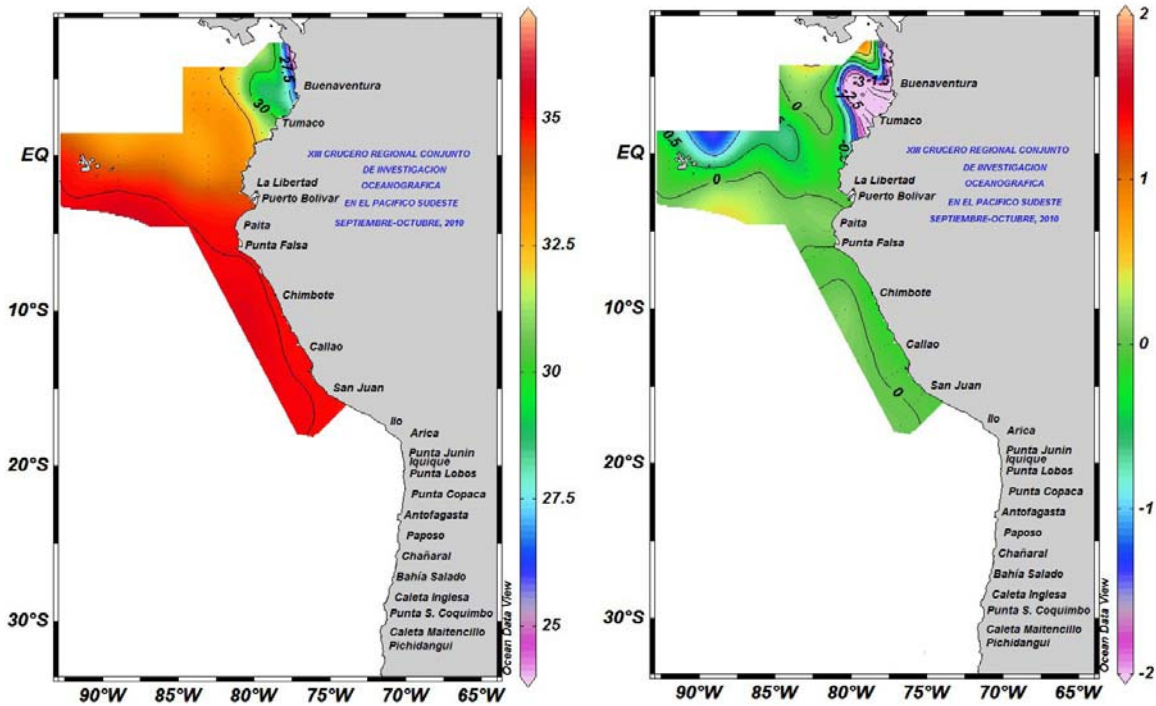


XIII CRUCERO REGIONAL CONJUNTO DE
INVESTIGACIÓN
OCEANOGRÁFICA EN EL PACÍFICO SUDESTE
SEPTIEMBRE – OCTUBRE DE 2010





**INFORME FINAL DEL DÉCIMO TERCER CRUCERO REGIONAL CONJUNTO
DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA EN EL PACÍFICO SUDESTE**

XIII CRUCERO REGIONAL CONJUNTO DE INVESTIGACIÓN
OCEANOGRÁFICA EN EL PACÍFICO SUDESTE
SEPTIEMBRE – OCTUBRE DE 2010

INFORME FINAL
Guayaquil – Ecuador
2012

CONTENIDO

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| LISTA DE FIGURAS | 4 |
| GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS | 6 |
| PRESENTACIÓN | 8 |
| 1. RESUMEN | 9 |
| 2. INTRODUCCIÓN | 10 |
| 3. METODOLOGÍA | 11 |
| 4. RESULTADOS | 12 |
| 4.1 Oceanografía | 12 |
| 4.1.1 Condiciones Superficiales Del Mar | 12 |
| Temperatura Superficial del Mar (in situ) | 12 |
| Temperatura Superficial del Mar (satelital) | 13 |
| Salinidad Superficial del Mar | 15 |
| Anomalía del Nivel del Mar | 16 |
| Oxígeno Disuelto Superficial | 16 |
| Clorofila "a" (in situ) | 16 |
| 4.1.2 Características Sub-superficiales | 18 |
| Profundidad de las isothermas de 15° y 20°C | 18 |
| Distribución vertical de temperatura, salinidad y masas de agua | 18 |
| Sección Paralela a la costa (200 km) | 20 |
| 4.2 Meteorología | 20 |
| 5. DISCUSION | 23 |
| 6. CONCLUSIONES | 25 |
| 7. REFERENCIAS | 26 |
| ANEXOS | 28 |
| ANEXO I | 29 |
| CRUCERO REALIZADO POR CADA PAÍS, FECHA, NÚMERO DE ESTACIONES Y VARIABLES MEDIDAS | 29 |
| ANEXO II | 30 |
| INSTITUCIONES Y PERSONAL CIENTÍFICO PARTICIPANTES EN EL DÉCIMO TERCER CRUCERO REGIONAL CONJUNTO DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA EN EL PACÍFICO SUDESTE, REALIZADO EN SEPTIEMBRE-OCTUBRE DE 2010 | 30 |
| ANEXO III | 33 |
| COMITÉ COORDINADOR DEL DÉCIMO TERCER CRUCERO REGIONAL CONJUNTO DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA EN EL PACÍFICO SUDESTE, REALIZADO EN SEPTIEMBRE-OCTUBRE DE 2010 | 33 |
| ANEXO IV | 34 |
| INTERCAMBIO DE CIENTÍFICOS A BORDO DE LOS BUQUES | 34 |
| ANEXO V | 35 |
| LISTADO DE TRANSECTAS UTILIZADAS PARA EL INFORME POR PAÍS, DE NORTE A SUR | 35 |
| FIGURAS | 36 |

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribución espacial de las estaciones oceanográficas realizadas en el XIII Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste, entre septiembre y octubre de 2010.

Figura 2. a) Distribución de la temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$) y b) de su anomalía ($^{\circ}\text{C}$), durante el XIII Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2010.

Figura 3. a) Temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$) y b) su anomalía ($^{\circ}\text{C}$) (promedio 1998-2005) para septiembre de 2010 medido con el sensor satelital TMI (TRMM Microwave Imager, NASA-NASDA).

Figura 4. a) Temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$) y b) su anomalía ($^{\circ}\text{C}$) (promedio 1998-2005) para octubre de 2010 medido con el sensor satelital TMI (TRMM Microwave Imager, NASA-NASDA).

Figura 5. a) Distribución de la salinidad superficial del mar (ups) y b) de su anomalía (ups) durante el XIII Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2010.

Figura 6. Anomalía del nivel mar (cm) calculada a partir de altimetría de radar proporcionada por AVISO para el 01 de octubre de 2010.

Figura 7. Distribución del oxígeno disuelto superficial (ml L^{-1}) durante el XIII Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2010.

Figura 8. Distribución superficial de la concentración de clorofila a ($\mu\text{g L}^{-1}$) durante el XIII Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2010.

Figura 9. a) Profundidad de la isoterma de 15°C y b) profundidad de la isoterma de 20°C (en metros) durante el XIII Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2010.

Figura 10. Distribución vertical de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$). Transectas perpendiculares a la costa. Septiembre-octubre 2010.

Figura 11. Distribución vertical de salinidad (ups). Transectas perpendiculares a la costa. Septiembre-octubre, 2010.

Figura 12. Transecta latitudinal a lo largo de la costa de Sudamérica para la a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y b) salinidad (ups) durante el XIII Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2010.

Figura 13. Transecta latitudinal a lo largo de la costa de Sudamérica para el oxígeno disuelto (ml L^{-1}) durante el XIII Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2010.

Figura 14. Determinación de masas de agua encontradas durante el XIII Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2010 mediante diagrama TS. ACC=Agua Costera Colombiana; ATS=Agua Tropical Superficial; AES= Agua Ecuatorial Superficial; ASS= Agua Superficial Subtropical; ASST=Agua Subsuperficial Subtropical; AESS=Agua Ecuatorial Subsuperficial; ASAA= Agua Sub Antártica; AIAA= Agua Intermedia Antártica; Tpot-0= Temperatura potencial; ACF=Agua Costera Fría

Figura 15. Campo de viento (m s^{-1}) medido a bordo de los buques de investigación durante el XIII Crucero Regional Conjunto

GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS

ACC: Agua Costera Colombiana

ACC: Agua Costera Colombiana

ACF: Agua Costera Fría

AES: Agua Ecuatorial Superficial

AESS: Agua Ecuatorial Subsuperficial

AIAA: Agua Intermedia Antártica

ARC: Armada de la República de Colombia

ASS: Agua Superficial Subtropical

ASAA: Agua Sub Antártica

ATS: Agua Tropical Superficial

AVISO: Archiving, Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic data

BAC: Boletín de Alerta Climático

B/I: Buque de Investigación

BIC: Buque de Investigación Científica

CCAR: Colorado Center for Astrodynamics Research

CCCP: Centro Control Contaminación del Pacífico ¹

CORPESCA: Corporación de Pesca

CPPS: Comisión Permanente del Pacífico Sur

CTD: Conductivity Temperature and Depth

DHN: Dirección de Hidrografía y Navegación (Perú)

ENOS: El Niño Oscilación del Sur

ENVISAT: ENVIronmental SATellite Earth-observing satellite

ERS: European Remote Sensing satellite (ERS-1, ERS-2)

GFO: GEOSAT Follow-On

¹ Actualmente: El acrónimo CCCP corresponde a Centro de Investigaciones Oceanográfica e Hidrográficas del Pacífico (CCCP), por modificación de la denominación dada al CCCP en el decreto ley 2324 de 1984.

hPa: hecto Pascal

IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Colombia).

IMARPE: Instituto del Mar del Perú

IFOP: Instituto de Fomento Pesquero (Chile)

INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (Ecuador)

INOCAR: Instituto Oceanográfico de la Armada (Ecuador)

INP: Instituto Nacional de Pesca (Ecuador)

INVEMAR: Instituto de Investigaciones Marítimas y Costeras “José Benito Vives De Andrés”

IOS: Índice de Oscilación del Sur

MN: Millas náuticas (mn)

NASA: National Aeronautics and Space Administration

NMM: Nivel Medio del Mar

NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration (EE.UU.)

OD: Oxígeno Disuelto

TA: Temperatura del Aire

TAO: Tropical Arrangement Ocean

TMI: TRMM Microwave Imager

TOGA: Tropical Ocean Global Atmosphere

TRMM: Tropical Rainfall Measuring Mission

T-S: Temperatura – Salinidad

TSM: Temperatura Superficial del Mar

UMNG: Universidad Militar de Nueva Granada

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Ciencia y la Cultura

UPS: Unidades Prácticas de Salinidad

ZCIT: Zona de Convergencia Intertropical

PRESENTACIÓN

Continuando con el compromiso establecido dentro del Protocolo sobre el Programa para el Estudio Regional del Fenómeno El Niño en el Pacífico Sudeste (ERFEN), las Instituciones Especializadas (IE) del Programa han realizado el XIII Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste, presentando los resultados de esta prospección e investigación de las condiciones oceanográficas (biológicas, pesqueras y químicas) y meteorológicas del océano Pacífico Sur Oriental para conocimiento y servicio de la Comunidad Científica Marina a nivel regional y mundial, análisis de las mismas y la proyección de estudios de metadatos e interpretación de la información recogida para entender mejor la dinámica y realidades de este importante cuerpo de agua, de recursos naturales y de vida marina patrimonio de los estados Parte de la CPPS (Chile, Colombia, Ecuador y Perú).

A la vez, con la presente publicación del Informe Final del XIII Crucero Regional Conjunto los ciudadanos de la gran nación que integra la CPPS y los investigadores, estudiosos e interesados en estos importantes temas vinculados a la actividad diaria, vida económica, social y productiva, su proyección y prospectiva tendrán buenos elementos de análisis con la información que se entrega, para formular conclusiones y recomendaciones sobre que dinámica tiene este medio marino, y como podría afectar las actividades a que están dedicados.

En esta oportunidad la Coordinación Técnica Regional del Crucero correspondió a la Dirección del Centro de Investigaciones Oceanográfica e Hidrográficas del Pacífico (CCCP) de la Dirección General Marítima (DIMAR) de Colombia, y la Coordinación Regional estuvo encomendada a nuestra Dirección de Asuntos científicos (DAC), que con la excelente labor de los Coordinadores Técnicos nacionales de crucero, y sus equipos de investigadores y técnicos concretaron un trabajo de gran valor académico, científico y de aplicación práctica en múltiples disciplinas del conocimiento humano.

Un agradecimiento fraternal las IE sus directivos y funcionarios, y en especial a los investigadores, científicos y técnicos que realizaron esta gran empresa de beneficio social y acervo de conocimientos que es el XIII Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste. Este avance en conocimientos y su aplicación a la mejora del buen vivir social, son muestras del espíritu de Cooperación Intrarregional y crecimiento del Sistema Regional del Pacífico Sur con sentido de beneficio mutuo.

Héctor Soldi Soldi
Secretaría General
Comisión Permanente del Pacífico Sur

COMPORTAMIENTO METEOROLOGICO Y OCEANOGRAFICO EN EL PACIFICO SUDESTE DURANTE SEPTIEMBRE-OCTUBRE DE 2010²

E. Rodríguez-
Rubio

1. RESUMEN

Entre el 13 de septiembre y el 23 de octubre de 2010 se efectuó el XIII Crucero Regional Conjunto de Investigaciones Oceanográficas en el Pacífico Sudeste, en el marco del Protocolo ERFEN de la CPPS. Se realizaron 149 estaciones oceanográficas a lo largo del borde este del Océano Pacífico sudamericano en las cuales se tomaron datos físicos, químicos y biológicos, que constituyeron el primer monitoreo in situ del evento frío del 2010.

Las condiciones oceanográficas encontradas durante la realización del XIII Crucero Regional Conjunto del Programa ERFEN de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) evidencian la presencia de condiciones relacionadas a la fase fría del ENOS, también conocida como La Niña, en gran parte de la región del Pacífico Sudeste.

Las características más sobresalientes del XIII Crucero Regional Conjunto fueron la presencia de fuertes anomalías térmicas negativas en casi toda la zona, especialmente entre Ecuador y norte del Perú, exceptuando algunas zonas al sur de Perú y la Cuenca Pacífica Colombiana donde las anomalías fueron consideradas como dentro de las condiciones neutrales con un leve enfriamiento con respecto al ENOS para octubre. Se destaca la disminución de las anomalías en la zona sur de Perú y zona costera chilena para octubre, indicando un posible retroceso de La Niña en dichas zonas.

Por otro lado las anomalías de temperatura del mar y del nivel del mar observadas mediante el uso de datos satelitales entre septiembre y octubre de 2010 mostraron el incremento importante de las anomalías negativas en una franja entre la zona oceánica al frente de Ecuador y norte de Perú entre septiembre y octubre. Asimismo se observó un mayor enfriamiento de la Cuenca del Pacífico Colombiano para octubre, sin embargo la zona costera entre la zona central y sur del Perú, así como las costas de Chile evidenciaron una reducción de las anomalías negativas a octubre de 2010, llegando a condiciones ENOS cercanas a la neutralidad en dichas zonas.

