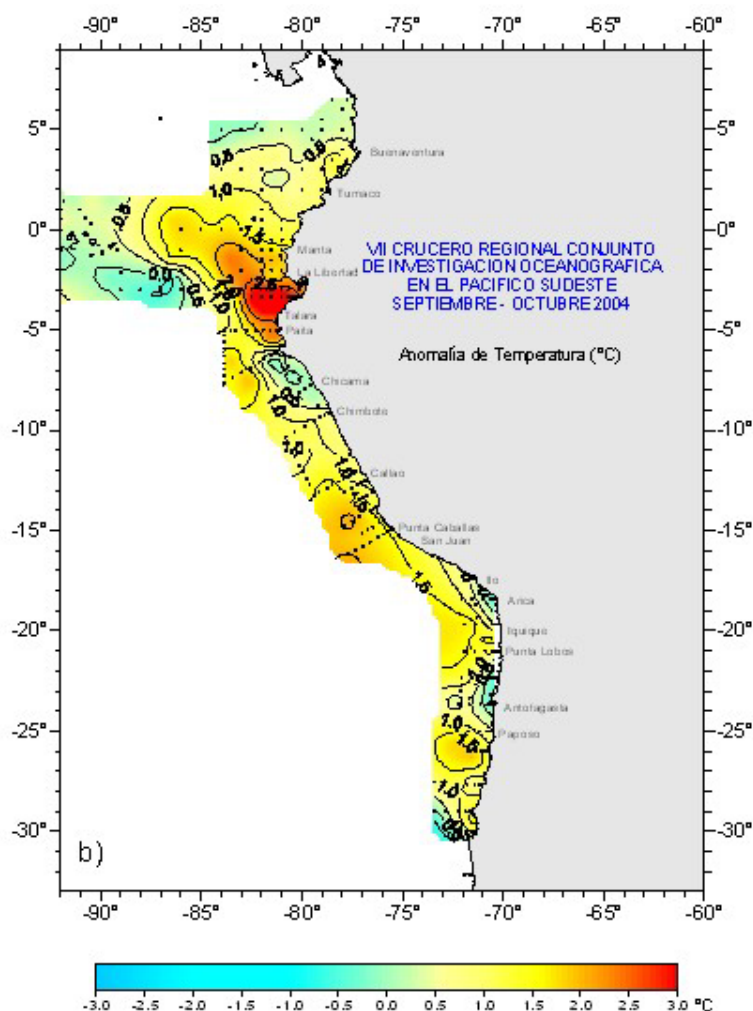




**SÉPTIMO CRUCERO REGIONAL CONJUNTO DE INVESTIGACION  
OCEANOGRÁFICA EN EL PACIFICO SUDESTE, REALIZADO EN  
SEPTIEMBRE – OCTUBRE DE 2004**

**SEVENTH REGIONAL JOINT OCEANOGRAPHIC RESEARCH CRUISE  
IN THE SOUTH EAST PACIFIC (SEPTEMBER – OCTOBER 2004)**



**INFORME FINAL  
FINAL REPORT**

**Guayaquil, Ecuador  
2005**

**COMISION PERMANENTE DEL PACIFICO SUR (CPPS)**

**COLOMBIA – ECUADOR – PERU – CHILE**

**SÉPTIMO CRUCERO REGIONAL CONJUNTO DE INVESTIGACION  
OCEANOGRÁFICA EN EL PACIFICO SUDESTE, REALIZADO EN  
SEPTIEMBRE – OCTUBRE DE 2004**

**INFORME FINAL**

**Guayaquil, Ecuador  
2005**

COMISIÓN PERMANENTE DEL PACÍFICO SUR – CPPS

SEPTIMO CRUCERO REGIONAL CONJUNTO DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA  
EN EL PACÍFICO SUDESTE, SEPTIEMBRE – OCTUBRE DE 2004. INFORME FINAL

Dr. Gonzalo Pereira Puchy  
Secretario General de la CPPS (E)

Dr. Ulises Munaylla  
Director Científico de la CPPS

## CONTENIDO

PRESENTACIÓN	5
1. RESUMEN	7
2. INTRODUCCIÓN	7
3. METODOLOGÍA	7
4. RESULTADOS	8
4.1 Meteorología	8
4.2 Oceanografía	8
4.2.1 Características superficiales del mar	8
4.2.2 Características Sub-superficiales	10
5. DISCUSIÓN	12
6. CONCLUSIONES	13
AGRADECIMIENTOS	13
REFERENCIAS	14
ANEXOS	26
Anexo I. Cruceros realizados por cada país, fechas, número de estaciones y variables medidas	27
Anexo II. Instituciones y personal científico participante en el VII Crucero Regional Conjunto de Investigaciones Oceanográficas en el Pacífico Sudeste, realizado en septiembre - octubre de 2004	28
Anexo III. Comité Coordinador del VII Crucero	30
Anexo IV. Intercambio de Científicos a bordo de los buques	31
FIGURAS	32

## GLOSARIO DE TERMINOS TÉCNICOS

ACC: Agua Costera Colombiana	IMARPE: Instituto del Mar del Perú
ACF: Agua Costera Fría	IFOP: Instituto de Fomento Pesquero
AES: Agua Ecuatorial Superficial	INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
AESS: Agua Ecuatorial Subsuperficial	INOCAR: Instituto Oceanográfico de la Armada
ARC: Armada Colombiana	INP: Instituto Nacional de Pesca
ASS: Agua Superficial Subtropical	INVEMAR: Instituto de Investigaciones Marítimas
ASAA: Agua Sub Antártica	IOS: Índice de Oscilación del Sur
ATS: Agua Tropical Superficial	mn: Millas náuticas
BAC: Boletín de Alerta Climático	NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration
B/I: Buque de Investigación	TA: Temperatura del Aire
BIC: Buque de Investigación Científica	T-S: Temperatura – Salinidad
CCCP: Centro Control de la Contaminación del Pacífico	TSM: Temperatura Superficial del Mar
CPPS: Comisión Permanente del Pacífico Sur	UMNG: Universidad Militar de Nueva Granada
CTD: Conductivity Temperature and Deep	UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Ciencia y la Cultura
DHN: Dirección de Hidrografía y Navegación	ups: Unidades Prácticas de Salinidad
hPa: hecto Pascal	ZCIT: Zona de Convergencia Intertropical
IDEAM: Instituto de Estudios Ambientales	

## **PRESENTACION**

La Secretaría General de la Comisión Permanente del Pacífico Sur- CPPS, se complace en presentar el Informe Final del Séptimo Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste, coordinado por la CPPS y ejecutado en el marco del Programa Regional de Investigación de el Fenómeno El Niño- ERFEN, por los Países Miembros a través de sus instituciones científicas, Instituto de Fomento Pesquero-IFOP de Chile; el Centro de Control de Contaminación del Pacífico- CCCP de Colombia; Instituto Oceanográfico de la Armada- INOCAR y el Instituto Nacional de Pesca- INP de Ecuador y el Instituto del Mar del Perú-IMARPE, entre septiembre y octubre de 2004.

Desde los inicios de la ejecución del Programa ERFEN, la información oceanográfica procede de los cruceros oceanográficos que cada país realiza en el contexto de sus planes de investigación nacionales. En 1998 los Países Miembros de la CPPS decidieron realizar un Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste, como homenaje al año internacional de los océanos, lo que dio excelentes resultados para una visión regional de las condiciones oceanográficas del Pacífico Sudeste. Por su importancia, la XIV Reunión de la Comisión Coordinadora de Investigación Científica – COCIC de la CPPS, recomendó institucionalizar el crucero regional para ser realizado anualmente, la que fue acogida por la VI Reunión de Cancilleres de los Países Miembros de la CPPS, realizada en Chile, en agosto de 2000.

El Protocolo sobre el Programa para el Estudio Regional del Fenómeno El Niño en el Pacífico Sudeste, el instrumento de carácter vinculante que le da el marco jurídico al Programa ERFEN, contempla en su Artículo V la ejecución de actividades de vigilancia integrada, entre otros, a través de cruceros estacionales coordinados. Cabe destacar también lo que establece el Artículo III del Protocolo, mediante el cual las Partes se obligan, entre otros a desplegar los esfuerzos a través de las Instituciones Especializadas de cada país, para proporcionar al Programa ERFEN personal científico, técnico y administrativo, operación de buques de investigación, infraestructura par las investigaciones y para la capacitación, así como apoyo para las reuniones del Programa ERFEN.

A la fecha se han realizado exitosamente siete cruceros regionales, los que se ejecutaron en diferentes circunstancias: 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 temperatura superficial del mar en el Pacífico Ecuatorial Occidental y Central en el 2004; lo que permite un análisis comparativo y avanzar en la preparación del banco de datos para análisis de series de tiempo y modelaje.

El presente informe estuvo precedido por la presentación del Resumen Ejecutivo en noviembre de 2004, a los Gobiernos de Chile, Colombia, Ecuador y Perú; a los organismos de las Naciones Unidas e instituciones técnicas nacionales e internacionales en cumplimiento a acuerdos para su difusión; y un informe preliminar a la XVII Reunión del Comité Científico Regional del Programa ERFEN, realizado en Lima, Perú en noviembre de 2004. El Comité Coordinador y Editor del Crucero Regional reunido en Guayaquil en marzo de 2005, revisó el informe preliminar y lo adoptó para su difusión correspondiente.

La Secretaría General de la CPPS desea expresar su reconocimiento a los gobiernos, por medio de las Secciones Nacionales de la CPPS, a las instituciones técnicas participantes, a los científicos, personal técnico, oficiales y tripulantes de los buques participantes por haber contribuido en la ejecución de este Séptimo Crucero Regional, que muestra un creciente mejoramiento en su planificación y realización, así como en el intercambio de los científicos a bordo de los buques participantes en la operación. La Secretaría General manifiesta además su especial reconocimiento a los integrantes del Comité Coordinador del Crucero.

Gonzalo Pereira Puchy  
Secretario General (E)de la CPPS

Ulises Munaylla Alarcón  
Director Científico CPPS



# SÉPTIMO CRUCERO REGIONAL CONJUNTO DE INVESTIGACION OCEANOGRÁFICA EN EL PACÍFICO SUDESTE, REALIZADO EN SEPTIEMBRE - OCTUBRE DEL 2004

## COMPORTAMIENTO METEOROLÓGICO Y OCEANOGRÁFICO EN EL PACÍFICO SUDESTE DURANTE SEPTIEMBRE - OCTUBRE DE 2004

M. Braun<sup>1</sup>, J. Ortiz<sup>2</sup>, E. Pinto<sup>3</sup>, T. de la Cuadra<sup>4</sup>, E. Zambrano<sup>3</sup>, R. Flores<sup>5</sup>, C. Grados<sup>5</sup>, L. Pizarro<sup>5</sup> y U. Munaylla<sup>6</sup>

### 1. RESUMEN

En la vasta área comprendida entre los 6.5° N frente a la selva húmeda tropical del Chocó en Colombia hasta los 30° S frente a Coquimbo en Chile, una de las más importantes expediciones de monitoreo y vigilancia climática fue desarrollada tras la realización de 249 estaciones oceanográficas entre septiembre y octubre de 2004. Los cruceros de investigación de Colombia, Ecuador, Perú y Chile observaron la variabilidad de las componentes física, química y biológica del borde oriental del Pacífico sudamericano en el marco del VII Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste coordinado por la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS).

Si bien, condiciones levemente cálidas dominaron el Pacífico Tropical occidental y central, provocando cierta alerta por la posible presencia de un evento El Niño, los cambios en temperatura y niveles de precipitación registrados a lo largo del litoral del Pacífico Sudeste, estuvieron básicamente asociados al desplazamiento de la Zona de Convergencia Inter-tropical y a la influencia de los vientos Alisios sobre el sistema de circulación general. Así mismo, procesos locales de afloramiento en Chile, Perú y Ecuador, no presentaron cambios relevantes, situación que permitió confirmar condiciones cercanas a la normalidad durante el periodo de investigación.

### 2. INTRODUCCION

Después de un período de condiciones de frías a neutrales que prevalecieron en el Pacífico Central y Oriental desde junio del 2003 a mayo del 2004, se observó desde junio del 2004 anomalías positivas de la temperatura superficial del mar, mayores de 0,5°C en el Pacífico Ecuatorial Central, que persistieron hasta el mes de octubre, desplazándose lentamente hacia la costa sudamericana. En

tanto que, en el Pacífico Oriental, los valores de la temperatura superficial del mar, mantuvieron anomalías negativas hasta fines del mes de octubre de 2004.

En la capa subsuperficial, imágenes de satélites de los meses de julio y septiembre del 2004 (NOAA), mostraron la formación de núcleos cálidos con anomalías positivas de hasta +4°C en el Pacífico Ecuatorial (100° - 140° W), que fueron trasladados al Pacífico Oriental por medio de Ondas Oceánicas denominadas Kelvin. La magnitud de esta aproximación de aguas cálidas fue ligera debido a una mayor persistencia de los vientos Alisios en las costas de Sudamérica, que ha mantenido el Sistema de Circulación y el afloramiento costero a lo largo del Pacífico Sudeste, impidiendo el desplazamiento de las aguas cálidas del Pacífico Tropical Central hacia Sudamérica.

La realización del VII Crucero Regional Conjunto de Investigaciones Oceanográficas, permitió conocer las condiciones oceanográficas y meteorológicas en el Pacífico Sudeste de fines de Agosto a inicios de Noviembre del 2004.

### 3. METODOLOGIA

La CPPS coordinó entre septiembre y octubre de 2004, el desarrollo del VII Crucero Regional Conjunto de Investigaciones Oceanográficas frente a las costas de Colombia, Ecuador, Perú y Chile, utilizando un total de 6 buques oceanográficos (ver Anexo. 1).

El área de estudio estuvo enmarcada entre 6.5° N y 32° S y desde la costa hasta los 92° W como máximo, donde se realizaron un total de 249 estaciones oceanográficas, distribuidas en 26 secciones perpendiculares a la costa (Fig. 1).

<sup>1</sup> Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Chile.

<sup>2</sup> Centro de Control de la Contaminación del Pacífico (CCCP), Colombia.

<sup>3</sup> Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), Ecuador.

<sup>4</sup> Instituto nacional de Pesca (INP), Ecuador.

<sup>5</sup> Instituto del Mar de Perú (IMARPE), Perú.

<sup>6</sup> Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), Coordinador General.

La metodología empleada por cada país para la obtención de datos, toma de muestras y su posterior análisis durante el desarrollo de los cruceros, corresponde a la metodología estándar empleada en oceanografía y meteorología.

En cada estación se realizaron perfiles de temperatura y salinidad utilizando un perfilador CTD (Seabird modelo 19) hasta una profundidad máxima de 500 m. Además, se registró la Temperatura Superficial del Mar (TSM) con termómetro de balde y se tomaron muestras de agua de mar con botellas Niskin de 5 litros a profundidades estándares, para análisis de salinidad, oxígeno disuelto, clorofila "a" y fitoplancton. Los valores de salinidad se utilizaron para la validación de los datos obtenidos con el CTD. Los datos de salinidad se expresan en unidades prácticas de salinidad (ups) (UNESCO, 1983).

Con los datos procesados se construyeron cartas de distribución superficial de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, cartas de anomalías de temperatura y de salinidad superficial utilizando la Climatología de Levitus (Levitus & Boyer, 1994, Levitus *et al.*, 1994) y cartas de profundidad de las isotermas de 15°C y 20°C.

La columna de agua fue analizada a través de 13 transectas perpendiculares a la costa y una transecta paralela a 200 kilómetros de la costa. La definición de masas de agua se realizó mediante diagramas T-S.

En el trayecto del crucero se registró información de velocidad y dirección del viento, temperatura ambiente (TA) y presión atmosférica superficial (PAS) de acuerdo a la metodología de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). El comportamiento meteorológico en el litoral del Pacífico sudeste durante el período evaluado fue tomado de los Boletines de Alerta Climática (BAC No.168 y 169) de la CPPS.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Meteorología.**

La Zona de Convergencia Inter-tropical estuvo localizada a los 8° N en promedio. Al este de los 100° W, próxima a la costa sudamericana, la ZCIT se ubicó entre los 6° N y 9° N, como consecuencia del arrastre que ejerció el tránsito permanente de sistemas ciclónicos por el Caribe o zonas cercanas incidiendo directamente en la zona norte del Pacífico colombiano, razón por la cual, se presentó mayor ocurrencia de precipitaciones de carácter ligero a moderado y capas de nubes más densas en estas latitudes. Al oeste de los

100° W, la ZCIT se presentó formando una banda continua compuesta por células dispersas de moderada actividad convectiva.

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS), en la primera quincena de septiembre mostró una configuración normal, con un núcleo que presentó una intensidad de 1020 hPa, valor muy centrado y dentro de su variabilidad normal. En la segunda quincena, el núcleo anticiclónico alcanzó una intensidad de 1025 hPa, presentando una anomalía positiva de +2,0 hPa, asimismo mostró una mayor variación, respecto de la primera quincena. Sin embargo, durante el mes y por periodos cortos, se observó un debilitamiento del APS (CTCENFEN Set 2004). Por otra parte, en octubre el APS mostró una configuración zonal, propia del mes localizándose al oeste de lo habitual con una intensidad superior a su promedio normal, alcanzando en el núcleo una anomalía positiva hasta de 3 hPa (CTCENFEN, Oct 2004).

Los vientos durante el Crucero Regional presentaron entre Buenaventura y La Libertad intensidades entre 4 y 12 ms<sup>-1</sup>, con dirección predominante del SW, presentando grandes turbulencia entre Buenaventura y Tumaco. En la zona entre La Libertad y Arica los vientos tuvieron intensidades promedio de 7 ms<sup>-1</sup> con dirección SE, y la zona comprendida al sur de Arica los vientos fueron mas intensos con valores hasta de 24,5 ms<sup>-1</sup> al sur de Antofagasta con dirección S (Fig. 10).

