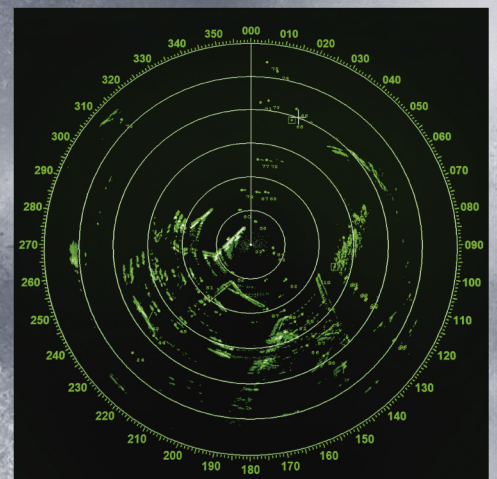
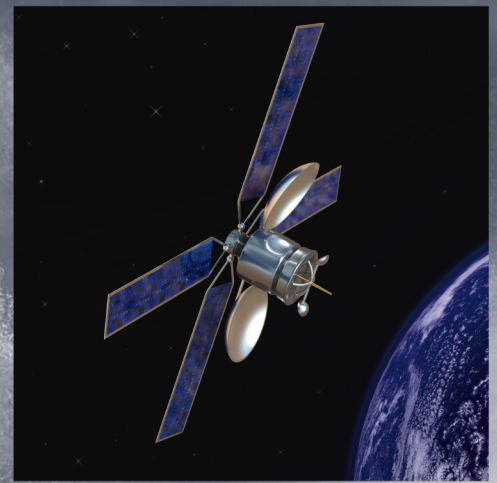




**COMISIÓN PERMANENTE  
DEL PACÍFICO SUR (CPPS)**

# **Informe Final del Décimo Octavo Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste**



Condiciones físicas y químicas del océano Pacífico tropical  
oriental en agosto-octubre 2015 y enero 2016

**CPPS - 2019**

**Nota de responsabilidad:**

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

**COMISIÓN PERMANENTE DEL PACÍFICO SUR – CPPS**

Dirección de Asuntos Científicos y Recursos Pesqueros

Av. Francisco de Orellana y Miguel H. Alcívar

Centro empresarial “Las Cámaras”, torre B, planta baja, oficinas 1, 2 y 3

Teléfono: (593-4) 3714390

Correo electrónico: [sgeneral@cpps-int.org](mailto:sgeneral@cpps-int.org)

[www.cpps-int.org](http://www.cpps-int.org)

Guayaquil, Ecuador

Para efectos bibliográficos se sugiere citar este documento de la siguiente manera:

CPPS. 2019. Informe Final del XVIII Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste: Condiciones físicas y químicas del océano Pacífico tropical oriental en agosto-octubre 2015 y enero 2016. Comisión Permanente del Pacífico Sur - CPPS. Guayaquil, Ecuador. 53 p.

**Autores:**

Ana Caicedo-Laurido, Leonardo Marriaga, José Iriarte, Lewis Cabeza, Raynero Zurita, María Grados, Enrique Tello, Walter García, Luis Pizarro, Sonia Sánchez, Aby Bernales, Elcira Delgado, Flor Chang, Nelly Jacobo, Hernán Reyes, Catherine Grendi, Carlos Perugachi, Sonia Recalde, Leonor Vera, Fredy Hernández, Roberto Chauca, Rina Gabriel.

**Fotos en la portada:**

Faro con tormenta: Zacarias Pereira Da Mata / 123RF

BAE Orión: INOCAR

Satélite: Tomislav Zivkovic / 123RF

Ciencia y química: Dolgachov / 123RF

Radar: Eugene Sergeev / 123RF

© 2019 CPPS

Guayaquil, Ecuador

ISBN: 978-9942-8758-2-2



9 789942 875822

INFORME FINAL DEL DÉCIMO OCTAVO CRUCERO REGIONAL  
CONJUNTO DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA  
EN EL PACÍFICO SUDESTE:

Condiciones físicas y químicas del océano Pacífico tropical oriental en  
agosto-octubre 2015 y enero 2016

CPPS – 2019



# CONTENIDO

RESUMEN	1
I INTRODUCCIÓN	3
II ANTECEDENTES	4
III DATOS Y MÉTODOS	5
3.1 ZONA DE ESTUDIO	5
3.2 OBTENCIÓN DE DATOS IN SITU	5
3.3 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	5
IV RESULTADOS	6
4.1 CONDICIONES ATMOSFÉRICAS	6
4.2 CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS FÍSICAS	6
4.2.1 Temperatura Superficial del Mar (TSM)	6
4.2.2 Salinidad Superficial del Mar (SSM)	7
4.2.3 Distribución vertical de la Temperatura y Salinidad	8
4.2.4 Profundidad de la isoterma de 15°C y 20°C	11
4.2.5 Masas de agua	12
4.3 CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS QUÍMICAS	13
4.3.1 Oxígeno disuelto	13
V DISCUSIÓN	15
VI CONCLUSIONES	20
VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
RECONOCIMIENTOS	24

# FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Distribución estaciones oceanográficas realizadas durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste para el periodo comprendido entre agosto-octubre 2015 (a) y enero 2016 (b).	25
<b>Figura 2.</b>	Temperatura Superficial del Mar (°C) para el periodo comprendido entre agosto-octubre 2015 (a) y enero 2016 (b). La escala de colores representa la magnitud de la variable.	26
<b>Figura 3.</b>	Salinidad Superficial del Mar (SSM) para el periodo comprendido entre agosto-octubre 2015 (a) y enero 2016 (b). La escala de colores representa la magnitud de la variable.	27
<b>Figura 4.</b>	Distribución vertical de la temperatura del mar (°C) en las transectas 82°O (a), 86°O (b), 89°O (c), y 92°O (d) frente a las costas de Ecuador durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, agosto-octubre 2015. La escala de colores representa la magnitud de la variable.	28
<b>Figura 5.</b>	Distribución vertical de la salinidad del agua de mar en las transectas 82°O (a), 86°O (b), 89°O (c), y 92°O (d) frente a las costas de Ecuador durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, agosto-octubre 2015. La escala de colores representa la magnitud de la variable.	29
<b>Figure 6.</b>	Distribución vertical de la temperatura del agua de mar (°C) en las transectas a) Paita (5°S), b) Chimbote (9°S), c) Callao (12°S), d) San Juan (15°S) en Perú durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, agosto-octubre 2015. La escala de colores representa la magnitud de la variable.	30
<b>Figura 7.</b>	Distribución vertical de la salinidad del agua de mar en las transectas a) Paita (5°S), b) Chimbote (9°S), c) Callao (12°S), d) San Juan (15°S) en Perú durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, agosto-octubre 2015. La escala de colores representa la magnitud de la variable.	31
<b>Figura 8.</b>	Distribución vertical de la temperatura del agua de mar (°C) en las transectas a) Arica (18°25'S), b) Punta Junín (19°40'S), c) Punta Lobos (21°S), d) Punta Copaca (22°20'S), e) Antofagasta (23°40'S) en Chile durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, agosto-octubre 2015. La escala de colores representa la magnitud de la variable.	32
<b>Figura 9.</b>	Distribución vertical de la salinidad del agua de mar en las transectas a) Arica (18°25'S), b) Punta Junín (19°40'S), c) Punta Lobos (21°S), d) Punta Copaca (22°20'S), e) Antofagasta (23°40'S) en Chile durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, agosto-octubre 2015. Las escalas de colores representan la magnitud de la variable.	33

<b>Figura 10.</b>	Distribución vertical de la temperatura del agua de mar (°C) en las transectas (a) Tumaco (2°N), (b) Gorgona (3°N), (c) Buenaventura (4°N) frente a las costas de Colombia durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, enero 2016. Las escalas de colores representan la magnitud de la variable.	34
<b>Figura 11.</b>	Distribución vertical de la salinidad del agua de mar (°C) en las transectas (a) Tumaco (2°N), (b) Gorgona (3°N), (c) Buenaventura (4°N) frente a las costas de Colombia durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, enero 2016. Las escalas de colores representan la magnitud de la variable.	35
<b>Figura 12.</b>	Distribución vertical de la temperatura (°C) y la salinidad del agua de mar en las localidades de Bermejo (10°30'S) y Callao (12°S) en Perú, durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, enero 2016. Las escalas de colores representan la magnitud de la temperatura del mar (columna izquierda, a y c) y la salinidad (columna derecha, b y d).	36
<b>Figura 13.</b>	Profundidad de la isoterma 15°C durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, agosto-octubre 2015 (a) y enero 2016 (b). La escala de colores representa la magnitud de la profundidad en metros.	37
<b>Figura 14.</b>	Profundidad de la isoterma 20°C durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, agosto-octubre 2015 (a) y enero 2016 (b). La escala de colores representa la magnitud de la profundidad en metros.	38
<b>Figura 15.</b>	Diagrama T-S y masas de agua durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, para el periodo comprendido entre agosto-octubre 2015 (a) y enero 2016 (b). Se etiqueta 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).	39
<b>Figura 16.</b>	Distribución horizontal del oxígeno disuelto (mL/L) Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, para el periodo agosto-octubre 2015 (a) y enero 2016 (b). La escala de colores representa la magnitud de la variable.	40
<b>Figura 17.</b>	Distribución vertical oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas 82°O (a), 86°O (b), 89°O (c), y 92°O (d) frente a las costas de Ecuador durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, agosto-octubre 2015. Las escalas de colores representan la magnitud de la variable.	41
<b>Figura 18.</b>	Distribución vertical del oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas a) Paita (5°S), b) Chimbote (9°S), c) Callao(12°S), en Perú durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, agosto-octubre 2015. Las escalas de colores representan la magnitud de la variable.	42

- Figura 19.** Distribución vertical del oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas a) 18.41°S, b) 19.66°S, c) 21°S, d) 22.33°S, e) 23.66°S en Chile durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, agosto-octubre 2015. Las escalas de colores representan la magnitud de la variable. 43
- Figura 20.** Distribución vertical del oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas (a) Tumaco (2°N), (b) Gorgona (3°N), (c) Buenaventura (4°N) frente a las costas de Colombia durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, enero 2016. Las escalas de colores representan la magnitud de la variable. 44

# ANEXOS

<b>Anexo 1.</b>	Comité Coordinador del XVIII Crucero Oceanográfico Regional	45
<b>Anexo 2.</b>	Plataformas de investigación y fechas de inicio y término de los cruceros	45
<b>Anexo 3.</b>	Especialistas participantes - Programa de Intercambio de investigadores	46
<b>Anexo 4.</b>	Personal científico participante	46
<b>Anexo 5.</b>	Cruceros realizados por cada país, fechas, número de estaciones, variables medidas	49



## CONDICIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL OCÉANO PACÍFICO TROPICAL ORIENTAL

### Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Océano Pacífico Sudeste

Ana Caicedo-Laurido<sup>1</sup>, Leonardo Marriaga<sup>1</sup>, José Iriarte<sup>1</sup>, Leswis Cabeza<sup>1</sup>, Raynero Zurita<sup>1</sup>, María Grados<sup>2</sup>, Hernán Reyes<sup>3</sup>, Catherine Grendi<sup>3</sup>, Carlos Perugachi<sup>4</sup>, Sonia Recalde<sup>4</sup>, Leonor Vera<sup>4</sup>, Luis Pizarro<sup>2</sup>, Enrique Tello<sup>2</sup>, Freddy Hernández<sup>4</sup>, Roberto Chauca<sup>5</sup>, Walter Garcia<sup>2</sup>, Sonia Sánchez<sup>2</sup>, Aby Bernales<sup>2</sup>, Elcira Delgado<sup>2</sup>, Flor Chang<sup>2</sup>, Nelly Jacobo<sup>2</sup>, Rina Gabriel<sup>5</sup>

<sup>1</sup>CCCP/Colombia, <sup>2</sup>IMARPE/Perú, <sup>3</sup>IFOP/Chile, <sup>4</sup>INOCAR/Ecuador, <sup>5</sup>DHN/Perú

## RESUMEN

El Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Océano Pacífico Sudeste, se realizó del 20 de agosto al 31 octubre de 2015 a bordo de los buques BAE Orión de INOCAR (Ecuador), BIC José Olaya Balandra de IMARPE (Perú) y B/I Abate Molina de IFOP (Chile); así como del 02 al 20 de enero de 2016 a bordo del ARC Gorgona de CCCP (Colombia) y del 27 al 30 de enero de 2016 a bordo del BAP Melo de DHN (Perú), plataformas que evaluaron la capa de agua sobre 1000 m de profundidad entre 6.5°N y 23.66°S, y desde el margen costero sudamericano hasta 92°O. Con esta actividad se aportó al conocimiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas en la capa superficial y a profundidades estándar en la región geográfica comprendida. El crucero coincidió con la presencia de El Niño 2015-2016 con impactos distintivos en los países de la región. Se registró un calentamiento intenso, de hasta 3°C frente a Ecuador y Perú, declinando en intensidad (+1°C) frente a Chile entre septiembre y octubre de 2015, y de 3°C frente a Colombia en enero de 2016. Asimismo se presentó un desplazamiento a la costa de aguas oceánicas en el caso de Perú y Chile, evidenciada por la presencia de aguas con características halinas (>35) propias de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS), así como la presencia intermitente de ondas kelvin de hundimiento en el Pacífico sudeste. Desde el punto de vista biológico, los cambios ambientales observados en el mar de Chile, Ecuador y Perú, asociados a condiciones cálidas de El Niño 2015-2016, habrían provocado alteraciones en la distribución y abundancia de fitoplancton; mientras que en Chile se presentaron también variaciones en el zooplancton y en las concentraciones de clorofila-a. Con respecto al sector pesquero, se registró en Chile la presencia de huevos de sardina española, pero una disminución en la abundancia de huevos de anchoveta, así como cambios en la distribución de anchoveta y jurel, mientras que en Perú la anchoveta se presentó a profundidades mayores a las identificadas en un año neutro.

**PALABRAS CLAVES:** Océano Pacífico Sudeste, interacción océano-atmósfera, El Niño 2015-2016.

## ABSTRACT

The Eighteenth Oceanographic Regional Joint Research Cruise in the Southeast Pacific Ocean, from August 20<sup>th</sup> to October 31<sup>st</sup>, 2015 aboard the BAE Orión vessels of INOCAR (Ecuador), BIC José Olaya Balandra of IMARPE (Peru) and B/I Abate Molina from IFOP (Chile); As well as from 2<sup>th</sup> to 20<sup>th</sup> January 2016 on board the ARC Gorgona of CCCP (Colombia) and from 27<sup>th</sup> to 30<sup>th</sup> January 2016 aboard the BAP Melo of DHN (Peru), platforms that evaluate the water layer over 1000 m of depth between 6.5°N and 23.66°S, and from the South American coastal margin to 92°W. This activity includes knowledge of the physical, chemical and biological conditions in the surface layer and standard depths in the geographical region included. The cruise coincides with the presence of El Niño 2015-2016 with distinctive impacts in the countries of the region. An intense warming was observed, up to 3°C against Ecuador and Peru, declining in intensity (+ 1°C) against Chile between September and October 2015, and 3°C against Colombia in January 2016. It is also introduced a displacement to the coast of oceanic waters in the case of Peru and Chile, evidence of the presence of waters with characteristics halinas (> 35) characteristic of Surface Subtropical Waters (ASS), as well as the presence of intermittent kelvin waves of subsidence in the southeastern Pacific. From the biological point of view, the environmental changes observed in the sea of Chile, Ecuador and Peru, associated with warm El Niño conditions 2015-2016, would have caused alterations in the distribution and abundance of phytoplankton; while in Chile the variations in zooplankton and chlorophyll-a settings are also shown. Regarding the fishing sector, the presence of spanish sardine eggs is observed in Chile, but it is reduced in the abundance of anchovy eggs, as well as changes in the distribution of anchovy and mackerel, while in Peru the anchovy is presented at depths greater than those identified in a neutral year.

**KEYWORDS:** Southeast Pacific Ocean, ocean-atmosphere interaction, El Niño 2015-2016.

## I | INTRODUCCIÓN

La Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), dentro de sus pilares fundamentales relacionados con el fomento de políticas marítimas de sus Estados Miembros, ha consolidado el programa Estudio Regional del Fenómeno de El Niño (ERFEN), enmarcado en un protocolo oficial desde el año 1992 (CPPS, 1992). Dentro de esta iniciativa participan 22 instituciones de Colombia, Ecuador, Perú y Chile, con el objetivo de ejecutar acciones que, entre otros, contribuyan a la previsión oportuna y eficiente de eventos climáticos como El Niño-Oscilación Sur (ENOS), que permitan reducir impactos negativos asociados al mismo, aportando al desarrollo integral de la región y la preservación de los recursos.

El Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Océano Pacífico Sudoriental es una de las actividades científicas relevantes que coordina la CPPS. Esta iniciativa pretende mejorar la comprensión del escenario climático regional y sus procesos, con énfasis en ENOS y sus implicancias a escala local, contribuyendo al monitoreo y a la vigilancia integrada (CPPS, 1992) del Océano Pacífico Sudeste (OPS). El Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el OPS tuvo sus inicios en el año 1998, continuando su ejecución hasta la fecha. Esta actividad se sustenta en diversos proyectos de instituciones oceanográficas de Colombia, Ecuador, Perú y Chile.

El XVIII Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el OPS coincidió con la presencia de una fase cálida ENOS en la región (NOAA, 2016; Comité Regional ERFEN, 2015). Si bien las anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) no superaron a las registradas durante los eventos EN de 1982-1983 y 1997-1998, éstas alcanzaron +3°C en sectores específicos del área de estudio (Paek *et al.*, 2016). Por otro lado, los datos de profundidad de la termoclina y nivel medio del mar (NMM) en la región del Pacífico Ecuatorial Central y Oriental, indicaron la presencia de una onda Kelvin cálida fortalecida por anomalías de viento del oeste en el mes de octubre (NOAA, 2016), aunque sus efectos en el extremo oriental del Pacífico se amortiguaron ligeramente por la intensificación de vientos del este (ENFEN, 2015a), efectos que produjeron cambios en la dinámica reproductiva de algunas especies, como es el caso del ictioplancton de anchoveta en territorio chileno (Grendi *et al.*, 2015).

En el presente documento se describe de manera detallada el comportamiento físico y químico registrado durante el XVIII Crucero Oceanográfico Regional, actividad que fue coordinada a nivel regional por la Dirección General Marítima (Dimar) de Colombia a través del Centro de Investigaciones Oceanográficas del Pacífico (CCCP; Iriarte *et al.*, 2016), el Instituto Oceanográfico de la Armada de Ecuador (INOCAR; Perugachi *et al.*, (2015)) el Instituto del Mar de Perú (IMARPE 2015a) y la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina (DHN) del Perú, y el Instituto de Fomento Pesquero de Chile (IFOP; Grendi *et al.*, 2015). Las campañas de Ecuador, Perú y Chile se llevaron a cabo durante los meses de agosto a octubre de 2015, mientras que las campañas de Colombia, y la segunda campaña de Perú, se realizaron en enero de 2016, situación que permitió tener un contexto general de la evolución del evento El Niño 2015-2016 durante el periodo de tiempo señalado.

## II | ANTECEDENTES

El año 2015-2016 se caracterizó por presentar un evento El Niño de magnitud fuerte (Costas *et al.*, 2016), en el marco del año más cálido (+0.6 °C) registrado en términos de TSM a una escala global (NOAA, 2016). A nivel de macroescala, el Océano Pacífico Ecuatorial (OPE) venía registrando calentamiento principalmente en el sector oriental y occidental desde los últimos meses del año 2014 (NOAA, 2016); continuando en el sector occidental los primeros meses del año 2015, en parte asociado con anomalías positivas del viento zonal en este sector, que fueron más significativas a partir de marzo 2015, y que se mantuvieron intermitentes durante este año. Estos pulsos de vientos del oeste contribuyeron a la generación de un tren de ondas Kelvin (NOAA, 2016) que se propagaron hacia la costa occidental de Sudamérica, declarándose la ocurrencia de un evento El Niño en mayo de 2015 con un pico de máxima en noviembre de 2015 (Iskandar *et al.*, 2017) con efectos sustantivos en la estructura vertical del mar peruano.

En el Pacífico central, específicamente en la región Niño 3.4, las anomalías fueron comparables a las registradas en los eventos extraordinarios de 1982-1983 y 1997-1998. Sin embargo, con respecto a la región Niño 1+2, las anomalías fueron, en promedio, la mitad que las medidas durante los periodos de gran magnitud señalados (Paek *et al.*, 2016).

De acuerdo al índice Niño 3.4, la anomalía más alta se presentó en el mes de noviembre del año 2015, con magnitud de 3°C. Sin embargo, para la región Niño 1+2, índice de mayor representatividad en el área de interés, en el mes de julio del mismo año se presentó la mayor magnitud con un valor de 2.9°C. Asimismo, para el periodo de desarrollo de los cruceros oceanográficos (agosto-octubre de 2015 y enero de 2016), de acuerdo con este último índice, los meses de septiembre y octubre registraron anomalías positivas de 2.5°C y 2.6°C, respectivamente. Para enero del año 2016, se presentaron evidentes indicios de declinación del evento cálido con anomalías en el rango de 1°C a 1.5°C (NOAA, 2016).

