temperatura y salinidad	10
e) Circulación oceánica superficial	10
4.3 Condiciones químicas	10
a) Oxígeno disuelto y clorofila-a en superficie	10
b) Oxígeno disuelto en subsuperficie	11
5. DISCUSIÓN	11
6. CONCLUSIONES	14
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15
RECONOCIMIENTOS	19

FIGURAS

- Figura 1.** Distribución de las estaciones oceanográficas realizadas. Los triángulos representan el lugar donde se desplegaron derivadores superficiales tipo SVP. Los cuadrados en color rojo indican las estaciones costeras regionales para el monitoreo y vigilancia oceanográfica en el marco del ERFEN/CPPS. 20
- Figura 2.** Distribución promedio de la presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar (en colores) para a) Septiembre y b) Octubre, obtenido con datos del Centro Nacional de Predicción Ambiental (NCEP en inglés) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA en inglés). La presión atmosférica se presenta según la escala de colores en la parte inferior del gráfico. Las líneas continuas de color negro indican las anomalías para los meses de septiembre y octubre de 2013. 21
- Figura 3.** Distribución del campo de viento (m/s) a nivel de 1000 hPa (en matices de colores) y del vector del viento (en flechas) para a) Septiembre y b) octubre de 2013. En las figuras c) y d) se muestra lo mismo pero para la anomalía del viento. El intervalo de las isotacas es de 2 m/s. Los datos empleados provienen de NCEP/NOAA. 22
- Figura 4.** Precipitación (mm/mes) estimada por satélite y la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) principal para los meses de a) septiembre y b) octubre de 2013. La línea discontinua de color rojo indica la posición promedio de la ZCIT principal y la línea sólida de color rojo indica la ubicación de la ZCIT para el mes. Datos: TRMM/NCEP/NOAA. Las imágenes se adaptaron de ENFEN (2013 a, b). 23
- Figura 5.** Temperatura superficial del mar (°C) para los meses de a) septiembre y b) octubre de 2013 en el océano Pacífico tropical oriental. Los valores de la temperatura del mar se muestran de acuerdo a la escala de colores a la derecha. Datos de Global Reyn_SmithOlv2 (Reynolds et al, 2007). 24
- Figura 6.** Distribución de a) temperatura superficial del mar (°C) y b) anomalías térmicas (°C) durante el décimo sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, septiembre-octubre 2013. Las anomalías fueron calculadas con referencia al producto climatológico CARS 2009 (Ridgway and Dunn, 2003). Los valores de la temperatura del mar y las anomalías térmicas se muestran de acuerdo a la escala de colores a la derecha de cada gráfico. 25
- Figura 7.** Distribución superficial de a) salinidad superficial del mar y b) concentración del oxígeno disuelto (ml/L) durante el décimo sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, septiembre-octubre 2013. Los valores de la salinidad del mar como del oxígeno disuelto se muestran de acuerdo a la escala de colores a la derecha de cada gráfico. 26
- Figura 8.** Distribución superficial de la clorofila-*a* (µg/L) durante el décimo sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, septiembre-octubre 2013. La concentración de clorofila-*a* se muestra de acuerdo a la escala de colores a la derecha. 27

Figura 9.	Distribución espacial de la profundidad (m) de la base de a) la termoclina estacional $Z_{20^{\circ}\text{C}}$ y de b) la termoclina permanente $Z_{15^{\circ}\text{C}}$ durante el décimo sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, septiembre-octubre 2013. La profundidad, en cada caso, se presenta en la escala de colores a la derecha de cada gráfico.	28
Figura 10.	Estructura de la temperatura del agua de mar ($^{\circ}\text{C}$) en las transectas frente a a) Buenaventura (4°N) y b) Tumaco (2°N) en Colombia; c) La Libertad (2°S) y en los paralelos d) 83°W , e) 86°W , y f) 89°W en Ecuador durante el décimo sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, septiembre-octubre 2013.	29
Figura 11.	Distribución vertical de la temperatura del agua de mar ($^{\circ}\text{C}$) en las transectas perpendiculares a a) Paita (5°S), b) Chimbote (9°S), c) Callao (12°S), d) San Juan (16°S) en Perú; e) Arica ($18^{\circ}25'\text{S}$), f) Punta Gruesa (Iquique, $20^{\circ}20'\text{S}$), g) Bahía Moreno (Antofagasta, $23^{\circ}30'\text{S}$) y h) Rada Paposo (25°S) en Chile durante el décimo sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, septiembre-octubre 2013.	30
Figura 12.	Distribución vertical de la salinidad del agua de mar en las transectas frente a a) Buenaventura (4°N) y b) Tumaco (2°N) en Colombia; c) La Libertad (2°S) y en los paralelos d) 83°W , e) 86°W , f) 89°W en Ecuador durante el décimo sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, septiembre-octubre 2013.	31
Figura 13.	Distribución vertical de la salinidad del agua de mar en las transectas perpendiculares a a) Paita (5°S), b) Chimbote (9°S), c) Callao (12°S), d) San Juan (16°S) en Perú, y e) Arica ($18^{\circ}25'\text{S}$), f) Punta Gruesa (Iquique, $20^{\circ}20'\text{S}$), g) Bahía Moreno (Antofagasta, $23^{\circ}30'\text{S}$) y h) Rada Paposo (25°S) en Chile durante el décimo sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, septiembre-octubre 2013.	32
Figura 14.	Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto (ml/L) en las transectas frente a a) Buenaventura (4°N) y b) Tumaco (2°N) en Colombia; c) La Libertad (2°S) y en los paralelos d) 83°W , e) 86°W , f) 89°W en Ecuador durante el décimo sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, septiembre-octubre 2013.	33
Figura 15.	Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto (ml/L) en las transectas frente a: a) Paita (5°S), b) Chimbote (9°S), c) Callao (12°S), d) San Juan (16°S) en Perú, y e) Arica ($18^{\circ}25'\text{S}$), f) Punta Gruesa (Iquique, $20^{\circ}20'\text{S}$), g) Punta Coloso (Antofagasta, $23^{\circ}30'\text{S}$) y h) Rada Paposo (25°S) en Chile durante el décimo sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, septiembre-octubre 2013.	34
Figura 16.	Estructura de a) temperatura del agua de mar ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad, y c) oxígeno disuelto (ml/L) en la transecta meridional a 100 km de la costa sudamericana.	35

Figura 17.	Diagrama T-S y masas de agua durante el décimo sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, septiembre-octubre 2013. Se distinguen en la superficie del mar el Agua Costera Colombiana (ACC), Agua Tropical Superficial (ATS), Agua Ecuatorial Superficial (AES), Agua Subtropical Superficial (ASTS). A nivel subsuperficial se presentan el Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS), Agua Sub Antártica (ASAA) y Agua Intermedia Antártica (AIAA).	36
Figura 18.	Distribución compuesta de las anomalías del nivel del mar (cm) y los flujos geostroficados (cm/s) para los meses de a) septiembre y b) octubre 2013 en el océano Pacífico sudoriental. Las anomalías del nivel del mar se presentan en matices de colores y la intensidad y dirección de los flujos geostroficados se presentan con flechas. Fuente de datos: CMEMS V3.0. Las anomalías del nivel medio del mar se estimaron con referencia al periodo climatológico para 1993-2012.	37
Figura 19.	Diagrama de Hovmöller del promedio diario de a) la velocidad del viento (m/s) y b) las anomalías de la velocidad del viento (m/s) entre 10°N y 30°S y para una franja de ~111 km adyacente a la costa oeste sudamericana. Los datos provienen del Satélite ASCAT (IFREMER/CERSAT). Las anomalías se calcularon de acuerdo a los promedios climatológicos diarios de 2000-2014. El recuadro en color negro refiere del periodo en que se realizó el crucero regional.	38
Figura 20.	Diagrama de Hovmöller del promedio diario de a) temperatura superficial del mar (°C) y b) anomalías (°C) entre 10°N y 30°S y para una franja de ~111 km adyacente a la costa oeste sudamericana. Los datos provienen de Global Reyn_SmithOlv2 (Reynolds et al, 2007). Las anomalías se calcularon de acuerdo a los promedios climatológicos de 2007-2016. Las variaciones de la temperatura se representan de acuerdo a las barras de colores a la derecha de cada gráfico. El recuadro en color negro refiere del periodo en que se realizó el crucero regional.	39
Figura 21.	Series de tiempo climáticas y oceanográficas para el período 2000-2018: a) Índice Oceánico El Niño (ONI), b) Índice Multivariado ENOS (MEI, en inglés) de acuerdo a Wolter and Timlin (1993, 1998), c) Índice Costero de El Niño (ICEN), desarrollado por el ENFEN en base a las anomalías de TSM en la región Niño 1+2, d) Índice LABCOS, basado en la anomalía promedio de la TSM registrada por los Laboratorios Costeros del IMARPE desde Paita hasta Pisco, y la estación de Punta San Juan de la DHNM (Quispe y Vásquez, 2016). El área sombreada en color amarillo indica el periodo cuando se realizó el décimo sexto Crucero Regional.	40
Figura 22.	Anomalías (a y b) del nivel medio del mar simulado por el modelo lineal (experimental), c) del nivel medio del mar, con modelo lineal forzado con vientos estimados de ASCAT (experimental) d) del nivel medio del mar proyectada en la onda Kelvin simulado por el modelo lineal (experimental), e) de la altura dinámica, f) y g) de la temperatura superficial del mar observada (TAO) y Reynolds, respectivamente, en la región ecuatorial (2°S y 2°N). En (a) y (b) la línea cortada en color negro, indica el momento en que el modelo empieza a utilizar el esfuerzo de viento igual a cero y persistente. En (d) y (e) la línea cortada en color negro, indica el momento en que el modelo empieza a utilizar el esfuerzo de viento estimado según ASCAT. La escala de (a - e) se ubica en forma horizontal, mientras que la escala de (f) y (g) se presenta a la derecha (ENFEN, Informe Técnico de Octubre 2013).	41

ANEXOS

Anexo I:	Cruceros realizados por cada país, fechas, número de estaciones y variables medidas.	42
Anexo II:	Instituciones ejecutoras e instituciones participantes en el Décimo sexto Crucero Regional conjunto de Investigaciones Oceanográficas en el Pacífico sudeste.	44
Anexo III:	Personal científico participante	45
Anexo IV:	Especialistas participantes en el Programa de Intercambio de científicos del Décimo sexto Crucero Regional conjunto de Investigaciones Oceanográficas en el Pacífico sudeste	47
Anexo V:	Comité de coordinación científica nacional del Décimo sexto Crucero Regional conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico sudeste, septiembre-octubre de 2013.	47
Anexo VI:	Listado de acrónimos y abreviaturas utilizados	48
Anexo VII:	Registros visuales	50

CONDICIONES OCÉANO-ATMOSFÉRICAS EN EL OCÉANO PACÍFICO TROPICAL ORIENTAL EN SEPTIEMBRE Y OCTUBRE DE 2013

XVI Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste

M. Grados¹, H. Reyes², C. Perugachis³, S.-A. Latandret⁴, E. Miguel⁵, J. Quispe¹

W. García¹, M. Pizarro², S. Recalde³, D. Correa¹, R. Chauca⁵, N. Quispe⁶,

G. Luque¹, K. Vásquez¹, K. Mosquera⁷, L. Cabeza⁴, M. Marín³

¹IMARPE/Perú; ²IFOP/Chile; ³INOCAR/Ecuador; ⁴CCCP/Colombia, ⁵DHNM/Perú, ⁶SENAMHI/Perú, ⁷IGP/Perú

RESUMEN

El Décimo Sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el océano Pacífico Tropical Oriental se realizó del 14 de agosto al 28 de octubre de 2013 a bordo de los buques ARC Gorgona del CCCP/DIMAR (Colombia), BAE Orión del INOCAR (Ecuador), BIC José Olaya y BIC Humboldt del IMARPE (Perú) y PAM Raulí en el caso del IFOP (Chile).

La misión del crucero regional fue caracterizar las condiciones físicas, químicas y biológicas (plancton) en el Pacífico Sudeste. Para este fin se realizaron registros extensivos y muestras de agua se colectaron a diferentes profundidades sobre los 1000 metros superiores desde 8°N en la Cuenca del Pacífico Colombiano hasta 26°S en Chile, y desde el margen costero sudamericano hasta 93°O. Además, se desplegaron boyas de tipo SVP y radiosondeos para estimar la circulación marina superficial en el área de estudio así como la Capa Límite Marina y estructura atmosférica en la región ecuatorial.

El escenario climático durante el crucero fue consistente con una condición neutral de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) neutral, registrándose condiciones levemente frías en la zona costera de Perú y norte de Chile debido a la surgencia costera.

PALABRAS CLAVES: océano Pacífico sudeste, oceanografía, meteorología, termoclina, surgencia costera.

ABSTRACT

The Sixteenth Oceanographic Joint Regional Research Cruise in the Southeast Tropical Pacific was held from August 14 to October 28, 2013 onboard ships ARC Gorgona of CCCP/DIMAR (Colombia), BAE Orion of INOCAR (Ecuador), BIC José Olaya and BIC Humboldt of IMARPE (Perú) and PAM Raulí in the case of IFOP (Chile).

The mission of the regional cruise was to characterize the physical, chemical and biological (plankton) conditions in the Southeast Pacific. For this purpose, extensive records and samples of these variables were measured and collected at different depths over 1,000 meters above from 8 °N in the Pacific Colombian Basin to 26 °S in Chile, and from the South American coastal margin to 93 °W. Besides, SVP buoys and radiosonde launches were performed to estimate the

ocean surface circulation in the surveyed area, as well as the equatorial Marine Boundary Layer and atmospheric structure in the equatorial region.

The climate conditions during the cruise were consistent with an El Niño-Southern Oscillation (ENSO) neutral state, with slightly cooler conditions in the coastal area off Peru and northern Chile due to coastal upwelling.

KEYWORDS: Southeast Pacific ocean, oceanography, meteorology, thermocline, coastal upwelling.

1 | INTRODUCCIÓN

El océano Pacífico tropical Oriental (PTO) comprende la costa occidental del continente americano entre 30° de latitud y 120° de longitud oeste donde se distinguen el Gran Ecosistema Marino del océano costero del Pacífico centroamericano y el Gran Ecosistema Marino de la corriente de Humboldt.

Esta relevante unidad ecológica del océano mundial, y particularmente el océano de Colombia al norte de Chile, se caracteriza por la notable y compleja interacción entre el océano, la atmósfera, el continente, las nubes y las partículas de aerosoles (Mechoso, et al., 2014). Así, el Sistema de Corrientes Ecuatorial (Johnson and McPhaden, 1999) y el Sistema de Corrientes de Perú-Chile (Strub et al., 1998) transportan masas de agua de diferente origen y manifiestan un grado de conectividad entre ellas pudiendo tener implicancias en el clima y en el ecosistema (Chavez et al., 2008). Zonas frontales, celdas de alta productividad biológica en el océano costero, estructuras de mesoescala que favorecen el traslado zonal de estas aguas costeras hacia altamar (Chaigneau, et. al., 2008) particularmente en el sur, concentraciones mínimas de oxígeno a niveles intermedios con importantes implicancias biológicas y climáticas (Fuenzalida, et. al., 2009; Stramma et al., 2008), como la capa de nubes stratocumulus más extensa del planeta (Mechoso, et al., 2014) frente a Perú y Chile le distinguen.

Además, esta región presenta fluctuaciones considerables debido al forzamiento remoto ecuatorial a escalas interdecenales (Oscilación Decenal del Pacífico), interanuales (El Niño-Oscilación del Sur) e intraestacionales (Oscilación Madden-Julian), con impactos sustantivos en el caso de El Niño (CAF, 2000) y -en el último caso- alteraciones que pueden ser similares a las asociadas a El Niño-Oscilación del Sur.

Dada su importancia, el océano costero del PTO es investigado desde el año 1998 con una base anual de manera cooperativa, sinérgica y sincronizada en el tiempo por instituciones científicas de Colombia, Ecuador, Perú y Chile. En dicho año se realizó el Primer Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el océano Pacífico Sudeste en el marco del Programa Estudio Regional del Fenómeno El Niño (ERFEN) de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). Esta iniciativa se sustenta en programas de investigación oceanográfica de largo plazo de instituciones oceanográficas de Colombia (CCCP), Ecuador (INOCAR e INP), Perú (IMARPE, DHNM) y Chile (IFOP) de acuerdo con el protocolo ERFEN (CPPS, 2003) con el fin de mejorar la comprensión del clima regional y sus procesos como las implicancias del forzamiento remoto ecuatorial a escala regional y local, contribuyendo así al monitoreo y a la vigilancia integrada del Pacífico oriental en apoyo a la gestión del riesgo de desastres. Una mejor comprensión de los procesos oceanográficos en la región de estudio, y en particular, de la conexión tropical-

subtropical es necesaria para conocer las interacciones entre el clima y los ecosistemas marinos y contribuir a reducir el persistente sesgo observado en modelos numéricos globales del clima (Manganello and Huang, 2008).

Este informe expone el escenario atmosférico y oceanográfico físico y químico (contenido de oxígeno disuelto y clorofila-*a*) del PTO en septiembre y octubre de 2013. El objetivo general del crucero fue diagnosticar el estado del océano y la atmósfera en esta región y anticipar su evolución. Las actividades científicas se realizaron a bordo de los buques ARC Gorgona de la CCCP/DIMAR de Colombia (Latandret et al, 2013), el BAE Orión del INOCAR/Ecuador, los buques BIC José Olaya y BIC Humboldt del Instituto del Mar del Perú del Perú (IMARPE, 2013) y el PAM Raulí, plataforma en la que el IFOP realizó sus actividades científicas (Reyes y Pizarro, 2014), (Anexos. I-III).

2 | ANTECEDENTES

En el contexto de macroescala, el año 2013 estuvo precedido por un escenario cálido de junio a octubre de 2012, declinando abruptamente al término del año y manteniendo una condición neutral (con anomalías negativas) durante el 2013. En el contexto regional, a inicios de 2013, los vientos zonales en el Pacífico Oriental para el nivel de 850 hPa presentaron anomalías del noroeste, que coadyuvaron al incremento leve de la temperatura superficial del mar en el extremo norte de Perú y Ecuador. Frente a Colombia y en la región del afloramiento costero de Perú ocurrieron condiciones frías, mientras que al sur, en la zona sur de Perú y norte de Chile se presentaron condiciones cálidas de hasta 1°C. El verano de 2013 concluyó con la declinación rápida de la temperatura en la zona norte de Chile (Reyes y Pizarro, 2014) y similarmente frente al Perú.

Indicadores como el Índice Niño Oceánico y el Índice Multivariado ENOS (Wolter and Timlin, 1993, 1998) registraron valores dentro de la normalidad, notándose un rápido y breve enfriamiento (junio-agosto de 2013) de acuerdo al Índice Multivariado ENOS que no alcanzó condiciones La Niña. Este escenario fue acorde para Colombia, Ecuador y Chile; en el caso de Perú, índices desarrollados en este país indicaron que el escenario observado entre marzo y julio de 2013 fue de leve a moderadamente frío siendo categorizado como un evento La Niña de magnitud leve de acuerdo al Índice Costero El Niño (ENFEN, 2012; Takahashi et al, 2014) y según el índice local LABCOS (Quispe y Vásquez, 2015). Cabe precisar que el Frente Ecuatorial en el Pacífico Ecuatorial Oriental (120°W-81°W) se fortaleció desde junio de 2013, producto del aporte de aguas subtropicales del sur, debido a la intensificación del Sistema de Corrientes de Humboldt (ERFEN, 2013).

3 | DATOS Y MÉTODOS

Zona de estudio. El estudio se realizó entre las latitudes 6°30' N y 26°S, y desde la costa sudamericana hasta las islas Galápagos del 14 de agosto al 28 octubre de 2013 (Figura 1).

Actividades. Durante el crucero se registraron variables físicas del océano y la atmósfera. Asimismo, se colectaron muestras de agua de mar para análisis químicos y biológicos

distribuidos en transectas zonales como meridionales con una extensión variable y sobre 500m (Chile, Perú, Ecuador) y 1000 m (Colombia) de profundidad (Figura 1). En total, se realizaron 909 estaciones, siendo 153, multidisciplinarias. El resumen de las actividades realizadas, las variables registradas y las muestras de agua colectadas como las metodologías aplicadas se presentan en el Anexo I. Además se desplegaron boyas a la deriva tipo SVP del Global Drifter Program del Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory (AOML) de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Las posiciones geográficas de los despliegues se presentan en la Figura 1.

Este informe presenta los perfiles oceanográficos frente a Buenaventura (4°N) y Tumaco (2°N) en Colombia; La Libertad (2°S) y cuatro transectas meridionales a lo largo de 83°W, 86°W, 89°W y 92°W, en el mar ecuatoriano; Paita (5°S), Chimbote (9°S), Callao (12°S) y San Juan (15°S) en Perú, seguidos de Arica (18°25'S), Punta Gruesa (Iquique, 20°20'S), Punta Hornos (Mejillones, 23°S) y Rada Paposos (25°S) en Chile.

Procesamiento de la información del crucero. Los datos meteorológicos obtenidos durante la ejecución de las estaciones oceanográficas se emplearon para elaborar, en cada caso, mapas de distribución de las diferentes variables con fines de interpretación del escenario oceanográfico superficial. Dada la naturaleza variable de los vientos superficiales y el período de evaluación no estrictamente coincidente, se caracterizaron las condiciones dominantes de parámetros meteorológicos como la presión atmosférica a nivel del mar y los vientos con datos del Centro Nacional para la Predicción Ambiental de la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera (NCEP/NOAA, según sus siglas en inglés). La precipitación acumulada estimada por satélite y la posición promedio de la Zona de Convergencia Intertropical se tomó de ENFEN (2013 a, b). Para el nivel superficial, se estimaron valores de anomalías de la temperatura superficial del mar para cada ½ grado de acuerdo con la climatología de CSIRO Atlas of Regional Seas (CARS2009) de Ridgway, et. al (2002) y Dunn and Ridgway (2002).

