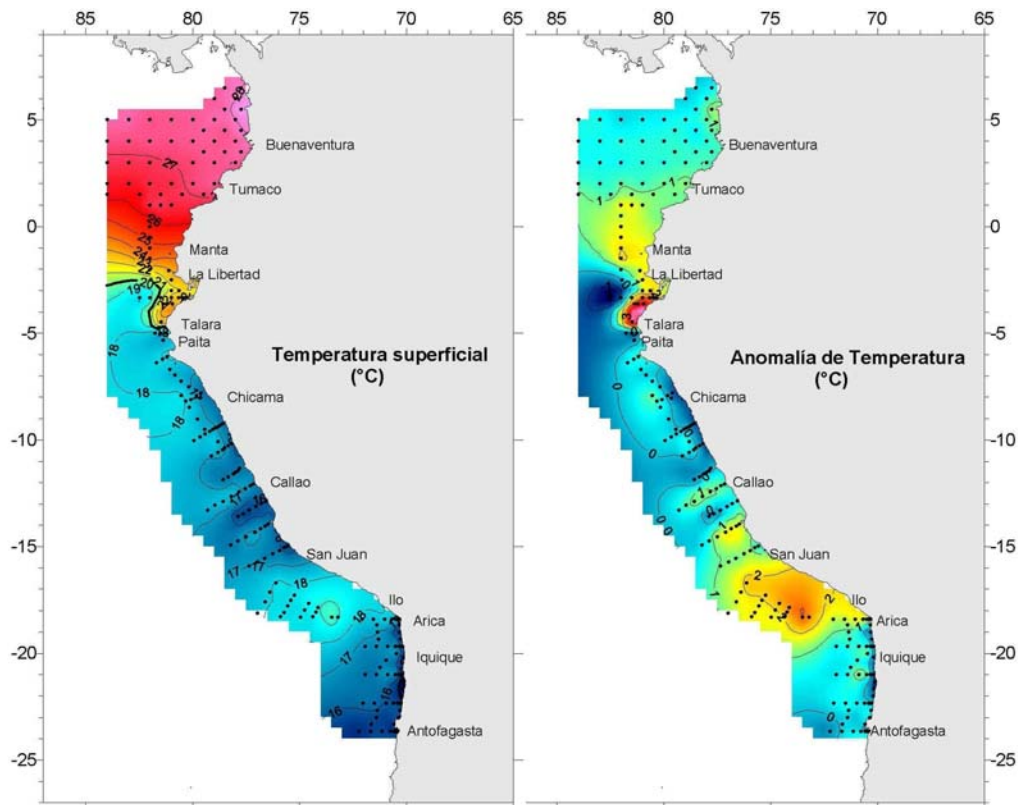




**COMISIÓN PERMANENTE DEL PACIFICO SUR (CPPS)  
COLOMBIA – ECUADOR – PERÚ - CHILE**

**SEXTO CRUCERO REGIONAL CONJUNTO DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA  
EN EL PACÍFICO SUDESTE, REALIZADO EN SEPTIEMBRE – OCTUBRE DE 2003**

**SIXTH REGIONAL JOINT OCEANOGRAPHIC RESEARCH CRUISE IN THE SOUTH  
EAST PACIFIC (SEPTEMBER – OCTOBER 2003)**



**INFORME FINAL  
FINAL REPORT**

**Guayaquil, Ecuador 2004**

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

**COLOMBIA – ECUADOR – PERÚ - CHILE**

**SEXTO CRUCERO REGIONAL CONJUNTO DE INVESTIGACIÓN  
OCEANOGRÁFICA EN EL PACÍFICO SUDESTE, REALIZADO EN  
SEPTIEMBRE – OCTUBRE DE 2003**

**INFORME FINAL**

**Guayaquil, Ecuador 2004**

COMISIÓN PERMANENTE DEL PACÍFICO SUR – CPPS

SEXTO CRUCERO REGIONAL CONJUNTO DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA EN EL  
PACÍFICO SUDESTE, REALIZADO EN SEPTIEMBRE – OCTUBRE DE 2003. INFORME FINAL

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

Dr. Ulises Munaylla  
Director Científico

## CONTENIDO

	Página
PRESENTACIÓN	5
1. RESUMEN	6
2. INTRODUCCIÓN	7
3. METODOLOGÍA	7
4. RESULTADOS	8
4.1 Meteorología en las estaciones costeras de la región	8
Colombia	8
Ecuador	9
Perú	9
Chile	9
4.2 Oceanografía	10
4.2.1 Características superficiales del mar	10
Temperatura, salinidad y oxígeno	
4.2.2 Características Subsuperficiales	11
Profundidad de la isoterma de 15°C y 20°C	
Distribución vertical de temperatura y salinidad	
5. DISCUSIÓN	13
6. CONCLUSIONES	14
7. AGRADECIMIENTOS	15
8. REFERENCIAS	16
ANEXOS	
Anexo I. Cruceros realizados por cada país, fechas, número de estaciones y variables medidas	33
Anexo II. Instituciones y personal científico participante en el VI Crucero Regional Conjunto de Investigaciones Oceanográficas en el Pacífico Sudeste, realizado en septiembre - octubre de 2003	34
Anexo III. Comité Coordinador del VI Crucero realizado en septiembre – octubre de 2003	36
Anexo IV. Intercambio de Científicos a bordo de los buques	37
FIGURAS	38

## GLOSARIO DE TERMINOS TÉCNICOS

ACC: Agua Costera Colombiana	IFOP: Instituto de Fomento Pesquero
ACF: Agua Costera Fría	INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
AES: Agua Ecuatorial Superficial	INOCAR: Instituto Oceanográfico de la Armada
AESS: Agua Ecuatorial Subsuperficial	INP: Instituto Nacional de Pesca
AIAA: Agua Intermedia Antártica	INVEMAR: Instituto de Investigaciones Marítimas
ARC: Armada Colombiana	IOS: Índice de Oscilación del Sur
ASS: Agua Superficial Subtropical	MN: Millas náuticas
ASAA: Agua Sub Antártica	NMM: Nivel Medio del Mar
ATS: Agua Tropical Superficial	NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration
BAC: Boletín de Alerta Climático	OD: Oxígeno Disuelto
B/I: Buque de Investigación	TA: Temperatura del Aire
BIC: Buque de Investigación Científica	TAO: Tropical Arrangement Ocean
CCAR: Colorado Center for Astrodynamic Research	TOGA: Tropical Ocean Global Atmosphere
CCCP: Centro Control de la Contaminación del Pacífico	T-S: Temperatura – Salinidad
CORPESCA: Corporación de Pesca	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
ENOS: El Niño Oscilación del Sur	ZCIT: Zona de Convergencia Intertropical
hPa: hecto Pascal	
IDEAM: Instituto de Estudios Ambientales	
IMARPE: Instituto del Mar del Perú	

## **PRESENTACIÓN**

La Secretaría General de la CPPS se complace en presentar el Informe Final del Sexto Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste, ejecutado por las Países Miembros entre septiembre y octubre de 2003 y coordinado por la CPPS.

Con este ya se han efectuado tres cruceros durante mayo y tres en septiembre, permitiendo evaluar las condiciones oceanográficas en diferentes época del año, lo que incrementa su valor al comparar las condiciones a nivel superficial y subsuperficial.

Los resultados obtenidos en estos Cruceros Regionales, lo convierten en un poderoso instrumento de observación de las condiciones oceanográficas y meteorológicas, particularmente en las alteraciones durante los eventos oceánicos tipo El Niño (fase cálida) y La Niña (fase fría); además de constituirse en una exploración regional que unifica e integra a los Países Miembros de la CPPS, lo que determinó que los Ministros de Relaciones Exteriores aprobaran (Santiago, agosto de 2000) su institucionalización, estableciendo su realización anual.

La Secretaría General de la CPPS desea expresar su reconocimiento a los Gobierno, 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 Sexto Crucero de Regional, el mismo que ha mostrado 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.

Atentamente,

Gonzalo Pereira Puchy  
Secretario General de la CPPS (E)

**SEXTO CRUCERO REGIONAL CONJUNTO  
DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA EN EL PACÍFICO SUDESTE,  
REALIZADO EN SEPTIEMBRE - OCTUBRE DE 2003**

**Comportamiento Meteorológico y Oceanográfico en el Pacífico Sudeste  
durante septiembre - octubre de 2003.**

**E. Pinto<sup>1</sup>, E. Zambrano<sup>2</sup>, M. Braun<sup>3</sup>, L. Pizarro<sup>4</sup>, J. Ortiz<sup>5</sup>**

## **1. RESUMEN**

Se analizan las condiciones oceanográficas y meteorológicas registradas durante septiembre - octubre de 2003, en el desarrollo del Sexto Crucero de Investigación Oceanográfica conjunta ejecutado por Colombia, Ecuador, Perú y Chile y coordinado por la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS).

Durante este crucero se realizaron 200 estaciones oceanográficas, en las cuales se tomaron datos oceanográficos, meteorológicos y biológicos, desde la superficie hasta una profundidad máxima de 500 m cubriéndose el área comprendida entre 7°N y 24°S entre la costa y 350 millas náuticas como máximo.

La circulación oceánica presentó un flujo superficial de aguas cálidas provenientes de la Cuenca de Panamá y que alcanzó el centro de la costa de Ecuador. La surgencia costera frente a la costa de Perú y Chile se presentó dentro de las características normales. La corriente de Cromwell se mostró menos extendida en su influencia hacia la costa en comparación al año 2002.

La distribución de las masas de agua en el Pacífico Sudeste mostró la influencia de Aguas Tropicales provenientes de la Cuenca colombiana hacia la región costera del Ecuador y las Aguas Subtropicales provenientes del

Pacífico Central hacia el centro y sur de la región.

Las Aguas Tropicales Superficiales dominaron el norte de la región en tanto que en la sección ecuatorial prevalecieron las Aguas Ecuatoriales Superficiales.

A escala global el océano Pacífico Ecuatorial presentó condiciones de normalidad las mismas que se prolongarían durante el resto del año 2003. En el Pacífico Sudeste las condiciones atmosféricas y oceanográficas mantuvieron valores muy cercanos a los promedios históricos.

El Frente Ecuatorial presentó un ligero desplazamiento hacia el sur hasta 4°S. La corriente de Humboldt no fue detectada con claridad, ya que aparentemente se ubicó un poco más oceánica, área no cubierta en el presente crucero.

Las estructura térmica superficial al sur del Frente Ecuatorial en general, mostró valores cercanos a los normales, sin embargo se detectaron tres áreas con anomalías positivas (1,0°C), ubicadas al norte de Esmeraldas (1°N), en el Golfo de Guayaquil y entre Ilo y San Juan en el Perú. En el sector oceánico frente a Chile, la variabilidad de la temperatura superficial del mar presentó condiciones dentro del rango normal para la época.

---

<sup>1</sup>Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), Ecuador. E-mail: ambiente@inocar.mil.ec

<sup>2</sup>Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), Ecuador. E-mail: nino@inocar.mil.ec

<sup>3</sup>Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Chile. E-mail: mbraun@ifop.cl

<sup>4</sup>Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Perú. E-mail: lpizarro@imarpe.gob.pe

<sup>5</sup>Centro de Control de Contaminación del Pacífico (CCCP), Colombia. E-mail: jortiz@cccp.org.co

## 2. INTRODUCCIÓN

El Sexto Crucero Regional Oceanográfico fue ejecutado entre septiembre y octubre de 2003, en circunstancias en que la evolución de las condiciones oceanográficas y atmosféricas en el Pacífico Oriental, así como el consenso de más de 12 modelos dinámicos y estadísticos internacionales, sugerían condiciones normales en todo el sector del Pacífico Ecuatorial.

Durante septiembre y octubre de 2003, todo el Pacífico Ecuatorial presentó en general condiciones oceanográficas cercanas a la normalidad, en tanto que el borde oriental del Pacífico, mostró temperaturas mayores en relación con los meses anteriores pero que se ubicaban dentro de los rangos considerados como normales para la época.

Así, los índices oceánicos de la región Niño 4 mostraron un incremento en la anomalía de la Temperatura Superficial del Mar pasando de +0,5°C a +1°C. En la región Niño 3 las anomalías alcanzaron +0,5°C y en la región Oriental del Pacífico Ecuatorial (región Niño 1+2) fueron de +0,5°C (Fig. 1).

Bajo la superficie del mar, el Pacífico Ecuatorial Oriental mostró núcleos de masas de agua cálida entre 50 y 100 metros de profundidad, con anomalías de hasta 2°C por encima del promedio, entre los 120°W y 140°W. En contraste bajo los 100 metros, prevalecieron en el Pacífico Central masas de agua ligeramente fría.

El nivel del mar mostró en toda la región del Pacífico Sudeste valores que oscilaron alrededor de la media climatológica.

Con respecto a los vientos de superficie, estos registraron valores normales para la época en toda la región del Pacífico Sudeste.

A escala global el océano Pacífico Ecuatorial presentó condiciones de normalidad cuya perspectiva era de prolongación para el último trimestre de 2003; de igual manera en el Pacífico Sudeste las condiciones atmosféricas y

oceanográficas presentaban la tendencia hacia valores cercanos a los promedios históricos.

El escenario de las condiciones oceanográficas que se tenía de la región ecuatorial del Pacífico con anterioridad al crucero, fue básicamente proporcionada por la información satelital y por el sistema de boyas TOGA – TAO de la NOAA, ancladas en la región ecuatorial.

Con el ánimo de establecer en forma casi sinóptica las condiciones océano – atmosféricas en el área del Pacífico Sudeste, al tiempo que continuaban las condiciones neutras y, considerando además el éxito logrado con la realización de los cruceros regionales anteriores, tanto en los aspectos científicos como de cooperación regional, se llevó a cabo el Sexto Crucero Regional Conjunto de Investigaciones Oceanográficas en septiembre – octubre de 2003.

## 3. METODOLOGÍA

El Sexto Crucero Regional Conjunto, se desarrolló entre septiembre - octubre de 2003, período durante el cual se realizaron en forma conjunta, cruceros oceanográficos frente a las costas de Colombia, Ecuador, Perú y Chile, utilizando un total de 7 buques (Anexo I). La coordinación de los cruceros estuvo a cargo de la Comisión Permanente del Pacífico Sur.

El área de estudio estuvo enmarcada entre 7°N y 24°S, extendiéndose hacia el Oeste hasta 350 millas de la costa como máximo, donde se realizaron un total de 200 estaciones oceanográficas, distribuidas en 24 secciones perpendiculares a la costa (Fig. 2).

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

En cada estación se realizaron perfiles de temperatura y salinidad utilizando CTD marca Seabird 19 Seacat, hasta una profundidad máxima de 500 m. Además hubo registros de

temperatura superficial del mar con termómetro de balde y se tomaron muestras de agua mediante botellas Niskin, a profundidades estándares, para análisis de salinidad y oxígeno disuelto. Los valores de salinidad se utilizaron para la validación de los datos obtenidos con el CTD.

Con los datos ya procesados se construyeron cartas de distribución superficial de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, cartas de anomalía 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.

Para analizar la estructura de la columna de agua se seleccionaron y luego se graficaron 13 transectas perpendiculares a la costa, además de una transecta paralela a la costa situada aproximadamente a 200 kilómetros de ella. Se realizaron curvas T-S para definir las masas de agua en la región (Fig. 10).

Los datos de salinidad se expresan en unidades prácticas de salinidad (ups) (UNESCO, 1981).

Los resultados meteorológicos de los países, corresponden a los reportes proporcionados por las instituciones pertenecientes a los países miembros de la CPPS y publicados en el Boletín de Alerta Climático (BAC No.156 y 157).

Para complementar la información del crucero se utilizó la anomalía del nivel del mar obtenida mediante los satélites TOPEX y ERS-2 del 27 de septiembre de 2003 elaborada por el Colorado Center for Astrodynamics Research, CCAR (<http://www.ccar.colorado.edu>).

## 4. RESULTADOS

Entre septiembre y octubre de 2003, en el Pacífico Ecuatorial, los índices oceánicos mostraron un ligero incremento en la Temperatura Superficial del Mar (TSM). Así, en la Región Niño 4, las anomalías de TSM se incrementaron de +0,5°C a +1,0°C, en la Región

Niño 3 las anomalías alcanzaron un valor de +0,5°C. El Pacífico Ecuatorial Oriental (Región Niño 1+2) experimentó igualmente un ascenso de la TSM incrementando las anomalías hasta +0,5°C.

A nivel subsuperficial durante septiembre de 2003, entre 120°W y 140°W, se observó la presencia de masas de agua con anomalías entre +1°C y +2°C entre los 50 m y los 100 m de profundidad, por el contrario de 100 m a 200 m prevalecieron masas de agua con anomalías negativas de hasta -1°C entre 120°W y 160°W. En general en el Pacífico Ecuatorial, la termoclina aparece ligeramente profundizada entre 6 a 12 m con relación al promedio histórico. El Pacífico Sudeste, presentó una predominancia de aguas frías subsuperficiales y la termoclina muy cercana a la posición promedio.

En el Pacífico Sudeste, el Nivel Medio del Mar (NMM) mantuvo anomalías que oscilaban entre +0,5 cm y -5,0 cm. Por su parte el Pacífico Occidental registró anomalías de hasta +10 cm.

En octubre el Índice de Oscilación del Sur (IOS) cumplía 20 meses de permanecer en su fase negativa, habiendo en este mes marcado -0,3 con clara tendencia hacia la recuperación. La Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) en el ámbito regional tuvo actividad convectiva de moderada a fuerte y se ubicó entre los 4°N y 9°N, observándose hacia fin de mes un ligero ensanchamiento afectando la costa norte de Ecuador. Los vientos alisios registraron valores cercanos al promedio histórico en todo el Pacífico Ecuatorial.