En el segundo semestre del año 2015, en la región del OPS, se encontró una mayor participación de agua subtropical, lo cual produjo un aumento de la temperatura por encima del promedio histórico, y una profundización de la capa mínima de oxígeno (Grendi *et al.*, 2015), lo cual es coherente con las anomalías registradas en la región Niño 1+2. Las anomalías del viento zonal registradas durante este período indicaron un desplazamiento de isothermas hacia el sur del Pacífico, similar al que se presentó durante EN 1997-1998 (Paek *et al.*, 2016). De igual forma, durante este mismo periodo se evidenció una notable atenuación de la corriente de Humboldt, en Chile, produciendo una disminución en las concentraciones de nutrientes en la zona costera (Grendi *et al.*, 2015).

## III | DATOS Y MÉTODOS

### 3.1 ZONA DE ESTUDIO

El área geográfica en la cual se realizó la investigación se extiende latitudinalmente desde 6.5°N hasta 23.66°S, y cubre la zona costera sudamericana hasta 92°O. De manera específica, las áreas de estudio de cada uno de los países fueron las siguientes: en Colombia entre longitudes 77.5°O y 84°O, con latitudes comprendidas entre 1.5°N y 6.5°N; en Ecuador entre longitudes 92°O y 82°O, y latitudes entre 1°N y 3°S; en Perú las actividades del crucero se efectuaron entre la línea de costa hasta 82.75°O, y latitudes 5°S y 17°S; en Chile, el crucero oceanográfico se realizó en el área marítima comprendida entre 18°25'S y 23°40'S.

### 3.2 OBTENCIÓN DE DATOS *IN SITU*

En la Figura 1 se indica la posición geográfica de las estaciones oceanográficas, y en el Anexo I se describe en detalle las variables registradas junto con la metodología adoptada para su análisis. En el componente atmosférico se describe el comportamiento de la temperatura ambiente, presión atmosférica, humedad relativa, dirección e intensidad del viento y nubosidad.

### 3.3 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Considerando las fechas en las cuales Chile, Ecuador y Perú realizaron los cruceros oceanográficos (agosto-octubre de 2015), y Colombia (enero de 2016) el análisis de las variables se presentará en ese orden. Las variables meteorológicas, biológicas y químicas se presentan de acuerdo con el periodo de registro de cada país; Perú del 20 de agosto al 08 de octubre, Ecuador del 29 septiembre al 20 de octubre, Chile del 16 al 31 de octubre del año 2015 y Colombia del 02 al 20 de enero 2016, siendo complementada por dos secciones oceanográficas realizados por la DNHM del 27 al 30 de enero 2016. Similar metodología se adoptó para representar secciones transversales de las variables físicas. Por otro lado, para conocer los efectos a causa de la ocurrencia de la fase cálida de ENOS 2015-2016 en la distribución superficial de la temperatura, salinidad y concentración de oxígeno, se empleó la base de datos internacional World Ocean Atlas versión 2013 (Locarnini et al., 2013), desarrollada por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés).

Las variables oceanográficas registradas con CTD fueron procesadas de acuerdo con (CPPS, 2015). Posterior al control de calidad efectuado, se empleó el software *Ocean Data View* (ODV) para la visualización de la información. Se conservan las unidades de las variables de informes regionales previos. En el Anexo I se resumen las técnicas y los equipos empleados durante los cruceros oceanográficos realizados.

## IV | RESULTADOS

### 4.1 CONDICIONES ATMOSFÉRICAS

En Ecuador, la intensidad del viento registrada durante el crucero oceanográfico fue de 2 a 12 m/s, predominando vientos del sureste, con una variación en 3°S, con vientos del suroeste. En la transecta 86°O, a la altura de 2°S, se encontraron vientos del suroeste, con ligeras variaciones de vientos del noreste.

Para el mes de octubre de 2015 en Chile, los vientos registrados durante el crucero presentaron un 92% de componente sur, 5% norte y 3% de calmas (<1 m/s). En cuanto a su intensidad, el 61% de los registros tuvo intensidad baja (<5 m/s), el 38.5% intermedia (5-10 m/s) y los más intensos (>10 m/s) correspondió al 0.5% focalizados en el sector oceánico frente a Antofagasta. El viento promedio, fue de intensidad de débil a moderada con dirección sursureste, con valores menores de 4 m/s en la costa desde Arica hasta Punta Arenas y menores de 5 m/s al sur de 21°S en el sector oceánico. En la zona costera predominaron vientos de baja intensidad menores de 3 m/s (Grendi *et al.*, 2015).

En la CPC, durante enero de 2016, se presentó una débil intensidad de los vientos en el área oceánica, y mayor intensidad hacia el área costera, con valores que alcanzaron 14 m/s. Hacia el occidente de 80°O se presentó un viento con predominio entre 90°O y 180° de dirección (segundo cuadrante), y una alta variabilidad en las direcciones en el área costera (Iriarte *et al.*, 2015).

### 4.2 CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS FÍSICAS

#### 4.2.1 Temperatura Superficial del Mar (TSM)

En Ecuador, el comportamiento de la TSM registrado durante el crucero evidenció la localización del frente ecuatorial. Las temperaturas más elevadas (26°C y 27.5°C) se presentaron hacia el norte, mientras que en el área sur oscilaron entre 24°C y 25°C (Figura 2a). Hacia el oeste de las Islas Galápagos se presentaron aguas más frías (22°C y 23°C) debido al proceso de afloramiento. El comportamiento de la TSM registrado durante el crucero evidenció la localización del frente ecuatorial, caracterizada como una zona de transición definida por la coincidencia de dos masas de agua; las aguas de la corriente de Humboldt, con temperaturas entre 15°C y 19°C y salinidad cercana a 35, y las Aguas Superficiales Tropicales cálidas, con temperaturas mayores a 25°C y salinidades menores a 33.5 (Okuda *et al* 1983).

En Perú, se registraron valores de TSM entre 17°C y 22.5°C. Las mayores temperaturas se presentaron en dos sectores; el primero en latitudes superiores a los 4°S, atribuidos a la presencia de aguas cálidas del norte, y el segundo, entre 11°S y 13°S de latitud. Aguas más frías, entre 17°C y 17.5°C, se localizaron cerca al sector costero, y presente como un núcleo de agua fría al sur de la cuenca (Figura 2a). La anomalía de la TSM para los meses de agosto a

octubre evidenció calentamiento en casi toda el área evaluada, registrando valores de anomalías de  $-1.35^{\circ}\text{C}$  a  $+5.19^{\circ}\text{C}$ . Las áreas más cálidas ( $\text{TSM} > +3^{\circ}\text{C}$ ) se observaron al norte de  $4^{\circ}\text{S}$ , en la zona oceánica frente a Punta La Negra ( $6^{\circ}\text{S}$ ) y por fuera de las 20 mn entre  $11^{\circ}\text{S}$  y  $13^{\circ}\text{S}$ . En enero de 2016 (Figura 2b), se presentaron valores de TSM entre  $24^{\circ}\text{C}$  y  $25.5^{\circ}\text{C}$ , las cuales, al ser contrastadas con la información climatológica, indicaron la ocurrencia de un calentamiento anómalo.

En Chile, la TSM fluctuó entre  $17^{\circ}\text{C}$  y  $19.9^{\circ}\text{C}$ . En la mayor parte del sector oceánico al norte de  $20^{\circ}\text{S}$  predominaron temperaturas mayores a  $19^{\circ}\text{C}$ , con una intrusión de agua más cálida hacia el sector costero de Punta Junín ( $19^{\circ}40'\text{S}$ ), donde se registró el valor máximo a 50 mn de la costa. Además, se registraron focos aislados de aguas más cálidas al sur de esta latitud, frente a Punta Lobos ( $21^{\circ}00'\text{S}$ ), y en la parte oceánica frente a Punta Arenas ( $21^{\circ}40'\text{S}$ ). A lo largo de la costa se registraron valores menores a  $19^{\circ}\text{C}$ , excepto de Punta Arenas a Tocopilla, con el mínimo absoluto al sur de Mejillones ( $23^{\circ}00'\text{S}$ ). Las ATSM derivadas de datos de crucero, reflejaron un rango de variación entre  $-1.8^{\circ}$  y  $2.5^{\circ}\text{C}$ . En la zona de estudio predominaron condiciones levemente cálidas con algunos núcleos mayores a  $+1^{\circ}\text{C}$  con un valor máximo de  $2^{\circ}\text{C}$  en el sector costero de Punta Junín ( $19^{\circ}40'\text{S}$ ). ATSM negativas y  $>1^{\circ}\text{C}$  (absoluto) se registraron en el sector costero desde Iquique hasta el sector sur de caleta Chipana y al sur de Mejillones (Figura 2a).

En el verano del 2016, en la CPC se registraron valores de TSM comprendidos entre  $28^{\circ}\text{C}$  y  $29.5^{\circ}\text{C}$ . Los mayores valores de TSM se presentaron al oeste, concentrados entre longitudes  $84^{\circ}\text{O}$  y  $80^{\circ}\text{O}$ , y latitudes superiores a los  $3^{\circ}\text{N}$ , con magnitudes de  $29^{\circ}\text{C}$  a  $30^{\circ}\text{C}$  (Figura 2b). Lo anterior, posiblemente influenciado por el chorro de viento de Panamá, el cual registra su mayor intensidad para esta época del año (Amador, 2006). Con respecto al área costera, los registros más bajos se presentaron en la ensenada de Tumaco, alrededor de  $27.5^{\circ}\text{C}$ . Al comparar los valores de TSM obtenidos durante la campaña, con respecto al promedio climatológico del WOA2013, se evidenció de manera general, anomalías positivas entre  $0.5^{\circ}\text{C}$  y  $2.5^{\circ}\text{C}$ , siendo mayores en dos sectores específicos; el primero al lado oeste de la CPC, en donde se presentó la intrusión de aguas más cálidas, influenciada por el desplazamiento de la onda Kelvin, y el segundo al norte del área marítima (latitudes superiores a los  $5^{\circ}\text{N}$ ) en donde habitualmente se presentan aguas más frías producto de la surgencia generada por el chorro de Panamá (Iriarte *et al.*, 2016).

#### **4.2.2 Salinidad Superficial del Mar (SSM)**

Frente a Ecuador se presentaron regiones de baja salinidad (28 - 30) al noreste y altas concentraciones (36) al suroeste de Islas de Galápagos (Figura 3a). Se evidenció la presencia de anomalías positivas relacionadas con el avance de la onda Kelvin ecuatorial (NOAA, 2016a). De igual forma se presentaron núcleos de baja salinidad al suroccidente de Isla Galápagos, que pueden ser explicadas por la presencia de núcleos convectivos, tal y como se evidenciaron en territorio marítimo colombiano.

En Perú, la salinidad se presentó en un rango entre 33.75 y 35.5. Los menores valores (<33) se presentaron al norte de Talara debido al desplazamiento hacia al sur de Aguas Tropicales Superficiales (ATS). Hacia el sur, en 4°S se presentaron valores de salinidad propios de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES). La masa de Agua Subtropical Superficial (ASS) predominó desde Punta La Negra (6°S) hasta Morro Sama (16°S), aproximándose a la costa de Callao (12°S) a Morro Sama (16°S). Aguas de mezcla de las Aguas Costeras Frías (ACF) y las ASS se ubicaron entre Pimentel (8°S) y Chimbote (9°S), de bahía Independencia a San Juan, así como frente a Atico (Figura 3a).

En Chile, la SSM, presentó un comportamiento homogéneo con magnitudes entre 34.8 y 35.8 (Figura 3a). Salinidades mayores a 35.2 se presentaron al este de las 5 mn en la costa al norte de 22°S, con el máximo salino en el sector oceánico en los 19°S. Aguas de salinidad menores a 35.2 se presentaron a lo largo de la costa en toda la zona de estudio, con una extensión hacia el sector oceánico al sur de Punta Lobos (21°S), llegando a salinidades menores de 34.9 entre Mejillones (23°S) y Antofagasta (25°S), donde se registró el mínimo a 5 mn.

En las Figura 3b se presenta el comportamiento superficial de la salinidad durante el crucero realizado por Colombia y Perú durante el año 2016. Los valores más bajos se presentaron sobre el borde costero, especialmente en el sector enmarcado entre latitudes 5°N y 4°N, y en áreas aledañas a la Isla Gorgona, donde se presentaron valores de 27.5. De igual manera, se presentaron focos de menor salinidad en el área marítima al oeste (3.5°N -4.5°N y 83.5°O - 85.0°O) y sur de la CPC (1.0°N - 2.0°N y 81.5°O - 83.5°O), con registros de 28.5 y 30. Valores más altos, de 31.5, se presentaron al norte, entre longitudes 82°O y 79°O, influenciados por el afloramiento de aguas más salinas, producto del forzamiento superficial provocado por el chorro de viento de Panamá, activo en este mes. Frente a la costa central de Perú, a finales de enero, se registraron altas concentraciones de salinidad entre 35.4 y 35.6, relacionadas al predominio de las ASS (Figura 3b).

#### **4.2.3 Distribución vertical de la Temperatura y Salinidad**

En Ecuador, durante los meses de septiembre a octubre, la sección meridional 82°O, entre 1°N y 3°S, presentó temperaturas superficiales del mar entre 25°C y 22.5°C, con temperaturas ligeramente más bajas hacia el sur. En general, la isoterma de 20°C se ubicó alrededor de los 60 m, lo que infiere una profundización de la misma por la presencia de temperaturas anómalas positivas (Figura 4a). La información de salinidad a nivel subsuperficial presentó en general valores de 35 en el dominio. En la parte sur, a partir de los 2°S se identificó la presencia de aguas menos salinas con valores de salinidad que oscilaron entre 30 y 33 (Figura 5a).

En la transecta del meridiano 86°O, la temperatura superficial hacia el norte presentó magnitudes de 26°C, mientras que en el sur la temperatura fue de 22°C. La isoterma de 20°C de forma general se localizó a 50 m de profundidad, permitiendo evidenciar una profundización de esta debido a un calentamiento anormal presentado durante el crucero (Figura 4b). La salinidad en la transecta 86°O, presentó valores de alrededor de 35 de forma general en la parte superficial y subsuperficial (34.5). A nivel superficial desde la latitud

ecuatorial hasta 1°N, los valores de salinidad decrecieron ligeramente en los primeros 30 m de profundidad con valores entre los 33 y 34 (Figura 5b).

Al norte de la sección 89°O se presentaron temperaturas superficiales de 26°C, y hacia la parte sur, en general, la magnitud fue de 24°C (Figura 4c). La salinidad en esta sección meridional, en los primeros 50 m de profundidad, fue menor en la parte norte, con un valor de 34, mientras que en la parte sur, se comportó de forma normal con 34.5 (Figura 5c).

En la sección 92°O, a nivel superficial, las temperaturas observadas fueron de 27°C en la zona norte, mientras que en la parte sur la temperatura disminuyó a 22°C. Estos valores de temperatura se mantuvieron en los primeros 60 m de profundidad (Figura 4d). En los primeros 50 m de profundidad, en la parte norte, se presenciaron aguas con salinidades bajas, cuyos valores estuvieron entre 32 y 34.5 (Figura 5d).

En Perú, para los meses de agosto a octubre, se realizaron perfiles frente a Paita (5°S), Chimbote (9°S), Callao (12°S) y San Juan (15°S) que evaluaron la zona hasta 80 mn (Paita y Chimbote) y 100 mn (Callao y San Juan) de la costa. El perfil Paita (Figura 6a) presentó dentro de las 30 mn de la costa, valores de temperatura de 17°C y 18°C. Los valores de salinidad indicaron la presencia de aguas de mezcla entre las Aguas Costeras Frías (ACF) y Aguas Subtropicales Superficiales (ASS). El sector oceánico, por fuera de las 70 mn, se distinguió por una termoclina intensa (16°-22°C) entre 20 y 100 m de profundidad y concentraciones halinas de hasta 35.3 (Figura 7a). Cabe precisar que la profundización de la isoterma de 15°C entre 150 y 200 m, asociado a valores de salinidad de 35.0 y 35.05 evidenció la presencia de la Corriente Submarina peruano-chilena entre 50 y 250 m de profundidad.

Frente a Chimbote (Figura 6b) ocurrieron procesos de surgencia en las primeras 60 mn adyacentes a la costa, sin embargo, la magnitud de las anomalías (> 1°C - 2°C) y los valores halinos indicaron que las aguas afloradas fueron producto de la mezcla entre las ACF y ASS. Por fuera de las 60 mn, la columna de agua sobre los 200 m se presentó estratificada, con presencia de aguas de 35.05 a 35.1 (Figura 7b).

Frente al Callao (Figura 6c), la termoclina fue débil sobre 100 m de profundidad. En los 50 m más someros fue notoria la presencia de aguas cálidas, de mezcla, con valores entre 18°C y 20°C y 35.05 y 35.1 (Figura 7c).

El perfil San Juan (Figura 6d) se caracterizó por su amplia zona homotérmica (17-18°C) y homosalina (35.2-35.3) en los 90 m superiores. Por debajo de 100 m y entre 40 y 80 mn se apreció un núcleo de valores halinos de 34.8 con temperaturas de 13° - 12°C asociado con la presencia de Aguas Subantártica (ASAA), propio de la región sur del Perú, y que en esta ocasión presentó condiciones normales de temperatura y salinidad (7d).

La distribución vertical de la temperatura en Chile varió entre 6°C y 19°C, con un mayor gradiente en los primeros 100 m. Luego de este nivel la temperatura descendió gradualmente hasta un mínimo de entre 6°C y 7°C cercano a los 600 m de profundidad. Las secciones presentaron fuertes gradientes térmicos verticales formando pendientes positivas respecto a

la costa, además de una termoclina definida con la isoterma de 15°C. En las transectas ubicadas al norte de 21°S y a una profundidad menor a 25 m se desarrolló una capa cálida >19°C, la que al sur de esta latitud no superó los 18°C. En la transecta 2 (19°40'S) y 4 (22°20'S) se observó un ascenso de las isotermas en las estaciones 18 y 44, ambas a 55 mn de Pisagua (19°36'S) y Punta Copaca (22°20'S), respectivamente (Figura 8).

Por su parte la distribución vertical de la salinidad fluctuó entre 34.5 y 35.4. Las menores salinidades estuvieron en el sector costero a nivel superficial, siendo los de Antofagasta (23°40'S) (<34.8) menores a los de Arica (<35.1). La salinidad se incrementó hacia mar adentro, desde la transecta 1, hasta la transecta 3, en el sector oceánico, siendo Arica (18°25'S), Pisagua (19°36'S) y Punta Lobos (21°00'S), los lugares donde la salinidad fue mayor. Al sur de 22°S las salinidades más altas se ubicaron en la parte oceánica (~35), con una leve disminución hacia la costa (~34.8). En la transecta oceánica la salinidad superficial disminuyó de norte a sur de 35.4 a 35.1, con surgencia de agua menos salina (~34.8) a 50 m de profundidad, entre Punta Arenas (21°40'S) y Punta Copaca (22°20'S). Mientras que en la transecta costera, al norte de Punta Hornos (23°00'S), se presentaron salinidades >34.9, con núcleos máximos >35 a nivel superficial (<15 m), en Punta Arenas (21°40'S) y al norte de Punta Camarones (19°20'S). Al sur de Punta Hornos (23°00'S) la salinidad fue <34.9, con un núcleo subsuperficial (40-70 m) de 34.8 (Figura 9).

En Colombia, en la transecta de Tumaco (2°N), la temperatura en los primeros 50 m osciló entre 25°C y 30°C, mientras la termoclina se ubicó entre 25 y 45 m (Figura 10a). Con respecto a la salinidad, entre los 0 y 20 m de profundidad, se registraron magnitudes entre 30 y 32. A partir de los 35 m, se presentó una distribución homogénea de la salinidad, que osciló entre 34 y 35; mientras la haloclina se registró entre 12 y 48 m (Figura 11a).

En Buenaventura (4°N), en los primeros 50 m, la temperatura osciló entre 27.5°C y 30°C; con magnitudes mayores al occidente de Malpelo (83.0°O y 81.6°O), entre 0 y 40 m. Hacia el borde continental, se observaron magnitudes menores entre 25.0°C y 29.0°C. La termoclina se ubicó más somera cerca del borde costero (80.0°O y 78.0°O), mientras que entre 84.0°O y 81.5°O se profundizó, ubicándose entre 30 y 60 m (Figura 10c). La salinidad en superficie, osciló entre 29.0 y 30.0, y en general, se observó un gradiente halino marcado hasta los primeros 50 m, con valores que oscilaron entre 29.0 a 33.5; a profundidades superiores se presentaron mínimas variaciones entre 34.5 y 35.0. La haloclina se ubicó entre 10 y 35 m, sobre el borde continental (80.5°O - 78.0°O), profundizándose hacia el occidente, hasta los 50 m (Figura 11c).

En Gorgona (3°N), la temperatura presentó en los primeros 50 m magnitudes entre 28°C y 30°C, principalmente entre 84°O y 80°O, con una ubicación de la termoclina entre 25 y 55 m (Figura 10b). Con respecto a la salinidad entre 0 y 50 m se presentaron variaciones con magnitudes entre 30 y 35.5, y la haloclina se identificó entre los 24 y 35 m (Figura 11b).

Las secciones frente a Punta Bermejo (10.5°S) y Callao (12°S) realizadas en enero de 2016, indicaron que, frente a la costa central de Perú, del 29 al 30 de enero se observó el mayor calentamiento fuera de las 50 millas de costa en comparación con la sección del Callao (27-28 de enero), presentando valores de temperatura superficial mayores a 25°C, mientras que cerca

de la costa se observó ascensos de las isoterma de 21°C a 24°C, indicando surgencia pero de aguas cálidas dentro de las 30 millas de las aguas oceánicas (ASS). Asimismo, el límite inferior de la termoclina se encontró más profundo de lo normal, alrededor de los 130 m (Figura 12a).

