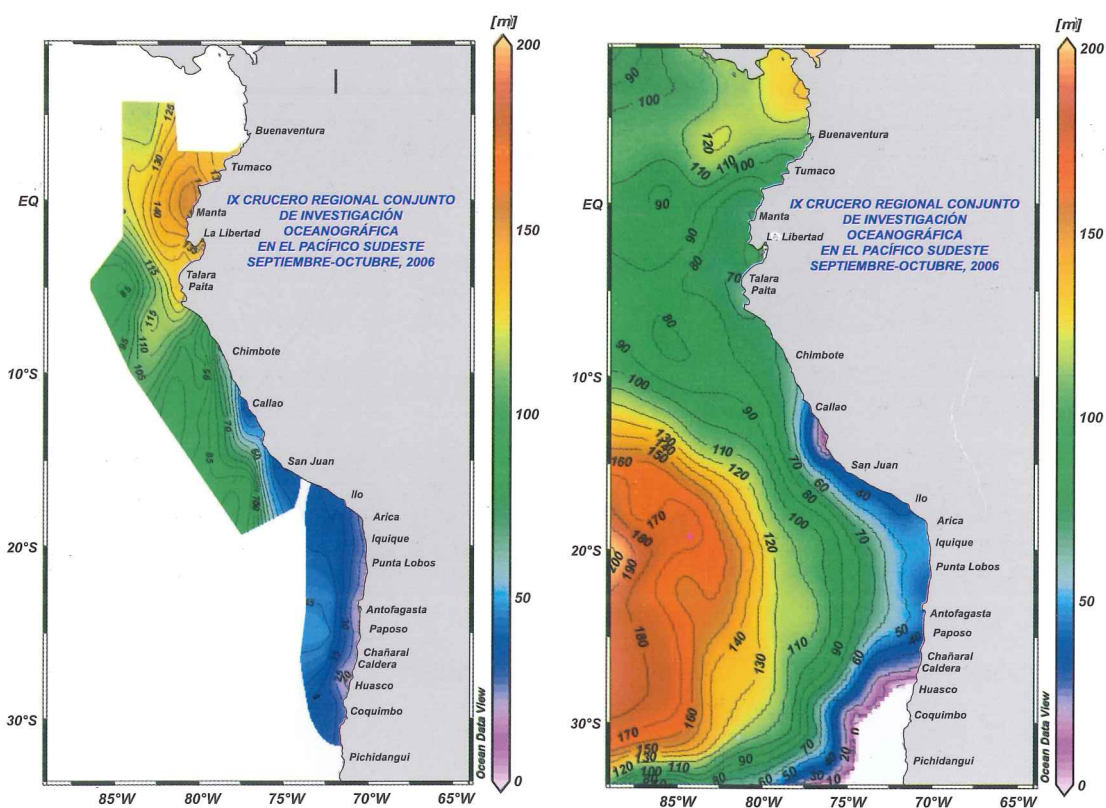


NOVENO CRUCERO REGIONAL CONJUNTO DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA EN EL PACÍFICO SUDESTE SEPTIEMBRE – OCTUBRE DE 2006

NINTH REGIONAL JOINT OCEANOGRAPHIC RESEARCH CRUISE IN THE SOUTH EAST PACIFIC (SEPTEMBER – OCTOBER 2006)



INFORME FINAL
FINAL REPORT
Guayaquil - Ecuador
2007

La Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) es el Organismo Regional Marítimo Apropriado para la coordinación de las políticas marítimas de sus Estados Miembros: Chile, Colombia, Ecuador y Perú. Nació el 18 de agosto de 1952 con la "Declaración sobre Zona Marítima", suscrita en Santiago de Chile por los Gobiernos de Chile, Ecuador y Perú. El 9 de agosto de 1979, Colombia adhirió al Sistema.