### 4.1 Meteorología en las estaciones costeras de la región

#### A. Colombia

La ZCIT, durante el periodo septiembre - octubre de 2003 se situó al norte del Pacífico colombiano, oscilando entre 5°N y 7°N, y en ocasiones desplazada ligeramente hacia el norte. El departamento del Chocó, especialmente sus sectores central y sur, fueron afectados con actividad convectiva de carácter moderado a

fuerte, durante la mayor parte del periodo, predominando en la zona lluvias de variada intensidad, acompañadas de tormentas eléctricas dispersas.

En Tumaco, durante septiembre, la temperatura del aire registró una ligera anomalía positiva de  $+0,3^{\circ}\text{C}$ , mientras las lluvias presentaban un marcado déficit de un 50%.

Para octubre de 2003, la temperatura del aire había descendido, presentando una ligera anomalía negativa de  $-0,1^{\circ}\text{C}$ , mientras las lluvias se normalizaban en el sector.

La evolución de estos parámetros mostró una tendencia hacia condiciones normales, comportamiento observado en el área durante los meses previos al crucero.

## **B. Ecuador**

En octubre de 2003 la actividad convectiva de la ZCIT, en la porción oriental se incrementó, situación que permitió la formación de nubosidad sobre las Islas Galápagos y la costa norte del Ecuador; el eje relativo de la ZCIT se ubicó entre los  $5^{\circ}\text{N}$  y  $7^{\circ}\text{N}$ .

El centro del Sistema de Alta Presión Atmosférica se localizó entre los  $30^{\circ}\text{S}$  y  $88^{\circ}\text{W}$  alcanzando los 1020 hPa, posición considerada como normal para la época.

En la región Insular de Galápagos, durante los meses de septiembre y octubre de 2003, se observó anomalías positivas de la precipitación; sin embargo en la región Litoral, continuaban deficitarias a excepción de ciertas localidades.

En cuanto a la temperatura del aire, las islas Galápagos registran ligeras anomalías positivas  $+0,4^{\circ}\text{C}$ , al igual que la costa norte y central del Ecuador.

Durante el periodo del crucero (septiembre – octubre), los vientos predominantes se mantuvieron con dirección sur-suroeste, especialmente en la costa central y sur, con una velocidad media entre 6 y 8 m/s y en ocasiones alcanzaron los 10 m/s; este comportamiento de

los vientos se lo consideró como normal para la fecha.

## **C. Perú**

Durante septiembre de 2003, la temperatura del aire en superficie en las estaciones costeras peruanas, presentó anomalías negativas, registrándose las máximas anomalías en las estaciones de Lobos de Afuera  $-1,2^{\circ}\text{C}$  y Chimbote  $-1,1^{\circ}\text{C}$ . En octubre la temperatura del aire experimenta un ligero calentamiento, decreciendo un tanto las anomalías negativas, principalmente en la parte central del litoral peruano. Durante este periodo no se registraron precipitaciones en las estaciones del litoral peruano, excepto en la estación de la isla Lobos de Afuera, donde hubo pequeñas trazas de lluvias.

En las estaciones costeras de la zona norte y centro prevalecieron vientos del sur, con velocidades que oscilaron entre 2,3 a 9,3 m/s, registrándose la máxima anomalía en la estación de Lobos de Afuera  $+2,3$  m/s. En la zona sur el viento prevaleciente fue del sureste, con velocidades de 1,7 y 3,4 m/s, en las estaciones de San Juan y Mollendo respectivamente, excepto en la estación de Ilo, donde prevalecieron vientos del sur, de 3,9 m/s.

## **D. Chile**

Durante septiembre de 2003, el comportamiento de la temperatura del aire en la zona central de Chile se caracterizó por presentar anomalías positivas, con un valor máximo de  $+1,3^{\circ}\text{C}$  en Santiago ( $33^{\circ}\text{S}$ ). Sobre la zona sur y austral del país, la temperatura del aire presentó anomalías negativas, similar al comportamiento registrado durante agosto de 2003, hasta los  $40^{\circ}\text{S}$ . Hacia el sur de esta zona se registraron anomalías positivas de hasta  $+1,0^{\circ}\text{C}$ . En octubre, la temperatura máxima del aire presentó un comportamiento muy cercano a lo normal en la zona norte del país. En cuanto a la temperatura mínima se evidenció un calentamiento, con anomalías positivas de hasta  $+2,1^{\circ}\text{C}$ . Similar comportamiento presentó la temperatura media. En la zona central del país, se registró un calentamiento con anomalías positivas sobre toda la región. Sobre la zona sur y austral hasta

los 40°S, se registraron anomalías positivas en la temperatura máxima, con valores de hasta +0,7°C. Desde los 40°S hacia el sur, se registraron anomalías negativas de hasta -1,5°C en Coyhaique.

La presión atmosférica a nivel medio del mar durante septiembre de 2003 reflejó un centro de anomalías positivas al norte de los 35°S, con anomalías cercanas a lo normal, condición asociada a la intensificación del anticiclón subtropical. Hacia el sur de los 40°S, sobre las costas de Chile sur y austral se registraron anomalías negativas, las cuales favorecieron el paso de sistemas frontales por la región, disminuyendo significativamente el déficit de precipitaciones registrados durante los meses de julio y agosto; en octubre, gran parte de las estaciones de monitoreo registraron anomalías negativas en la presión atmosférica, con un valor de hasta -2,1 hPa. Las anomalías negativas registradas en la zona sur y austral están asociadas a un núcleo de anomalías negativas sobre el mar Bellinghausen, condición propicia para el aumento de las precipitaciones sobre la región austral del país. Por otra parte, las anomalías negativas de presión registradas sobre la zona central del país, están asociadas a un aumento de la temperatura en superficie, fortalecido por un centro de anomalías positivas en la tropósfera media.

En cuanto a las precipitaciones en septiembre el déficit que se venía registrando, disminuyó considerablemente en la zona norte y central del país. Al sur de los 36°S, el agua caída producto de 5 eventos de precipitaciones, aumentó el superávit sobre la zona sur y austral de Chile; en octubre se registraron dos eventos importantes de precipitaciones. El primero, se registró durante la primera quincena del mes, abarcando una extensión entre los 35°S y 47°S, con precipitaciones de hasta 20 mm en 24 hrs. El segundo evento, se presentó durante la última quincena del mes, con una extensión entre los 37°S y 50°S, en donde las precipitaciones más significativas se registraron en las ciudades de Balmaceda y Coyhaique, con precipitaciones por sobre los 50 mm acumulados en 24 hrs.

## 4.2 Oceanografía

### 4.2.1. Características Superficiales del Mar

#### A. Temperatura

La temperatura superficial del mar, durante septiembre – octubre de 2003, en el área del VI Crucero Regional del Pacífico Sudeste (Fig. 3), presentó un rango de variación comprendida entre 15,0°C y 28,6°C; localizándose los valores más altos (>27,0°C) hacia el norte de 1°N, frente a las costas de Colombia, mientras que los menores valores (<16,0°C) fueron registrados frente a la costa chilena, entre Iquique y Antofagasta (20°S y 23°S).

En la cuenca colombiana la TSM presentó poca variación, fluctuando entre 27,0°C y 28,0°C, ubicándose los máximos valores al norte de Buenaventura (4°N); hacia el sur, en aguas ecuatorianas se observó la máxima variabilidad de la TSM, a consecuencia de la convergencia de las aguas frías y salinas del sur con las cálidas y poco salinas del norte, constituyendo un intenso frente termohalino, el Frente Ecuatorial. En esta ocasión el Frente Ecuatorial estuvo constituido por las isotermas de 19,0°C a 25,0°C y presentó un moderado desplazamiento hacia el sur, situándose aproximadamente entre los puertos de Talara, en Perú, y Manta, en Ecuador.

Al norte del Frente Ecuatorial fue notoria la influencia de las Aguas Tropicales Superficiales (ATS), en especial en el sector noreste del área de estudio; Hacia el sur del Frente Ecuatorial, en el sector centro y sur del área del Crucero, frente a las costas del Perú y Chile, la TSM presentó poca variación, fluctuando entre 18,0°C y 16,0°C, localizándose los menores valores junto a la costa como producto de las surgencias costeras.

Las anomalías de TSM, respecto de los promedios mensuales de Levitus *et al.* (1994), se presentaron en un rango de +3,0°C a 0°C, observándose valores positivos hacia el norte del Frente Ecuatorial y normales en la mayor parte de la región ubicada al sur. Así, las máximas anomalías positivas de TSM se localizaron en un área costera, ubicada al sur del Golfo de

Guayaquil, frente a Talara (4°S), con valores de hasta +3°C. De igual manera en el área frente a Ilo y San Juan (16°S y 18°S) se observó otro núcleo cálido con anomalías de +2°C. Hacia el norte de la línea ecuatorial dominaron las anomalías positivas de +1°C; mientras que al sur de 4°S predominaron las áreas con valores normales.

## **B. Salinidad**

La salinidad superficial presentó valores entre 30 y 35,3 ups (Fig. 4). Al norte de 5°N, en la zona costera de Colombia, se encontró el valor más bajo de salinidad, registrándose los valores más elevados entre Paita y San Juan (5°S y 15°S).

La baja salinidad observada frente a las costas de Colombia (30 ups), responde a la descarga de los numerosos ríos y a las precipitaciones favorecidas por la actividad de la ZCIT en la región. Hacia el sur se incrementa la salinidad, alcanzando 32,5 ups en el área de 1°30'N. Junto a la costa, hasta 2°S, se observó un repliegue hacia el sur de las isohalinas de 33 y 33,5 ups, señalando el ingreso de aguas menos salinas desde el norte.

La distribución de la salinidad superficial, al igual que en la temperatura, mostró la presencia del Frente Ecuatorial, con valores entre 34 y 34,8 ups, en una posición entre 3°S y 5°S.

Hacia el sur del Frente Ecuatorial, la salinidad superficial presentó una menor variación y los valores fluctuaron entre 34,8 y 35,1 ups; las isohalinas se presentaron a manera de bandas paralelas a la costa. Los valores más bajos se ubicaron en el sector costero, entre Iquique y Antofagasta (20°S a 24°S). Los valores más altos se encontraron a unas 100 millas náuticas aproximadamente entre 6°S y 20°S.

La anomalía de salinidad de acuerdo con los promedios mensuales de Levitus *et al.*, 1994, presentó una variación entre -1,3 y +1,1 ups. La mayor fluctuación de la salinidad se localizó al norte de la zona ecuatorial, en el Pacífico colombiano, donde se advirtió la presencia de un núcleo con anomalía positiva de +1,0 ups, ubicado a unas 150 millas náuticas frente a

Buenaventura Colombia (4°N), mientras que en el sector costero, al norte de 5°N, se registraron anomalías negativas de -1,0 ups.

Al sur de la franja ecuatorial, la variabilidad de las anomalías de salinidad disminuyó considerablemente, ubicándose entre 0 y +0,2 ups. Los valores positivos se presentaron en forma de pequeños núcleos ubicados en los sectores costeros. La mayor parte del área presentó valores muy cercanos a cero.

## **C. Oxígeno Disuelto**

En el área del Crucero Regional, la concentración superficial del oxígeno disuelto presentó valores comprendidos entre 6 y 2,3 mL/L, advirtiéndose que en la zona costera, en las áreas de afloramientos, se ubicaron los menores valores (<3,5 mL/L) de concentración de oxígeno disuelto, mientras que los máximos valores se presentaron en la zona oceánica, frente a Chicama y Arica (Fig. 5).

En el sector norte, frente a Colombia, la distribución del oxígeno disuelto no mostró mayores fluctuaciones, advirtiéndose homogeneidad alrededor de 4 mL/L, excepto frente a Tumaco (2°N) donde se observó un área de baja concentración de oxígeno (<3 mL/L). Este patrón de distribución continuó hacia el sur, frente al Ecuador, donde la variación fue de 4,5 mL/L a 5 mL/L y las isolíneas se orientan en sentido sureste - noroeste.

Al sur de 4°S, frente a Perú y Chile, la distribución del oxígeno disuelto se presentó con isolíneas paralelas a la costa y la fluctuación de los valores fue mayor, registrándose en el sector oceánico los valores más altos (6 mL/L); mientras que dentro de las 30 millas de la franja costera, se ubicaron los valores inferiores a 4,5 mL/L, asociados con aguas de las surgencia costera.

### **4.2.2. Características subsuperficiales**

#### **Profundidad de las isotermas de 15° y 20°C.**

La isoterma de 15°C se presentó a mayores profundidades en el área oceánica frente a

Colombia, (Fig. 6) alcanzando profundidades superiores a los 110 m. Frente al Ecuador y la costa central del Perú (12°S) ésta isoterma se elevó un poco fluctuando entre 70 y 100 m. En el sector costero esta isoterma se ubicó sobre los 70 m, siendo bastante somera en los lugares de surgencias costeras. Este esquema se observó frente a Chile, en donde la isoterma de 15°C alcanzó profundidades de 20 m en aguas costeras y alrededor de los 60 m en aguas oceánicas. Frente a las costas de Arica, Iquique y Antofagasta la isoterma de 15°C se mantuvo a una profundidad constante de 20 m.

La isoterma de 20°C se ubicó entre 7°N y 4°S, caracterizando la presencia de las Aguas Tropicales Superficiales en este sector. Hacia el sur de 4°S la isoterma de 20°C no estuvo presente. Frente a Buenaventura se presentó la máxima profundidad, alcanzando los 50 m. Hacia el sur esta isoterma se elevó hasta los 20 m de profundidad frente al Golfo de Guayaquil, llegando incluso a menos de 15 m al norte de Talara en el Perú.

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

Analizando la distribución vertical de la temperatura, encontramos que el espesor de la capa de mezcla en la región norte del crucero (transectas 1 y 2), estuvo limitado por la isoterma de 26°C y presentó un espesor entre 10 y 20 m. Hacia el sur la capa de mezcla tendió a desaparecer o a ser mínima, en especial en las estaciones cercanas a la costa (Figs. 7 y 7a).

En las transectas 1 (Buenaventura) y 2 (Tumaco), la termoclina se encontró bien definida bajo la capa de mezcla, con un gradiente de aproximadamente 2°C/10 m. Hacia el sur, en la transecta 13 (Antofagasta) la intensidad del gradiente de la termoclina disminuyó hasta alcanzar un valor de 0,6°C/10 m. El espesor de la termoclina fue de 30 m aproximadamente, siendo la isoterma de 20°C, en el sector norte, la que mejor representó la base de la termoclina, ubicada a 45 m; mientras que en las transectas 3, 4 y 5 (Puerto Bolívar, Pta. Falsa y Chimbote, respectivamente), la base de la termoclina estuvo

representada por la isoterma de 15°C y ubicada entre los 50 y 75 m. Al sur de la transecta 8 (San Juan) la isoterma de 14°C se ubicó como base de la termoclina a una profundidad aproximada de 50 m.

Por debajo de la termoclina se localizó un termostad; el cual tuvo un espesor aproximado de 140 m. En el sector norte no estuvo bien definido y se representó por las isotermas de 13°C a 15°C; entre las transectas 4 (Pta. Falsa) y 6 (Callao) por las isotermas de 12°C a 15°C y al sur de la transecta 7 (Pisco) por las isotermas 12°C a 14°C.

Por debajo del termostad la temperatura presentó un ligero decrecimiento, con una distribución más o menos estratificada, mostrando en el área costera, una ligera separación de las isotermas; en particular en las transectas 6,7,9,10 y 13.

En cuanto a la distribución vertical de la salinidad se observó una fuerte haloclina en las transectas ubicadas al norte (transectas 1, 2 y 3) con un espesor de aproximadamente 40 m. En las transectas ubicadas hacia el centro y sur del área del crucero la haloclina se debilitó, en especial hacia la franja costera (Figs. 8 y 8a).

Por debajo de la haloclina, en las transectas del 1 a la 4, la capa de máxima salinidad (35 ups) se localizó entre 100 y 200 m, por debajo de esta capa la salinidad disminuyó hasta valores de 34,6 ups. En las transectas restantes (de la 5 a la 13) las máximas salinidades se localizaron en la capa superficial hacia el sector oceánico; quedando las aguas con salinidades entre 34,8 y 34,9 ups replegadas cerca a la costa, asociadas al flujo costero de la Corriente de Humboldt.

Adicionalmente se preparó una transecta paralela a la costa a unos 200 Km de distancia (Fig. 9), en la cual se apreció la distribución termohalina de norte a sur, donde superficialmente las aguas cálidas (>27°C) se localizaron al norte del área de estudio, decreciendo conforme se avanzó hacia el sur alcanzando temperaturas menores a 17°C. De igual manera la intensidad y profundidad de la termoclina, a esta distancia de la costa, disminuyó de norte a sur. En cuanto al termostad, este fue más amplio en la región

ecuatorial, decreciendo su espesor hacia el sur. La salinidad por su parte presentó un patrón similar al descrito para la temperatura, con mínimos valores al norte (<32 ups) y máximos al sur (35 ups). Entre 6°S y 16°S superficialmente se ubicó un cuerpo de agua con máxima salinidad (35,1 ups), distinguiéndose un halostad ubicado alrededor de los 200 m de profundidad, caracterizado por las isolíneas de 35 ups y 34.8 ups, el cual fue más amplio en la región ecuatorial disminuyendo su espesor hacia el sur de la transecta.