Por otro lado, las concentraciones de salinidad a nivel superficial muestran el predominio de aguas oceánicas (ASS) hasta las 200 millas de la costa, y para una capa de 130 m de profundidad (Figura 12b). En la sección Callao realizada el 27-28 de enero, la TSM presentó valores por encima de lo normal hasta las 200 millas de costa, con valores de 23°C dentro de las 20 millas y superiores a 24°C por fuera de este sector. Asimismo, se observó la base de la termoclina ligeramente profunda, hasta 100 m. La salinidad en toda la sección presentó valores superficiales entre 35.2 y 35.6, indicando el predominio de ASS hasta los 100 m de profundidad (12b).

#### **4.2.4 Profundidad de la isoterma de 15°C y 20°C**

La profundidad de la isoterma de 15°C en Ecuador se mantuvo entre 180 y 220 m, sin variaciones mayores de norte a sur. De este a oeste las menores magnitudes se ubicaron en la parte central, con núcleos de 140 m y 160 m; y los mayores valores se observaron en la región más próxima a la costa y al oeste del dominio geográfico analizado, principalmente al oeste Isla Galápagos (Figura 13a).

En Perú, la distribución de las profundidades se presentó en un rango entre 38 m y 180 m, con magnitudes mayores en la zona norte y centro, y menores al sur, principalmente frente a la zona costera de Chimbote y Callao. En San Juan, por su parte, la isoterma de 15°C se presentó a una profundidad entre 70 m y 120 m (Figura 13a).

En Chile, la isoterma de 15°C varió entre 4.9m y 97.2m. Profundidades <20 m se localizaron en el sector costero. Las menores isotermas se registraron en la costa de Punta Hornos, mientras que aquellas superiores a 80 m se encontraron en el sector oceánico de Arica, entre caleta Patache y Punta Lobos, y al sur de Punta caleta Errázuriz (Figura 13a).

Para el mes de enero 2016, en Colombia la isoterma de 15°C se presentó a profundidades comprendidas entre los 140 m y 180 m, donde las menores magnitudes se presentaron como un núcleo distinguible al norte de la cuenca. Por su parte, las profundidades mayores en la cual se encuentra la isoterma de 15°C, se ubica al suroeste de la cuenca, con una magnitud promedio de 175 m. En Perú la isoterma de 15°C se presenta en un rango de profundidad de 100 m a 120 m (Figura 13b).

La isoterma de 20°C se presentó en Ecuador entre los 35 m y 70 m, donde las mayores magnitudes fueron identificadas al oeste y este del dominio geográfico, y las profundidades menores se concentraron principalmente en la zona central. En Perú, esta isoterma se ubicó entre los 15 m y 55 m, siendo la zona costera la región en donde la isoterma se presentó en la capa más superficial (Figura 14a). En enero 2016, la isoterma de 20°C, se presentó para Colombia a profundidades entre 50 m y 70 m, en donde se presenta un predominio de profundidades entre 48 y 55 m en gran parte de la CPC. En Perú, por su parte, la isoterma de

20°C se registró en un rango de profundidades entre 45 y 70 m, presentándose de manera más superficial principalmente en la zona costera (Figura 14b).

#### 4.2.5 Masas de Agua

Durante los meses de agosto a octubre, se identificaron de manera más representativa Aguas Tropicales Superficiales (AST) específicamente en las secciones meridionales entre Galápagos y el Ecuador continental. Al oeste de las Islas Galápagos la predominancia fue de ASTS. La influencia de las ATS se localizó en los primeros 50 m de profundidad, y a medida que se aparta del borde costero, se repliega hacia el norte, hasta que, sobre la transecta 92°O se encuentran en el hemisferio norte. En las secciones 82°O, 86°O, y 89°O la presencia fue mayoritaria, con porcentajes entre 80 a 100; mientras que en la sección 92°O, se redujo su porcentaje alrededor de 60. Las ASTS se encuentran más replegadas hacia el sur, en las cuatro secciones meridionales monitoreadas (Perugachi *et al.*, 2015; Figura 15a).

En Chile la masa de agua Subtropical (AST) tuvo un porcentaje de participación de masa de agua (PPMA) entre 16 y 90%. El AST tuvo un PPMA superior a 60% al norte de Punta Copaca, acercándose al sector costero en Arica y Punta Junín. PPMA >90% se encontraron al norte de 22°S, con un acercamiento en la costa de Punta Junín. Valores <40% se registraron a lo largo de la costa desde Arica al sur de caleta Chipana y al sur de Punta Hornos, con el mínimo al sur de Mejillones. La masa de agua Subantártica (ASAA) presentó una PPMA remanente inferior al 25%. PPMA >20% en el extremo sur de la zona, al sur de Punta Caleta Errázuriz, y <10% en el sector costero de Arica, desde Punta Madrid al sur de Caleta Chipana, y con una extensión hacia el sector oceánico desde el norte de Tocopilla a Antofagasta (Grendi *et al.*, 2015; Figura 15a).

En Colombia, siguiendo las clasificaciones realizadas por Rodríguez & Giraldo, (2011), Malikov & Villegas, (2010) y CCCP, (2002), se identificaron cinco masas de aguas durante el crucero oceanográfico. En los primeros 50 m, Agua Superficial Tropical (AST), con concentraciones de salinidad menores a 34.0 y temperaturas mayores a 25.0°C, características propias de la interacción del sistema océano atmósfera y procesos costeros. Con temperaturas menores y mayor salinidad, fue registrada entre 50 y 150 m, Agua Ecuatorial Superficial (AES), con temperaturas de 19.0° a 25.0°C y salinidades de 32.0 a 35.0. Adicionalmente a esta misma profundidad, se encontró Agua Subtropical Superficial (ASTS), con temperaturas  $\geq$  19.0°C y salinidades superiores a 35.0. Entre 200 y 480 m, con una temperatura entre 7.5°C y 15° C y una salinidad entre 34.4 y 35.0, fue identificada Agua Subtropical Subsuperficial (ASS). Finalmente, a profundidades superiores a los 500 m se identificó la masa de agua clasificada como Agua Intermedia Antártica (AIAA), con temperaturas entre 4.8°C y 7.5°C y una salinidad entre 34.5 y 34 (Figura 15b) para enero 2016.

## 4.3 CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS QUÍMICAS

### 4.3.1 Oxígeno disuelto

En Ecuador, la distribución superficial del oxígeno disuelto entre los meses de agosto-octubre presentó valores comprendidos en el rango de 4.6 mL/L a 3.4 mL/L. En Perú, por su parte las concentraciones se encontraron en un rango de 4.42 a 6.49 mL/L, con un promedio de 5.24 mL/L, presentando una distribución influenciada por las ASS. Los valores más bajos se registraron en las zonas costeras entre Chimbote y Pimentel y de bahía Independencia a Atico. Las zonas costeras (dentro de las 5 mn) desde San Juan hasta Atico se caracterizaron por presentar contenidos de oxígeno, próximos a 4.5 mL/L, mientras que las zonas costeras de Callao a Chimbote registraron valores relativamente menores (Grados *et al.*, 2015; Figura 16a). En Chile, la distribución superficial del oxígeno disuelto presentó concentraciones entre 2.6 y 7.3 mL/L; en general, el sector oceánico presentó concentraciones >5 mL/L. En Colombia, los registros de oxígeno disuelto superficial oscilaron en su gran mayoría entre 3.3 y 4.5 mL/L.

Durante enero de 2016, en la zona oriental de la CPC en el borde costero, entre las latitudes 3.0°N - 4.0°N y las longitudes 78.0°O - 77.0°O, se presentaron los valores más bajos, comprendidos entre 3.0 y 3.2 mL/L. Dichos valores se ven favorecidos principalmente por la interacción océano – atmósfera, oleaje y actividad fotosintética (Figura 16b).

La distribución vertical del oxígeno disuelto muestra para la transecta de 82°O, 86°O, 89°O y 92°O, magnitudes en el rango de 0.2 mL/L y 4.6 mL/L, con focos superficiales de mayor magnitud en los primeros 50 m especialmente para las transectas 89°O y 92°O, con valores de 4.6 mL/L y 4.5 mL/L (Figura 17).

En Perú, a nivel subsuperficial, en Paita, el oxígeno disuelto (Figura 18a) registró valores de hasta 4.5 mL/L. La iso-oxigena de 1 mL/L se localizó alrededor 200 m de profundidad, mientras que la Zona Mínima de Oxígeno (ZMO) ocurrió entre 220 m y 250 m, con mayor profundidad próximo a la plataforma continental. En Chimbote, durante el periodo de análisis (Figura 18b), la distribución del oxígeno indicó procesos moderados de afloramiento. La ZMO se ubicó por debajo de 100 m en la zona costera y por debajo de los 180 en la zona oceánica. En la sección Callao (Figura 18c), ocurrió una condición similar a Chimbote en el sector costero, aunque más intenso con la iso-oxigena de 1 mL/L a 10 m de profundidad. Frente a San Juan, el comportamiento del oxígeno indicó procesos de surgencia, sin embargo, el agua aflorada fue de mezcla. Por otro lado, la ZMO se encontró ubicada entre 150 y 200 m.

En Chile, la distribución superficial del oxígeno disuelto presentó concentraciones entre 1.6 y 7.3 mL/L. En general, el sector oceánico presentó concentraciones mayores a 5 mL/L, las que alcanzaron hasta el sector costero entre Punta Arenas y Mejillones y en Punta Junín. Por otra parte, concentraciones menores a 4 mL/L, con mínimos mayores a 2 mL/L, se encontraron fuertemente focalizadas en el sector costero desde Arica a Punta Camarones, y de Iquique a Punta Arenas. El límite superior de la capa de mínimo oxígeno (LSMOD) presentó un rango entre 8.9 y 135.1 mL/L. En general las profundidades menores a 40 m se encontraron a menos

de 30 mn a lo largo de la costa. El LSMOD se profundizó hacia el sector oceánico superando los 100 m entre las localidades de Caleta Patillos y Caleta Chipana, y al sur de 23°S al este de las 40 mn de la costa (Figura 19).

En Colombia, el oxígeno disuelto en los primeros 50 m, presentó para las transectas de Tumaco (2°N), Gorgona (3°N) Buenaventura (4°N), una magnitud casi homogénea de 4.6 mL/L, con un foco de mayor valor concentrado en el primer escenario, entre 83°O y 84°O. En general, entre 50 y 200 m, se identificaron valores entre 3.6 y 0.4mL/L; mientras que a profundidades superiores a 200 m, oscilaron entre 1.6 y 0.2mL/L (Figura 20).

## V | DISCUSIÓN

Durante los meses en que fue desarrollado el décimo octavo crucero oceanográfico regional, se presentaron efectos particulares en las condiciones océano-atmosféricas del Pacífico sudeste, asociadas a la ocurrencia de El Niño 2015-2016 (BAC, 2016; CIIFEN, 2017). Si bien, este evento alcanzó anomalías comparables e incluso superiores a las de los eventos extraordinarios de 1982-1983 y 1997-1998 en Pacífico Central (región Niño 3.4), en el Pacífico Oriental (Niño 1+2), las anomalías fueron la mitad que las observadas en los periodos en mención (Vecchi, 2016).

En Ecuador, se registraron anomalías positivas superiores a 4°C, específicamente, en las transectas 82°O y 86°O, a nivel superficial y subsuperficial se registraron valores de + 4.5°C, sobre los 100 m de profundidad, y de 2°C entre 100 y 200 m. Esto como consecuencia, del transporte de contenido calórico por ondas Kelvin, asociadas a un evento El Niño en desarrollo. La salinidad superficial presentó mayor concentración al oeste de las islas Galápagos, así como entre 84°O y 2.5°N, asociado a posibles focos de surgencia de aguas subsuperficiales. Las anomalías positivas de la temperatura del mar en Ecuador, provocaron una disminución de las concentraciones de nutrientes, específicamente de nitratos y silicatos, a nivel superficial y subsuperficial. Con respecto a la distribución de fitoplancton, en mediciones realizadas hasta 50 m, se observó un predominio de especies de aguas cálidas en la transecta de 92°O, mientras que en las transectas 82°O, 86°O y 89°O, fueron identificadas especies de aguas frías, así como mezcla de aguas frías y cálidas, específicamente, en las últimas dos secciones. En el zooplancton dominaron especies de agua fría desde el este, transecta 82°O, al oeste, transecta 92°O. En general los resultados de oceanografía biológica, evidenciaron la presencia de especies que tipifican condiciones oceánicas y cálidas tales como las especies *Pterosagitta draco*, *Krhonitta pacifica*, *Sagitta pacifica*, *S. bipunctata*, y *S. regularis*. Asimismo determinaron que la productividad zooplanctónica estuvo por debajo de lo normal para la época, lo cual está relacionado de igual forma a las elevadas temperaturas del mar. La biomasa del zooplancton disminuyó en promedio un 65% tanto en superficial, como a nivel subsuperficial, comparado con el Crucero-1-2014, año neutral (Perugachi et al., 2015).

Las condiciones oceanográficas en el mar peruano durante el crucero fueron atípicas para la estación del invierno de 2015, consistentes con un evento El Niño de magnitud fuerte. Se presentó un aumento en la temperatura del mar que excedió +2°C desde la segunda semana de agosto, así como anomalías de vientos del oeste (160°E-160°O; 5°S-5°N) superiores a las ocurridas durante el mismo periodo, en el año 1982, pero por debajo de lo ocurrido durante EN 1997-1998. A nivel subsuperficial, este período se caracterizó por la intermitencia de ondas Kelvin de hundimiento y su propagación hacia Sudamérica (ENFEN, Comunicados N°13-17, 2015). Por ejemplo, a fines de julio, un mes previo al inicio del crucero, se registró un nuevo pulso de viento del oeste alrededor de la Línea de Cambio de Fecha, mientras que en agosto, “los datos de la profundidad de la termoclina y del nivel medio del mar ecuatorial indicaron que las ondas Kelvin se estarían atenuando parcialmente a partir de 100°O hasta la costa, posiblemente por la acción de anomalías de vientos del este y/o la reflexión de estas ondas

por la termoclina somera en esta región” (ENFEN, 2015 c). Asimismo, el ENFEN (2015 e) informó de una nueva irrupción de vientos del oeste alrededor de 180°, mientras que, en la segunda quincena de septiembre se presentó otra anomalía de vientos del oeste entre 160°E y 160°O, aproximadamente, forzando otra onda Kelvin cálida.

Como consecuencia del impacto de las anomalías a macroescala, así como las presentadas en el escenario regional durante el crucero, se produjeron en el mar peruano, incrementos del nivel del mar, especialmente en el sector norte y centro, calentamiento persistente del mar, aunque con presencia de núcleos casi neutrales o levemente fríos restringidos a sectores muy costeros. Por otro lado, el debilitamiento (o leve fortalecimiento) de los vientos alisios por algunos periodos favoreció la advección de aguas oceánicas del oeste (ASS) hacia la costa. En este contexto, las AES presentaron una menor cobertura que en los dos años anteriores; por el contrario, en el 2015, las ASS se distribuyeron ampliamente desde Chimbote (9°S) hasta Morro Sama (18°18'S), presentando una mayor aproximación a la costa que en el año 2014, cuando ocurrió una fuerte incursión costera, pero entre Salaverry (8°S) y Callao (12°S). En la zona costera, las ACF mostraron su mayor amplitud al sur del Callao durante el invierno del 2013, restringiéndose a la región entre Callao y Bahía Independencia (14°10'S) y desde Mollendo (17°S) hasta Morro Sama (17°51'S) en el 2014. En resumen, durante el crucero, ocurrió una inusual incursión hacia la costa de las ASS y un mayor repliegue de las ACF.

Generalmente, durante la época de invierno, la composición espeiológica de especies fitoplanctónicas en el mar peruano, típicas de afloramiento, puede estar distribuida hasta 60 mn e incluso extenderse a mayor distancia de la costa. En este crucero, esta distribución se restringió a las 30 mn adyacentes a la costa, mientras que, por fuera de las 30 mn, se encontraron especies de aguas cálidas, entre diatomeas y dinoflagelados, formando un núcleo de regular importancia por fuera de las 60 mn frente a 7°S y 13°S. Al sur de 9°30'S, prevalecieron especies de afloramiento en la zona costera, aunque asociadas a especies de aguas cálidas debido a la mezcla entre las ACF y ASS. Esta distribución también fue atípica para el periodo de estudio; así también, se encontraron indicadores de AES como posible rezago de la presencia de esta masa de agua (IMARPE, 2015a; IMARPE, 2015b).

Los efectos de este escenario en los recursos pesqueros en Perú, fueron significativos y representativos. El Comité Multisectorial ENFEN (2015 c, e) informó que, en agosto y septiembre de 2015, el recurso anchoveta se presentó ligeramente más profundo que lo normal frente a Chimbote. Asimismo, se notó la presencia de este recurso frente a Pisco, próximo a la superficie (agosto) y dentro de las 10 mn de la costa (septiembre), registrándose también al extremo sur del territorio peruano en agosto. Es preciso destacar que en invierno se registró la presencia de especies oceánicas, propias de aguas cálidas, como *Sarda chiliensis* "bonito", *Katsuwonus pelamis* "barrilete", *Decapterus macrosoma* "jurel fino" frente a la costa norte (septiembre) y central (agosto y septiembre). Además, en agosto, se observó el recurso *Coryphaena hippurus* "perico" y la *Anchoa nasus* "samasa" entre las especies costeras.

En Chile, durante octubre 2015, El Niño 2015-16 afectó las condiciones bioceanográficas de la zona norte de este país, donde se midieron anomalías de TSM levemente superiores a +1°C, pero en salinidad de hasta +0,5, siendo éstas últimas más significativas. A pesar de lo anterior,

se evidenciaron focos de surgencia costera, caracterizados por menores concentraciones superficiales de oxígeno disuelto (<3 mL/L), asociados a la masa de Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS). Algunas de estas localidades correspondieron a Punta Camarones (19°20'S), Iquique (20°10'S), caleta Chipana (21°20'S), Mejillones (23°S) y al sur de la península de Mejillones (23°20'S). Las concentraciones de nutrientes mostraron rangos dentro de los informados para la zona (Silva et al., 2009; Molina et al., 2005), aunque en esta ocasión se registró un incremento en el amonio y el nitrato respecto a las campañas en año neutro (2014) (Grendi et al., 2015). En la componente vertical, el nitrato, fosfato y silicato, mostraron el característico aumento de sus concentraciones con la profundidad (Grendi et al., 2015). Este patrón responde a la intensa actividad en la superficie de los organismos autótrofos, que conduce casi al agotamiento de estos elementos dentro de los primeros 25 m de profundidad; y su incremento hacia las mayores profundidades es producto de los procesos de oxidación de la materia orgánica, que junto a la presencia del agua fuente de la surgencia (AESS), incrementan la concentración (Silva et al., 1997; Libes, 1992).

La surgencia, en el mar chileno, se visualizó en la vertical en distintas variables al sur de 22°S, resaltando en las estaciones más costeras el ascenso de las isopícnas ubicadas sobre los 50 m de profundidad (<26,0 kg/m<sup>3</sup>), asociado a una mayor participación de AESS, caracterizada con aguas ricas en nutrientes (Grendi et al., 2015). La surgencia costera permitió que esta masa de agua presentara una importante participación en los primeros 50 m del sector costero, superando entre 10-30% a otros años cálidos EL Niño 2002, 2006 y 2009. Además, en las áreas con surgencia costera la clorofila-a presentó en superficie un aumento relativo de las concentraciones en comparación del resto del área circundante, con valores de ~3 µg/L, excepto entre Punta Copaca (22°20'S) y el norte de la península de Mejillones (23°S), donde se destacó un extenso foco costero con altas concentraciones de clorofila-a superficial >10 µg/L (Grendi et al., 2015). Este aumento en las concentraciones de clorofila-a se relaciona al afloramiento de agua más profunda, que no permitió alterar mayormente la estratificación de la capa superior (20 m), debido a procesos de mezcla con aguas más oxigenadas y salinas (~40% de AST). En localidades como Punta Junín (19°40'S) y Antofagasta (23°40'S), la mayor estratificación vertical y la presencia de alta actividad fotosintética (clorofila-a >5 µg/L), ubicaron los núcleos productivos en los primeros 12 m de la capa de agua (Grendi et al., 2015). Por otra parte, la intrusión anómala de agua subtropical al norte de 22°S, cuyos porcentajes de participación alcanzaron el 90%, tuvieron mayor cobertura tanto a nivel superficial como en profundidad en comparación con años cálidos de El Niño 2002, 2006 y 2009 (Grendi et al., 2015). El AST afectó el sector más costero, especialmente frente a Arica (18°25'S), Punta Junín (19°40'S) y en menor intensidad a Antofagasta (23°40'S).

En los años 2014 y 2015 se detectó una mayor abundancia y biomasa zooplanctónica en la franja más oceánica (50-100mn), contrario al patrón de distribución esperado, en el que se reconoce un mayor número de individuos asociado a la franja costera (0-40mn) (Angulo et al., 2016). En relación a lo anterior, en el 2015, la abundancia media del zooplancton disminuyó en 30%, junto con la biomasa media en 19%, debido al incremento en el tamaño individual de algunos componentes del zooplancton, el que mostró una mayor participación del zooplancton gelatinoso carnívoro (Angulo et al., 2016).