La CPPS es un sistema marítimo regional y una alianza y opción estratégica, política y operativa en el Pacífico Sudeste para consolidar la presencia de los países ribereños en esta importante zona geográfica y su proyección efectiva y coordinada tanto hacia las zonas aledañas cuanto a la vinculación con la Cuenca del Pacífico.

Su órgano coordinador, promotor y ejecutor es la Secretaría General, cuya sede permanente se encuentra en la ciudad de Guayaquil, Ecuador.

La Secretaría General está apoyada en su gestión por una Subsecretaría, que coordina el área jurídica y la promoción del carácter de organismo marítimo regional que ostenta la CPPS. Igualmente, la Secretaría General cuenta con una Dirección Científica y una Dirección de Asuntos Económicos. La Secretaría General es al mismo tiempo la Secretaría Ejecutiva del Plan de Acción para la Protección del Medio Marino y las áreas costeras del Pacífico Sudeste, que vincula además en su estructura temática, jurídica, institucional y financiera a Panamá.

Personal de la Secretaría General

- Secretario General: Doctor Gonzalo Pereira Puchy (Chile)
Correo electrónico: gpereira@cpps-int.org
- Subsecretario: Doctor Fernando Pardo Segovia (Perú)
Correo electrónico: fpardo@cpps-int.org
- Director de Asuntos Científicos: Biólogo Mario Palacios Moreno (Colombia)
Correo electrónico: mpalacios@cpps-int.org
- Director de Asuntos Económicos: Economista Alfonso Jalil Alvarez (Ecuador)
Correo electrónico: ajalil@cpps-int.org

Comisión Permanente del Pacífico Sur
Avenida Carlos Julio Arosemena Km. 3
Complejo Albán Borja, Edificio Classic, Segundo Piso
Guayaquil, Ecuador
Telfs.: (593-4) 2221202-2221203
Fax: (593-4) 2221201
sgeneral@cpps-int.org
www.cpps-int.org

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

**NOVENO CRUCERO REGIONAL CONJUNTO DE INVESTIGACIÓN
OCEANOGRÁFICA EN EL PACÍFICO SUDESTE
SEPTIEMBRE – OCTUBRE DEL 2006**

**Guayaquil, Ecuador
2007**

CONTENIDO

| | |
|---|----|
| GLOSARIO DE TERMINOS TÉCNICOS | 6 |
| PRESENTACIÓN | 7 |
| 1. RESUMEN | 8 |
| 2. INTRODUCCIÓN | 8 |
| 3. METODOLOGÍA | 9 |
| 4. RESULTADOS | 11 |
| 4.1 Oceanografía | 11 |
| 4.1.1 Condiciones Superficiales del Mar | 11 |
| Temperatura Superficial del Mar (in situ) | 11 |
| Temperatura Superficial del Mar (satelital) | 13 |
| Salinidad Superficial del Mar | 13 |
| Circulación Oceánica Superficial | 14 |
| Oxígeno Disuelto Superficial | 15 |
| Clorofila "a" (in situ) | 16 |
| 4.1.2 Características Sub-superficiales | 17 |
| Profundidad de las isotermas de 15° y 20°C | 17 |
| Distribución vertical de temperatura y salinidad | 19 |
| 4.2 Meteorología | 24 |
| 5. DISCUSIÓN | 25 |
| 6. CONCLUSIONES | 27 |
| 7. REFERENCIAS | 27 |
| ANEXOS | 28 |
| Anexo I. Crucero realizado por cada país, fecha, número de estaciones y variables medidas | 28 |
| Anexo II. Instituciones y personal científico participantes en el Noveno Crucero Regional Conjunto de Investigaciones Oceanográficas en el Pacífico Sudeste realizado en septiembre-octubre de 2006 | 29 |

| | | |
|------------|--|----|
| Anexo III. | Comité Coordinador del Noveno Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste, realizado en septiembre-octubre de 2006 | 32 |
| Anexo IV. | Intercambio de científicos a bordo de los buques | 33 |
| Anexo V. | Listado de transectas utilizadas para el informe por país, de norte a sur | 34 |