² Coordinación Técnica Regional del XIII Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste, a cargo de capitán de Corbeta Oceanógrafo German Escobar, Director del CCCP, con apoyo del Biólogo PhD Efraín Rodríguez.

2. INTRODUCCIÓN

La realización de los Cruceros Regionales Conjuntos de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste, desde su comienzo en 1998, han permitido observar casi de manera simultánea diferentes condiciones del océano, de la siguiente manera:

El Niño 1997-1998; La Niña 1999; relativa normalidad 2001; signos de El Niño 2002 en el Pacífico Ecuatorial Occidental y Central; condiciones de plena normalidad 2003, y con anomalías positivas de TSM en el Pacífico Ecuatorial Occidental y Central en el 2004, este hecho constituye un aporte muy importante en el proceso que lleve al cabal cumplimiento del objetivo general del Programa Estudio Regional del Fenómeno de El Niño -ERFEN, de poder lograr predecir los cambios océano-atmosféricos, con anticipación suficiente como para permitir políticas de adaptación o de emergencia frente a variaciones en el rendimiento pesquero, agrícola e industrial y decisiones de mercadeo, manejo de recursos hidrobiológicos y otras.

Las condiciones oceanográficas y meteorológicas observadas desde el mes de julio de 2010 en el Océano Pacífico Ecuatorial mostraban el inicio de condiciones consistentes con la presencia de La Niña en el Océano Pacífico. La TSM en las zonas Niño para ese mes presentó anomalías negativas entre 0.5°C y 1.7 °C siendo la zona Niño 1+2 la que mayor anomalía presentó. Para octubre las anomalías negativas en todo el Pacífico Ecuatorial alcanzaron sus mayores valores observándose anomalías negativas entre 1.4°C y 1.9°C, observándose el mayor descenso de la temperatura nuevamente en la zona Niño 1+2.

Para octubre de 2010, las condiciones climáticas y oceanográficas que se observaban en el Océano Pacífico fueron típicas de la fase totalmente desarrollada de un evento de La Niña. En esta ocasión la realización del XIII Crucero Regional Conjunto permitió conocer condiciones meteorológicas y oceanográficas (superficiales y sub-superficiales hasta 500 m) del mar en las aguas jurisdiccionales de Colombia, Ecuador y Perú, desde la latitud 7° N hasta 20° S, durante los meses de septiembre y octubre de 2010. Para el caso de Chile debido a los trágicos sucesos producto del terremoto y posterior tsunami ocurridos el 27 febrero de 2010, el gobierno de Chile decidió suspender la realización del crucero regional durante el año 2010.

El análisis de las condiciones oceánicas encontradas durante este Crucero Regional permite prever la continuación de condiciones La Niña durante los próximos meses del 2010 y principios del 2011.

3. METODOLOGÍA

El XIII Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica, coordinado por la CPPS, se realizó entre el 13 de septiembre y el 23 de octubre de 2010. En el crucero participaron un total de 3 naves pertenecientes a instituciones de investigación de Colombia, Ecuador y Perú (Anexo 1).

Durante el crucero se realizaron 149 estaciones oceanográficas distribuidas, en su mayoría, en cortes perpendiculares a la costa. El área de estudio abarcó las latitudes 7°N y 20°S y desde la costa hasta las 435 mn en Colombia, 703 mn en Ecuador y 260 mn en Perú (Fig. 1).

La mayoría de las estaciones comprenden la observación de variables entre la superficie y los 500 m de profundidad, para lo cual se utilizaron perfiladores electrónicos de temperatura, salinidad oxígeno (CTDO) modelo SBE 19 Plus para Colombia y Ecuador, mientras que Perú utilizó un SBE 911. En todas las estaciones se recolectaron muestras con botellas oceanográficas Niskin para realizar análisis de concentración de Oxígeno Disuelto (OD), salinidad y clorofila "a" (clo_a). Se registró además información meteorológica de carácter básico: temperatura del aire (bulbo seco y húmedo), presión atmosférica, intensidad y dirección del viento, tipo y cantidad de nubes, altura y dirección de las olas. Tanto los muestreos como los análisis de cada variable se efectuaron con los métodos estándares convencionales.

Con la información registrada se confeccionaron cartas superficiales de temperatura, salinidad, OD, clo_a, vientos, cartas de profundidad de las isotermas de 15° y 20°C y cartas de distribución de anomalías de temperatura y salinidad superficial. Las anomalías térmicas y salinas de superficie se confeccionaron basados en la climatología de Levitus (Levitus *et al.*, 1994a, 1994b).

Para el estudio de la columna de agua se graficaron las variables temperatura y salinidad hasta una profundidad de 500 m a lo largo de 6 transectas perpendiculares a la costa con estaciones hasta una distancia máxima de 703 mn, y a lo largo de una transecta paralela a ella con estaciones ubicadas a 100 mn, excepto en las estaciones de Ecuador las cuales se ubicaron hasta las 150 mn de la costa (Fig. 1).

Los datos de salinidad se expresaron en Unidades Prácticas de Salinidad (ups) (UNESCO, 1981). Los análisis de oxígeno se realizaron a bordo siguiendo la metodología de Winkler modificado por Carpenter (1965) y Carrit & Carpenter (1966). Los análisis de clorofila-a se realizaron siguiendo las metodologías de Jeffrey *et al* 1997, Holm-Hansen *et al* 1965 y Parson *et al* 1984.

Por otro lado para complementar la información in situ, se utilizaron datos satelitales para la TSM, del sensor satelital TMI (TRMM Microwave Imager) suministrados por "Remote Sensing Systems". Este sensor permite observar la

temperatura superficial del mar a través de las nubes utilizando una frecuencia entre 10.7 a 85 GHz, con una resolución espacial de $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ en latitud y longitud (Wentz et al., 2000; Wentz et al., 2001). Los datos obtenidos corresponden a promedios mensuales para los meses de septiembre y octubre de 2010, y las anomalías fueron calculadas con base en el promedio mensual del sensor entre 1998 y 2005.

Para el caso del nivel del mar se utilizaron los datos de anomalías del nivel del mar correspondiente a la integración de los altímetros de radar JASON, ENVISAT, ERS-2 y GFO, producidos por el programa Francés AVISO. Los datos obtenidos corresponden a la medición realizada el primero de octubre de 2010.

Asimismo, los resultados meteorológicos indicados en este trabajo corresponden a aquellos informados por las distintas instituciones pertenecientes a los países participantes de la CPPS y que fueron publicados a través del BAC de septiembre y octubre de 2010 (BAC 240; BAC 241).

4. RESULTADOS

4.1 Oceanografía

4.1.1 Condiciones Superficiales Del Mar

Temperatura Superficial del Mar (in situ)

Para Colombia la temperatura superficial presentó un máximo de $27,6^\circ\text{C}$ y un mínimo de $24,4^\circ\text{C}$., con una media de $26,6^\circ\text{C}$. Las mayores temperaturas se observaron en la zona norte entre los 4°N y 6°N y en la zona cercana a la costa, mientras que las menores temperaturas fueron observadas en la zona sur entre los transectas de Tumaco y la zona de frontera con Ecuador (Fig. 2a).

Por otro lado, las anomalías de la temperatura en superficie observadas en el Pacífico colombiano evidencian anomalías positivas hasta $0,5^\circ\text{C}$ en la zona central y anomalías negativas hasta $0,5^\circ\text{C}$ en la zona occidental y noroccidental de la cuenca (Fig. 2b).

En Ecuador La temperatura superficial del mar (TSM) presentó valores que fluctuaron entre $18,0^\circ\text{C}$, al sur del área de estudio, y $24,0^\circ\text{C}$ en el lado norte, descendiendo a medida que se desplaza hacia el sur. El Frente Ecuatorial se localizó entre $0^\circ30'S$ y $2^\circ30'S$ junto a la costa, tomando una orientación noroeste, es decir dirigiéndose hacia el norte de las Islas Galápagos; el gradiente térmico del Frente se encontró definido por las isotermas de $19,3^\circ\text{C}$ a $23,0^\circ\text{C}$, siendo este gradiente más intenso hacia la costa del Ecuador, por el repliegue de las isotermas hacia el sur, ocasionado por el ingreso de las aguas cálidas provenientes de la Cuenca del Pacífico Colombiano (Fig. 2a).

Las anomalías negativas observadas para esta zona mostraron un fuerte

descenso de la temperatura con anomalías negativas que superaron los $1,5^{\circ}\text{C}$ tanto en la zona costera como en la oceánica cercana a las islas Galápagos (Fig.2b).

En Perú La Temperatura en la Superficie del Mar (TSM) presentó un rango entre $13,4^{\circ}$ a $19,6^{\circ}\text{C}$. La distribución de la TSM presentó características similares a la distribución de la temperatura del aire, con una distribución paralela a la costa, las zonas más frías con temperaturas menores a 16°C , asociadas a recientes procesos de afloramiento se localizaron en una franja costera frente a Paita, Chicama, Chimbote, Callao y entre Pisco y San Juan, en tanto la más cálidas (temperaturas mayores a 17°C) se ubicaron al sur de Atico frente a la zona costera y formando un núcleo de 17°C entre las 10 y 100 mn; este incremento térmico en la zona sur se debió a una mayor presencia de aguas oceánicas en esta zona (Fig. 2a).

Los valores térmicos presentaron una anomalía que fluctuó entre $-2,2^{\circ}$ y $+2,8^{\circ}\text{C}$, predominando anomalías positivas en el área evaluada, con un promedio global de $+0,7^{\circ}\text{C}$. En general las condiciones fueron cálidas al sur de Atico exceptuando una franja costera dentro de las 20-30 mn entre Pisco y San Juan donde las condiciones fueron normales, con núcleos fríos al norte de Atico y Bahía Independencia ($14,5^{\circ}\text{S}$); en cambio al norte de Pisco predominaron condiciones casi normales frente a Pucusana ($12,5^{\circ}\text{S}$) y núcleos fríos frente al Callao y al norte de Pisco (Fig. 2b).

Temperatura Superficial del Mar (satelital)

La TSM medida por el sensor satelital TMI (TRMM Microwave Imager, NASA-NASDA) para el mes de septiembre de 2010 (Fig. 3a), permitió observar la variación latitudinal del gradiente de temperatura de toda el área de estudio, destacándose las mayores temperaturas (TSM $> 26^{\circ}\text{C}$) en la Cuenca Pacífica Colombiana, y las menores (TSM $< 15^{\circ}\text{C}$) en la región costera central de Chile.

La anomalía de temperatura calculada a partir del promedio mensual, construida con los datos satelitales entre 1998-2005 (Fig. 3b), evidenció la aparición de un gran núcleo de anomalías negativas que alcanzó los $1,5^{\circ}\text{C}$ al frente de Ecuador y anomalías entre $0,5^{\circ}\text{C}$ y 1°C en casi toda la región del Pacífico Sudeste, con excepción del Pacífico colombiano y la zona costera norte del Ecuador, evidenciando la presencia de condiciones La Niña durante este mes.

La temperatura superficial para el mes de octubre (Fig. 4a) mostró en general el mismo gradiente encontrado durante el mes de septiembre, sin embargo se destaca la reducción de la extensión latitudinal de la isoterma de 16°C . Las anomalías encontradas durante este mes mostraron un incremento importante de las anomalías negativas entre la costa de Ecuador y las islas Galápagos alcanzando valores entre $1,5^{\circ}\text{C}$ y $2,0^{\circ}\text{C}$, sin embargo en las costas de Chile y sur de Perú las anomalías negativas disminuyeron hasta alcanzar valores neutrales de

0,5°C (Fig. 4b).

Salinidad Superficial del Mar

En Colombia la salinidad superficial medida durante septiembre de 2010 muestra mayores salinidades en la zona norte ubicada entre los 84°W y 81°W con medidas de 32 ups, mientras que los valores más bajos fueron observados en toda la costa Pacífica obteniendo las medidas más bajas entre los 25 ups, debido a las descargas de ríos especialmente de los departamentos del Valle del Cauca y Chocó (Fig. 5a).

Las anomalías calculadas permitieron observar un descenso importante de la salinidad en la zona costera del Pacífico colombiano desde Tumaco hasta el Chocó, posiblemente el efecto de incrementos de las lluvias en la zona andina por efecto de La Niña y su efecto sobre los caudales de los ríos que desembocan al Pacífico colombiano (Fig. 5b).

En Ecuador la distribución de la salinidad superficial frente a las costas ecuatorianas osciló entre 33,0 y 34,9 ups, presentándose los valores más bajos en la zona norte y aumentando a medida que se desplaza hacia el sur. Al igual que la TSM, la salinidad también presenta una distribución a manera de banda conformada por las isohalinas de 34,5 a 33,7 ups, definiendo los límites halinos del Frente Ecuatorial (Fig. 5a).

En Perú, la Salinidad Superficial del Mar (SSM) osciló entre 34,8 y 35,3 ups. En la presente evaluación, las aguas cálidas con altas concentraciones halinas, asociadas a aguas oceánicas, se proyectaron hacia el este alcanzando la costa frente a Chimbote y Huacho. En tanto, las aguas propias del régimen costero frío estuvieron en la zona costera con una amplitud variable, proyectándose más allá de las 20 mn ubicándose estas aguas frías frente a Chicama hasta Callao y proyectándose más allá de las 50 mn frente a Pisco hasta Ático.

Las masas de agua presentes durante la evaluación fueron: Las Aguas Costeras Frías (ACF) cerca de las costas cuyo borde exterior estuvo delimitado por la isohalina de 35, mostraron una amplia distribución (mayor a 20 mn) desde Paita hasta la frontera sur con una amplitud hacia el oeste al sur de Callao.

Las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) con valores mayores de 35,1 ups mostraron una significativa presencia fuera de las 50 mn entre Chicama y Callao (Figura 5a).

Por otro lado, se observaron zonas de mezcla debido al desplazamiento de las ASS hacia la costa lo que ocasionó el repliegue de las ACF, generando procesos de mezcla por la interacción de estas masas de agua.

Anomalía del Nivel del Mar

Los datos satelitales también permitieron observar las anomalías del nivel del mar para la misma época de los cruceros regionales, en donde se destaca la aparición en la zona ecuatorial de una gran franja de anomalías negativas superiores a 7 cm, la cual se extiende hacia el suroriente del Pacífico Sudeste alcanzado el sur del Perú, indicando así la presencia de La Niña (Fig. 7). Por otro lado anomalías positivas fueron observadas en la zona central de la cuenca del Pacífico Colombiano, contrastando con las generalizadas anomalías negativas en todo el Pacífico Sudeste.

Oxígeno Disuelto Superficial

En el Pacífico colombiano el oxígeno disuelto presentó un valor mínimo de 4,52 ml L⁻¹, un máximo de 4,82 ml L⁻¹ y un promedio para toda la cuenca de 4,63 ml L⁻¹. Los mayores valores se observaron en la zona costera entre Tumaco y Buenaventura, mientras que los menores fueron observados en la zona más occidental de la cuenca.

En Ecuador la distribución de este parámetro presentó valores altos en toda el área de estudio (4,85 ml L⁻¹ a 5,45 ml L⁻¹ y un promedio general de 5,06 ml L⁻¹) con excepción del área al oeste de la Isla Isabela en 92°W de longitud y 0° de latitud (E-10) que registró un valor de 3,9 ml L⁻¹, producto del afloramiento y en cuyo punto se localizó su mayor fuerza.