En octubre 2015, hubo una marcada disminución en el índice de abundancia de huevos de anchoveta, alcanzando el octavo nivel más bajo desde al año 2000 en Chile (Angulo et al., 2016). Esta disminución ha sido consecuencia del forzante ambiental de El Niño, dado que, durante el desarrollo de eventos de características similares en el norte de Chile y Perú, se han descrito cambios en la distribución espacial de los sitios de desove y alteraciones cronológicas en el momento de máxima intensidad de desove (Ñiquen et al., 1999). Por otra parte, durante el crucero hubo presencia de huevos de sardina española (*Sardinops sagax*), especie de la cual no se tenía registro en el ictioplancton desde el año 2002 en la zona norte de Chile (Angulo et al., 2016), lo cual pudo estar relacionado con el efecto positivo del aumento de temperatura sobre esta especie (Chavez et al., 2003).

En el aspecto de pesquerías, en el periodo del crucero los núcleos de abundancia de anchoveta se concentraron mayoritariamente hacia el sur del área de estudio en Chile, debido a la influencia del evento El Niño (Angulo et al., 2016). Dicho desplazamiento ya ha sido observado por otros autores, los cuales han llegado a conclusiones similares (Ñiquen et al., 1999; Yáñez et al., 1993).

En enero de 2016 cuando el evento El Niño 2015-2016 se encontraba dando inicio a la fase de decaimiento (CIIFEN, 2017), los cruceros realizados por Colombia y Perú, permitieron continuar evaluando los impactos de El Niño a inicios del verano. En la región Niño 3.4 continuaron presentándose anomalías cálidas muy fuertes, incluso superiores a las observadas en 1998 y 1983, mientras que en la región Niño 1+2, si bien se registró declinación, aún persistió calentamiento (+1,0°C). En la zona norte del Perú, en los últimos días de enero, se presentaron episodios de lluvias muy fuertes como consecuencia de la presencia de aguas cálidas y la contribución de vientos del este en los niveles medios y altos. Asimismo, la información de la profundidad de la termoclina y el nivel del mar indicaron la aproximación al Pacífico Sudeste del núcleo de la onda Kelvin cálida producida por el pulso de viento del oeste observado en la primera quincena de enero (ENFEN, 2016).

Particularmente, en el caso de Colombia, se observaron condiciones cálidas, con registros de TSM por encima de lo normal que alcanzaron 3°C de magnitud. Al occidente de la cuenca se presentaron los valores más altos de temperatura, relacionados principalmente con el avance de una onda Kelvin. A mayores profundidades no se presentaron variaciones significativas, con una isoterma de 20°C muy marcada entre 60 y 70 m. La SSM presentó características sectorizadas, siendo más elevadas entre longitudes 81°O y 79°O, con un valor máximo registrado de 32. Entre los 78°O y 80.5°O (borde costero) se observó una termoclina y haloclina en profundidades ligeramente mayores a las identificadas en esta época del año. Este comportamiento revela que, a pesar de la evidente presencia de un evento El Niño en la región, los efectos de afloramiento producidos por el chorro de Panamá, de mayor intensidad durante el mes de enero de 2016, no se ven totalmente aminorados en la CPC. Como es de esperarse durante una fase cálida de ENOS, en el borde costero se presentaron salinidades bajas, potencialmente producidas por el incremento de aporte fluvial en la zona, derivadas de anomalías positivas de precipitación en la franja costera del Pacífico colombiano. De igual manera se registraron núcleos de baja salinidad al oeste de la cuenca, centrados en latitudes 2°N y 4°N, los cuales pueden ser originados por precipitaciones locales producto de focos

convectivos. Este hecho fue contrastado con fuentes de información meteorológica que permitieron corroborar dicha condición. Las altas concentraciones de oxígeno disuelto y su ubicación en la columna de agua, en su gran mayoría se obtuvieron de los registros ubicados sobre las estaciones costeras a excepción del área central ubicada sobre las latitudes 3°N - 4°N y longitudes 78°O - 77°O, la cual presentó los registros superficiales de oxígeno más bajos (Iriarte et al., 2016).

Finalmente, de acuerdo con el Índice Multivariado ENOS (MEI, según sus siglas en inglés) el escenario El Niño de agosto y septiembre de 2015 presentó mayor intensidad que durante el mismo periodo durante EN 1982-1983 y menor intensidad que en 1997 (El Niño 1997-1998), ambos de magnitud extraordinaria. En enero 2016, el MEI registró un valor menor a los dos eventos extraordinarios.

## VI | CONCLUSIONES

1. El XVIII Crucero Regional de Investigación Conjunta en el Océano Pacífico Sudeste se realizó durante un escenario cálido El Niño 2015-2016, con impactos diferenciados en los países de la región. En general, el impacto de El Niño 2015-2016 en las condiciones físicas fue de magnitud fuerte. Las anomalías térmicas indicaron intenso calentamiento con predominio de magnitudes de 3°C frente a Ecuador, Perú y Colombia, declinando en intensidad (+1°C) frente a Chile.
2. Durante el crucero los efectos de El Niño en el campo halino se manifestaron con una mayor participación y aproximación a las costas de Perú y Chile del agua de tipo Subtropical en superficie, especialmente frente a la costa centro-sur del Perú y en la mitad norte del segundo por el debilitamiento de los vientos alisios.
3. Durante el crucero hubo presencia intermitente de ondas Kelvin de hundimiento que favorecieron la profundización de estructura térmica en el Pacífico oriental.
4. Los cambios ambientales observados en el mar de Chile, Ecuador y Perú, asociados a condiciones cálidas de El Niño 2015-2016, habrían provocado alteraciones en la distribución y abundancia de fitoplancton; mientras que en Chile se presentaron también variaciones en el zooplancton y en las concentraciones de clorofila-a. Con relación al recurso pesquero, se registró en Chile la presencia de huevos de sardina española, pero una disminución en la abundancia de huevos de anchoveta, así como cambios en la distribución de anchoveta y jurel, mientras que en Perú la anchoveta se presentó a profundidades mayores a las identificadas en un año neutro.

## VII | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amador, J. A., Alfaro, E. J., Lizano, O. G., & Magaña, V. O. (2006). Atmospheric forcing of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 69(2-4), 101–142. doi:10.1016/j.pocean.2006.03.007.
- Angulo J., C. Grendi, U. Cifuentes, M. Pizarro, C. Rosas, C. Lang, A. Barraza, L. Herrera, E. Santander, J. Jaque, V. Valenzuela, J.C. Saavedra & V. Catasti. 2016. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas y evaluación del stock desovante de anchoveta entre la XV y II Regiones, año 2015. Informe Final, Convenio de desempeño 2015, Instituto de Fomento Pesquero, Chile.
- Blanco J.L., A.C. Thomas, M.E. Carr & P.T. Strub. 2001. Seasonal climatology of hydrographic conditions in the upwelling region off northern Chile. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 106: 11.451-11.467.
- CCCP (2002). *Compilación Oceanográfica de la Cuenca Pacífica Colombiana*. Bogotá: Imágenes de la Naturaleza.
- Chavez, F., J. Ryan, S. Lluch-Cota & M. Ñiquen 2003. From Anchovies to Sardines and Back: Multidecadal Change in the Pacific Ocean. *Science*. 299 (5604): 217 - 221.
- CIIFEN, 2017. El Niño 2015-12: evolución, vulnerabilidad e impactos en Latinoamérica, p 1-38.
- Comité Regional ERFEN, 2015. BOLETÍN de Alerta Climática; BAC Nro. 303: [www.inocar.mil.ec](http://www.inocar.mil.ec).
- CPPS. (1992). Protocolo sobre el programa para el estudio regional del fenómeno de El Niño en el Pacífico Sudeste. (págs. 1-10). Callao, Perú: Comisión Permanente del Pacífico Sur.
- CPPS. (2015). Protocolo del Uso del CTD Sea-Bird y Procesamiento de Datos. En C. P. CPPS. Guayaquil, Ecuador.
- ENFEN, 2015 a. Comunicado Oficial ENFEN N°04-2015, 18 marzo, 2015. <http://www.imarpe.gob.pe>.
- ENFEN, 2015 b. Comunicado Oficial ENFEN N°07-2015, 08 de mayo, 2015. <http://www.imarpe.gob.pe>.
- ENFEN, 2015 c. Informe Técnico ENFEN N°15-2015, 03 de septiembre, 2015. <http://www.imarpe.gob.pe>.
- ENFEN, 2015 d. Informe Técnico ENFEN N°16-2015, 17 de septiembre, 2015. <http://www.imarpe.gob.pe>.
- ENFEN, 2015 e. Informe Técnico ENFEN N°17-2015, 06 de octubre, 2015. <http://www.imarpe.gob.pe>.
- ENFEN, 2016. Comunicado Oficial ENFEN N° 03-2016, 04 de febrero, 2016.

- Gallardo, V. 2005a. Physical oceanography at station Concepcion 2. PANGAEA, <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.315629>.
- Grendi, C., U. Cifuentes, M. Pizarro, C. Rozas, C. Lang, A. Barraza (2015). Informe Chile crucero regional conjunto. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas entre la XV y II Regiones, año 2015. Valparaíso, Chile: Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). Informe interno.
- IMARPE, 2015 a. Informe de Campo de la componente oceanográfica. BIC José Olaya y BIC Flores, 20 de agosto-08 de octubre, 2015. Informe interno.
- IMARPE, 2015 b. Informe de las Condiciones Oceanográficas y Biológico Pesqueras – Agosto 2015. Grupo Institucional El Niño. <http://www.imarpe.gob.pe>. Informe interno.
- INOCAR, 2015. Informe XVIII Crucero oceanográfico Regional Conjunto a bordo BAE Orión. Informe interno.
- Iriarte, J., Cabeza, L., Ruz, A., Gambin, F., Zurita, R., & Pérez, J. (2016). XVIII Informe Crucero Oceanográfico Cuenca Pacífica Colombiana (CPC) LIV. San Andrés de Tumaco, Colombia: Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (CCCP).
- Iskandar, I., Adia, P., Okta, D., Qurnia, W., Dedi, S., Yusu, N., . . . Zulkifli, D. (2017). Evolution of 2015/2016 El Niño and its impact on Indonesia. AIP Conference Proceedings, 1045-1057.
- Libes, S.M. 1992. An Introduction to Marine Biogeochemistry. Wiley & Sons Inc. 733 pp.
- Locarnini, R. A., A. V. Mishonov, J. I. Antonov, T. P. Boyer, H. E. Garcia, O. K. Baranova, M. M. Zweng, C. R. Paver, J. R. Reagan, D. R. Johnson, M. Hamilton, and D. Seidov, World Ocean Atlas 2013, Volume 1: Temperature. S. Levitus, Ed., A. Mishonov Technical Ed.; NOAA Atlas NESDIS 73, 40 pp., 2013.
- Malikov, I., & Villegas, N. (2010). Proceso de mezcla vertical en las masas de agua de la Cuenca del Pacífico Colombiano y comportamiento anual de sus características termohalinas. Revista Geología Colombiana, 102-112.
- NOAA. (2016a). Climate Diagnostics Bulletin. Near Real - Time Ocean/Atmosphere. Monitoring, Assessments, and Prediction - Febrero 2016. Climate Prediction Center, National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA).
- NOAA. (2016b). ENSO: Recent Evolution, Current Status and Predictions. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Climate Prediction Center (NCEP).
- Ñiquen, M., Bouchon, M. y S. Cahuin. 1999. Efectos del Fenómeno El Niño 1997-98 sobre los principales recursos pelágicos en la costa peruana. Rev. Peruana de Biología "El Niño 1997-98 y su impacto sobre los ecosistemas marino y terrestre" (Vol. Extraordinario). Univ. Nac. May. Sn. Marcos: 85 -96.
- Okuda, T., Trejos, R., Valencia, M., & Rodriguez, A. (1983). Variación estacional de la posición del Frente Ecuatorial y su efecto en la fertilidad de las aguas superficiales ecuatorianas. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR, Ecuador, 2(1).

- Paek, H., J.-Y. Yu, and C. Qian (2017), Why were the 2015/2016 and 1997/1998 extreme El Niños different?, *Geophys. Res. Lett.*, 44, doi:10.1002/2016GL071515.
- Perugachi, C., Recalde, S., Naranjo, C., Rodríguez, A. 2015. Informe de Crucero Oceanográfico, Nro. CR-01-2015. Instituto Oceanográfico de la Armada. www.inocar.mil.ec.
- Reyes, H. 2004. Variación espacio-temporal de las masas de agua Subtropical, Subantártica y Ecuatorial Subsuperficial en la zona norte de Chile (18°15'S-24°00'S) en el período 1980-2001. Tesis para optar al título de oceanógrafo. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile, 114 pp.
- Rodríguez, E., & Giraldo, A. (2011). Características oceanográficas en la isla Malpelo y su relación con la cuenca oceánica del Pacífico colombiano. *Boletín De Investigaciones Marinas Y Costeras - INVEMAR*, 19-32.
- Silva, N., C. Calvete & H. A. Sievers. 1997. Características oceanográficas físicas y químicas de canales australes chilenos entre Puerto Montt y laguna San Rafael (Crucero CIMAR-Fiordo 1). *Cienc. Technol. Mar*, 20: 23-106.
- Varotsos, C. A., Tzanis, C. G., & Sarlis, N. V. (2016). On the progress of the 2015–2016 El Niño event. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2007-2011.
- 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.
- Yáñez, E., C. Canales, M.A. Barbieri, A. González y V. Catasti. 1993. Estandarización del esfuerzo de pesca y distribución espacial e interanual de la CPUE de anchoveta y sardina en la zona norte de Chile entre 1987 y 1992. En: *Invest. Mar.*, Valparaíso, 21: 111-132.

## RECONOCIMIENTOS

Los autores reconocen el profesionalismo, dedicación y espíritu de cooperación mostrados por el equipo científico y la tripulación de los buques oceanográficos de Colombia, Ecuador, Perú y Chile que han permitido conducir estas investigaciones en el océano Pacífico sudeste.

El XVIII Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste fue posible gracias al financiamiento provisto por los Gobiernos de Colombia, Ecuador, Perú y Chile.

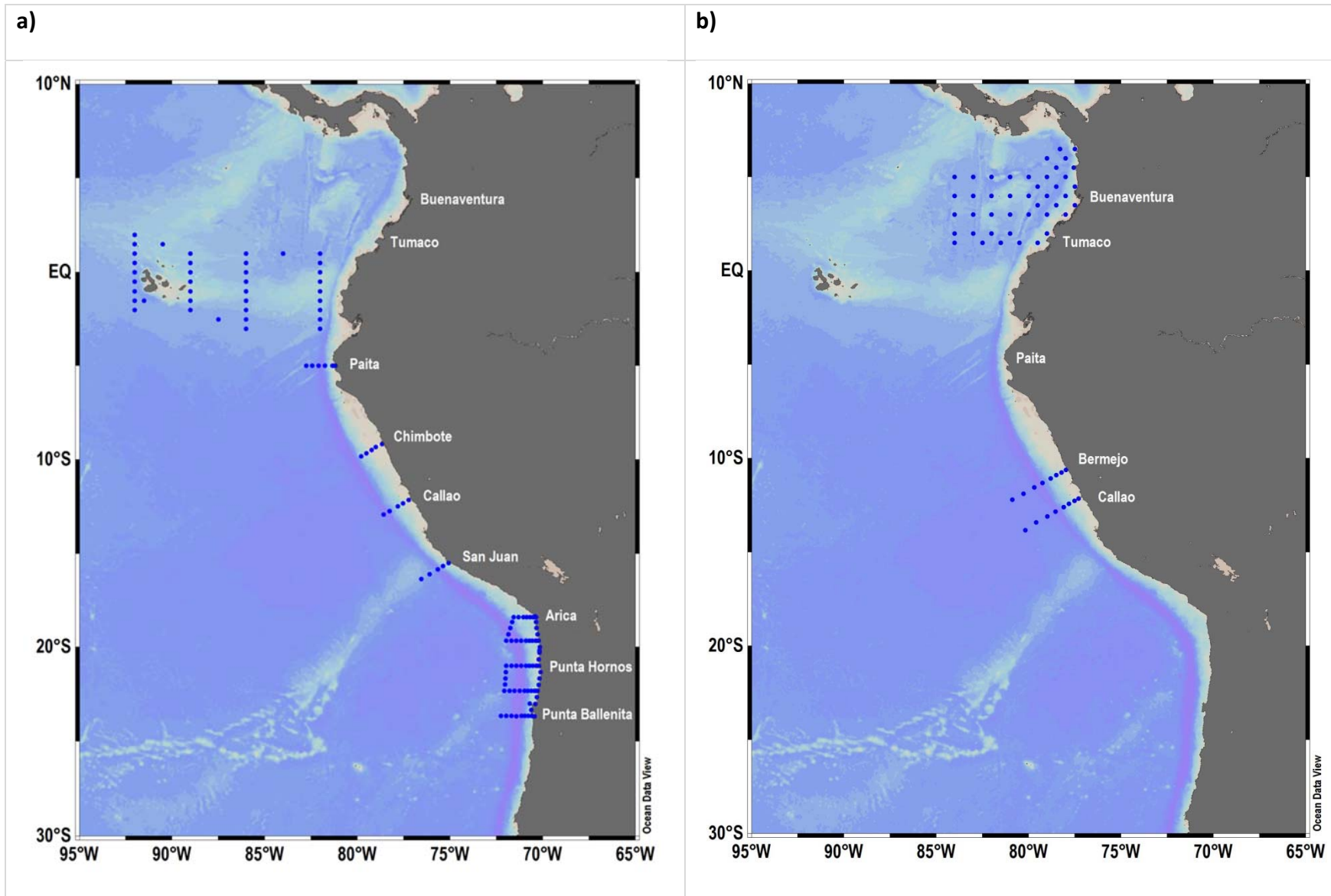


Figura 1. Distribución estaciones oceanográficas realizadas durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste para el periodo comprendido entre agosto-octubre 2015 (a) y enero 2016 (b).

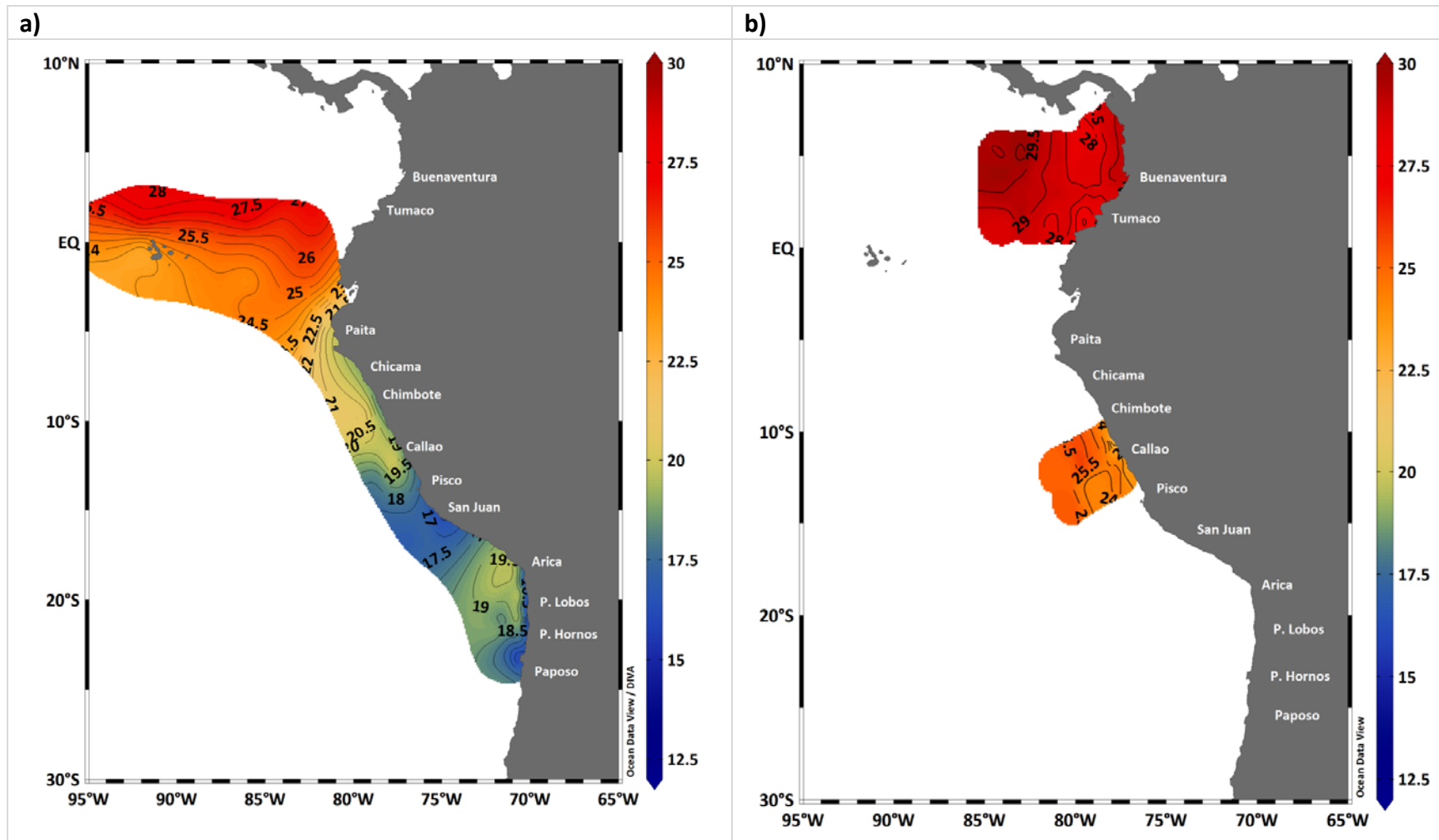


Figura 2. Temperatura Superficial del Mar (°C) para el periodo comprendido entre agosto-octubre 2015 (a) y enero 2016 (b). La escala de colores representa la magnitud de la variable.