### **Distribución de masas de agua**

La distribución de las masas de agua en toda la región de estudio (Fig. 10), se caracterizó por la presencia de:

- Agua de la Cuenca Colombiana (ACC), identificada por las bajas salinidades (30 ups) y altas temperaturas ( $T > 28^{\circ}\text{C}$ ), característica de la región norte del área muestreada.
- Agua Tropical Superficial (ATS), distribuidas entre Colombia y el norte de Ecuador.
- Agua Ecuatorial Superficial (AES) localizadas frente al Ecuador hasta la región norte del Perú.
- Agua Costera Fría (ACF) ubicadas entre los 6°S y 18°S como producto de los afloramientos costeros.
- Agua Subtropical Superficial (ASS) ubicadas en superficie entre 6°S y 16°S.
- Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) ubicada alrededor de los 200 m de profundidad a lo largo de toda el área.
- Agua Intermedia Antártica (AIAA) registrada debajo de la AESS.

## **5. DISCUSIÓN**

A escala global el océano Pacífico Ecuatorial presentó condiciones de normalidad las mismas que se prolongarían durante el resto del año

2003. En el Pacífico Sudeste las condiciones atmosféricas y oceanográficas mantuvieron valores cercanos a los promedios históricos.

La imagen sinóptica de la región muestreada durante el Crucero Regional permitió observar condiciones cercanas a la normalidad en esta parte del Pacífico Sudeste

Para septiembre el Boletín de Alerta Climático de la CPPS (BAC 156) manifestaba que durante este mes, el Pacífico Ecuatorial Occidental y Central presentaba en general condiciones oceanográficas normales, en tanto que en el borde oriental, junto a la costa del Perú, se observaron temperaturas ligeramente más bajas respecto al promedio.

Bajo la superficie del mar, el Pacífico Ecuatorial Oriental mostró núcleos de masas de agua cálida entre 50 y 100 m de profundidad. En contraste bajo los 100 m, prevalecieron en el Pacífico Central masas de agua ligeramente frías.

A lo largo del Pacífico Sudeste, el Nivel Medio del Mar mantuvo anomalías que oscilaron entre +0,5 cm y -5,0 cm. El IOS se mantuvo con ligera anomalía negativa de alrededor -0,3. Por su parte la ZCIT se ubicó entre los 5°N y 7°N y presentó actividad convectiva moderada y ocasionalmente fuerte, llegando incluso hacia fines de octubre a ejercer cierta influencia sobre la costa norte del Ecuador. Los vientos predominantes fueron del sur y sureste; respondiendo a la presencia del Sistema de Alta Presión del Pacífico Sur, con un promedio de 6 m/s. Esta distribución de los vientos de superficie se la consideró como normal para la época.

El Frente Ecuatorial presentó un ligero desplazamiento hacia el sur hasta los 04°45'S asociado a las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES), el cual presentó un gradiente horizontal de TSM más intenso que el registrado en el 2002 (CPPS 2003), pero ligeramente más intenso que lo observado en septiembre 2001 para la misma zona (Braun *et al.*, 2003). Dado lo estrecho del área cubierta en el presente crucero (extensión longitudinal), la corriente costera de Humboldt no fue detectada con claridad, ya que

aparentemente se ubicó un poco más oceánica, apartada de la costa. En general, las anomalías térmicas superficiales fluctuaron alrededor de los normales. Sin embargo, se detectaron tres lugares con anomalías positivas superior a +1°C, el primero se ubicó hacia el norte de Esmeraldas (1°N), el segundo en el Golfo de Guayaquil, proyectándose hacia el sur hasta las costas de Talara y el tercero entre las costas de San Juan y Arica (de 15°S a 18°S), valores ligeramente superiores a lo observado en septiembre 2001 y 2002 (Braun *et al.*, 2003, CPPS 2003).

Frente al Perú se presentaron condiciones normales para la época, asociadas a las Aguas Costeras Frías (ACF) las cuales predominaron hacia el sur de 5°S. En el sector oceánico frente a Chile, las anomalías de TSM oscilaron dentro de los rangos normales para la época.

La estructura subsuperficial observada en el borde oriental durante el crucero, presentó la influencia de un flujo de aguas cálidas y de bajas salinidades provenientes de Colombia cuya influencia se extendió hasta la costa central del Ecuador.

La salinidad superficial del mar presentó los mínimos valores (30 ups) frente a la costa colombiana, mientras que hacia el sur frente a las costas del Perú, se ubicaron las máximos valores (35,1 ups), similar distribución a lo reportado para septiembre de 2002 (CPPS, 2003). La distribución de las anomalías de salinidad, sugieren que la surgencia costera en Perú y Chile, se presentó dentro del patrón normal para la época asociado con el flujo costero de la Corriente de Humboldt y en la cuenca del Pacífico colombiano las anomalías de salinidad fueron superiores a lo registrado en septiembre-octubre 2002 (CPPS, 2003) y similar a lo observado durante septiembre 2001 (Braun *et al.*, 2003)

En el corte paralelo a la costa a 200 km mar afuera, no se observó clara evidencia de la presencia de la subcorriente de Cromwell tal cual fue observada en septiembre de 2002 (CPPS, 2003), lo que sugiere un desplazamiento de este flujo hacia el oeste debido al flujo proveniente del sur, comportamiento similar a lo

registrado en septiembre 2001 (Braun *et al.*, 2003)

El oxígeno disuelto superficial se incrementó de norte a sur, presentando su máximo valor en el sector oceánico del Perú; mientras que en el sector costero frente a Paita, Chicama, Callao, San Juan e Iquique se localizaron los mínimos valores en superficie como resultado de la presencia de agua superficial aportada por los afloramientos costeros.

La imagen de la anomalía del Nivel del Mar proporcionada por el satélite TOPEX y ERS-2. registró condiciones de normalidad para septiembre-octubre 2003, con flujos costeros hacia el norte. En la región ecuatorial se observó la presencia de una depresión zonal asociada con un flujo ecuatorial (Fig. 10), similar a lo registrado en septiembre 2001 (Braun *et al.*, 2003)

## 6. CONCLUSIONES

De la distribución de los parámetros oceanográficos y atmosféricos encontrados en el presente crucero se concluye:

- El comportamiento oceanográfico observado durante septiembre-octubre 2003, presentó condiciones de normalidad, exhibiendo el Pacífico Oriental temperaturas ligeramente cálidas, propias de las condiciones climáticas locales de cada país.
- Una de las características oceanográficas de la región es el Frente Ecuatorial; el cual presentó un ligero desplazamiento hacia el sur (4°S) con respecto a cruceros precedentes.
- La estructura térmica superficial al sur del Frente Ecuatorial en general, mostró valores cercanos a los normales, sin embargo, se detectaron tres áreas con anomalías positivas (1,0°C), ubicadas frente a Tumaco, en el Golfo de Guayaquil y entre Ilo y San Juan en el Perú. En el sector oceánico frente a Chile,

la variabilidad de la temperatura superficial del mar presentó condiciones dentro del rango normal para la época.

- La circulación oceánica presentó un flujo superficial de aguas cálidas provenientes de la Cuenca de Panamá y que alcanzó el centro de la costa de Ecuador. La surgencia costera frente a Perú y Chile se presentó dentro de las características normales. La corriente de Cromwell se mostró menos extendida en su influencia hacia la costa en comparación al año 2002.
- La Corriente de Humboldt no fue detectada con claridad debido a que aparentemente se ubicó un poco más oceánica, no obstante el ramal costero de esta corriente fue ubicado entre 20°S y 6°S a través de la distribución de la isoterma de 15°C.
- La distribución de las masas de agua en el Pacífico Sudeste mostró la influencia de Aguas Tropicales provenientes de la Cuenca colombiana hacia la región costera del Ecuador y las Aguas Subtropicales provenientes del Pacífico Central hacia el centro y sur de la región. Las Aguas Tropicales Superficiales dominaron el norte de la región en tanto que en la sección ecuatorial prevalecieron las Aguas Ecuatoriales Superficiales.
- El nivel del mar mostró en la región del Pacífico Sudeste valores que oscilaron alrededor del promedio. De igual manera los vientos de superficie registraron valores normales para la época en toda la región.
- La estructura vertical entre Colombia y Ecuador mostró la influencia de un cuerpo de agua cálida y menos salino proveniente de la cuenca colombiana desplazándose hacia el sur. Este flujo de aguas no generó efectos en el comportamiento climático local, las cuales guardaban relación con la variabilidad estacional propia de la región para la época.
- En la región norte del crucero (Colombia y norte de Ecuador) la estructura vertical de temperatura mostró una capa de mezcla

entre 10 y 20 m de espesor, con una termoclina entre 25 y 50 m de profundidad con un gradiente de 2°C/10 m de profundidad. La topografía de la isoterma de 15°C, presentó una distribución normal, ascendiendo en el sector costero a consecuencia de los procesos de surgencias desde los 6°S hasta los 24°S.

- Las masas de agua AESS y AIAA estuvieron presentes en toda la región muestreada por el crucero desde 7°N hasta 24°S en las profundidades habituales de distribución.
- Las condiciones atmosféricas se caracterizaron por presentar para el periodo de estudio a la ZCIT entre los 5°N-7°N.
- El anticiclón del Pacífico sur para septiembre-octubre 2003, se ubicó entre 30°S y 88°W posición considerada normal para la época, con un valor de presión de alrededor de 1020 hPa.
- El grado de precipitación para la región norte (Colombia) se presentó deficitario para la época. Con condiciones normales para la zona de Ecuador, Perú y Chile.
- Se registraron vientos de superficie predominantes que variaron del sureste al suroeste en el área que abarcó el presente crucero con velocidades que fluctuaron entre 1,7 a 10 m/s.
- En general, en la región del Pacífico Sudeste se evidenciaron condiciones atmosféricas y oceanográficas con valores muy cercanos a los promedios históricos.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro especial agradecimiento a la CPPS por la coordinación realizada para que este Sexto Crucero Regional fuese una realidad y por su valioso apoyo en el intercambio de un científico por país, permitiendo una real integración de las capacidades de investigación conjunta en la región.

Además, es necesario destacar y agradecer a las instituciones que en cada país financiaron cada uno de los cruceros:

En Colombia: a la Dirección General Marítima DIMAR por su apoyo en la programación del crucero. Al Centro Control Contaminación del Pacífico - CCCP por su aporte técnico- científico.

En Ecuador: al Instituto Nacional de Pesca - INP por la ejecución del crucero y al Instituto Oceanográfico de la Armada - INOCAR.

En Perú: al Instituto del Mar del Perú – IMARPE y a la Dirección de Hidrografía y Navegación - DHN.

En Chile: al Instituto de Fomento Pesquero – IFOP y al Fondo de Investigación Pesquera - FIP.

Asimismo queremos agradecer a los Srs. Comandantes, Oficiales, tripulaciones y personal científico participante en los buques de investigación empleados: *ARC Malpelo*, *B/I Tohallí*, *B/I Humboldt*, *B/I SNP-2*, *B/I José Olaya*, *B/I Apropisco* y *B/I Carlos Porter* por su valiosa colaboración en la ejecución de este Sexto Crucero Regional.

## 8. REFERENCIAS

Braun, M., H. Reyes, L. Pizarro, C. Grados, E. Pinto, y L. Otero. 2003. Comportamiento Meteorológico y Oceanográfico en el Pacífico Sudeste durante septiembre de 2001. IV Crucero Regional Conjunto, Septiembre de 2001. Comisión Permanente del Pacífico Sur. (CPPS) Guayaquil, mayo 2003.

BAC No.156, 2003. Comisión Permanente del Pacífico Sur – (CPPS). Septiembre 2003.

BAC No.157, 2003. Comisión Permanente del Pacífico Sur – (CPPS). Octubre 2003.

Carpenter J. H. 1965. The Chesapeake Bay Institute Technique for the Winkler dissolved oxygen method. *Limnol. Oceanog.* 10: 141 – 143.

Comportamiento Meteorológico y Oceanográfico en el Pacífico Sudeste durante septiembre y octubre de 2002. V Crucero Regional Conjunto, Informe Final. Comisión Permanente del Pacífico Sur. (CPPS) Guayaquil, mayo 2003.

Donguy, J.R. (1994). Surface and subsurface salinity in the tropical Pacific Ocean. Relation with climate. *Prog. Oceanog.* Vol. 34, pp 45-78.

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. 99pp.

Levitus S. and T. P. Boyer. 1994. *World Ocean Atlas 1994 Volume 4: Temperature.* NOAA Atlas NESDIS 4. U.S. Department of Commerce, Washington, D.C. 117 pp.

Mamayev, O.I. 1973. Water masses of the South East Pacific Ocean. *Oceanography of the South Pacific.* 1972 pp. 71-79.

Mamayev, O.I. 1975. Temperature - Salinity analysis of world Ocean Waters. Elsevier Oceanogr. Series, 11:374 p.

UNESCO. 1981 *International Oceanographic Tables UNESCO*, París, France.

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

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

Zuta, S. y O. Guillén. 1972 *Oceanografía de las Aguas Costeras del Perú.* Bol. Inst. del Mar. Perú - Callao.

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

**COLOMBIA – ECUADOR – PERÚ - CHILE**

**SIXTH REGIONAL JOINT OCEANOGRAPHIC RESEARCH CRUISE IN THE  
SOUTH EAST PACIFIC (SEPTEMBER – OCTOBER 2003)**

**FINAL REPORT**

**Guayaquil, Ecuador 2004**

## CONTENTS

	Page
FOREWORDS	20
1. SUMMARY	21
2. INTRODUCTION	22
3. METHODOLOGY	22
4. RESULTS	23
4.1 Meteorology in the coastal stations of the region	23
Colombia	23
Ecuador	24
Peru	24
Chile	24
4.2 Oceanography	25
4.2.1 Sea surface characteristics	25
Temperature, salinity and oxygen	
4.2.2 Subsurface characteristics	26
Depth of 15°C and 20°C isotherm	
Vertical distribution of temperature and salinity	
5. DISCUSSION	28
6. CONCLUSIONS	29
7. ACKNOWLEDGEMENTS	30
8. REFERENCES	30
ANEXXES	
Annex I. Cruises carried out by each country, dates, number of stations and variables	33
Annex II. Institutions and scientific personnel participants in the Sixth Regional Joint Oceanographic Research Cruise in the South East Pacific (September-October 2003)	34
Annex III. Coordinating Committee of the VI Cruise	36
Annex IV. Exchange of scientists aboard the vessels	37
FIGURES	38

## TECHNICAL NAMES GLOSSARY

CW: Colombian Coastal Waters	IFOP: Fisheries Development Institute
CCW: Coastal Cold Water	INAMHI: National Institute of Meteorology and Hydrology
SEW: Surface Equatorial Water	INOCAR: Oceanographic Institute of the Navy
SSEW: Subsurface Equatorial Water	INP: National Fishing Institute
AAIW: Antarctic Intermediate Water	INVEMAR: Marine Research Institute
ARC: Colombian Army	SOI: Southern Oscillation Index
STSW: Subtropical Surface Water	NM: Nautical Mile
SSW: Subantarctic Surface Water	MSL: Mean Sea Level
STW: Surface Tropical Water	NOAA: National Oceanographic and Atmospheric Administration
BAC: Climatic Alert Bulletin	DO: Dissolved Oxygen
B/I: Research Vessel	AT: Air Temperature
BIC: Scientific Research Vessel	TAO: Tropical Arrangement Ocean
CCAR: Colorado Center for Astrodynamic Research	TOGA: Tropical Ocean Global Atmosphere
CCCP: Pacific Center for Pollution Control	T-S: Temperature – Salinity
CORPESCA: Fishing Corporation	SST: Sea Surface Temperature
CPPS: Permanent Commission for the Southeast Pacific	UMNG: New Granada Military University
CTD: Conductivity Temperature and Deep	UNESCO: United Nation Educational, Scientific and Cultural Organization
DHN: Hydrographic and Navigation Direction	Psu: practical salinity units
ENSO: “El Niño” Southern Oscillation	ITCZ: Intertropical Convergence Zone
hPa: Hecto Pascal	
IDEAM: Environmental Studies Institute	
IMARPE: Peruvian Marine Research Institute	

## **PRESENTATION**

It is a pleasure for the General Secretary of CPPS to present the Final Report of the Sixth Regional South East Pacific Joint Oceanographic Research Cruises carried out by CPPS member countries between September and October 2003 and coordinated by the CPPS.

With this one, there have been conducted three cruises in May and three in September, allowing the assessment of the oceanographic conditions in different seasons and increasing their value at comparing sea surface and subsurface conditions.

These Regional Cruises have become a powerful tool for the study of the oceanographic and meteorological conditions, particularly during the alterations produced by oceanic events such as "El Niño" (warm phase) and "La Niña" (cool phase). Furthermore, cruises constitute an integration mechanism for CPPS countries members, which led to their institutionalization by Foreign Affairs Ministries (Santiago, August 2000) to be conducted in an annual basis.

The General Secretary of CPPS expresses its acknowledge to Governments through CPPS National Sections, participant technical institutions, scientists, command personnel, technicians and crews, because of their valuable contribution to this Sixth Regional Cruise, which shows a steady improvement in its planning and execution phases, as well as in the exchange of scientists aboard the vessels that participated in this operation.