FIGURAS

| | | |
|------------|--|----|
| Figura 1. | Distribución espacial de las estaciones oceanográficas realizadas en el IX Crucero Regional Conjunto de la CPPS entre septiembre y octubre de 20. | 10 |
| Figura 2. | a) Distribución de la temperatura superficial del mar (°C) y b) de su anomalía (°C), durante el IX Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2006. | 11 |
| Figura 3. | a) Temperatura superficial del mar (°C) y b) su anomalía (°C) (climatología 1998-2005) para septiembre de 2006 medido con el sensor satelital TMI (TRMM Microwave Imagen, NASA-NASDA). | 12 |
| Figura 4. | a) Temperatura superficial del mar (°C) y b) su anomalía (°C) (climatología 1998-2005) para octubre de 2006 medido con el sensor satelital TMI (TRMM Microwave Imagen, NASA-NASDA). | 13 |
| Figura 5. | a) Distribución de la salinidad superficial del mar (ups) y b) de su anomalía (ups) durante el IX Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2006. | 14 |
| Figura 6. | Corrientes geostróficas (cm/s) calculadas con altimetría de radar proporcionada por AVISO para el 11 de octubre de 2006. | 15 |
| Figura 7. | Anomalía del nivel del mar (cm) calculada a partir de altimetría de radar proporcionada por AVISO para el 11 de octubre de 2006. | 15 |
| Figura 8. | Distribución del oxígeno disuelto superficial (ml L ⁻¹) durante el IX Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2006. | 16 |
| Figura 9. | Distribución superficial de la concentración de clorofila "a" (µg L) durante el IX Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2006 | 16 |
| Figura 10. | a) Profundidad de la isoterma de 15°C (en metros) durante el IX Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2006 y b) climatología Levitus para septiembre, de la profundidad de la isoterma de 15°C. | 17 |
| Figura 11. | a) Profundidad de la isoterma de 20°C (en metros) durante el IX Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2006 y b) climatología Levitus para septiembre, de la profundidad de la isoterma de 20°C. | 18 |
| Figura 12. | a) Distribución vertical de la temperatura (°C). Transectas perpendiculares a la costa (1-8), septiembre-octubre, 2006. | 20 |
| Figura 12. | b) Distribución vertical de la temperatura (°C). Transectas perpendiculares a la costa (9-12). Septiembre-octubre, 2006. | 22 |

| | |
|---|----|
| Figura 13. a) Distribución vertical de salinidad (ups). Transectas perpendiculares a la costa (1-8), septiembre-octubre, 2006. | 21 |
| Figura 13. b) Distribución vertical de salinidad (ups). Transectas perpendiculares a la costa (9-12), septiembre-octubre, 2006. | 22 |
| Figura 14. Transecto latitudinal a lo largo de la costa de Sudamérica para la a) temperatura (°C) y b) salinidad (ups) durante el IX Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2006. | 23 |
| Figura 15. Transecto latitudinal a lo largo de la costa de Sudamérica para el oxígeno disuelto (ml L ⁻¹) durante el IX Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2006. | 24 |
| Figura 16. Determinación de masas de agua encontradas durante el IX Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2006 mediante diagrama TS. ACC= Agua Costera Colombiana; ATS=Agua Tropical Superficial; AES= Agua Ecuatorial Superficial; ASS= Agua Superficial Subtropical; ASST=Agua Subsuperficial Subtropical; AESS= Agua Ecuatorial Subsuperficial; ASAA= Agua Sub Antártica; AIAA= Agua Intermedia Antártica; Tpot-0= Temperatura potencial. | 25 |
| Figura 17. Campo de viento (m/s) medido a bordo de los buques de investigación durante el IX Crucero Regional Conjunto | 25 |
| Figura 18. a) Campo de viento (m/s) y b) su anomalía (climatología 2000-2005) para septiembre de 2006 medido con el sensor satelital QSCAT. | 26 |