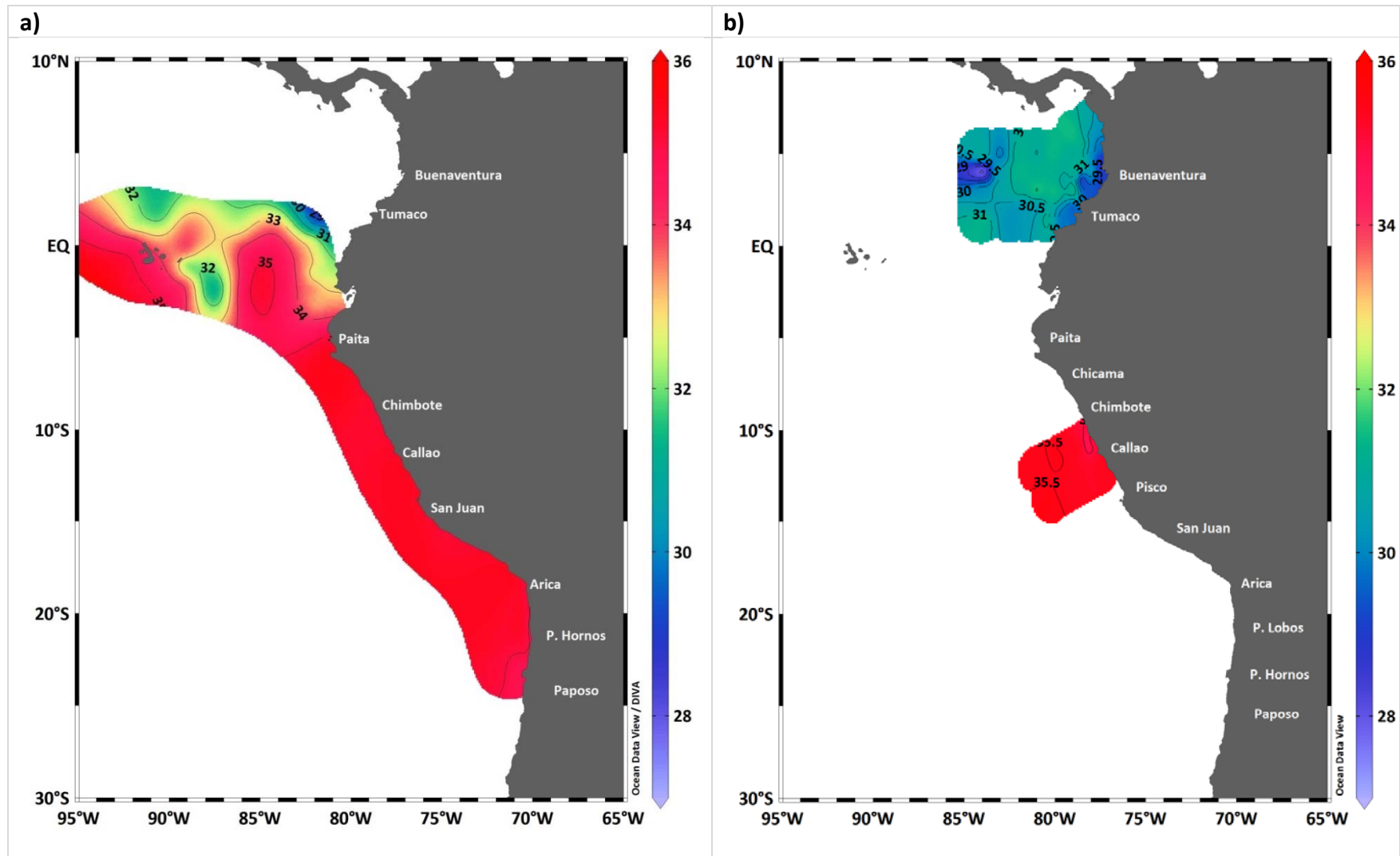


Figura 3. Salinidad Superficial del Mar (SSM) para el periodo comprendido entre agosto-octubre 2015 (a) y enero 2016 (b). La escala de colores representa la magnitud de la variable.

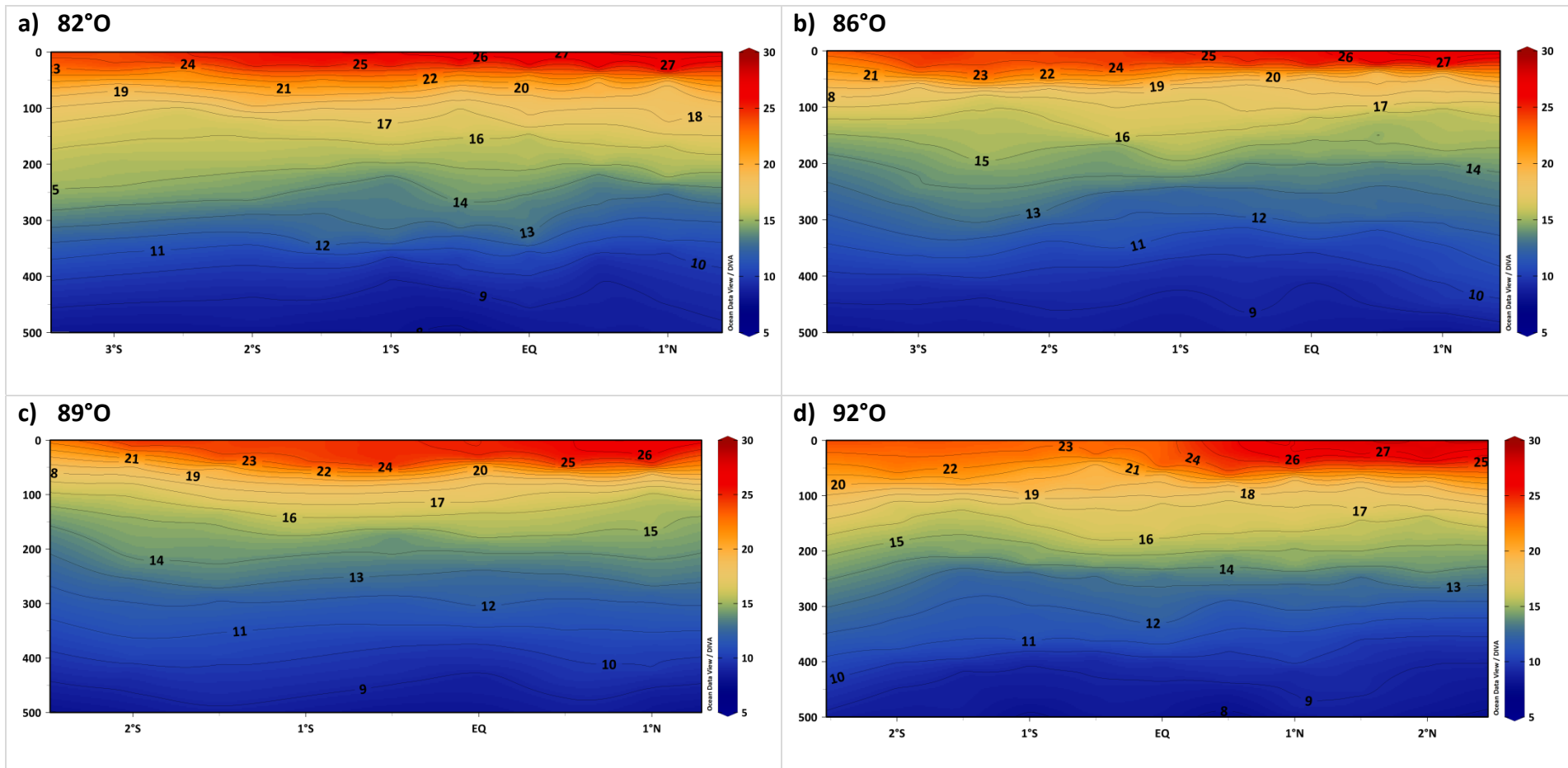


Figura 4. Distribución vertical de la temperatura del mar (°C) en las transectas 82°O (a), 86°O (b), 89°O (c), y 92°O (d) frente a las costas de Ecuador durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, agosto-octubre 2015. La escala de colores representa la magnitud de la variable.

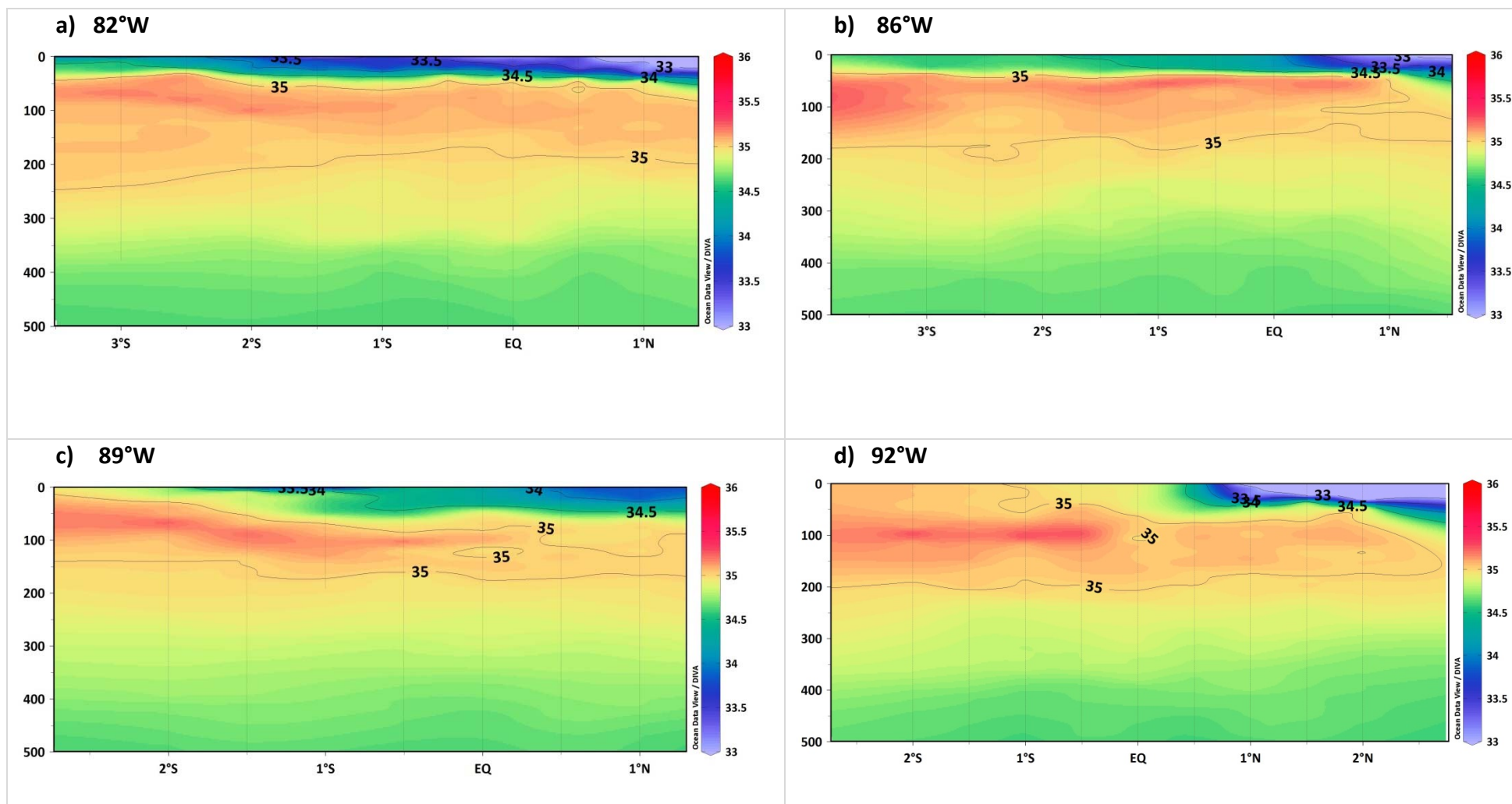


Figura 5. Distribución vertical de la salinidad del agua de mar en las transectas 82°O (a), 86°O (b), 89°O (c), y 92°O (d) frente a las costas de Ecuador durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, agosto-octubre 2015. La escala de colores representa la magnitud de la variable.

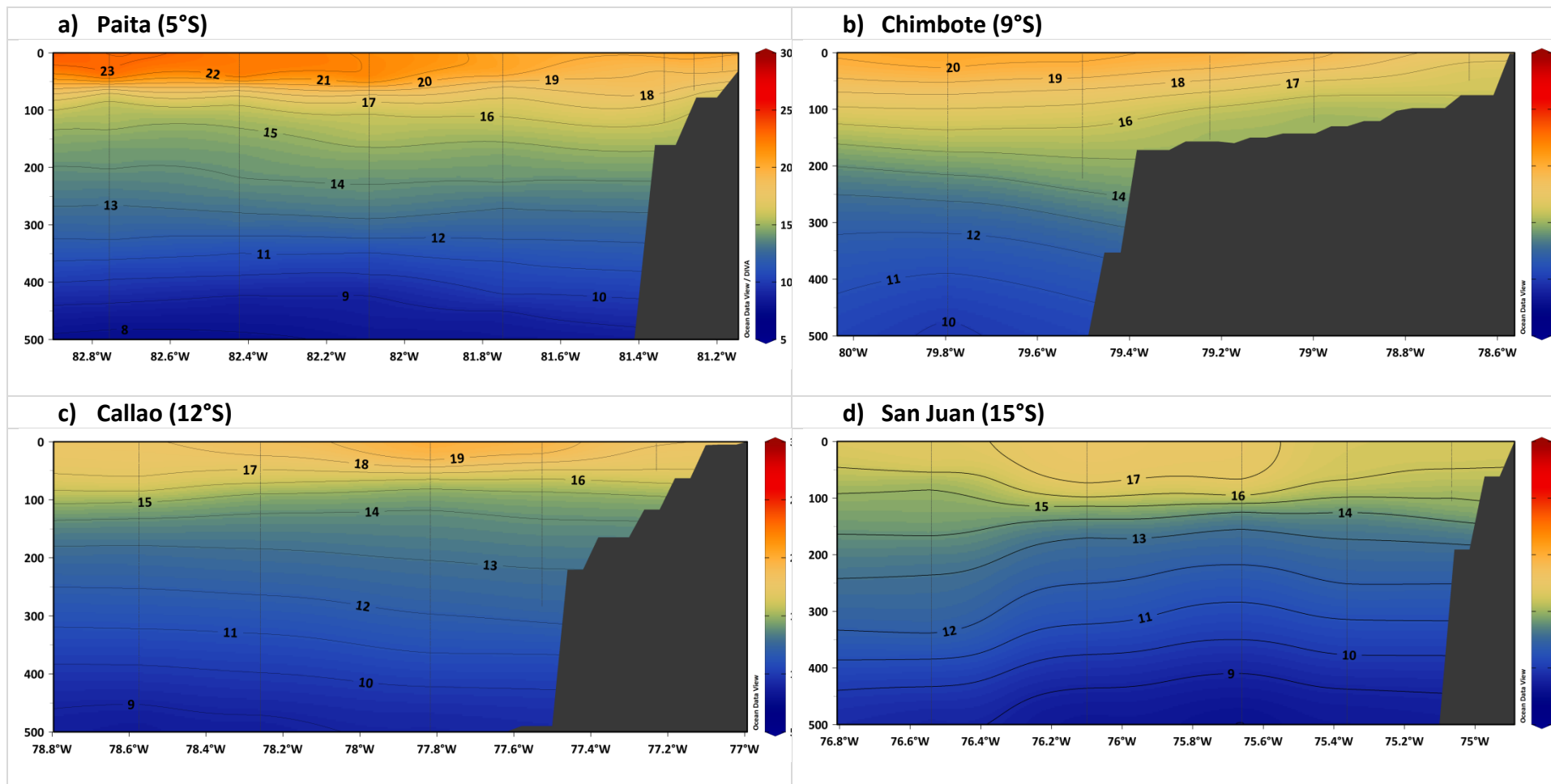


Figura 6. Distribución vertical de la temperatura del agua de mar (°C) en las transectas a) Paita (5°S), b) Chimbote (9°S), c) Callao (12°S), d) San Juan (15°S) en Perú durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, agosto-octubre 2015. La escala de colores representa la magnitud de la variable.

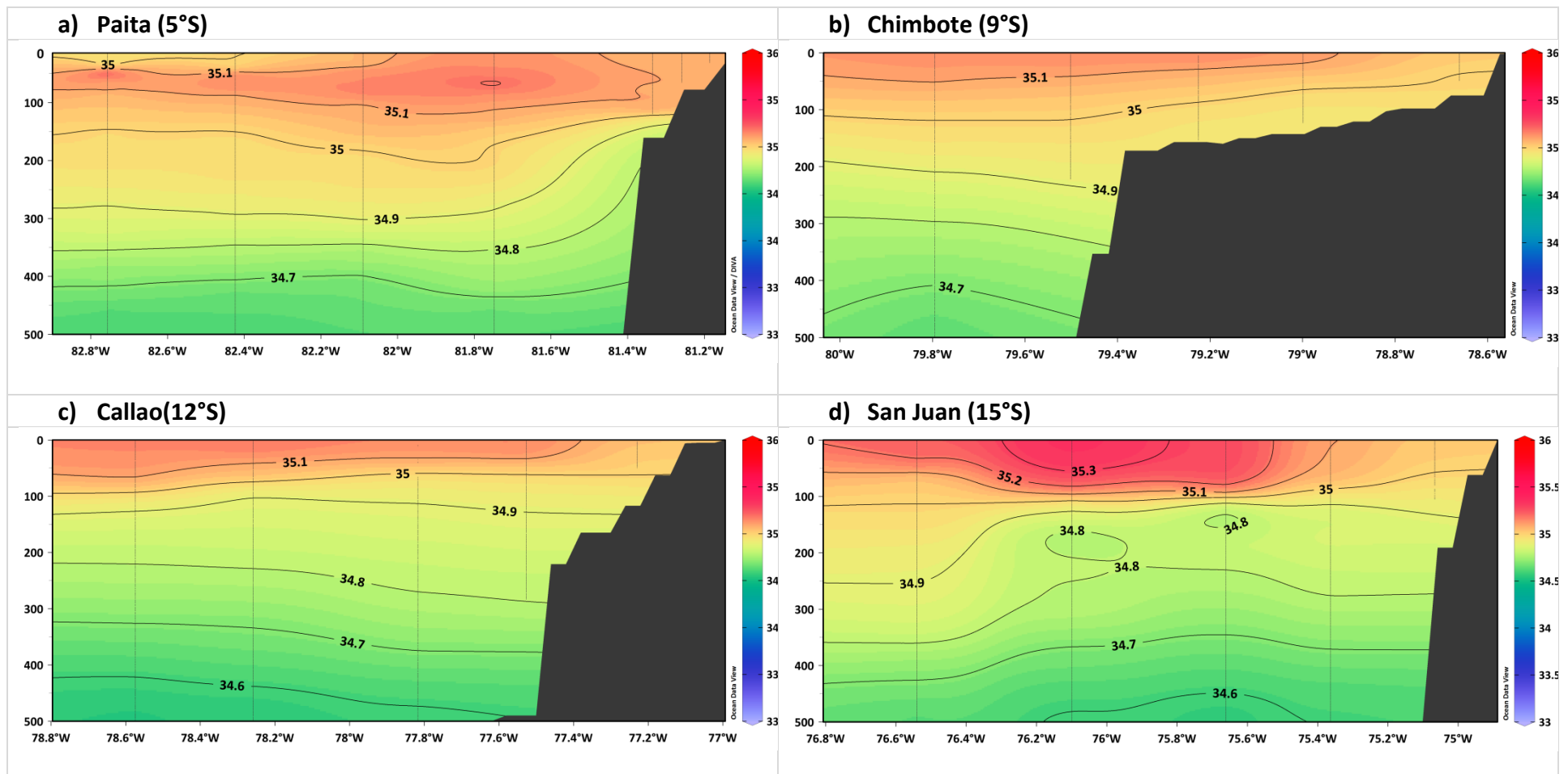
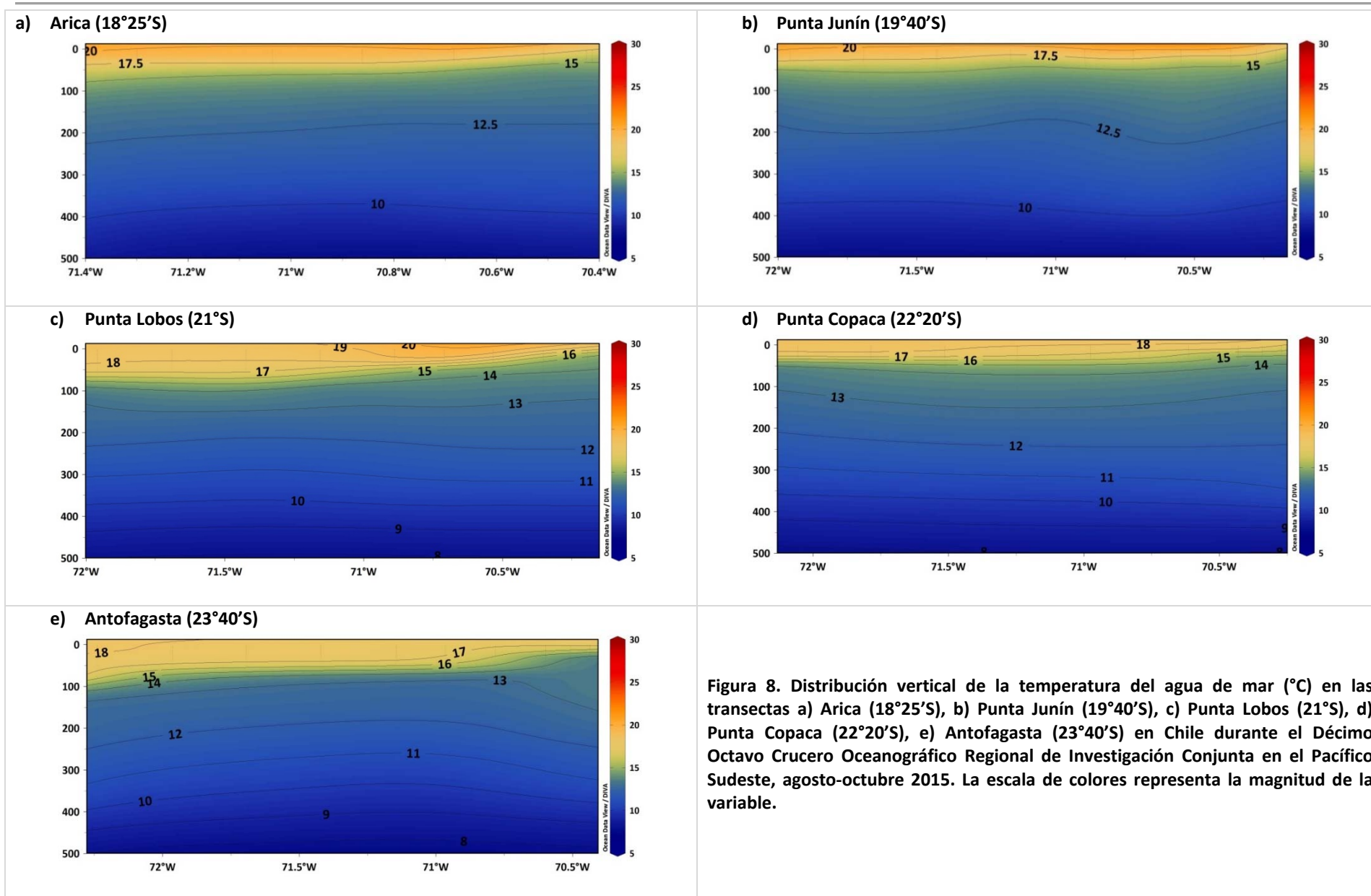


Figura 7. Distribución vertical de la salinidad del agua de mar en las transectas a) Paita (5°S), b) Chimbote (9°S), c) Callao (12°S), d) San Juan (15°S) en Perú durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, agosto-octubre 2015. La escala de colores representa la magnitud de la variable.