Sincerely,

Gonzalo Pereira Puchy  
General Secretary (I) of the CPPS

**SIXTH REGIONAL JOINT OCEANOGRAPHIC RESEARCH  
CRUISE IN THE SOUTH EAST PACIFIC  
(SEPTEMBER – OCTOBER 2003)**

**Meteorological and oceanographic behavior in the South East Pacific  
during September-October 2003.**

**E. Pinto<sup>1</sup>, E. Zambrano<sup>2</sup>, M. Braun<sup>3</sup>, L. Pizarro<sup>4</sup>, J. Ortiz<sup>5</sup>**

## **1. SUMMARY**

Meteorological and oceanographic conditions recorded during September – October 2003 in the Sixth Regional Joint Oceanographic Cruise undertaken by Colombia, Ecuador, Perú and Chile, were analyzed. The cruise was made under the coordination of the Permanent Commission for the South Pacific CPPS.

During this cruise, 200 stations were performed. Oceanographic, meteorological and biological data from the surface to a maximum depth of 500 m were obtained. The study covered the area comprised between 7°N and 24°S between the coast and 350 nautical miles offshore.

The oceanic circulation showed a surface flux of warm waters from the Panama basin, which reached the central coast of Ecuador. The coastal upwelling off Chile and Peru showed normal characteristics. The Cromwell Current was less extended toward the coast respect to 2002.

Water masses distribution in the South East Pacific was influenced by Tropical Waters from the Colombian basin toward the coastal region of Ecuador and by Subtropical Waters from the

Central Pacific toward the center and south of the region. Surface Tropical Waters prevailed in the north of the region and Surface Equatorial Waters in the equatorial section.

At a global scale, the Equatorial Pacific Ocean showed normal conditions, which will extend during the rest of 2003. In the South East Pacific, atmospheric and oceanographic conditions maintained values around the historic average.

The Equatorial Front showed a slight southward displacement up to 4°S. The Humboldt Current was not clearly detected, apparently because it was located further offshore, beyond the area covered in this cruise

The surface thermal structure in the south of the Equatorial Front showed in general normal values. However, there were detected three areas with positive anomalies (+1.0°C) located in the north of Esmeraldas (1°N), in the Gulf of Guayaquil and between Ilo and San Juan in Peru. In the oceanic sector of Chile, sea surface temperature variability showed normal conditions for the season.

---

<sup>1</sup>Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), Ecuador. E-mail: ambiente@inocar.mil.ec

<sup>2</sup>Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), Ecuador. E-mail: nino@inocar.mil.ec

<sup>3</sup>Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Chile. E-mail: mbraun@ifop.cl

<sup>4</sup>Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Perú. E-mail: lpizarro@imarpe.gob.pe

<sup>5</sup>Centro de Control de Contaminación del Pacífico (CCCP), Colombia. E-mail: jortiz@cccp.org.co

## 2. INTRODUCTION

The Sixth Regional Cruise was carried out between September and October 2003, in circumstances in which the evolution of oceanographic and atmospheric conditions in the Eastern Pacific, as well as the consensus of more than 12 international dynamic and statistic models, suggested normal conditions in the entire Equatorial Pacific sector.

During September and October 2003, the entire Equatorial Pacific showed in general normal conditions, whereas the Pacific eastern border showed higher values of temperature respect to the former months although inside the range considered normal for the season.

Therefore, oceanic indexes for the region Niño 4 showed an increase of the Sea Surface Temperature anomaly of  $+0.5^{\circ}\text{C}$  to  $+1^{\circ}\text{C}$ . In the region Niño 3, anomalies reached  $+0.5^{\circ}\text{C}$  and in the Eastern Equatorial Pacific (region Niño 1+2)  $+0.5^{\circ}\text{C}$  (Fig. 1)

Below the sea surface, the Eastern Equatorial Pacific showed nucleus of warm water masses between 50 and 100 meters in depth, with anomalies up to  $2^{\circ}\text{C}$  above the average, between  $120^{\circ}\text{W}$  and  $140^{\circ}\text{W}$ . In contrast, below 100 meters prevailed slight cold water masses in the Central Pacific.

Sea level showed in the entire South East Pacific region values close to the average.

Regarding surface winds, normal values for the season were recorded in the entire South East Pacific region.

At a global scale, the Equatorial Pacific Ocean showed normal conditions with a perspective of continuity for the last trimester of 2003; at same time, in the South East Pacific region atmospheric and oceanographic conditions showed a tendency toward values around the historic averages.

The scenery about the oceanographic conditions of the Equatorial Pacific region previously to this cruise was basically that provided by satellite information and by NOAA system of buoys TOGA – TAO, located in the Equatorial region.

With the aim to establish synoptically the ocean-atmospheric conditions in the South East Pacific region, as normal conditions continued and, considering also the success obtained in similar regional cruises in the past either in the scientific and regional cooperation aspects, the Sixth Regional Joint Oceanographic Cruise was carried out in September – October 2003.

## 3. METHODOLOGY

The Sixth Regional Joint Oceanographic Cruise was carried out between September – October 2003, period in which oceanographic cruises were conducted at same time off the coast of Colombia, Ecuador, Peru and Chile, using 7 different vessels (Annex I). The coordination of the cruises was in charge of the General Secretariat Permanent Commission for the South Pacific.

The study area was comprised between  $7^{\circ}\text{N}$  and  $24^{\circ}\text{S}$  and extended west up to 350 nautical miles offshore as maximum. A total of 200 oceanographic stations distributed in 24 perpendicular sections to the coast were carried out (Fig. 2).

The methodology used in each country during the cruises for data gathering, sampling and analysis correspond to the standard methodology used in oceanography and meteorology.

Temperature and salinity profiles using a CTD Seabird 19 Seacat brand were made in each station up to a maximum depth of 500 m. Sea surface temperature was measured using a surface thermometer. Water samples for analysis of salinity and dissolved oxygen were obtained with Niskin bottles at standard depths. Salinity values were used to validate data obtained with

the CTD.

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

In order to analyze the water column, 13 transects perpendicular to the coast were selected and plotted together with a parallel transect to the coast located approximately 200 kilometers away. Curves T-S were drawn to define water masses in the region (Fig. 10). Data on salinity are expressed in practical salinity units (psu) (UNESCO, 1981).

Meteorological results correspond to those reports provided by national institutions of the CPPS members countries and published in the Climatic Alert Bulletin (BAC N° 156 and 157).

The sea level anomaly obtained through satellites TOPEX and ERS-2 on 27<sup>th</sup> September 2003 and elaborated by the Colorado Center for Astrodynamics Research CCAR (<http://www.ccar.colorado.edu>) was used to complement the information of the cruise

#### 4. RESULTS

Between September and October 2003 the oceanic indexes in the Equatorial Pacific showed a slight increase in the Sea Surface Temperature (SST). In the Region Niño 4, SST anomalies increased from +0.5°C to +1.0°C and in the Region Niño 3 anomalies reached +0.5°C. The Eastern Equatorial Pacific (Region Niño 1+2) also experienced SST anomalies increases up to +0.5°C.

The presence of water masses with anomalies between +1°C and +2°C at 50-100 m depth was observed at subsurface level between 120°W and 140°W in September 2003. On the other hand, negative anomalies up to -1°C between 120°W

and 160°W prevailed in water masses at 100-200 m depth. In general, the thermocline in the Equatorial Pacific appears slightly deepened between 6 and 12 m in respect to the historic average. The South East Pacific showed a predominance of cold subsurface waters and the thermocline close to the average position.

In the South East Pacific, the Mean Sea Level (MSL) maintained anomalies between +0.5 cm and -0.5 cm. In contrast, anomalies up to +10cm were recorded in the Western Pacific.

In October, the Southern Oscillation Index (SOI) had 20 months in its negative phase, having reached in this month -0.3 with a clear tendency to recovering. The Inter-tropical Convergence Zone (ITCZ) at regional level had a convective activity between moderate to strong and was located between 4°N and 9°N, noticing toward the end of the month a slight broadening affecting the north coast of Ecuador. Trade winds showed values close to the historic average in the entire Equatorial Pacific.

#### 4.1. Meteorology in the coastal stations of the region

##### A. Colombia

During the period September – October 2003, the ITCZ was located in the northern part of the Colombian Pacific between 5°N and 7°N and in occasions moved slightly north. The Choco Department, especially in the south and central sectors, was affected by convective activity from moderate to strong most of the time. Rains of variable intensity accompanied of dispersed electric storms prevailed in this zone.

In Tumaco, air temperature showed a slight positive anomaly of +0.3°C in September, whereas rainfall showed a marked deficit of 50%.

In October 2003, air temperature had decreased showing a slight negative anomaly of -0.1°C, whereas rainfall normalized in the sector.

The evolution of these parameters showed a tendency to normal conditions, behavior observed in the area during the months previously to the cruise.

## **B. Ecuador**

The convective activity of the ITCZ in the eastern part increased in October 2003. This situation favored the formation of clouds over the Galapagos Islands and the northern coast of Ecuador. The ITCZ relative axis was located between 5°N and 7°N.

The center of the High Atmospheric Pressure System was located between 30°S and 88°W - location considered as normal for the season- and reaching 1020 hPa,

In the insular region of Galapagos, rainfall positive anomalies were observed during September and October. However, in the continental coast the deficit of rainfall continued with exception of several locations.

Regarding air temperature, slight positive anomalies of +0.4°C were recorded in the Galapagos Islands and in the north and central coast of Ecuador.

During the cruise period (September – October), prevailing winds maintained a south-southwest direction, especially in the central and south part of the coast, with a mean speed between 6 and 8 m/s and occasionally reaching 10 m/s. This wind behavior was considered as normal for the season.

## **C. Peru**

During September 2003, surface air temperature in the Peruvian coastal stations showed negative anomalies with maximum values in the stations of Lobos de Afuera (-1.2°C) and Chimbote (-1.1°C). Air temperature experienced a slight warming in October, thus decreasing negative anomalies, mainly in the central part of the Peruvian coast.

Except in the station Lobos de Afuera where drizzles were present, no rains were recorded during this period in the Peruvian coastal stations.

In the coastal stations of the northern and central zones, southern winds with velocities between 2.3 and 9.3 m/s prevailed; the maximum anomaly was recorded in the station Lobos de Afuera with +2.3 m/s. In the southern zone, South Eastern winds with velocities between 1.7 and 3.4 prevailed in station San Juan and Mollendo respectively, but at Ilo station southern winds of 3.9 m/s prevailed.

## **D. Chile**

During September 2003, the behavior of the air temperature in the central zone of Chile characterized by the presence of positive anomalies with a maximum value of +1.3°C in Santiago (33°S). On the south and austral zones of the country, the air temperature showed negative anomalies similar to those presented in August 2003 up to 40°S. South of this zone, positive anomalies up to +1.0°C were recorded. In the northern zone, the maximum value of air temperature was close to the normal in October. Regarding the minimum temperature, positive anomalies up to +2.1°C were recorded. Similar behavior showed the mean temperature. Positive anomalies were recorded in the entire central zone of the country. In the south and austral zones up to 40°S, positive anomalies up to +0.7°C were recorded. From 40°S southward, negative anomalies up to -1.5°C were recorded at Coyhaique.

The atmospheric pressure at sea level in September showed a center of slight positive anomalies by north of 35°S, condition associated to the subtropical anti-cyclone intensification. Negative anomalies were recorded by south of 40°S, over the southern and austral coast of Chile, which favored the pass of frontal systems through the region, decreasing significantly the deficit of rainfall recorded during July and August; in October, most monitoring stations recorded negative anomalies up to -2.1 hPa in the

atmospheric pressure. Negative anomalies recorded in the south and austral zones were associated to a nucleus of negative anomalies over the Bellinghausen Sea, condition favorable for the increase of rainfall over the austral zone of the country. On the other hand, negative anomalies recorded over the central zone of the country, are associated to the increase of the surface temperature, favored by a center of positive anomalies in the mid troposphere.

The deficit of rainfall found in September decreased considerably in the north and central zones of the country. By south of 36°S, five precipitation events increased water superavit over the south and austral zones of Chile. In October there were two important precipitation events. The first one occurred during the first half of the month and extended between 35°S and 47°S with precipitations up to 20 mm in 24 hours. The second one occurred during the second half of the month and extended between 37°S and 50°S, with significant precipitations over 50 mm in 24 hours in Balmaceda and Coyhaique.

## 4.2. Oceanography

### 4.2.1. Surface Characteristics of the Sea

#### A. Temperature

The sea surface temperature during the period September – October 2003 in the surveyed area ranged between 15.0°C and 28.6°C. The highest values (<27.0°C) were found by north of 1°N, off Colombia, whereas the lowest values (<16°C) were found between Iquique and Antofagasta (20°S-23°S), off the coast of Chile (Fig. 3).

In the Colombian basin the SST showed little variation, ranging between 27.0°C and 28.0°. Maximum values were reported by north of Buenaventura (4°N). The higher variability of the SST was found southward, in Ecuadorian waters, as a consequence of the convergence of cold southern saline waters with northern low saline cold waters, forming an intense thermohaline front, the Equatorial Front. In this occasion the

Equatorial Front was formed by 19.0°C to 25°C isotherms, showing a moderate southward displacement located between Talara, in Peru, and Manta, in Ecuador.

By north of the Equatorial Front it was noticeable the influence of Subsurface Tropical Waters (STW), especially in the northeastern part of the study area. By south of the Equatorial Front, in the central and southern parts of the study area, off the coast of Peru and Chile, the SST showed a slight variation, ranging between 18.0°C and 16°C. Minimum values were found close to shore as a result of the coastal upwelling.

SST anomalies, respect the monthly averages of Levitus *et al.* (1994), ranged between +3.0°C to 0°C, with positive values observed by north of the Equatorial Front and normal values in most of the region located by south. Therefore, maximum positive anomalies of SST were located in the coastal area south of the Gulf of Guayaquil, off Talara (4°S), with values up to +3.0°C. Similarly, a warm nucleus with anomalies of +2.0°C was found off Ilo and San Juan (16°S – 18°S). By north of the Equator positive anomalies of +1.0°C prevailed, whereas by south of 4°S normal values prevailed.

#### B. Salinity

Surface salinity showed values between 30 and 35.3 psu (Fig. 4). The lowest value of salinity was found by north of 5°N, off Colombia, and the highest values were found between Paita and San Juan (5°S and 15°S).

The low salinity found off Colombia (30 psu) was related with the discharge of numerous river and rainfall favored by the activity of the ITCZ in the region. Salinity increases southward, reaching 32.5 psu at 1°30'N. Close to shore, up to 2°S, was observed a southward recess of the isohalines of 33 and 33.5 psu, showing the presence of northern low saline water.

The distribution of the surface salinity, as well as temperature, showed the presence of the

Equatorial Front, with values between 34 and 34.8 psu at 3°S and 5°S.

Surface salinity had a lower variation by south of the Equatorial Front with values ranging between 34.8 and 35.1 psu; isohalines showed as parallel bands along the coast. The lowest values were found in the coastal sector between Iquique and Antofagasta (20°S a 24°S). The highest values were found 100 nautical miles offshore approximately between 6°S and 20°S.

The salinity anomaly according to the monthly averages of Levitus *et al.* (1994), ranged between -1.3 and +1.1 psu. The highest variability was located by north of the equatorial zone, off Colombia, where a positive anomaly nucleus of +1.0 was located 150 nautical miles off Buenaventura (4°N), whereas negative anomalies of -1.0 psu were found in the coastal sector by north of 5°N.

The variability of the salinity anomaly decreased considerably by south of the equatorial strip, ranging between 0 and +0.2 psu. Positive values were shown in form of small nucleus in coastal areas. Most of the area showed values around zero.

### **C. Dissolved Oxygen**

The concentration of surface dissolved oxygen in the surveyed area showed values ranging between 6 and 2.3 mL/L. The lowest values were found in coastal upwelling areas (<3,5 mL/L), whereas the maximum values were found in oceanic areas off Chicama and Arica (Fig. 5).

In the northern sector, off Colombia, the distribution of dissolved oxygen was homogenous with a slight variability around 4 mL/L, except off Tumaco (2°N) where an area of low concentration of oxygen was found (<3 mL/L). Such distribution pattern continued southward, off Ecuador, where the variation was between 4,5 mL/L and 5 mL/L and the isolines ran in South East-northwest direction.

By south of 4°S, off Peru and Chile, the distribution of dissolved oxygen showed isolines parallel to the coast with higher variability. The highest values were found in the oceanic sector (6 mL/L); whereas values lower than 4,5 mL/L were found in the coastal strip inside 30 miles, associated with the coastal upwelling.

#### **4.2.2. Subsurface Characteristics**

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

The 15°C isotherm was found deeper in the oceanic area off Colombia, where reached depths higher than 110m (Fig. 6). Off Ecuador and central Peru (12°S) this isotherm was found between 70 and 100 m. In the coastal sector it was located over 70 m in depth and even shallower in upwelling areas. This scheme was observed also off Chile, where the 15°C isotherm reached depths of 20 m in coastal areas and around 60 m in oceanic areas. The 15°C isotherm maintained a constant depth of 20 m off Arica, Iquique and Antofagasta.

The 20°C isotherm was located between 7°N and 4°S, characterized by the presence of Surface tropical Waters in this sector. Southward 4°S the isotherm was not present. The maximum depth was found off Buenaventura (50 m). Southward this point the isotherm rose up to 20 m in depth off the Gulf of Guayaquil, reaching less than 15 m north of Talara in Peru.

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

When the data on vertical distribution of temperature was analyzed, it was found that the thickness of the mixture layer in the northern part of the area (transects 1 and 2) was between 10 and 20 m and limited by the 26°C isotherm. The mixture layer tended to disappear or make thin southward, especially in coastal stations (Figs. 7 y 7a).