GLOSARIO DE TERMINOS TÉCNICOS

| | |
|---|--|
| ACC: Agua Costera Colombiana. | IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales |
| ACF: Agua Costera Fría. | IMARPE: Instituto del Mar del Perú |
| AES: Agua Ecuatorial Superficial. | IFOP: Instituto de Fomento Pesquero |
| AESS: Agua Ecuatorial Subsuperficial. | INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología |
| AIAA: Agua Intermedia Antártica. | INOCAR: Instituto Oceanográfico de la Armada |
| ARC: Armada de la República de Colombia. | INP: Instituto Nacional de Pesca |
| ASS: Agua Superficial Subtropical. | INVEMAR: Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andreis |
| ASAA: Agua Sub Antártica. | IOS: Índice de Oscilación del Sur |
| ATS: Agua Tropical Superficial. | MN: Millas náuticas |
| AVISO: Archiving, Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic Data | NASA: National Aeronautics and Space Administration |
| BAC: Boletín de Alerta Climático | NMM: Nivel Medio del Mar |
| B/I: Buque de Investigación | NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration |
| BIC: Buque de Investigación Científica | OD: Oxígeno Disuelto |
| CCAR: Colorado Center for Astrodynamics Research. | TA: Temperatura del Aire |
| CCCP: Centro Control Contaminación del Pacífico | TAO: Tropical Arrangement Ocean |
| CORPESCA: Corporación de Pesca | TMI: TRMM Microwave Imagen |
| CPPS: Comisión Permanente del Pacífico Sur | TOGA: Tropical Ocean Global Atmosphere |
| CTD: Conductivity Temperatura and Deep | TRMM: Tropical Rainfall Measuring Mission |
| DHN: Dirección de Hidrografía y Navegación | T-S: Temperatura – Salinidad |
| ENOS: El Niño Oscilación del Sur | TSM: Temperatura Superficial del Mar |
| ENVISAT: Environmental Satellite Earth-Observing Satellite | UMNG: Universidad Militar Nueva Granada. |
| ERS: European Remote Sensing Satellite (ERS-1, ERS-2) | UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura |
| GFO: GEOSAT Follow – On | UPS: Unidades Prácticas de Salinidad |
| HPa: Hector Pascal | ZCIT: Zona de Convergencia Intertropical |

PRESENTACION

Con el importante apoyo de las Instituciones Científicas de los Estados Miembros de la Comisión Permanente del Pacífico Sur - CPPS, que han ido dando grandes pasos en el desarrollo del Programa ERFEN-CPPS, como son el Instituto de Fomento Pesquero - IFOP de Chile, la Dirección General Marítima - (DIMAR)-Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCP) de Colombia, el Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR) y el Instituto del Mar del Perú se ha logrado cumplir el importante objetivo de tener el Informe Final del Noveno Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica del Pacífico Sudeste.

Es este trabajo un documento y un producto que enriquece, como una nueva herramienta, la Base de Datos sobre Información Oceanográfica, Meteorológica y Química que pone la CPPS a disposición de la Comunidad Científica y Académica. A la vez que un instrumento para que se haga el mejor uso de sus datos y de sus aplicaciones prácticas con el fin de hacer estudios, análisis y pronósticos sobre la influencia de la interacción del océano y la atmósfera en la Región del Pacífico Sudoriental que afectan las actividades productivas de los sectores agropecuario, industrial, turístico, vial, energético y comercial o las condiciones del diario vivir de los habitantes de la Zona Costera, insular o continental en el ámbito espacial de la CPPS y en regiones conexas.

La información recolectada, su tratamiento y la Base de Datos que conforma son una nueva muestra de la creciente cooperación horizontal entre los países miembros de la CPPS, sus instituciones dedicadas a los estudios meteorológicos y marinos, que representa un nuevo logro del organizado trabajo del Comité Científico del Estudio Regional del Fenómeno El Niño-ERFEN, en aplicación del Protocolo sobre el Programa para el ERFEN.