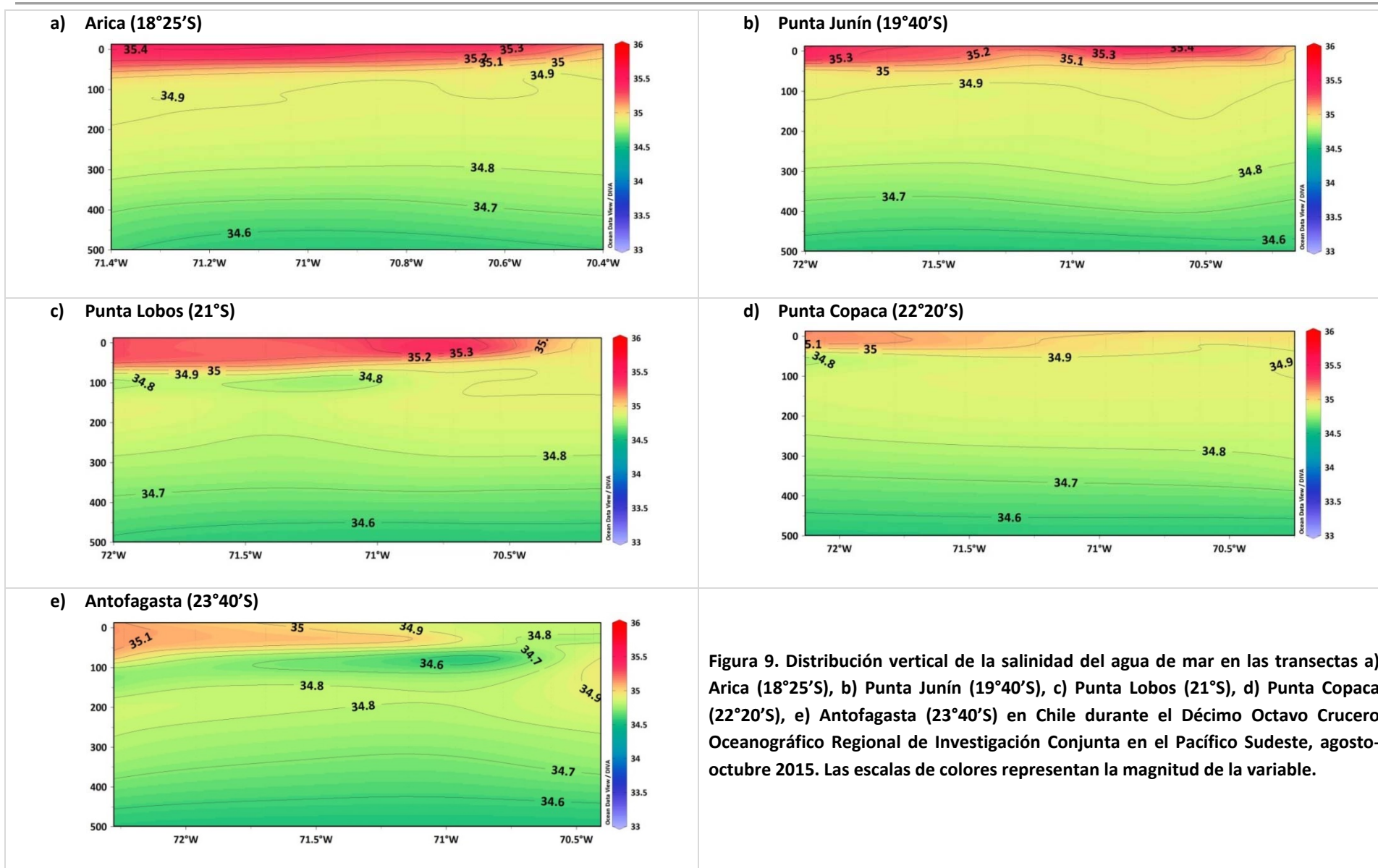


Figura 9. Distribución vertical de la salinidad del agua de mar en las transectas a) Arica (18°25'S), b) Punta Junín (19°40'S), c) Punta Lobos (21°S), d) Punta Copaca (22°20'S), e) Antofagasta (23°40'S) en Chile durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, agosto-octubre 2015. Las escalas de colores representan la magnitud de la variable.

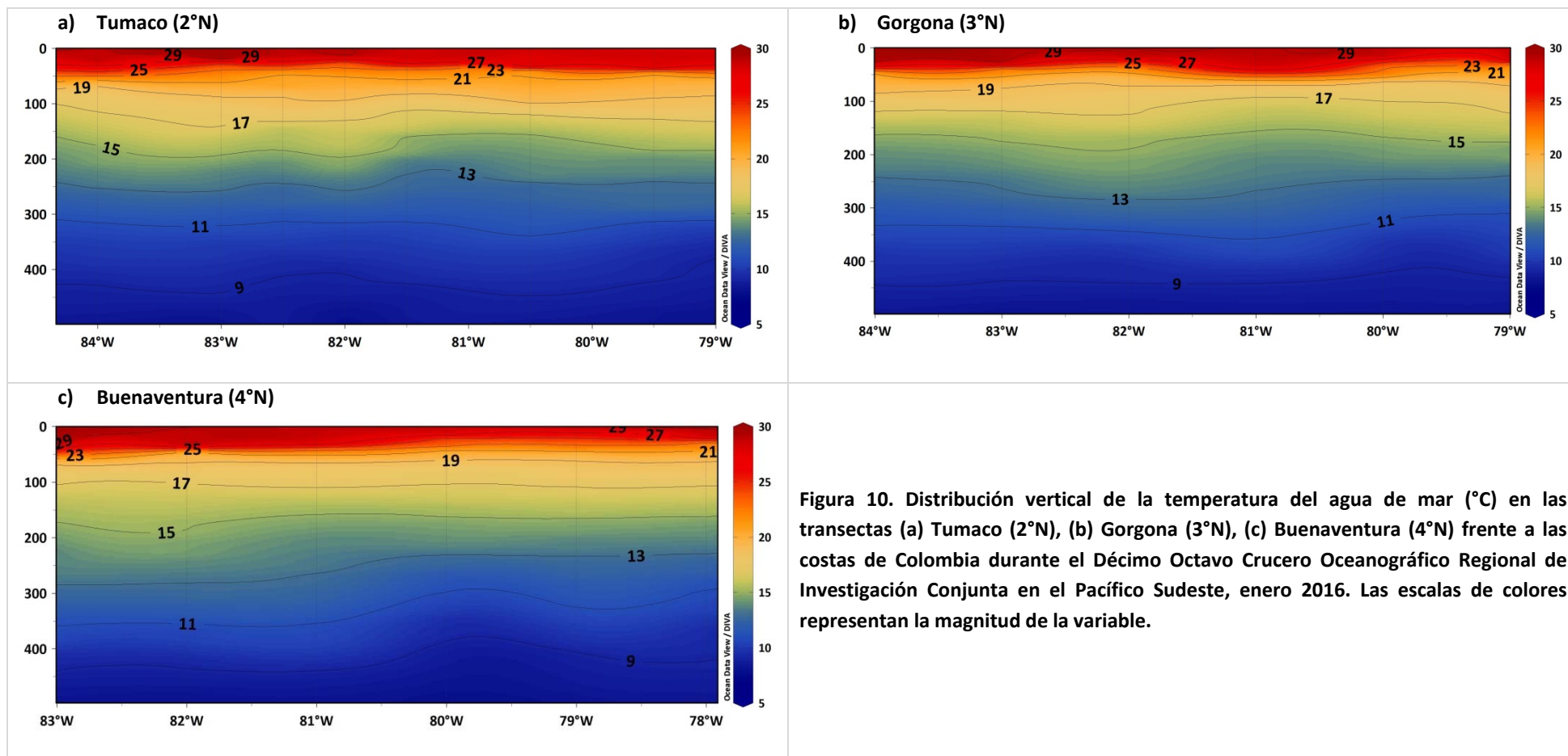
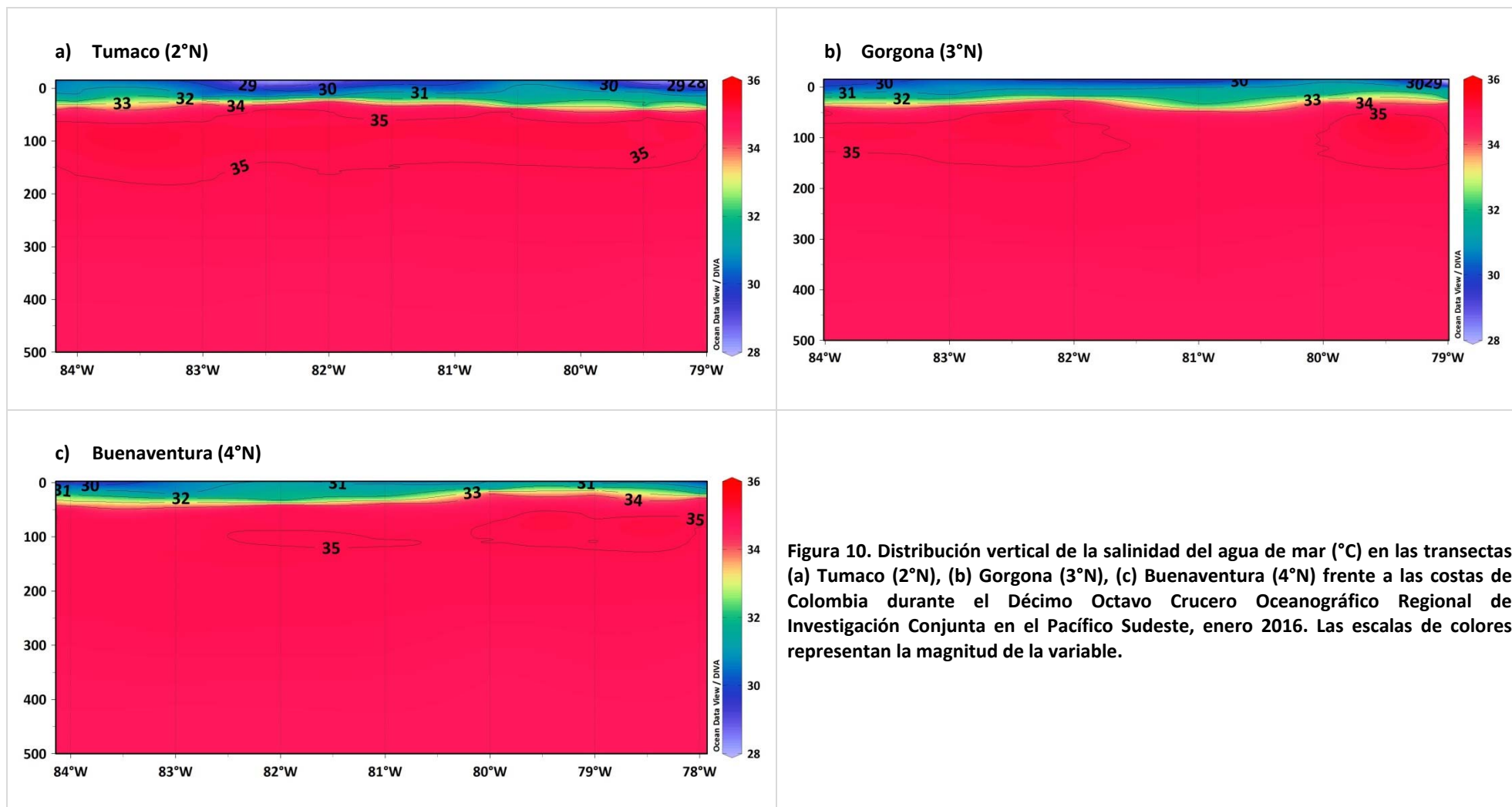


Figura 10. Distribución vertical de la temperatura del agua de mar (°C) en las transectas (a) Tumaco (2°N), (b) Gorgona (3°N), (c) Buenaventura (4°N) frente a las costas de Colombia durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, enero 2016. Las escalas de colores representan la magnitud de la variable.



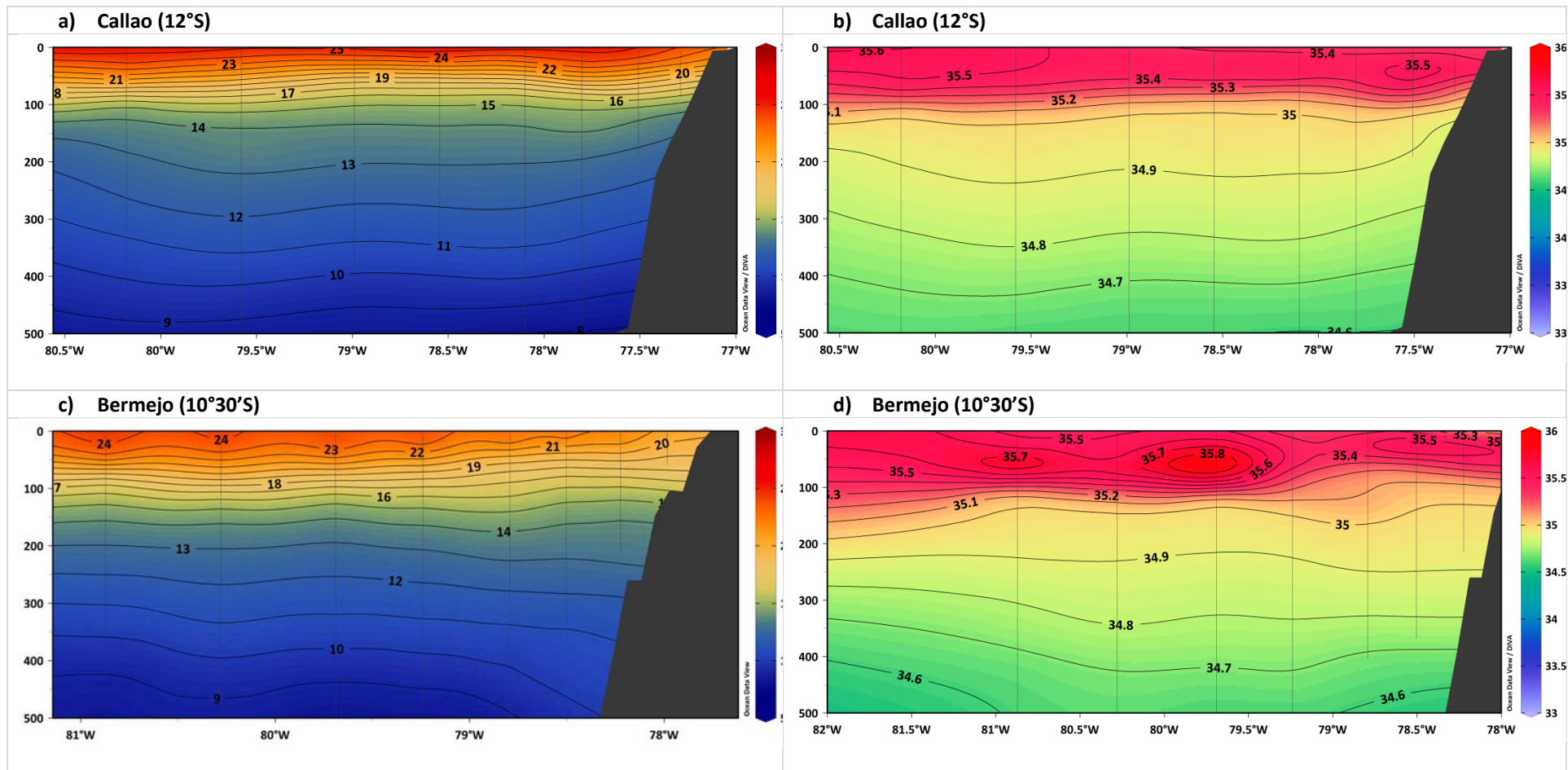


Figura 11. Distribución vertical de la temperatura (°C) y la salinidad del agua de mar en las localidades de Bermejo (10°30'S) y Callao (12°S) en Perú, durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, enero 2016. Las escalas de colores representan la magnitud de la temperatura del mar (columna izquierda, a y c) y la salinidad (columna derecha, b y d).

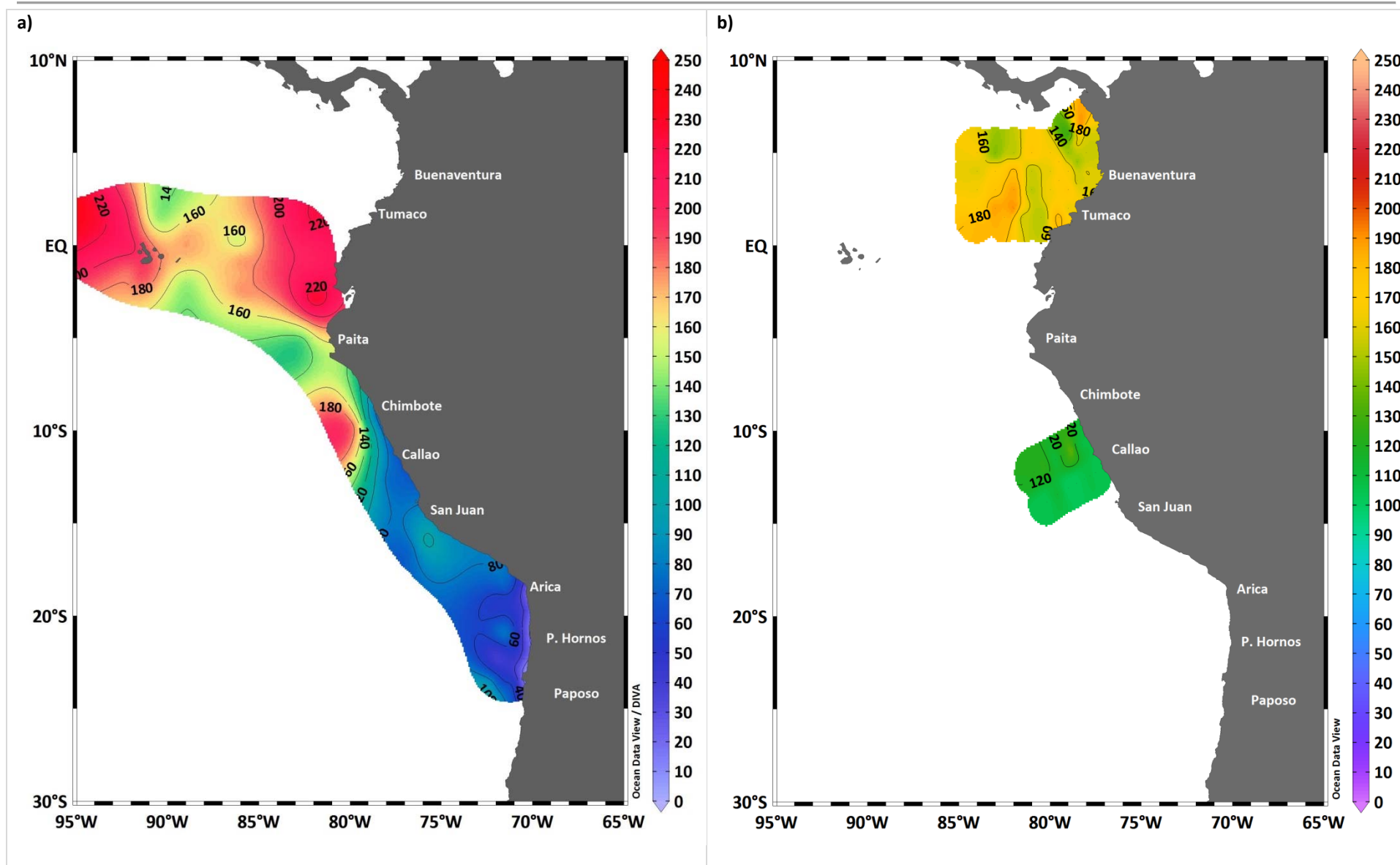


Figura 12. Profundidad de la isoterma 15°C durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, agosto-octubre 2015 (a) y enero 2016 (b). La escala de colores representa la magnitud de la profundidad en metros.