The thermocline in transects 1 (Buenaventura) and 2 (Tumaco) was well defined below the

mixture layer with a gradient around 2°C/10 m. In the southern part, the intensity of the thermocline gradient decreased up to 0.6°C/10m in the transect 13 (Antofagasta). The thickness of the thermocline was 30 m approximately, being the 20°C isotherm in the northern sector the best indicator of the base of the thermocline, located 45 m in depth; whereas in transects 3,4 and 5 (Puerto Bolivar, Pta. Falsa and Chimbote, respectively) the base of the thermocline was represented by the 15°C isotherm located between 50 and 75 m in depth. Southward of transect 8 (San Juan) the 14°C isotherm was the base of the thermocline located around 50 m in depth.

The thermocline, with a thickness of 140m, was located below the thermocline. In the northern part, the thermocline was not well defined and occurred between the 13°C and 15°C isotherms; between transects 4 (Pta. Falsa) and 6 (Callao) by the 12°C to 15°C isotherms and southward of the transect 7 (Pisco) by the 12°C to 14°C isotherms.

The temperature showed a slight decrease below the thermocline, with a distribution partially stratified, showing in the coastal area a slight separation of the isotherms, particularly in transects 6,7,9,10 and 13.

Regarding the vertical distribution of salinity, a strong halocline in northern transects (1,2 and 3) with a thickness of around 40 m was found. The halocline weakens in transects located in the center and south of the surveyed area, especially toward the coastal strip (Figs. 8 y 8a).

The layer of maximum salinity (35 psu) was located below the halocline between 100 and 200 m in depth. Below this layer, salinity decreased up to 34.6 psu. In the remaining transects (5 to 13) maximum values of salinity were found toward the oceanic area; whereas waters of salinity between 34.8 and 34.9 psu remained closer to shore associated to the coastal branch of the Humboldt Current.

Additionally, a transect parallel to the coast 200 km offshore was also prepared (Fig. 9). This transect shows the north-south thermohaline distribution, with surface warm waters (>27°C) located in the northern part of the study area and decreasing southward as temperatures below 17°C were reached. Similarly, the intensity and depth of the thermocline decreased in a north-south direction. Regarding the thermocline, it was thicker in the equatorial region and decreasing southward. Salinity showed a similar pattern as described for temperature, with minimum values by north (<32 psu) and maximum by south (35 psu). The mass of water with the maximum salinity (35.1 psu) was located at surface, noticing a halocline located around 200 m in depth and characterized by isolines of 35 and 34.8 psu, which was stronger in the equatorial region and decreasing its thickness toward the southern part of the transect.

### **Distribution of water masses**

The distribution of water masses in the study region (Figure 10) is characterized as follows:

- Colombian Basin Waters (CBW), identified by low salinity (30 psu) and high temperature ( $T > 28^\circ\text{C}$ ), typical of the northern area surveyed.
- Surface Tropical Waters (STW), distributed between Colombia and north of Ecuador.
- Surface Equatorial Waters (SEW), located off Ecuador up to the north of Peru.
- Coastal Cold Water (CCW), located between 6°S and 18°S as a result of the coastal upwellings.
- Surface Subtropical Waters (SSW), located at surface between 6°S and 16°S.
- Subsurface Equatorial Waters (SSEW), located around 200 m in depth along the

entire coast.

- Antarctic Intermediate Waters (AAIW), located below the SSEW.

## 5. DISCUSION

At global scale, the Equatorial Pacific Ocean showed normal conditions, which continued during the rest of 2003. In the South East Pacific, atmospheric and oceanographic conditions maintained values around the historical average.

The synoptic image of the area surveyed during this regional cruise allowed to establish that normal conditions prevailed in this part of the South East Pacific.

The Climatic Alert Bulletin (BAC 156) informed that during September the Western and Central Equatorial Pacific showed in general normal oceanographic conditions, meanwhile, in the eastern border close to the coast of Peru, temperatures slightly lower than the average were recorded.

Below the sea surface, the Easter Equatorial Pacific showed nucleus of warm water masses between 50 and 100 m in depth. In contrast, below 100 m slightly cold water masses prevailed in the Central Pacific.

Along the South East Pacific, mean sea level maintained anomalies ranging between +0.5 cm and -5.0 cm. The SOI maintained a slight negative anomaly around -0.3. The ITCZ was located between 5°N and 7°N and showed a moderate and occasionally a strong convective activity, even influencing in the northern part of the coast of Ecuador by the end of October. South and South Eastern winds prevailed with an average of 6 m/s, as a response to the presence of the South Pacific High Pressure System. This surface wind distribution was considered normal for the season.

The Equatorial Front showed a slight southward displacement up to 04°45'S associated to Surface

Equatorial Waters (SEW). The Front showed a horizontal gradient of SST more intense than that recorded in 2002 (CPPS, 2003), but slightly more intense than recorded in September 2001 for the same zone (Braun *et.al*, 2003). Because the narrow area surveyed (longitudinal extension), the coastal branch of the Humboldt Current was not detected clearly, since it apparently was located further offshore. In general, surface thermic anomalies varied around normal values. However, three sites with positive anomalies higher than +1 °C were found. The first one was located in the northern part of Esmeraldas (1°N); the second one in the Gulf of Guayaquil, extending southward up to the coast of Talara; and the third one between the coasts of San Juan and Arica (15°C to 18°C). These values were slightly higher than observed in September 2001 and 2002 (Braun *et. al*. 2003, CPPS 2003).

Normal conditions were found off Peru, associated to Cold Coastal Waters (CCW), which predominated south of 5°S. In the oceanic sector off Chile, SST anomalies varied between normal ranges for the season.

The subsurface structure found in the eastern border during the study, showed the influence of a warm and low saline water flux from Colombia whose influence extended up to the central coast of Ecuador.

Sea surface salinity showed minimum values (30 psu) off the coast of Colombia, whereas maximum values (35.1 psu) were present in the south off the coast of Peru. A similar pattern was found in September 2002 (CPPS, 2003). The distribution of salinity anomalies suggests that the coastal upwelling in Peru and Chile occurred with a normal pattern for the season associated with the coastal flux of the Humboldt Current. In the Colombian basin, salinity anomalies were higher than recorded in September-October 2002 (CPPS, 2003), which suggest a displacement of this flux westward due to the flux from the south, similarly as recorded in September 2001 (Braun *et.al*, 2003)

In the parallel cut to the coast 200 km offshore it

was not observed a clear evidence of the presence of the Cromwell Undercurrent as was noticed in September 2002 (CPPS, 2003), which suggest a displacement of this flux westward due a flux from the south, similarly to found in September 2001 (Braun *et. al.*, 2003)

The surface dissolved oxygen increased from north to south, reaching its maximum value in the oceanic sector off Peru; whereas minimum values at surface were found in the coastal sector off Paita, Chicama, Callao, San Juan and Iquique, as a result of the presence of surface water supplied by coastal upwellings.

The image of the Sea level anomaly provided by satellites TOPEX and ERS-2, showed normal conditions for the period September-October 2003, with costal northward fluxes. The presence of a zonal depression associated with an Equatorial flux was recorded in the Equatorial region (Fig. 10), similarly as recorded in September 2001 (Braun *et. al.* 2003).

## 6. CONCLUSIONS

From the analysis of the oceanographic and atmospheric parameters assessed during this cruise it is concluded the following:

- The oceanographic conditions observed during September-October 2003 were normal, though the Eastern Pacific showed slightly warm temperatures related with local climatic conditions of each country.
- The Equatorial Front, an oceanographic feature of the region, showed a slight southward displacement (4°S) respect to previous cruises.
- The surface thermal structure south of the Equatorial Front showed values close to normality. However, three areas with positive anomalies (+1.0°C), located off Tumaco, in the Gulf of Guayaquil and between Ilo and

San Juan in Peru, were found. In the oceanic sector of Chile, the variability of the sea surface temperature showed normal conditions for the season.

- The oceanic circulation showed a surface flux of warm waters from the Panama basin that reached the coast of Ecuador. The coastal upwelling off Chile and Peru showed normal characteristics. The Cromwell Current was less extended toward the coast respect to 2002.
- The Humboldt Current was not clearly detected due to its apparently further oceanic location. Notwithstanding, its coastal branch was located between 20°S and 6°S thought the 15°C isotherm distribution.
- The distribution of water masses in the South East Pacific was influenced by Tropical Waters from the Colombian basin toward the coastal region of Ecuador and by Subtropical Waters from the Central Pacific toward the central and south parts of the region. Surface Tropical Waters prevailed in the north of the region whereas in the equatorial section Surface Equatorial Waters prevailed.
- The sea level in the South East Pacific region showed values oscillating around the average. In the same way, surface winds showed normal values for the season in the entire region.
- The vertical structure between Colombia and Ecuador showed the influence of a warm and low saline water body from the Colombian basin moving southward. This water flux did not affect the local climatic behavior, which was related with the normal seasonal variability of the region.
- In the northern part of the study area (Colombia and north of Ecuador), the vertical structure of temperature showed a mixture layer with a thickness between 10 and 20 m,

a thermocline between 25 and 50 m in depth with a gradient of 2°C/10 m. The profile of the 15°C isotherm showed a normal distribution, raising in the coastal sector as a consequence of upwelling processes from 6°S to 24°S.

- Water masses of SEP and AAIW were present in the entire surveyed region from 7°N to 24°S in usual distribution depths.
- Atmospheric conditions characterized the presence of the ITCZ between 5°N and 7°N.
- The South Pacific anticyclone for the period September-October 2003 was located between 30°S and 88°W with a pressure value of around 1020 hPa. Such conditions were considered normal.
- Rainfall in the northern region (Colombia) showed a deficit for the season. Normal conditions occurred in Ecuador, Peru and Chile.
- Prevailing surface winds varied from southeast to southwest in the surveyed area with velocities ranging between 1.7 and 10 m/s.
- In general, normal atmospheric and oceanographic conditions with values around the historic averages prevailed in the South East Pacific region.

## 7. ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to express our special gratitude to CPPS for the coordination of this VI Regional Cruise and by its valuable support for the exchange of one scientist of each country, allowing a real integration of the joint research capabilities in the region.

Besides, it is necessary to highlight and thank to the institutions that in each country financed each

cruise:

In Colombia: the Maritime General Direction DIMAR, supported the cruise programming. The Center for the Pollution Control of the Pacific – CCCP, provided technical-scientific support.

In Ecuador: the National Institute of Fisheries INP, that carried out the cruise, and the Oceanographic Institute of the Army – INOCAR.

In Peru: the Peruvian Marine Research Institute – IMARPE and the Hydrography and Navigation Direction – DHN.

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

We also wish to thank to the Commanders, Officials, crews and scientific personnel of the participant research vessels: ARC *Malpelo*, B/I *Tohallí*, B/I *Humboldt*, B/I SNP-2, B/I José Olaya, B/I Apropisco and B/I *Carlos Porter* by their valuable collaboration in the execution of this VI Regional Cruise.

## 8. REFERENCES

Braun, M., H. Reyes, L. Pizarro, C. Grados, E. Pinto, y L. Otero. 2003. Comportamiento Meteorológico y Oceanográfico en el Pacífico Sudeste durante septiembre de 2001. IV Crucero Regional Conjunto, Septiembre de 2001. Comisión Permanente del Pacífico Sur. (CPPS) Guayaquil, mayo 2003.

BAC No.156, 2003. Comisión Permanente del Pacífico Sur – (CPPS). Septiembre 2003.

BAC No.157, 2003. Comisión Permanente del Pacífico Sur – (CPPS). Octubre 2003.

Carpenter J. H. 1965. The Chesapeake Bay Institute Technique for the Winkler dissolved oxygen method. *Limnol. Oceanog.* 10: 141 – 143.

Comportamiento Meteorológico y Oceanográfico

en el Pacífico Sudeste durante septiembre y octubre de 2002. V Crucero Regional Conjunto, Informe Final. Comisión Permanente del Pacífico Sur. (CPPS) Guayaquil, mayo 2003.

Donguy, J.R. (1994). Surface and subsurface salinity in the tropical Pacific Ocean. Relation with climate. Prog. Oceanog. Vol. 34, pp 45-78.

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. 99pp.

Levitus S. and T. P. Boyer. 1994. World Ocean Atlas 1994 Volume 4: Temperature. NOAA Atlas NESDIS 4. U.S. Department of Commerce, Washington, D.C. 117 pp.

Mamayev, O.I. 1973. Water masses of the South East Pacific Ocean. Oceanography of the South Pacific. 1972 pp. 71-79.

Mamayev, O.I. 1975. Temperature - Salinity analysis of world Ocean Waters. Elsevier Oceanogr. Series, 11:374 p.

UNESCO. 1981 International Oceanographic Tables UNESCO, Paris, France.

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

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

Zuta, S. y O. Guillén. 1972 Oceanografía de las Aguas Costeras del Perú. Bol. Inst. del Mar. Perú - Callao.

# **ANEXOS (ANNEXES)**

**ANEXO I  
(ANNEX I)**

**CRUCEROS REALIZADOS POR CADA PAÍS, FECHAS, NÚMERO DE ESTACIONES Y VARIABLES.  
(CRUISES CARRIED OUT BY COUNTRY, DATES, NUMBER OF STATIONS AND VARIABLES).**

<b>País</b>	<b>Buque</b>	<b>Fecha inicio-término</b>	<b>Instituciones participantes</b>	<b>Variables medidas</b>	<b>Estaciones realizadas</b>
Colombia	<i>ARC Malpelo</i>	01/09/03 - 23/09/03	CCCP	Meteorología CTD, Oxígeno Fito – Zoo (red) Fito agua Nutrientes Clorofila	44
Ecuador	<i>B/I Tohallí</i>	26/09/03 - 11/10/03	INP	Meteorología CTD, Oxígeno Fito - Zoo (red) Fito agua Nutrientes Clorofila	22
Perú	<i>BIC Humboldt</i> <i>BIC José Olaya</i> <i>BIC SNP2</i> <i>BIC Apropisco</i>	06/10/03 - 31/10/03 01/09/03 – 18/09/03 01/09/03 – 11/09/03 20/09/03 – 07/10/03	IMARPE DHNM	Meteorología CTD, Oxígeno Fito - Zoo (red) Fito agua Nutrientes Clorofila	78
Chile	<i>B/I Carlos Porter</i>	01/09/03 - 31/09/03	IFOP	Meteorología CTD, Oxígeno Zoo, Ictio, Clorofila, Hidroacústica	56

**ANEXO II  
(ANNEX II)**

**INSTITUCIONES Y PERSONAL CIENTÍFICO PARTICIPANTES EN EL VI CRUCERO REGIONAL  
CONJUNTO DE INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS EN EL PACÍFICO SUDESTE REALIZADO  
EN SEPTIEMBRE - OCTUBRE DE 2003  
(INSTITUTIONS AND SCIENTIFIC PERSONNEL WHO PARTICIPATED IN THE VI REGIONAL JOINT  
OCEANOGRAPHIC CRUISE IN THE SOUTH EAST PACIFIC, SEPTEMBER – OCTOBER 2003)**

**1. INSTITUCIONES EJECUTORAS**

**COLOMBIA:**

CCCP Centro de Control de Contaminación del Pacífico

**ECUADOR:**

INP Instituto Nacional de Pesca

**PERÚ:**

IMARPE Instituto del Mar del Perú

DHNM Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina

**CHILE:**

IFOP Instituto de Fomento Pesquero

**2. COORDINACIÓN GENERAL**

CPPS: Comisión Permanente del Pacífico Sur

**3. PERSONAL PARTICIPANTE**

**COLOMBIA:**

ARC Malpelo	
CCESP. Javier Ortiz Galvis	Jefe de Crucero CCCP
Biol. Paula Rojas	CCCP
Qui. Fernando Luna	CCCP
S1MOF León Fullea Barandica	CCCP
S2MOF Yuber Paul Cantor	CCCP
S2MOF Emerson Espitia	CCCP
Ing. Jeimmy Melo	IDEAM
Biol. Edgar Arteaga	INVEMAR
Srta. Natalia Escobar	UMNG
Srta. Erika Gutiérrez	UNIVALLE
Qui. Hector Chaux	INOCAR (Ecuador)

**ECUADOR:**

B/I Tohallí	
Oce. Telmo De la Cuadra	Jefe de Crucero - INP
Qui Patricia Macías	INP
Qui Jeaneth León	INP
Blga. Jaqueline Cajas	INP
Blga. Fedra Solano	INP
Blgo. Robert Buchelli	INP
Blga. Glenda Garcés	INP
Sr. Orlin Quiñónez	INP
Sr. Luis Requena	INP
CCESP. Javier Ortiz	CCCCP (Colombia)

**PERÚ:**

Blgo. Carlos Benites	Jefe de Crucero - IMARPE
Ing. Enrique Tello	
Ing. José Tenorio Calderón	
Blg. Luis Quipuzcoa Olguín	
Blg. Carmela	
Tec. Carlos Robles	
Tec. Julio Hurtado Jara	
Ing. Luis Vásquez Espinoza	
Ing. Jesús Ledesma	
Quim. Freddy Cárdenas	
Tec. Martín Campos	
Qui. Eliza Pizarro R	IFOP (Chile)

**CHILE:**

B/I Carlos Porter	
Blgo. Mauricio Braun Alegría	Jefe de Crucero - IFOP
Ing. Jorge Castillo Pizarro	IFOP
Tec. Hernán Miles Urbina	IFOP
Ing. Victor Catasti Barraza	IFOP
Tec. Guillermo Galindo Pérez	IFOP
Tec. Gastón Rosson Villalobos	IFOP
Tec. Guillermo Pizarro Checchi	CORPESCA
Tec. Elec. Alfredo Niklitschek	IFOP
Ing. Qui. Alberto Lorenzo Puitiza	IMARPE (Perú)