La temperatura del Aire (TA) en la zona colombiana registró un comportamiento inferior a su valor histórico mensual. En el litoral ecuatoriano registró ligeras anomalías positivas que oscilaron alrededor de sus valores normales. En la superficie de todas las estaciones del litoral peruano estas se incrementaron. En el litoral chileno, la zona norte registró ligeras anomalías negativas, mientras que la zona central y sur austral las temperaturas del aire presentaron en general anomalías positivas. (BAC N° 168, 169).

### **4.2. Oceanografía**

#### **4.2.1. Características superficiales del mar.**

##### **Temperatura**

La TSM mostró un rango de variación comprendido entre 28°C y 12,8°C localizándose los más altos valores frente a la costa del Pacífico colombiano, mientras que los menores, fueron registrados frente a la costa chilena al sur de los 30° S (Fig. 2a).

En la cuenca colombiana, frente a Bahía Solano (6.5°N) y Tumaco (2°N), la TSM fluctuó

entre 28,1°C y 26,1°C, respectivamente. En superficie se presentó un ingreso de aguas provenientes del sur, con menores temperaturas (26°C a 26,5°C) influenciadas principalmente por los vientos Alisios del Suroeste los cuales tienen su máxima intensidad en esta época del año.

El Frente Ecuatorial estuvo conformado por las isotermas de 22°C a 25°C, ubicándose en el área próxima a La Libertad (3°S) y las islas Galápagos como una amplia banda cuasi-zonal. Este frente mostró un débil gradiente térmico debido a la advección de aguas cálidas hacia el sur.

A lo largo del litoral ecuatoriano, la TSM mostró valores que fluctuaron entre 21,0°C, al sur y 26,0°C hacia el norte entre 86° W y 83° W. Esta agua fría (21,0°C) tuvo su origen en el aporte de las aguas de la corriente costera de Humboldt, la cual se encontró bastante alejada de la costa (entre 86° W y 87° W) y en franco proceso de repliegue.

Las zonas de afloramiento, con temperaturas menores de 17°C, se presentaron entre Paita (5°S) y San Juan (15°S) y desde Arica (18°25'S) al sur, con una máxima cobertura a partir de los 22°S. De Paita al sur, las temperaturas superiores a 18°C estuvieron asociadas a aguas superficiales de origen subtropical.

Se presentaron leves anomalías térmicas negativas localizadas frente a Salaverry, Arica y Antofagasta, asociadas a procesos locales de surgencia y en el área circundante a las islas Galápagos debido a afloramientos de la Corriente Subsuperficial de Cromwell, por efectos topográficos. En general, predominaron anomalías de leves a moderadas, destacándose la zona comprendida entre Manta y Paita con valores superiores a +2,5°C. De la misma manera en el sector oceánico frente a Arica y por fuera de las 50 mn entre Iquique y Tocopilla se encontraron anomalías significativas (+1,5°C), aunque de menor magnitud (Fig. 2b).

### Salinidad

La salinidad superficial presentó valores entre 27,0 y 35,35 ups (Fig 3a) ubicados en la zona costera de Colombia (principalmente entre 78° - 78°30' W y 4° 30'N - 6°N) y frente al Callao (77° W y 12° S), respectivamente. En el primer caso, la baja salinidad observada en las costas colombianas correspondió a las descargas de numerosos ríos provenientes de escorrentías en el litoral chocoano (4°N - 6°N) y a las precipitaciones por la actividad de la ZCIT, mientras que, el mayor valor se asoció con el desplazamiento de aguas del oeste

hacia la costa central de Perú, propio del período.

La distribución halina mostró la presencia del Frente Ecuatorial con valores de 34,8 a 34,0 ups ubicado entre 3°S y 5°S, al sur de su posición habitual y bastante debilitado. En relación a lo último, un núcleo de agua de 34,8 ups se presentó hasta los 7° 30' S en proceso de repliegue indicando el desplazamiento no habitual del frente ecuatorial hasta estas latitudes.

En la zona costera al sur de los 6° S, se presentaron aguas con salinidades ( $\leq 35,0$  ups) propias del afloramiento costero y asociadas con la corriente costera peruano-chilena. Por fuera del borde costero y entre los 9°S y 21°S se apreciaron aguas de alta salinidad ( $\geq 35,1$  ups) con una configuración normal alcanzando su máxima aproximación a la costa frente a Chimbote (9°S).

Las anomalías de salinidad (Fig. 3b) variaron entre +/-1,2 ups. La mayor fluctuación de la salinidad se localizó al norte de la zona ecuatorial en el Pacífico colombiano con un núcleo de +1,2 ups frente a Buenaventura (4°N) asociado con procesos de surgencia de carácter semi permanente por efecto de la topografía de la isla Malpelo.

Entre los 4°N y 9°S, predominaron anomalías negativas (-0,2 ups) de salinidad, especialmente en el sector costero de Ecuador por una mayor descarga del río Guayas al golfo de Guayaquil.

El núcleo negativo frente a Chicama se asoció con el desplazamiento de aguas de bajo tenor de salinidad, siendo normal la presencia de aguas con alto contenido halino. Al sur de Chimbote, la variabilidad de las anomalías halinas disminuyó considerablemente (0 y +0,2 ups) con máximos valores por fuera de la costa entre Iquique y Paposó.

### Oxígeno Disuelto

La concentración del oxígeno disuelto superficial en el Pacífico Sudeste, presentó valores comprendidos entre 6 y 4 mL<sup>-1</sup>, observándose los menores valores frente a la zona costera de Perú y focalizados en algunas zonas frente a Chile asociados con los procesos de surgencia costera, en tanto que los máximos valores ocurrieron de Ilo al sur (Fig. 4).

Frente a Colombia y Ecuador, la distribución del oxígeno disuelto fue muy homogénea con un rango de oscilación entre 4,45 y 4,97 mL<sup>-1</sup>, y de 4,67 a 5,19 mL<sup>-1</sup>, respectivamente.

En Perú y Chile, se presentó el mayor rango de variabilidad de la región, con valores menores de 2 a 6,71 mL<sup>-1</sup> y 8,28 mL<sup>-1</sup>, respectivamente.

Es importante destacar las áreas costeras con concentraciones menores a 4 mL<sup>-1</sup> frente a Ecuador y Perú, las cuales presentaron una mayor amplitud de Paita a Chimbote y de 13°S a 15°S, siendo muy restringidas frente a Iquique y Antofagasta.

#### **Clorofila "a"**

En Colombia, los valores mostrados indicaron una distribución muy homogénea, presentando un rango de variación de 0,16 a 0,98 ug/L en toda el área evaluada.

En Ecuador, la sección de 92°W registró en la capa superficial una relativa productividad de clorofila "a", encontrándose concentraciones de 0.24 ug/L y 0.98 ug/L localizado a 2° y 3° S. La menor concentración de clorofila "a" se registró a los 2° S con un valor de 0,04 ug/L (Fig. 11). La biomasa de clorofila "a" estuvo distribuida en las secciones 92° y 86°W asociadas a temperaturas superficiales que se distribuyeron 2° S en un rango de 20° a 23°C.

En la sección 89° W, las mayores concentraciones de clorofila "a" se registraron a 3°S con un valor de 0.38 ug/L y esta biomasa clorofílica fue disminuyendo hacia el norte.

Las menores concentraciones de clorofila fueron registradas hacia los 2°S con 0,10 ug/L, disminuyendo progresivamente hacia los 0° (Fig. 11).

En la sección 86°W, se presentó un núcleo de clorofila "a" en la estación 12 con un valor promedio de 0,76 ug/L que fue disminuyendo progresivamente hacia 1°S, registrándose valores menores a 0,14 ug/L.

En Perú, la clorofila "a" presentó concentraciones de 0,28 ug/L (a 150 mn de Punta Falsa). Las AES se localizaron al norte de Punta Falsa y registraron isolíneas de 0,5 a 3,0 ug/L de clorofila "a", aunque se observó un predominio de concentraciones de 0,5 a 1,0 ug/L, mientras que, al sur se presentaron áreas de mayor productividad con valores > de 3,0 ug/L dentro de las 40 mn de la costa. Cabe destacar que las más altas concentraciones de clorofila "a" se distribuyeron frente a Salaverry relacionadas a contenidos de oxígeno de 5,0 a 6,0 mL<sup>-1</sup>.

Chile, presentó valores que oscilaron entre 0,04 y 15,52 ug/L, agrupando a los de mayor

valor dentro de la zona costera y a los de menor valor por fuera de las 30 mn.

#### **4.2.2. Características Sub-superficiales**

##### **Profundidad de la Isotherma de 15°C y de 20°C**

En el área correspondiente a Ecuador y Colombia, la isoterma de 15°C se ubicó a una profundidad uniforme alrededor de los 100 m, llegando a valores de 120 m en áreas puntuales, especialmente en las aguas circundantes a Galápagos y a 200 mn frente a Buenaventura y Manta, ascendiendo conforme se avanza hacia la costa llegando a valores de 80 m frente a Buenaventura, Esmeraldas y La Libertad (Fig. 5a). Estos parámetros están dentro del rango considerado como normal para la época de transición estacional en que se efectuó el crucero.

En lo que corresponde a lo observado frente a Perú y Chile, la isoterma de 15°C se ubicó entre 80 y 60 metros a 200 mn de la costa, llegando a los 20 m en el área costera de ambos países. Profundidades mayores a 80 m se localizaron por fuera de las 100 mn frente a Chancay y Chimbote, y las menores profundidades se ubicaron próximas a la costa de Callao, Chimbote, Punta La Negra, Punta Lobos y al sur de Paposó. El comportamiento de las isobatas indicó flujos predominantes hacia el norte, proyectándose incluso al norte de los 6°S. No se registró la presencia de flujos hacia el sur en la zona costera, proceso habitual, lo que permite determinar la ausencia de la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell (ESCC).

La isoterma de 20°C se ubicó a una profundidad entre 40 y 50 m frente a Colombia y en el área de las islas Galápagos, disminuyendo su profundidad conforme se avanza hacia el sur, con valores de 20 m frente a Paita y llegando a la superficie frente a Chicama (Fig 5b).

##### **Distribución vertical de temperatura y salinidad**

En el área norte de Colombia (transecta 4° N), se observó una temperatura de 26°C hasta los 30 m de profundidad con pequeñas áreas de 27°C. La termoclina estacional presentó una variación de la temperatura de 8°C, siendo más angosta en las longitudes 84° W y 78° W entre los 30 y los 50 m. Las transectas efectuadas desde Buenaventura hasta Tumaco (4°N, 3°N y 2°N) presentaron una temperatura de 26°C desde la superficie hasta los 40 m y la termoclina estacional se presentó entre los 40 y 60 m. Desde los 200 hasta 500 m, la temperatura disminuyó paulatinamente de

forma lineal a un promedio de 1°C por cada 50 metros de profundidad.

En el área ecuatorial, se efectuaron cuatro secciones a lo largo de los meridianos 92°W, 89°W, 86°W y 83°W entre 1°N y 3°S, en las que la termoclina presentó un intenso gradiente térmico en la parte norte de las secciones que se debilitó progresivamente en su desplazamiento al sur, especialmente a partir de 1°S. La capa de mezcla tuvo un espesor de 40 m en el extremo norte de las secciones (1° N) mientras que, hacia el sur (3° S) fue de tan solo 5 m.

Frente a Chimbote, Callao y Pta. Caballas, la estructura térmica presentó una termoclina con un gradiente térmico de 15 a 17°C ubicándose por encima de los 100 m de profundidad a 100 mn de costa, para luego aflorar y ubicarse por encima de los 50 m en su aproximación a la costa, asociado a una oxiclina de 1 a 5 mL<sup>-1</sup>, guardando estrecha relación con el afloramiento costero de la zona dentro de la 20 mn de la costa.

La transecta Punta Lobos presentó una termoclina superficial conformada por las isotermas de 14°C a 17°C ubicadas entre los 40 y 70 m de profundidad, con una pendiente positiva en la región costera. La transecta frente a Paposo presentó una termoclina débil entre las profundidades de 40 y 70 m, compuesta por las isotermas de 16° a 13°C, registrándose igualmente un ascenso en la costa.

Desde Arica hacia el sur, la distribución de temperatura en la vertical (Fig. 6b) se caracterizó por presentar gradientes más intensos hacia el norte de la zona. Las temperaturas más altas de la capa superficial se registraron también hacia la mitad norte de la zona, con valores máximos en superficie que superaron los 18°C. Hacia el sector costero del extremo sur de la zona, los valores no llegaron a 14°C en las transectas, mientras que en la transecta de Caleta Inglesa la temperatura fue de 14° a 15°C. De norte al sur, la temperatura también decreció, lo que se evidencia por el ascenso de todas las isotermas a profundidades menores. En un nivel aun más profundo, la isoterma de 8°C mostró también una disminución de la profundidad de ubicación, subiendo desde un nivel de 500 m hasta el de 400 m, entre ambos extremos de la zona (Fig. 8a).

En lo que respecta a la Salinidad Subsuperficial, las transectas desde los 5°N hasta los 2°N mostró en los primeros 40 m valores desde 30,0 ups en la costa hasta 33,0 ups en la zona oceánica (Fig. 7a). La haloclina se presentó en la costa entre 40 y 60 metros de

profundidad con valores de 33,0 a 34,8 ups, característicos de Aguas de la Cuenca Colombiana (ACC) mientras que en la zona oceánica se ubicó de 36 a 58 metros con valores de 33,4 a 34,8 ups, con características de Aguas Tropicales Superficiales (ATS). En los primeros 80 metros el perfil presentó un comportamiento de ascenso que llegó hasta 39,4 ups, para luego descender paulatinamente hasta encontrar los 34,7 ups a los 500 m de profundidad, mostrando características de Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS), situación que se presenta en toda el área muestreada por debajo de la haloclina.

En las secciones muestreadas desde 1°N hasta 3°S, la salinidad presentó poca variación en superficie con valores alrededor de 34,8 ups hacia el sur de las secciones y de 33,8 ups al norte de 0° de latitud. Entre 80 m y 110 m de profundidad y al sur de 0° 30'S se ubicó un núcleo de máxima salinidad del área ecuatorial, que llegando a 35,3 ups, caracterizando a las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AES) posiblemente transportada hacia el este por la Subcorriente Ecuatorial. Después de la haloclina, presenta características de AESS

Frente a Chimbote y Callao, la distribución de salinidad presentó concentraciones mayores de 35,1 ups correspondientes a Agua Superficial Subtropical (ASS) por fuera de las 50 mn y hasta 80 m de profundidad. Las Aguas Costeras Frías (ACF) se ubicaron dentro de las 40 mn con formaciones de núcleos de mezcla por la interacción con las ASS. La distribución vertical de iso-oxígenas e isotermas, indican que el afloramiento se ha estado desarrollando dentro de las 25 mn de la costa, entre los 100 y 40 m de profundidad.

Frente a Pta. Caballas, las ASS con salinidades mayores de 35,1 ups se ubicaron por fuera de las 120 millas de la costa y con una profundización de hasta los 90 m, mientras que por debajo de los 40 m de profundidad y entre las 50 y 100 mn de la costa se observa un flujo de Aguas Templadas Subantárticas (ATSA), con proyección hacia el norte, flujo que ha replegado a las ASS hacia el oeste. Este comportamiento, algo usual en época del invierno austral (abril a junio), se presentó con mayor fuerza en relación a lo que se observó en septiembre del 2003 (Cr. BIC Apropisco 2003-09/10).

Desde Arica hacia el sur, la distribución de salinidad en la vertical (Fig. 7b) tuvo diversas estructuras. En la zona de Arica a Bahía Moreno, predominaron las salinidades de mayor valor relativo, en el sector oceánico, mientras que hacia la costa fue variada, encontrándose bajas salinidades en las

secciones de Punta Junín y Punta Lobos, con una salinidad costera superficial relativamente alta en la sección Arica.

Núcleos de baja salinidad se destacaron de Punta Lobos hacia el sur, a nivel subsuperficial, encontrándose tanto en la costa como en el sector oceánico de las secciones. En la sección de Caleta Inglesa se observó como este núcleo abarcó la capa entre los primeros 100 a 150 m, en forma muy desarrollada, en el área costera al sur del área de estudio.

Bajo este mínimo sub-superficial se ubicó un núcleo de máxima salinidad relativa, que fue importante hacia la mitad norte, disminuyendo su salinidad y espesor hacia el extremo sur de la zona. Es así como en las secciones de Arica a Iquique, este núcleo, con salinidades mayores a 34,8 ups, presentó un espesor de casi 200 m, disminuyendo su espesor en las secciones siguientes, mientras que en el área de Paposó este núcleo se presentó a lo largo de toda la sección pero visiblemente con una menor salinidad, de 34,7 ups. Desde esta sección hacia el sur este núcleo tuvo una salinidad máxima de 34,6 ups, quedando los núcleos de salinidad mayor a 34,7 y 34,8 ups con un menor tamaño y espesor y también ubicados más pegados a la costa (Fig. 8b).

En la transecta paralela al litoral a 200 km (Fig. 8) de la costa aproximadamente se pudo destacar la presencia de una termoclina superficial muy fuerte y gradiente halino intenso entre los 5°N y 3°S, con un comportamiento más homogéneo al sur de los 5°S, observándose la distribución de la isoterma de 15°C paralela a la superficie alrededor de los 80 m de profundidad.

Las ASS se situaron entre los 0° y 20°S con un espesor de 200 m de profundidad, predominantemente entre los 0° y 5°S.

Se observó la presencia de la Cromwell entre los 3° y 5° S, no muy desarrollada.

## 5. DISCUSION

Las condiciones atmosféricas globales observadas a partir del mes de junio del 2004, sugerían un comportamiento anómalo, contrastando con las zonas costeras del Pacífico oriental, tal como se observó en la zona norte del Pacífico colombiano que presentó ocurrencia de precipitaciones entre ligero a moderado, con actividad convectiva moderada al oeste de los 100°W, debido a que la ZCIT se localizó al norte de los 8° N.

Así mismo, el Anticiclón del Pacífico Sur mostró su ubicación dentro de lo normal, variando a fines de septiembre cuando

presentó una mayor intensidad, alcanzando anomalías positivas hasta de 3 hPa.