Para Perú el oxígeno disuelto presentó distribución homogénea donde predominaron valores mayores a 5,0 ml L⁻¹, exceptuando las zonas costeras frente a Paita, Chicama, Chimbote, Callao y San Juan donde se encontraron valores menores a 4 ml L⁻¹ asociados a la presencia de aguas de surgencia. Los contenidos de oxígeno variaron entre 2,18 y 5,02 ml L⁻¹ (Fig. 7).

Clorofila “a” (*in situ*)

En el Pacífico colombiano la concentración de clorofila **a** presentó valores entre 0,21 y 0,72 µg L⁻¹, siendo la zona costera entre Tumaco y Buenaventura la que presentó las mayores concentraciones, mientras que la zona central occidental de la cuenca presentó los menores valores (Fig. 8).

Para Ecuador la clorofila **a** tuvo concentraciones entre 0,04 y 1,02 µg L⁻¹ con los mayores valores frente a las islas Galápagos. Los menores valores fueron observados en la zona media entre las islas y la costa.

En Perú la clorofila-a en la superficie del mar presentó concentraciones de baja productividad de 0,25 a 1,5 µg L⁻¹, abarcando como área de muestreo las secciones de Paita (05°S) y Callao (12°S), en la cual núcleos de alrededor de 1,0 µg L⁻¹ tuvieron una extensión reducida y en relación a años anteriores (2004 – 2009), la productividad en términos de clorofila-a se mostró pobre, no

encontrándose concentraciones típicas de 5,0 a 10,0 $\mu\text{g L}^{-1}$ en áreas costeras.

Esta característica de concentraciones por debajo del promedio de clorofila-a, estaría asociado al evento frío La Niña 2010, registrando en la zona evaluada una predominancia de temperaturas superficiales del mar de 18,0 a 15,0 °C y en la franja costera contenidos de oxígeno menores a 4,5 ml L⁻¹ (Fig. 8).

4.1.2 Características Sub-superficiales

Profundidad de las isotermas de 15° y 20°C

La isoterma de 15°C en la región costera y oceánica de Colombia y Ecuador presentó una profundidad no mayor a 75 m lo cual coincide con la presencia de La Niña entre septiembre y octubre de 2010 (Fig. 9a).

En Perú, la profundidad de la isoterma de 15° C varió de 3 a 125 m. Las mayores profundidades (mayores a 100 m) se localizaron 150 mn frente a Pisco y en San Juan por fuera de las 100 mn, mientras que las menores profundidades se mantuvieron en áreas cercanas a la costa, principalmente frente a Punta Falsa, Chicama, Chimbote, Bermejo, San Juan y Pisco.

En general la profundidad de la isoterma de 15°C frente a la costa de Perú fue más somera que en la región ecuatorial debido a los procesos de surgencia.

La profundidad de la isoterma de 20°C estuvo restringida al área comprendida entre Ecuador y Colombia, presentando valores entre 10 y 60 m, lo cual es somero para las condiciones habituales de la isoterma durante condiciones neutrales del ENOS (Fig. 9b), lo cual es un indicador más de la presencia de la Niña durante la realización del crucero regional 2010.

Distribución vertical de temperatura, salinidad y masas de agua

La información recolectada durante el Crucero Regional Conjunto de 2010, permitió la identificación de ocho masas de aguas, 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 Intermedia Antártica (AIAA) y Agua Costera Fría (ACF) (Mamayev, 1975; Fiedler y Talley, 2006).

Frente a Buenaventura se observó que la isoterma de 20°C se localizó a los 50 m de profundidad, mientras que la isoterma de 15°C se ubicó entre los 100 a 150 m de profundidad siendo más profunda en la zona oceánica y más somera cercana a la costa (Fig. 10). Con respecto a la salinidad la zona más cercana a la costa presentó valores bajos de salinidad en superficie (< 30 ups) y se observó la presencia de la ASST entre los 80 y 180 m con salinidades alrededor de 35 ups (Fig. 11).

En la transecta 03, frente a La Libertad en Ecuador, se observó la isoterma de 15°C a una profundidad similar a la encontrada en Buenaventura. La isoterma de 20°C se observó sólo hasta una distancia de 300 km de la costa, aproximadamente, y a una profundidad no mayor de 30 m (Fig. 10). La salinidad de esta transecta presentó la isohalina de 35 ups a una profundidad de 160 m, sin embargo se torna más somera en inmediaciones de las islas Galápagos encontrándose a 80 m de profundidad (Fig. 11).

En Paita esta sección presentó una termoclina conformada por las isotermas de 15° a 17°C; debido a procesos de mezcla, la isoterma de 15°C se ubicó por encima de los 80 m de profundidad; la isoterma de 15°C a las 40 mn se hace superficial. La distribución de la salinidad en toda la columna de agua registró un predominio de las aguas costeras frías desde la costa hasta las 100 mn.

En Punta Falsa se registró una termoclina definida, ubicándose la isoterma de 15°C superior a los 100 m de profundidad y haciéndose superficial a las 10 mn. La distribución de salinidad presentó ASS sobre los 40 m hasta las 175 mn de la costa, en cambio hacia la costa predominaron aguas de mezcla (ACF con influencia de las ASS), en tanto la oxiclina se ubicó sobre los 60 m de profundidad.

Para Chimbote las condiciones frías se mantienen; la estructura térmica hasta los 100 m estuvo conformada por las isotermas de 15°C a 14°C, los vientos registraron intensidades de moderadas a intensas. La termoclina estuvo conformada por 3 isotermas (15 – 17°C), haciéndose más superficial a la costa, se presentaron procesos de surgencia. Las ASS se localizaron sobre los 70 m y fuera de las 50 mn de la costa.

Frente al Callao se registró una estructura térmica vertical hasta los 125 m conformada por las isotermas de 17°C a 14°C, la isoterma de 15°C se hizo superficial a las 40 mn y se profundizó hasta los 100m hacia la zona oceánica (por fuera de las 150 mn). La salinidad en la columna de agua tuvo un rango de 34,9 a 35,2 ups, sobre los 150 m de profundidad, con ASS desde la superficie hasta los 70 m de profundidad por fuera de las 70 mn, y las ACF se ubicaron dentro de las 70 mn y hasta los 250 m de profundidad.

En San Juan la temperatura en esta sección reflejó una estructura térmica vertical de 15°C a 14°C por encima de los 150 m de profundidad, la isoterma de 15°C se mostró desde los 125 m de profundidad haciéndose superficial a las 15 mn frente a la costa. La halina mostró una fuerte influencia de las ASS sobre los 40 m de profundidad, interactuando con las ACF; resalta la presencia de las Aguas Templadas Subantárticas (ATSA, también conocidas como ASAA), que dentro de las primeras 100 mn dieron lugar a grandes mezclas con las ACF.

Sección Paralela a la costa (200 km)

En la transecta paralelo a la costa a una distancia aproximada de 200 km (Fig. 12) se observó la presencia de aguas cálidas en la región del Pacífico colombiano, donde la isoterma de 20°C se observó en Colombia a una profundidad de 50 m, hasta los 3°S donde alcanza la superficie.

La isoterma de 15°C se observó a 100 m de profundidad en el Pacífico colombiano, ascendiendo hasta los 50 m aproximadamente a los 5°S para luego descender nuevamente a 100 m aproximadamente a los 12°S.

La salinidad medida a lo largo de la transecta presentó una zona de baja salinidad ubicada en el Pacífico colombiano, descenso que es debido principalmente a la gran descarga de agua dulce de los ríos que desembocan en esta zona. A lo largo de la transecta se pudo apreciar la influencia del Agua Subsuperficial Subtropical con salinidades de 35 principalmente en la zona de Perú.

La mínima de oxígeno durante el crucero regional se alcanzó más rápidamente a la altura de los 7°S, registrando valores $< 0,5 \text{ ml L}^{-1}$ a los 90 m de profundidad. Las mayores concentraciones de oxígeno en las capas superficiales ($> 4 \text{ ml L}^{-1}$) fueron observadas en Perú, mientras que las menores fueron observadas en la zona ecuatorial. La oxiclina se observó claramente entre Perú y Ecuador, profundizándose en el sector sur de Perú (15°S) y ubicándose entre los 100 y 150m.

A la altura de los 13 °S se observó un ascenso de agua con mayor concentración de oxígeno disuelto desde los 500 hasta los 200 m de profundidad.

4.2 Meteorología

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), indicó que durante septiembre, la alta actividad ciclónica en aguas del Mar Caribe, interactuando constantemente con la Zona de Convergencia Intertropical, continuaron siendo los factores más influyentes para que se registraran precipitaciones por encima de los promedios del mes, especialmente en el centro y norte del territorio colombiano.

En general, en la mayor parte de la región Caribe se presentaron volúmenes de lluvia entre 40 y 70% por encima de los promedios del mes, señalando que en algunas zonas puntuales superaron el 100%. Un comportamiento similar, se registró en el norte de la región Andina, en donde en algunas áreas se superaron significativamente los promedios. Lo anteriormente mencionado, fue un factor preponderante para que se siguieran presentando emergencias relacionadas con inundaciones lentas, deslizamientos de tierra y crecientes súbitas en las zonas

señaladas. Una situación contraria, se registró en el oriente del país, en donde los totales de lluvia estuvieron en el rango entre lo normal para la época y ligeramente por debajo de ellos. Con excepción de ciertas zonas del sur de la región Andina, cabe destacar, que el comportamiento de las lluvias en el territorio colombiano, se acerca en un alto porcentaje al comportamiento histórico de la variable frente a un evento “La Niña”.

La variabilidad climática reciente, ha tenido repercusiones notorias en los diversos ecosistemas de Colombia. Un ejemplo claro de ello, es el comportamiento de los niveles de los dos ríos más importantes del país, que en tan solo siete meses ha alcanzado valores extremos contrastantes asociados al pasado evento “El Niño” (valores mínimos extremos de la última década), y al presente fenómeno “La Niña” (valores máximos extremos de la última década).

Para Ecuador en las tres primeras semanas de septiembre, la temperatura media del aire a lo largo de la costa ecuatoriana registró valores sobre sus valores promedios. La media mensual de TA, de las estaciones del centro al norte del país (La Libertad, Manta, Esmeraldas y San Lorenzo), presentó valores por encima de su normal; en tanto que, en las estaciones del sur (Puná y Puerto Bolívar), se presentaron valores ligeramente inferiores o próximos a su normal. A lo largo del litoral ecuatoriano, la temperatura del aire ha registrado una variación promedio de 1.3 °C a - 0.3°C, respecto al mes anterior. Prevalcieron las anomalías positivas, que fluctuaron entre 0.4 °C (Manta) y 1.3° C (Esmeraldas), respectivamente.

Las condiciones atmosféricas sobre la costa se mantuvieron estables, debido a la influencia del Anticiclón del Pacífico Sur que se encontró ubicado frente a la costa norte y centro de Chile, lo cual permitió la presencia de cielos nublados variando a parcialmente nublados; se registraron lloviznas débiles ocasionales en la parte norte e interior de la región, por el desprendimiento de núcleos convectivos de la Zona de Convergencia Intertropical. Durante la tercera semana del mes, se presentaron lluvias ligeras en San Lorenzo, registrándose una precipitación acumulada de 176.2 mm; mientras que, en Esmeraldas solo se registraron lloviznas ligeras (4.4 mm). A lo largo de la costa, prevalecieron vientos de dirección Oeste – Suroeste, con las mayores intensidades en la parte central con valores entre 5 y 7 m/s. Las anomalías de la velocidad del viento fueron variables; prevaleciendo las positivas con fluctuaciones entre 0.5 m/s (Guayaquil) y 3.0 m/s (Manta).

A lo largo del litoral peruano, la temperatura del aire ha registrado una variación promedio de +/- 0.6°C, respecto al mes anterior. Prevalcieron las anomalías negativas, que fluctuaron entre 0.3°C (Ilo) y 2.1 C (Chimbote), respectivamente. Durante la tercera semana del mes, se presentaron lloviznas aisladas en la localidad de Ilo, registrándose una precipitación acumulada de 0.8 mm; mientras que, en Chimbote solo se registraron lloviznas tipo trazas.

En el litoral peruano prevalecieron vientos de dirección Sur y Sureste. Con relación a la velocidad del viento, las anomalías fueron variables. Las anomalías positivas fluctuaron entre 0.1 m/s (Ilo) y 1.9 m/s (San Juan); mientras que, las anomalías

negativas fluctuaron entre 0.1 m/s (Chimbote) y 2.3 m/s (Lobos de Afuera), respectivamente.

Los vientos observados durante el XIII Crucero Regional Conjunto (Fig. 15) estuvieron en general paralelos a la costa con velocidades entre 1,7 y 22,9 m s⁻¹, presentándose los vientos más fuertes en la región costera del Perú. La región del Pacífico colombiano presentó los vientos más débiles de la región pero con el mismo patrón de dirección curvado hacia la costa colombiana, típico de esta época del año.

5. DISCUSION

Las mediciones realizadas en el Pacífico colombiano indicaron la presencia de anomalías entre 0.5°C y -0.5°C lo que podría clasificarse como condiciones neutrales con una ligera tendencia al enfriamiento, lo cual es también observable en los datos satelitales de temperatura del mar. Por otro lado la salinidad disminuyó ostensiblemente, lo cual se observa en las anomalías negativas de la salinidad de acuerdo a la climatología. Esta disminución esta correlacionada con los reportes de lluvias por encima de lo normal en la zona andina por parte del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, IDEAM, lo cual influyó en el aumento de descargas de agua dulce por parte de los ríos que desembocan al Pacífico colombiano. El aumento importante de las precipitaciones y su impacto en el campo termohalino del Pacífico colombiano son indicadores de la presencia de La Niña durante la realización del Crucero Oceanográfico.

Por otro lado las concentraciones de oxígeno disuelto en superficie fueron relativamente bajas contrastando con una mayor concentración de clorofila-a lo cual podría deberse al aporte de nutrientes por la descarga de los ríos en gran parte de la Cuenca Pacífica Colombiana y al ingreso en el sur de aguas más frías e igualmente ricas en nutrientes provenientes de la zona ecuatorial.

Del análisis de la información recogida en el crucero realizado en Ecuador se desprende que las condiciones oceánicas y atmosféricas presentes durante la campaña oceanográfica son características de un episodio frío del evento ENOS (El Niño- Oscilación del Sur) también conocido como La Niña. Superficialmente, la isoterma de 20°C fue observada entre 2°S y 1°S, configurando un patrón de anomalías negativas de temperatura superficial del mar de 1.5 a 2.0°C. La masa de agua predominante en la superficie presentó características de ASS (Agua Sub-Tropical Superficial), el cual es un indicativo de la presencia de aguas de la corriente fría de Humboldt. Subsuperficialmente, la termoclina se halló en las capas más próximas a la superficie, siendo su límite inferior (20°C) no mayor a los 60 m de profundidad.