**ANEXO III  
(ANNEX III)**

**COMITÉ COORDINADOR DEL VI CRUCERO REGIONAL CONJUNTO DE INVESTIGACIÓN  
OCEANOGRÁFICA EN EL PACÍFICO SUDESTE, REALIZADO EN SEPTIEMBRE – OCTUBRE DE  
2003.**

**(COORDINATION COMMITTEE OF THE VI REGIONAL JOINT OCEANOGRAPHIC CRUISE IN THE  
SOUTH EAST PACIFIC, SEPTEMBER – OCTOBER 2003)**

<b>Colombia:</b>	CCESP. Javier Ortiz
<b>Ecuador:</b>	TNNV-UN Rodney Martínez G. – Coordinador Técnico
<b>Perú:</b>	Fis. Roberto Flores P.
<b>Chile:</b>	Blgo. Mauricio Braun
<b>CPPS:</b>	Dr. 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>1. COLOMBIA</b> CCESP. Javier Ortiz	1. B/I Tohallí <b>(ECUADOR)</b>
<b>2. CHILE</b> Qui. Eliza Pizarro R.	2. BIC Humboldt <b>(PERU)</b>
<b>3. ECUADOR</b> Qui. Héctor Chaux	3. ARC Malpelo <b>(COLOMBIA)</b>
<b>4. PERÚ</b> Ing. Qui. Alberto Lorenzo Puitiza	4. B/I Carlos Porter <b>(CHILE)</b>

# **FIGURAS (FIGURES)**

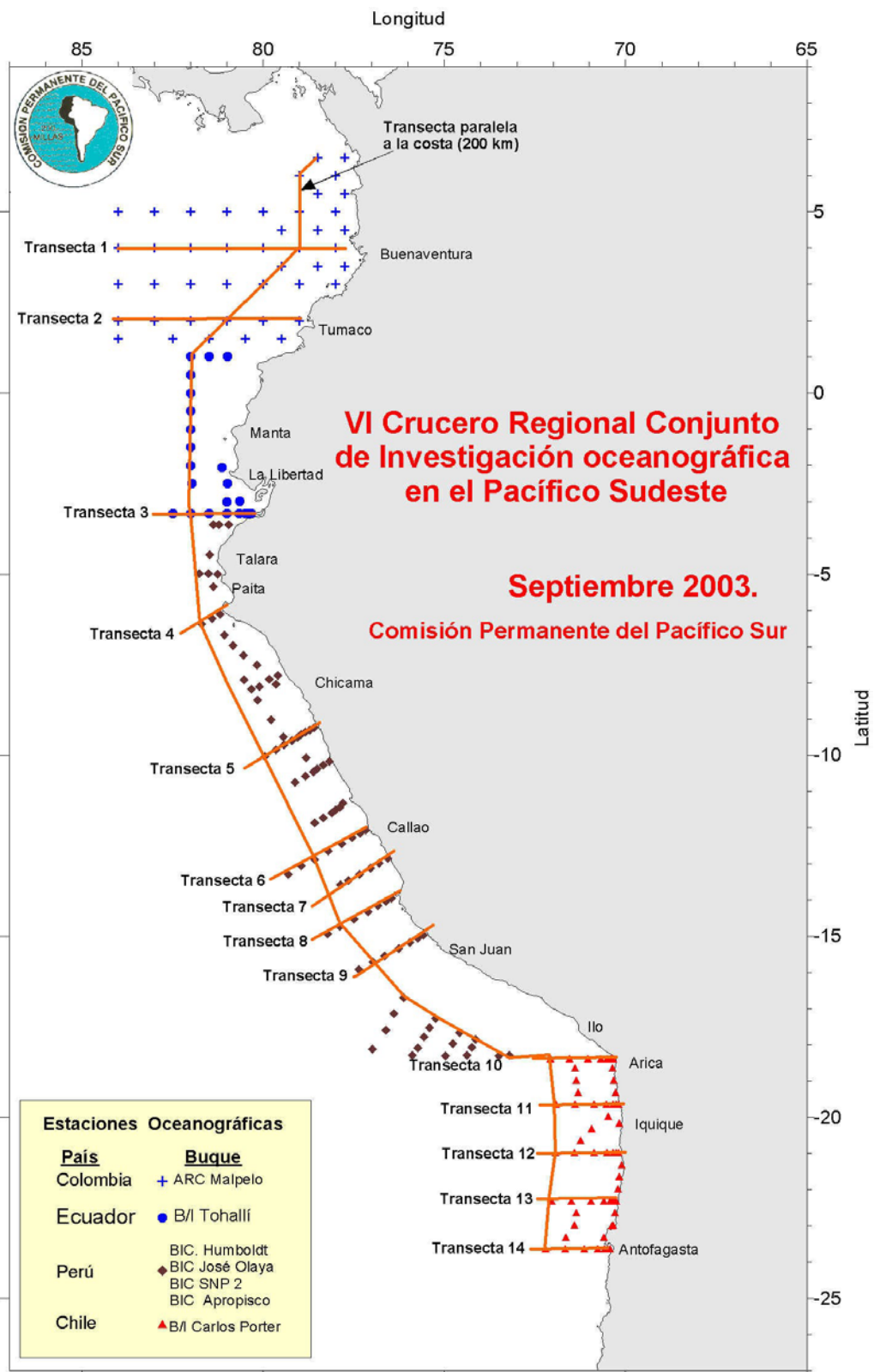


Figura 1.- Trayecto del VI Crucero Regional Conjunto. Septiembre 2003.  
Estaciones oceanográficas realizadas por las componentes nacionales.

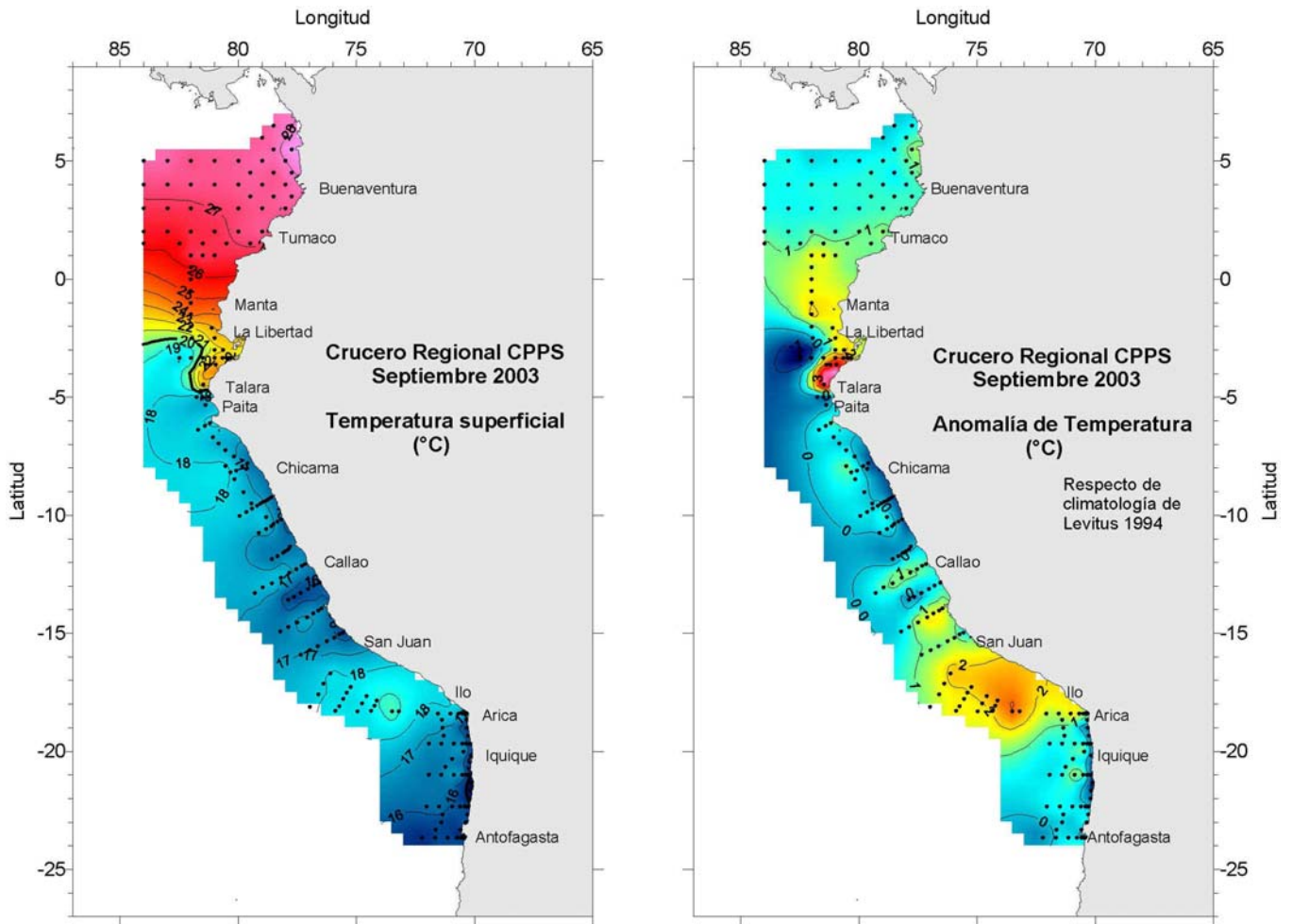


Figura 2.- Distribución superficial de temperatura y su anomalía. Crucero Regional CPPS. Septiembre 2003.

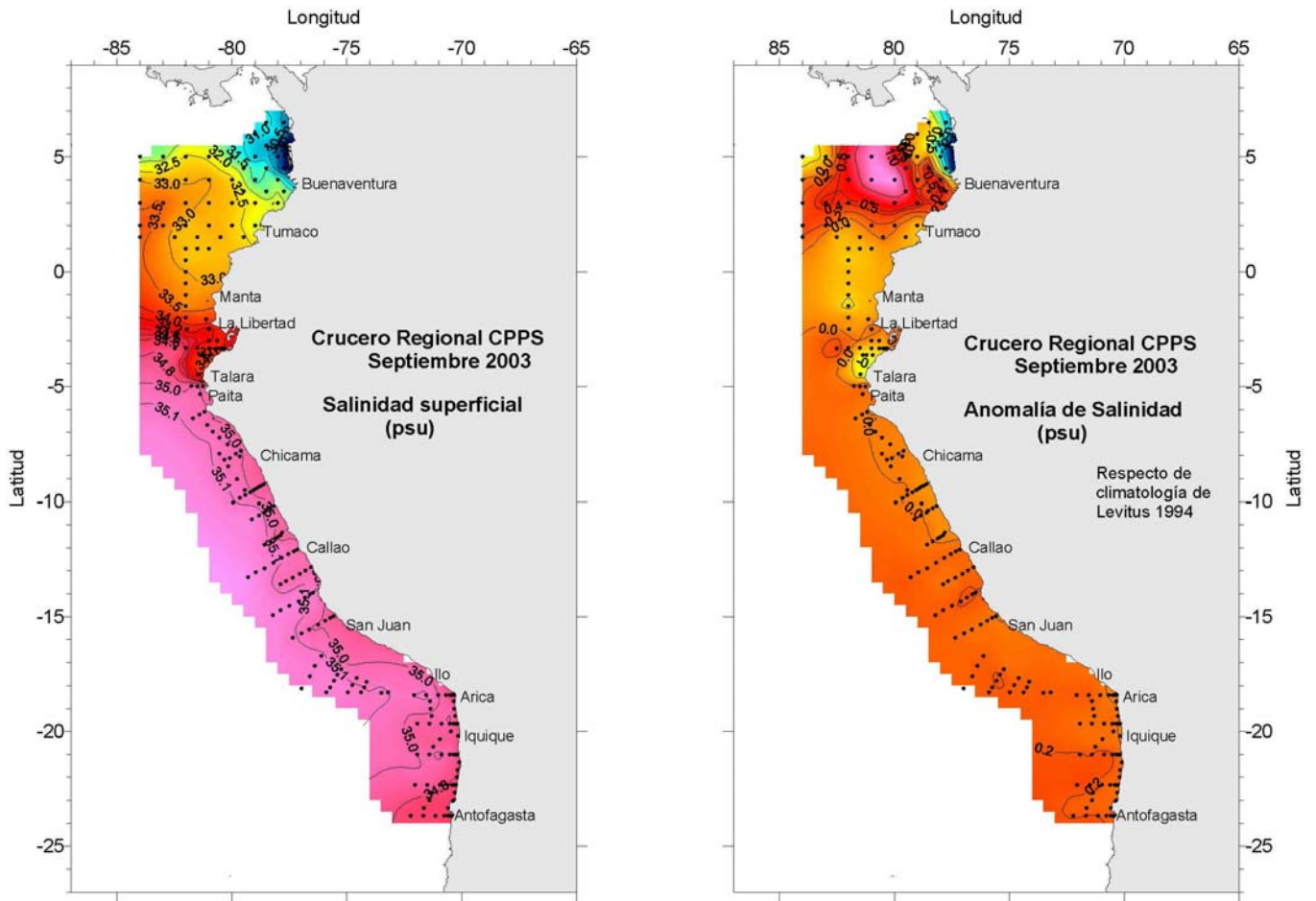
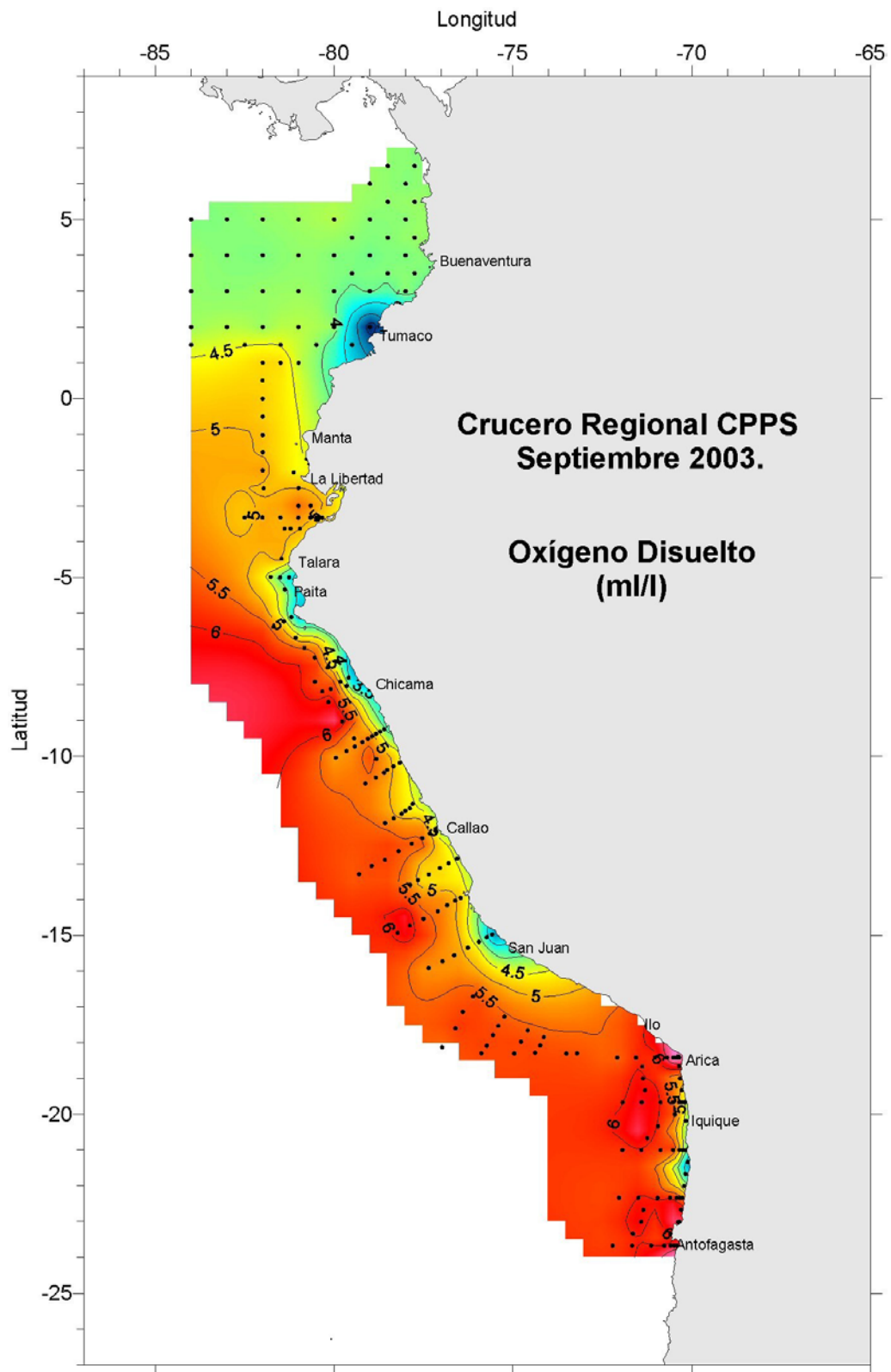


Figura 3 .- Distribución superficial de salinidad y su anomalía. Crucero Regional CPPS, Septiembre 2003



**Figura 4.- Distribución superficial del Oxígeno disuelto (ml/l).  
VI Crucero Regional Conjunto. Septiembre - Octubre 2003.**