Con el trabajo realizado en campo, el estudio de las entidades nacionales participantes en los Comités ERFEN, la revisión por la XIX Reunión del Comité Científico del ERFEN, el análisis y aprobación del Informe por el Comité Coordinador del Décimo Crucero Oceanográfico, a la vez que una última revisión por las Instituciones Nacionales del ERFEN se consolidó el documento de Informe Final, que se entrega en su versiones en español e inglés.

La Secretaría General de la CPPS se complace en entregar este valioso trabajo que aporta la información sobre distribución superficial de la temperatura y de sus anomalías, dirección y velocidad del viento, distribución superficial de oxígeno disuelto, distribución superficial de salinidad y sus alteraciones, profundidad de la isoterma, distribución superficial de clorofila, a través del estudio de estos indicadores en transeptos perpendiculares a la costa de cada uno de los países miembros de la CPPS en sus aguas marítimas, aportando un conocimiento que con seguridad permitirá una mejor y más armónica relación del ser humano con el medio marino en la región del Océano Pacífico Sudoriental.

El Informe Final se introduce igualmente en la nueva condición sistémica de trabajo que aporta el Plan de Acción Estratégico del Estudio Regional del Fenómeno El Niño - ERFEN 2006 - 2010, a la vez que como labor conjunta e integrada muestra una nueva experiencia positiva en el intercambio de científicos de nuestros países, con el embarque en las plataformas de investigación marina de los diferentes buques de investigación que tienen los Estados de la región, adquiriendo así una visión de mayor nivel holístico, mejor integración de la información, cooperación y de compartir esfuerzos y buenos resultados que propicia, coordina y apoya la Comisión como parte de su Misión para beneficio común de la gran nación representada en la CPPS.

Gonzalo Pereira Puchy
Secretario General CPPS

NOVENO CRUCERO REGIONAL CONJUNTO DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA EN EL PACÍFICO SUDESTE , SEPTIEMBRE – OCTUBRE DEL 2006

Comportamiento Meteorológico y Oceanográfico en el Pacífico Sudeste durante Septiembre - Octubre 2006

Dr. Efraín Rodríguez Rubio - Coordinador Crucero

1. RESUMEN

Desde diciembre de 2005 y durante los primeros meses de 2006, la temperatura superficial del mar (TSM) a lo largo del océano Pacífico Ecuatorial, mantuvo anomalías negativas entre $-0,5$ y $-1,0^{\circ}\text{C}$. La región El Niño 1+2 fue la excepción, donde se observó un breve calentamiento en febrero y marzo con anomalías positivas alrededor de $1,0^{\circ}\text{C}$. En mayo - julio, la TSM del Pacífico Ecuatorial presentó una transición desde una condición fría hacia una cálida.

El sistema océano – atmósfera del Pacífico Ecuatorial comenzó a manifestar una fuerte variabilidad intraestacional en el segundo semestre de 2006. En el mes de agosto, se observó un aumento significativo de la TSM en todo el Pacífico Ecuatorial, siendo el sector oriental del Pacífico (región El Niño 1+2), el que alcanzó el máximo valor de anomalía en octubre ($1,5^{\circ}\text{C}$).

Entre el 2 de septiembre y el 20 de octubre de 2006 se efectuó el IX Crucero Regional Conjunto de Investigaciones Oceanográficas en el Pacífico Sudeste, en el marco del Protocolo ERFEN de la CPPS. Se realizaron 209 estaciones oceanográficas a lo largo del borde este del Océano Pacífico sudamericano en las cuales se tomaron datos físicos, químicos y biológicos, que constituyeron el primer monitoreo in situ del evento cálido 2006-2007.