De acuerdo a la información obtenida durante el Crucero Regional, al momento, el Pacífico Sudeste se encuentra en una etapa de transición estacional, evidenciándose el ingreso de aguas cálidas superficiales desde el norte. Subsuperficialmente, la estructura termohalina encontrada durante toda la evaluación no mostró signos de calentamiento anómalo al norte de Ecuador, en tanto que, las anomalías térmicas y halinas, que se han registrando desde los primeros días de septiembre en la zona norte del Perú y sur de Ecuador, tienen relación con los núcleos cálidos subsuperficiales que se vienen observando en el Pacífico ecuatorial (NOAA, 2004) son alteraciones comunes y de poca duración, asociadas al arribo de ondas Kelvin, que originan fluctuaciones del Frente Ecuatorial con la consiguiente proyección hacia el sur de AES y ATS.

Por otro lado, los vientos predominantemente fueron del S y SW con intensidades promedio de 7 ms<sup>-1</sup> al sur de los 5°S favoreciendo el afloramiento costero. Sus mayores intensidades se presentaron al sur de Arica (24,5 ms<sup>-1</sup>).

El IOS mantenía valores negativos, a pesar que las observaciones de los vientos durante el Crucero mostraron anomalías positivas en el Pacífico Sur Oriental (Fig. 10), indicativo de que las anomalías eran propias del Pacífico Central.

La TA en promedio presentó ligeras anomalías, las que fluctuaron alrededor de sus valores normales.

Las condiciones oceanográficas observadas por las estaciones costeras, mostraron en general anomalías negativas de la TSM, a pesar que en el Pacífico Ecuatorial Central se observaron anomalías positivas mayores de 0,5°C.

Asimismo se observaron a nivel subsuperficial, núcleos cálidos con anomalías positivas de hasta +4°C desplazándose desde el Pacífico Ecuatorial Central hacia el Pacífico Oriental por medio de las ondas Kelvin. Estos desplazamientos se amortiguaron por la persistencia de los vientos alisios que se mostraron en las costas de Sudamérica.

La estructura térmica vertical presentó en la zona norte gradientes térmicos de hasta 8 isotermas al norte de los 3°S, mientras que al sur hasta la transecta 13 (Paposó), la termoclina fue débil, mostrando también el ascenso de la isoterma de 15°C por el lado costero al sur de los 6° S.

Las temperaturas superficiales fluctuaron entre 28°C que fueron observadas frente a la costa del Pacífico Colombiano y 12,8°C registrados frente a la costa chilena, al sur de los 30° S.

Estas temperaturas estuvieron asociadas a masas de Agua de la Cuenca Colombiana (ACC), con las Aguas Tropicales Superficiales (ATS) que estuvieron entre Colombia y norte de Ecuador, con Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) en Ecuador y norte del Perú, con las Aguas Costeras Frías (ACF) y las Aguas Subtropicales Superficiales frente al Perú y las Aguas de la Subantártica (ASAA) frente a Chile. (Wooster & Gilmartin, 1961; Wyrski, 1967; Zuta & Guillén 1972; Mamayev, 1973 y 1975; Silva & Konow, 1975; Cucalón 1983; Blanco & Díaz, 1986; Grados, 1989).

Las AES se proyectaron hacia el sur, con valores mínimos de 34,3 ups en Paita y con presencia hasta las 90 mn (2-3 septiembre), mientras que, en Punta Falsa se registraron valores de 34,7 ups en la zona costera (4-5 septiembre), estas AES se han acentuado, pero también se han ido desplazando hacia el oeste, tal como se ha registrado en el presente crucero. Lo que no se ha observado en esta oportunidad, es la incursión de salinidades menores de 34,0 ups propios de las ATS, tal vez por las condiciones frías preexistentes frente a la costa peruana que podrían haber amortiguado la presencia de estas aguas. Asimismo, los valores de salinidad observados fuera de las 70 mn frente a Punta Falsa y Paita han sido mayores de 34,6 ups, habiéndose registrado presencia de anchoveta alrededor de las 120 mn frente a Paita, evidenciando que el recurso no fue mayormente afectado (Crucero Oceanográfico 0409-10, 2004).

Al sur de los 18°S las temperaturas Subsuperficiales destacaron por la disminución de sus valores de norte al sur, incluso la Isotherma de 8°C presentó un ascenso en su ubicación, mientras salinidades con mayor valor relativo predominaron entre Arica a Bahía Moren, y los núcleos de bajas salinidades se destacaron de punto Lobos hacia el sur, tanto en costa en sector oceánico

## 6. CONCLUSIONES

Las condiciones oceánicas y atmosféricas observadas durante el presente crucero, alrededor de las Islas Galápagos son propias del período. En la zona oceánica se registraron anomalías térmicas positivas de hasta 1°C, mientras que, por efecto de una nueva fluctuación del Frente Ecuatorial, en la zona costera entre los 05° y 06° S se registraron anomalías de hasta +2,32°C.

Al sur de los 06° S y dentro de las 100 mn, se desarrolló el afloramiento costero.

La dirección del viento no presenta anomalías, registrándose vientos predominantes del sureste, con velocidades entre 4 y 7 ms<sup>-1</sup>, exceptuando las zonas frente a Paita y de Pimentel al Callao donde se registraron vientos hasta de 12 ms<sup>-1</sup>. Se presentaron anomalías positivas de hasta 5 nudos en la velocidad, especialmente en el área comprendida entre 89° y 92°W.

El Frente Ecuatorial ocupó gran parte del área de muestreo y mostró un débil gradiente termohalino, debido a su repliegue hacia el sur y al ingreso de ATS a la región. Así, el AES predominó en toda el área norte del crucero, fuertemente mezclada con ATS. Subsuperficialmente se encontró Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS).

La proyección de AES originadas por el arribo de Ondas Kelvin del Pacífico Ecuatorial, han presentado una disminución en su intensidad, por la persistencia de los vientos alisos, asimismo se prevé que estas anomalías sean de poca duración.

Al sur de Arica destacaron la disminución de los valores de temperatura y los núcleos de bajas salinidades en el sector costero y oceánico

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la CPPS, en especial a la Secretaría General y a la Dirección Científica por la coordinación realizada para que este VII Crucero Regional fuese una realidad.

También se agradece a las instituciones que en cada país financiaron los cruceros:

En Colombia: a la Armada Nacional por medio de la Dirección General Marítima por su apoyo en la programación del crucero. Al Centro de Control de Contaminación del Pacífico por su aporte técnico

En Ecuador: al Instituto Oceanográfico de la Armada y al Instituto Nacional de Pesca.

En Perú: al Instituto del Mar del Perú y a la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina.

En Chile: al Instituto del Fomento Pesquero y al Fondo de Investigación Pesquera.

Así mismo a los Comandantes, tripulación y personal científico participante de los buques de investigación: ARC *Providencia* de Colombia, B/I *Orión* y B/I *Tohalli* de Ecuador, BIC *José*

*Olaya Balandra* y BIC APROPISCO de Perú y B/I *Carlos Porter de Chile*, por su valiosa contribución en la ejecución del VII Crucero Regional Conjunto de Investigaciones Oceanográfica del Pacífico Sudeste.

## REFERENCIAS

BAC No.168 a 169. Boletín de Alerta Climática. Comisión Permanente del Pacífico Sur. Agosto a Noviembre 2004.

Reporte Final de Crucero. 2003. Sexto Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste-Septiembre 2003. Comisión Permanente del Pacífico Sur. Quito. Ecuador.

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. *J. Geophys. Res.* 106, C6, 11451-11467.

Blanco, J. L. & M. Díaz, 1986. Características oceanográficas y desarrollo de El Niño 1982-1983 en la zona norte de Chile. *Investig. Pesquera (Chile)* 32:53-60.

Cucalón, E. 1983. Temperature, salinity and water mass distribution off Ecuador during an El Niño event 1976. *Rev. Cien. Mar. Limn.* Vol. 2 No.1. 1- 25.

Grados, M. C. 1989. Variabilidad del régimen hídrico del codo peruano-chileno. *Rev. Com. Pacífico Sur* (número especial). 95-104.

Levitus, S. R. Burgett and T.P. Boyer. 1994. *World Ocean Atlas*. 1994. Volume 3, Salinity. NOAA Atlas NESDIS 3 U. S. Department of Commerce. Washington, D.C. 99 pp.

Mamayev, O. I. 1973. Water Masses of the Southeast Pacific Ocean. *Oceanography of the South Pacific* 197271-73 pp.

Mamayev, O. I. 1975. *Temperature-Salinity Analysis of the World Ocean Waters*. Elsevier Oceanog. Series, 11 :374 pp.

Morón O., & M. Campos. 2004. Operación APROPISCO. Prospección Pesquera Punta Caballas - Pucusana. B I C APROPISCO. Informe Interno IMARPE, Callao Perú.

NOAA, 2004. *Compilación El Niño*. [www.elnino.noaa.gov](http://www.elnino.noaa.gov)

Silva N. & O. Konow, 1975. Contribution to the knowledge of water masses in the southeast Pacific. Krill Expedition. Cruise 3-4. July-August 1974. *Rev. Com. Per. South Pacific.*, 3~63-75.  
Strub, P.T., J. Mesías, V. Montecinos, J. Rutland & S. Salinas. 1998. Coastal Ocean Circulation off western South America. *Coastal Segment (6E), The Sea* Vol. 11.

Tsuchiya M., & L. O. Talley. 1998. A Pacific hydrographic section at 88° W: Water property distribution. *Jour. Of Geophys. Res.*, Vol. 103, No. C6, pp 12,899-12,918.

UNESCO 1983. *Manual de técnicas para análisis de parámetros oceanográficos*.

Wooster, W. & M. Gilmartin, 1961. The Peru-Chile Undercurrent. *J. Mar. Res.* 19:3, 97-122.

Wooster, W. S. 1969. Equatorial front between Perú and Galapagos, *Deep Sea Res. Oceanogr. Abstr.*, 16, suppl., 407-419.

Wyrtki, K. 1967. Circulation and water masses in the Eastern Equatorial Pacific Ocean. *International Journal Oceanology and Limnology*, 1(12):117-147.

Zuta, S & O. Guillén 1972. *Oceanografía de las aguas costeras del Perú*. Inst. del Mar. Callao-Perú.

**COMISION PERMANENTE DEL PACIFICO SUR (CPPS)**

**COLOMBIA – ECUADOR – PERU – CHILE**

**SEVENTH REGIONAL JOINT OCEANOGRAPHIC RESEARCH CRUISE IN THE  
SOUTH EAST PACIFIC (SEPTEMBER – OCTOBER 2004)**

**FINAL REPORT**

**Guayaquil, Ecuador  
2005**

## CONTAINS

FOREWORDS	18
1. ABSTRACT	19
2. INTRODUCTION	19
3. METHODOLOGY	19
4. RESULTS	20
4.1 Meteorology	20
4.2 Oceanography	20
4.2.1 Sea surface characteristics	20
4.2.2 Subsurface characteristics	22
5. DISCUSSION	23
6. CONCLUSIONS	24
ACKNOWLEDGEMENTS	24
REFERENCES	25
ANEXXES	26
Annex I. Cruises carried out by each country, dates, number of stations and assessed parameters	27
Annex II. Institutions and scientific personnel participants in the Seventh Regional Joint Oceanographic Research Cruise in the South East Pacific (September-October 2004)	28
Annex III. Coordination Committee of the VII Regional Joint Cruise	30
Annex IV. Exchange of scientists aboard the vessels	31
FIGURES	32

## TECHNICAL NAMES GLOSSARY

ARC: Colombian Army	INOCAR: Oceanographic Institute of the Navy
AT: Air Temperature	INP: National Fishing Institute
BAC: Climatic Alert Bulletin	INVEMAR: Marine Research Institute
B/I: Research Vessel	ITCZ: Intertropical Convergence Zone
BIC: Scientific Research Vessel	nm: Nautical Mile
CCCP: Center for Pollution Control of the Pacific	NOAA: National Oceanographic and Atmospheric Administration
CPPS: Permanent Commission for the Southeast Pacific	SEW: Surface Equatorial Water
CTD: Conductivity Temperature and Deep	SOI: Southern Oscillation Index
CW: Colombian Coastal Waters	SSEW: Subsurface Equatorial Water
CCW: Coastal Cold Water	SST: Sea Surface Temperature
DHN: Hydrographic and Navigation Direction	SSW: Subantartic Surface Water
hPa: Hecto Pascal	STSW: Subtropical Surface Water
IDEAM: Environmental Studies Institute	T-S: Temperature – Salinity
IMARPE: Peruvian Marine Research Institute	STW: Surface Tropical Water
IFOP: Fisheries Development Institute	UMNG: New Granada Military University
INAMHI: National Institute of Meteorology and Hydrology	UNESCO: United Nation Educational, Scientific and Cultural Organization
	Psu: practical salinity units

## FOREWORD

It is a pleasure for the General Secretary of the Permanent Commission for the South Pacific to present the Final Report of the Seventh Regional Joint Oceanographic Research Cruise in the South East Pacific, coordinated by CPPS and executed in the framework of the Regional Research Program on the "El Niño" Phenomenon - ERFEN. The cruise was carried out between September and October 2004 by Member Countries through the following scientific institutions: the Fisheries Development Institute-IFOP, Chile; the Center for Pollution Control of the Pacific- CCCP, Colombia; the Oceanographic Institute of the Navy- INOCAR and the National Institute of Fisheries, Ecuador; and the Peruvian Marine Research Institute- IMARPE.

Since the implementation of the ERFEN program, the oceanographic information comes from the oceanographic cruises conducted by each country in the context of their own national research programs. In 1998, the Member Countries of CPPS decided to carry out Regional Joint Oceanographic Research in the South East Pacific as a tribute to the international year of the oceans. The cruise produced excellent results giving a complete regional vision of the oceanographic conditions of the South East Pacific. Because of its importance, the XIV Meeting of the Coordination Scientific Research Commission- COCIC of CPPS, recommended the institutionalization of the regional cruise to be conducted on an annual basis. Such recommendation was welcomed by the VI Meeting of Foreign Affairs Ministers of the Member Countries of CPPS, held in Chile, in August 2000.

The Protocol on the Regional Research Program on the "El Niño" Phenomenon in the South East Pacific, a binding mechanism that provides the legal framework to the ERFEN Program, establishes in its Article V, the execution of integrated surveillance activities through seasonal coordinated cruises, among others. It is also valuable to highlight what Article III of the Protocol establishes, by means of which the Contracting Parts obligate themselves, among others, to carry out the necessary efforts through their specialized institutions, providing to the ERFEN Program with scientific, technical and administrative personnel, research vessels, infrastructure for research and training, as well as support to the meetings of the ERFEN Program.

So far, seven successful regional cruises have been carried out, each executed in different circumstances: "El Niño" 1997-1998; "La Niña" 1999; relative normality 2001; signs of "El Niño" 2002 in the Western and Central Tropical Pacific; conditions of normality 2003; and positive anomalies of the sea surface temperature in the Western and Central Tropical Pacific in 2004, allowing a comparative analysis and continue with the preparation of a databank for time series and modeling analysis.

This report was preceded by the presentation of an Executive Summary to the Governments of Chile, Colombia, Ecuador and Peru, in November 2004; to the United Nations organizations as well as to technical national and international institutions in accomplishing agreements for its diffusion; and a progress report to the XVII Meeting of the Regional Scientific Committee of the ERFEN Program, held in November 2004 in Lima, Peru. The Regional Cruise Coordination and Editor Committee met in March 2005 in Guayaquil, Ecuador, review the preliminary report and adopted it for its diffusion.

The General Secretary of the CPPS wish to express its acknowledgements to the governments, through CPPS National Sections, to the technical participating institutions, scientists, technical personnel, officials and crews of the research vessels, for their contribution to the execution of the Seventh Regional Cruise. It is also recognized the improvement in its planning and implementation, as well as in the exchange of scientists aboard the vessels. The General Secretary acknowledges the contribution of the Cruise Coordination Committee.

Gonzalo Pereira Puchy  
Secretario General (E) de la CPPS

Ulises Munaylla Alarcón  
Director Científico CPPS

# SEVENTH REGIONAL JOINT OCEANOGRAPHIC RESEARCH CRUISE IN THE SOUTH EAST PACIFIC (SEPTEMBER – OCTOBER 2004)

## METEOROLOGICAL AND OCEANOGRAPHIC CONDITIONS IN THE SOUTH EAST PACIFIC DURING SEPTEMBER – OCTOBER 2004

M. Braun<sup>7</sup>, J. Ortiz<sup>8</sup>, E. Pinto<sup>9</sup>, T. de la Cuadra<sup>10</sup>, E. Zambrano<sup>3</sup>, R. Flores<sup>11</sup>, C. Grados<sup>5</sup>, L. Pizarro<sup>5</sup> y U. Munaylla<sup>12</sup>

### 1) ABSTRACT

In the area comprised between 6.5° N off the tropical rain forest of the Choco in Colombia and 30° S off Coquimbo in Chile, one of the most important monitoring and surveillance expeditions was carried out between September-October 2004, in which a total of 249 oceanographic stations were performed. Research cruises from Colombia, Ecuador, Peru and Chile studied the components of the physical, chemical and biological variability of the eastern South American border in the framework of the VII Regional Joint Oceanographic Research Cruise in the South East Pacific, coordinated by the Permanent Commission for the South Pacific (CPPS).

Although slightly warm conditions prevailed in the western and central tropical Pacific, which raised awareness for the possible presence of the "El Niño" event, changes in the temperature and precipitation levels recorded along the South East Pacific coast were basically associated to the displacement of the Inter-tropical Convergence Zone and to the influence of Trade winds over the general circulation system. Furthermore, local upwelling processes in Chile, Peru and Ecuador, did not show relevant changes, situation that allowed confirming conditions around normality during the research period.

### 2) INTRODUCTION

After a period in which cold to neutral conditions prevailed in the central and eastern Pacific from June 2003 through May 2004, positive anomalies of the sea surface temperature higher than 0.5°C were observed from June 2004 onward in the central equatorial Pacific, which persisted until October, moving slowly toward the South American coast. Meanwhile, negative anomalies of the sea surface temperature maintained up to October 2004 in the eastern Pacific.