La información del CTD se procesó de acuerdo al procedimiento estándar recomendado (<http://www.seabird.com/products/>). Los valores de salinidad se presentan en forma adimensional, siguiendo las recomendaciones de UNESCO (1981a). El cálculo de la densidad se realizó utilizando la ecuación internacional de estado del agua de mar de 1980 (Millero & Poisson, 1981; UNESCO, 1981a, 1981b). Para visualizar los datos se empleó el software Ocean Data View (Schlitzer, 2014).

Caracterización del escenario regional. La condición térmica promedio para septiembre y octubre 2013 se obtuvo empleando el producto Global Reyn_SmithOlv2 (Reynolds, et al. 2007) de CMB/EMC/NCEP de la NOAA que combina observaciones de diferentes plataformas en una grilla regular global de ¼ de grado. Las anomalías se calcularon según el periodo 1982-2011. El nivel medio del mar se obtuvo del Servicio de Monitoreo del Ambiente Marino Copernicus (CMEMS en inglés) y las anomalías se calcularon de acuerdo al periodo 1993-2014.

La evolución del escenario climático durante el crucero y en el contexto anual se realizó mediante la estimación de las anomalías promedio diarias de la temperatura superficial del mar y del viento entre 10°N y 30°S de latitud. Los diagramas Hovmöller de la velocidad promedio del viento y su anomalía desde la zona más cercana a la costa hasta 40 km mar adentro se elaboraron con datos del satélite ASCAT de IFREMER/CERSAT para una resolución

espacial de $\frac{1}{4}^\circ$ de grado. Mayores detalles acerca de los datos, método objetivo y algoritmo de cálculo se pueden encontrar en Bentamy, et al (2012).

Series de tiempo climáticas y oceanográficas desde el año 2000 a noviembre de 2016, periodo que se sitúa en una fase fría de la Oscilación Interdecadal del Pacífico (Grados, et al., sometido) se emplearon para contextualizar el escenario actual con la variabilidad interanual. Para el análisis de macroescala se emplearon dos índices: el Índice Multivariado ENOS (Wolter and Timlin, 1993, 1998) que estima la condición ecuatorial referente a periodos fríos o cálidos. Este índice combina la presión atmosférica a nivel del mar, las componentes zonal y meridional del viento, la TSM, la temperatura superficial del aire y la fracción total de nubosidad en la zona ecuatorial (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/table.html>) y el Índice Oceánico El Niño (ONI, según sus siglas en inglés). Para el análisis regional y local se empleó, respectivamente, el Índice Costero El Niño (ICEN) estimado en base a las anomalías de la temperatura superficial del mar en la región Niño 1+2 de acuerdo a ENFEN (2012) y Takahashi, et al (2014) y el Índice LABCOS (Quispe y Vásquez, 2016) basado en la anomalía promedio de la temperatura superficial del mar registrada en estaciones costeras seleccionadas del IMARPE entre Paita (5°S) y Pisco (13°S) además de la estación Punta San Juan (15°S) de la DHNM.

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. Este modelo oceánico lineal (Mosquera 2009, 2011, 2014) con la profundidad referencial de la termoclina uniforme (LOM1) y profundidad variable (LOM2) fue forzado con anomalías de vientos superficiales obtenidas del NCEP/CDAS (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.

Finalmente, el escenario climático de macroescala y su efecto en la condición regional en la cual se ejecutó el crucero regional se realizó con base a la información del proyecto Tropical Ocean Array (TAO en inglés) para la capa superior de la columna de agua del PTO.

4 | RESULTADOS

4.1. CONDICIONES ATMOSFÉRICAS.

a) Presión atmosférica. En septiembre de 2013 (Figura 2 a), en el extremo norte de la Cuenca Pacífico Colombiana (CPC), se registraron los menores valores de presión (1008-1011 hPa) indicando normalidad. Al sur, el núcleo principal del sistema anticiclónico del Pacífico Suroriental (APSO) se presentó en su posición habitual, sin embargo hacia el Oeste (entre 20°S y 35°S y 120°W y 95°W) se mostró debilitado presentando anomalías de -1 a -2 hPa, incrementando en intensidad (+8 hPa) hacia el sur. Por otro lado, de la costa central de Colombia al norte de Chile ocurrieron condiciones normales con isóbaras de 1011 a 1014 hPa y hasta 1017 hPa, valores característicos para la presencia de nubosidad estratiforme a lo largo de la costa peruana y chilena. Entre el núcleo principal y la costa peruana (hacia el noreste) se presentó un ligero gradiente que favoreció la presencia de vientos que se fortalecieron

próximos a la superficie en dirección sureste. Para el mes de Octubre (Figura 2b), el núcleo principal del APSO se debilitó y se extendió en forma zonal registrándose anomalías de hasta -0.5 hPa para el núcleo principal, desde 25°S hasta 40°S y longitudinalmente desde 105°W hasta la costa de Chile y Perú, situación que favoreció el debilitamiento de los vientos costeros del sureste.

Durante el crucero, la presión atmosférica en la CPC fluctuó entre 1008.4 y 1013.7 hPa, propio del periodo. El mayor valor (Est. 43) se presentó en la zona norte-centro de la grilla observacional y el mínimo (Est. 61) en la región central. En el sector peruano, la presión atmosférica fluctuó de 1009 a 1021 hPa con menores valores de Puerto Pizarro a Talara, por fuera de las 10 mn frente a la región de Casma a Supe; por el contrario, los valores mayores (1017 hPa) se ubicaron a 40 mn de Chicama y 70 mn frente a Chimbote, ampliando su distribución en el sur hasta las 80 mn.

b) Campo de vientos a nivel de 1000 hPa. En septiembre se registraron vientos de mayor intensidad frente a la costa norte de Chile y Perú. El direccionamiento del flujo de viento evidenció una mayor velocidad entre las latitudes de 25°S a 10°S girando hacia el Oeste, patrón característico que obedece al APSO. Hacia el núcleo principal, la intensidad del viento fue débil siguiendo la circulación anticiclónica entre 100°W y 85°W. Este patrón de circulación del flujo de vientos mostró anomalías alrededor del núcleo en circulación ciclónica debido a la anomalía isobárica negativa; mientras que frente a la costa central de Chile, presentó anomalías de circulación anticiclónica debido a la presencia del APSO. Sobre la costa central y norte del Perú se presentaron vientos anómalos del norte, favoreciendo el ingreso de aire cálido. En octubre, las condiciones isobáricas se presentaron ligeramente más relajadas que en septiembre, así el APSO se extendió en forma zonal para repercutir en la intensidad del viento frente a la costa de Chile y Perú. Este mes se registraron anomalías del norte más débiles que en septiembre, comportamiento que indicó que, sobre la costa, el viento en octubre fue más sostenido, aunque no necesariamente de mayor intensidad.

Las velocidades del viento durante el crucero regional, registraron valores máximos de 9.18 m/s (Est. 75) a 10.2 m/s (Est 59) en la zona oceánica norte de la CPC (Latandret et al., 2013). La dirección predominante del viento fue NO, debido al comportamiento climatológico de los vientos alisios en octubre. En el mar peruano, los vientos fluctuaron de 0.27 a 17.53 m/s con dirección predominante del Sureste (IMARPE, 2013). Los vientos de menor intensidad (<4 m/s) se presentaron muy dispersos en casi toda el área evaluada, particularmente de 11°S al sur. Vientos de moderada magnitud (5 - 8 m/s) ocurrieron con mayor amplitud de 4° a 11°S, de 14° a 16°S y en 17°S, en tanto que, los vientos más intensos (11 m/s) se registraron en pequeños núcleos frente a Talara (4°S), de 20 a 90 mn de Paita (5°S) y de 40 a 80 mn del Callao (12°S). En Chile (Reyes y Pizarro, 2014), los vientos fueron predominantemente débiles (<5 m/s). Los vientos moderados (de 5 a 10 m/s) se localizaron principalmente en el sector oceánico al sur de Antofagasta (23°40'S). Las mayores intensidades (>10 m/s) se concentraron principalmente por fuera de las 10 mn de Mejillones (23°S). Los vientos, en gran parte de las primeras 30 mn adyacentes a la costa, fueron favorables a la surgencia. Los vientos con componente norte se localizaron principalmente entre Arica (18°25'S) y Punta Camarones, de Iquique (20°20'S) a Caleta Patillos, de 22° S a Punta Gualaguala y, en menor medida, en Punta Errázuriz y Punta Ballenita (25°50'S).

c) Precipitación acumulada y Zona de Convergencia Intertropical. En septiembre de 2013, la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) sobre el Pacífico Ecuatorial, se ubicó al norte de su posición normal, oscilando entre 10°N y 11°N, con actividad convectiva dispersa y débil en el Pacífico ecuatorial Central y Oriental, debido a las aún bajas temperaturas del mar en las regiones Niño 3 y Niño 1+2. Sin embargo, en las costas de Colombia, ocurrió una actividad convectiva moderada (Figura 4 a), concentrándose más bien al norte de 10°N, sobre Centroamérica, permitiendo una interacción con las fuertes tormentas tropicales que afectaron esta región (ENFEN, 2013 a). En octubre, la posición de la ZCIT sobre el Pacífico ecuatorial fue normal, con actividad convectiva de ligera intensidad (Figura 4 b). Finalmente, la Zona de Convergencia del Pacífico Sur, monitoreada a través de la radiación de onda larga, presentó moderada convectividad entre 180°W y 160°W, principalmente hacia la segunda decadiaria del mes, generando perturbaciones meridionales sobre el Pacífico Central y Oriental que inhibieron el APSO (ENFEN, 2013 b).

4.2. CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS FÍSICAS

a) Temperatura y salinidad superficial del mar. La temperatura superficial del mar (TSM) promedio en septiembre (Figura 5 a) y Octubre (Figura 5 b) fue similar, aunque en la zona norte de Perú se presentó advección hacia el oeste de las temperaturas de 20°C, mientras que en octubre, entre 12°S y 16°S se presentaron condiciones levemente más frías que en septiembre.

Durante el crucero, la TSM varió de 13.30 a 29.5°C (Figura 6 a). Los valores más bajos ocurrieron en la zona costera de Atico (Perú) y a 60 mn de Punta Ballenita (25°50'S), en tanto que las máximas temperaturas (27°C con una máxima absoluta de 29.5°C) ocurrieron en la zona extremo norte de la CPC. El frente ecuatorial presentó su mayor gradiente a ~80 mn entre Manta y Puerto Pizarro con temperaturas entre 24°C y 19°C. El borde costero dentro de las 30 mn estuvo caracterizado por la surgencia con valores de 13.6 y de 15°C frente a la costa sur y norte-centro del Perú, respectivamente; asimismo, al sur de Rada Paposo (25°50'S) se presentaron condiciones térmicas frías.

La anomalía de la TSM (Figura 6 b), obtenidas en base a la climatología de CARS2009 (Ridgway, et. al., 2002), presentó valores entre 2°C frente al Ecuador y -5°C en el sector noroeste de la región de estudio. Condiciones levemente frías, en el rango neutral, caracterizaron el sector costero del Pacífico sudoriental con áreas levemente cálidas focalizadas en algunas zonas costeras de Colombia, Ecuador continental y región norte de Ecuador insular, Perú y extremo sur del área evaluada.

La salinidad del mar en la superficie (Figura 7) fluctuó de 23 cerca del borde costero de la CPC a 35.247. Los registros mínimos absolutos se ubicaron cerca del borde costero de la región norte y centro de la CPC, seguidos de la zona al oeste del meridiano 80°W que presentaron valores predominantes de 33, correspondiente a Aguas Tropicales Superficiales (ATS). El sector frente a Ecuador estuvo caracterizado por meandros y núcleos con valores de relativa baja y alta salinidad, propio de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES). El sector oceánico se caracterizó por valores moderados de salinidad (35.2) por fuera de las 30 mn de la costa central del Perú y de Atico (16°S) a Iquique (20°20'S). El sector costero frente a Perú y Chile registraron valores cercanos a 35.0 y hasta 34.5, respectivamente, propios del periodo, siendo característico una amplia zona de gradiente oeste-este en las 20 mn adyacentes al litoral de Arica (18°25'S) a

Punta Lobos (21°S) donde se apreció un núcleo con salinidades de 35.1 declinando hacia la costa a valores de 34.8. Al sur de Punta Lobos, el gradiente principal fue norte-sur, primando salinidades menores a 34.7 de Antofagasta (23°40'S) al sur, con mínimos valores de 34.6 en la mayor parte de la sección frente a Punta Ballenita (25°50'S).

b) Caracterización de la estructura termohalina y masas de agua. En Buenaventura (4°N) y Tumaco (2° N) la capa superficial sobre los 40 m de profundidad presentó temperaturas mayores a 23°C en la zona costera y hasta 27.5°C a 80 mn adyacentes a la costa en Buenaventura (Figura 10 a) y Tumaco (Figura 10 b), los valores más altos del área de estudio. La termoclina se ubicó entre 40 y 60 m de profundidad con 9 y 10 isotermas. Entre 100 y 500 m de profundidad, la temperatura se presentó estratificada y uniforme en los dos transectos. En La Libertad (2°S), predominaron valores de 16°C a 18°C en los 100 m de profundidad (Figura 10 c). Los perfiles meridionales en 82°W (Figura 10 d), 86°W (Figura 10 e) y a 89°W (Figura 10 f) mostraron condiciones térmicas similares aunque con mayores temperaturas cerca a la costa siendo notoria la profundización de las isotermas en la columna de agua con respecto de las transectas más occidentales.

La temperatura en las transectas frente a Paita (5°S, Figura 11 a), Chimbote (9°S, Figura 11 b) y Callao (12°S, Figura 11 c) presentaron condiciones propias de la surgencia costera. El afloramiento fue particularmente intenso frente a San Juan (15°30'S, Figura 11 d) donde las isotermas de 14° y 15°C (base de la termoclina permanente), se ubicaron por fuera de las 80 y 50 mn de la costa, ascendiendo desde 50 y 40 m de profundidad hacia la superficie.

Las mayores variaciones térmicas frente a la costa de Chile en los primeros 100 m de profundidad ocurrieron frente a Arica (18°25'S, Figura 11 e), Punta Gruesa (20°20'S, Figura 11 f), Punta Coloso (Figura 11 g) y Rada Paposó (25°50'S, Figura 11 h), descendiendo gradualmente hasta 8°C, observándose, en la mayoría de ellas, pendientes negativas hacia la costa, particularmente de Punta Lobos (21°S) al sur. La única sección que presentó pendiente positiva, aunque dentro de las 40 mn, fue Punta Copaca. En los 50 m superiores, temperaturas mayores a 15 °C se registraron hasta Punta Hornos (23°55'S), y sólo en forma de núcleos en Punta Tres Picos (24°20'S) y Rada Paposó (25°50'S). Las mayores temperaturas superficiales (>18 °C) se registraron sólo en pequeños focos en el extremo norte, descendiendo rápidamente hasta 16 °C, temperatura característica de esta capa hasta Punta Arenas (21°40'S). Hacia el sur, la temperatura descendió hasta 14 °C. Las isotermas, en general, presentaron una pendiente positiva hacia la costa, siendo esto más intenso entre Arica (18°25'S) y Punta Arenas (21°40'S) y entre Punta Hornos (23°55'S) y bahía Moreno (23°40'S), afectando la capa más superficial en las primeras 5 mn.

La salinidad presentó los valores más bajos (30) a niveles muy someros en el sector costero de Buenaventura (4°N, Figura 12 a), incrementándose a 32 en los 40 m superiores en las 60 mn adyacentes a Buenaventura y Tumaco (Figura 12 a, b). Las transectas en el sector ecuatorial (Figura 12 d-f) presentaron los cambios característicos propios de esta zona dinámica, con menores concentraciones de salinidad en la zona oriental declinando hacia el lado occidental. Frente al Perú (Figura 13 a-d), la salinidad presentó aguas de mezcla en una capa muy somera (10 m) en Paita (5°S). En la zona costera, a mayores profundidades y hacia el sur, predominaron valores de salinidad de 34.9-35.0, propio de las aguas de surgencia que se distribuyeron en las primeras 40-60 mn en Chimbote y Callao. Aguas con mayores tenores, propios de las ASS, se presentaron por fuera de las 40 y 70 mn. Al sur, frente a San Juan (15°S),

las concentraciones de salinidad indicaron la presencia de las aguas de surgencia desde la superficie hasta 120 m de profundidad en toda la sección; por otro lado, algunos pequeños núcleos con valores menores de 34.80 y bajas temperaturas indicaron la influencia de las ATSA en esta zona.

Hacia el sur (Figuras 13 e-h), la distribución vertical de la salinidad se presentó en tres capas bien definidas: i) en superficie, disminuyendo de norte a sur con máximos de 35.1 hasta Punta Lobos y registrándose valores mínimos de 34.6 en el extremo sur, ii) la capa de mínima subsuperficial se ubicó en el sector más oceánico entre 50 y 150 m con valores de 34.7 en Arica (18°25'S) disminuyendo a 34.5 en el sur; mientras que los valores mínimos (34.4) ocurrieron en pequeños núcleos entre Bahía Moreno (23°40'S) y Rada Paposó (25°50'S), incrementando su participación de norte a sur., iii) la tercera capa, de mayor salinidad se centró en 150 m con valores típicos de 34.8 disminuyendo al sur, registrando valores de 34.7 de Punta Tres Picos (24°20'S) al sur. Bajo 250 m, la salinidad disminuyó gradualmente con la profundidad a valores de 34.6 (zona norte) y 34.5 (zona sur) en los niveles más profundos.

En los primeros 500 m superiores frente a la costa sudamericana se distinguieron seis masas de agua (Figura 17): Agua de la Cuenca Colombiana (ACC), Agua Tropical Superficial (ATS) con valores menores de 33.8 se ubicaron en la zona norte del área de estudio, el Agua Ecuatorial Superficial (AES) con valores mayores a 34.0 se localizó por fuera de las 20 mn de Puerto Pizarro hasta 50 mn de Talara (4°S) extendiéndose hacia el oeste. Aguas SubTropicales Superficiales (ASTS) con altos valores de salinidad se observaron con mayor proximidad a la costa central de Perú, sur del Perú y norte de Chile. Asimismo, el Agua Ecuatorial Subsupsuperficial (AESS) se presentó a lo largo del área evaluada centrada en 200 m de profundidad y disminuyendo en temperatura y salinidad de norte a sur. El Agua Subantártica (ASAA), representada en la columna de agua con un valor mínimo de salinidad alrededor de 100 m, se notó en la parte superior del Agua Intermedia Antártica (AIAA) cuyo núcleo se encuentra a 600 m de profundidad (Silva y Konow, 1975). En la superficie se apreció el dominio de las ASTS desde la zona norte de Chile y hasta 3°S.

c) Profundidad de las isotermas de 20°C y de 15°C. La isoterma de 20°C (Figura 9a) identifica la parte media de la termoclina al norte de Talara (4°S), presentándose a una profundidad hasta de 80 m frente a Manta (0.88°S). Las demás zonas adyacentes presentaron esta característica muy somera (10 m) al este de las I. Galápagos y en el extremo norte del Perú. La distribución de las isobatas asociadas a la profundidad de la isoterma de 15°C (Figura 9 b) en el océano Pacífico sudoriental, identifica la base de la termoclina permanente que separa la capa marina variable de la estable, siendo un proxy que indica la orientación de los flujos dominantes. En condiciones normales, la $Z_{15^{\circ}\text{C}}$ se presenta somera en el borde costero entre los 6°S y 24°S, zona caracterizada por la surgencia costera. En el período de estudio, la $Z_{15^{\circ}\text{C}}$ se presentó muy somera (20 y 10 m de la superficie) en el océano costero del Perú y frente a Antofagasta (23°40'S), aflorando incluso a la superficie entre Pisco (13°S) y San Juan (16°S) donde se distribuyó ampliamente. Al sur de los 18°S, la $Z_{15^{\circ}\text{C}}$ fluctuó entre la superficie y 82 m, presentando marcados gradientes costa-océano en la franja costera entre Arica (18°25'S) y Mejillones (23°S), aumentando desde un nivel <20 m en la costa hasta profundidades mayores de 50 m entre Punta Junín y Punta Lobos (21°S). Hacia el sur (Punta Tres Picos, 24°20'S) se registró la mayor profundidad de esta variable, mientras que en Rada Paposó (25°50'S) se ubicó entre 40 y 60 mn.

d) Distribución meridional de la temperatura y salinidad. La transecta meridional paralela a la costa de Colombia a Chile (Figura 16) a 100 km de distancia a la costa indicó de la presencia de aguas cálidas con temperaturas del orden de 23°C en la capa superficial de la CPC, frente a las costas de Buenaventura, para disminuir a 14°C en el sur. Entre la línea ecuatorial y 3°S se apreció el frente ecuatorial con una profundización de las isotermas en la columna de agua, separando la región cálida ecuatorial de la subtropical y fría de la corriente de Humboldt, cuya capa superficial se caracterizó por presentar temperaturas de 20° a 16°C con un núcleo de aguas más salinas entre 12°S y 18°S, indicando condiciones de neutralidad. Por debajo de los 100 m de profundidad, el termostad y las temperaturas en la columna de agua se presentaron cada vez más someras hacia 25°S. En general, en la zona ecuatorial y la CPC, se observó mayoritariamente la influencia en la mezcla de ATS y ACC en las capas muy someras a diferencia del sector sur de la CPC. Una intensa zona de gradientes halinos distinguió al frente ecuatorial con valores de salinidad de 34.9 a 34.6 que caracterizaron la zona norte del Perú. En el sur, la capa más somera se asoció a aguas del borde norte de la Subantártica con tenores relativamente bajos de salinidad y un mínimo subsuperficial entre 20 m y 120 m de profundidad, seguidas de las AESS.

e) Circulación oceánica superficial y flujos geostroficados. Las corrientes geostroficadas para los meses de septiembre y octubre de 2013 obtenidas de la altimetría satelital mostraron en el primer mes el predominio de condiciones propias del periodo con algunos núcleos anticiclónicos levemente cálidos (+5 cm) en el sector sur. Núcleos con anomalías negativas se asociaron a giros ciclónicos centrados entre 75 y 81°W y al sur de 25°S. En octubre, el escenario observado en septiembre declinó en intensidad, normalizándose plenamente. En general, el flujo predominante en la banda costera fue hacia el norte, mientras que en la CPC fue hacia el sur, observándose la intrusión de la Contracorriente Ecuatorial del Norte en torno a los 5°N (Figuras 16 y 17).