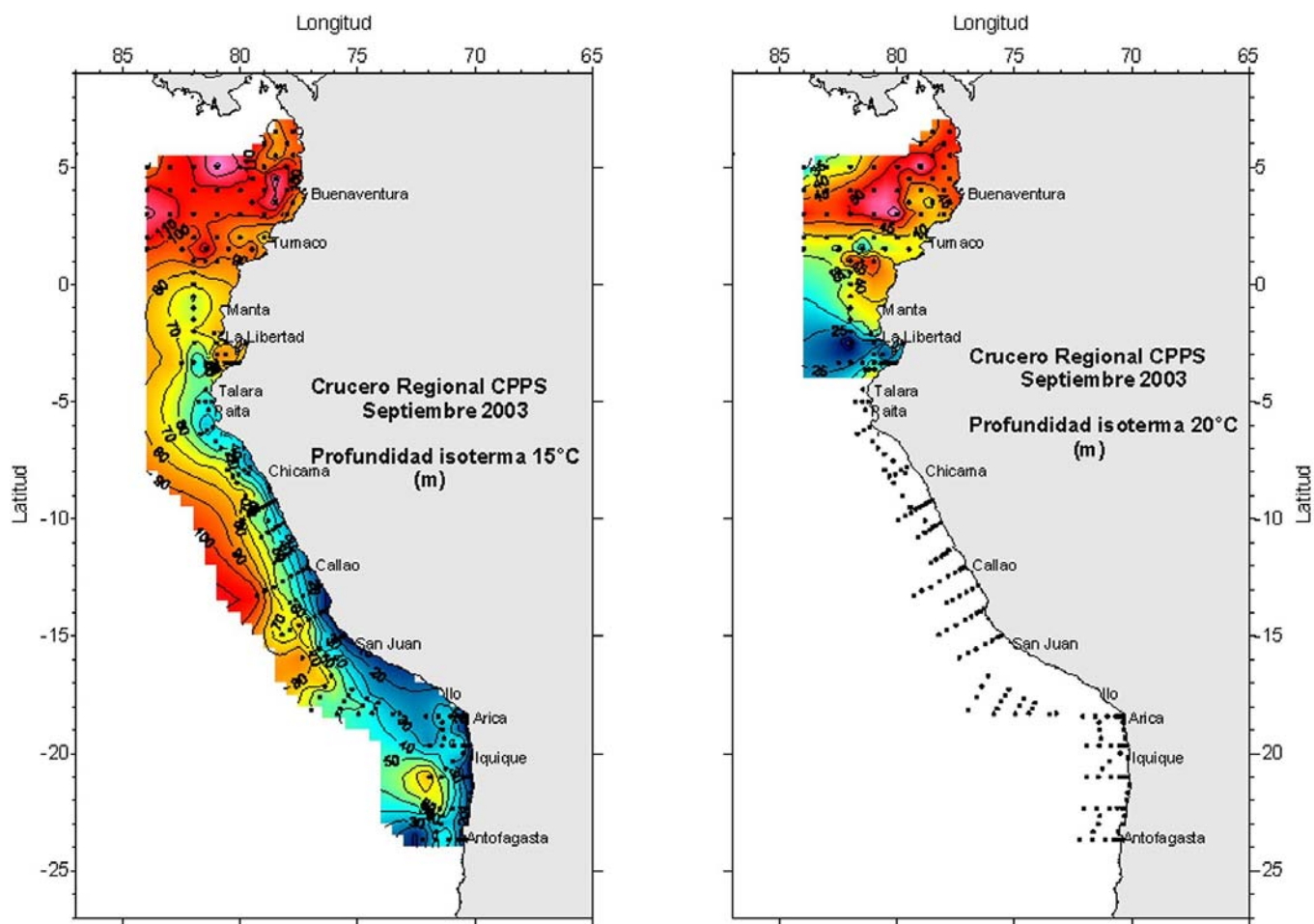


Figura 5.- Profundidad de la Isoterma de 15°C y 20°C. Crucero Regional CPPS, Septiembre 2003.

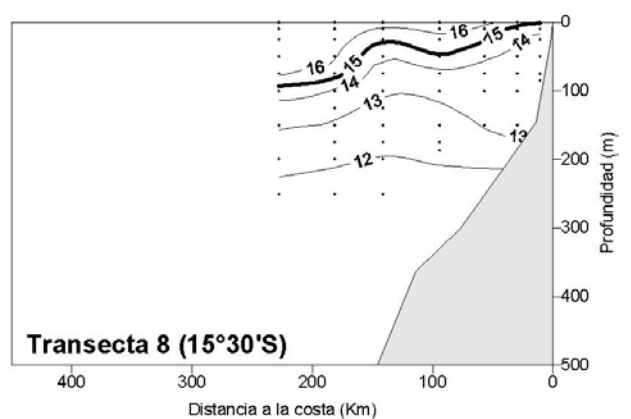
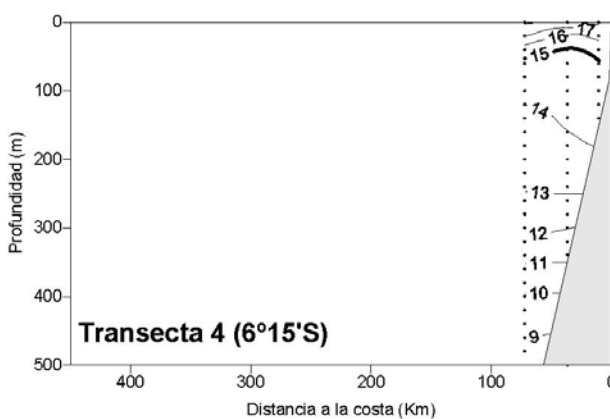
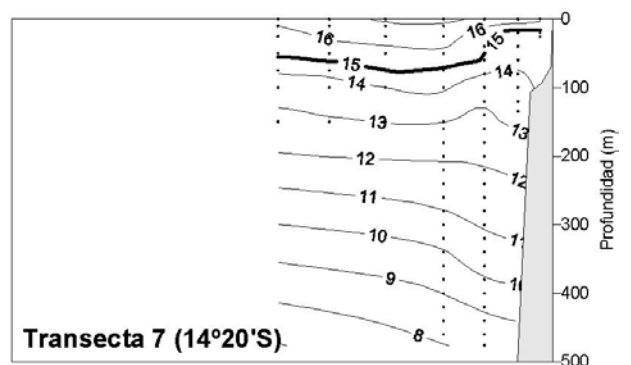
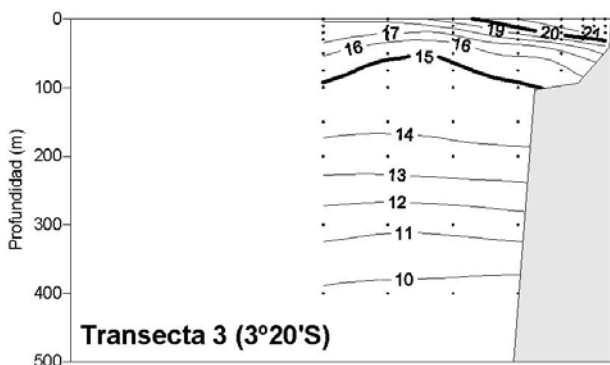
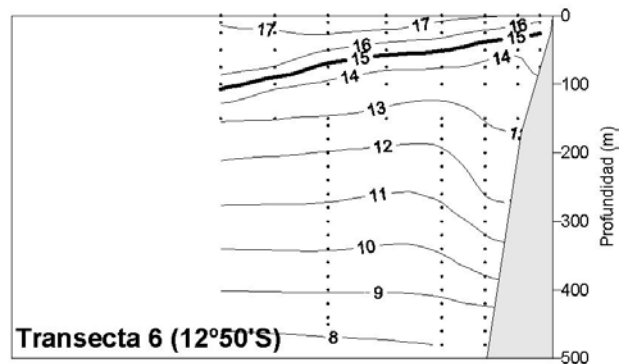
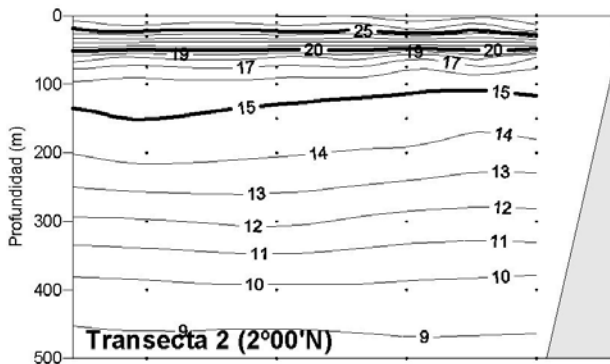
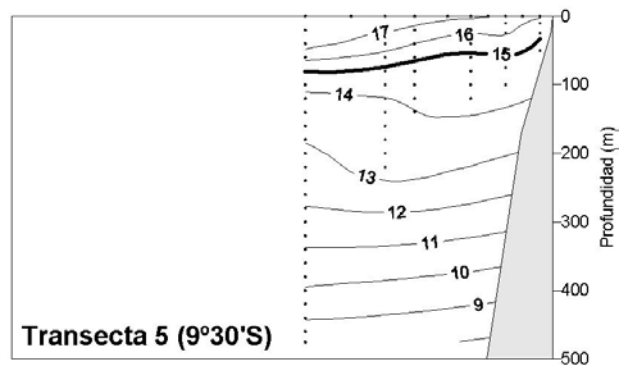
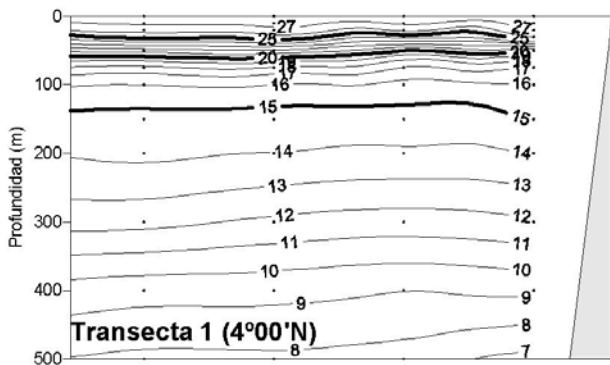


Figura 6.- Distribución vertical de temperatura (°C). Transectas perpendiculares a la costa. Septiembre 2003.

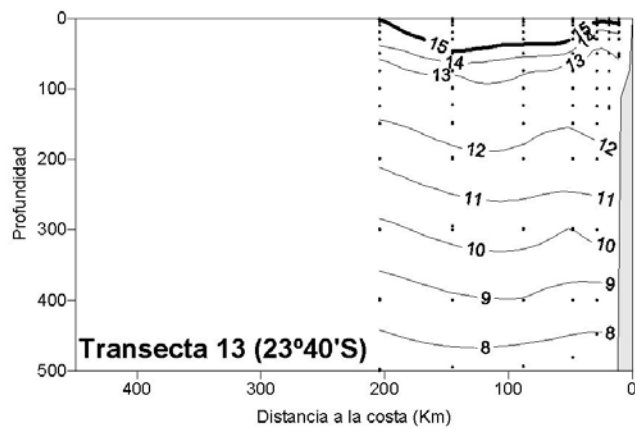
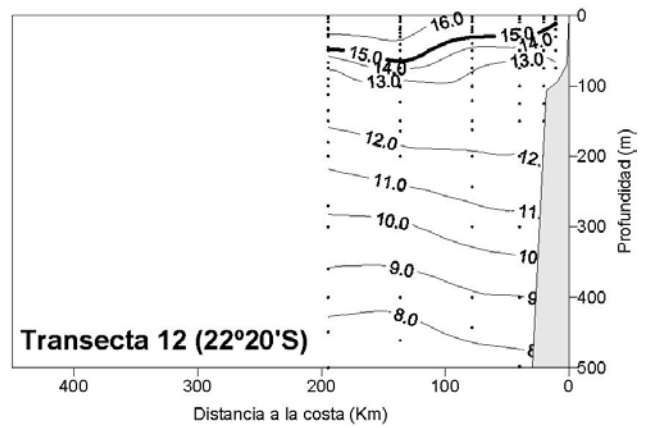
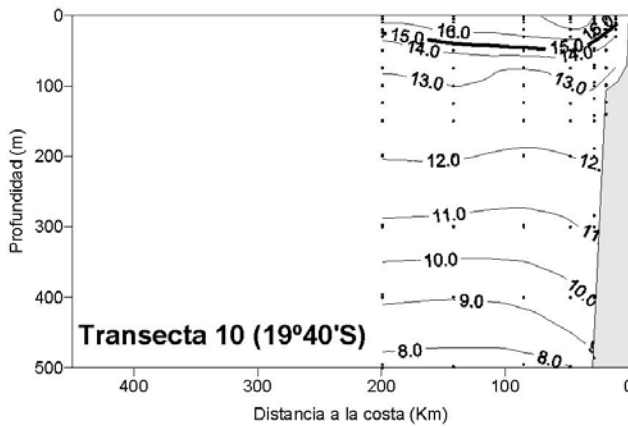
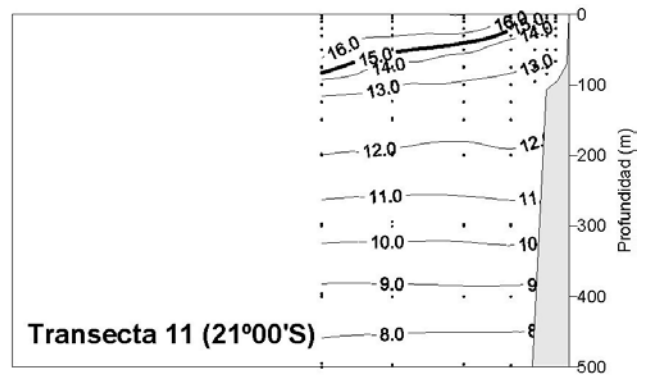
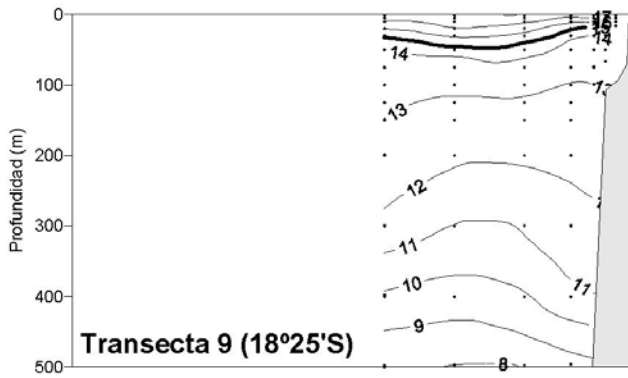


Figura 6A.- Distribución vertical de temperatura (°C). Transectas perpendiculares a la costa. Septiembre 2003.

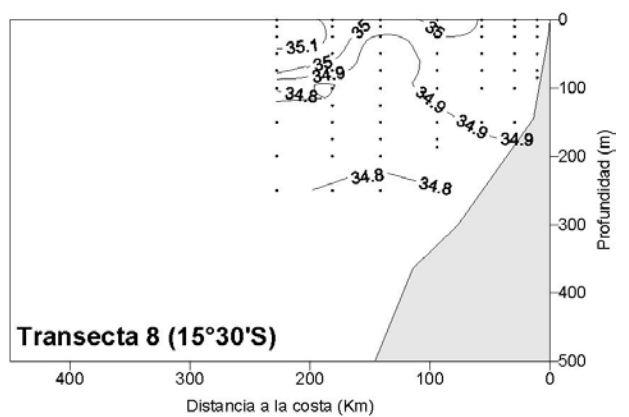
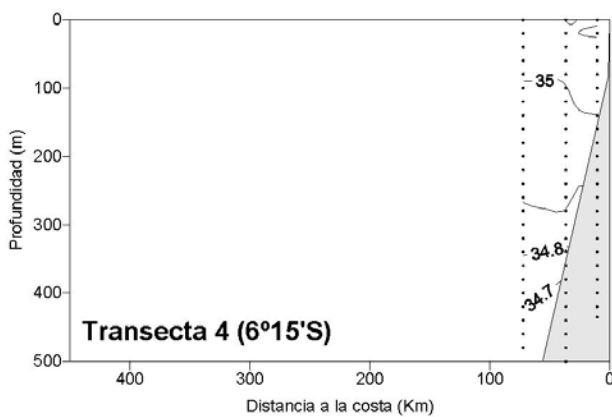
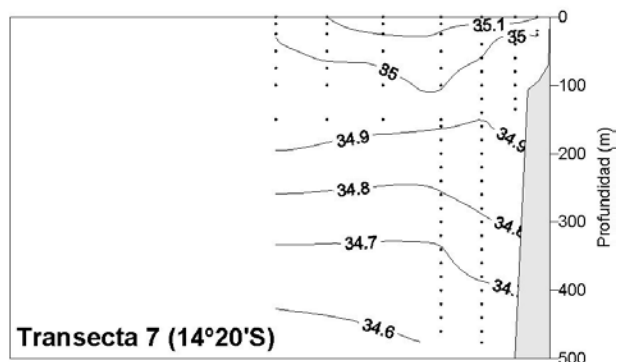
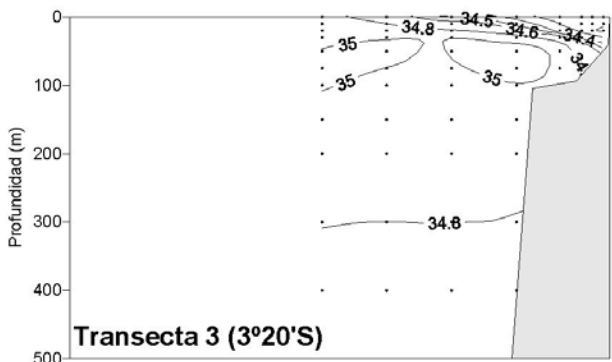
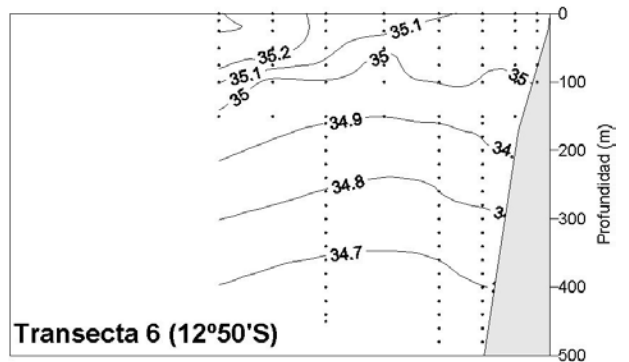
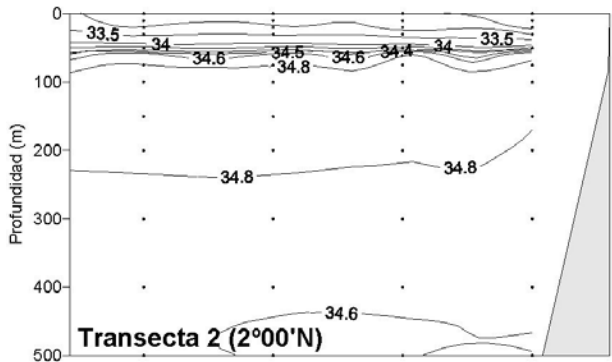
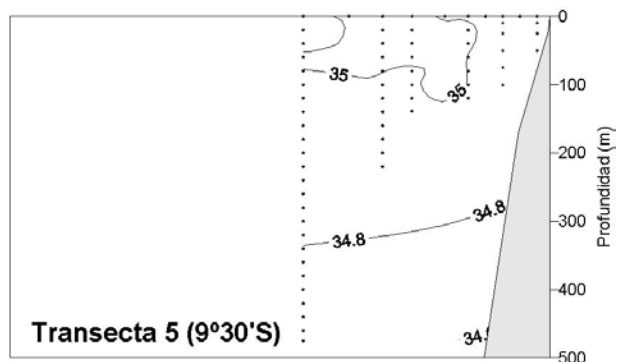
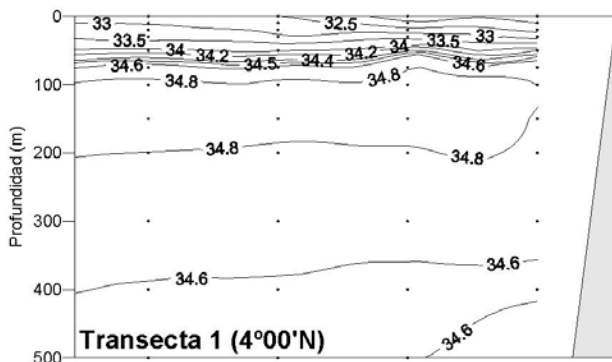