Toda el área en estudio mostró la presencia de agua con alto contenido de oxígeno, lo que podría estar relacionado con la corriente fría de Humboldt proveniente del sur y la corriente sub-superficial de Cromwell proveniente del Oeste. Estas condiciones se reflejaron también en zonas de alta productividad biológica y las altas concentraciones de clorofila-a, observables especialmente en las islas Galápagos.

Para Perú las condiciones ambientales registradas durante el Crucero Regional realizado desde mediados de septiembre hasta finales de octubre fueron frías, excepto la franja costera dentro de las 20-30 mn entre Ático y Morro Sama donde las condiciones fueron ligeramente cálidas. Asimismo al norte de Pisco predominaron condiciones casi normales con un área cálida frente a Pucusana y algunos núcleos fríos.

Las Aguas Costeras Frías mostraron una amplia distribución a lo largo de toda la costa del Perú, mayormente dentro de las 50 mn, con una distribución variable debido a la fuerte presión de las ASS principalmente al norte entre Chimbote y Huacho.

En la capa subsuperficial las ATSA (Aguas Templadas Sub Antárticas, también conocidas como ASAA) tuvieron una significativa presencia con temperaturas inferiores a 14°C y salinidades menores de 34,7 ups. Estas masas de aguas se ubicaron en las zonas costeras al sur de Chimbote.

La clorofila-a en Perú presentó las concentraciones más bajas de la región exceptuándose algunos focos de afloramiento en la costa, contrastando con una mayor concentración de oxígeno disuelto. Esta característica de concentraciones por debajo del promedio de clorofila-a, estaría asociado al evento frío La Niña 2010.

Por otro lado las anomalías de temperatura del mar y del nivel del mar observadas mediante el uso de datos satelitales entre septiembre y octubre de 2010 mostraron el incremento importante de las anomalías negativas en una franja entre la zona oceánica al frente de Ecuador y norte de Perú entre septiembre y octubre. Asimismo se observó un mayor enfriamiento de la Cuenca del Pacífico Colombiano para octubre, sin embargo la zona costera entre la zona central y sur del Perú, así como las costas de Chile evidenciaron una reducción de las anomalías negativas a octubre de 2010, llegando a condiciones ENOS cercanas a la neutralidad en dichas zonas.

Finalmente la isoterma de 15°C observada a lo largo de la transecta de 200 km, fuera de la costa, se mantuvo somera entre el norte de Perú y sur de Colombia, donde la señal de La Niña fue más fuerte, profundizándose hasta los 100 m al sur de Perú y al norte de Colombia. Con respecto a la isoterma de 20°C esta fue sólo visible entre Colombia y Ecuador a una profundidad de 50 m aproximadamente, siendo característica de condiciones La Niña.

6. CONCLUSIONES

Las condiciones oceanográficas encontradas durante la realización del XIII Crucero Regional Conjunto del Programa ERFEN de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) evidencian la presencia de condiciones relacionadas a la fase fría del ENOS, también conocida como La Niña, en gran parte de la región del Pacífico Sudeste.

Las características más sobresalientes de esta expedición fueron la presencia de fuertes anomalías térmicas negativas en casi toda la zona, especialmente entre Ecuador y norte del Perú, exceptuando algunas zonas al sur de Perú y la cuenca Pacífica colombiana donde las anomalías fueron consideradas como dentro de las condiciones neutrales con un leve enfriamiento con respecto al ENOS para octubre. Se destaca la disminución de las anomalías en la zona sur de Perú y zona costera chilena para octubre indicando un posible retroceso de la Niña en dichas zonas.

Por otro lado las masas de agua encontradas en casi todos los perfiles paralelos y los perpendiculares a la costa son concordantes con la presencia de aguas más frías, salinas y ricas en oxígeno relacionadas a condiciones La Niña. Para el Pacífico colombiano la característica más sobresaliente fue la presencia de agua de muy baja salinidad producto del gran aporte de los ríos que desembocan al Pacífico, debido al exceso de lluvia en la zona Andina causado por La Niña.

Otro indicador de condiciones La Niña fueron las bajas concentraciones de clorofila-a encontradas en Perú, contrastada con mayor concentración de oxígeno disuelto, lo que indica la disminución de los procesos biológicos productivos en el océano durante este periodo.

Con respecto a la mínima de oxígeno esta se alcanzó rápidamente a los 7°S, a una profundidad aproximada de 80 m, mientras que a la altura de los 13 °S se observó un ascenso de agua con mayor concentración de oxígeno disuelto que se encontró desde los 500 hasta los 200 m de profundidad.

En conclusión todas las variables estudiadas durante este XIII Crucero Regional Conjunto indican la presencia de la fase fría del ENOS o La Niña, siendo más marcada en la zona ecuatorial y con menor intensidad en la zona sur de Perú y Colombia. De acuerdo a estos resultados se espera que en los próximos meses las condiciones La Niña disminuyan hacia final del año, retornando a condiciones neutrales en gran parte del Pacífico Sudeste.

7. REFERENCIAS

- BAC 240 y 241. Boletín de Alerta Climática. Comisión Permanente del Pacífico Sur. Septiembre y Octubre. 2010. CPPS.
- Carpenter, J.H. 1965. The Chesapeake Bay Institute Technique for Winkler dissolved oxygen method. *Limnol. And Oceanogr.*, 10:141-143.
- Carrit, D. and J. Carpenter. 1966. Comparison and evaluation of currently employed modification of the Winkler method for determining dissolved oxygen in sea water. *J. Mar. Res.* 24:286-318.
- Fiedler, P.C., Talley, L.D., 2006. Hydrography of the eastern tropical Pacific: a review. *Progress in Oceanography* 69 (2–4), 143–180.
- Holm-Hansen, A., C. Lorenzen, R. Holmes and J. Strickland. 1965. Fluorometric determination of Chlorophyll. *J. Cons. Perm. Explor.* 30:3-15.
- Jeffrey, S. W., R.F. Mantoura and S. W. Wright. 1997. Phytoplankton pigments in oceanography: methods. *Monographs on Oceanographic Methodology*. SCOR and UNESCO.
- Levitus, S., R. Burgett and T.P. Boyer. 1994a. *World Ocean Atlas 1994a. Volume 3: Salinity NOAA Atlas NESDIS 3*. U.S. Department of Commerce, Washington, D.C. 99 pp.
- Levitus, S., R. Burgett and T.P. Boyer. 1994b. *World Ocean Atlas 1994b. Volume 4: Temperatura NOAA Atlas NESDIS 4*. U.S. Department of Commerce, Washington, D.C. 117 pp.
- Mamayev, O. I. 1975. *Temperature-Salinity Analysis of the World Ocean Waters*. Elsevier Oceanogr. Series, 11:374 p.
- Parsons, T. R, Y. Maita and C.M. Lalli. 1984. *A manual of chemical and biological methods for seawater analysis*. Pergamon Press 173 pp.
- UNESCO, 1981. *The practical salinity scale 1978 and the international Equation of State of Seawater 1980*. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci., N°36.
- Wentz, F.J., C. Gentemann, D. Smith, D. Chelton. 2000. "Satellite measurements of sea-surface temperature through clouds." *Science*, 288:847-850.
- Wentz, F.J. 1992. "Measurement of oceanic wind vector using satellite microwave radiometers." *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 30(5):960-972.

Wentz,F.J., P.D.Ashcroft, and C.L.Gentemann. 2001. "Post-launch calibration of the TMI microwave radiometer." IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,39(2):415-422.

ANEXOS

ANEXO I

CRUCERO REALIZADO POR CADA PAÍS, FECHA, NÚMERO DE ESTACIONES Y VARIABLES MEDIDAS

| PAÍS | BUQUE | INICIO / TÉRMINO | PARTICIPANTES | VARIABLES | CANTIDAD ESTACIÓN |
|------|-----------------|--------------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| COL | ARC PROVIDENCIA | 17/09/2010 06/10/2010 | DIMAR-CCCP | Meteorológicas, T, S, OD, fitoplancton y zooplacton (red), clorofila-a, | 44 |
| EC | BAE ORIÓN | 23/09/2010 10/10/2010 | INOCAR | Meteorológicas, T, S, OD, fitoplancton y zooplacton (red), clorofila-a, | 12 |
| PE | BAP CARRASCO | 13/09/2010 23/10/2010 | DHN-IMARPE | Meteorológicas, T, S, OD, fitoplancton y zooplacton (red), clorofila-a, CO ₂ , nutrientes. | 93 |

ANEXO II

INSTITUCIONES Y PERSONAL CIENTÍFICO PARTICIPANTES EN EL DÉCIMO TERCER CRUCERO REGIONAL CONJUNTO DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA EN EL PACÍFICO SUDESTE, REALIZADO EN SEPTIEMBRE-OCTUBRE DE 2010

A. INSTITUCIONES EJECUTORAS

COLOMBIA:

DIMAR-CCCP

Dirección General Marítima, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico

ECUADOR:

INOCAR

Instituto Oceanográfico de la Armada de Ecuador

PERÚ:

DHN

Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú

CHILE:

IFOP

Instituto de Fomento Pesquero (NOTA: No participó con Plataforma de Investigación Marina, aportó información al BAC) para análisis Regional CPPS. Igualmente envió investigador a embarque en plataforma de Investigación marina de Colombia durante XIII Crucero Regional).

Coordinación general

CPPS:

Dirección de Asuntos Científicos (DAC) de la Comisión Permanente del Pacífico Sur.

B. PERSONAL PARTICIPANTE

COLOMBIA: ARC PROVIDENCIA

| | |
|------------------------|--------------------------------|
| MA1 Ruiz Carlos | Jefe de crucero |
| MA1 Edgar Pérez Porras | Responsable componente químico |
| MA1 Camacho Arenas | Jefe de estación |
| MA1 Herrera Guido | Auxiliar Oceanografía |
| MA2 Arzuza Cristian | Auxiliar Oceanografía |
| MA1 Calderón Héctor | Jefe de estación |
| UNIVALLE | Andres Ortiz |
| | Juan David Acevedo Acosta |
| INVEMAR | Edgar Arteaga |
| IFOP-Chile/CPPS | Hernán Alejandro Reyes Rivas. |

ECUADOR: B.A.E ORIÓN

| | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| TNNV-SU Edwin PINTO Uscocovich | Jefe de Crucero, 1 etapa, INOCAR |
| TNNV-SU Giorgio DE LA TORRE | Jefe de Crucero, 2 etapa, INOCAR |
| SP-OC. Leonor Vera | INOCAR |
| SP-OC. Jonathan Cedeño | INOCAR |
| SP-OC. Ma. Auxiliadora Merizalde | INOCAR |
| MARO-HI. Alexander Quiroz | INOCAR |
| Srta. Ana García | ESPOL |
| Srta. Karla Jaramillo | UPSE |
| SP-DR Luis Burgos | INOCAR |
| SP-MST. Carmen Palacios | INOCAR |
| PROF. Mery Ramírez | UPSE |
| Srta. Katherine Rendón | UPSE |
| Sr. Ernesto Rodríguez | PUCE |
| SP-ING. Ma. Belén Del Salto | INOCAR |
| SP-ING. Marcelo Candell | INOCAR |
| SP-DR. Cristian Naranjo | INOCAR |
| SP. José Lucero | INOCAR |
| CBOP-HI. Cristian Ayala | INOCAR |
| Ing. Edgar Vaca | INAMHI |
| SP-BIOL. Carlos Andrade | INOCAR |
| SP. Harold Tumbaco | INOCAR |
| Sra. Tanya Muñoz | U. Guayaquil |
| Sr. Denis Mosquera | U. Guayaquil |
| Srta. Evelyn Arias | U. Guayaquil |
| Sr. Leonardo García | U. Guayaquil |
| Sr. José Gómez | UPSE |
| Srta. Gabriela Vinuesa | USFQ |
| SP-LCDO. Frank Arreaga | INOCAR |
| Sr. Luis F. Velásquez | CCCP (Colombia) |

Sr. Eloy Miguel
Sra. Ma. Alejandra Balza
Srta. Julia O'Hern
Srta. Michelle Johnston

HIDRONAV (Perú)
IOV (Venezuela)
TAMU (EE.UU.)
TAMU (EE.UU.)

PERÚ: B.A.P. CARRASCO

| | |
|---------------------------------------|----------------------------|
| C. de C. Jorge Vizcarra Figueroa | Jefe de Crucero DHN |
| Tte. 2do. Carlos Oshiro Romero | DHN |
| Alf. Frag. Julio Salinas Viera | DHN |
| Alf. Frag. Hugo Torres Santa María | DHN |
| Alf. Frag. Raúl Vásquez Gianella | DHN |
| Alf. Frag. Oswaldo García Tello | DHN |
| Téc. Hid. Manuel Carranza Villanueva | DHN |
| Téc. Señ. Gustavo Vila Salinas | DHN |
| Téc. Hid. Gilberto Tacilla Vargas | DHN |
| Téc. Man. Mateo Yañez Marquez | DHN |
| Téc. Mot. Damian Rojas Chávez | DHN |
| Téc. Mot. Percy Picón Mendoza | DHN |
| Téc. Hid. Rufino Panta Tacilla | DHN |
| Téc. Man. Luis Terrones Sánchez | DHN |
| Téc. Man. Emilio N. Gálvez Malpartida | DHN |
| Téc. Car. Percy Zarate Pradinett | DHN |
| Téc. Hid. David Alcazar Ramirez | DHN |
| Téc. Enf. David Reynaga Lujan | DHN |
| OM1 Mot. Gerver Lavi Mori | DHN |
| OM1 Eco. Víctor Coelho Fasabi | DHN |
| OM1 Tel. Ricardo Ponce Arzapalo | DHN |
| OM1 Maq. Pedro Cruz Acosta | DHN |
| OM1 Son. Yonel Cáceres Espinoza | DHN |
| OM1 Sad. Carlos Challco Conojhuilca | DHN |
| OM2 Mot. Juan Mantilla Quispe | DHN |
| OM2 Hid. Gino Zegarra Rojas | DHN |
| OM2 Hid. Alex Vilela Medina | DHN |
| OM3 Coc. Walter Padilla Caqui | DHN |
| OM3 Ele. Humberto Galindo Gómez | DHN |
| OM3 Hid. Alex Montalvo Rondon | DHN |
| Mar. Jean Pierre Huaman Mercado | DHN |
| Mar. Jhosber Cruz Loayza | DHN |
| Ing. Roger Salazar Rojas | DHN |
| Ing. Rina Gabriel Valverde | DHN |
| Ing. José Tenorio Calderón | IMARPE |
| Dr. Quím. Antonio Rodríguez Moreira | INOCAR-Ecuador |
| Dr. Biol. Jorge Barrios Montilla | Univ. Oriente-Venezuela |
| Ing. Luis Pizarro Pereyra | IMARPE-Coord. Crucero Perú |

ANEXO III

COMITÉ COORDINADOR DEL DÉCIMO TERCER CRUCERO REGIONAL CONJUNTO DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA EN EL PACÍFICO SUDESTE, REALIZADO EN SEPTIEMBRE-OCTUBRE DE 2010

| | |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------|
| COLOMBIA: | Sr. Germán Escobar Olaya - DIMAR-CCCP Sr. Efraín Rodríguez Rubio – DIMAR-CCCP |
| ECUADOR: | Sr. Telmo De la Cuadra - INP Sr. Cesar Palacios - INOCAR |
| PERÚ: | Sr. Luis Pizarro - IMARPE |
| CHILE: | Sr. Mauricio Braun - IFOP |
| CPPS: | Sr. Rodrigo Nuñez Gundlach - CPPS |