Between July and September 2004, satellite images (NOAA) showed the formation of warm nucleus with positive anomalies up to +4°C in the sub-surface layer of the equatorial Pacific (100° – 140° W), which were transported toward the eastern Pacific by oceanic Kelvin waves. The magnitude of such approximation of warm waters was slight due to a major

persistence of Trade winds on the South American coasts, maintaining the circulation system and coastal upwelling along the South East Pacific and preventing the displacement of warm waters from the central tropical Pacific toward South America.

The VII Regional Joint Oceanographic Research Cruise in the South East Pacific allowed knowing the meteorological and oceanographic conditions in the South East Pacific between the end of August through November 2004.

### 3) METHODOLOGY

Between September and October 2004, CPPS coordinated the development of the VII Regional Joint Oceanographic Research Cruise in the South East Pacific off the coasts of Colombia, Ecuador, Peru and Chile, with the participation of 6 oceanographic vessels (see Annex. 1).

The study area was comprised between 6.5° N y 32° S and from the coast up to 92° W. A total of 249 oceanographic stations distributed in 26 perpendicular sections to the coast were performed (Fig. 1).

The methodology used by each country to obtain data, sampling and posterior analysis during the study period correspond to the standard methodology used in oceanography and meteorology.

In each station, temperature and salinity profiles were made using a CTD (Seabird

<sup>7</sup> Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Chile.

<sup>2</sup> Centro de Control de la Contaminación del Pacífico (CCCP), Colombia.

<sup>3</sup> Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), Ecuador.

<sup>4</sup> Instituto nacional de Pesca (INP), Ecuador.

<sup>5</sup> Instituto del Mar de Perú (IMARPE), Perú.

<sup>6</sup> Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). Coordinador General.

model 19) up to a maximum depth of 500 m. Sea surface temperature was measured using a bucket thermometer. Water samples for analysis of salinity, dissolved oxygen, chlorophyll "a" and phytoplankton were obtained with 5-Lt Niskin bottles at standard depths. Salinity values were used for validation of the data obtained with the CTD and expressed as practical salinity units (psu) (UNESCO, 1983).

Processed data were used to build charts on surface distribution of temperature, salinity and dissolved oxygen, as well as charts of temperature and surface salinity anomalies using the Levitus climatology (Levitus & Boyer, 1994, Levitus *et al.*, 1994) and depth charts of the 15°C and 20°C isotherms.

The water column was analyzed through 13 transects perpendicular to the coast and one transect parallel to the coast 200 km offshore. The definition of water masses was made with T-S diagrams.

Information on wind velocity and direction, air temperature (AT) and surface atmospheric pressure (SAP), were recorded according to the methodology of the World Meteorological Organization (WMO). Meteorological conditions along the South East Pacific coast during the study period were obtained from the Climatic Alert Bulletin (BAC N° 168 and 169) published by CPPS.

## **4) RESULTS**

### **4.1. Meteorology.**

The Inter-tropical Convergence Zone was located by 8°N on the average. East to 100°W, next to the South American coast, the ZCIT was located between 6°N and 9°N, as a consequence of the drag effect caused by the permanent transit of cyclonic systems through the Caribbean or nearby areas, which influences directly the northern zone of the Colombian Pacific. That is why the precipitation increased from slight to moderate and dense cloudy layers were present at these latitudes. West to 100°W the ZCIT formed a continuous strip composed of disperse cells of moderate convective activity.

During the beginning of September, the South Pacific anticyclone (ASP) had a normal configuration with a nucleus showing an intensity of 1020 hPa, value considered inside the normal variability. By the end of September, the anticyclone nucleus reached an intensity of 1025 hPa, showing a positive anomaly of +2.0 hPa and a higher variability than during the first part of the month. However, during short periods it was observed

a weakening of the APS (CTCENFEN Set 2004). On the other hand, the ASP showed a zonal configuration in October, west to its normal location, with intensity higher than the average and the nucleus reached a positive anomaly up to 3 hPa (CTCENFEN Set 2004).

Between Buenaventura and La Libertad SW winds with intensities between 4 and 12 ms<sup>-1</sup> prevailed. Significant turbulences were present between Buenaventura and Tumaco. Between La Libertad and Arica, SE winds showed an intensity of 7 ms<sup>-1</sup> on the average. South of Arica, S winds prevailed with values up to 24.5 ms<sup>-1</sup> south of Antofagasta (Fig. 10).

The air temperature (AT) along the Colombian coast showed lower values than the historic monthly average. Along the coast of Ecuador AT showed slight positive anomalies. In Peru AT increased in all stations along the coast. In Chile, the northern zone showed slight negative anomalies whereas in the central and austral parts AT showed positive anomalies in general (BAC N° 168, 169).

## **4.2. Oceanography**

### **4.2.1. Sea surface characteristics.**

#### **Temperature**

The SST ranged between 12.8 °C and 28°C with the highest values recorded off the Colombian coast. The lowest values were recorded south 30°S off the coast of Chile (Fig. 2a).

In the Colombian basin, SST ranged between 26.1°C and 28.1°C off Bahía Solano (6.5°N) and Tumaco (2°N), respectively. The presence of surface waters of lower temperature (26°C – 26.5°C) was evident from the south influenced mainly by southwest Trade winds, which reach their maximum intensity in this season.

The Equatorial Front was formed by 22°C and 25°C isotherms, located in the area next to La Libertad (3°S) and Galapagos Islands as a wide quasi-zonal strip. Such front showed a weak thermal gradient due to the southward advection of warm waters.

Along the coast of Ecuador, SST values ranged between 21°C in the southern part and 26°C in the north between 86° W and 83° W. The cold water (21°C) originated in the coastal branch of the Humboldt Current, which was located away from the coast (between 86° W y 87° W) in a recess process.

Upwelling areas with temperatures lower than 17°C were present between Paita (5°S) and San Juan (15°S) and from Arica (18°25'S)

southward, with a maximum coverage starting at 22°S. Southward Paita, temperatures above 18°C were associated to surface subtropical waters.

Slight negative anomalies were found off Salaverry, Arica and Antofagasta, associated to local upwelling processes and around the Galapagos Islands due to the upwelling of the Cromwell Subsurface Current, caused by topographic effects. In general, slight to moderate anomalies prevailed, particularly in the zone located between Manta and Paita with values higher to +2.5°C. A similar situation occurred in the oceanic sector 50 nm off Arica, between Iquique and Tocopilla, where significant positive anomalies (+1,5°C) were found, although of lower magnitude (Fig. 2b).

### **Salinity**

Salinity at surface showed values between 27 and 35,35 psu on the coast of Colombia (mainly between 78° – 78°30' W and 4° 30'N – 6°N) and off Callao (77° W and 12° S), respectively (Fig. 3a). In the first case, the low salinity observed on the coast of Colombia corresponded to the numerous river discharges and runoff of the Chococoan coast (4°N – 6°N) and to the precipitations caused by the activity of the ITCZ, whereas the highest value was associated with the movement of waters from the west toward the central coast of Peru, as typical for the season.

The haline distribution showed the presence of the Equatorial Front with values between 34.8 and 34 psu between 3°S and 5°S, south of its normal location and had fairly weakened. In respect to the last, a nucleus of 34.8 psu was present up to 7°30'S in a recess process, indicating an uncommon displacement of the Equatorial Front to such latitude.

In the coastal zone south of 6°S, waters with typical salinity of the coastal upwelling were present ( $\leq 35$  psu) associated with the coastal Peruvian-Chilean Current. Off the coastal border between 9°S and 21°S, waters of high salinity ( $\geq 35.1$  psu) with a normal configuration were found reaching their maximum proximity to the coast off Chimbote (9°S).

Anomalies of salinity (Fig. 3b) ranged +/- 1.2 psu. Most fluctuations were recorded north of the equator off Buenaventura (4°N) with a nucleus of +1.2 psu, associated with a semi permanent upwelling process caused by the topography of Malpelo Island.

Between 4°N and 9°S, negative anomalies of salinity prevailed (-0.2 psu), especially in the coastal sector of Ecuador due to major

discharges of the Guayas River into the Gulf of Guayaquil.

A negative nucleus off Chicama was associated with the movement of low salinity waters, but there was a normal presence of waters with high haline concentration. South of Chimbote, the variability of the salinity anomalies decreased considerably (0 and +0.2 ups) with maximum values off the coast between Iquique and Paposo.

### **Dissolved oxygen**

The concentration of dissolved oxygen at surface in the South East Pacific showed values ranging between 4 and 6 mL<sup>-1</sup>. The lowest values were found off the coast of Peru and focalized in some areas off Chile, associated with coastal upwelling processes. Maximum values were recorded from Ilo southward (Fig. 4).

Off Colombia and Ecuador, the distribution of dissolved oxygen was homogeneous ranging between 4.45 and 4.97 mL<sup>-1</sup> and between 4.67 and 5.19 mL<sup>-1</sup>, respectively.

The highest heterogeneity of the region was found off Peru and Chile, with values lower than 2 to 6.71 mL<sup>-1</sup> and 8.28 mL<sup>-1</sup>, respectively.

It is important to highlight that the coastal areas showed concentrations lower than 4 mL<sup>-1</sup> off Ecuador and Peru. The highest variability was found from Paita to Chimbote from 13°S to 15°S and the smallest off Iquique and Antofagasta.

### **Chlorophyll "a"**

Values recorded in Colombia indicate a homogeneous distribution, ranging between 0.16 and 0.98 ug/L in the entire surveyed area.

In Ecuador, the section 92°W showed a surface layer with concentrations between 0.24 ug/L y 0.98 ug/L located at 2-3°S. The lowest concentration of chlorophyll "a" was recorded at 2°S with a value of 0.04 ug/L (Fig. 11). The chlorophyll "a" biomass was distributed in the sections 92° and 86°W associated to surface temperatures distributed 2°S in a range of 20 to 23°C.

In the section 89°W, the highest concentration of chlorophyll "a" was found at 3°S with a value of 0.38 ug/L and a decreasing tendency northward. The lowest concentrations of chlorophyll were recorded around 2°S with 0.1 ug/L (Fig. 11).

In the section 86°W, a nucleus of chlorophyll "a" was found at station 12 with an average value of 0.76 ug/L, which decreased progressively toward 1°S where values lower than 0.14 ug/L were found.

In Peru, chlorophyll "a" showed concentrations of 0.28 ug/L at 150 mn off Punta Falsa. The Surface Equatorial Water (SEW) was located north of Punta Falsa with isolines of chlorophyll "a" between 0.5 and 3 ug/L, although concentrations between 0.5 and 1 ug/L prevailed. In the southern part, areas with higher productivity (>3.0 ug/L) were found in the first 40 nm. The highest concentrations of chlorophyll "a" were found off Salaverry and related to concentrations of oxygen between 5 and 6 mL<sup>-1</sup>.

In Chile, chlorophyll "a" values ranged between 0.04 and 15.52 ug/L, with higher values in coastal areas and lower off 30 nm.

#### **4.2.2. Subsurface characteristics**

##### **Depth of the 15°C and 20°C isotherms**

Off Ecuador and Colombia, the 15°C isotherm was located uniformly around 100 m in depth, reaching 120 m only in few areas, especially in the surrounding waters of Galapagos and 200 nm off Buenaventura and Manta. Depth decreased toward the coast, reaching 80 m off Buenaventura, Esmeraldas and La Libertad (Fig. 5a). These parameters are inside the normal range for the transitional season when this cruise was carried out.

In Peru and Chile, the 15°C isotherm was located between 60 and 80 m at 200 nm offshore and 20 m in the coastal area of both countries. Depths higher than 80 m were located 100 mn off Chancay and Chimbote and the shallowest near the coast of Callao, Chimbote, Punta La Negra, Punta Lobos and south of Paposo. The isobaths behavior indicated the presence of prevailing fluxes northward, extending even north 6°S. There were no southward fluxes on the coastal area, indicating the absence of the Southern Extension of the Cromwell Current (SECC).

The 20°C isotherm was located between 40 and 50 m in depth off of Colombia and Galapagos Islands, decreasing in depth southward, with values of 20 m off Paita and reaching the surface at Chicama (Fig. 5b).

##### **Vertical distribution of temperature and salinity**

In the northern part of Colombia (transect 4°N), water with 26°C of temperature was found up to 30 m in depth with small areas of

27°C. The seasonal thermocline showed a variation of 8°C, being narrower in longitudes 84°W and 78°W between 30 and 50 m in depth.

Transects from Buenaventura to Tumaco (4°N, 3°N and 2°N) showed a temperature of 26°C from the surface downward to 40 m and the seasonal thermocline between 40 and 60 m in depth. From 200 m downward to 500 m, temperature steadily decreased 1°C each 50 m in depth.

In the equatorial area, four sections along meridians 92°W, 89°W, 86°W and 83°W between 1°N and 3°S, showed an intense thermal gradient in the northern part of the sections, which decreased progressively southward, especially south of 1°S. The mixture layer was 40 m thick in the northern part of the sections (1°N) and just of 5 m thick southward (3°S).

Off Chimbote, Callao and Punta Caballas, the thermal structure showed a thermocline with a thermal gradient of 15-17°C located above 100 m in depth and 100 mn offshore. It became shallower, above 50 m in depth, toward the coast associated with an oxycline of 1 to 5 mL<sup>-1</sup> and with the coastal upwelling in the first 20 nm.

The transect Punta Lobos showed a surface thermocline formed by 14°C and 17°C isotherms located between 40 and 70 m in depth, with a positive slope in the coastal region. The transect off Paposo showed a weak thermocline between 40 and 70 m in depth formed by 13°C and 16°C isotherms, also with a rising trend toward the coast.

South of Arica, the vertical distribution of temperature showed more intense gradients in the northern part (Fig. 6b). The highest surface temperatures were recorded by the middle part of the northern area, with maximum values at surface higher than 18°C. Toward the coastal sector in the southernmost area, temperature did not reach 14°C in the transects, whereas in the transect Caleta Inglesa the surface temperature was between 14°C and 15°C. Temperature also decreased in a north to south direction, which was evident for the rising in depth of all isotherms. At deeper level, the 8°C isotherm showed also a rising characteristic from 500m to 400m between both ends of the zone (Fig. 8a).

In respect to the surface salinity, transects from 5°N to 2°N showed values between 30 to 33 psu in the first 40 m of the oceanic zone (Fig. 7a). The halocline was present in the coastal zone between 40 and 60 m in depth with values between 33 and 34.8 psu, typical

of the Colombian Basin Waters (CBW). In the oceanic zone, the halocline was located between 36 and 58 m in depth with values between 33.4 and 34.8 psu and characteristics of Surface Tropical Waters (STW). In the first 80 m the profile showed a rising behavior up to 39.4 psu, then steadily decreased to 34.7 psu at 500 m in depth, showing characteristics of Subsurface Equatorial Water (SSEW), condition presented in the entire sampled area below the halocline.

In the sampled sections from 1°N to 3°S, salinity showed little variation at surface with values around 34.8 psu in the southern part and of 33.8 psu north of 0° latitude. The nucleus of maximum salinity of the equatorial area was found between 80 and 110 m in depth and south 0°30'S, which reached 35.3 psu and characterized to the Surface Equatorial Waters (SEW), possibly transported eastward by the Equatorial Undercurrent. After the halocline, the area showed characteristics of SSEW.

Off Chimbote and Callao, salinity showed concentrations above 35.1 psu corresponding to Subtropical Surface Waters (STSW) 50 nm offshore and up to 80 m in depth. Coastal Cold Water (CCW) was located in the first 40 nm with a mixed nucleus due to the interaction with STSW. The vertical distribution of iso-oxygen and isotherms, indicate that the upwelling has been developing in the first 25 nm, between 100 and 40 m in depth.

Off Punta Caballas, STSW with salinity above 35.1 psu was located 120 nm offshore up to 90 m in depth. A flux of Sub-Antarctic Temperate Waters (STW) with northward direction was found below 40 m in depth, which displaced STSW westward. This behavior, usual for the austral winter season (April-June), was stronger than observed in September 2003 (Cr. BIC Apropisco 2003-09/10).

From Arica southward, the vertical distribution of salinity had different structures (Fig. 7b). In the area from Arica to Bahía Moreno, salinity with the highest relative value prevailed in the oceanic sector, whereas toward the coast it was variable, with low salinities in sections Punta Junín and Punta Lobos, and with a coastal surface salinity relatively high in the Arica section.

Nucleuses of low salinity at subsurface level were found from Punta Lobos southward in both coastal and oceanic sections. In the Caleta Inglesa section it was observed how this nucleus included the upper layer 100-150 m of the southern coastal zone.

A nucleus of maximum salinity was located below this subsurface minimum, which was significant by the northern mid part. Salinity and layer thickness decreased at the southernmost part. In the sections Arica to Iquique, this nucleus with a salinity above 34.8 psu showed a thickness of almost 200 m, decreasing in thickness in the next sections, whereas in the Paposos area this nucleus was present along the entire section but with slight lower salinity (34.7 psu). From this section southward, the nucleus had a maximum salinity of 34.6 psu, with a smaller and thinner nucleus of higher salinity of 34.7 psu and 34.8 psu located also next to the coast.

In the transect parallel to the coast 200 km offshore the presence of a strong surface thermocline and an intense haline gradient between 5°N and 3°S were noticed, with a more homogeneous behavior south of 5°S (Fig. 8). The 15°C isotherm was found distributed parallel to the surface by around 80 m in depth.

The STSW was located between 0° and 20°S with a thickness of 200 m, although predominated between 0° and 5°S. The Cromwell Current was found between 3° and 5°S but was not well developed.

## 5. DISCUSSION

The global atmospheric conditions observed from June 2004 onward suggested an anomalous behavior in opposition to the coastal zones of the eastern Pacific. For example, in the northern part of Colombia, precipitations occurred with weak to moderate intensity and moderate convective activity west 100°W, due to the ITCZ was located north of 8°N.

Additionally, the anticyclone of the South Pacific was normally located, varying by the end of September when it presented a higher intensity reaching positive anomalies up to 3 hPa.