4.3. CONDICIONES QUÍMICAS

a) Oxígeno disuelto y clorofila-a en superficie. Las concentraciones de oxígeno disuelto (Figura 8a) variaron de 2.15 a 8.11 ml/L, valores registrados en el mar peruano. Los valores mayores a 6 ml/L se asociaron a la presencia de marea roja en las cercanías del Callao (12°S). De norte a sur, concentraciones de 6 ml/L caracterizaron la CPC así como sectores oceánicos por fuera de las 60 mn en el mar peruano y chileno asociado con la presencia de masas de aguas cálidas del oeste. Los menores valores se encontraron en las zonas costeras entre 5 y 6°S, 7 y 12°S y 13 y 16°30'S frente al Perú, asociado con la surgencia costera. Hacia el sur, las mayores variaciones se presentaron en el sector costero, con concentraciones de hasta 6 ml/L en Arica (18°25'S) y Antofagasta (23°40'S), en la punta norte de la península de Mejillones (23°S), entre Punta Arenas (21°40'S) y Punta Lobos (21°S), donde se registró el máximo valor en Chile. Los núcleos con concentraciones menores a 5 ml/L se localizaron a 10 mn de Punta Madrid, en las estaciones costeras entre Punta Junín (mínimo del muestreo en Chile) y Punta Gruesa (20°20'S), en Punta Lobos (21°S), en Mejillones (23°S), y entre 5 y 10 mn de Antofagasta (23°40'S).

La clorofila-a superficial (Figura 8b) registró concentraciones entre 0.21 y 10.98 µg/L (a 10 mn de Punta Lobos). Concentraciones menores a 0.5 µg/L caracterizaron la superficie marina

frente a Colombia y Ecuador, incrementándose a valores superiores a 1 $\mu\text{g/L}$ entre Paita (5°S) y Chimbote (9°S), así como entre Arica ($18^{\circ}25'\text{S}$) y Antofagasta ($23^{\circ}40'\text{S}$). Particularmente, frente a Chile, concentraciones mayores a 0.5 $\mu\text{g/L}$ se registraron en el sector más costero de Punta Junín, sector norte de la península de Mejillones (23°S) y Antofagasta ($23^{\circ}40'\text{S}$), presentándose el foco más extenso (hasta 10 mn mar adentro) próximo a Punta Lobos (21°S). En esta última sección, al igual que en Antofagasta ($23^{\circ}40'\text{S}$), se registraron pequeños focos de concentraciones mayores a 0.10 $\mu\text{g/L}$. De Punta Tres Picos ($24^{\circ}40'\text{S}$) al sur, las concentraciones costeras fueron muy inferiores ($\leq 0.5 \mu\text{g/L}$) a las del sector centro-norte, mientras que en el sector oceánico, las concentraciones superaron 0.5 $\mu\text{g/L}$ entre Punta Lobos (21°S) y Punta Copaca y entre 40 y 60 mn de Antofagasta ($23^{\circ}40'\text{S}$) al sur, registrándose solo una estación con una concentración $> 1 \mu\text{g/L}$ a 40 mn de la costa.

b) Oxígeno disuelto en subsuperficie. El contenido de oxígeno fue 6 ml/L en la capa subsuperficial sobre los 40 m en Buenaventura (Figura 14 a) y Tumaco (Figura 14 b) en Colombia. La oxiclina (6 - 3 ml/L) se presentó entre 20 y 70 m en Colombia, por debajo de la oxiclina y hasta 200 m, la distribución es poco uniforme con valores entre 2.5 y 1.5 ml/L. En el sector peruano (Figura 15 a-d), la distribución vertical de oxígeno presentó una oxiclina débil, con ascenso de las iso-oxígenas hacia la superficie, encontrándose valores menores de 4 ml/L dentro de las 30 mn adyacentes a San Juan (15°S). Frente a Chile, se presentó un fuerte gradiente óxico (1-5 ml/L) del sector costero al oceánico, profundizándose hacia el sur principalmente en el sector oceánico. La capa superficial bien oxigenada ($> 5 \text{ ml/L}$) en el sector oceánico aunque con variaciones, tendió a aumentar su espesor hacia el sur, mientras que hacia la costa, debido a la pendiente positiva del gradiente, el espesor de esta capa disminuyó notoriamente.

El tope superior de la mínima de oxígeno (0.5 ml/L) se ubicó por debajo de 200 m de profundidad, presentándose en Perú entre 10 m (zona costera) y 70 m (por fuera de 50 mn) de Chimbote, siendo su ubicación similar frente al Callao. En el sector chileno, la profundidad de la concentración de 1 ml/L representa el límite superior de la zona de mínimas concentraciones de oxígeno, presentando un fuerte gradiente costa-océano hacia las primeras 20 mn a profundidades menores de 50 m entre Arica ($18^{\circ}25'\text{S}$) y Punta Arenas ($21^{\circ}40'\text{S}$), así como entre Mejillones (23°S) y Antofagasta ($23^{\circ}40'\text{S}$). En el área de Punta Tres Picos ($24^{\circ}20'\text{S}$) a Punta Ballenita ($25^{\circ}50'\text{S}$), el nivel de profundidad de esta isolínea fluctuó entre 60 y >100 m. Hacia el sector oceánico, focos a profundidades >70 m se ubicaron en Arica ($18^{\circ}25'\text{S}$) y de Punta Junín al sur con máximos >100 m a 70 mn de Punta Arenas ($21^{\circ}40'\text{S}$) y a 40 mn de Punta Copaca, mientras que de Antofagasta ($23^{\circ}40'\text{S}$) al sur, las profundidades superaron los 100 m formando un núcleo de gran extensión que se acercó hasta las 10 mn en Rada Paposó ($25^{\circ}50'\text{S}$).

5 | DISCUSIÓN

A nivel de macroescala, el modo de variabilidad ENOS en el año 2013 prevaleció en una condición neutral, presentándose condiciones levemente frías en algunos períodos.

Durante el crucero, el índice de anomalías de la TSM para la región Niño 1+2 indicó valores de -1.0 $^{\circ}\text{C}$ para agosto, -0.6 $^{\circ}\text{C}$ para septiembre y -0.6 $^{\circ}\text{C}$ para octubre, mientras que el ÍOS

estandarizado registró valores neutrales en agosto (+0.2), septiembre (+0.3) y octubre (-0.1). A escala vertical, el contenido de calor en el océano Pacífico ecuatorial disminuyó en los 300 m superiores en septiembre, debido a una onda Kelvin de afloramiento que contribuyó a mantener condiciones por debajo del promedio en el sector oriental-central del océano Pacífico, mientras que en octubre, el avance hacia el este de una onda Kelvin de hundimiento, favoreció el incremento leve de la temperatura subsuperficial en el Pacífico occidental (NOAA, 2013 a, b).

En el contexto regional, las condiciones de neutrales a moderadamente frías que ocurrieron a fines del año 2012 se normalizaron y presentaron una tendencia a calentamiento leve en los primeros meses del año en Ecuador y Colombia, Perú y Chile (Reyes y Pizarro, 2014), alcanzando valores levemente cálidos de hasta +1°C en el segundo caso. En marzo de 2013 ocurrió un cambio de fase en la temperatura superficial del mar, disminuyendo rápidamente cerca de 1°C para toda la zona norte de Chile (Reyes y Pizarro, 2014), condición que prevaleció hasta agosto de 2013. Similarmente para el Perú, las condiciones observadas entre marzo y julio de 2013 fueron de leve a moderadamente frías siendo categorizadas como un evento La Niña de magnitud leve de acuerdo al ICEN (ENFEN, 2012). La disminución de la temperatura del mar estuvo asociada con el incremento de la intensidad del viento que se inició en marzo de 2013 y declinó en noviembre, alcanzando una máxima distribución frente a la costa sudamericana en el periodo de ejecución del crucero regional (Figura 18). A nivel de macroescala, sin embargo, la evolución del IME, por ejemplo, indicó condiciones neutrales de septiembre de 2012 a mayo de 2013 con tendencia hacia condiciones frías de junio a agosto de 2013, previo al XVI Crucero Regional, cambiando hacia condiciones neutrales en septiembre. Asimismo, las anomalías de la TSM para la región Niño 1+2 como el IOS presentaron valores neutrales en septiembre (+0.3) y octubre (-0.1).

A nivel regional, la atmósfera presentó cambios leves en septiembre (ENFEN, 2013 a) y octubre (ENFEN, 2013 b) de 2013. El campo de vientos en el Pacífico oriental a nivel de 850 hPa frente a Colombia, Ecuador y costa norte y central de Perú fueron principalmente del NO en septiembre de 2013, declinando en cobertura como en intensidad en octubre, restringiéndose hacia el norte del Perú. Por el contrario, al sur de 15°S, persistieron anomalías de viento de componente Sur observadas durante los últimos tres meses, pero restringidas sólo sobre una franja entre el meridiano 80°W y la costa occidental de Sudamérica. Frente a Chile, el viento durante el invierno, fue mayormente débil en intensidad, pero con un alto porcentaje de viento con componente favorable a la surgencia (Bakun and Nelson, 1991).

El diagrama de Hovmöller de la velocidad del viento (m/s) promedio diario y las anomalías diarias (m/s) durante el año 2013 frente a la costa sudamericana (10°N -30°S) indican la ocurrencia de tres escenarios en el 2013: i) relajamiento del viento en toda el área de estudio durante las primeras 6 semanas del año, manteniéndose vientos débiles al norte de Talara (4°S) en Perú, ii) condiciones mayormente neutrales frente a la costa norte-centro del Perú, y iii) fortalecimiento del viento centrado en 15°S en Perú y al sur de 20°S alcanzando hasta 12 m/s en este sector. Así, el XVI Crucero Oceanográfico Regional se realizó en un escenario con vientos fortalecidos especialmente en las últimas dos décadas de septiembre, declinando en octubre a condiciones de neutrales a débiles (Figura 19). La Figura 20 a y b presenta los diagramas Hovmöller de la temperatura superficial del mar (°C) promedio diario y las anomalías diarias (°C) durante el año 2013 frente a la costa sudamericana del Ecuador a 22°S para una franja promedio de 100 km adyacente a la costa. El XVI Crucero Regional se realizó en

un escenario térmico donde prevalecieron temperaturas de 14°C a 18°C, indicando condiciones casi neutrales al sur de 5°S e incrementando a +2°C hacia el norte.

Los resultados del modelo lineal forzado (en fase experimental) con datos de viento de NCEP-CDAS y ASCAT (Figura 22), mostraron la presencia de una onda Kelvin de hundimiento (onda cálida) en el océano Pacífico ecuatorial que impactó la costa peruana en el mes de noviembre-diciembre (ENFEN, 2013).

Las condiciones oceanográficas en Perú registradas en el invierno del 2013 se presentaron ligeramente frías, caracterizando un débil evento La Niña tal como fue declarado por el Comité ENFEN del Perú. Las series de tiempo climáticas y oceanográficas para el periodo 2000-2016 indican que, el XVI Crucero Oceanográfico se realizó en una condición neutral de acuerdo al Índice El Niño Oceánico (ONI, Figura. 21 a), Índice Costero El Niño (ICEN, Figura 21 b), y de acuerdo con el Índice LABCOS (Figura. 21 d). A escala espacial, las ACF se distribuyeron ampliamente desde Callao hasta Atico debido a la persistencia de los vientos que, aunque de moderada intensidad, fortalecieron los procesos de afloramiento costero en la costa central a la costa sur de Perú, lo que se aprecia con las imágenes satelitales de la temperatura superficial del mar. En este contexto, durante el período de ejecución del crucero, los datos *in situ* y satelitales indicaron que este se realizó en una condición neutral, con condiciones levemente más frías que lo normal (-0.5°C) frente a la costa norte y centro del Perú en septiembre incrementando en intensidad en octubre de Perú a Chile como se aprecia en los mapas promedio mensuales para los meses de septiembre y octubre de 2013 donde la lengua de agua fría costera de 16°C, producto de la surgencia en los centros principales de afloramiento del Perú, se presentó mejor desarrollada en este último mes, siendo notoria la presencia de aguas 1°C más frías (12°C) en octubre en el extremo sur de la región de estudio. Los procesos de surgencia costera habituales en la zona norte de Chile (Strub et al., 1998), en esta oportunidad, se presentaron con intensidades de débil a moderada entre 18°S y 21°S y débil de 21°S al sur. Los datos de viento *in situ* fueron mayoritariamente (79%) débiles en el sector costero (30 mn) y se registraron principalmente entre Arica (18°25'S) y Punta Copaca, disminuyendo la intensidad de los procesos de afloramiento.

Durante el crucero, los procesos de surgencia costera presentaron una intensidad débil en la mitad norte de Perú y sector sur de Chile, así como una intensidad moderada en la mitad sur de Chile y Perú, por el contrario, se registraron eventos de viento norte en la zona norte de Perú y entre Arica (18°25'S) y Mejillones (23°S) que disminuyeron o anularon estos procesos de afloramiento. Lo anterior se refleja en la falta de gradiente térmico costero, la entrada de agua oceánica hacia la costa, propio del período, los altos valores de oxígeno disuelto a lo largo de toda la franja costera, los bajos valores de concentración de clorofila superficial, especialmente en las áreas donde hay penetración de aguas oceánicas o con afloramiento de agua de tipo Subantártica en la mitad sur de la zona evaluada frente a Chile (Reyes y Pizarro, 2014).

Durante septiembre y octubre de 2013, entonces, los focos costeros más notables de surgencia fueron Paita (5°S), Chimbote (9°S), Callao (12°S) y San Juan (15°S) en Perú, así como Arica (18°25'S), Punta Lobos (21°S), Punta Arenas (21°40'S) y Antofagasta (23°40'S) en Chile. En este último caso, las mayores concentraciones de clorofila-*a* o núcleos productivos (> 1 µg/L) en superficie y hasta los 40 m de profundidad, no coincidieron con los focos de menor temperatura superficial del mar. Reyes y Pizarro (2014) señalan que esto sería una

consecuencia de la entrada de agua de tipo subtropical al sector costero por el relajamiento de la surgencia.

6 | CONCLUSIONES

1. El XVI Crucero Oceanográfico regional se desarrolló en una condición ENOS neutral.
2. La temperatura superficial del mar fluctuó de 13.3 a 29.5°C. Los valores más bajos ocurrieron en la zona costera de Atico (Perú) y punta Ballenita (Chile) en tanto que las máximas temperaturas (27°C con una máxima de 29.5°C) se presentaron en la zona extremo norte de la CPC.
3. Las anomalías térmicas indicaron condiciones levemente cálidas dentro del rango neutral en el área evaluada, con anomalías cálidas en el sur de Perú y al sur de los 22°S, así como por fuera de las 40 mn, en promedio.
4. El frente ecuatorial se presentó con un mayor gradiente a ~80 mn entre Manta y Puerto Pizarro con temperaturas entre 24 y 19°C.
5. El borde costero dentro de las 30 mn estuvo caracterizado por la surgencia con valores de 14°C (de Pisco a San Juan y de Atico a Quilca en Perú) y de 15°C en la costa norte-centro del Perú. Los procesos de surgencia costera habituales en el norte de Chile, presentaron intensidad de débil a moderada en la mitad norte y débil en la mitad sur frente a la costa chilena evaluada.
6. La salinidad en la superficie del mar fluctuó de 23 (cerca del borde costero de la CPC) a 35.1 (por fuera de las 30 mn de Chicama a Callao y de Atico a Iquique).
7. La isoterma de 20°C se registró hasta 80 m frente a Manta. Las demás zonas adyacentes presentaron esta característica muy somera (10 m) al Este de las I. Galápagos y frente a Puerto Pizarro en Perú (20 m), consecuente con las condiciones neutrales dominantes.
8. Las mayores concentraciones superficiales de clorofila se ubicaron en general entre Arica y Antofagasta, mientras que las menores se ubicaron en las áreas donde hay penetración de agua oceánica hacia la costa y al sur de Antofagasta. Los focos costeros más notables en concentración de clorofila fueron Arica, caleta Patillos, Mejillones y Antofagasta.
9. Los procesos de surgencia costera habituales para la zona se presentaron en intensidad moderada frente a Perú y de débil a moderada en la mitad norte de Chile y débil en la mitad sur de esta zona.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bakun, A. and C.S. Nelson, 1991: The Seasonal Cycle of Wind-Stress Curl in Subtropical Eastern Boundary Current Regions. *J. Phys. Oceanogr.*, 21, 1815–1834, [https://doi.org/10.1175/1520-0485\(1991\)021<1815:TSCOWS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0485(1991)021<1815:TSCOWS>2.0.CO;2).
- Bentamy Abderrahim, Croize-Fillon Denis (2012). Gridded surface wind fields from Metop/ASCAT measurements. *International Journal of Remote Sensing*, 33(6), 1729-1754. Publisher's official version: <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2011.600348>, Open Access versión <http://archimer.ifremer.fr/doc/00043/15440/>.
- C. R. Mechoso, R. Wood, R. Weller, C. S. Bretherton, A. D. Clarke, H. Coe, C. Fairall, J. T. Farrar, G. Feingold, R. Garreaud, C. Grados, J. McWilliams, S. P. de Szoeke, S. E. Yuter, and P. Zuidema P. (2014). Ocean-cloud-atmosphere-land interactions in the Southeastern Pacific: The VOCALS Program. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 95(3), 357-375. doi:10.1175/BAMS-D-11-00246.1.
- CAF, 2000. Las lecciones de El Niño. Memorias del Fenómeno El Niño 1997-1998: Retos y Propuestas para la región andina. Volumen V: PERÚ. Caracas, Venezuela, octubre de 2000, 293 pp.
- CARS, 2009. CSIRO Atlas of Regional Seas (<http://www.marine.csiro.au/~dunn/cars2009/>).
- CCCP, 2002. Compilación Oceanográfica de la Cuenca Pacífica Colombiana. Centro Control Contaminación del Pacífico, CCCP, ISBN: 958-33-3869-9.
- Chaigneau, A., Gizolme, A., Grados, C. 2008. Mesoscale eddies off Peru in altimeter records: identification algorithms and eddy spatio-temporal patterns. *Progress in Oceanography* 79, 106-119.
- Chavez, F.P., Bertrand, A., Guevara-Carrasco, R., Soler, P., Csirke, J. 2008. The northern Humboldt Current System: brief history, present status and a view towards the future. *Progress in Oceanography*, 79: 95-105.
- CPPS, 2003. Comisión Permanente del Pacífico Sur. Convenios, Acuerdos, Protocolos, Declaraciones, Estatuto y Reglamento de la CPPS, Guayaquil, Ecuador.
- 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.
- Dunn J.R., and K.R. Ridgway, Mapping ocean properties in regions of complex topography, *Deep Sea Research I: Oceanographic Research*, 49 (3) (2002) pp. 591-604.
- 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, 2013 a. Informe Técnico ENFEN, septiembre 2013. <http://www.imarpe.gob.pe>.

- ENFEN, 2013 b. Informe Técnico ENFEN, octubre 2013. <http://www.imarpe.gob.pe>.
- ERFEN, 2013. Condiciones océano atmosféricas en el mar ecuatoriano. Comité Nacional para el Estudio Regional del Fenómeno El Niño (ERFEN). Guayaquil, 16 de agosto de 2013.
- Fuenzalida, R., W. Schneider, J. Garcés-Vargas, L. Bravo, and C. Lange (2009), Vertical and horizontal extension of the oxygen minimum zone in the Eastern South Pacific Ocean, *Deep-Sea Res. II*, 56, 1027 – 1038.
- Grados, C. A. Chaigneau, V. Echevin and N. Dominguez. Upper ocean hydrology of the Northern Humboldt Current System at 2 seasonal, interannual and interdecadal scales. *Sometido*.
- Holm-Hansen O., Lorenzen C.J., Holms R.W. & Strickland J.D.H. 1965. Fluorometric Determination of Chlorophyll. *J. Cons. perm. int Explor. Mer.* 30: 3-15.
- Huang, B., P.W. Thorne, V.F. Banzon, T. Boyer, G. Chepurin, J.H. Lawrimore, M.J. Menne, T.M. Smith, R.S. Vose, and H. Zhang, 2017: Extended Reconstructed Sea Surface Temperature, Version 5 (ERSSTv5): Upgrades, Validations, and Intercomparisons. *J. Climate*, 30, 8179–8205, <https://doi.org/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. *J. Geophys. Research*, 109, C02022, doi: 10.1029/2003jc001771.
- IMARPE, 2013. Informe Ejecutivo del Crucero 1308-09 de “Evaluación hidroacústica de los recursos pelágicos. BIC José Olaya Balandra, 16 de agosto al 19 de setiembre 2013. Informe interno.
- Jeffrey, S. W., R. F. C. Mantoura y S. W. Wright. 1997. Phytoplankton pigments in oceanography: methods. *Monographs on Oceanographic Methodology*. SCOR and UNESCO.
- Johnson, G.C., and M.J. McPhaden, Interior pycnocline flow from the subtropical to the equatorial Pacific Ocean, *J. Phys. Oceanogr.*, 29, 3073-3089, 1999.
- 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.
- Latandret Solana S-A, Tascon Vasquez O-E, Romero Betancour R, Castaño Gómez J-I. 2013. Informe Preliminar Crucero Oceanográfico Cuenca Pacifica Colombiana LII/Décimo Sexto Crucero Regional Conjunto CPPS. Dirección General Marítima – Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico, Tumaco - Colombia.