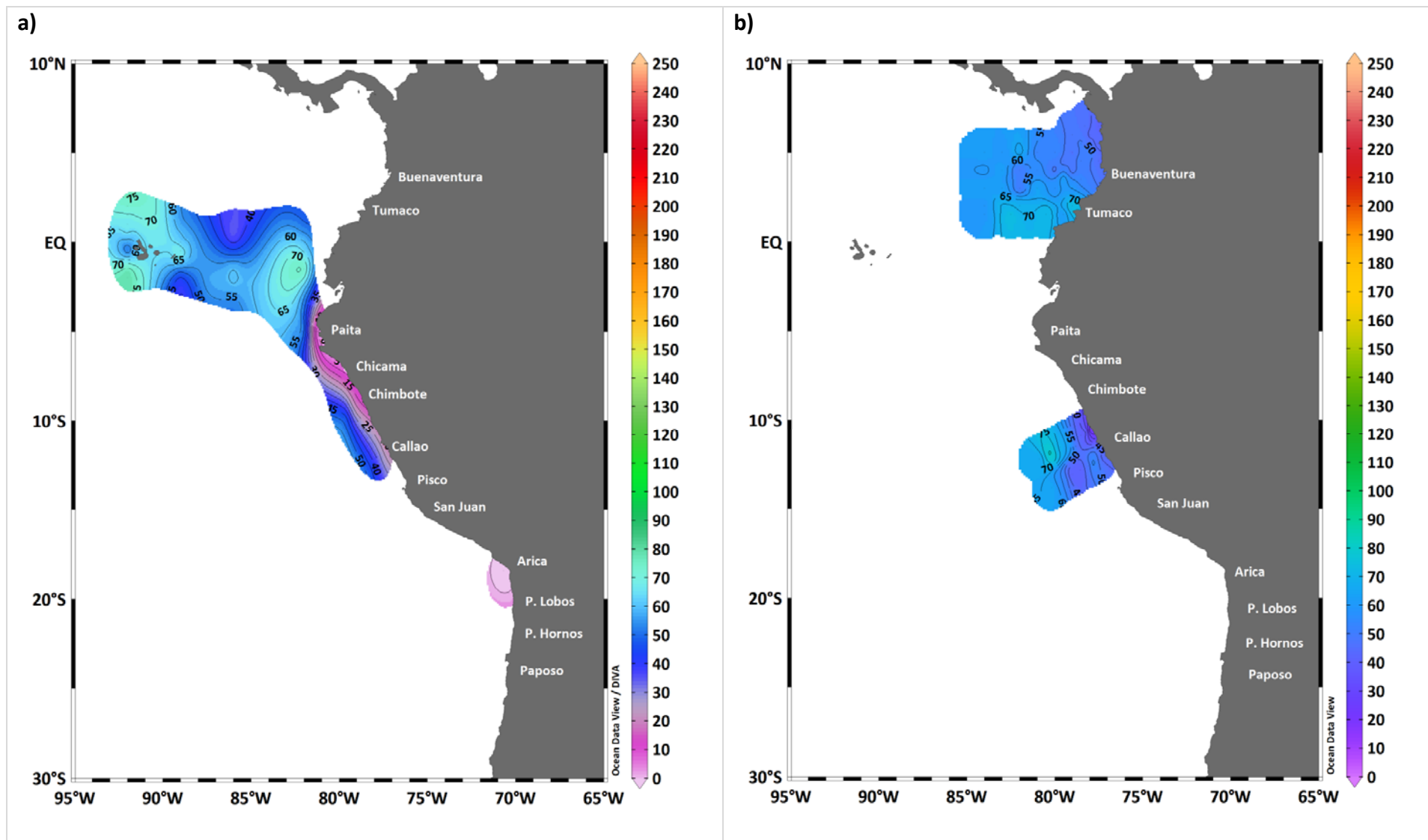


Figura 13. Profundidad de la isoterma 20°C durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, agosto-octubre 2015 (a) y enero 2016 (b). La escala de colores representa la magnitud de la profundidad en metros.

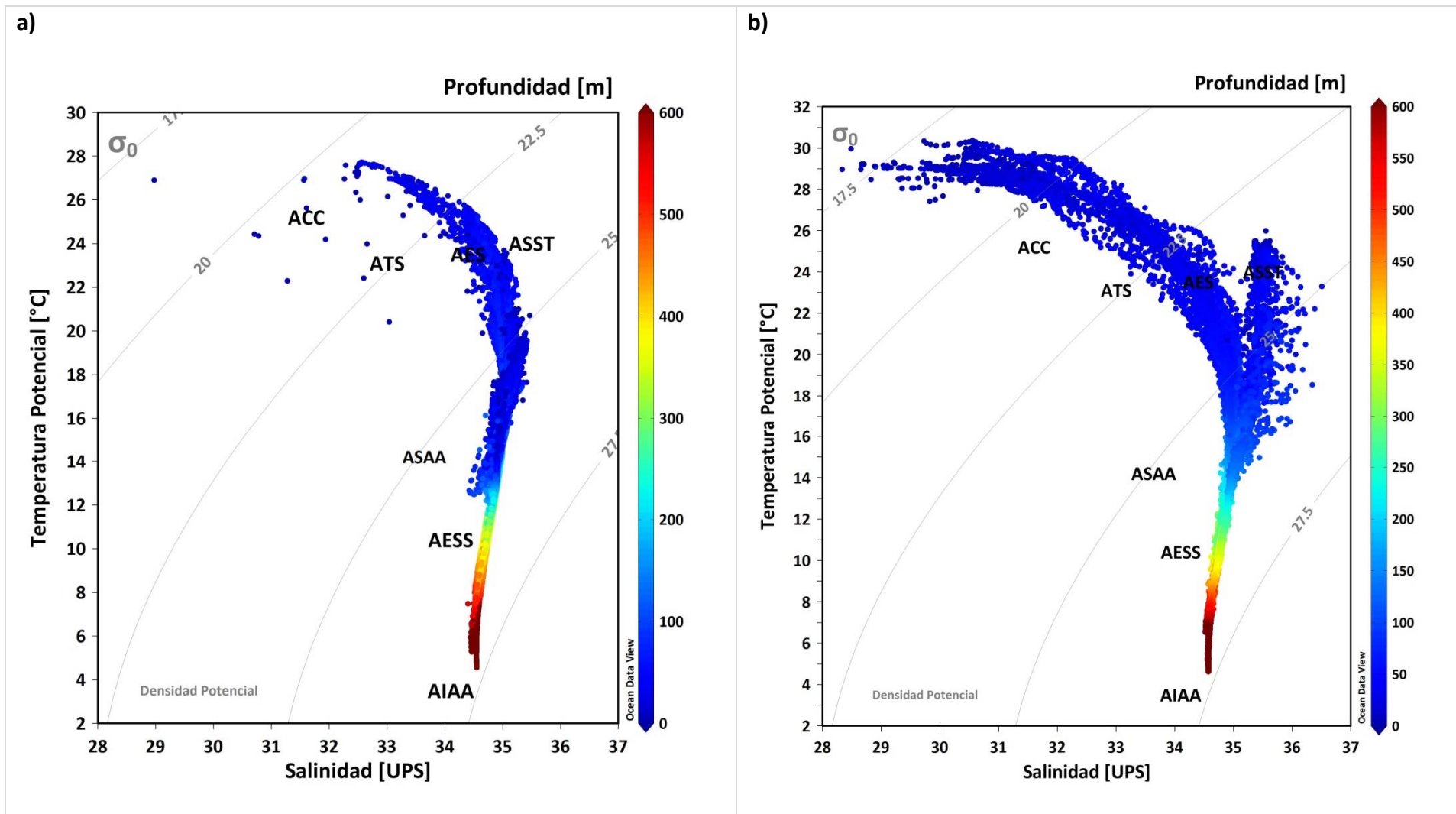


Figura 14. Diagrama T-S y masas de agua durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, para el periodo comprendido entre agosto-octubre 2015 (a) y enero 2016 (b). Se etiqueta el Agua Costera Colombiana (ACC), Agua Tropical Superficial (ATS), 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).

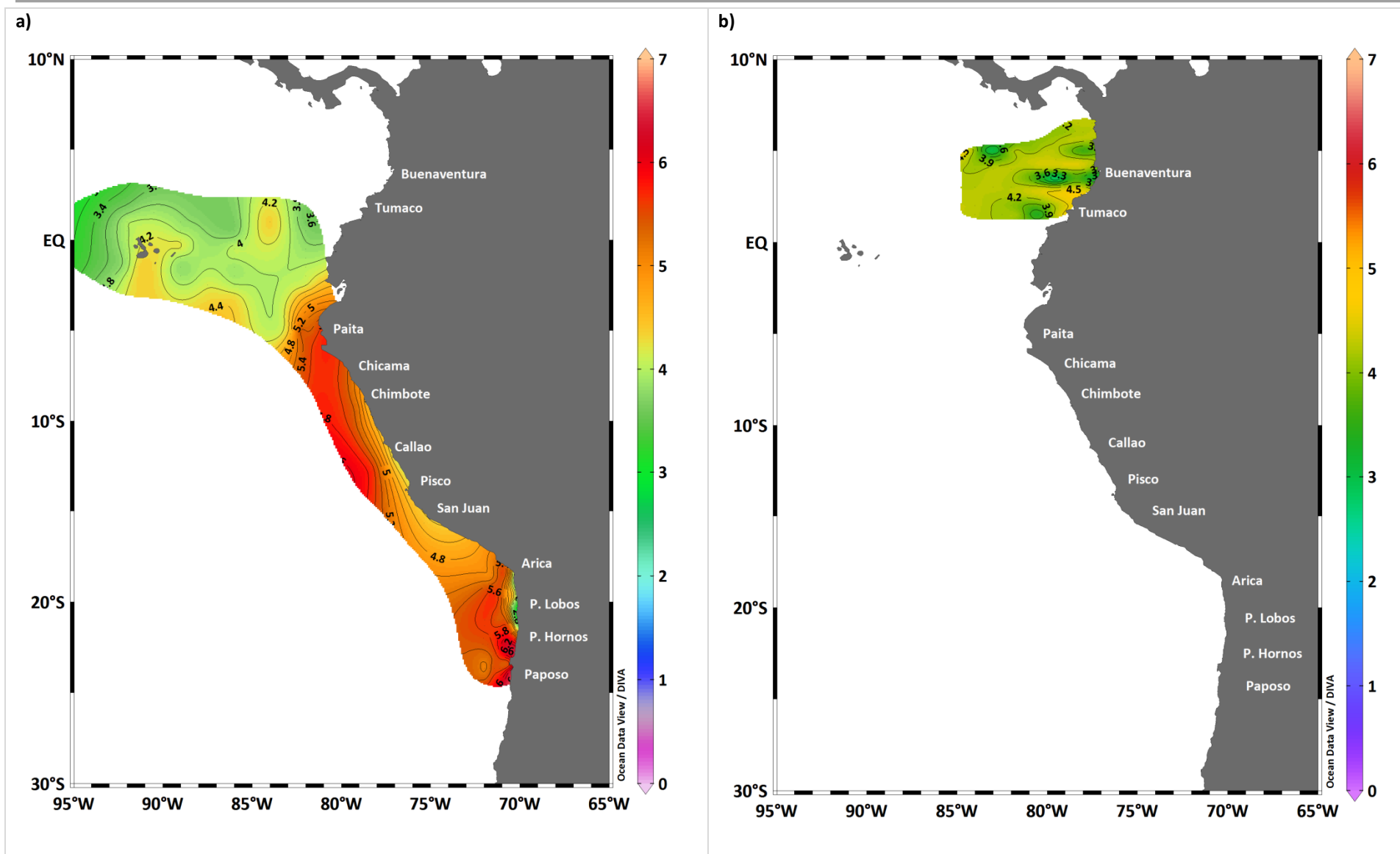


Figura 15. Distribución horizontal del oxígeno disuelto (mL/L) Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, para el periodo agosto-octubre 2015 (a) y enero 2016 (b). La escala de colores representa la magnitud de la variable.

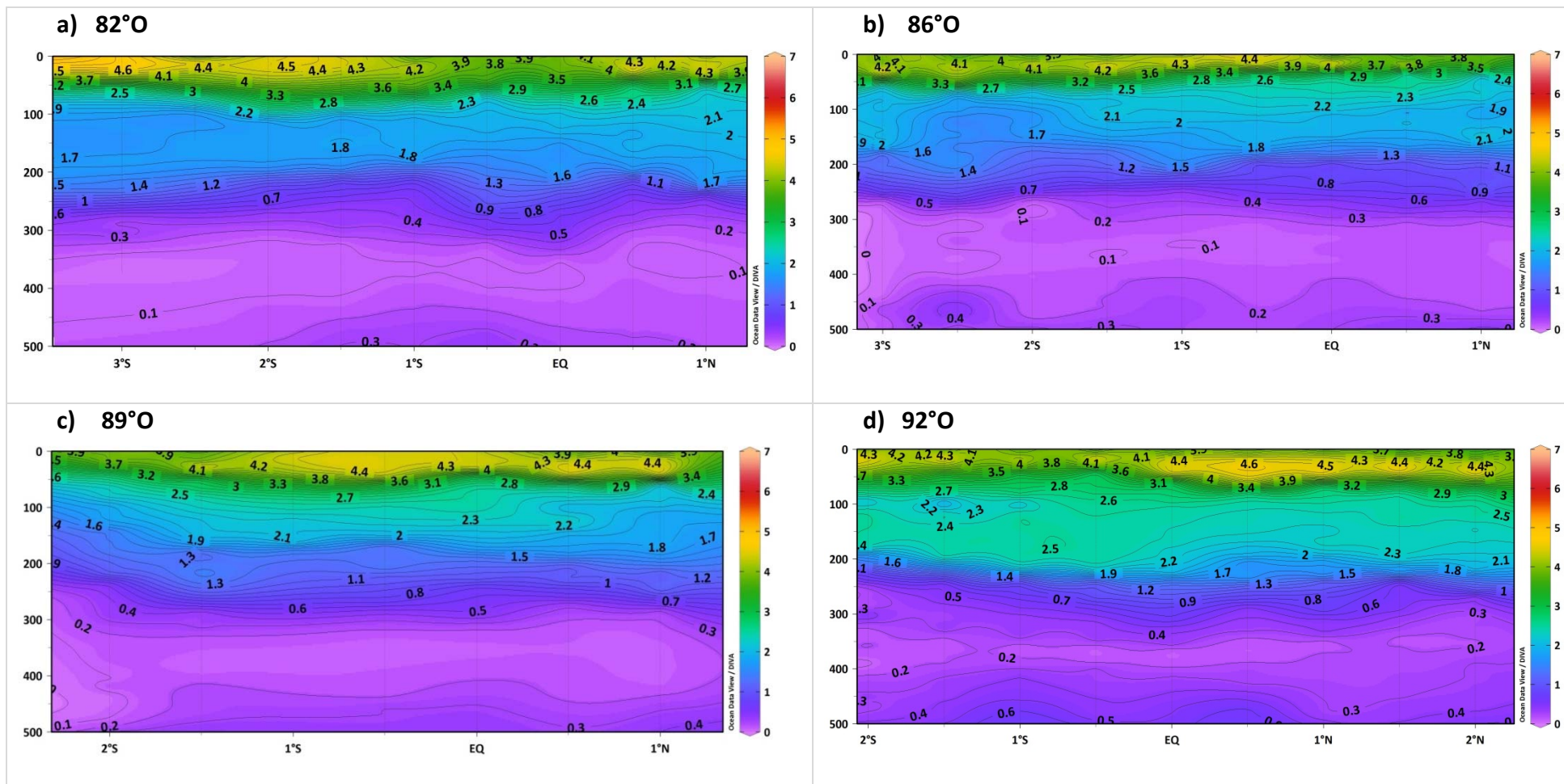
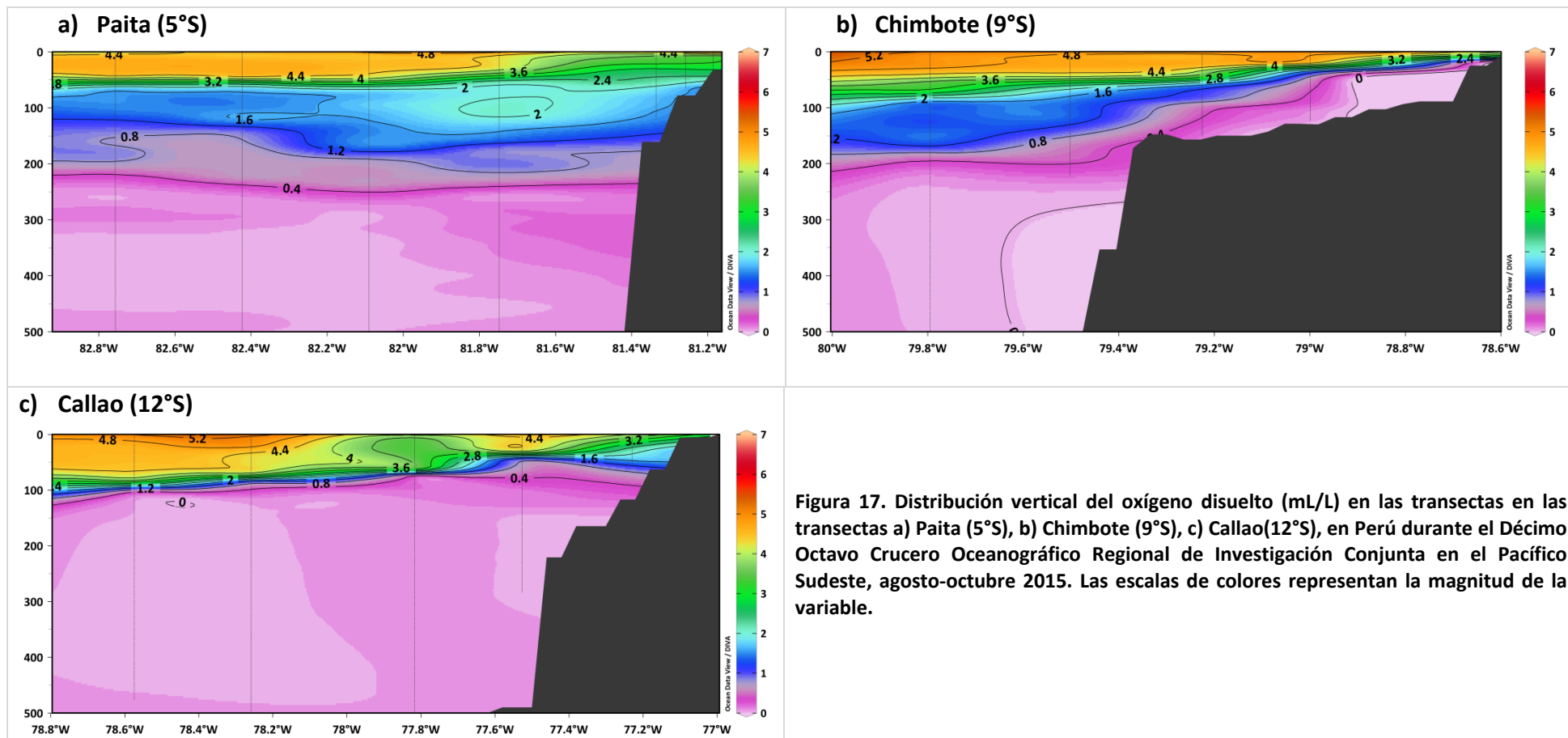


Figura 16. Distribución vertical oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas 82°O (a), 86°O (b), 89°O (c), y 92°O (d) frente a las costas de Ecuador durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, agosto-octubre 2015. Las escalas de colores representan la magnitud de la variable.