According to the information obtained during the Regional Cruise, the Southeast Pacific was in a seasonal transition stage with the incursion of warm surface waters from the north. At subsurface level, the thermohaline structure did not show signs of anomalous warming north of Ecuador. Meanwhile, thermal and haline anomalies, recorded since the first days of September in the north of Peru and south of Ecuador, were related to a warm subsurface nucleus observed in the equatorial Pacific (NOAA, 2004) and they were common short-term variations associated to the arrive of Kelvin waves, which originate fluctuations of the Equatorial Front with the consequent projection southward of both SSEW and STW.

On the other hand, S and SW winds with an average intensity of 7 m/s prevailed south of 5°S, favoring the coastal upwelling. The highest intensities were present at Arica (24.5 m/s).

The SOI maintained negative values despite winds showing positive anomalies in the South East Pacific (Fig. 10), indicating that such anomalies were from the central Pacific.

AT anomalies ranged around normal values.

Oceanographic conditions observed at coastal stations showed, in general, negative anomalies of the SST, despite positive anomalies above 0.5°C were recorded in the central Pacific.

Warm nucleuses with positive anomalies up to 4°C were recorded at subsurface level moving from the central Equatorial Pacific toward the Eastern Pacific as a consequence of Kelvin waves. Such movements were cushioned by the persistence of Trade winds along the coast of South America.

The vertical thermal structure showed thermal gradients up to 8 isotherms north of 3°N, whereas southward up to transect 13 (Paposo), the thermocline was weak, showing also the rising of the 15°C isotherm close to the coast south of 6°S.

Surface temperatures ranged between 28°C off Colombia and 8°C off Chile, south of 30°S.

These temperatures were associated with Colombian Basin Water (CBW) with Surface Tropical Waters (STW) between Colombia and north of Ecuador, with Surface Equatorial Waters (SEW) in Ecuador and north of Peru, with Coastal Cold Water (CCW) and Subtropical Surface Waters (STSW) off Peru, and Sub-Antarctic Waters (SW) off Chile (Wooster & Gilmartin, 1961; Wyrski, 1967; Zuta & Guillén 1972; Mamayev, 1973, 1975; Silva & Konow, 1975; Cucalón, 1983; Blanco & Díaz, 1986; Grados, 1989).

SEW projected southward with minimum values of 34.3 psu at Paita up to 90 nm offshore (2-3 September), whereas at Punta Falsa values of 34.7 psu were recorded in the coastal zone (4-5 September). SEW has accentuated and also moved westward, as recorded in this cruise. What was not observed in this opportunity was the incursion of salinities lower than 34 psu typical of STW, possibly due to the presence of cold conditions off the Peruvian coast that would have cushioned the presence of such waters. Furthermore, values of salinity higher than 34.6 psu were found 70 nm off Punta Falsa and Paita. The presence of anchovies around 120

nm off Paita was recorded during the Oceanographic Cruise 0409-10 (2004), showing that this resource was not affected.

South of 18°S, subsurface temperatures decreased in a north to south direction; even the 8°C isotherm showed a rising trend. Salinities with a higher relative value prevailed between Arica and Bahía Moren and low salinity nucleus was noticed from Punto Lobos southward in both coastal and oceanic sectors.

## 6. CONCLUSIONS

The oceanographic and atmospheric conditions observed during this cruise around the Galapagos Islands are normal for the season. Positive anomalies up to 1°C were recorded in the oceanic zone, whereas due to the effect of a new fluctuation of the Equatorial Front, the coastal zone showed anomalies up to +2.32 °C between 5°S and 6°S.

South of 6°S a coastal upwelling developed in the first 100nm.

Wind direction did not show anomalies; SE winds with velocities between 4 and 7 ms<sup>-1</sup> prevailed, except off Paita and from Pimentel to Callao where winds up to 12 ms<sup>-1</sup> were recorded. Positive anomalies up to 5 knots were recorded, especially in the area between 89° y 92°W.

The Equatorial Front occupied an extensive part of the sampling area and showed a weak thermohaline gradient due to its southward movement and the presence of STW in the region. Therefore, a mixture of SEW and STW prevailed in the entire northern area of the cruise. SSEW was found at sub-surface level.

The projection of SEW originated by the arrival of Kelvin waves from the Equatorial Pacific, showed a decreasing intensity due to the presence of Trade winds. It is foreseen that such anomalies be of a short duration.

South of Arica, it was remarkable the drop in the temperature and the presence of a low salinity nucleus in both coastal and oceanic sectors.

## ACKNOWLEDGEMENTS

It is with thanks to CPPS, especially to the General Secretary and the Scientific Direction, for their coordination effort to carry out this VII Regional Cruise.

We would also like to recognize the support of local institutions that financed the cruises in each country:

In Colombia: the National Navy through the Maritime General Direction - DIMAR for its support to the cruise planning. The Center for the Pollution Control of the Pacific - CCCP, provided technical-scientific support.

In Ecuador: the Oceanographic Institute of the Navy - INOCAR and the National Institute of Fisheries -INP

In Peru: the Peruvian Marine Research Institute - IMARPE and the Hydrographic and Maritime Navigation Direction.

In Chile: the Fisheries Development Institute - IFOP and the Fishing Research Fund.

To the commanders, crew and scientific personnel who participated onboard the research vessels: ARC *Providence*, Colombia; B/I *Orión* y B/I *Tohallí*, Ecuador; BIC *José Olaya Balandra* and BIC *APROPISCO*, Peru; and B/I *Carlos Porter*, Chile, because of their valuable contribution to the execution of the VII Regional Joint Oceanographic Research Cruise in the South East Pacific.

## REFERENCES

- BAC No.168 a 169. Boletín de Alerta Climática. Comisión Permanente del Pacífico Sur. Agosto a Noviembre 2004.
- Reporte Final de Crucero. 2003. Sexto Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste-Septiembre 2003. Comisión Permanente del Pacífico Sur. Quito. Ecuador.
- 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. *J. Geophys. Res.* 106, C6, 11451-11467.
- Blanco, J. L. & M. Díaz, 1986. Características oceanográficas y desarrollo de El Niño 1982-1983 en la zona norte de Chile. *Investig. Pesquera (Chile)* 32:53-60.
- Cucalón, E. 1983. Temperature, salinity and water mass distribution off Ecuador during an El Niño event 1976. *Rev. Cien. Mar. Limn.* Vol. 2 No.1. 1- 25.
- Grados, M. C. 1989. Variabilidad del régimen hídrico del codo peruano-chileno. *Rev. Com. Pacífico Sur (número especial)*. 95-104.
- Levitus, S. R. Burgett and T.P. Boyer. 1994. *World Ocean Atlas*. 1994. Volume 3, Salinity. NOAA Atlas NESDIS 3 U. S. Department of Commerce. Washington, D.C. 99 pp.
- Mamayev, O. I. 1973. Water Masses of the Southeast Pacific Ocean. *Oceanography of the South Pacific* 197271-73 pp.
- Mamayev, O. I. 1975. Temperature-Salinity Analysis of the World Ocean Waters. *Eisevier Oceanog. Series*, 11 :374 pp.
- Morón O., & M. Campos. 2004. Operación APROPISCO. Prospección Pesquera Punta Caballas - Pucusana. B I C APROPISCO. Informe Interno IMARPE, Callao Perú.
- NOAA, 2004. Compilación El Niño. [www.elnino.noaa.gov](http://www.elnino.noaa.gov)
- Silva N. & O. Konow, 1975. Contribution to the knowledge of water masses in the southeast Pacific. Krill Expedition. Cruise 3-4. July-August 1974. *Rev. Com. Per. South Pacific.*, 3~63-75.
- Strub, P.T., J. Mesías, V. Montecinos, J. Rutland & S. Salinas. 1998. Coastal Ocean Circulation off western South America. *Coastal Segment (6E)*, *The Sea* Vol. 11.
- Tsuchiya M., & L. O. Talley. 1998. A Pacific hydrographic section at 88° W: Water property distribution. *Jour. Of Geophy. Res.*, Vol. 103, No. C6, pp 12,899-12,918.
- UNESCO 1983. Manual de técnicas para análisis de parámetros oceanográficos .
- Wooster, W. & M. Gilmartin, 1961. The Peru-Chile Undercurrent. *J. Mar. Res.* 19:3, 97-122.
- Wooster, W. S. 1969. Equatorial front between Perú and Galapagos, *Deep Sea Res. Oceanogr. Abstr.*, 16, suppl., 407-419.
- Wyrtki, K. 1967. Circulation and water masses in the Eastern Equatorial Pacific Ocean. *International Journal Oceanology and Limnology*, 1(12):117-147.
- Zuta, S & O. Guillén 1972. Oceanografía de las aguas costeras del Perú. *Inst. del Mar. Callao-Perú*.

**ANEXOS**  
**ANNEXES**

**ANEXO I  
(ANNEX I)**

CRUCERO REALIZADO POR CADA PAIS, FECHA, NUMERO DE ESTACIONES Y VARIABLES  
MEDIDAS

(CRUISES CARRIED OUT BY EACH COUNTRY, NUMBER OF STATIONS AND ASSESSED  
PARAMETERS)

PAIS	BUQUE	FECHA DE INICIO Y FINAL	INSTITUCIONES PARTICIPANTES	VARIABLES MEDIDAS	NUMERO DE ESTACIONES
COLOMBIA	ARC PROVIDENCIA	26/09/04 - 07/10/04	CCCP	Meteorológicas, T, S, OD, fitoplancton, zooplancton (red) fitoplancton de botella, clorofila "a", transparencia.	43
ECUADOR	B/I ORION B/I TOHALI	26/10/04 - 04/11/04 21/31/10/04	INOCAR INP	Meteorológicas, T, S, OD, zooplancton (red) fitoplancton de botella, nutrientes, clorofila "a", transparencia.	54
PERU	BIC JOSE OLAYA & E/PAPROPISCO	24/09/04 - 07/10/04 & 24/09/04 - 07/10/04	IMARPE DHN	Meteorológicas, T, S, OD, fitoplancton, zooplancton (red) fitoplancton de botella, clorofila "a", transparencia.	62
CHILE	B/I CARLOS PORTER	22/08/04 - 05/10/04	IFOP	T, S, OD, clorofila "a", huevos y larvas de peces, bomba de huevos (CUFES), hidroacústica, zooplancton, transparencia	90

**ANEXO II  
(ANNEX II)**

**INSTITUCIONES Y PERSONAL CIENTÍFICO PARTICIPANTES EN EL SEPTIMO  
CRUCERO REGIONAL CONJUNTO DE INVESTIGACIONES OCEANOGRAFICAS EN  
EL PACIFICO SUDESTE REALIZADO EN SEPTIEMBRE – OCTUBRE 2004  
(INSTITUTIONS AND SCIENTIFIC PERSONNEL PARTICIPATING IN THE SEVENTH  
REGIONAL JOINT OCEANOGRAPHIC RESEARCH CRUISE IN THE SOUTH EAST  
PACIFIC, SEPTEMBER – OCTOBER 2004)**

**1. INSTITUCIONES EJECUTORAS**

**COLOMBIA**

CCCP Dirección General Marítima – Centro Control Contaminación del Pacífico

**ECUADOR**

INOCAR Instituto Oceanográfico de la Armada  
INP Instituto Nacional de Pesca

**PERU**

IMARPE Instituto del Mar del Perú

**CHILE**

IFOP Instituto de Fomento Pesquero

**COORDINACIÓN GENERAL**

CPPS Comisión Permanente del Pacífico Sur

**2. PERSONAL PARTICIPANTE (Embarcados y encargados del análisis)**

**COLOMBIA :ARC. PROVIDENCIA**

C.C. Javier Ortiz Jefe de Crucero CCCP

**Personal CCCP**

Marcela Duarte, Jorge Tovar, S2 Espitia Emerson, S2 Oscar Fajardo, MA Juan Rueda,  
Georgina Flores (IMARPE)

**Personal de la Universidad Valle, UMNG, UAESPNN.**

Sr. Diego Ramírez, Srta. Ingrid Jiménez, Eugenia Escarria.

**Personal de INVEMAR, IDEAM, EAFIT**

Sr. Edgar Arteaga, Carlos Rocha, Srta Alba Fonseca.

**Personal de Fundación Yubarta, fundación Malpelo.**

Srta. Isabel Ávila, Carolina García.

**ECUADOR :B/I ORION**

CPFG.-EM Rafael Cabello Jefe Científico – INOCAR

TNNV-SU Edwin Pinto Jefe de Ciencias del Mar INOCAR

**Personal del INOCAR**

**EMCI:** Eduardo Zambrano, Freddy Hernández, Leila Zambrano, Cristian Naranjo, Maria Elena Tapia, Carmen Palacios L., Héctor Chauz C., Juan Regalado R. **SGOS-HI:** Carlos Viteri, **CBOS-CN:** Rommel Morán, **MARO-CN:** Bolívar Maldonado, Vivian Valenzuela (IFOP)

Personal de la Universidad de Guayaquil y Universidad Laica de Manabí.  
Sr. Ronald Zambrano, Srta. Mariela Castillo, Sr. David Sánchez, Sr. Marco Calle, Sr. Gustavo Martinez, Srta. Leila Delhaye, Srta. Zoila Caiza, Sr. Hugo Véliz F., Sr. Geovanny Zambrano.

**Personal de INAMHI**

Sr. Carlos Naranjo

**:B/I TOHALI**

Ocean. Telmo De la Cuadra: Oceanografía Física, **Jefe de Crucero.**

Q.F. Patricia Macías: Oceanografía Química.

Q.F. Jeaneth León: Oceanografía Química.

Blgo. Rogelio Anastasio. Taxonomía del Fitoplancton.

Blgo. Robert Buchelli: Biología. Taxonomía del Zooplancton.

Blga. Fedra Solano: Biología. Taxonomía del Ictioplancton.

Blga. Glenda Garcés: Biología. Taxonomía del Ictioplancton.

Blga. Rosa García: Biología. Fitoplancton.

Blgo. Julio Guzmán: Muestreo Físico-químico.

Blgo. Xavier Velasco: Muestreo Biológico

Blga. Daisy Segura: Muestreo Biológico.

Sr. Luis Requena: Muestreo Biológico.

**PERU :B.I.C. JOSE OLAYA BALANDRA / BIC APROPISCO**

Ing. Octavio Morón Antonio Jefe de Crucero IMARPE

**Personal de IMARPE**

Noel Dominguez, José Tenorio, Patricia Villanueva, Ramiro Castillo, Salvador Peraltilla, Cristian Vásquez, Miguel Sarmiento, Carlos Robles, Robert Marquina, Armando Fiestas, Martín Campos, Julio Alarcón, Paul Yuber (CCCCP).

**Personal DHN**

Eloy Miguel, Rina Gabriel

**Periodistas**

Per. Martín Huancas Diario El Comercio

Fot. Alberto Paul Cantor Diario El Comercio

**CHILE :B.I. CARLOS PORTER**

Mauricio Braun Jefe de Proyecto IFOP

Vivian Valenzuela Jefe de Crucero IFOP

Víctor Catasti Jefe de Crucero IFOP

Bernardo Leiva Jefe de Crucero IFOP

**Personal IFOP**

Jorge Castillo, Gastón Rosson, Patricio Gálvez, Guillermo Galindo, Pablo Sanhueza, Alfredo Niklitchek, Freddy Hernández (INOCAR).

**ANEXO III  
(ANNEX III)**

**COMITÉ COORDINADOR DEL SEPTIMO CRUCERO REGIONAL CONJUNTO DE  
INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA EN EL PACIFICO SUDESTE, REALIZADO EN  
SEPTIEMBRE Y OCTUBRE DE 2004**

**(COORDINATION COMMITTEE OF THE SEVENTH REGIONAL JOINT  
OCEANOGRAPHIC RESEARCH CRUISE IN THE SOUTH EAST PACIFIC (SEPTEMBER  
- OCTOBER 2004)**

**COLOMBIA** : C.C. Javier Ortiz

**ECUADOR** : TNFG..-SU Edwin Pinto

**PERU** : Lic. Roberto Flores (Coordinador Técnico)

**CHILE** : Biólogo Mauricio Braun

**CPPS** : Biólogo Ulises Munaylla (Coordinador General)

**ANEXO IV  
(ANNEX IV)**

**INTERCAMBIO DE CIENTÍFICOS A BORDO DE LOS BUQUES  
(EXCHANGE OF SCIENTISTS ABOARD THE VESSELS)**

<b>CIENTÍFICO DE</b>	<b>EMBARCADO EN</b>
<b>PERU</b> Ing. Pesq. Georgina Flores IMARPE	<b>COLOMBIA</b> ARC Providencia
<b>CHILE</b> Oceang. Vivian Valenzuela IFOP	<b>ECUADOR</b> B/I Orion – INOCAR
<b>COLOMBIA</b> Oceanl. Paul Yuber CCCP	<b>PERU</b> BIC José Olaya B.
<b>ECUADOR</b> Oceang. Freddy Hernández INOCAR	<b>CHILE</b> B/I Carlos Porter