- Manganello, J. V., and B. Huang, 2008: The influence of systematic errors in the Southeast Pacific on ENSO variability and prediction in a Coupled GCM. *Clim. Dyn.* DOI 10.1007/s00382-008-0407-5.
- Mechoso, CR, Wood, R, Weller, R, Bretherton, CS, Clarke, AD, Coe, H, Fairall, C, Farrar, T, Feingold, G, Garreaud, R, Grados, C, McWilliams, J, De Szoeke, SP, Yuter, SE & Zuidema, P 2014, 'Ocean-cloud-atmosphere-land interactions in the Southeastern Pacific'. *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol 95, no. 3, pp. 357-375, 10.1175/BAMS-D-11-00246.1
- Millero, F. & A. Poisson. 1981. International one atmosphere equation of state of seawater. *Deep Sea Res.*, 28A, 625-629.
- Mosquera, K., 2009: Variabilidad Intra-estacional de la Onda de Kelvin Ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación Numérica y datos observados. Tesis para optar el grado de Magíster en Física - Mención Geofísica en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Mosquera, K., 2014: Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico, *Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño"*, Instituto Geofísico del Perú, enero, 1, 1, 4-7.
- Mosquera, K., B. Dewitte y P. Lagos, 2011: Variabilidad Intra-estacional de la onda de Kelvin ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): simulación numérica y datos observados. *Magistri et Doctores, Revista de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Año 5, No9, julio-diciembre de 2010, p. 55.*
- NOAA, 2013 a. *Climate Diagnostics Bulletin*, September 2013. Near real-time ocean/atmosphere. Monitoring, Assessments, and Prediction. U. S. Department of Commerce/National Oceanic and Atmospheric Administration/National Weather Service/National Centers for Environmental Prediction (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/CDB>).
- NOAA, 2013 b. *Climate Diagnostics Bulletin*, October 2013. Near real-time ocean/ atmosphere. Monitoring, Assessments, and Prediction. U. S. Department of Commerce/ National Oceanic and Atmospheric Administration/National Weather Service/ National Centers for Environmental Prediction (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/CDB>).
- Quispe, J., & Vásquez, L. (2015). Índice "LABCOS" para la caracterización de eventos El Niño y La Niña frente a la costa del Perú, 1976-2015. Callao. En: *Boletín Trimestral Oceanográfico, Volumen 1, Números 1-4.*
- Reyes, H. y M. Pizarro, 2014. Condiciones oceanográficas en: Evaluación del stock desovante de anchoveta en la XV, I y II Regiones, año 2013. Informe Final FIP N° 2013-06/2014.
- Reynolds, Richard W., Thomas M. Smith, Chunying Liu, Dudley B. Chelton, Kenneth S. Casey, Michael G. Schlax, 2007: Daily High-Resolution Blended Analyses for Sea Surface Temperature. *J. Climate*, 20, 5473-5496.
- Ridgway K. R., J. R. Dunn, and J. L. Wilkin, Ocean interpolation by four-dimensional least squares -Application to the waters around Australia, *J. Atmos. Ocean. Tech.*, Vol 19, No 9, 1357-1375, 2002.

- Schlitzer, R., Ocean Data View, <http://odv.awi.de/>, 2016.
- Silva, N. y D. Konow.1975. Contribución al conocimiento de las masas de agua en el Pacífico Sudoriental. Expedición Krill.Crucero 3-4.julio-agosto 1974. Rev. Com. Perm. Pacifico Sur, 3:63:-75.
- Stramma, L., Johnson, G.C., Sprintall, J. and Mohrholz, V. 2008. Expanding oxygen-minimum zones in the tropical oceans. Science, 320: 655-658.
- Strub, P. T., J. M. Mesias, V. Montecino, J. Rutllant, and S. Salinas, 1998: Coastal ocean circulation off western South America. In: The Sea, 11, edited by A. R. Robinson and K. H. Brink, 273-314, John Wiley, Hoboken, N. J.
- Takahashi, K., K. Mosquera y J. Reupo, 2014: El Índice Costero El Niño (ICEN): historia y actualización, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, febrero, 1, 2, 8-9.
- 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.
- UNESCO, 1981 a. The Practical Salinity Scale 1978 and the International Equation of State of Seawater 1980. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci., N°36.
- UNESCO, 1981 b. Background papers and supporting data on the International Equation of State of Seawater. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci. N°38.
- 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, 1993: Monitoring ENSO in COADS with a seasonally adjusted principal component index. Proc. of the 17th Climate Diagnostics Workshop, Norman, OK, NOAA/NMC/CAC, NSSL, Oklahoma Clim. Survey, CIMMS and the School of Meteor., Univ. of Oklahoma, 52-57.
- Yeh, S.-W., et al. (2009), El Niño in a changing climate, Nature, 461, 511–514, doi:10.1038/nature08316.

RECONOCIMIENTOS

Se reconoce al CSIRO Marine Laboratories por el uso del producto CARS 2009. Los datos de temperatura superficial del mar de alta resolución fueron provistos por la NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, Estados Unidos, de su sitio web <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>. Los datos de vientos se colectaron de 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/>. Se agradece al Global Drifter Program de NOAA/AOML por su contribución al monitoreo de las corrientes superficiales en el PTO. Al proyecto Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS) por la distribución de los productos CMEMS V3.0.

Finalmente, el Décimo Sexto Crucero Oceanográfico Regional de investigación conjunta en el océano Pacífico sudoriental fue financiado por los Gobiernos de Colombia, Ecuador, Perú y Chile.

FIGURAS

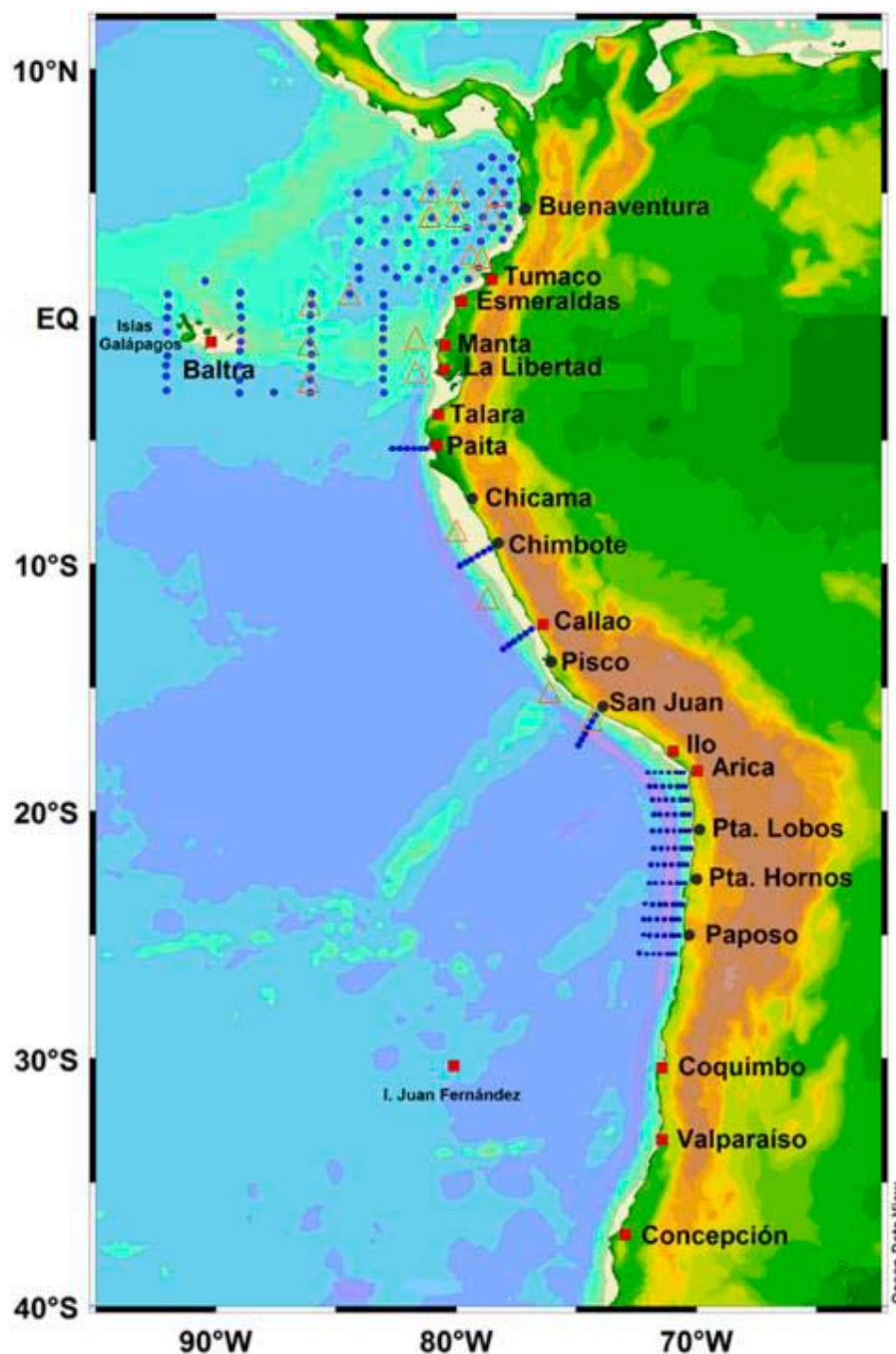


Figura 1. Distribución de las estaciones oceanográficas realizadas. Los triángulos representan el lugar donde se desplegaron derivadores superficiales tipo SVP. Los cuadrados en color rojo indican las estaciones costeras regionales para el monitoreo y vigilancia oceanográfica en el marco del ERFEN/CPPS.

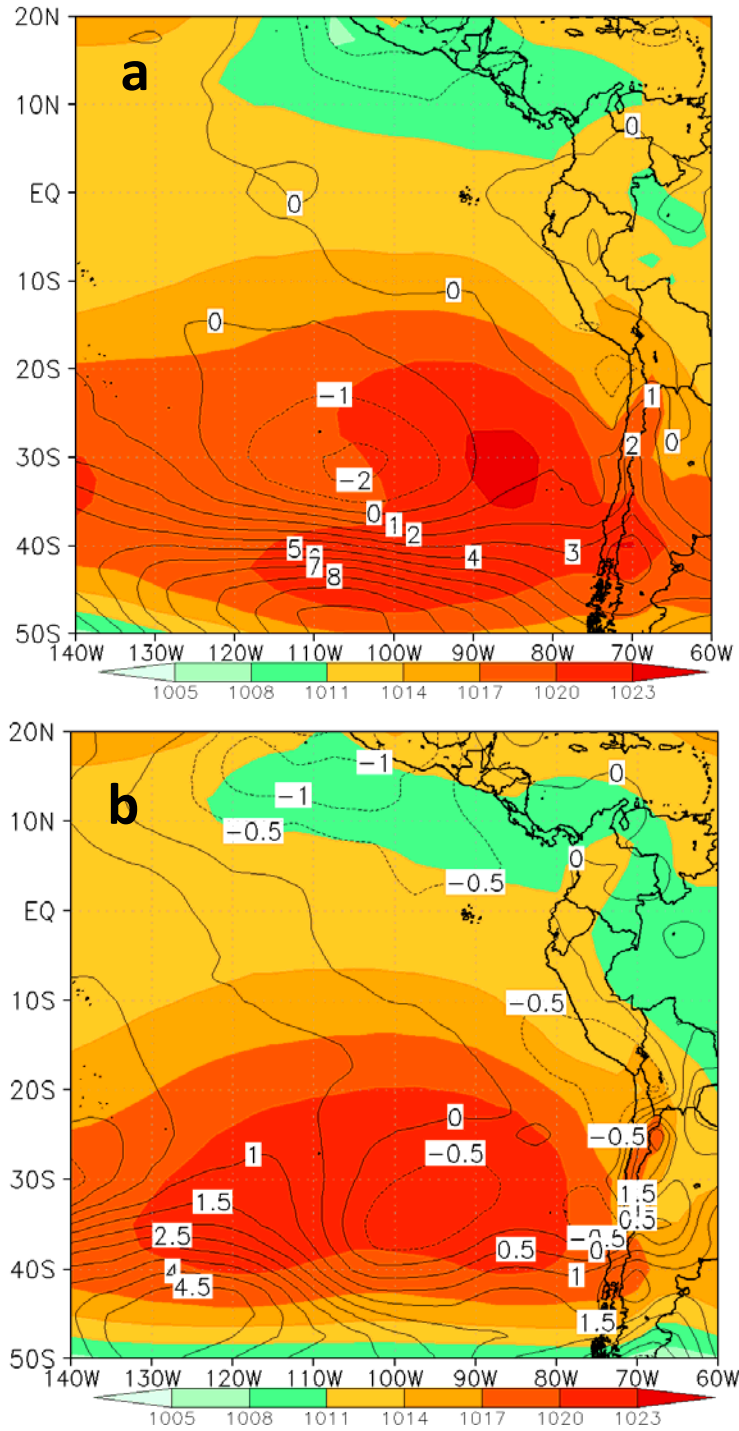


Figura 2: Distribución promedio de la presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para a) septiembre y b) octubre, obtenido con datos del Centro Nacional de Predicción Climática (NCEP en inglés) de la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA en inglés). La presión atmosférica se presenta según la escala de colores en la parte inferior del gráfico. Las líneas continuas de color negro indican las anomalías de la presión atmosférica para los meses de septiembre y octubre de 2013.

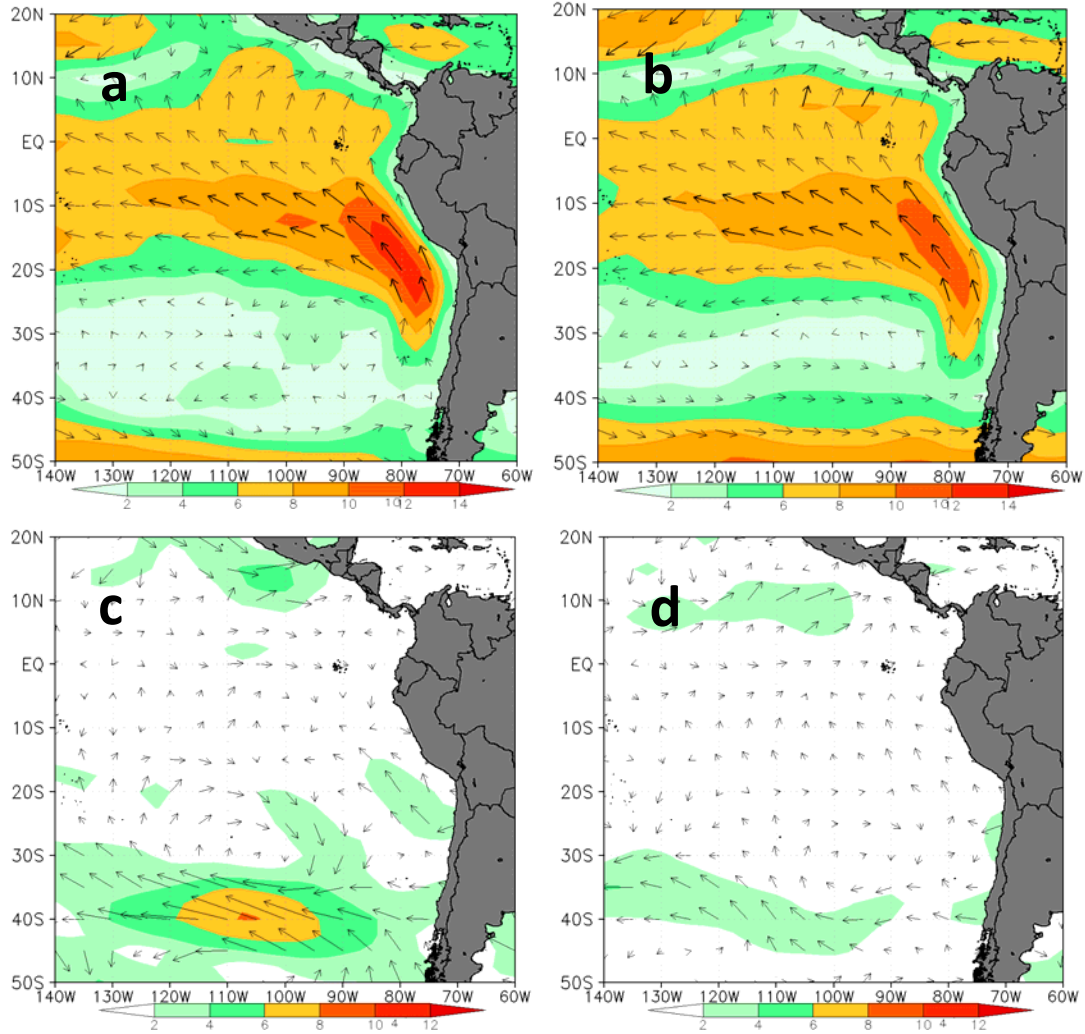


Figura 3: Distribución del campo de viento (m/s) a nivel de 1000 hPa (en matices de colores) y del vector del viento (en flechas) para a) septiembre y b) octubre de 2013. En las figuras c) y d) se muestra lo mismo pero para la anomalía del viento. El intervalo de las isotacas es de 2 m/s. Los datos empleados provienen de NCEP/NOAA.

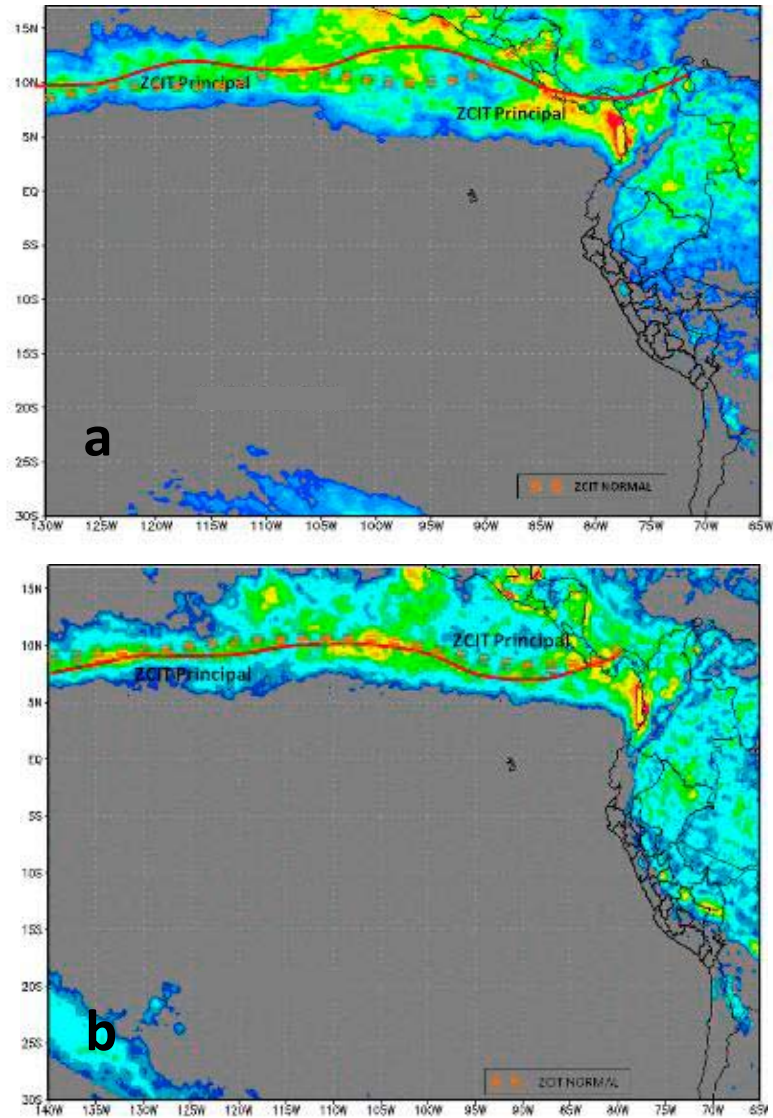


Figura 4: Precipitación (mm/mes) estimada por satélite y la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) principal para los meses de a) septiembre y b) octubre de 2013. La línea discontinua de color rojo indica la posición promedio de la ZCIT principal y la línea sólida roja indica la ubicación de la ZCIT parpara el mes. Datos: TRMM/NCEP/NOAA. Las imágenes se adaptaron de ENFEN (2013 a, b).

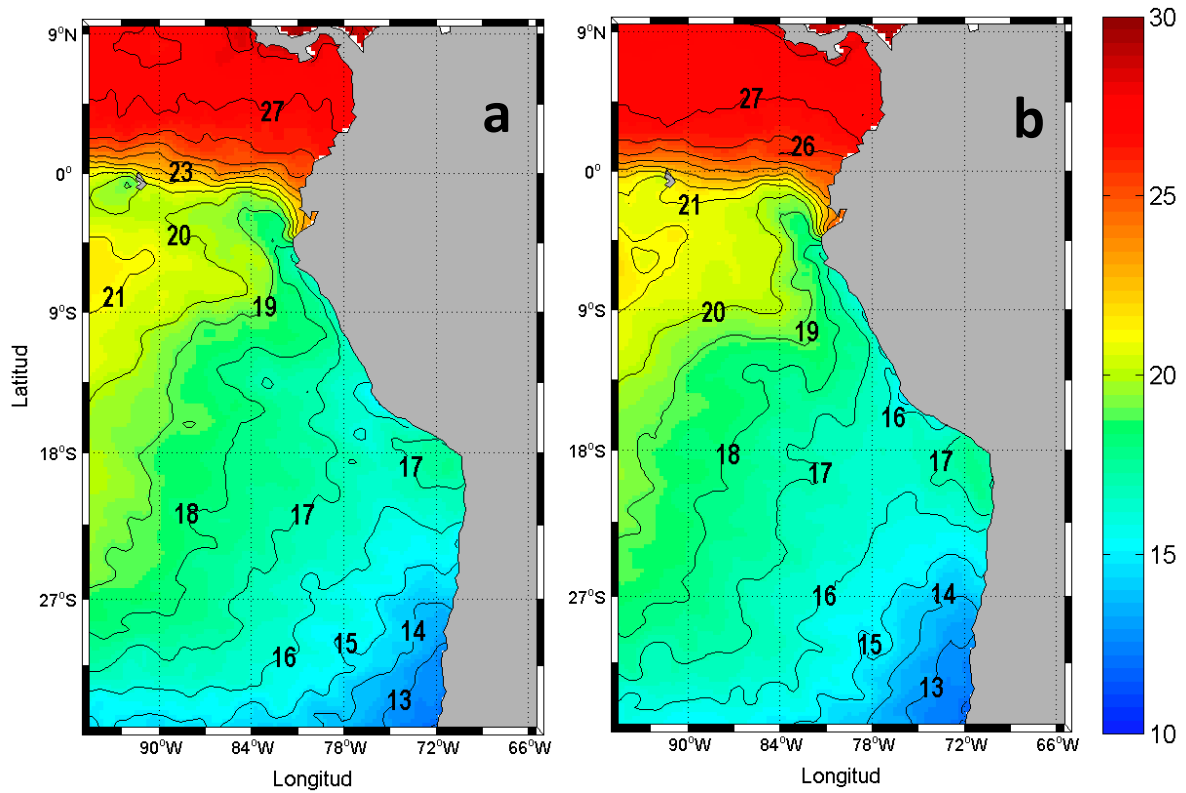


Figura 5: Temperatura superficial del mar (°C) para los meses de a) septiembre y b) octubre de 2013 en el océano Pacífico tropical oriental. Los valores de la temperatura del mar se muestran de acuerdo a la escala de colores a la derecha. Datos de Global Reyn_SmithOlv2 (Reynolds et al, 2007).