ANEXO IV

INTERCAMBIO DE CIENTÍFICOS A BORDO DE LOS BUQUES

| CIENTÍFICO DE | EMBARCADO EN |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 1.COLOMBIA Sr. Luis F. Velásquez | 1. B.A.E ORIÓN (ECUADOR) |
| 2.ECUADOR Sr. Antonio Rodríguez Moreira | 2. B.A.P. CARRASCO (PERÚ) |
| 3.PERÚ Sr. Eloy Miguel | 3. B.A.E ORIÓN (ECUADOR) |
| 4.CHILE Sr. Hernán Alejandro Reyes Rivas | 4. ARC PROVIDENCIA (COLOMBIA) |
| 5.Observador /o Participante invitado de Instituto Oceanográfico de Venezuela (IOV)/ Universidad de Oriente: 1) Dr. Biol. Jorge Barrios Montilla. 2) Sra. Ma. Alejandra Balza | 5. 1) B.A.P. CARRASCO (PERÚ) 5. 2) B.A.E. ORIÓN (ECUADOR) |

ANEXO V

LISTADO DE TRANSECTAS UTILIZADAS PARA EL INFORME POR PAÍS, DE NORTE A SUR

| NÚMERO | PAÍS | LATITUD | REFERENCIA GEOGRÁFICA |
|---------------|-------------|----------------|------------------------------|
| 01 | Colombia | 04°00' N | Buenaventura |
| 03 | Ecuador | 02°00' S | La Libertad |
| 04 | Perú | 05°00' S | Paita |
| 05 | Perú | 06°15' S | Punta Falsa |
| 06 | Perú | 09°30' S | Chimbote |
| 07 | Perú | 12°50' S | Callao |
| 08 | Perú | 15°30' S | San Juan |

FIGURAS

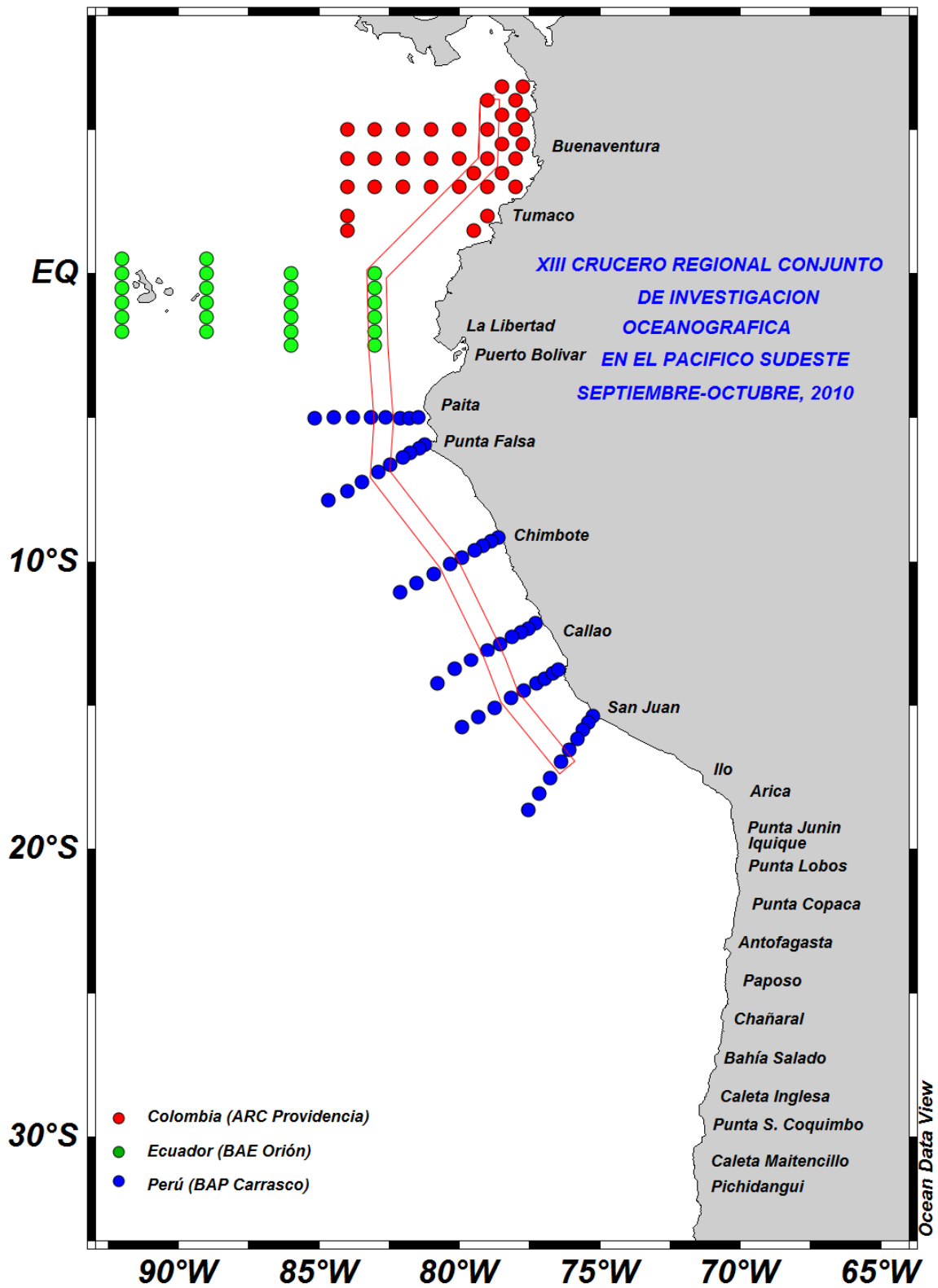


Figura 1. Distribución espacial de las estaciones oceanográficas realizadas en el XIII Crucero Regional Conjunto de la CPPS, entre septiembre y octubre de 2010.

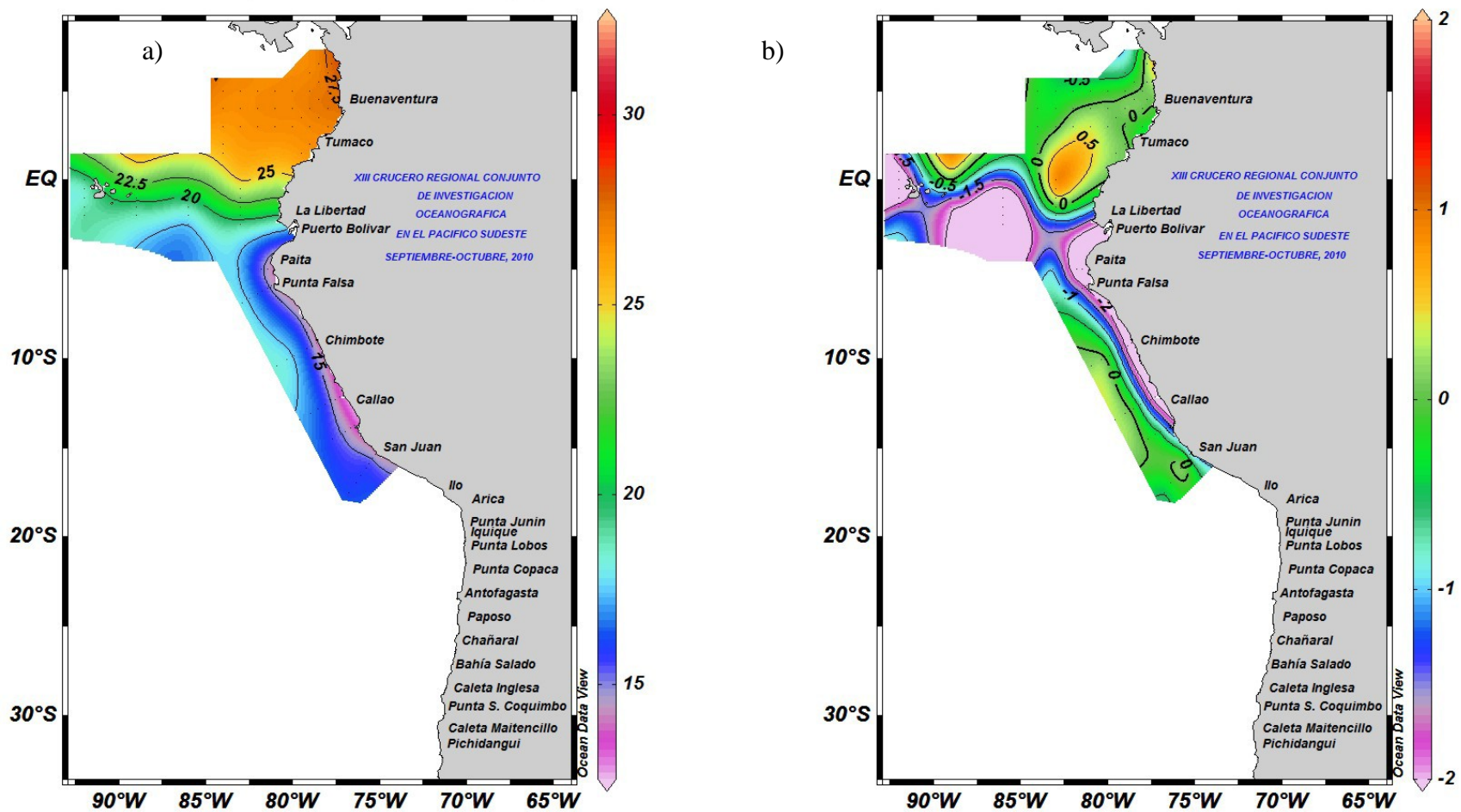


Figura 2. a) Distribución de la temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$) y b) de su anomalía ($^{\circ}\text{C}$), durante el XIII Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2010.

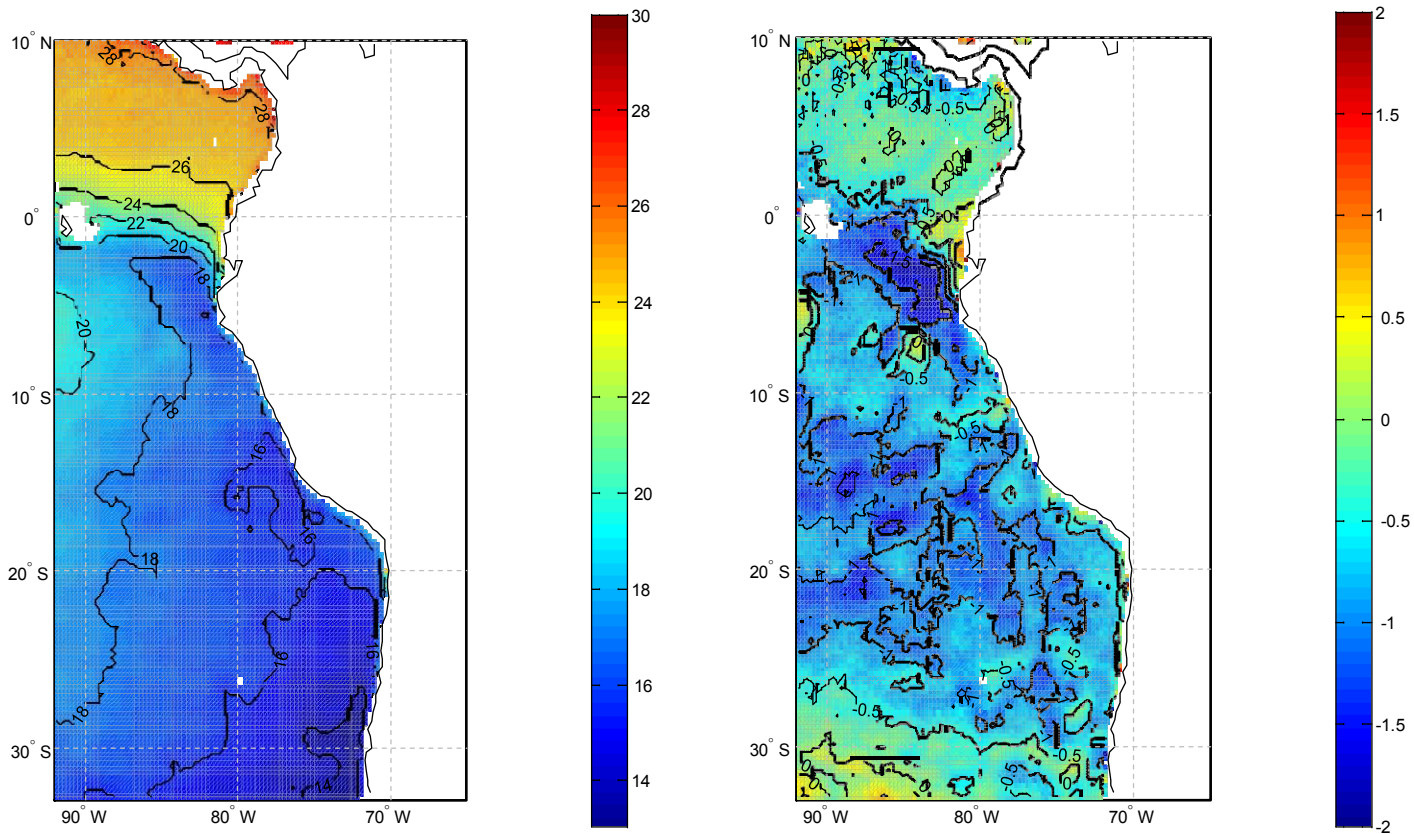


Figura 3. a) Temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$) y b) su anomalía ($^{\circ}\text{C}$) (promedio 1998-2005) para septiembre de 2010 medido con el sensor satelital TMI (TRMM Microwave Imager, NASA-NASDA).