**FIGURAS**  
**FIGURES**

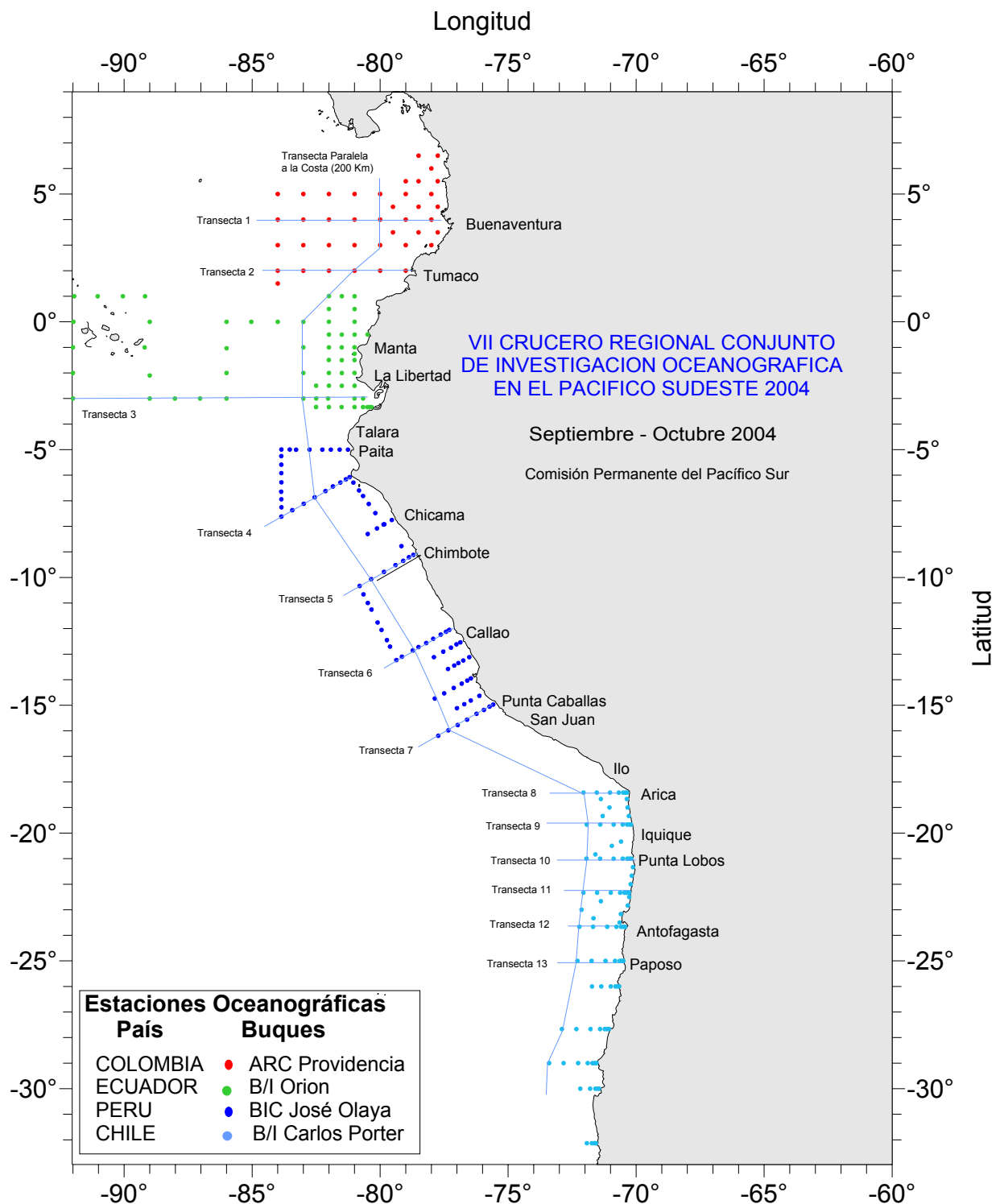


Figura 1. Trayecto del VII Crucero Regional Conjunto. Septiembre - Octubre, 2004. Estaciones Realizadas por las Componentes Nacionales.

Figure 1. Track of the VII Regional Joint Cruise. September – October, 2004. Stations performed by the national components.

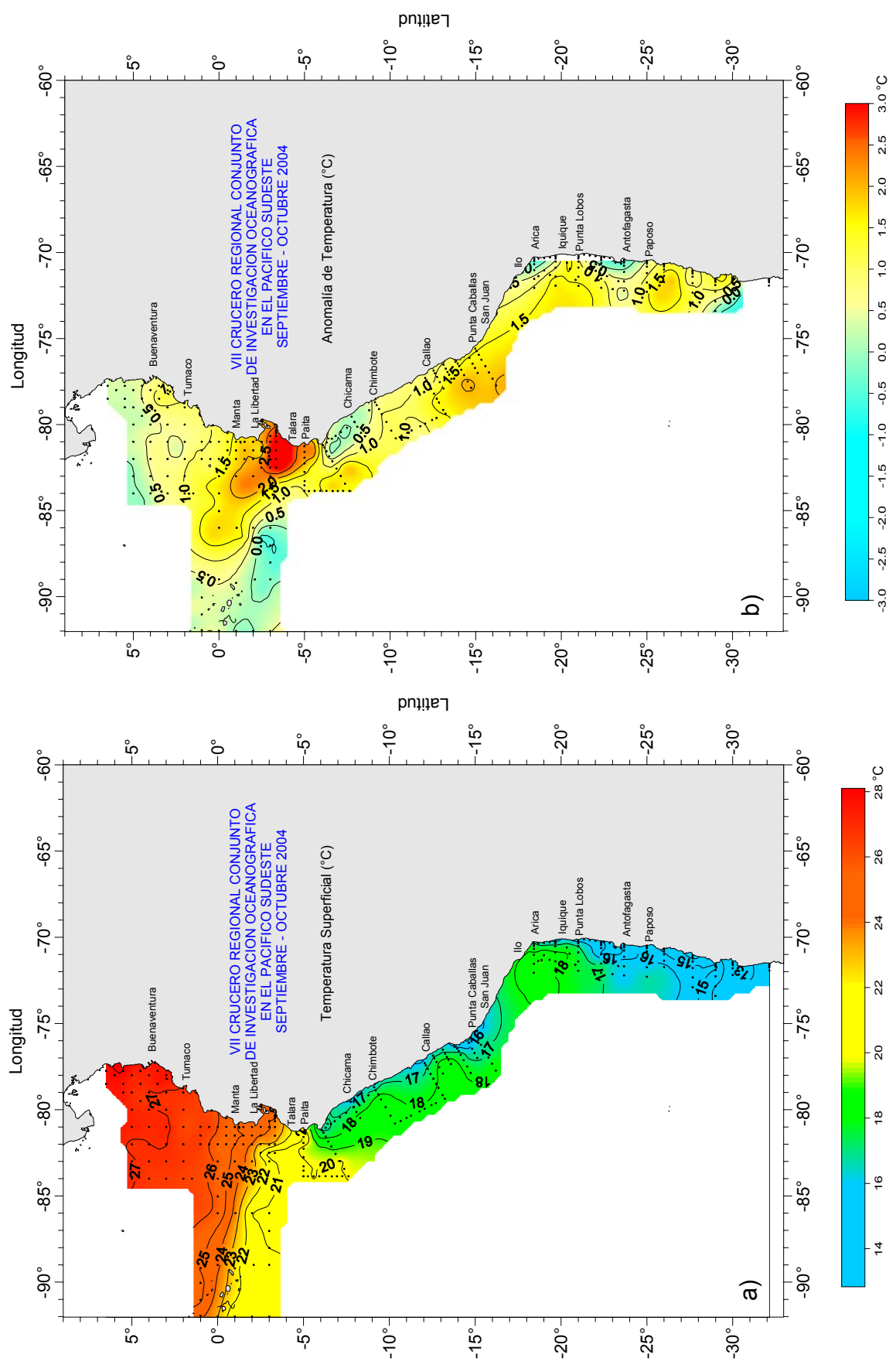


Figura 2. Distribución Superficial de a) Temperatura (°C) y b) Anomalia de Temperatura (°C). VII Crucero Regional Conjunto. Septiembre - Octubre, 2004.

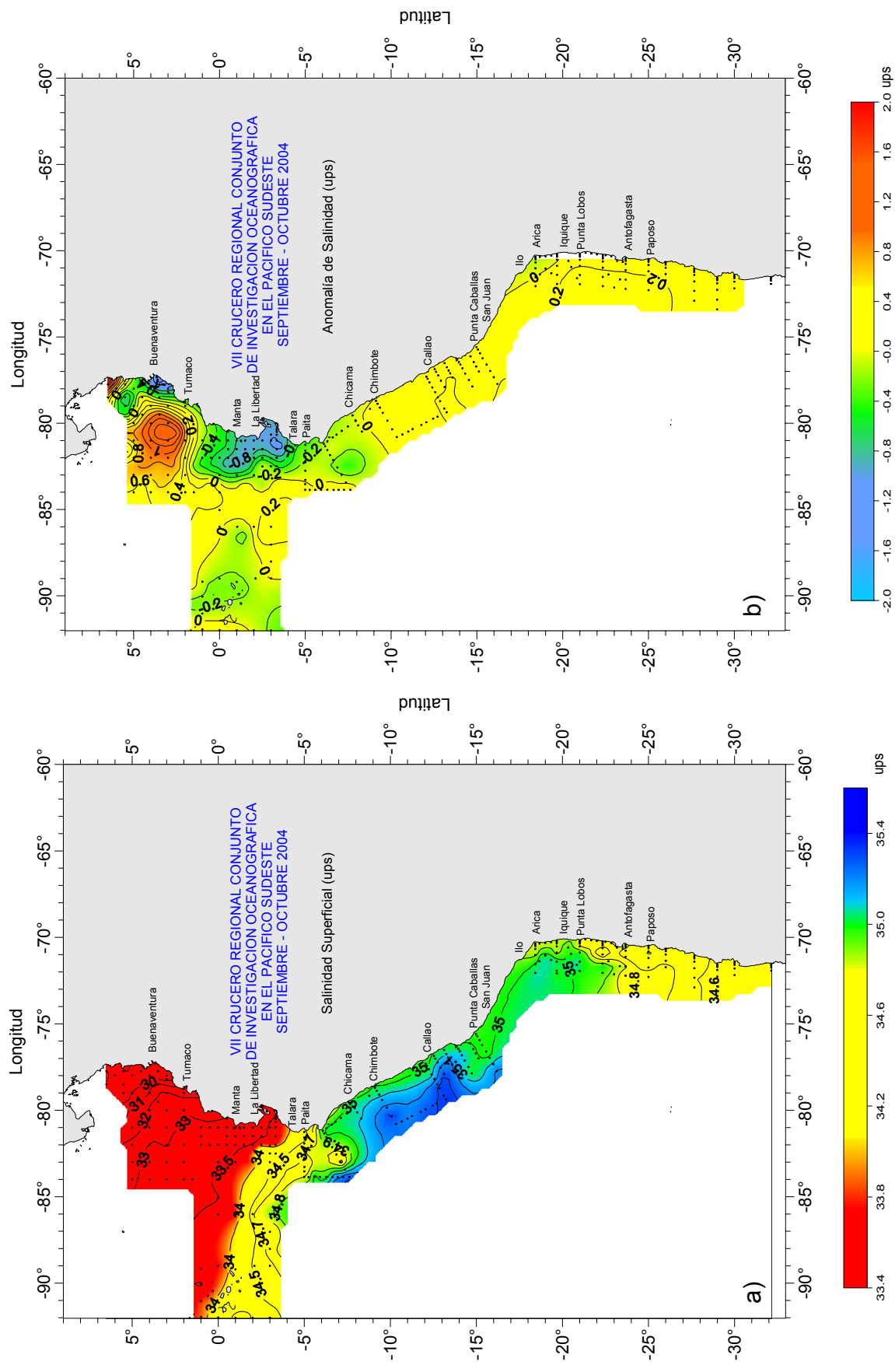


Figura 3. Distribución Superficial de a) Salinidad (ups) y b) Anomalia de Salinidad (ups). VII Crucero regional Conjunto, Septiembre - Octubre, 2004.

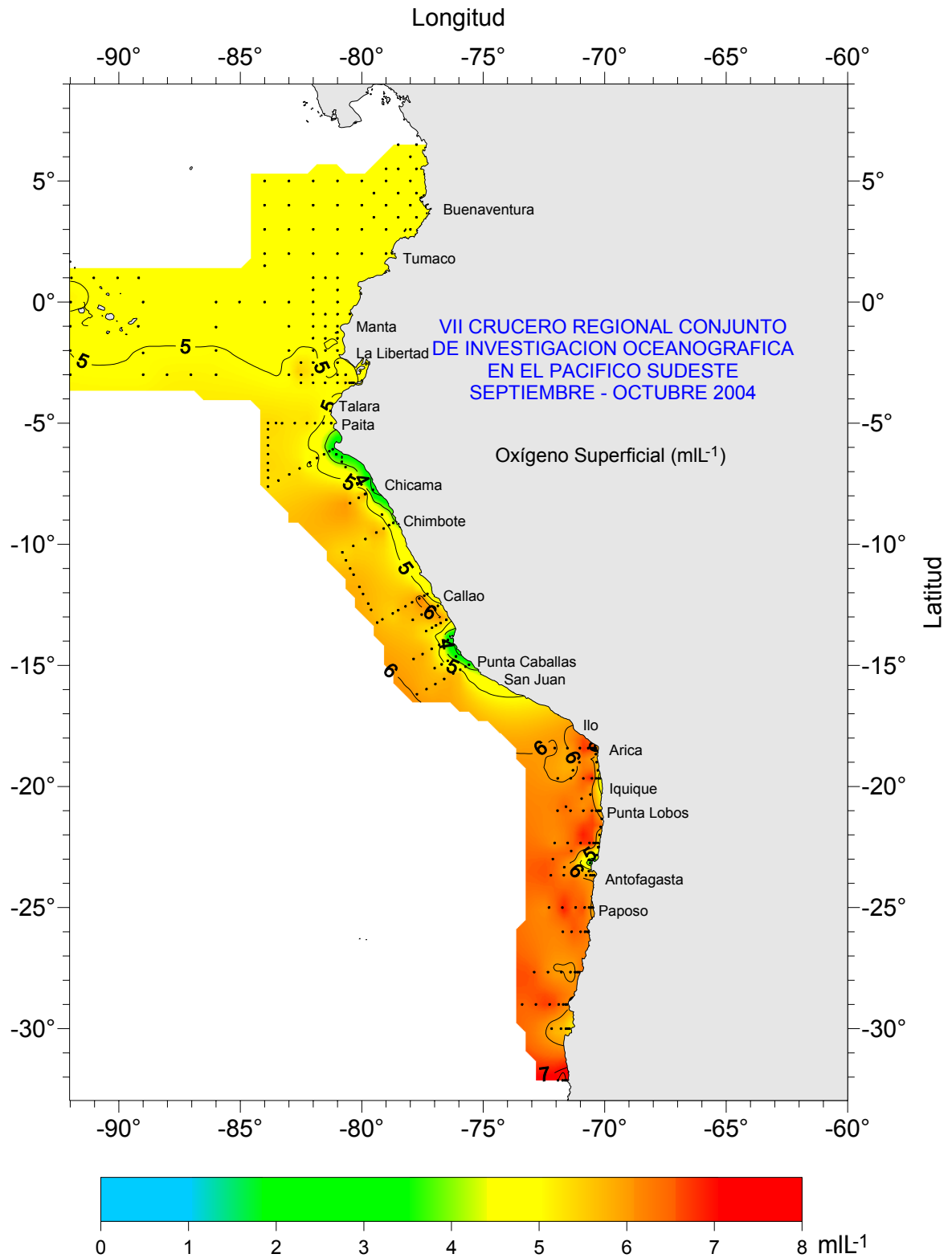


Figura 4. Distribución Superficial de Oxígeno ( $\text{mL}^{-1}$ ) . VII Crucero Regional Conjunto. Septiembre - Octubre, 2004.

Figure 4. Surface distribution of oxygen ( $\text{mL}^{-1}$ ). VII Regional Joint Cruise. September – October, 2004

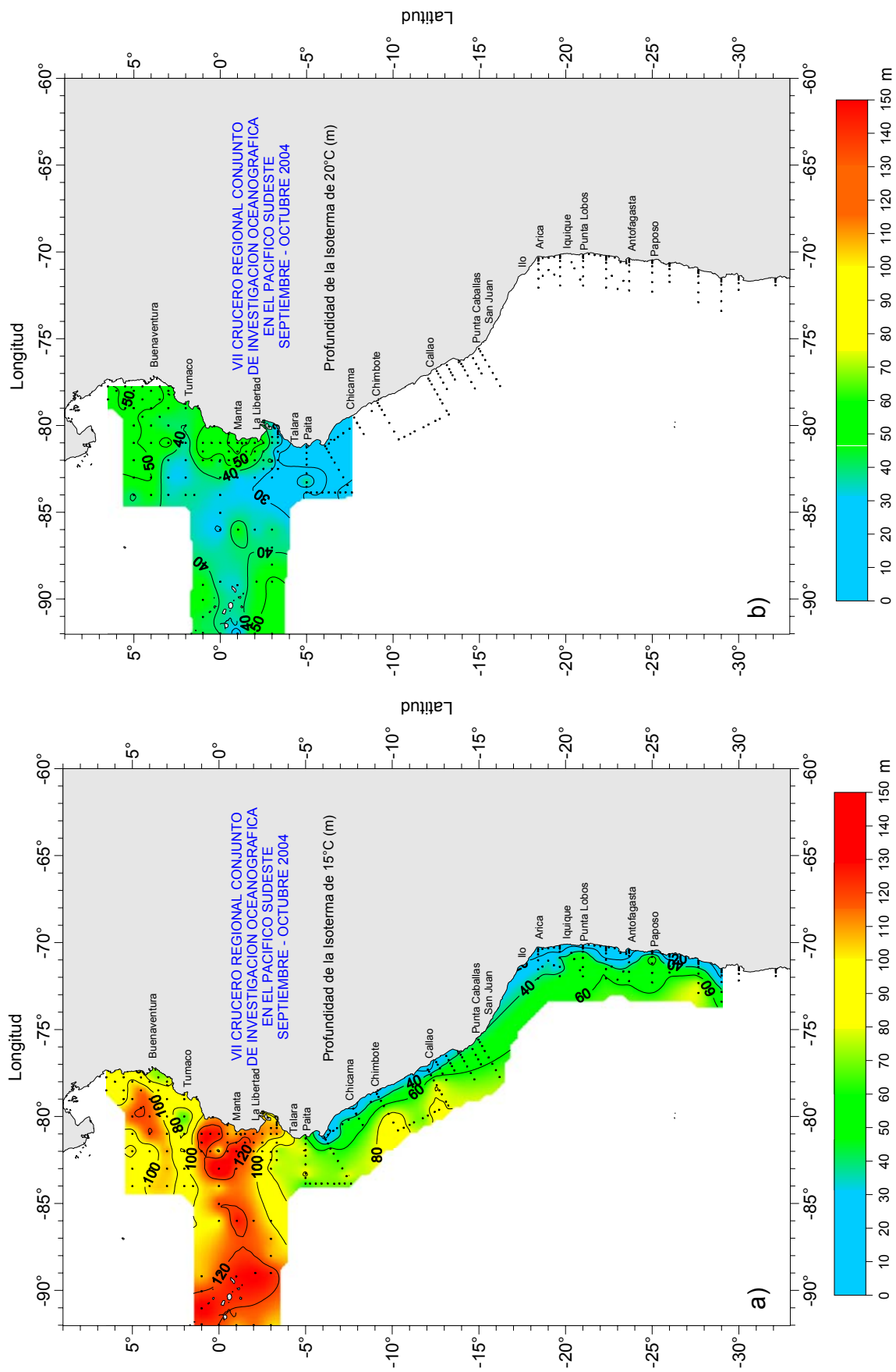


Figura 5. Profundidad (m) de la isoterma de a) 15°C y b) 20°C. VII Crucero Regional Conjunto. Septiembre - Octubre, 2004.