La TSM más alta encontrada fue de $27,8^{\circ}\text{C}$ en la región norte del Pacífico Colombiano y la menor temperatura se encontró en la región central de Chile. La isoterma de $15,0^{\circ}\text{C}$ fue la que más se profundizó alcanzando profundidades mayores a 150 m en la región ecuatorial, debido al efecto de la llegada de la onda Kelvin durante septiembre de 2006. La TSM satelital durante septiembre y octubre permitió observar la llegada y propagación de una onda Kelvin. Se observó también el debilitamiento de los vientos Alisios durante septiembre y el fortalecimiento durante octubre, lo cual incide en la forma como la onda Kelvin afecta la temperatura en el borde costero de Sudamérica, especialmente al sur del Perú,

norte y centro de Chile.

Las condiciones oceanográficas observadas durante el IX Crucero Regional Conjunto, permiten concluir que se encontraba en desarrollo un evento cálido que afectó principalmente la región ecuatorial, aumentando la TSM y profundizando la isoterma de $15,0^{\circ}\text{C}$. El cambio de la intensidad del viento y especialmente el anticiclón subtropical entre septiembre y octubre moduló la forma como la onda Kelvin afectó la temperatura en la región.

2. INTRODUCCIÓN

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

Las condiciones oceanográficas y meteorológicas observadas hasta el mes de junio de 2006 en el Océano Pacífico ecuatorial mostraban una continuación de condiciones normales, las que se mantenían desde el mes de abril y que fueron consistentes con una fase neutra de El Niño. Sin embargo, a partir de junio de 2006, se desarrollaron anomalías positivas de la TSM, las que se expandieron hacia el este y continuaron propagándose en el Océano Pacífico Central durante julio. A fines de julio, la presencia de anomalías positivas en la TSM de más de $0,5^{\circ}\text{C}$

se manifestó concretamente, junto con valores negativos del índice de Oscilación del Sur (IOS) por más de tres meses, con la posibilidad de que se produjera un nuevo evento cálido para el próximo verano austral.

Hacia octubre de 2006, las condiciones climáticas y oceanográficas que se observaban en el Océano Pacífico fueron típicas de la fase de desarrollo de un evento de El Niño. Los indicadores claves, como son las anomalías de temperatura superficial del mar, con valores de anomalías positivas de TSM de +1°C en el Pacífico Central y frente a las costas de Ecuador, la permanencia del IOS por más de 6 meses en su fase negativa, el debilitamiento de los vientos Alisios en los últimos cuatro meses y un aumento notorio de la nubosidad en el Océano Pacífico Central, son consistentes para señalar la condición de desarrollo de un evento El Niño, cuya intensidad sería débil a moderada.

En esta ocasión la realización del IX Crucero Regional Conjunto permitió conocer condiciones meteorológicas y oceanográficas (superficiales y sub-superficiales hasta 500 m) del mar en las aguas jurisdiccionales de Chile, Colombia, Ecuador y Perú, desde la latitud 7 °N hasta 32,2 Sur, durante los meses de septiembre y octubre de 2006. Cuyo análisis ha permitido emitir conclusiones y pronósticos sobre las condiciones del Océano Pacífico en un horizonte de tiempo de meses, que se aspira a poder ampliar prontamente.

3. METODOLOGÍA

El IX Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica, coordinado por la CPPS, se realizó entre el 2 de septiembre y el 20 de octubre de 2006.

En el crucero participaron un total de 4 naves pertenecientes a instituciones de investigación de Colombia, Ecuador, Perú y Chile (Anexo 1). En el caso de Colombia el crucero se realizó a bordo del B/I ARC Providencia del Centro Control de Contaminación del Pacífico entre el 15 y 22 de septiembre de 2006. El área comprendida se

enmarcó entre los 2° y 5°N de latitud y los 84° y 79°W de longitud.

En Ecuador el crucero se desarrolló entre el 2 y el 14 de octubre de 2006, a bordo del B/I Tohallí del Instituto Nacional de Pesca (INP), en el área comprendida entre la costa ecuatoriana y los 82°W, y entre los 01°N y 03°20'S.

En Perú, el crucero se realizó a bordo del B/I José Olaya Balandra del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), entre el 4 y el 20 de octubre de 2006, cubriendo el área comprendida entre Paita y San Juan (5° - 15° S), hasta 200 mn de la costa.