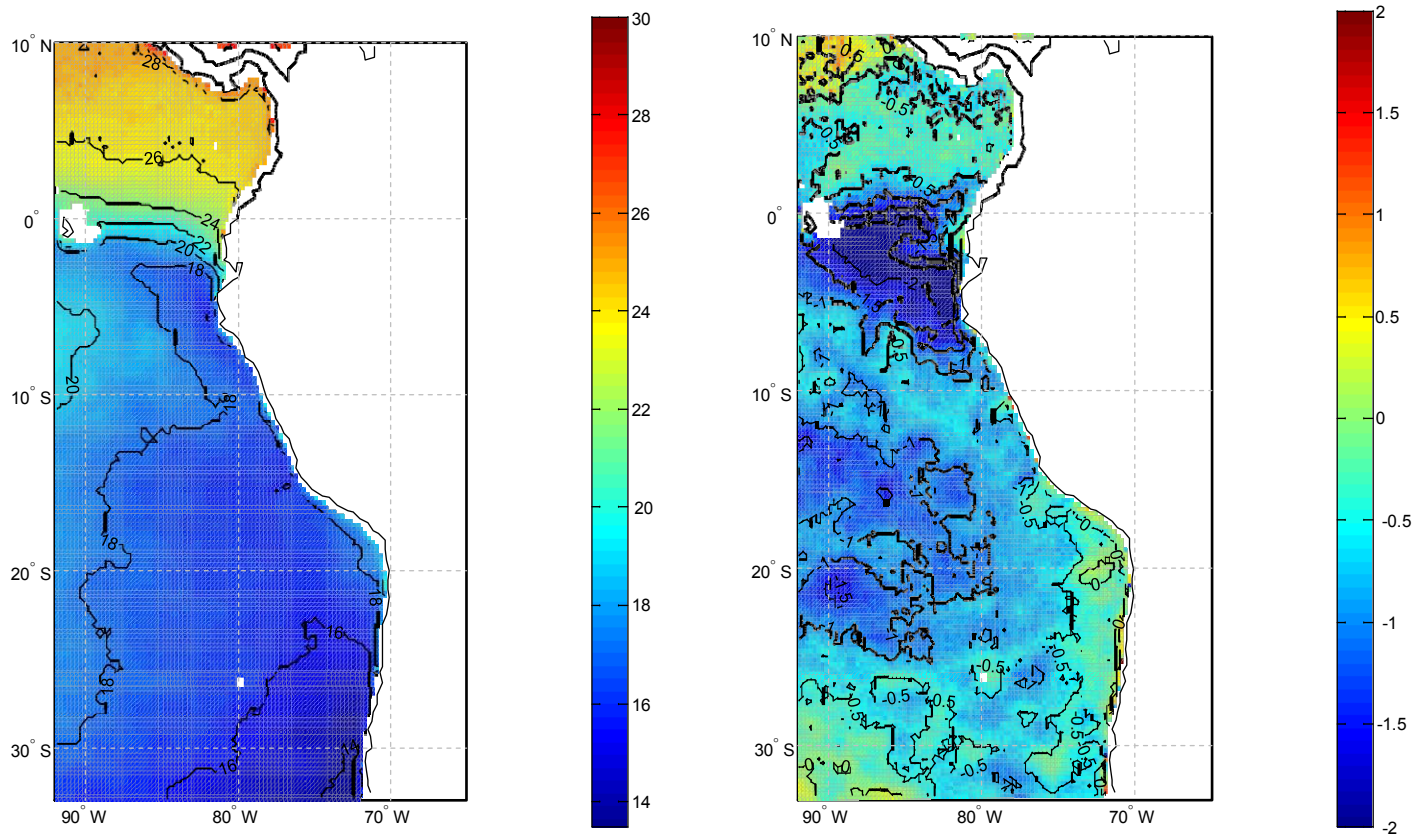


Figura 4. a) Temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$) y b) su anomalía ($^{\circ}\text{C}$) (promedio 1998-2005) para octubre de 2010 medido con el sensor satelital TMI (Microwave Imager, NASA-NASDA).

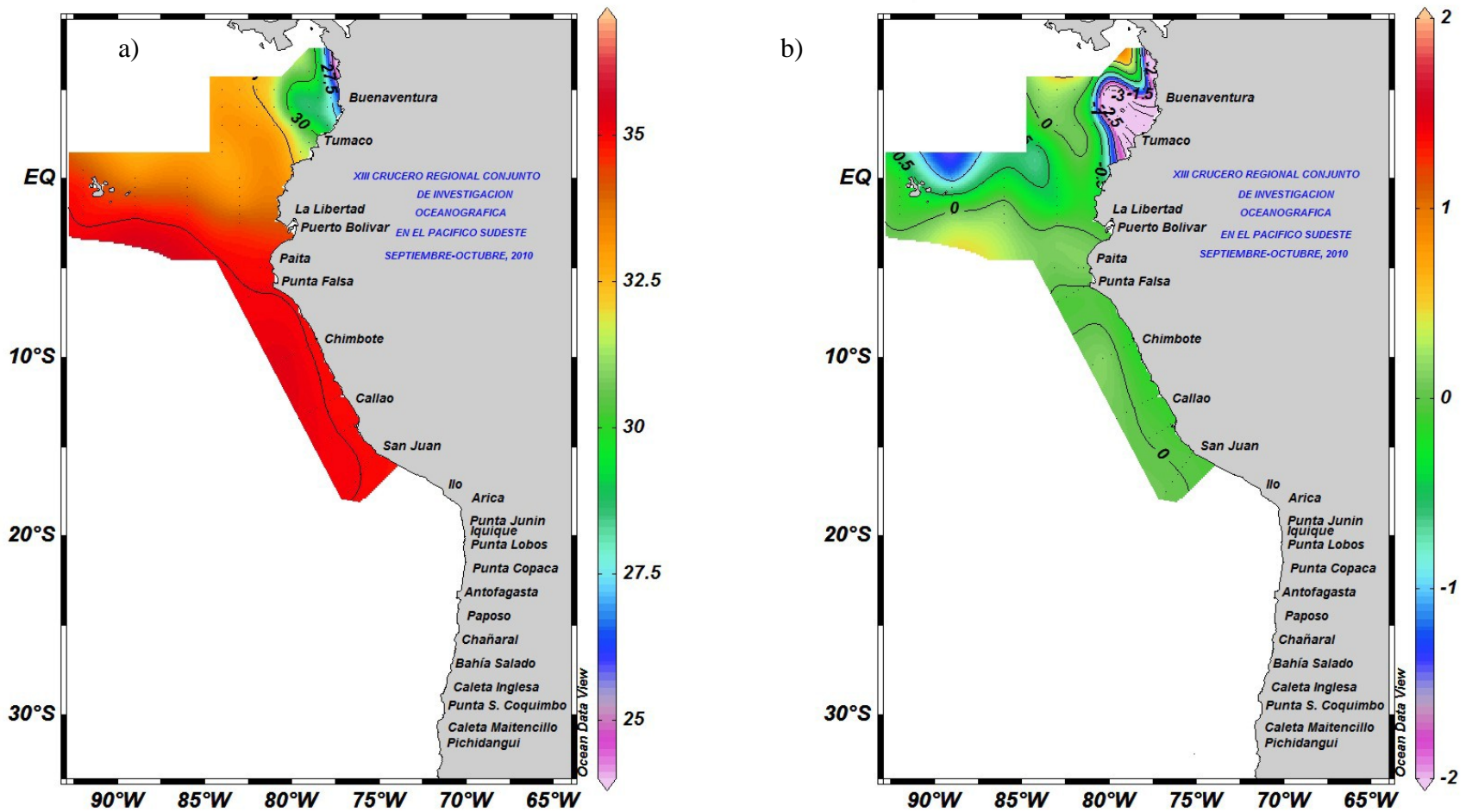


Figura 5. a) Distribución de la salinidad superficial del mar (ups) y b) de su anomalía (ups) durante el XIII Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2010.

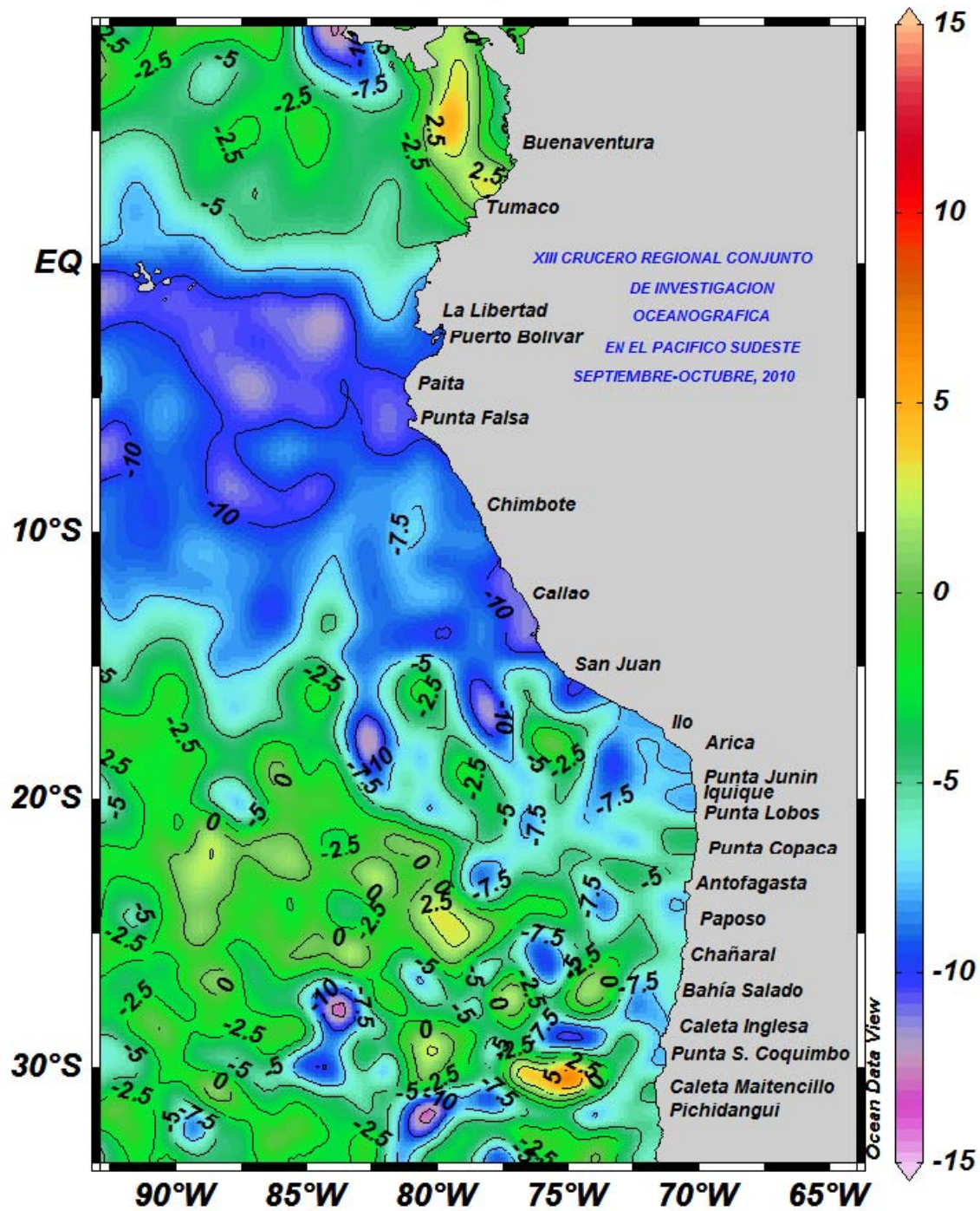


Figura 6. Anomalía del nivel del mar (cm) calculada a partir de altimetría de radar proporcionada por AVISO, para el 01 de octubre de 2010.

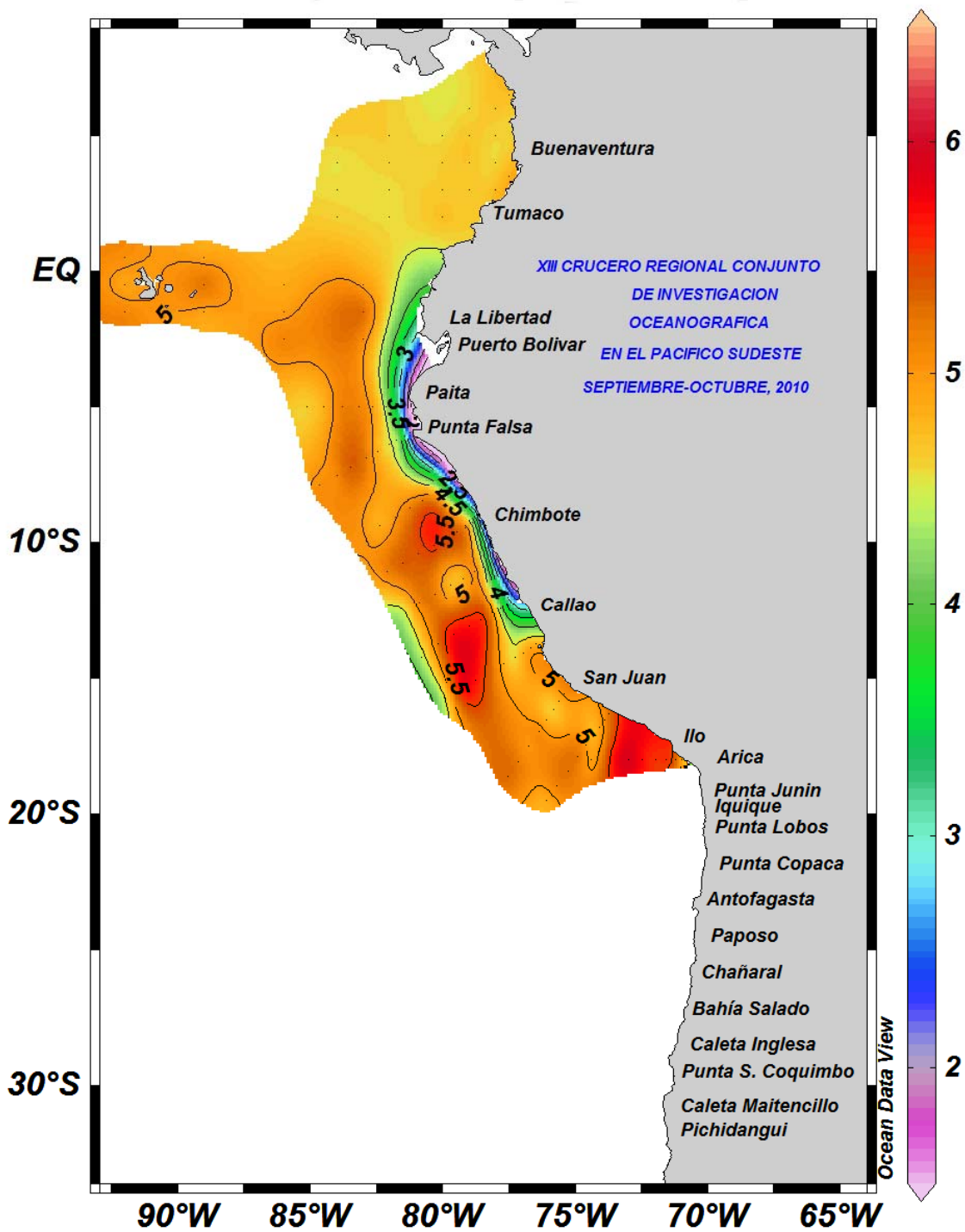


Figura 7. Distribución del oxígeno disuelto superficial (mg L^{-1}) durante el XIII Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2010.