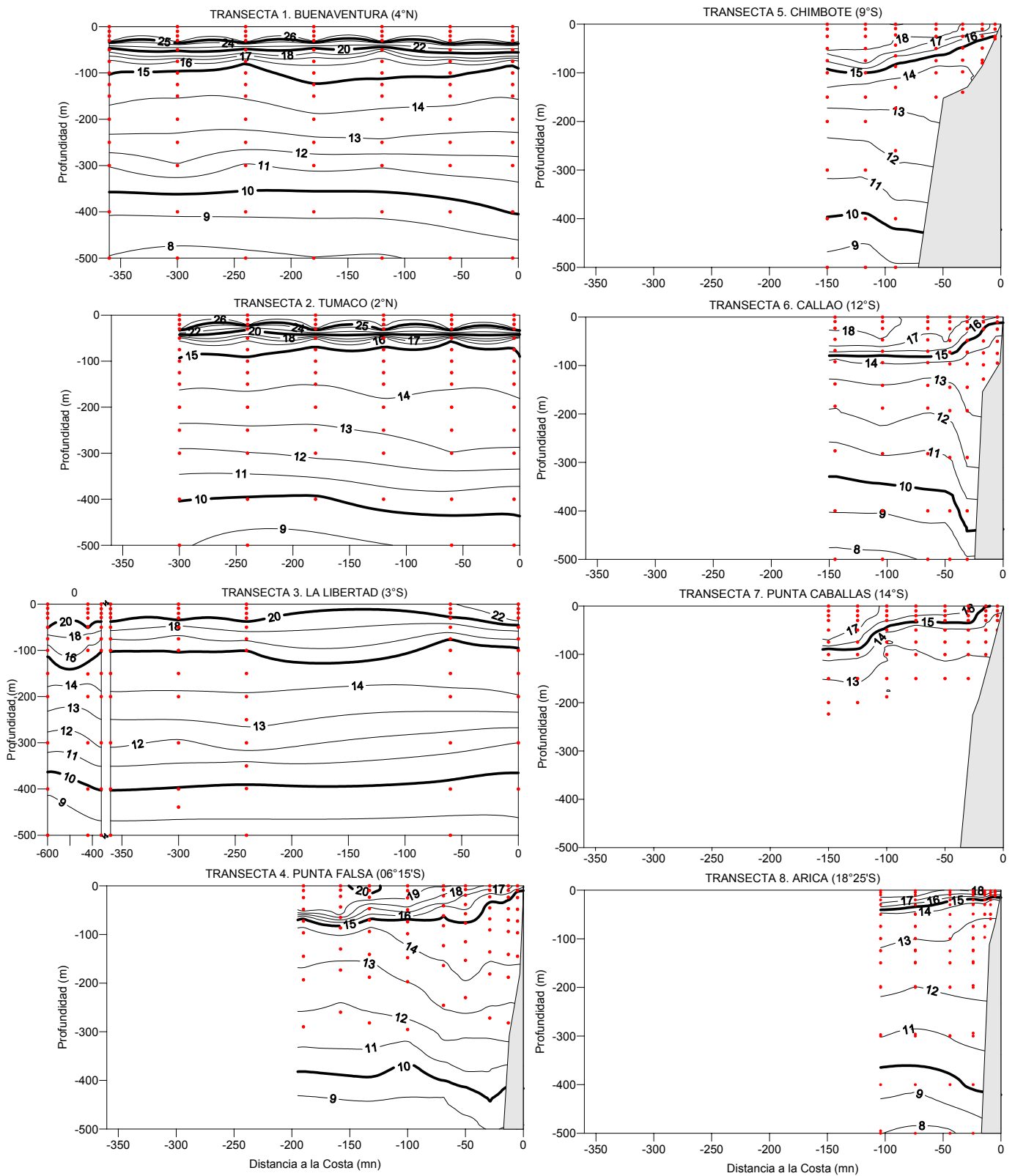


Figura 6a. Distribución vertical de temperatura (°C). Transectas perpendiculares a la costa (1-8) Septiembre - Octubre, 2004.  
 Figure 6a. Vertical distribution of temperature (°C). Transects perpendicular to the coast (1-8) September - October, 2004.

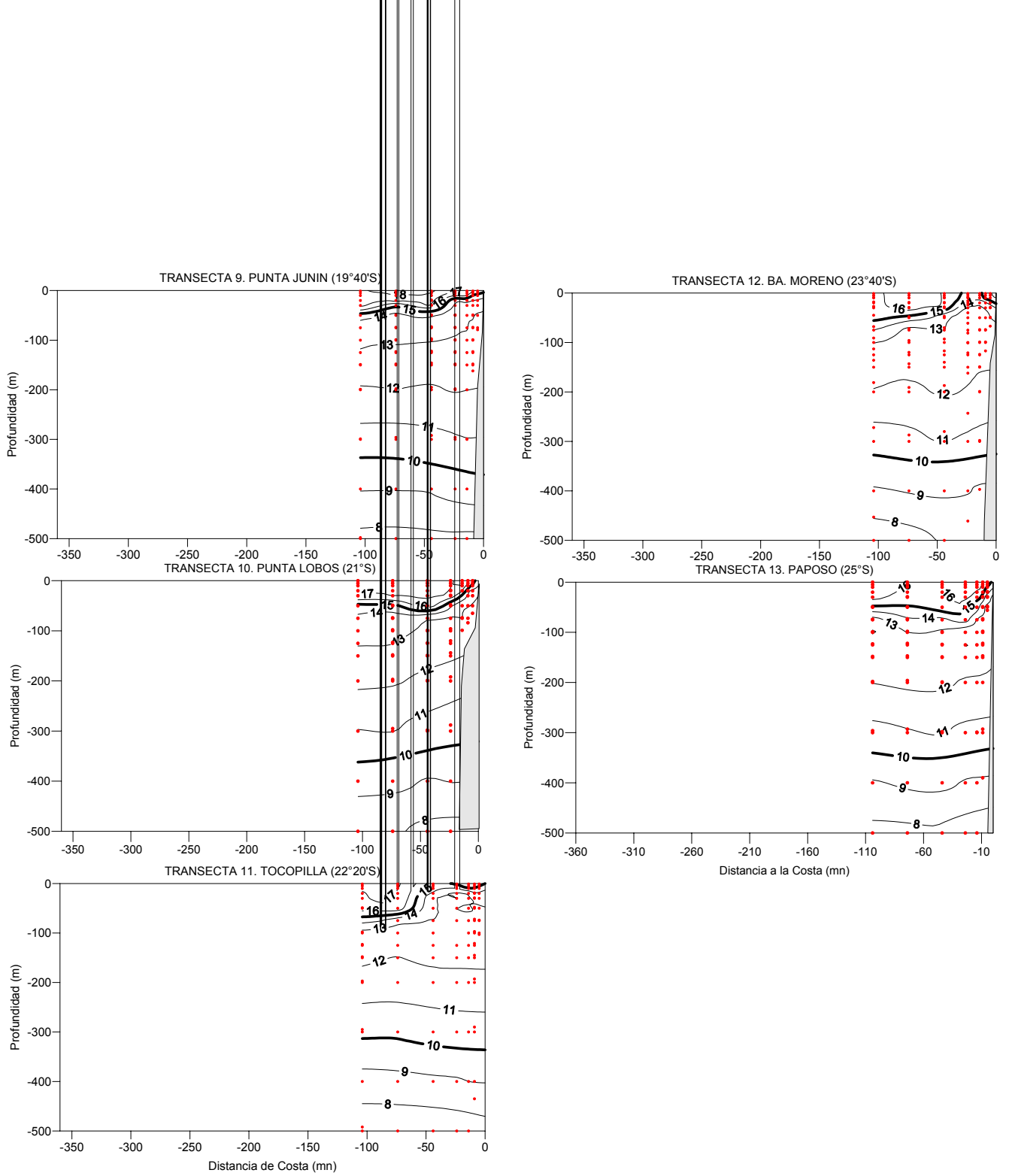


Figura 6b. Distribución vertical de temperatura (°C). Transectas perpendiculares a la costa (9-13) Septiembre - Octubre, 2004

Figure 6b. vertical distribution of temperature (°C). Transects perpendicular to the coast (9-13) September – October, 2004.

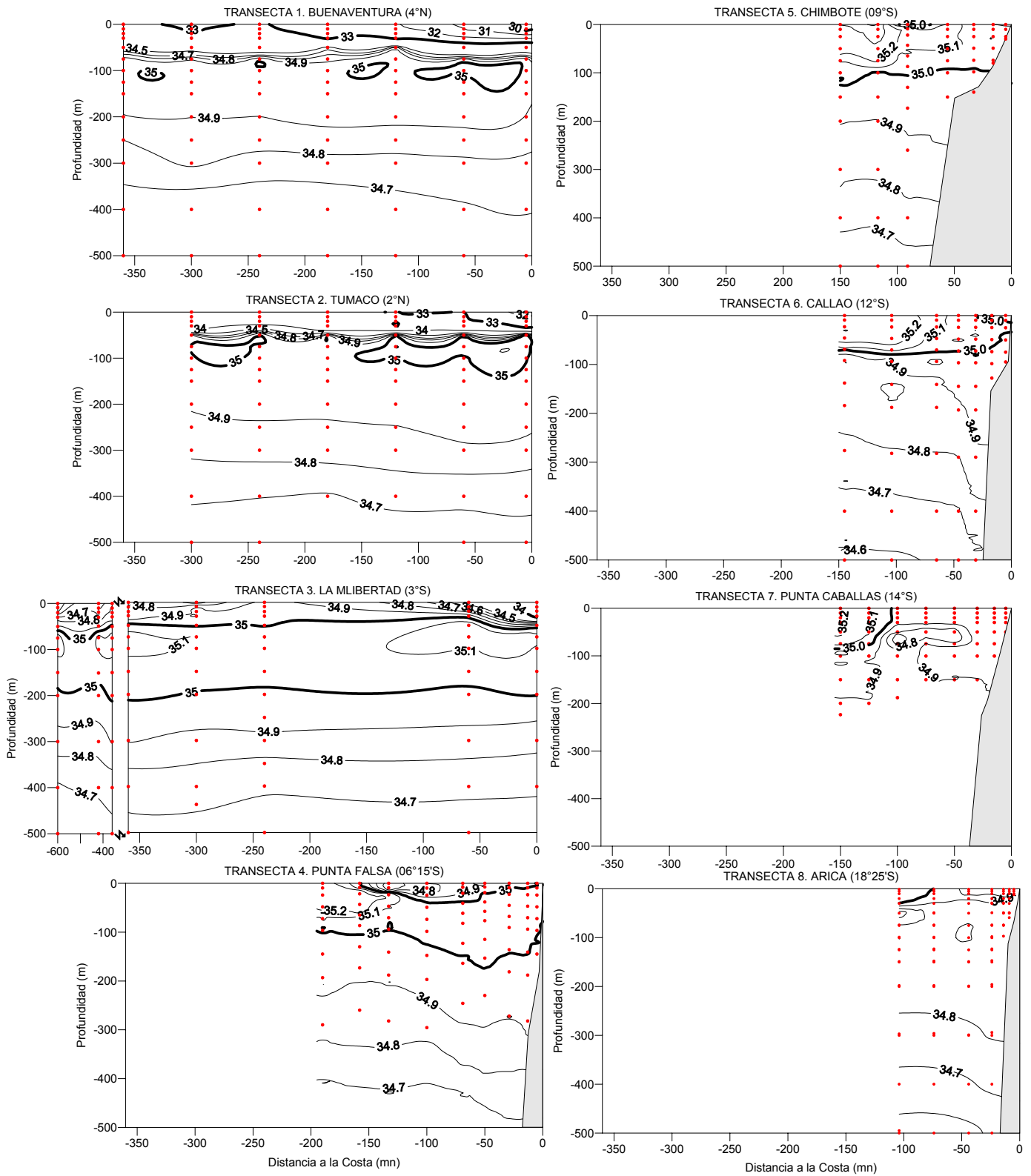


Figura 7a. Distribución vertical de salinidad (ups). Transectas perpendiculares a la costa (1-8) Septiembre - Octubre, 2004.

Figure 7a. Vertical distribution of salinity (psu). Transects perpendicular to the coast (1-8) September - October, 2004.

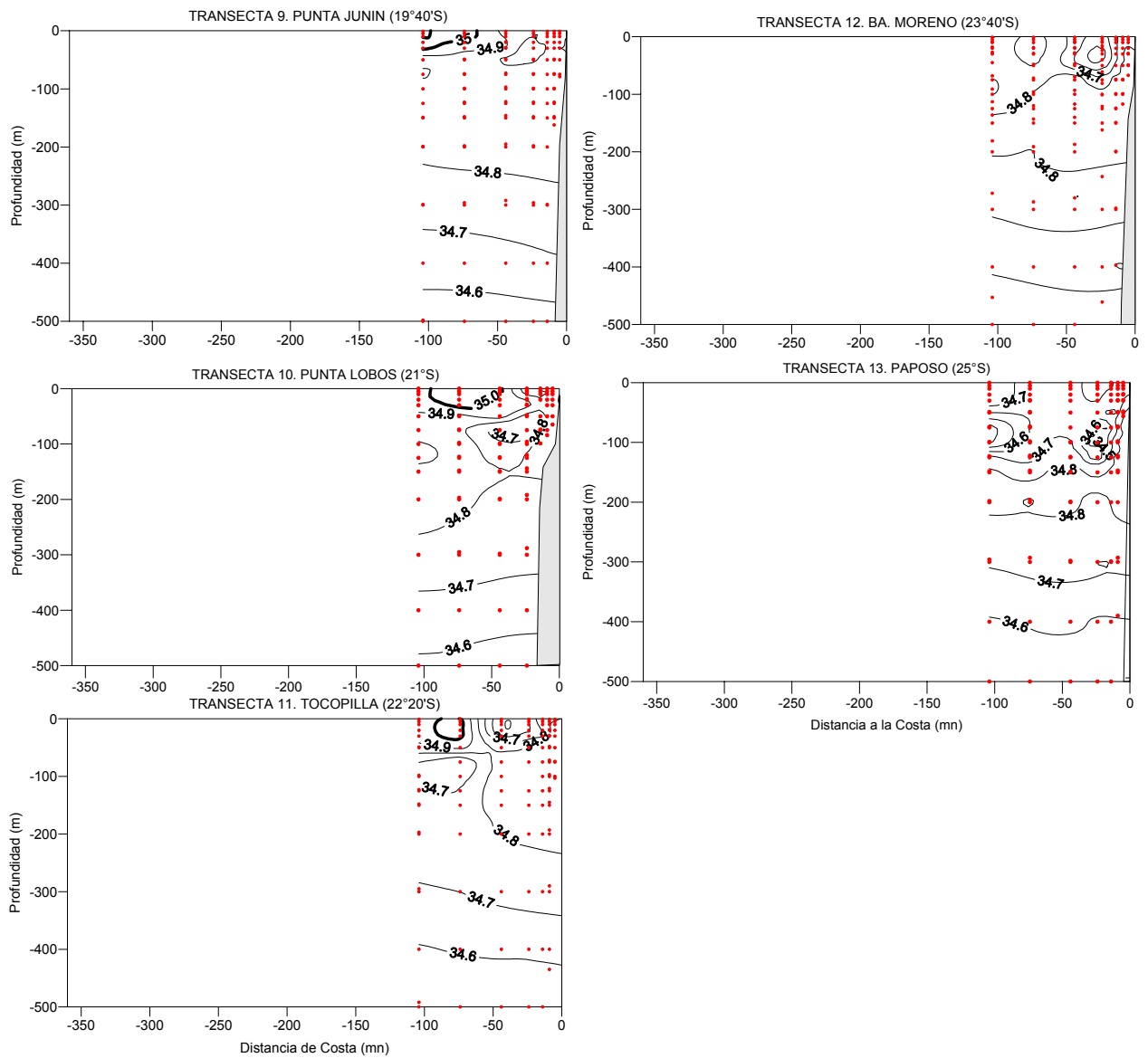


Figura 7b. Distribución vertical de salinidad (ups). Transectas perpendiculares a la costa (1-9) Septiembre - Octubre, 2004

Figure 7a. Vertical distribution of salinity (psu). Transects perpendicular to the coast (1-9) September - October, 2004.