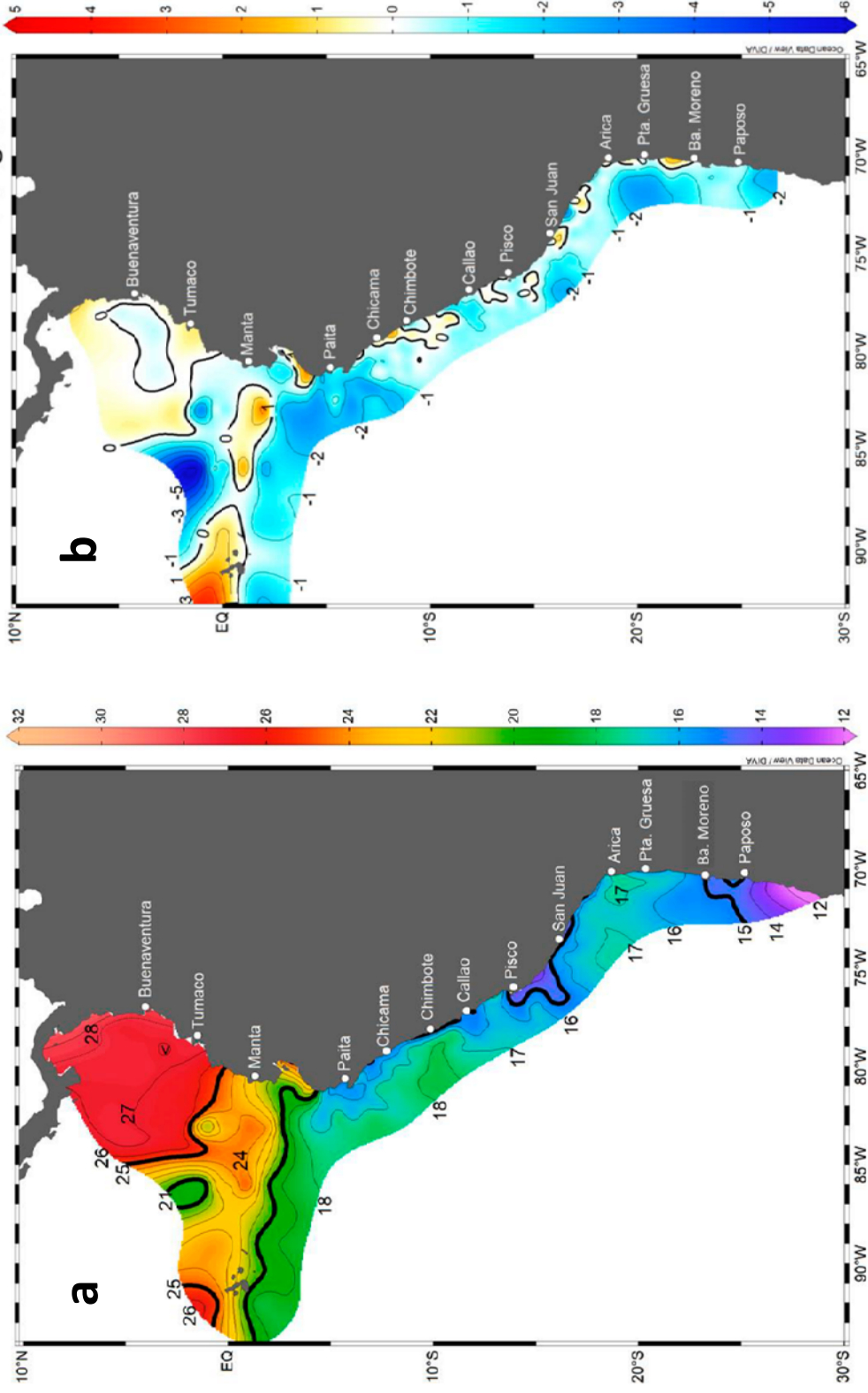


Figura 6: Distribución de a) temperatura superficial del mar (°C) y b) anomalías térmicas (°C) durante el décimo sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, septiembre-octubre 2013. Las anomalías fueron calculadas con referencia al producto climatológico CARs 2009 (Ridgway and Dunn, 2003). Los valores de la temperatura del mar y las anomalías térmicas se muestran de acuerdo a la escala de colores a la derecha de cada gráfico.

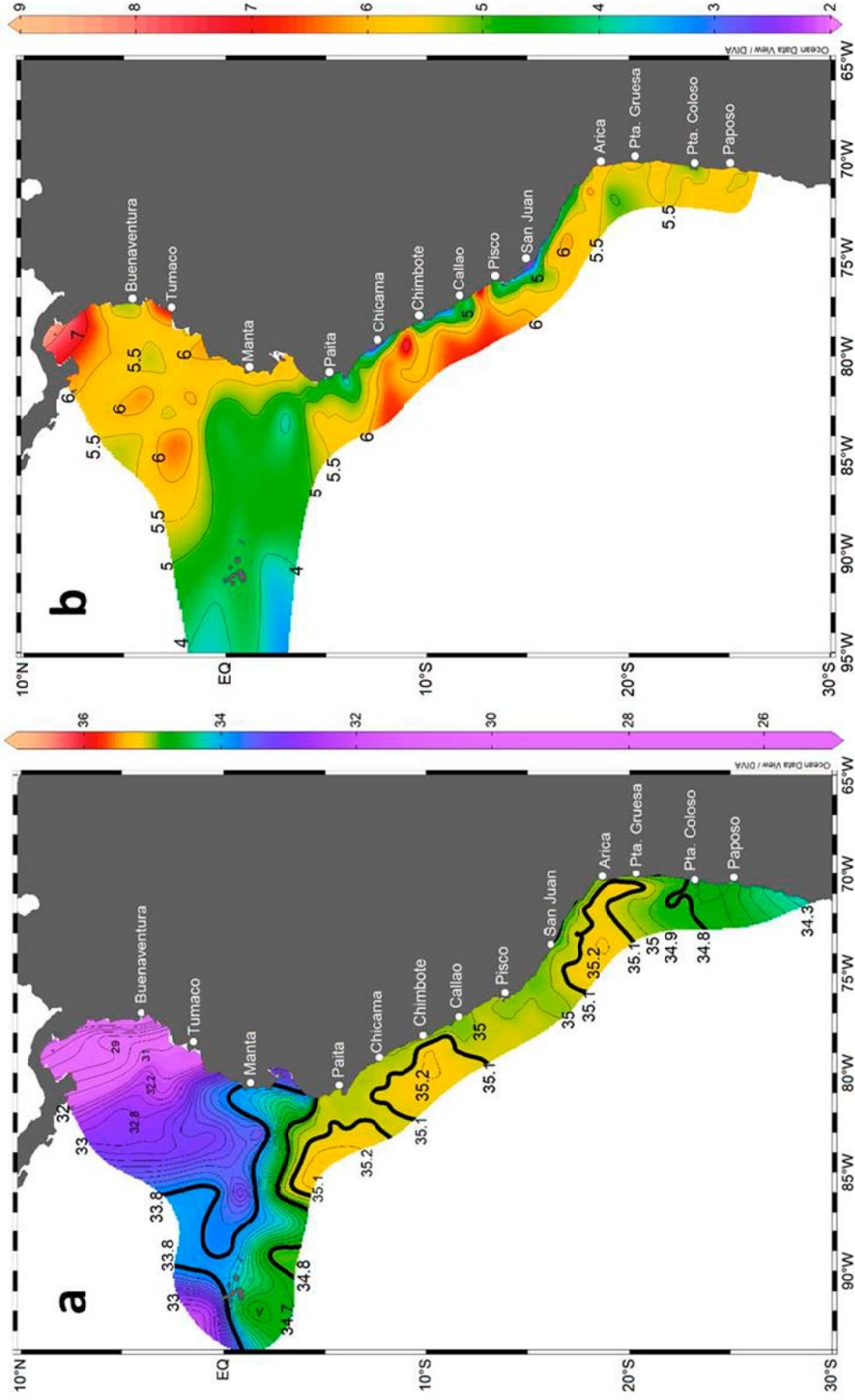


Figura 7: Distribución superficial de a) salinidad superficial del mar y b) concentración del oxígeno disuelto (mL/L) durante el décimo sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, septiembre-octubre 2013. Los valores de la salinidad del mar como del oxígeno disuelto se muestran de acuerdo a la escala de colores a la derecha de cada gráfico.

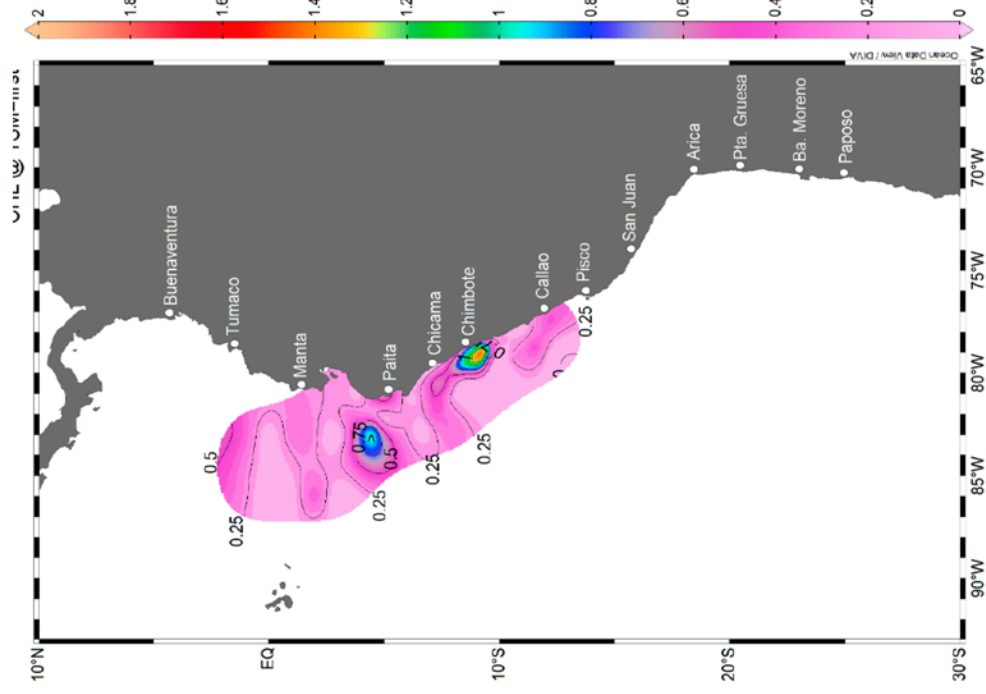


Figura 8: Distribución superficial de la clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) durante el décimo sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, septiembre-octubre 2013. La concentración de clorofila-a se muestra de acuerdo a la escala de colores a la derecha.

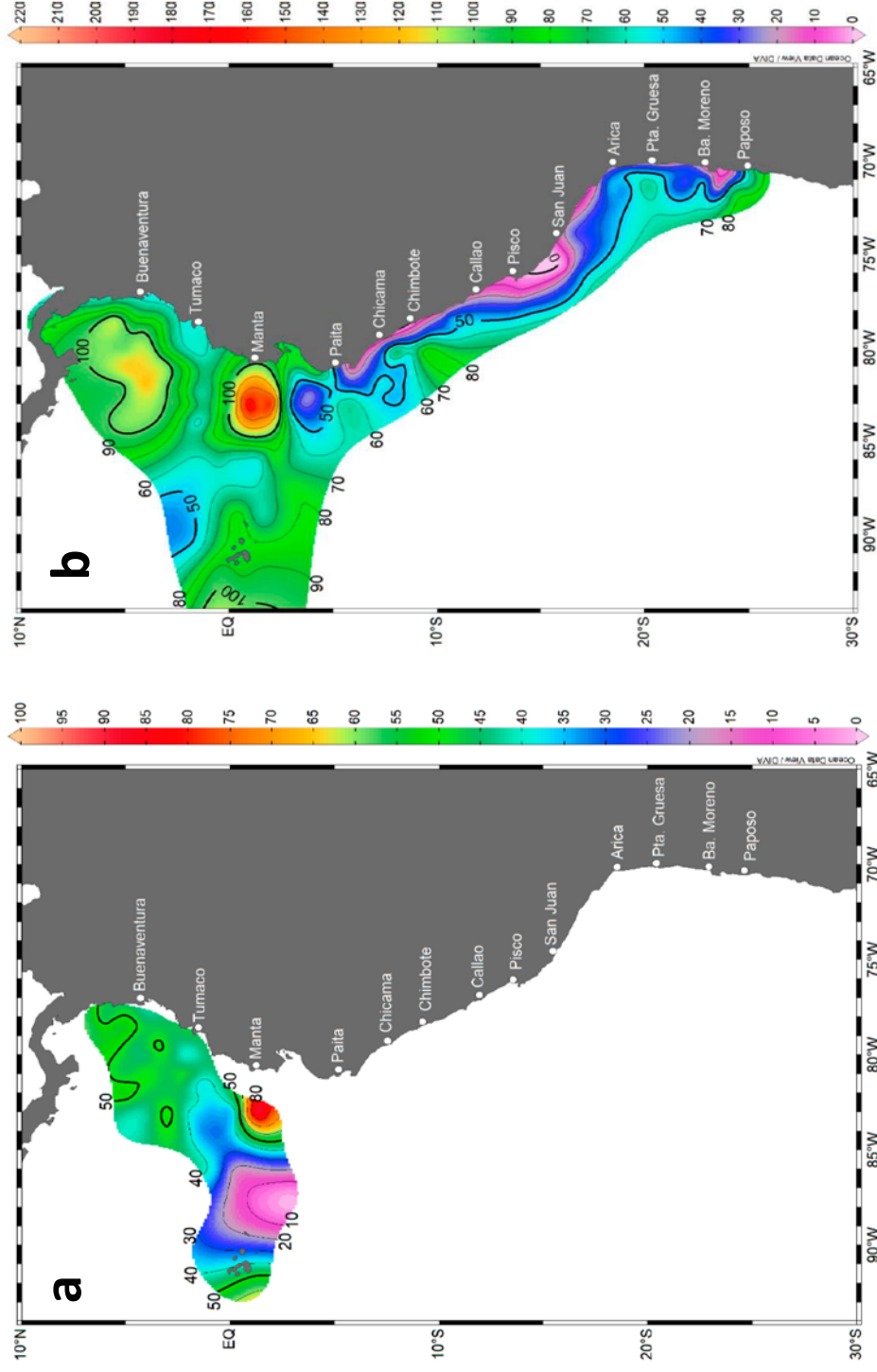


Figura 9: Distribución espacial de la profundidad (m) de la base de a) la termoclina estacional 220°C y de b) la termoclina permanente 215°C durante el décimo sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, septiembre-octubre 2013. La profundidad, en cada caso, se presenta en la escala de colores a la derecha de cada gráfico.

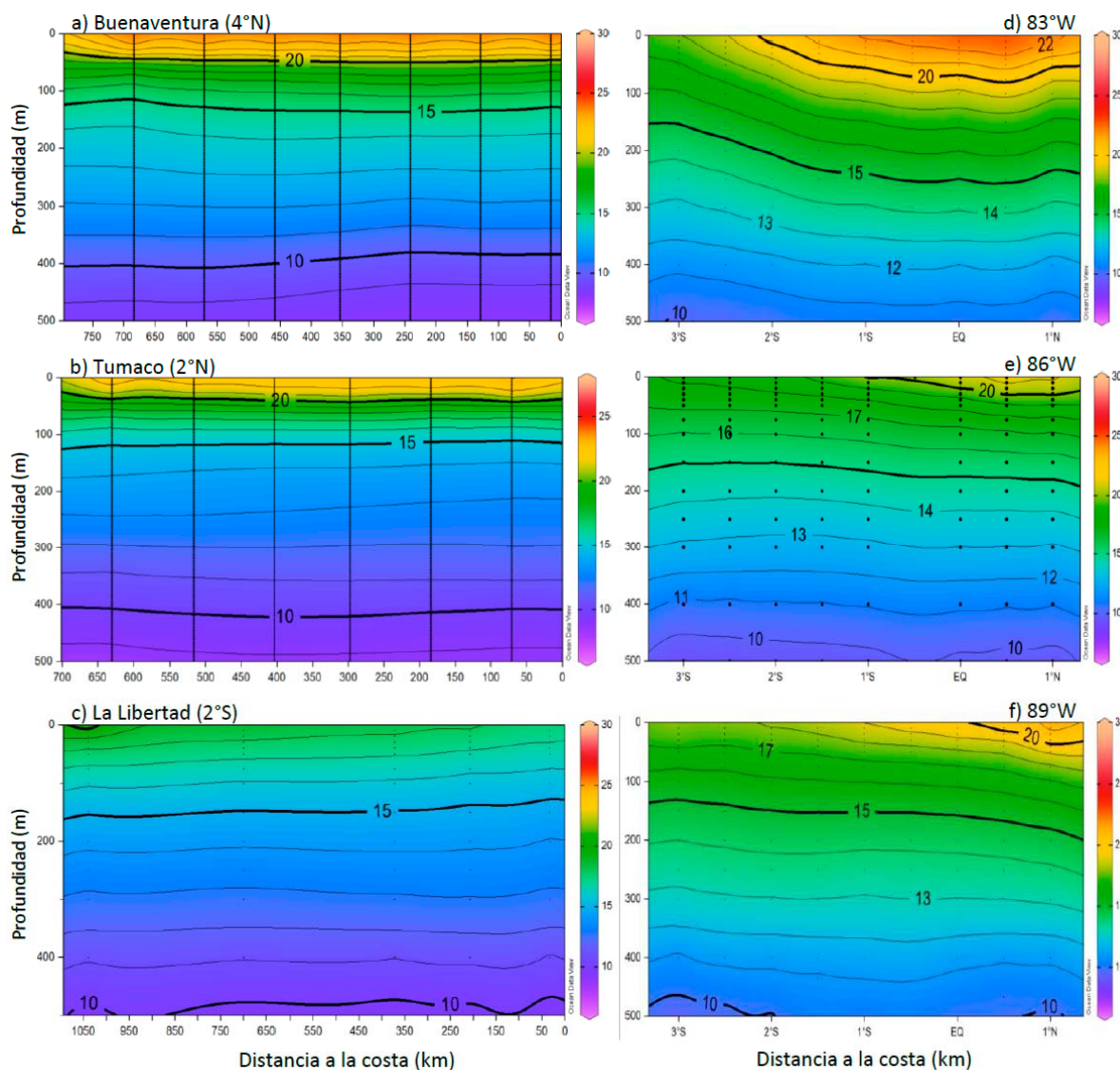


Figura 10: Estructura de la temperatura del agua de mar ($^{\circ}\text{C}$) en las transectas frente a a) Buenaventura (4°N) y b) Tumaco (2°N) en Colombia; c) La Libertad (2°S) y en los paralelos d) 83°W , e) 86°W , y f) 89°W en Ecuador durante el décimo sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, septiembre-octubre 2013.