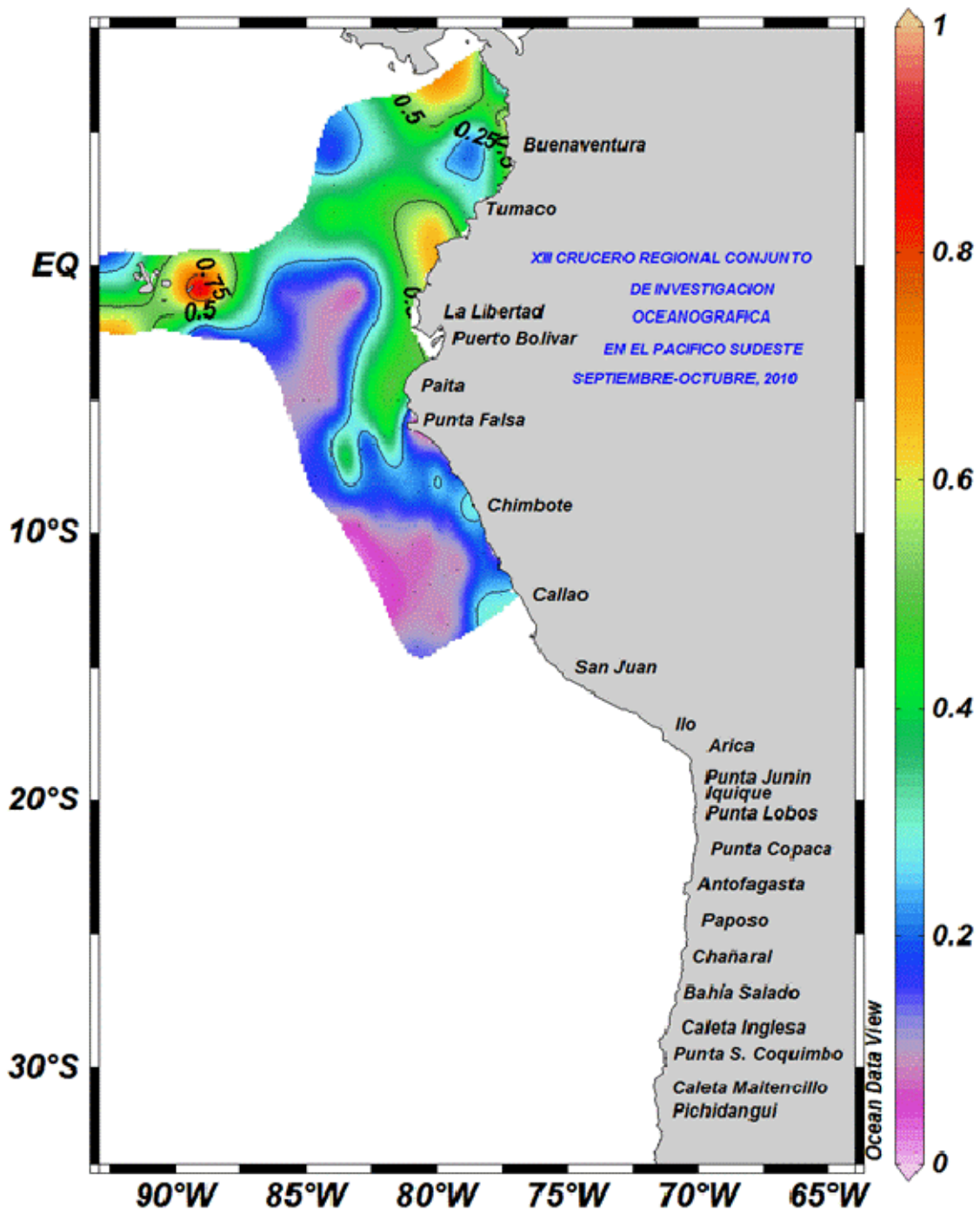


Figura 8. Distribución superficial de la concentración de clorofila *a* ($\mu\text{g l}^{-1}$) durante el XIII Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2010.

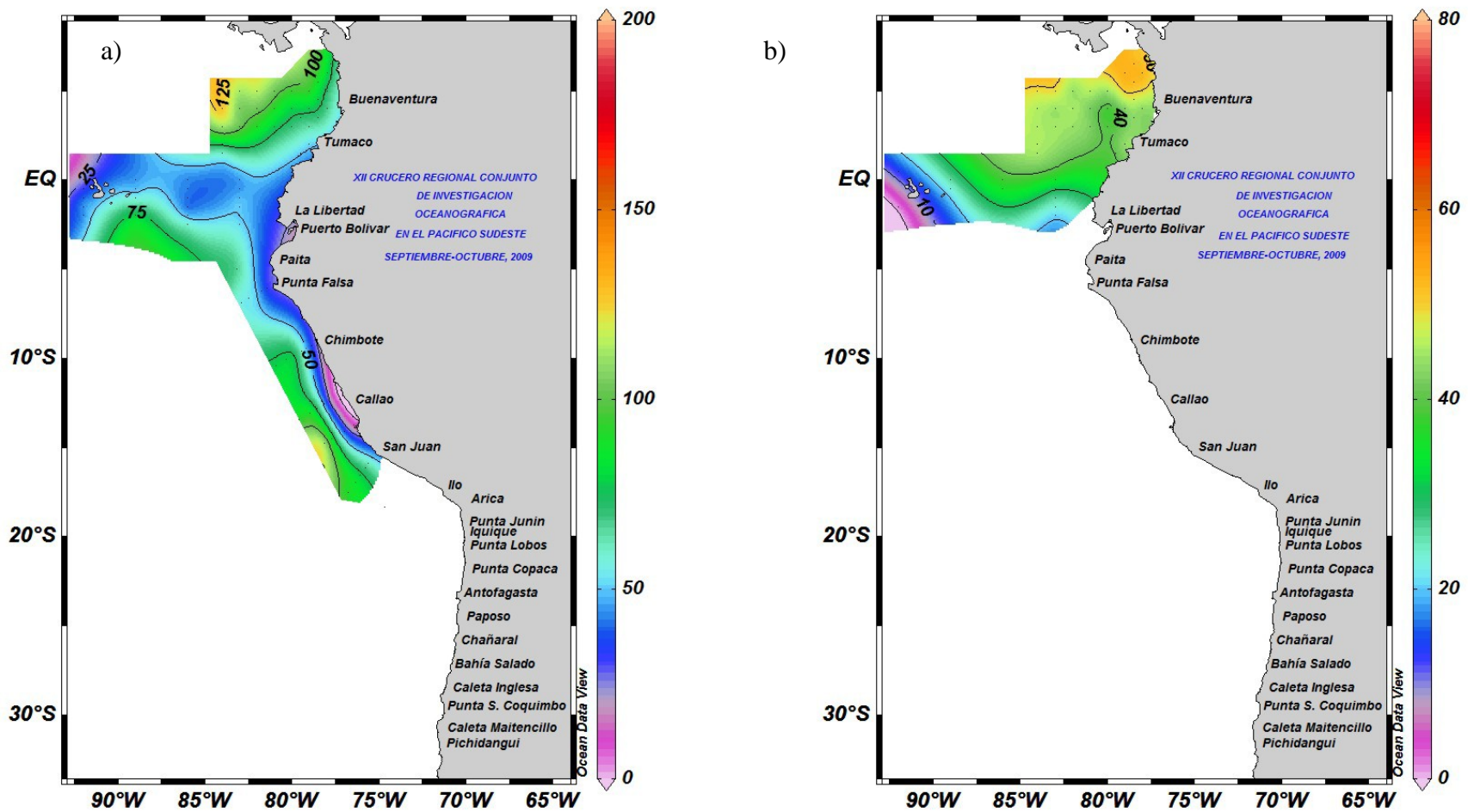


Figura 9. a) Profundidad de la isoterma de 15°C y b) Profundidad de la isoterma de 20°C (en metros) durante el XIII Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2010

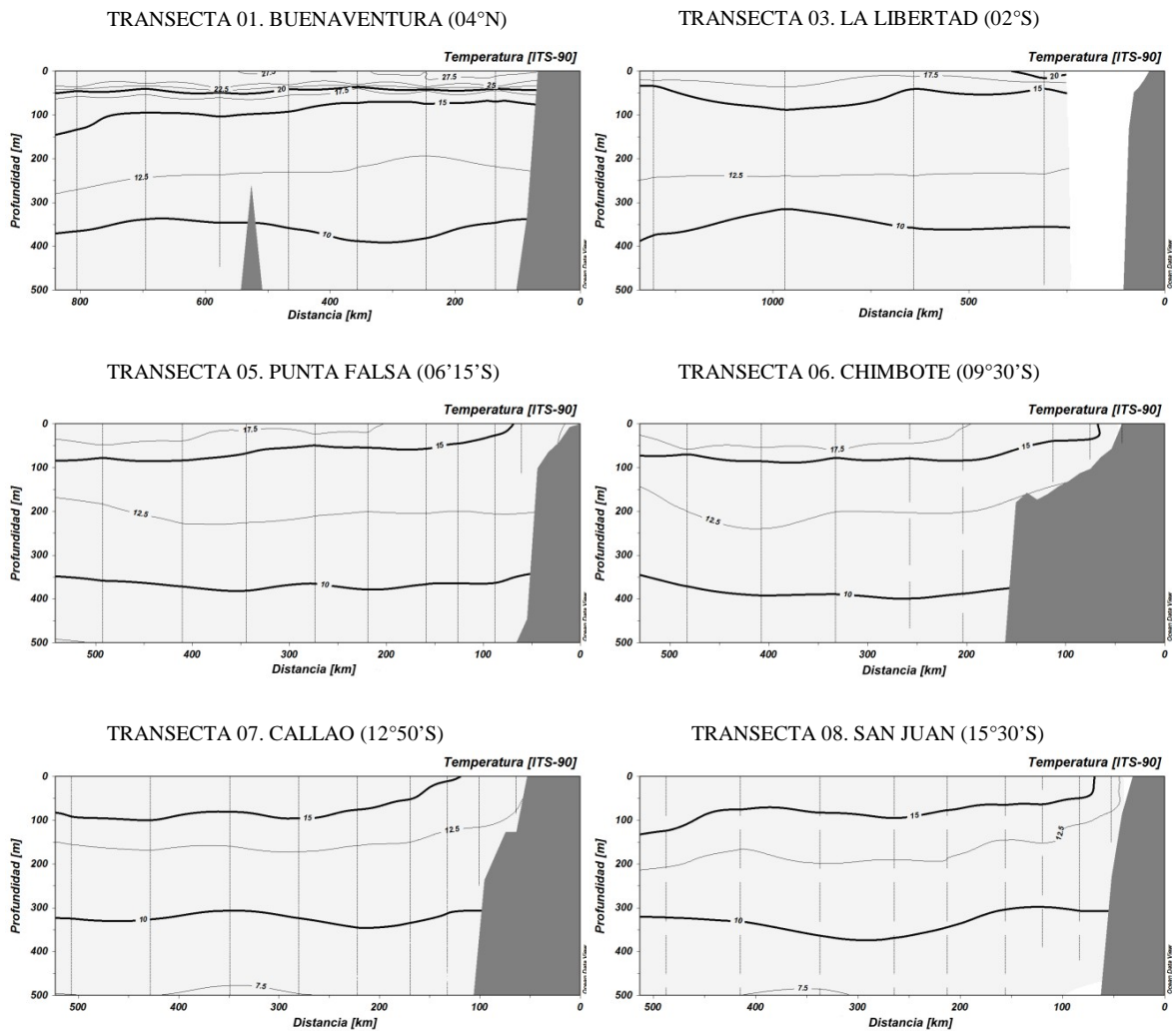


Figura 10. Distribución vertical de la temperatura (°C). Transectas perpendiculares a la costa. Septiembre-octubre 2010.

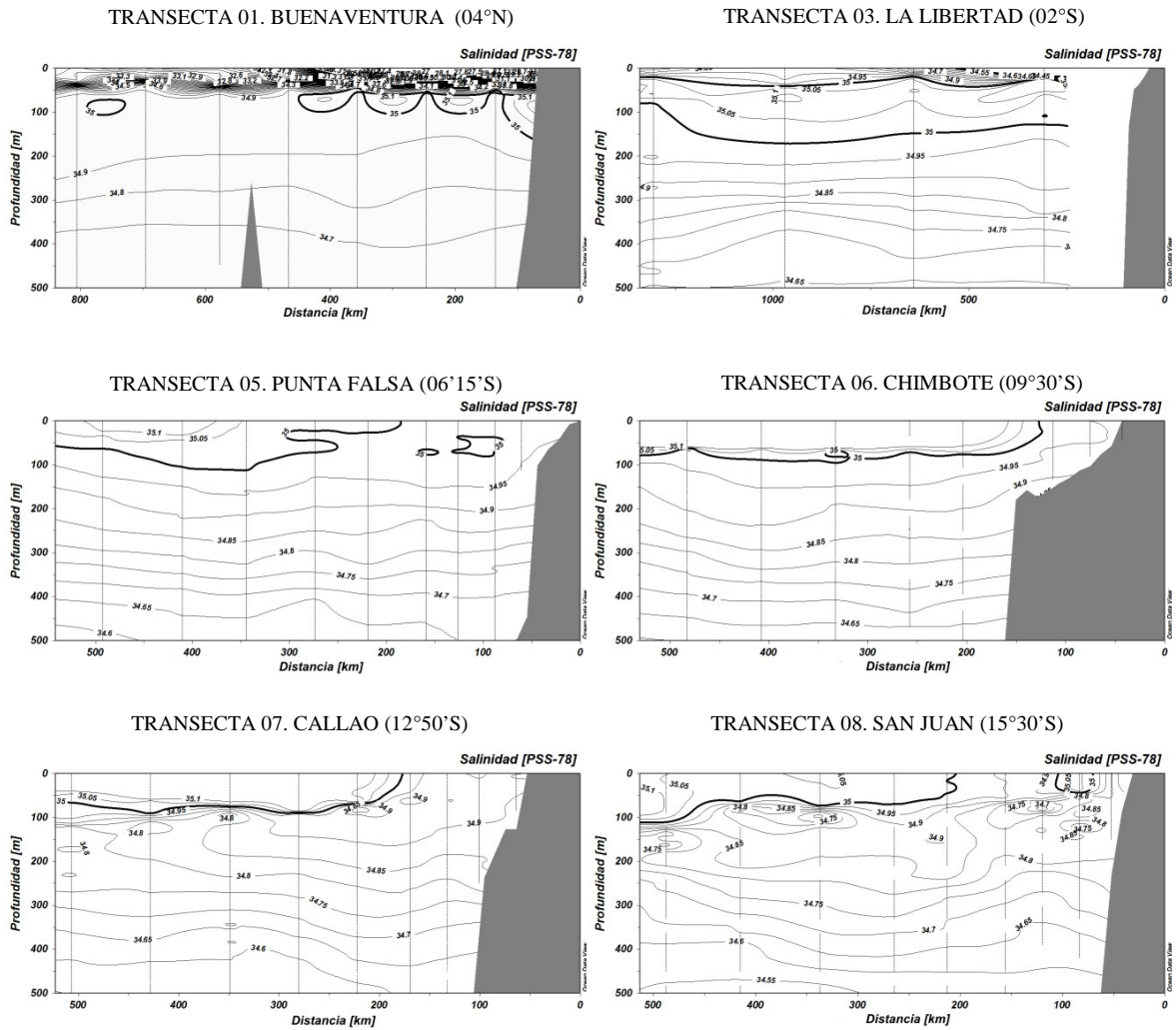


Figura 11. Distribución vertical de salinidad (ups). Transectas perpendiculares a la costa. Septiembre-octubre, 2010.