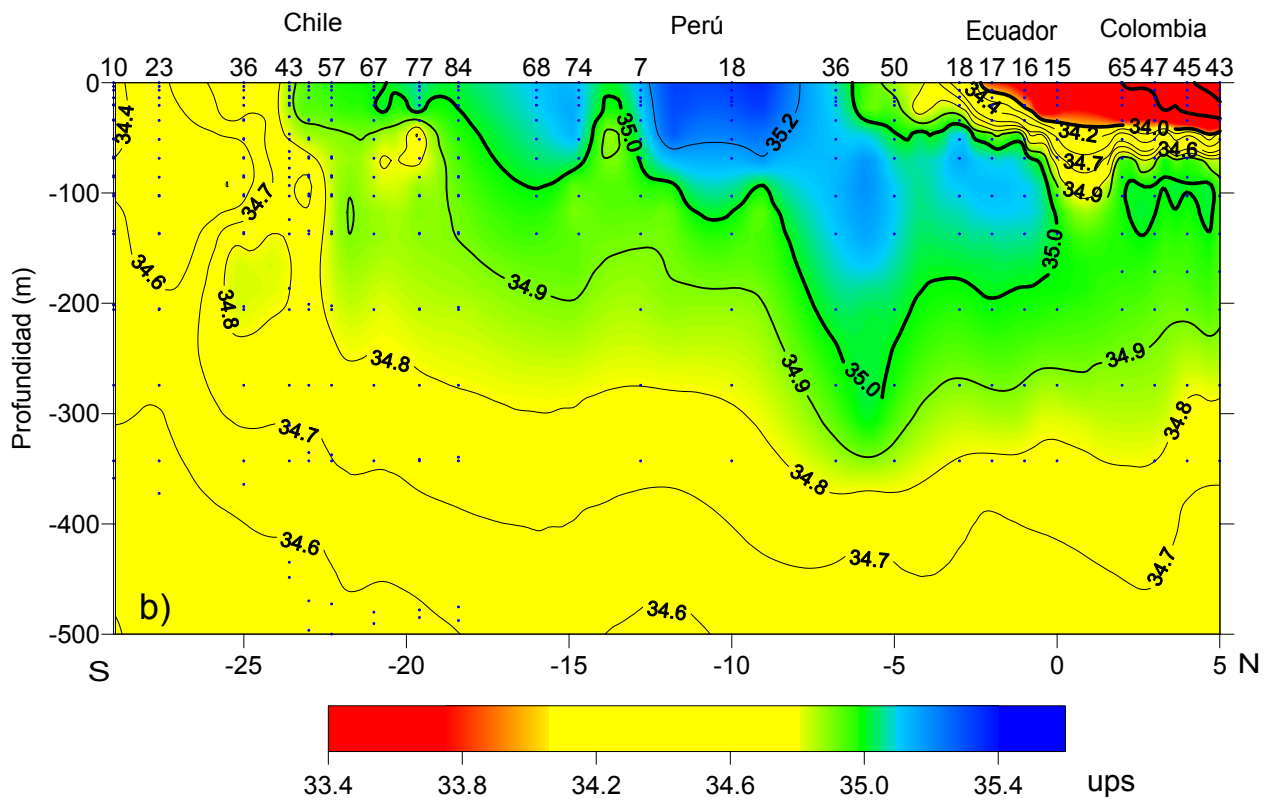
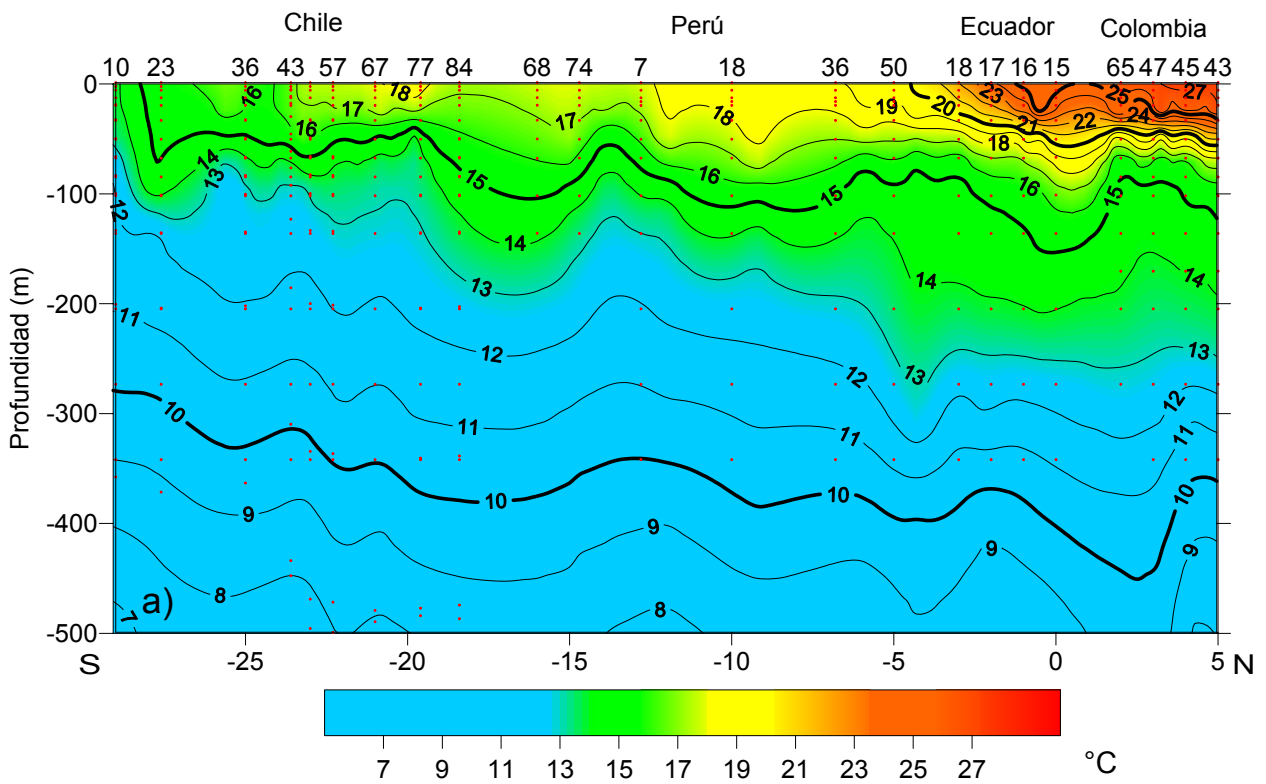


Fig 8. Distribución vertical de a) temperatura (°C) y b) salinidad (ups) a 200 km a lo largo de la costa de Sudamérica. Septiembre - Octubre, 2004.

Fig. 8. Vertical distribution of a) temperature (°C) y b) salinity (psu) 200 km offshore the South American coast. September – October, 2004.

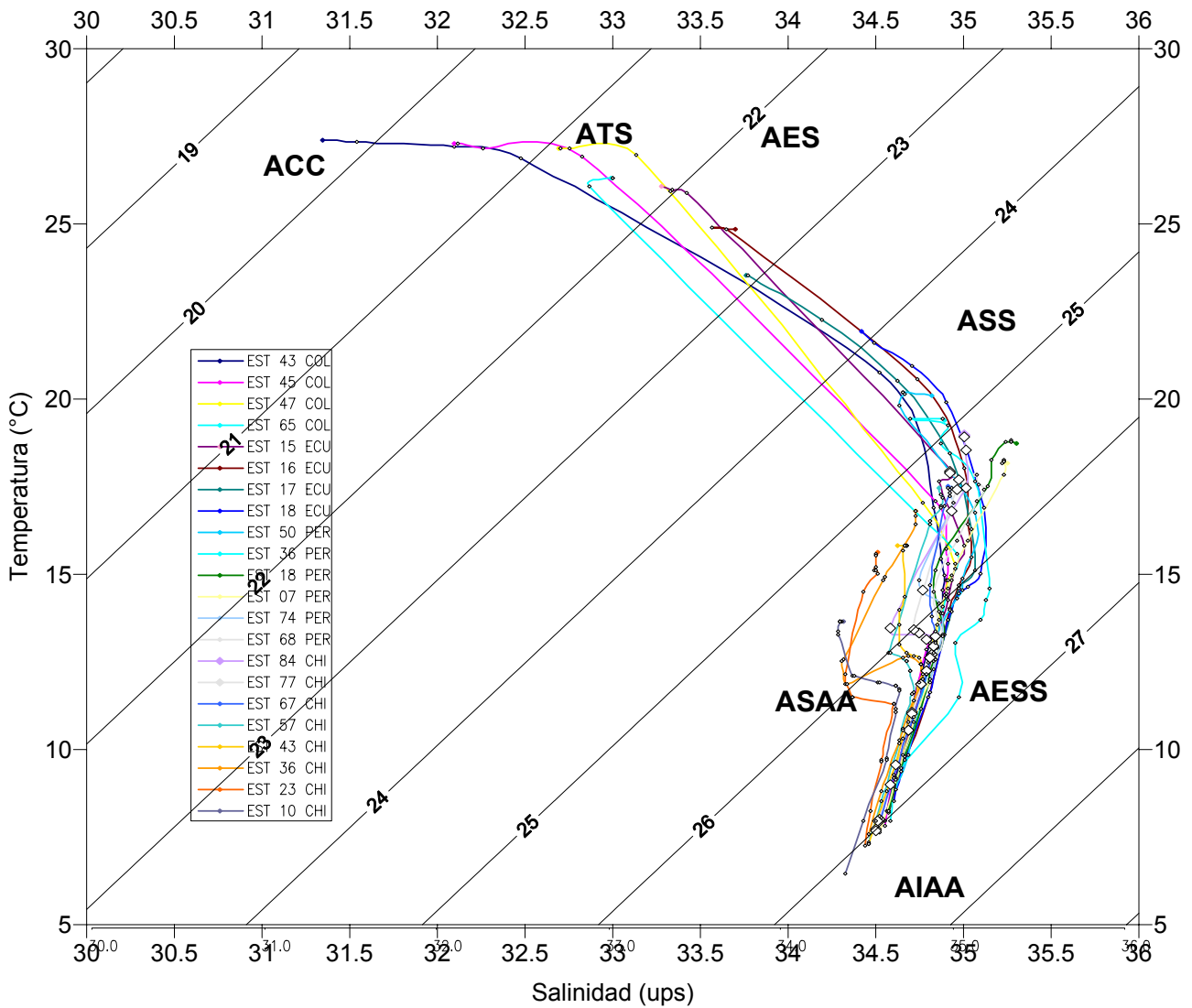


Figura 9. Diagrama T-S de las estaciones oceanográficas en la transecta paralela a 200 km de la costa. Septiembre - Octubre, 2004

Figure 9. T-S diagram of the oceanographic stations in the transect parallel to the coast 200 km offshore. September – October, 2004.

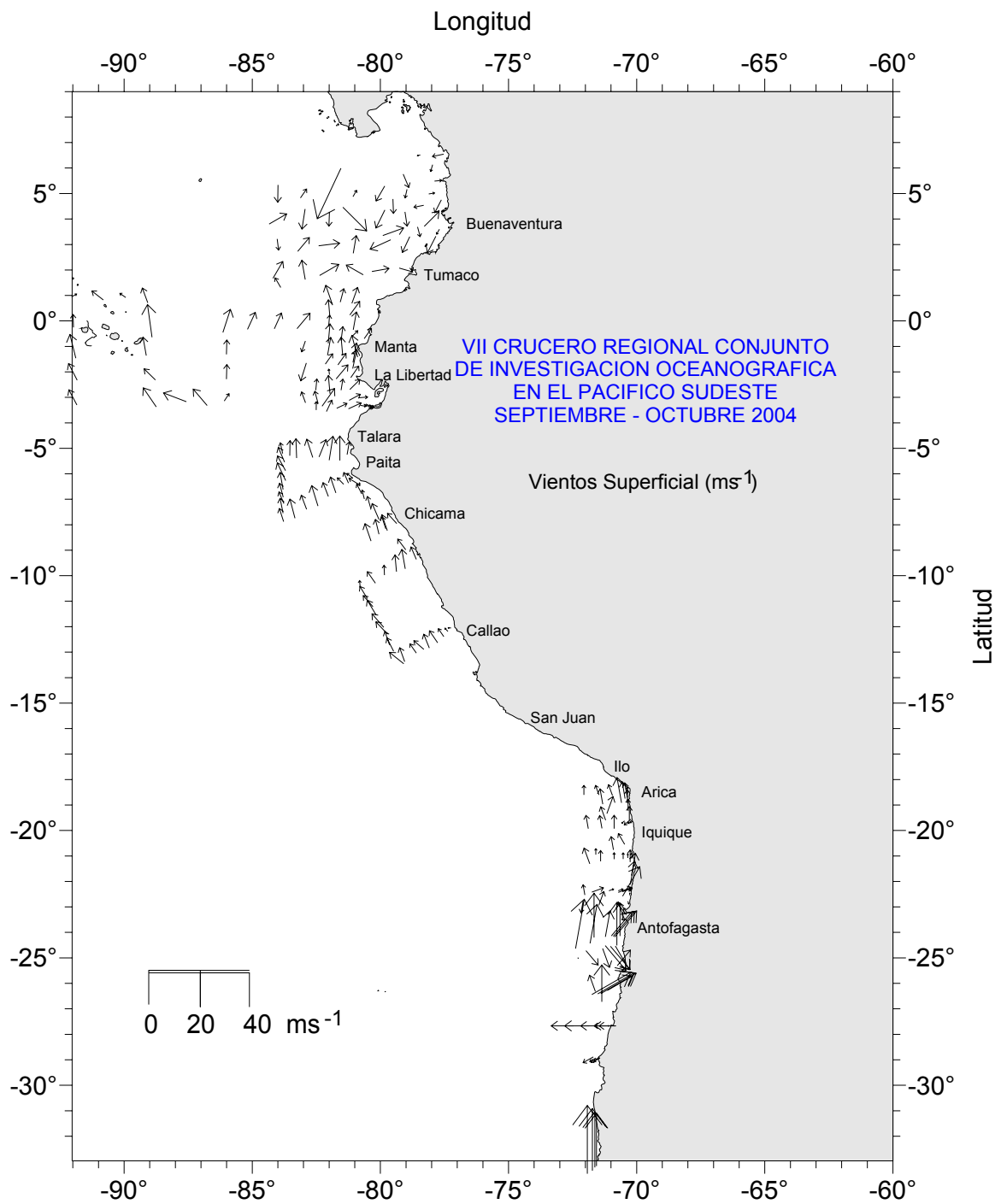


Figura 10. Dirección y Velocidad ( $\text{ms}^{-1}$ ) de Viento. VII Crucero Regional Conjunto. Septiembre - Octubre, 2004.

Figure 10. Wind direction and velocity ( $\text{ms}^{-1}$ ). VII Regional Joint Cruise. September – October, 2004.

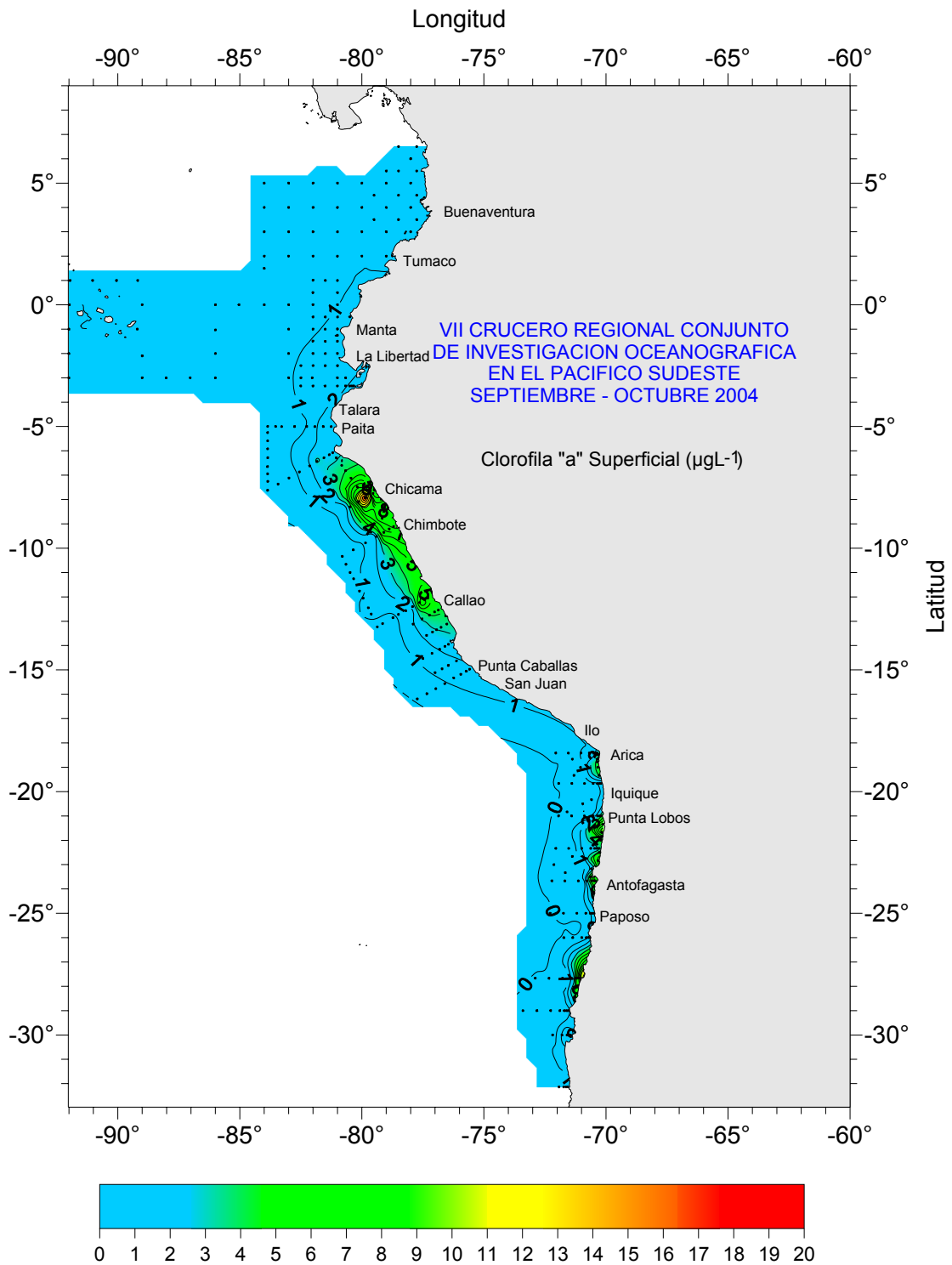


Figura 11. Distribución Superficial de Clorofila "a" ( $\mu\text{gL}^{-1}$ ) . VII Crucero regional Conjunto. Septiembre - Octubre 2004.

Figure 11. Surface distribution of chlorophyll 2a" ( $\mu\text{gL}^{-1}$ ). VII Regional Joint Cruise. September – October 2004.