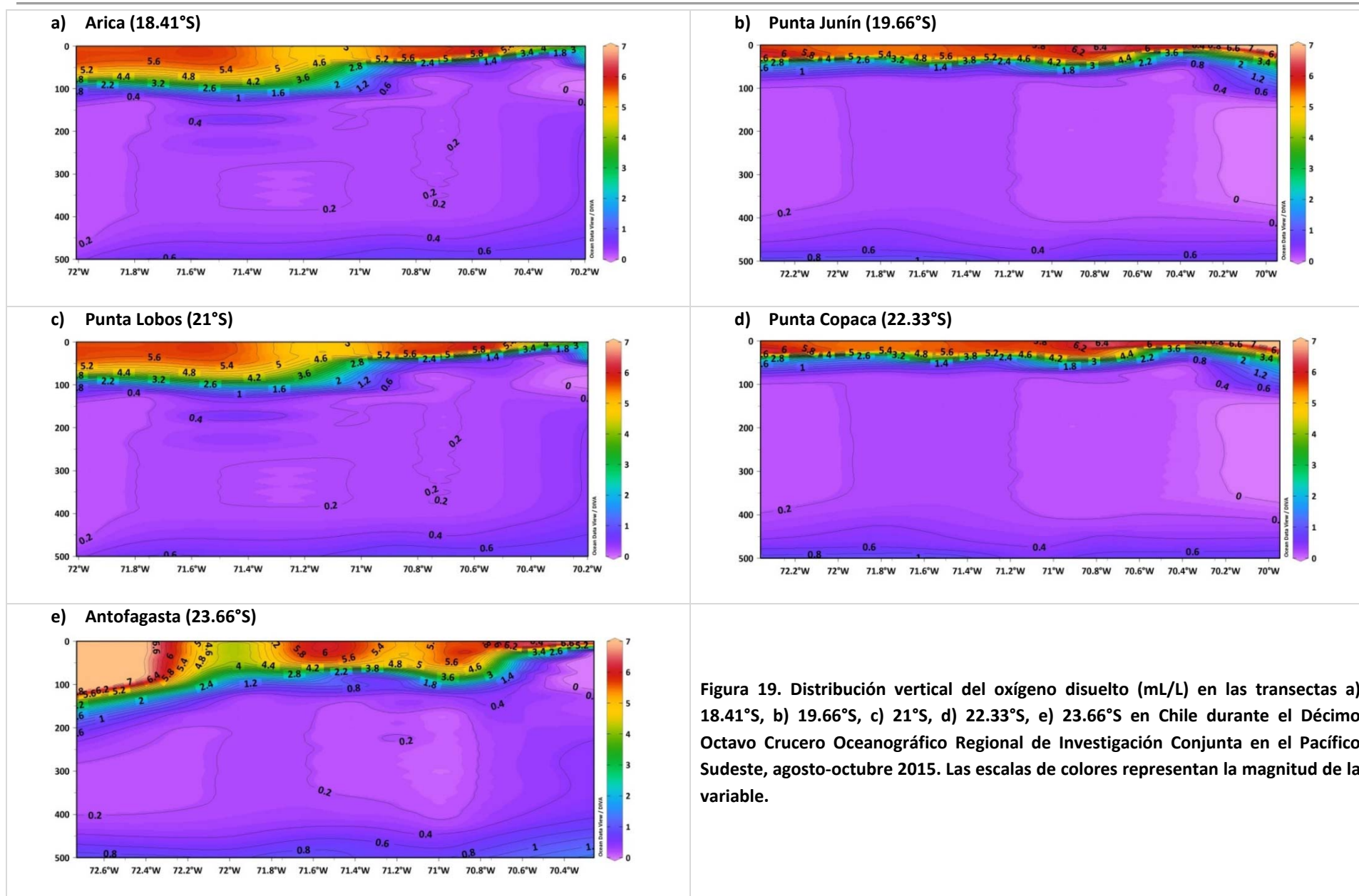


Figura 19. Distribución vertical del oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas a) 18.41°S, b) 19.66°S, c) 21°S, d) 22.33°S, e) 23.66°S en Chile durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, agosto-octubre 2015. Las escalas de colores representan la magnitud de la variable.

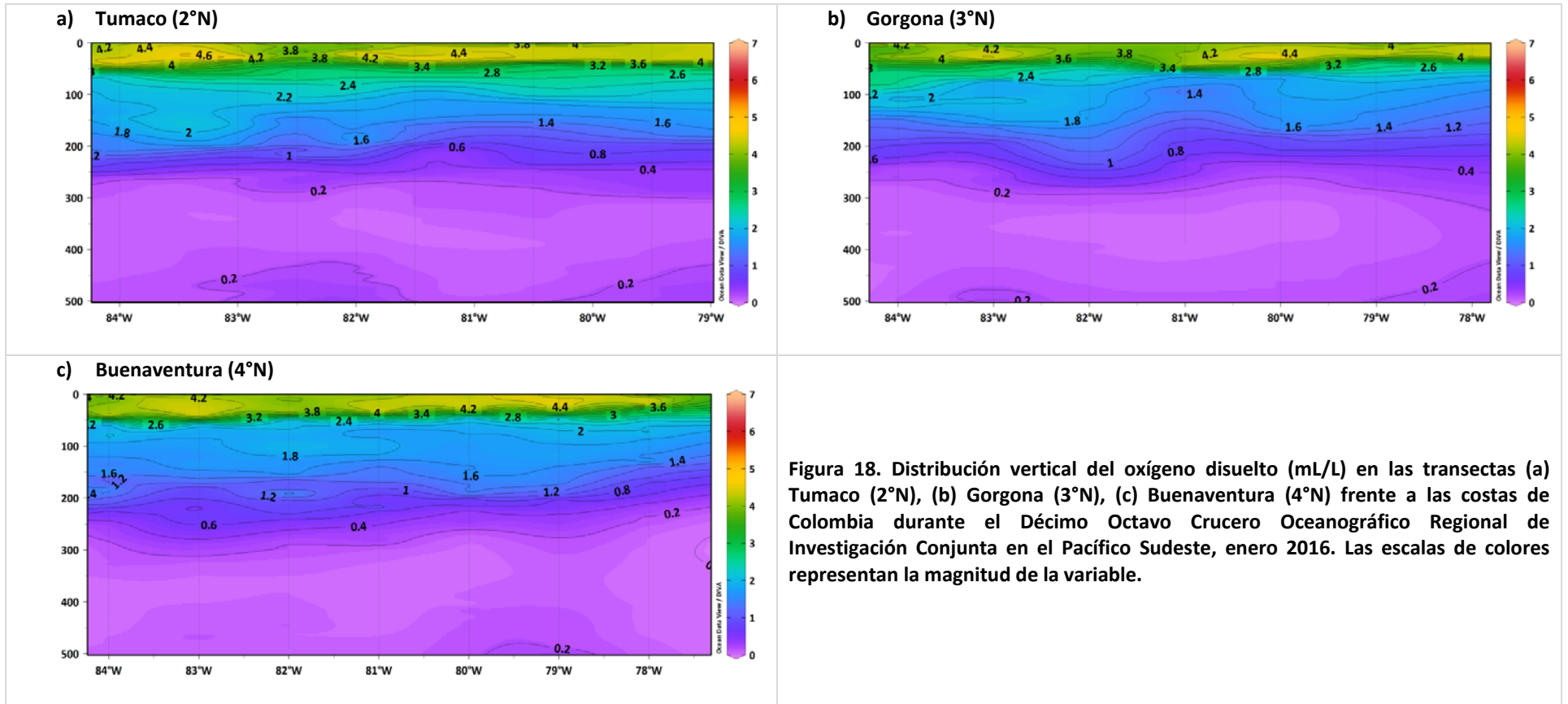


Figura 18. Distribución vertical del oxígeno disuelto (mL/L) en las transectas (a) Tumaco (2°N), (b) Gorgona (3°N), (c) Buenaventura (4°N) frente a las costas de Colombia durante el Décimo Octavo Crucero Oceanográfico Regional de Investigación Conjunta en el Pacífico Sudeste, enero 2016. Las escalas de colores representan la magnitud de la variable.

## ANEXOS

### Anexo 1. Comité Coordinador del XVIII Crucero Oceanográfico Regional

PAÍS	COORDINADOR	ESPECIALISTA	COORDINACIÓN CIENTÍFICA
<b>Comité Coordinador del XVIII Crucero Regional</b>			
Colombia	Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (CCCP)	CF LCEA Leonardo Marriaga Rocha, MSc	Nacional/Regional
Ecuador	Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR)	Oce. Sonia Recalde Mosquera, MSc.	Nacional
Perú	Instituto del Mar del Perú (IMARPE)	Oce. Carmen Grados Quispe	Nacional
Chile	Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)	Oce. Hernán Reyes Rivas	Nacional
<b>Coordinación Regional</b>			
Dirección de Asuntos Científicos y Recursos Pesqueros		Dr. Marcelo Nilo Gatica	Programa ERFEN/ CPPS

### Anexo 2. Plataformas de investigación y fechas de inicio y término de los cruceros

PAÍS	INSTITUCIÓN ESPECIALIZADA	BUQUE	Nº DÍAS	FECHA DE INICIO/TÉRMINO	ESTACIONES EJECUTADAS
Colombia	CCCP/DIMAR	ARC Gorgona	21	02/01/2016 -20/01/20	66
Ecuador	INOCAR	BAE Orión	22	29/09/2015-20/10/2015	38
Perú	IMARPE	BIC José Olaya	19	20/08/2015-08/10/2015	267
	DHN	BAP Melo	04	27/01/2016 -30/01/2016	16
Chile	IFOP	B/I Abate Molina	16	16/10/2015-01/11/2015	28

### Anexo 3. Especialistas participantes - Programa de Intercambio de investigadores

PAÍS	BUQUE	ESPECIALISTA	N° DÍAS NAVEGADOS	FECHA DE INICIO/TÉRMINO	ESTACIONES EJECUTADAS
Colombia	ARC Gorgona	SJ Leswis Cabeza Durango - Jefe de crucero y Jefe de estación	21	02/01/2016 - 20/01/20	66
Ecuador	BAE Orión	TNNV-SU Carlos Perugachi S.	22	29/09/2015- 20/10/2015	38
Perú	BIC José Olaya Balandra	Miguel Oswaldo Huamán F.	19	20/08/2015- 08/10/2015 16/10/2015- 01/11/2015	267
	BAP Melo	Roberto Chauca H. Roger Salazar R.	4	27/01/2016 - 30/01/2016	16
Chile	B/I Abate Molina	Hernán Reyes Rivas	16	27/01/2016 - 30/01/2016	28

### Anexo 4. Personal científico participante

#### Anexo 4.1. Colombia

PAIS	COLOMBIA
Crucero	Crucero Oceanográfico Cuenca Pacifica colombiana LIV
Plataforma Oceanográfica	B.O 154 A.R.C Gorgona (5KLA)
Jefe de Crucero y de Estación	S1 Leswis Cabeza Durango
Especialistas de CCCP	SJ Leswis Cabeza Durango - Jefe de crucero y Jefe de estación MA2 Rainero Zurita Murillo MA2 Jasson Pérez Jasón - Jefe de estación MA2 Francisco Gambin Carrasquilla - Auxiliar de estación S2 José David Iriarte- Jefe sección Oceánica
Invitados	Srta. Úrsula Cifuentes - Investigador Invitado-Oceanógrafo (IFOP) PhD Johana Yepes - Investigador invitada-Ing. Civil UNAL

### Anexo 4.2. Ecuador

PAIS	ECUADOR
Crucero INOCAR	Crucero Oceanográfico CR-XVIII-2015
Plataforma Oceanográfica	B.A.E. ORIÓN
Jefe de Crucero y de Estación	TNNV-SU Carlos Perugachi Salamea, M.Sc.
Especialistas INOCAR	CBOP-HI Gary Menéndez Jaramillo - Oc. Física CBOP-HI Jamilton Ortega Medina- Oc. Física CBOS-IF Carlos Rivera Reyes- Oc. Física MARO-HI Yoccer Alvarado Ruiz - Meteorología SP. Israel Ronquillo Avilés - Meteorología Dr. Antonio Rodríguez Moreira – Oc. Química Blg. Cristian Naranjo, MSc. - Oc. Biología
Invitados	TNC. Ronald Sarmiento Cabanilla (INAMHI) Teniente 2do Luis Montecinos Abrigo ING. Enrique Tello Alejandro

### Anexo 4.3. Perú

PAIS	PERÚ
Crucero IMARPE	Décimo Octavo Crucero Regional Conjunto de Investigaciones oceanográficas en el Pacífico sudeste.
Plataforma Oceanográfica	BIC José Olaya Balandra
Jefe de Crucero	Miguel Oswaldo Huamán Flores
Especialistas IMARPE	Luis Miguel La Cruz Aparco; Walter García Carlos Rengifo Cervantes; Javier Espinoza Sánchez Martín Yuffra Santivañez; Julia Canayo Fuertes Jonathan Acosta Correa; Pablo Aranda Gonzáles Alejandro Jesús Puchula Sánchez Napoleón Braulio Solano Díaz; Elena Regina Arakaki Aguilar Stephanía Cynthia Moreno; Artemio Néstor Correa Carlos Cáceres Robles; Leonardo Jacinto Aldana

PAIS	PERÚ
Crucero IMARPE	Décimo Octavo Crucero Regional Conjunto de Investigaciones oceanográficas en el Pacífico sudeste.
Plataforma Oceanográfica	BAP Melo
Jefe de Crucero	Juan Terry Guillen
Especialistas IMARPE	Roberto Chauca Hoyos

#### Anexo 4.4. Chile

PAIS	CHILE
Crucero IFOP	Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas entre la XV y II Regiones, año 2015
Plataforma Oceanográfica	B/C Abate Molina
Jefe de Crucero y de Estación	Hernan Reyes Rivas
Comandante del Buque	Iván Giakoni Lange (Capitán)
Especialistas IFOP	Investigadores Úrsula Cifuentes Ojeda Catherine Grendi Celedón Milena Pizarro Revello Liliana Herrera Campos Edgardo Santander Pulgar Jeannelle Jaque Baginsky Vivian Valenzuela Cuevas Jorge Angulo Aros
Invitados	Mario Hurtado Dominguez

### Anexo 5. Cruceros realizados por cada país, fechas, número de estaciones, variables medidas

PAÍS	BUQUE	FECHA EJECUCIÓN	INSTITUCIÓN EJECUTORA	VARIABLES MEDIDAS	Nº EST.
Colombia	ARC Gorgona	02/01/2016 - 20/01/2016	CCCP	<p><b>Meteorología:</b> Ta, Hr, Pa, Vw/Dw medidos con una estación meteorológica portátil Davis Vantage PRO2.</p> <p><b>Oceanografía Física:</b> 66 perfiles de T, S (43 oceánicas y 23 en áreas insulares) profundidades de 0 a 1000m, empleando CTDO modelo SBE-19<i>plus</i> v2. En las estaciones donde la profundidad era menor de 500 m se realizaron los perfiles hasta la profundidad máxima prudente que la batimetría lo permitió.</p> <p>TSM medida cada hora por medio de un termómetro de balde.</p> <p><b>Oceanografía Biológica y Química:</b> No se tomaron muestras de las variables químicas y biológicas, esto debido a que los laboratorios se encuentran deshabilitados por remodelación del edificio principal del CIOH-Pacífico y no era posible procesar las muestras que se pudiesen tomar.</p>	66
Ecuador	BAE Orión	29/09/2015- 20/10/2016	INOCAR	<p><b>Meteorología:</b> Pa, Vw/Dw, Ta, bulbo seco y húmedo, nubosidad (altura, tipo y género) y visibilidad, fueron registrados por la estación meteorológica. En las estaciones completas se realizaron radiosondeos. Se utilizó una estación meteorológica multi-parámetro automática marca Vaisala, ubicada en el magistral del buque. El posicionamiento de las distintas estaciones fue realizado utilizando un GPS marca MAGELLAN modelo NAV-6500 con un error del orden de 10 m, alternando con el equipo Trimble Navigation modelo NT200 DGPS; la deriva del buque se</p>	38

				<p>determinó por cálculo automático del mismo equipo y manualmente en el puente de gobierno.</p> <p><b>Oceanografía Física:</b> 19 perfiles de T y S, registrados a profundidades de 0 a 500m, con CTD marca SEABIRD, modelo 19 plus V2, distribuidos a lo largo del track del crucero cubriendo las secciones meridionales 82°O, 86°O, 89°O y 92°O. Mediciones de TSM entre estaciones.</p> <p><b>Oceanografía Biológica:</b> Fitoplancton (red/agua) y zooplancton (red). Plancton en 8 niveles a profundidades estándares hasta 100 m. Se emplearon redes plantónicas (50 y 335 <math>\mu</math>) en arrastres horizontales y verticales. Para la identificación taxonómica y clasificación del zooplancton se utilizaron las claves de Tregóuboff &amp; Rose (1957); Boltovskoy (op.cit.). Para la identificación de los especímenes de Quetognatos se emplearon las claves y literatura especializada de (Bonilla, 1983 a y b); (Gasca y Suárez, 1996) y (Alvariño, 1965).</p> <p><b>Oceanografía Química:</b> O<sub>2</sub>, nutrientes (nitrito, nitrato, silicato, fosfato), pH, Cl-a. La toma de muestras de aguas se ejecutó a profundidades estándar (0, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100 m), empleando una botella Van Dorn de 4 litros de capacidad. El oxígeno disuelto fue determinado in-situ por el método yodométrico-modificación ácida según Standard Methods 4500-0 C utilizando botellas DBO de capacidad de 300 ml. Para la medición del pH se utilizó un potenciómetro WTW en alícuota de 25ml. Las muestras para nutrientes fueron colectadas en botellas de PVC de capacidad de 500 ml envejecidas y filtradas con filtros millipor de 0.45 <math>\mu</math>, analizadas inmediatamente por los métodos descritos en el manual de Strickland &amp; Parsons y leídas en el</p>
--	--	--	--	--

				<p>espectrofotómetro Génesis 10. En las estaciones oceanográficas se obtuvieron muestras de agua a ocho niveles de profundidad para análisis de clorofila <i>a</i> y feopigmentos empleando el método de fluorometría. En las estaciones diurnas se midió la penetración de la luz (disco Secchi). Para la determinación de clorofila <i>a</i> se colectaron muestras de un litro de agua de mar a profundidades estándar de 0, 10, 20, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad. Las muestras de agua de mar se filtraron empleando filtros de fibra de vidrio de 0.45<math>\mu</math>.</p> <p><b>Otras observaciones:</b> Fenómenos prevalecientes.</p>	
Perú	BIC José Olaya	20/08/2015-08/10/2015	IMARPE	<p><b>Oceanografía Física:</b> T y S registrados con CTD-SBE-19plus (BIC J. Olaya) y CTD SBE-19 (BIC Flores). TSM con termómetros superficiales y sensor Furuno T-2000 (BIC José Olaya). Las muestras de salinidad se colectaron para calibrar los datos de CTD y se analizaron con el Portasal Guildline 8410<sup>a</sup>.</p> <p><b>Oceanografía Biológica:</b> Fitoplancton, 20 muestras mediante arrastre superficial con red estándar de fitoplancton (75 micras) a velocidades de 3 nudos. Las muestras obtenidas se fijaron con 5mL de formalina neutralizada al 20 % para la determinación de indicadores biológicos de masas de agua siguiendo las pautas descritas en TRÖNDSÉN (1978). Para la determinación taxonómica de la flora planctónica se consultaron los trabajos de HASLE y SYVERTSEN (1996), STEIDINGER y TANGEN (1996), BALECH (1988), SUNDSTRÖM (1986), SCHILLER (1971), SOURNIA (1967), HENDEY (1964), CUPP (1943) y HUSTEDT (1930).</p> <p><b>Oceanografía Química:</b> O<sub>2</sub>, nutrientes (nitrito, nitrato, fosfato, silicato) y Cl-<i>a</i>. Se colectaron volúmenes de agua de mar a niveles estándar (10 - 500 m).</p>	267

				<p>Los nutrientes y clorofila-<i>a</i> se colectaron en superficie, en las estaciones multidisciplinares en frascos de polietileno de 250 y 100 ml, respectivamente. Para estimar las concentraciones de O<sub>2</sub> 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>	
	BAP MELO.	27/01/2016 - 30/01/2016	Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN).	<p><b>Oceanografía Física:</b> T y S registrados con CTD-SBE-19plus a profundidades de 0 a 500m. Durante las estaciones oceanográficas, paralelamente se recolectaron muestras de agua superficial, para el análisis de salinidad y potencial hidrogeno. TSM en estaciones oceanográficas mediante un termómetro de inmersión.</p>	
Chile	Crucero MOBIO 2015	16/10/2015- 01/11/2015	Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)	<p><b>Meteorología:</b> Dirección, altura y periodo de la ola, dirección e intensidad del viento (m/s y nudos), dirección e intensidad del viento (nudos), tiempo seco, húmedo y presente, tipo y cantidad de nubes; visibilidad.</p> <p><b>Oceanografía Física y Química:</b> Perfiles verticales de T y S hasta una profundidad de 500 m con un perfilador continuo CTDO Sea Bird modelo 9 operado en tiempo real, equipado con doble sensor de temperatura y salinidad, un sensor de oxígeno y uno de fluorescencia. En las estaciones de 100 mn de la costa, se realizaron registros de T, S, oxígeno disuelto y fluorescencia a niveles profundos, hasta 700 m de profundidad.</p> <p>Para obtener muestras de agua se operó una Roseta marca Sea Bird equipada con 12 botellas Niskin de 5 L de capacidad cuyo cierre se realizó a profundidades estándar de 0, 5, 10,</p>	28

				<p>20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300 y 500 m. En las estaciones a 100 mn de la costa e intertransectas oceánicas se realizaron registros de CTD hasta 700 m de profundidad. Análisis de concentración de oxígeno disuelto mediante el método Winkler modificado por Carpenter (1965), mediante una microbureta digital (precisión: 0,001) y dispensadores automáticos.</p> <p>El muestreo discreto de clorofila en los primeros 100 m. Las muestras fueron filtradas usando un volumen de 50 mL con filtros de fibra de vidrio (MFS, GF/75) de 25 mm de diámetro y tamaño de poro de 0.7 <math>\mu\text{m}</math> (Jeffrey et al., 1997), posteriormente analizadas en tierra mediante la metodología descrita por Parsons et al. (1984) utilizando un fluorómetro digital marca Turner Designs, modelo 10AU, calibrado con un estándar puro de clorofila-amarca Sigma Chemicals.</p>	
--	--	--	--	--	--