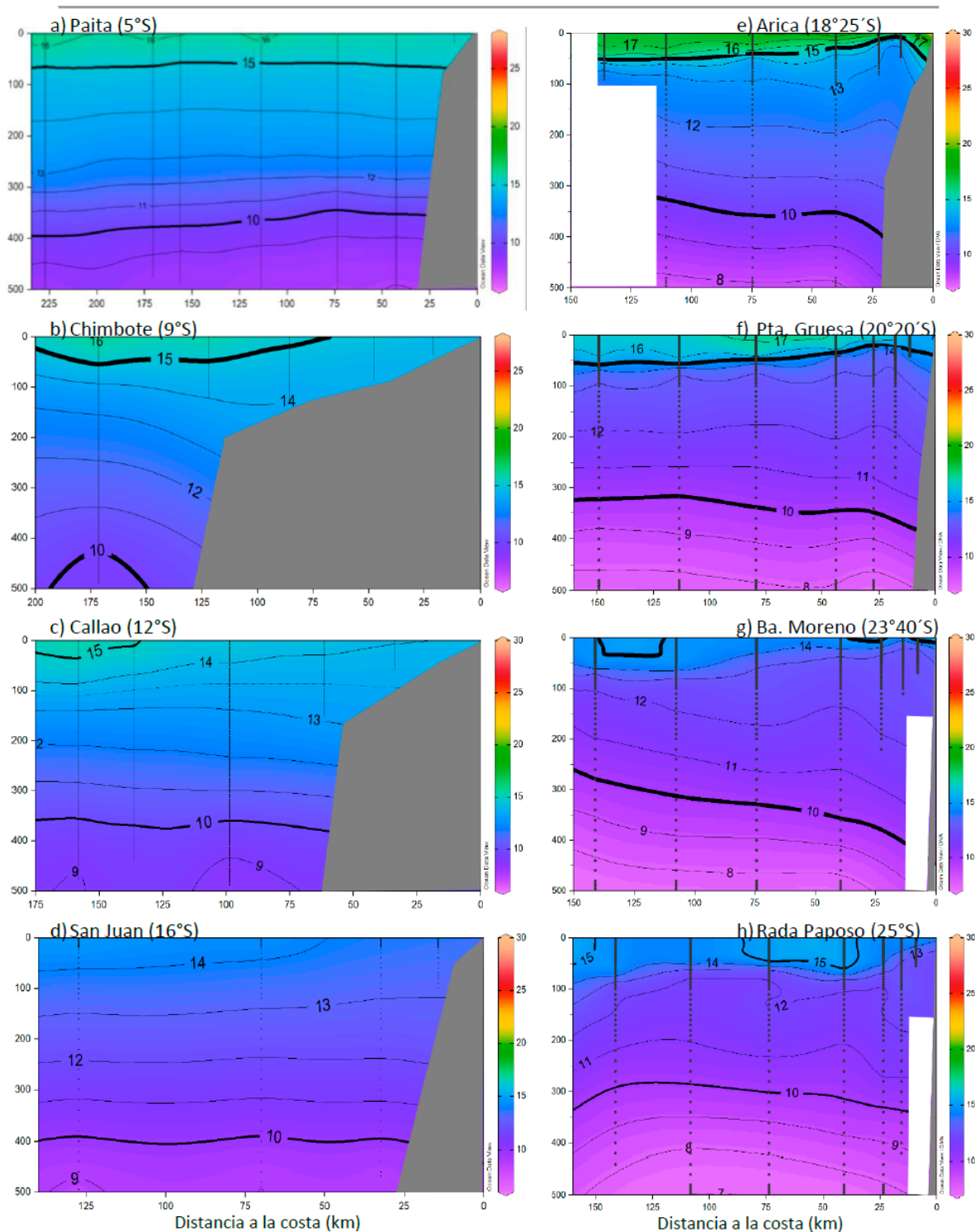


Figura 11: Distribución vertical de la temperatura del agua de mar (°C) en las transectas perpendiculares a: a) Paita (5°S), b) Chimbote (9°S), c) Callao (12°S), d) San Juan (16°S) en Perú; e) Arica (18°25'S), f) Punta Gruesa (Iquique, 20°20'S), g) Bahía Moreno (Antofagasta, 23°40'S) y h) Rada Paposo (25°S) en Chile durante el décimo sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, septiembre-octubre 2013.

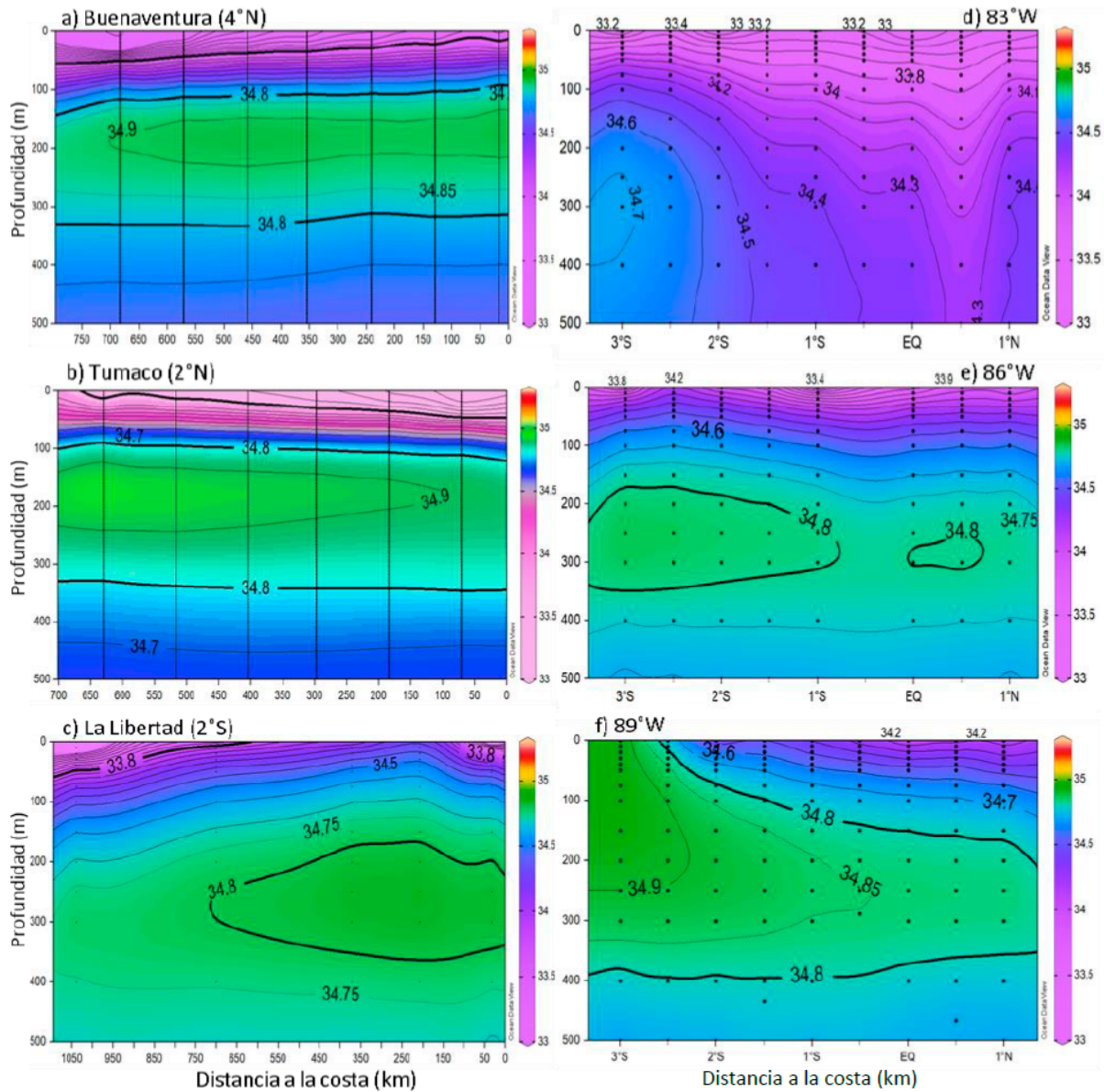


Figura 12: Distribución vertical de la salinidad del agua de mar en las transectas frente a a) Buenaventura (4°N) y b) Tumaco (2°N) en Colombia; c) La Libertad (2°S) y en los paralelos d) 83°W, e) 86°W, f) 89°W en Ecuador durante el décimo sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, septiembre-octubre 2013.

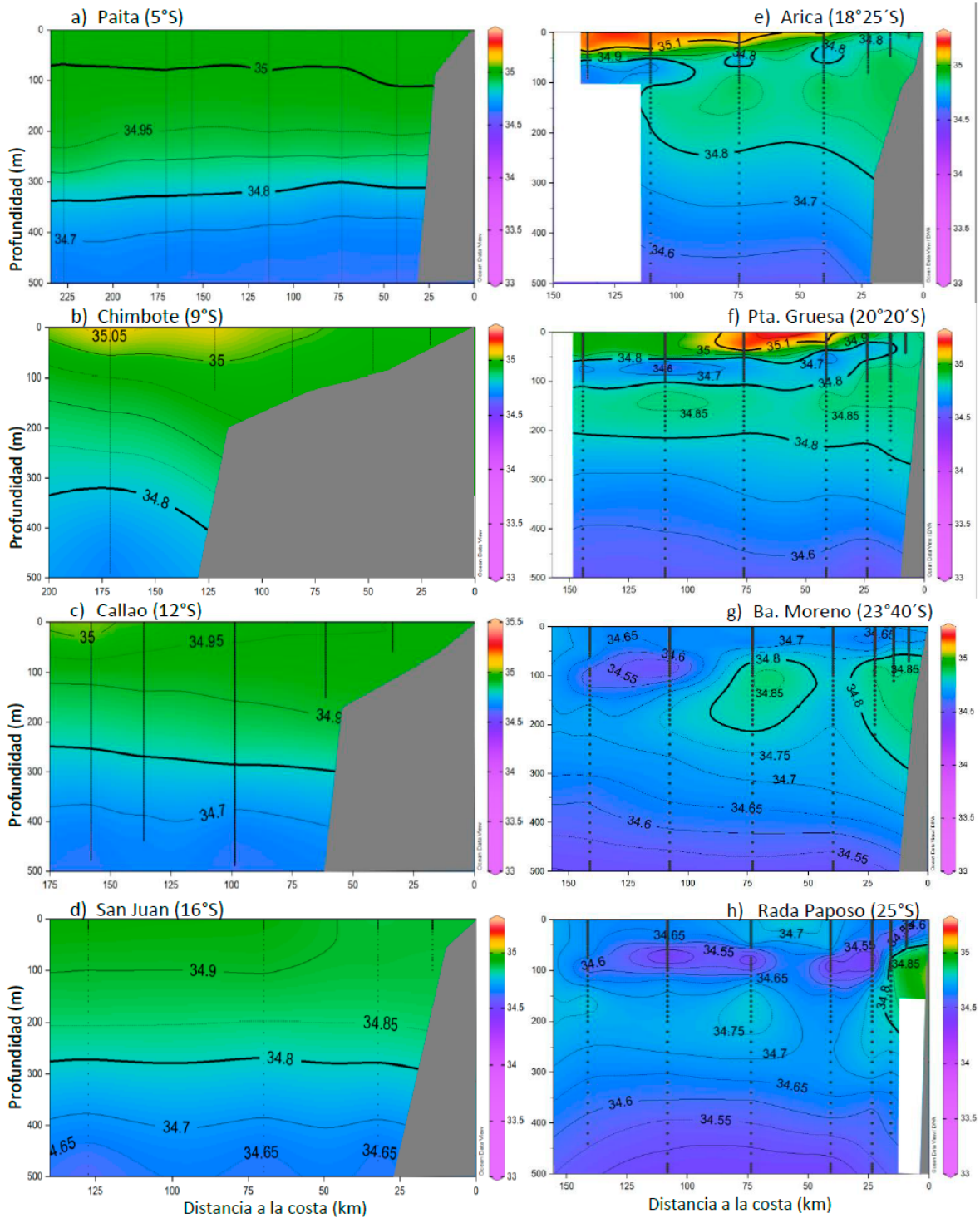


Figura 13: Distribución vertical de la salinidad del agua de mar en las transectas perpendiculares a a) Paita (5°S), b) Chimbote (9°S), c) Callao (12°S), d) San Juan (16°S) en Perú, y e) Arica (18°25'S), f) Punta Gruesa (Iquique, 20°20'S), g) Bahía Moreno (Antofagasta, 23°30'S) y h) Rada Papos (25°S) en Chile durante el décimo sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, septiembre-octubre 2013.

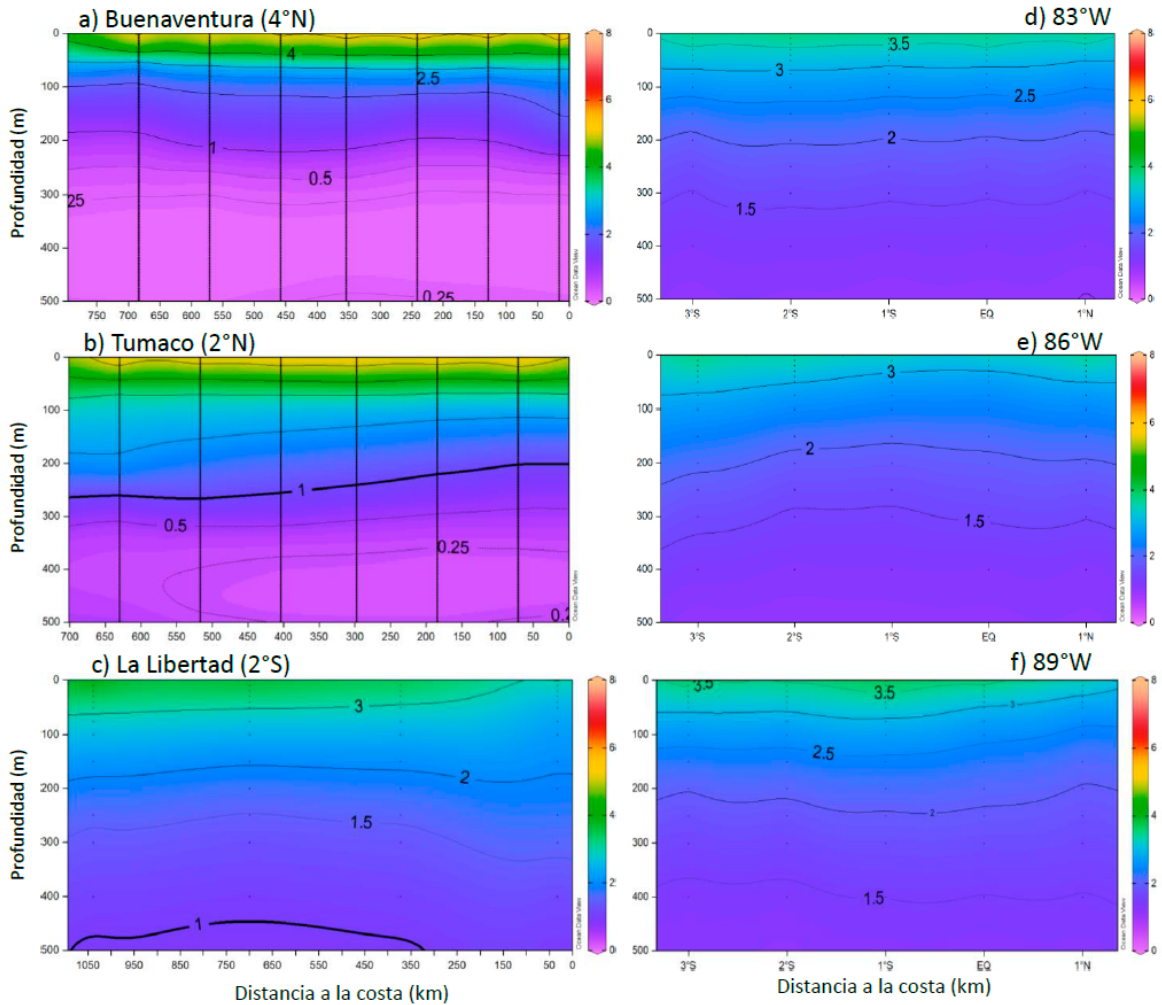


Figura 14: Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto (ml/L) en las transectas frente a a) Buenaventura (4°N) y b) Tumaco (2°N) en Colombia; c) La Libertad (2°S) y en los paralelos d) 83°W, e) 86°W, f) 89°W en Ecuador durante el décimo sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, septiembre-octubre 2013.

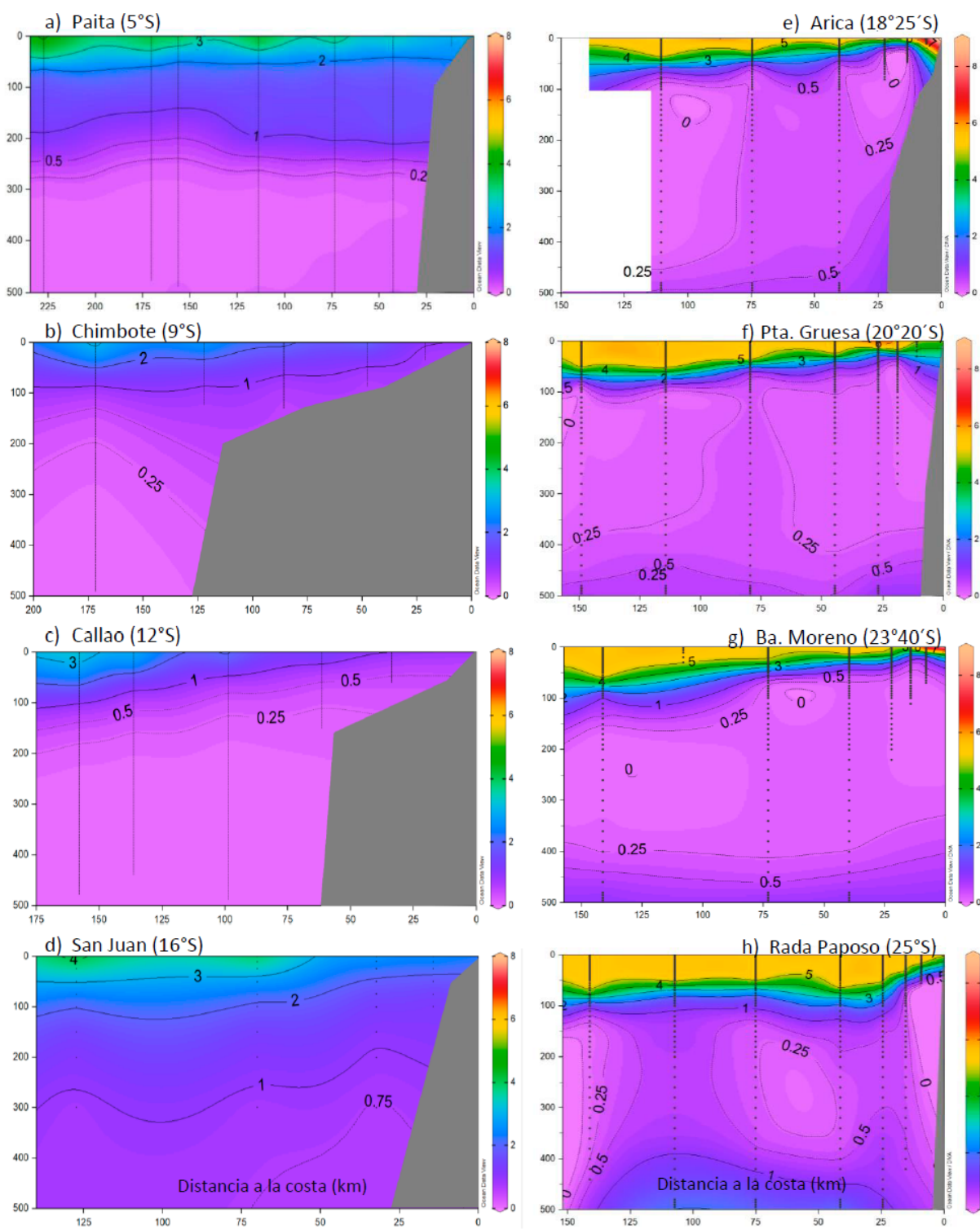


Figura 15: Distribución vertical del contenido de oxígeno disuelto (ml/L) en las transectas frente a a) Paita (5°S), b) Chimbote (9°S), c) Callao (12°S), d) San Juan (16°S) en Perú, y e) Arica (18°25'S), f) Punta Gruesa (Iquique, 20°20'S), g) Punta Coloso (Antofagasta, 23°30'S) y h) Rada Paposo (25°S) en Chile durante el décimo sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, septiembre-octubre 2013.

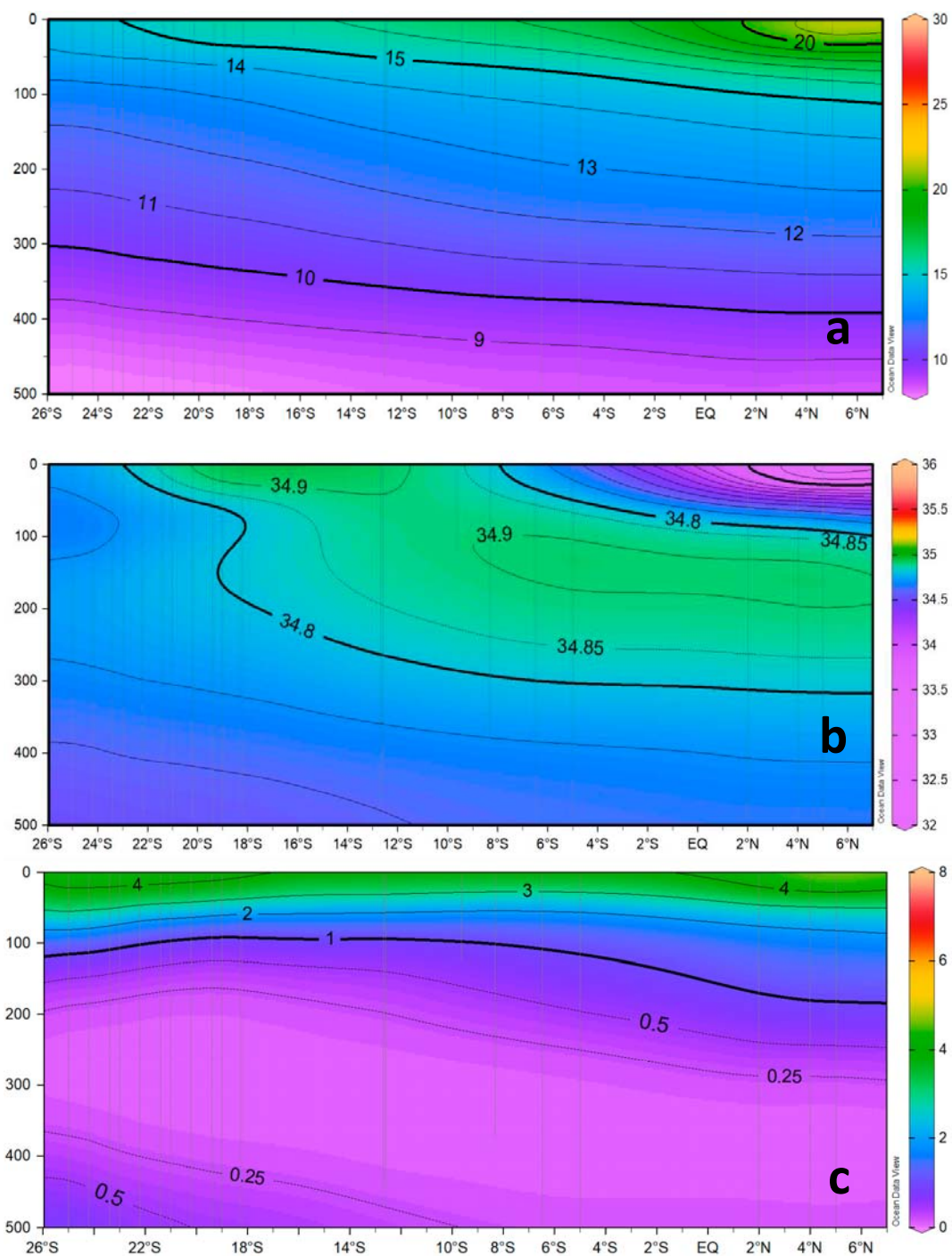


Figura 16: Estructura de: a) temperatura del agua de mar (°C), b) salinidad, y c) oxígeno disuelto (mL/L) en la transecta meridional a 100 km de la costa sudamericana durante el décimo sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, septiembre-octubre 2013.