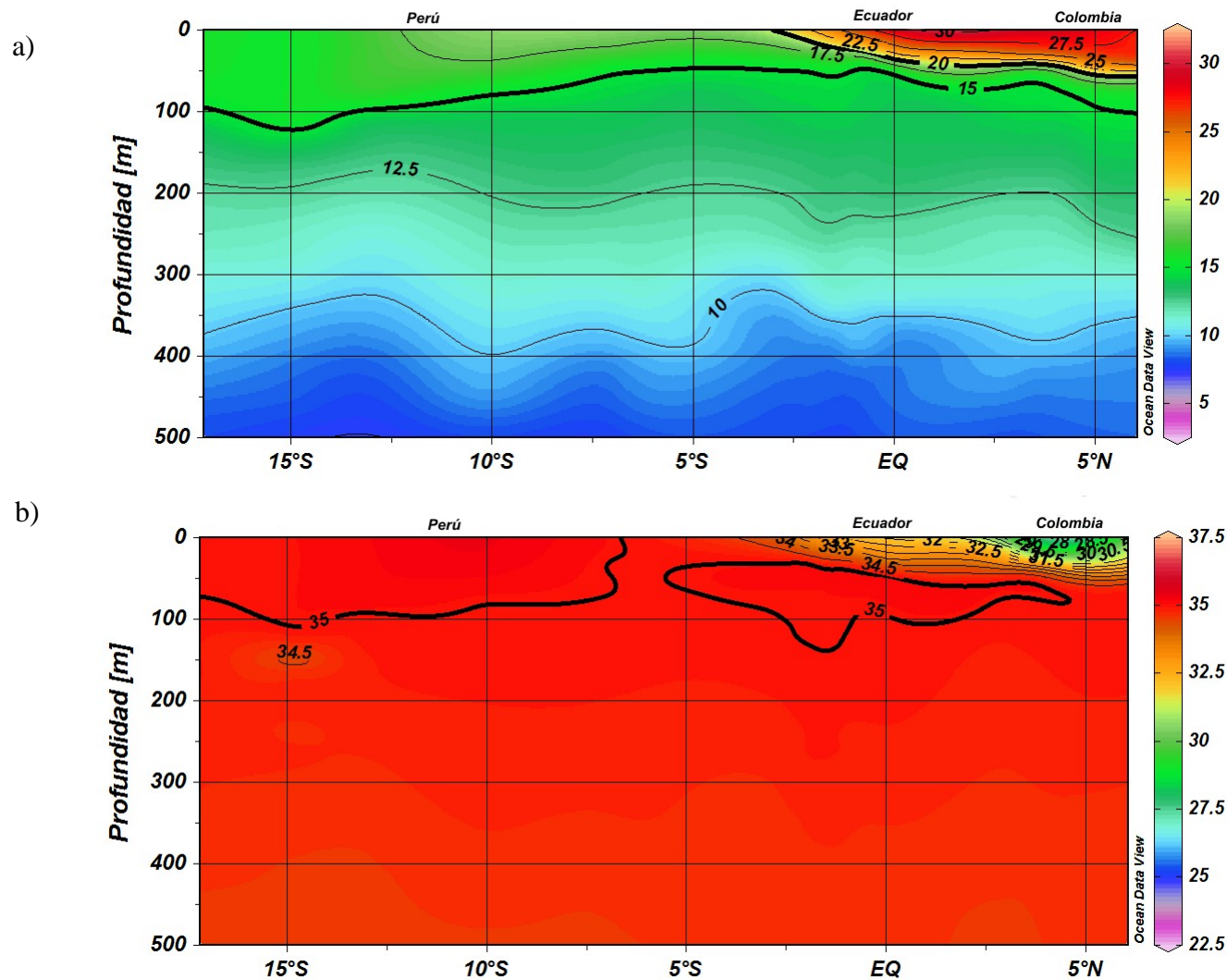


Figura 12. Transecta latitudinal a lo largo de la costa de Sudamérica para la a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y b) salinidad (ups) durante el XIII Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2010.

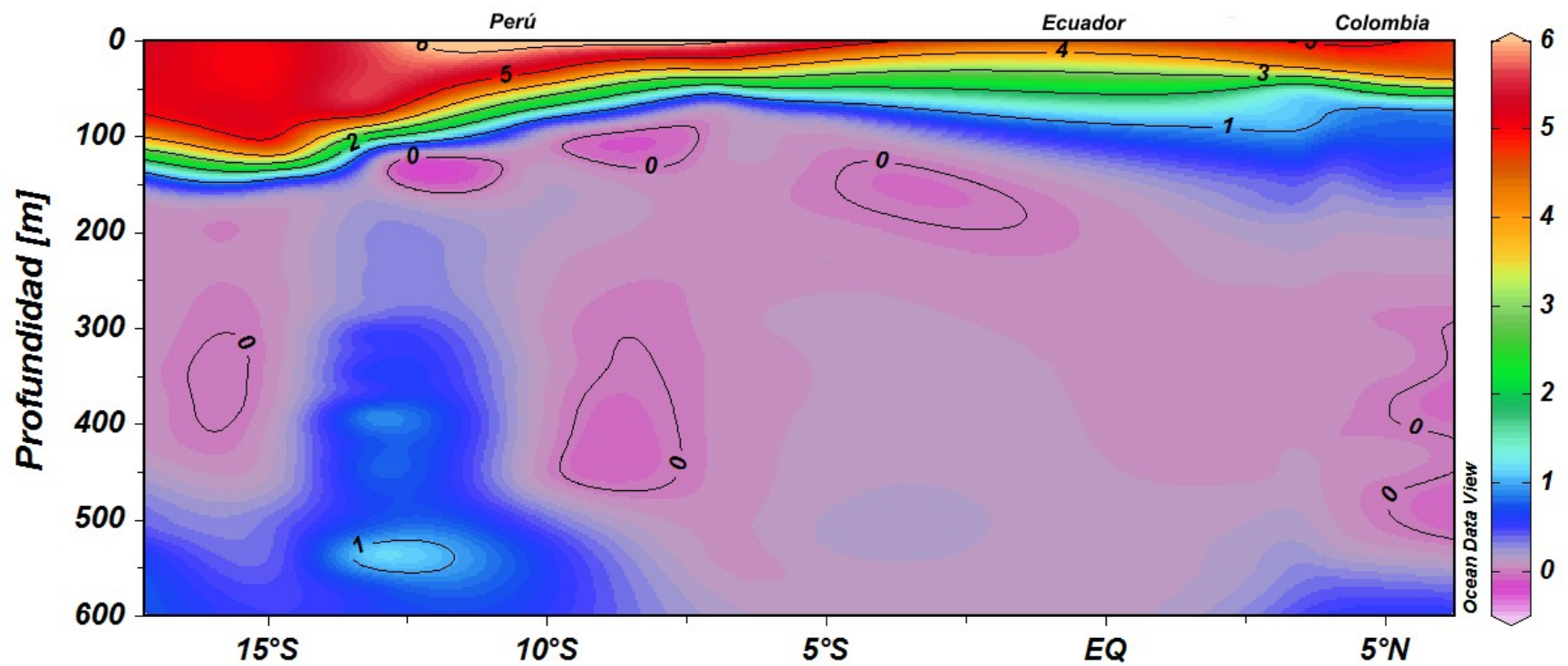


Figura 13. Transecta latitudinal a lo largo de la costa de Sudamérica para el oxígeno disuelto (ml L^{-1}) durante el XIII Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2010.

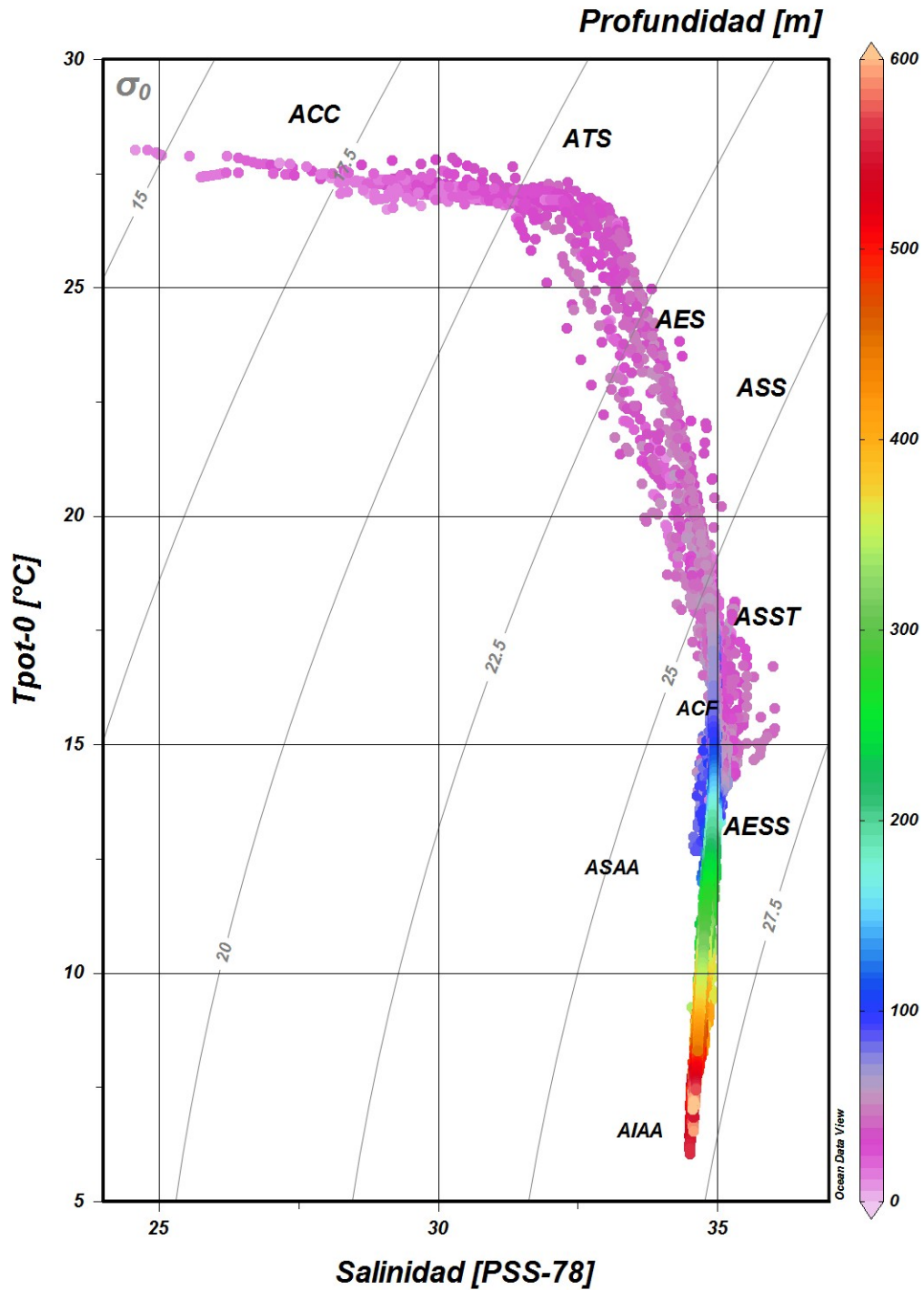


Figura 14. Determinación de masas de agua encontradas durante el XIII Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2010 mediante diagrama TS. ACC=Agua Costera Colombiana; ATS=Agua Tropical Superficial; AES= Agua Ecuatorial Superficial; ASS= Agua Superficial Subtropical; ASST=Agua Subsuperficial Subtropical; AESS=Agua Ecuatorial Subsuperficial; ASAA= Agua Sub Antártica; AIAA= Agua Intermedia Antártica; Tpot-0= Temperatura potencial; ACF=Agua Costera Fría

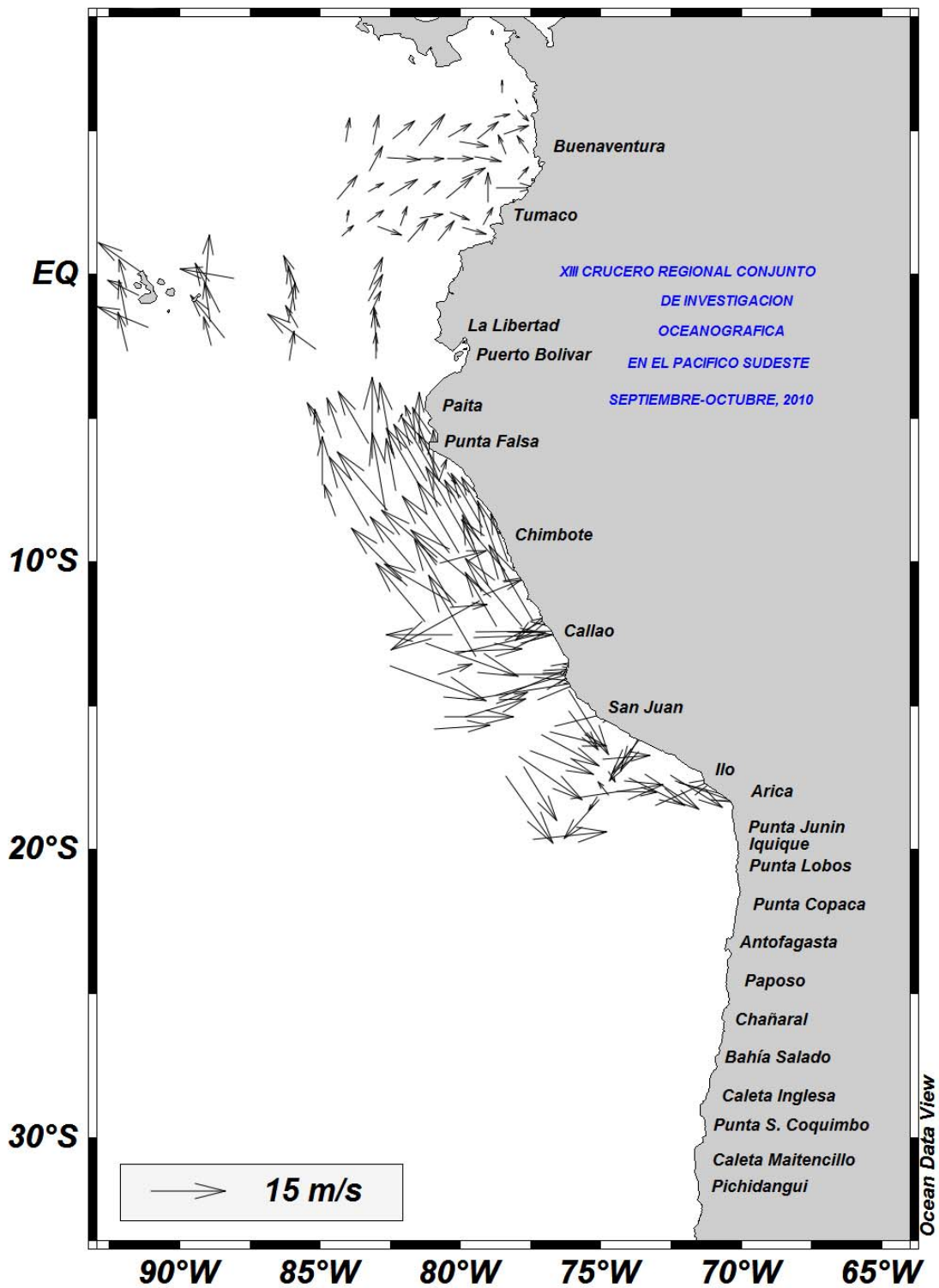


Figura 15. Campo de viento (m s^{-1}) medido a bordo de los buques de investigación durante el XIII Crucero Regional Conjunto.