Figura 7.- Distribución vertical de salinidad (ups). Transectas perpendiculares a la costa. Septiembre 2003.

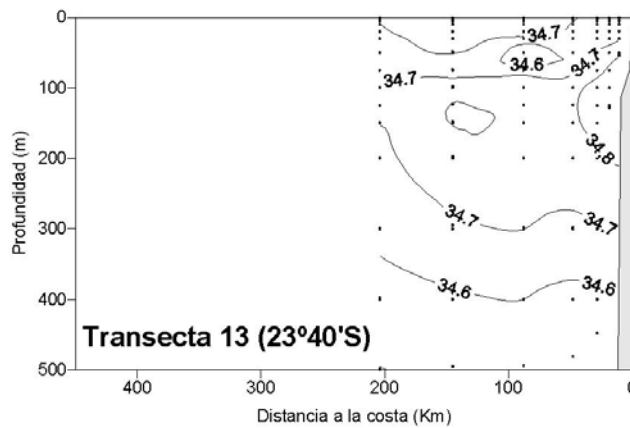
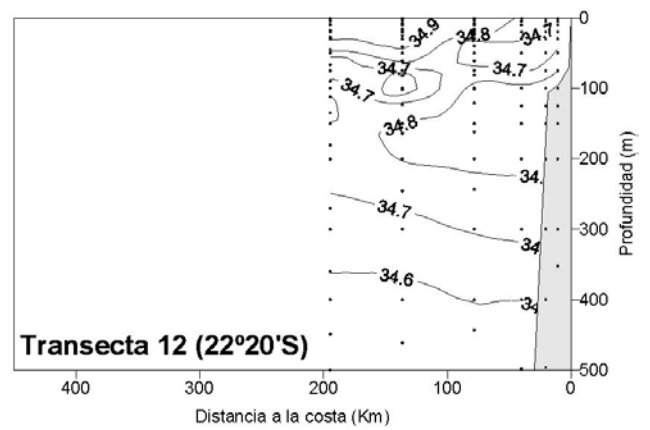
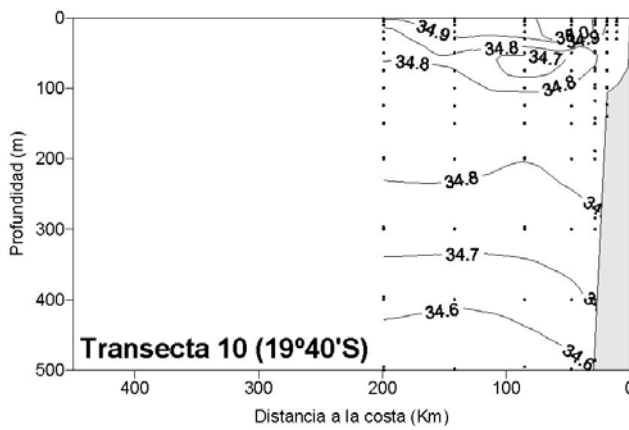
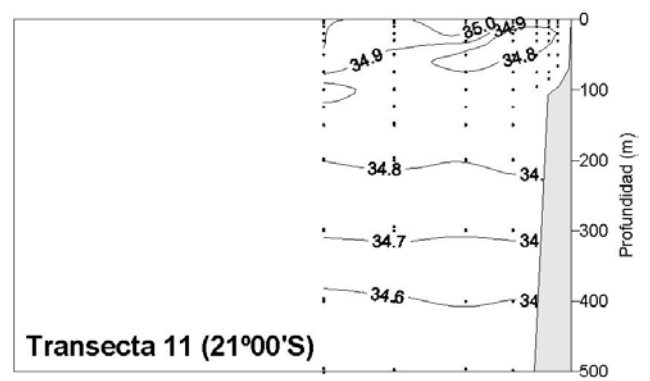
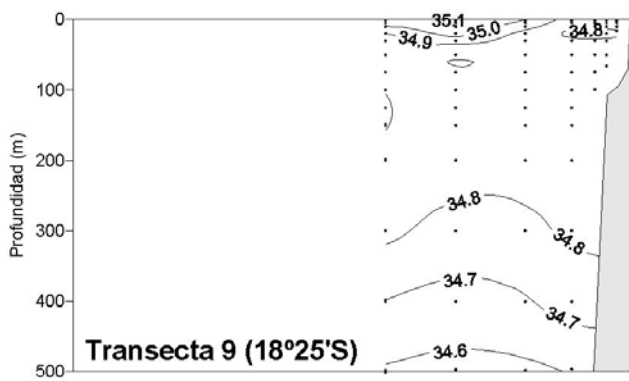


Figura 7A.- Distribución vertical de salinidad (ups). Transectas perpendiculares a la costa. Septiembre 2003.

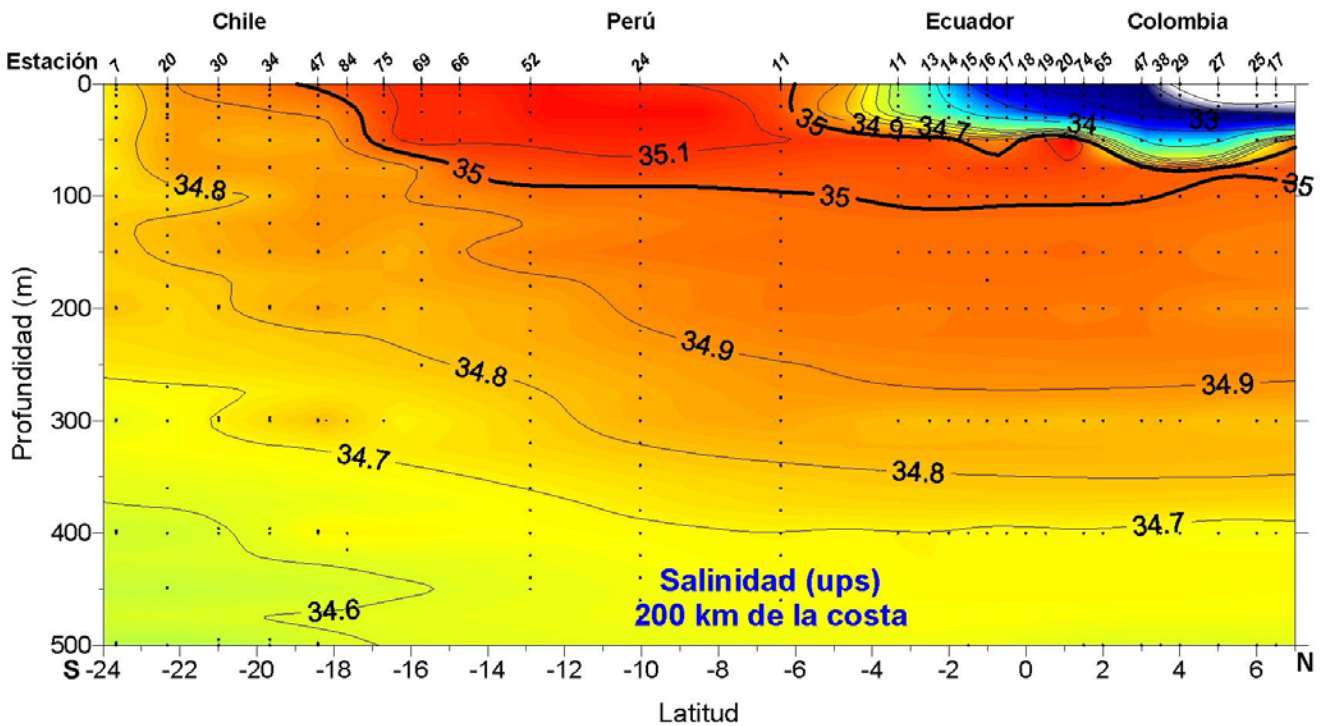
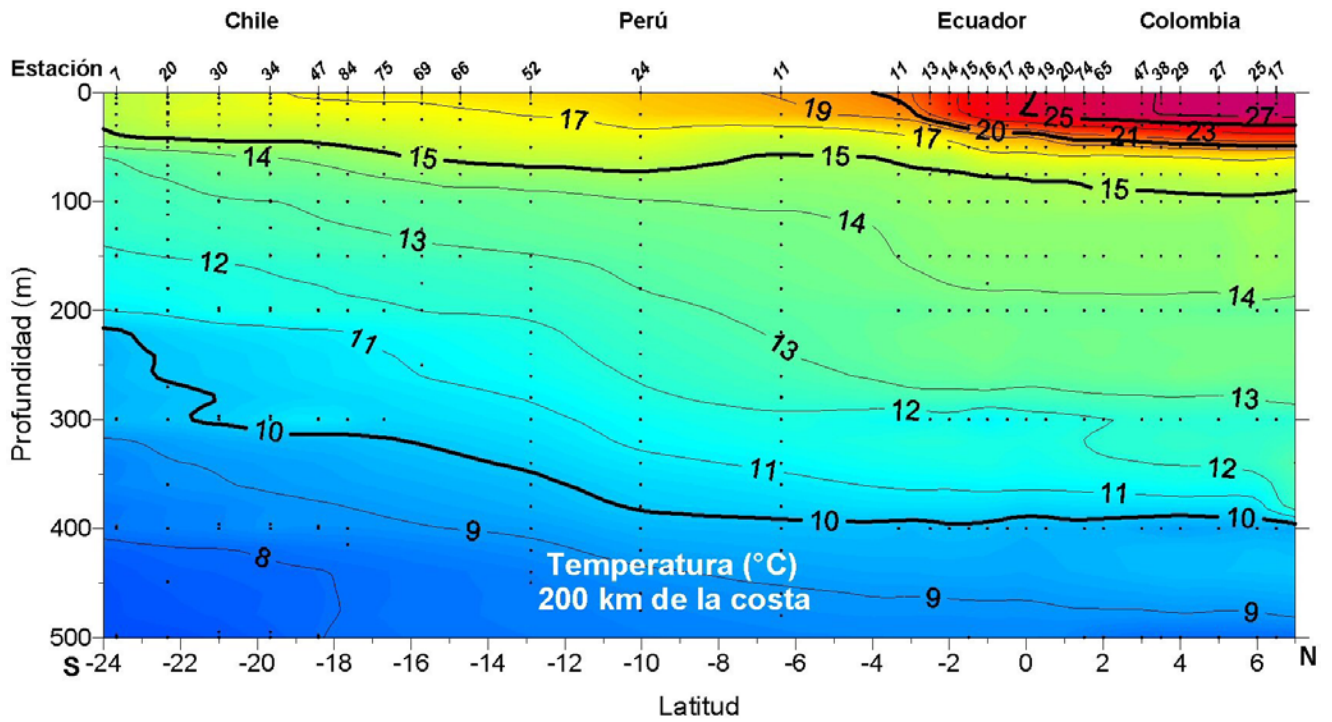


Figura 8.- Distribución vertical de temperatura y salinidad a 200 km a lo largo de la costa de sudamérica. Septiembre 2003.



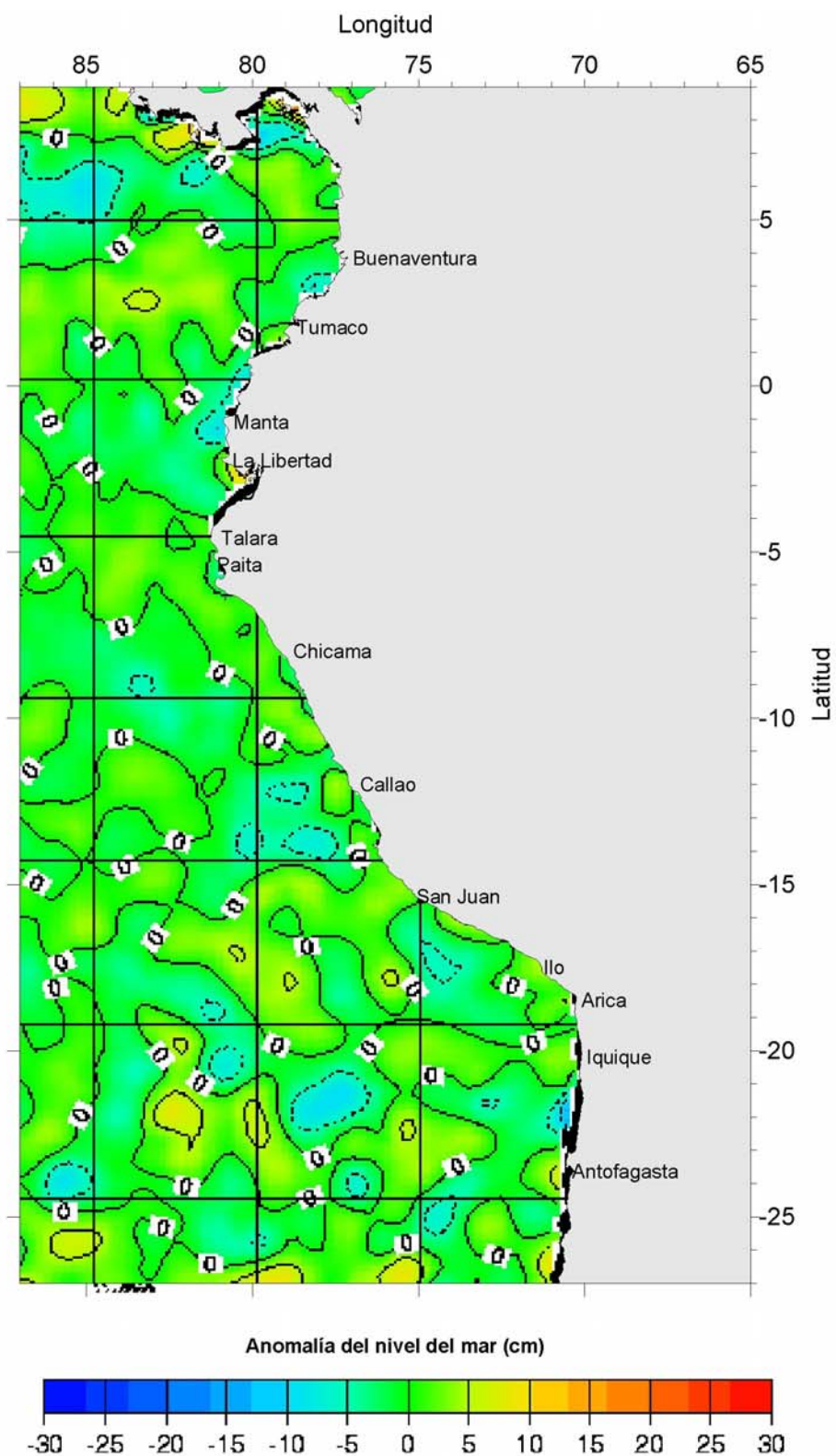


Figura 10 .- Anomalia del nivel del mar (cm). Satélites TOPEX y ERS-2. Análisis del CCAR.