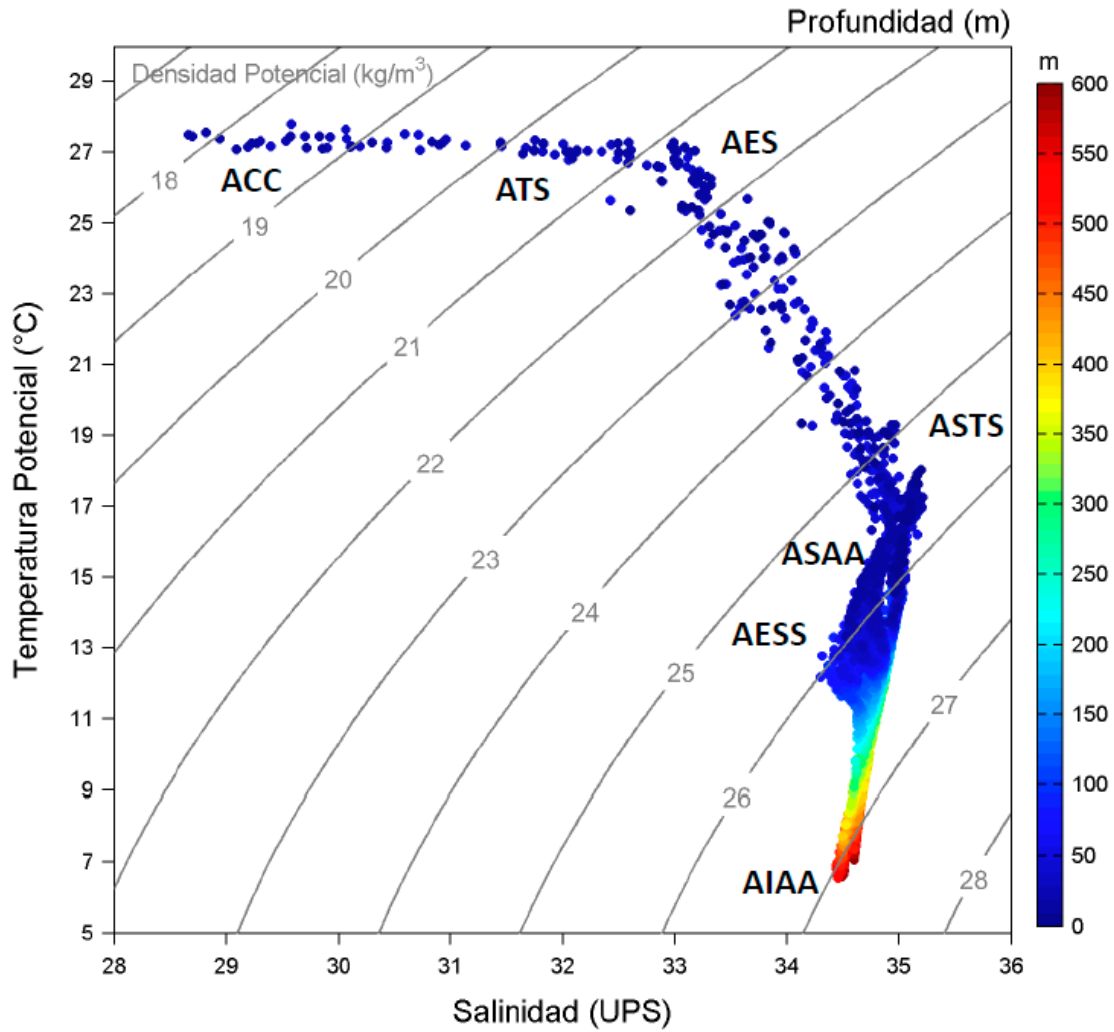


Figura 17: Diagrama T-S y masas de agua durante el décimo sexto Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, septiembre-octubre 2013. Se distinguen el Agua Costera Colombiana (ACC); Agua Tropical Superficial (ATS); Agua Ecuatorial Superficial (AES); Agua Superficial Subtropical (ASS); Agua Subsuperficial Subtropical (ASST); Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS); Agua Sub Antártica (ASAA) y Agua Intermedia Antártica (AIAA).

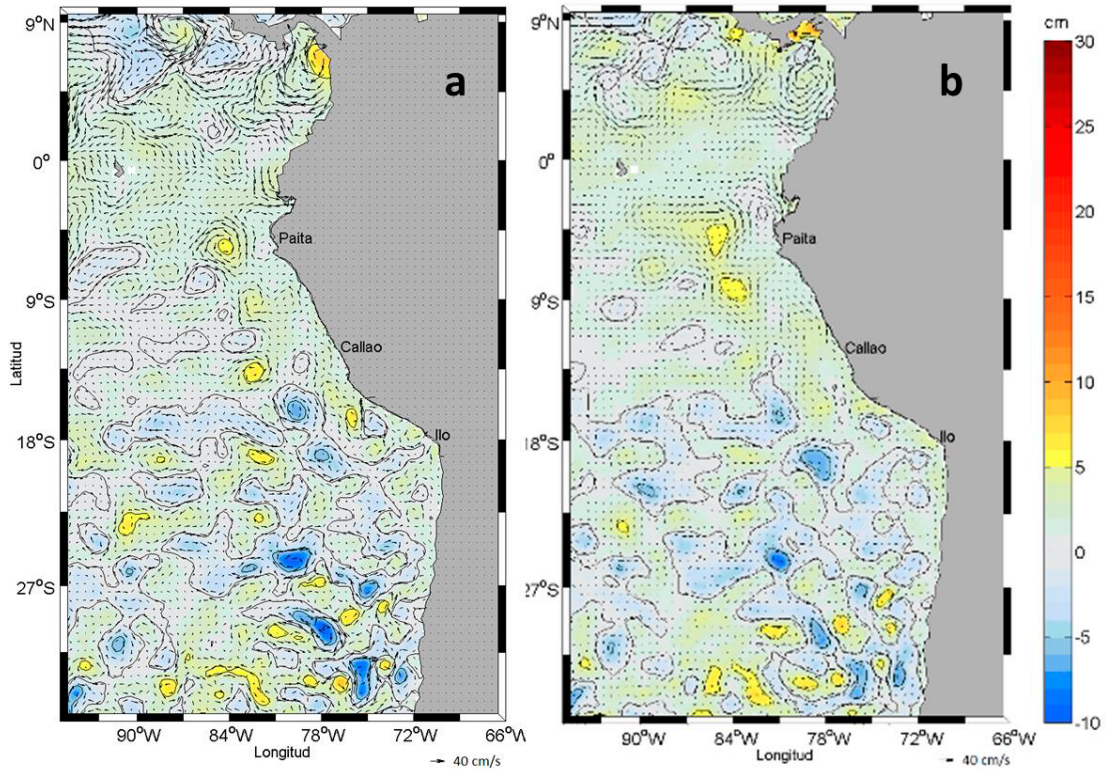


Figura 18: Distribución compuesta de las anomalías del nivel del mar (cm) y los flujos geostróficos (cm/s) para los meses de a) septiembre y b) octubre 2013 en el océano Pacífico sudoriental. Las anomalías del nivel del mar se presentan en matices de colores y la intensidad y dirección de los flujos geostróficos se presentan con flechas. Fuente de datos: CMEMS V3.0. Las anomalías del nivel medio del mar se estimaron con referencia al periodo climatológico para 1993-2012.

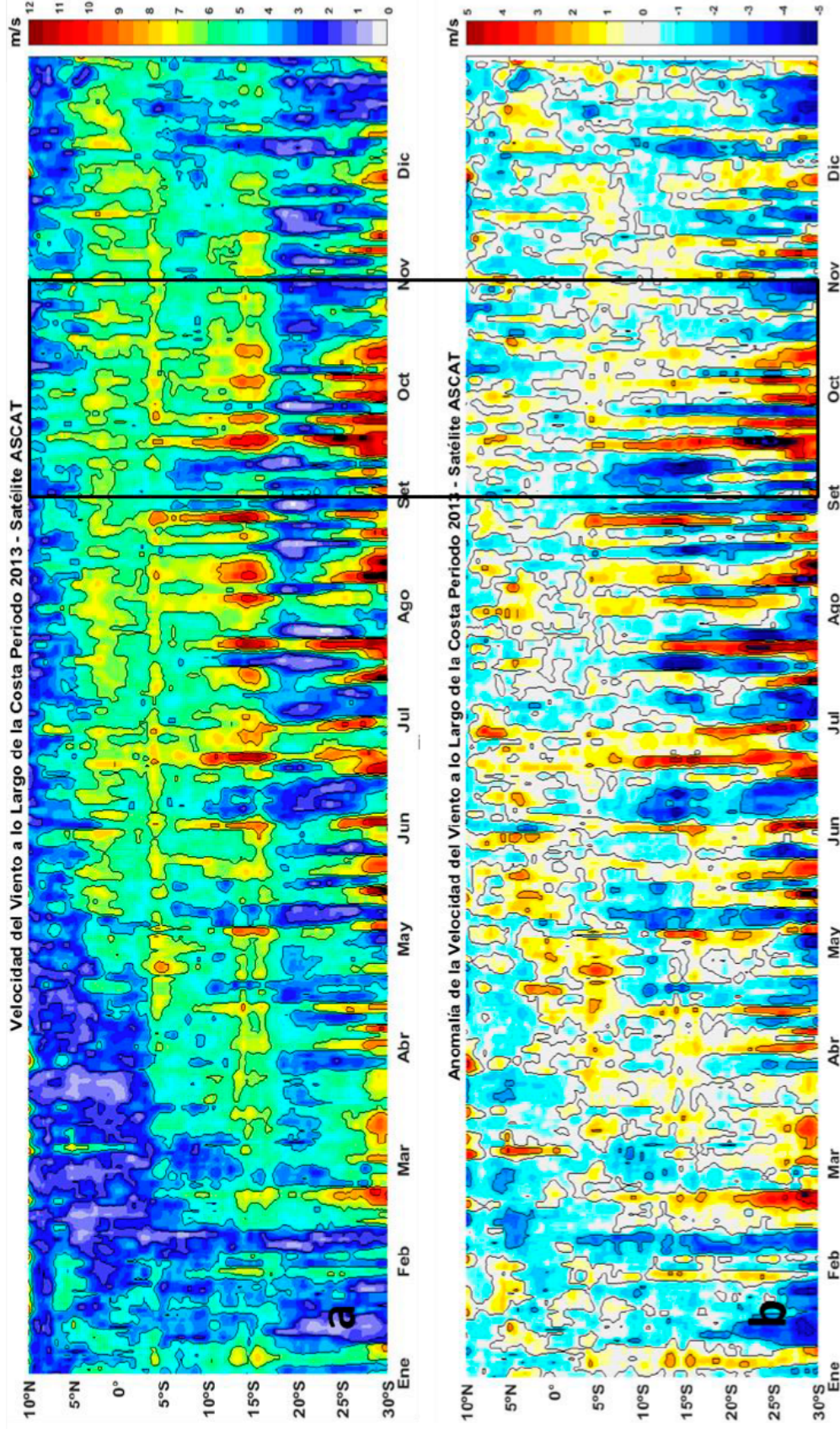


Figura 19: Diagrama de Hovmöller del promedio diario de a) la velocidad del viento (m/s) y b) las anomalías de la velocidad del viento (m/s) entre 10°N y 30°S y para una franja de ~111 km adyacente a la costa oeste sudamericana. Los datos provienen del Satélite ASCAT (IFREMER/CERSAT). Las anomalías se calcularon de acuerdo a los promedios climatológicos diarios de 2000-2014. El recuadro en color negro refiere del período en que se realizó el crucero regional.

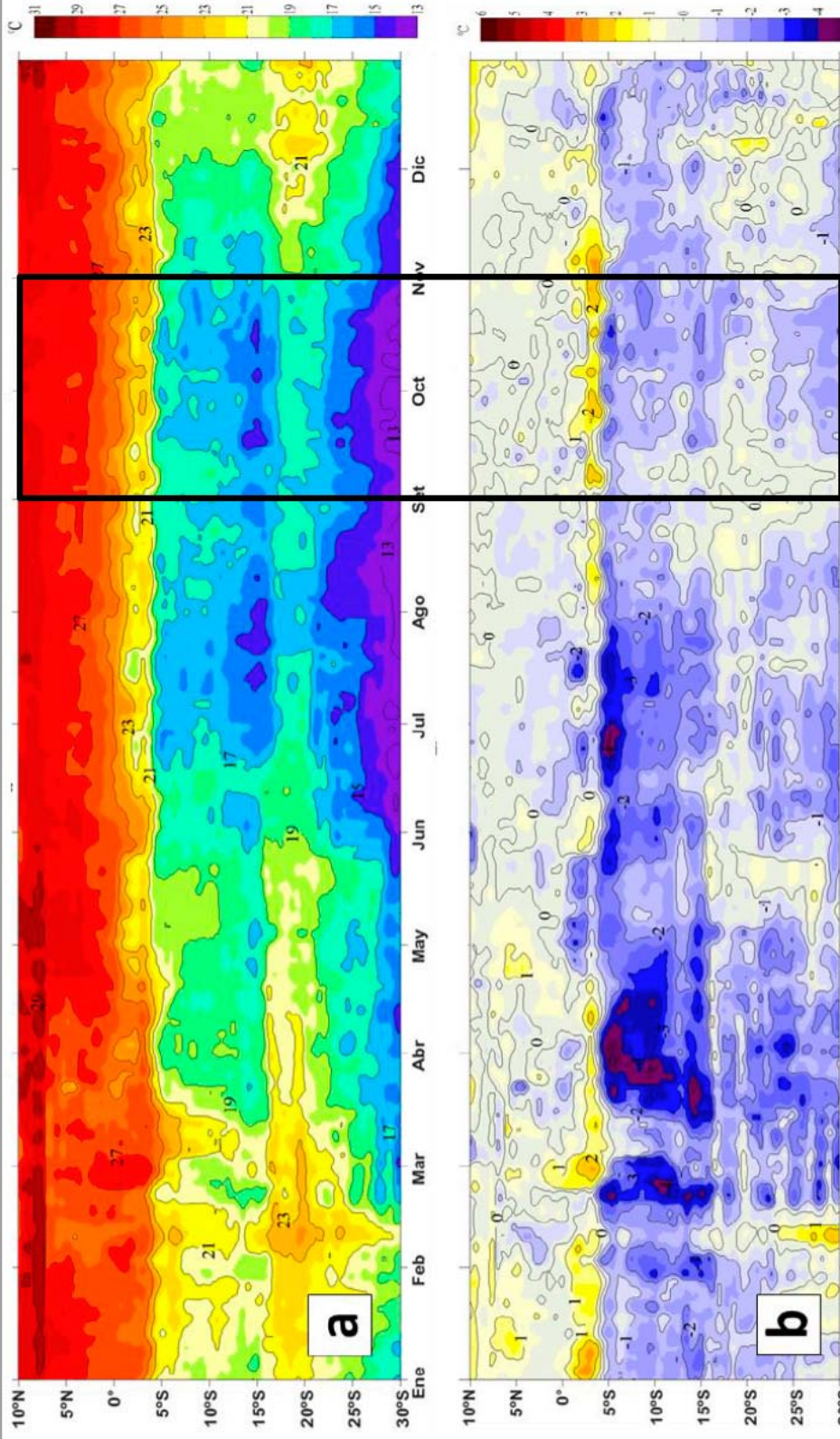


Figura 20: Diagrama de Hovmöller del promedio diario de a) temperatura superficial del mar (°C) y b) anomalías (°C) entre 10°N y 30°S y para una franja de ~111 km adyacente a la costa oeste sudamericana. Los datos provienen de Global Reyn_SmithOlv2 (Reynolds et al, 2007). Las anomalías se calcularon de acuerdo a los promedios climatológicos de 2007-2016. Las variaciones de la temperatura se representan de acuerdo a las barras de colores a la derecha de cada gráfico. El recuadro en color negro refiere del periodo en que se realizó el crucero regional.

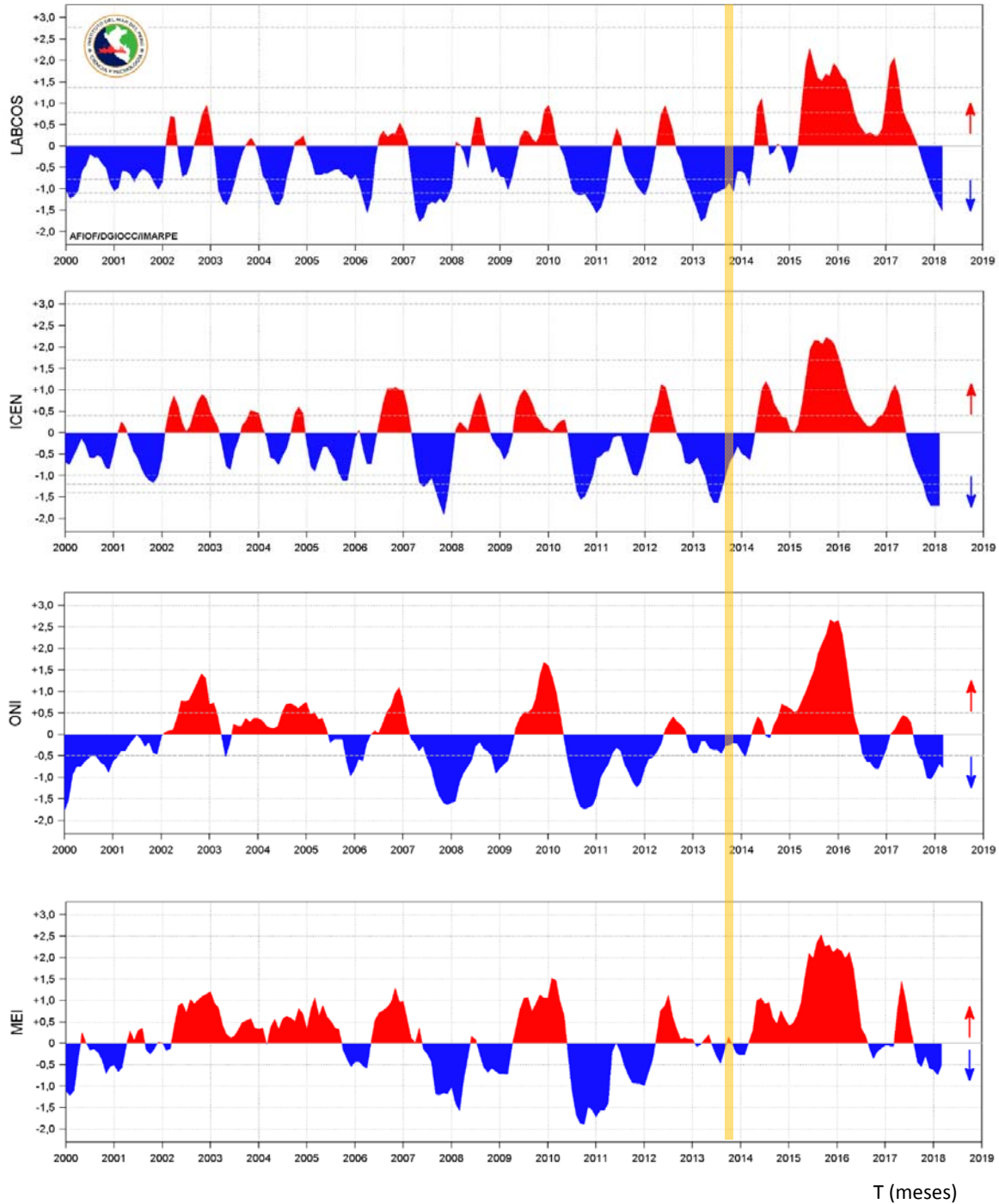


Figura 21: Series de tiempo climáticas y oceanográficas para el período 2000-Marzo 2018: a) Índice LABCOS, basado en la anomalía promedio de la TSM registrada por los Laboratorios Costeros del IMARPE desde Paita hasta Pisco, más la estación de Punta San Juan de la DHN (Quispe y Vásquez, 2016), b) Índice Costero El Niño (ICEN), desarrollado por el ENFEN en base a las anomalías de la temperatura superficial del mar en la región Niño 1+2 (ENFEN, 2012, Takahashi et al., 2014), c) ONI, promedio móvil de tres meses de las anomalías de temperatura superficial del mar del producto ERSST.v5 (Huang et al. 2017, J.Climate) en la región Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°W-170°W), d) Índice Multivariado ENOS (MEI en inglés) de acuerdo a Wolter and Timlin (1993, 1998). La línea de color amarillo indica el periodo cuando se realizó el décimo sexto Crucero Regional en el año 2013.

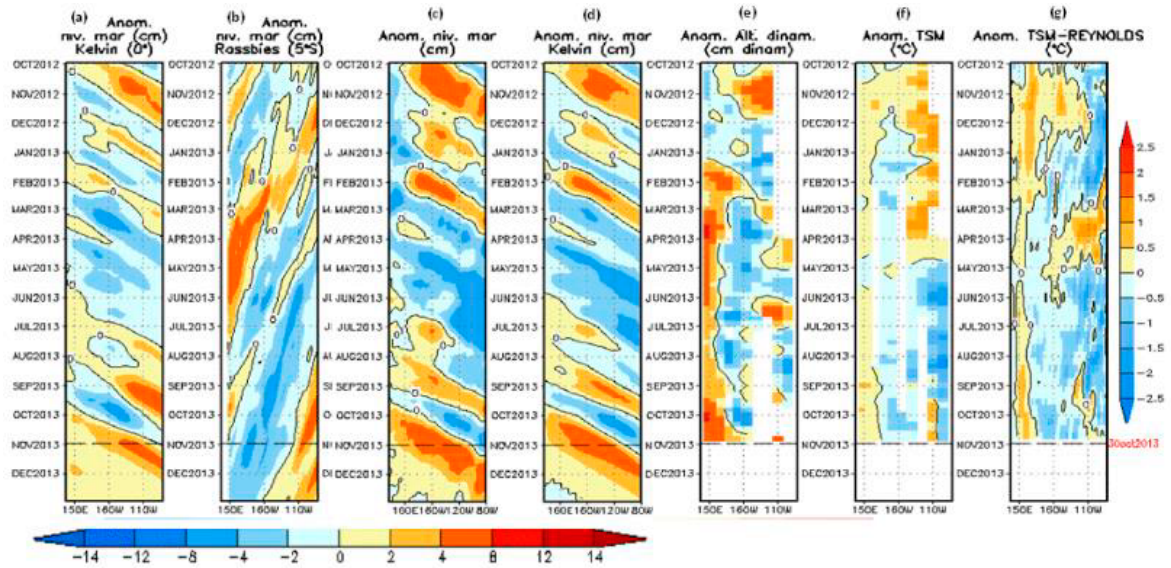


Figura 22: Anomalías (a y b) del nivel medio del mar simulado por el modelo lineal (experimental), c) del nivel medio del mar, con modelo lineal forzado con vientos estimados del ASCAT (experimental) d)del nivel medio del mar proyectada en la onda Kelvin simulado por el modelo lineal (experimental), e), de la altura dinámica .f) y g) de la temperatura superficial del mar observada (TAO) y Reynolds respectivamente, en la región ecuatorial (2°S y 2°N),En (a) y (b) la línea cortada en color negro, indica el momento en que el modelo empieza a utilizar el esfuerzo de viento igual a cero y persistente, En (d) y (e) la línea cortada en color negro, indica el momento en que el modelo empieza a utilizar el esfuerzo de viento estimado del ASCAT. La escala de (a), (b), (c), (d) y (e) se ubica abajo en forma horizontal, mientras que la escala de (f) y (g) está a la derecha (ENFEN, Informe Técnico octubre 2013).

ANEXOS

Anexo I: Cruceros realizados por cada país, fechas, número de estaciones, variables medidas.

País	Buque	Fecha de inicio-término	Institución ejecutora	VARIABLES MEDIDAS	Nº Est.
Colombia	ARC Gorgona	10.08.2013-10.28.2013	CCCP	<p>Meteorología: Ta, Hr, Pa, Vw/Dw medidos con una estación meteorológica Davis. Se registró la cantidad y tipo de nubes, visibilidad horizontal.</p> <p>Oceanografía física: T, S (0-1000 m). Se empleó un CTDO SBE-19plus v2 con un sistema multimuestreador tipo Rosetta. Se desplegaron derivadores superficiales tipo SVP del GDP/NOAA AOML.</p> <p>Oceanografía química: O₂ y nutrientes (0-1000 m), Cl-α. Las muestras de agua (336) para nutrientes (amonio, nitritos, nitratos, fosfatos y silicatos) se colectaron en 25 estaciones "químico-biológicas" de la grilla CPC, en 10 estaciones de la Isla Malpelo y en 10 estaciones de la Isla Gorgona a profundidades estándar (0, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 500 y 1000 m) con el sistema multimuestreador SBE tipo Rosetta de 12 botellas Niskin, con sistema autónomo de disparo por presión y verificación en tiempo real.</p> <p>Otras observaciones: Altura y período de la ola, estado del tiempo y mar.</p> <p>Estaciones: 44 en la CPC, 31 insulares. Multidisciplinarias: 25.</p>	75
Ecuador	BAE Orión	09.17.2013-09.30.2013	INOCAR	<p>Meteorología: Ta, Hr, Pa, Vw/Dw, nubosidad (altura, tipo y género), visibilidad. Se realizaron mediciones horarias.</p> <p>Oceanografía física: T, S (0-500 m.) con un perfilador CTD Seabird 19plus v2. Se desplegaron derivadores superficiales tipo SVP del GDP/NOAA AOML.</p> <p>Oceanografía química: O₂, nutrientes (nitrito, nitrato, silicato, fosfato), pH, Cl-α. Las muestras se colectaron con una roseta multimuestreadora SBE de 24 botellas Niskin. Los niveles de muestreo fueron 0, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400 y 500 m. Las muestras recolectadas en cada nivel fueron separadas en tres alícuotas para análisis de oxígeno disuelto, pH y nutrientes. El oxígeno disuelto colectado en botellas Winkler de 300 ml de capacidad fue determinado <i>in-situ</i> por el método Yodométrico modificación azida, según Standard Methods 4500-0 C. Las muestras para nutrientes se colectaron en botellas de polietileno de capacidad de 500 ml y filtradas con filtros Millipore de 0.45 μ según Strickland & Parson (1972) siendo leídas en el espectrofotómetro Génesis 10. La determinación de clorofila se realizó de acuerdo a SCOR (1966). El pH se midió con un potenciómetro WTW.</p> <p>Biología: Fitoplancton (red/agua) y zooplancton (red). Se emplearon redes plantónicas (50 y 330 μ) en arrastres horizontales y verticales. Las muestras de zooplancton colectadas en la capa superficial y subsuperficial se identificaron siguiendo la taxonomía de Cupp (1943), Taylor (1976), Jiménez (1983), Pesantes (1983), Balech (1995), Thomas (1997) a nivel de grupos zooplanctónicos.</p> <p>Otras observaciones: Fenómenos prevaletentes.</p> <p>Est. Multidisciplinarias: 20. Estaciones CTD: 20.</p>	40

Perú	BIC José Olaya	08.15.2013-09.09.2013	IMARPE	<p>Meteorología: Ta, Hr, Pa, Vw/Dw (estación meteorológica Vaissala Milos 500, BIC José Olaya).</p> <p>Oceanografía física: TSM con termómetros superficiales y sensor Furuno T-2000 (BIC José Olaya). Se emplearon los CTD-SBE-19plus (BIC J. Olaya) y CTD SBE-19 (BIC Humboldt). Las muestras de salinidad se colectaron para calibrar los datos de CTD y se analizaron con el Portasal Guildline 8410a. Se desplegaron derivadores SVP del GDP/NOAA AOML.</p> <p>Oceanografía química: Se colectaron volúmenes de agua de mar a niveles estándar (10 - 500 m) para análisis de O₂, nutrientes (nitrito, nitrato, fosfato, silicato) y Cl-<i>a</i>. Los nutrientes y clorofila-<i>a</i> 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 O₂ se empleó el método de Winkler modificado por Carrit y Carpenter (1965). Las muestras para clorofila-<i>a</i> 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>Otras observaciones: estado del tiempo y del mar, cantidad y tipo de nubes, visibilidad horizontal.</p> <p>Est. Multidisciplinarias: 38, Superficiales: 761.</p>	799
	BIC Humboldt	08.19.2013-09.19.2013			
Chile	PAM Rauli	08.14.2013-09.11.2013	IFOP	<p>Meteorología: Ta, Hr, Pa, Vw/Dw (valor predominante).</p> <p>Oceanografía: T y S. Se realizaron estaciones biológicas (0-100 m) y estaciones profundas (0-500 m) con un CTD Sea Bird modelo SBE19 plus v2. En 84 estaciones oceanográficas profundas (a 1, 5, 10, 20, 40, 60 y 80 mn) frente a Arica (18°25'S), Punta Madrid (19°S), Punta Junín (19°40'S), Punta Gruesa (20°20'S), Punta Lobos (21°S), Punta Arenas (21°40'S), Punta Copaca (22°20'S), Punta Hornos (23°S), Bahía Moreno (23°40'S), Punta Tres Picos (24°20'S), Rada Paposo (25°S) y Punta Ballenita (25°50'S) se registró la T, S, O₂ y fluorescencia.</p> <p>Química: O₂, Cl-<i>a</i>. Las muestras se colectaron a 0, 5, 10, 20, 30, 50, 75 y 100 m con botellas Niskin de 1.7 L de capacidad. La estimación de las concentraciones de clorofila consideró la filtración <i>in situ</i> de 50 ml de agua de mar con un sistema de filtrado múltiple Millipore, utilizando filtros de fibra de vidrio (MFS GF-75, 0,7 µm, φ 25 cm) según Jeffrey <i>et al</i> (1997). Las muestras se congelaron en nitrógeno líquido hasta su posterior análisis en tierra. La extracción de la muestra para el análisis de clorofila-<i>a</i>, se realizó en forma pasiva, con una solución acuosa de acetona al 90% v/v, por un período de 24 horas y a -20°C. La lectura del sobrenadante fue en ambiente de baja luminosidad con la técnica fluorimétrica con y sin acidificación según Parsons <i>et al</i>. (1984) empleando el fluorómetro Turner Designs 10AU calibrado con un estándar puro de clorofila-<i>a</i> marca Sigma Chemicals.</p> <p>Biología: Ictioplancton (huevos de anchoveta) en 770 de las 799 estaciones programadas.</p> <p>Est. Multidisciplinarias: 84.</p>	770

**Anexo II: Instituciones ejecutoras e instituciones participantes en el
 Décimo sexto Crucero Regional conjunto de Investigaciones
 Oceanográficas en el Pacífico sudeste.**

INSTITUCIONES EJECUTORAS	
Colombia	Dirección General Marítima/Centro de Control de Contaminación del Pacífico (DIMAR/CCCP)
Ecuador	Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR)
Perú	Instituto del Mar del Perú (IMARPE)
Chile	Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)
Coordinación	Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS)

INSTITUCIONES PARTICIPANTES	
Colombia	CCCP/DIMAR
Ecuador	INOCAR, INAMHI, ULEAM, ESPOL, UPSE
Perú	IMARPE, DHNM, SENAMHI
Chile	IFOP

Anexo III: Personal científico participante

PAÍS:	COLOMBIA
Crucero:	Crucero Oceanográfico Cuenca Pacífica Colombiana LII
Buque:	ARC Gorgona
Jefe de crucero y de estación:	S3MOF Sadid A. Latandret Solana
Comando del buque:	CCESP Juan Pablo Huertas Cuevas
Especialistas de CCCP:	S3 Latandret Sadid - Jefe de crucero y de estación S3 Tascon Oscar - Auxiliar de estación MA2 Ricardo Romero (Jefe de estación), MA2 Ignacio Castaño (Auxiliar de estación), MA2 Oscar Manzanares (Auxiliar de química) PD8 Paola Suarez - Responsable componente químico
Invitados:	Programa de intercambio de CPPS: Ing. Eloy Miguel (DHNM, Perú)

PAÍS:	ECUADOR
Crucero:	Oceanográfico CO-1-13
Buque:	BAE Orión
Jefe científico:	TNNV-TNC Wellington Rentería
Comando del buque:	CPCB-SU Iván Cordova Echeverría
Especialistas INOCAR:	Meteorología: ALFG-SU Manuel Bravo, CBOP Rommel Morán, MARO Arturo Soto. Física: CBOP Gary Menéndez, Oc. María Merizalde, Ing. Francisco Galvis, Ing. Israel Ronquillo, Oc. Jorge Nath, Oc. María José Marín, Ing. Isabel García. Química: Dr. Carlos Helguero, Dra. Ana Grijalva, Ing. Karolina Vélez. Biología: Dr. Carlos Andrade. INAMHI: Ing. Vladimir Arreaga.
Invitados nacionales:	UPSE: Blga. Mayra Cuenca, Blga. Liliana Alcívar, Blga. Sofía Zeas. ESPOL: Divar Castro Rodas, Nicole Andrade Rentería (Estudiantes de Ing. Oceánica y Ciencias Ambientales). U. Laica Eloy Alfaro: Ing. Jimmy Cevallos (Meteorología), Blga. Mariana Alcívar (Biología).
Invitados internacionales:	Programa de intercambio de CPPS: SUBTNT Javier Idiáquez (Navegación, SHOA, Chile), Suboficial Tercero José Iriarte (Meteorología, DIMAR/CCCP, Colombia).

PAÍS:	PERÚ
Crucero:	Evaluación de Recursos Pelágicos Cr. 2013- 08 09
Buque:	BIC José Olaya Balandra (parte norte)
Jefe de crucero:	Ing. Aníbal Aliaga Rosales
Comando del buque:	C. de F. Atilio Aste Evans
Especialistas de IMARPE:	Física: Ing. Luis Pizarro Pereyra, Ing. Danny Ulloa Espejo. Química: Téc. Miguel Sarmiento. Biología: Blga. Betsy Buitrón del Carmen, Blgo. Jonathan Correa, Blga. Gladys Castillo, Téc. Arturo Ventosilla Navidad. Hidroacústica: Ing. Luis Rubén Mariátegui Rosales, Ing. Néstor Saavedra Correa, Téc. Jairo Calderón Martell.
Invitados nacionales:	Sociedad Nacional de Pesquería: Ing. Jorge Zuzunaga, Ing. Emilio Mendez, Ing. Salvador Peraltilla, Ing. Edwin Yarleque, Bach. Jorge de Jesús Grillo.

PAÍS:	PERÚ
Crucero:	Evaluación de Recursos Pelágicos Cr. 2013- 08 10
Buque:	BIC Humboldt (parte sur)
Jefe de crucero:	Ing. Luis Escudero Herrera
Comando del buque:	
Especialistas de IMARPE:	<p>Acústica y pesca: Lic. Germán Chacón, Bach. Gary Vargas Canales, Téc. Jorge Pazos Villalobos, Bach. Jaime Atiquipa, Ing. Adolfo Gonzales Salas.</p> <p>Recursos Pelágicos: Blgo. José Luís Salcedo Rodríguez, Blgo. Danny Engel Cruces, Blgo. Ricardo Tafur Jiménez, Blga. Gladys Castillo Mendoza, Blgo. Antonio Alejandro Cuba.</p> <p>Biología Reproductiva de aves y mamíferos: Blga. Cecilia Roque, Blga. Sofía Belén Rivadeneyra, Blga. María Andrea Meza.</p> <p>Oceanografía: Ing. Enrique Gustavo Tello Alejandro, Téc. Carlos Armando Robles Cáceres, Téc. Oscar Lozano Rubio.</p>
Invitados nacionales:	<p>Instituto Tecnológico Pesquero: Armando Solari Godiño y Luis Rubén Quispe Cancho.</p> <p>SENAMHI: Joao Henry Huamán Chinchay, Gabriela Corina Quiroz Mosquera.</p>
Invitados internacionales:	<p>Instituto Nacional de Pesca: Fabricio García Chalén (Ecuador).</p> <p>Programa de intercambio de CPPS: Mag. Oce. Alexander Valdenegro Mancilla (IFOP, Chile) y Dr. Luis Alfredo Burgos López (INOCAR, Ecuador).</p>

PAÍS:	CHILE
Crucero:	Evaluación del stock desovante de anchoveta en la XV, I y II Regiones, año 2013. FIP 2013-06. Crucero MPH
Buque:	PAM Raulí (Empresa pesquera CORPESCA)
Jefe de crucero:	Oceanógrafo Hernán Reyes Rivas
Comando del buque:	José Luis Rodríguez
Especialistas de IFOP:	<p>Plancton: Téc. Hernán Miles (Ictioplancton), Téc. Guillermo Galindo (plancton).</p> <p>Observadores científicos: Marcelo Gonzalez, Christian Ibieta, Raúl Ojeda.</p>

Anexo IV: Especialistas participantes en el Programa de Intercambio de científicos del Décimo sexto Crucero Regional conjunto de Investigaciones Oceanográficas en el Pacífico sudeste.

ESPECIALISTA		BUQUE	
Suboficial Tercero José Iriarte Sánchez (DIMAR/CCCP)	Colombia	BAE Orión	Ecuador
Dr. Luis Burgos López (INOCAR)	Ecuador	BIC Humboldt	Perú
Mag. Oce. Alexander Valdenegro (IFOP)	Chile	BIC Humboldt	Perú
Ing. Eloy Miguel Rodríguez (DHNM)	Perú	ARC Gorgona	Colombia

Anexo V: Comité de coordinación científica nacional del Décimo sexto Crucero Regional conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico sudeste, septiembre-octubre de 2013.

PAÍS	COORDINADORES CIENTÍFICOS
Colombia	CFESP José Manuel Plazas Moreno (DIMAR/CCCP)
Ecuador	TNNV-SU Carlos Perugachi Salamea (INOCAR)
Perú	Oce. Carmen Grados Quispe (IMARPE)
Chile	Oce. Hernán Reyes Rivas (IFOP)
CPPS	Dr. Marcelo Nilo, Coordinador General

Anexo VI: Listado de acrónimos utilizados

μ	Micra
μm	micrómetro
ACC	Agua de la Cuenca Costera Colombiana
AES	Agua Ecuatorial Superficial
AESS	Agua Ecuatorial Subsuperficial
AIAA	Agua Intermedia Antártica
AOML	Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory
APSO	Anticiclón del Pacífico Suroriental
ARC	Armada República de Colombia
ASAA	Agua Sub Antártica
ASCAT	Advanced Scatterometer
ASTS	Agua Subtropical Superficial
ATS	Agua Tropical Superficial
ATSA	Aguas Templadas de la Subantártica
BAC	Boletín de Alerta Climático
BAE	Buque de la Armada Ecuatoriana
BI	Buque de Investigación
BIC	Buque de Investigación Científica
CARS	CSIRO Atlas of Regional Seas
cc	Centímetro cúbico
CCCCP	Centro Control de la Contaminación del Pacífico
CDAS	Climate Data Assimilation System
CERSAT	Centre ERS d'Archivage et de Traitement
Cl-a	Clorofila-a
CPC	Cuenca Pacífico Colombiana
CMEMS	Copernicus Marine Environment Monitoring Service
CPPS	Comisión Permanente del Pacífico Sur
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization
CTD	Conductivity Temperature Depth
DHNM	Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina
DIMAR	Dirección General Marítima
Dw	Dirección del viento
ENFEN	Estudio Nacional del Fenómeno El Niño
ENOS	El Niño -y la Oscilación del Sur
ERFEN	Estudio Regional del Fenómeno El Niño
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
GDP	Global Drifter Program
hPa	hectoPascal
Hr	Humedad relativa
IFOP	Instituto de Fomento Pesquero
IFREMER	Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
IGP	Instituto Geofísico del Perú
IMARPE	Instituto del Mar del Perú
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INOCAR	Instituto Oceanográfico de la Armada
INP	Instituto Nacional de Pesca
IOS	Índice de Oscilación del Sur
IME	Índice Multivariado ENOS (MEI en inglés)
mn	Millas náuticas

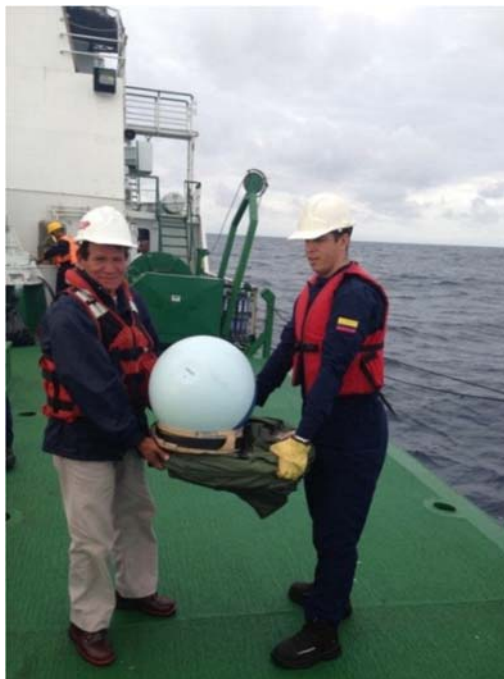
N	Norte
NCEP	National Center for Environmental Prediction
NMM	Nivel Medio del Mar
NO	Noroeste
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
O ₂	Oxígeno disuelto
OKE	Onda Kelvin Ecuatorial
ONI	Índice Oceánico El Niño
Pa	Presión atmosférica
pH	Potencial de hidronio
PTO	Pacífico tropical oriental
S	Salinidad
SBE	Sea Bird Electronics
SCOR	Scientific Committee of Oceanic Research
SE	Sureste
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SHOA	Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile
SVP	Surface Velocity Program
TA	Temperatura del Aire
TAO	Tropical Atmosphere Ocean
TSM	Temperatura superficial del mar
ULEAM	Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UPSE	Universidad Península de Santa Elena.
Vw	Velocidad del viento
ZCIT	Zona de Convergencia Intertropical

Anexo VII: Registros visuales



Anexo. VII.1 Boya derivadora del tipo SVP desplegada por el ARC Gorgona en la CPC (imagen a la izquierda) y boya derivadora sembrada en el mar ecuatoriano por el BAE Orión del INOCAR (imagen a la derecha). Fotografías: © MA2MOF José Ignacio Castaño Gómez, Área de Oceanografía Operacional/Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (izquierda), © INOCAR (derecha).

Anexo. VII.2 Preparación para el despliegue de boya derivadora en la CPC. Fotografía: © MA2MOF José Ignacio Castaño Gómez, Área de Oceanografía Operacional/Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico.





Anexo. VII.3 Sembrado de boya en el océano Pacífico Ecuatoriano durante el XVI Crucero Oceanográfico de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste realizado en octubre de 2013 en el BAE Orión. Fotografía: ©INOCAR.



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