En Chile, el crucero se realizó entre el 2 y el 22 de septiembre de 2006, a bordo del B/I Abate Molina administrado por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP); este crucero abarcó la zona comprendida entre los 18°25'S (Arica - I Región) y los 32°08'S (Pichidanguí - IV Región).

Durante el crucero se realizaron 219 estaciones oceanográficas distribuidas, en su mayoría, en 29 cortes perpendiculares a la costa.

El área de estudio abarcó las latitudes 7°N y 32°08"S y desde la costa hasta las 395 mn en Colombia, 150 mn en Ecuador, 200 mn en Perú y 100 mn en Chile (Fig. 1).

La mayoría de las estaciones comprenden la observación de variables entre la superficie y los 500 m de profundidad, para lo cual se utilizaron perfiladores electrónicos de temperatura y salinidad (CTD) modelo SB-19.

En todas las estaciones se recolectaron muestras con botellas oceanográficas Niskin para realizar análisis de concentración de oxígeno disuelto (OD), salinidad y clorofila "a" (clo_a).

Se registró además información meteorológica de carácter básico: temperatura del aire (bulbo seco y húmedo), presión atmosférica, intensidad y dirección del viento, tipo y cantidad de nubes, altura y dirección de las olas. Tanto los muestreos como los análisis de cada variable se efectuaron con los métodos estándares convencionales.

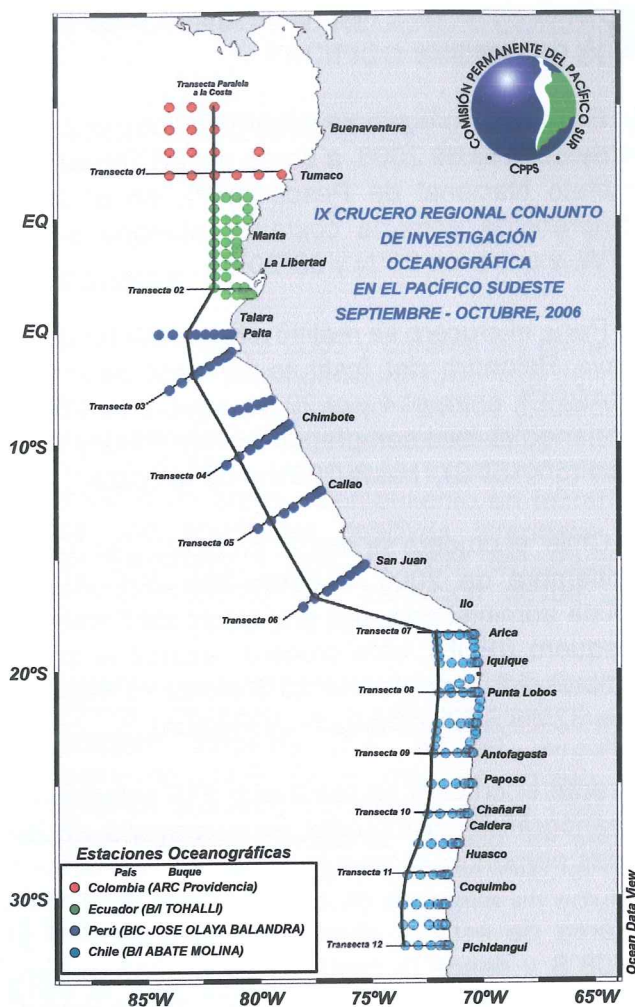


Figura 1. Distribución espacial de las estaciones oceanográficas realizadas en el IX Crucero Regional Conjunto de la CPPS entre septiembre y octubre de 2006

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

Para el estudio de la columna de agua se graficaron las variables temperatura y salinidad hasta una profundidad de 500 m a lo largo de 12 transectas perpendiculares a la costa con estaciones hasta una distancia máxima de 395 mn, y a lo largo de una transecta paralela a ella con estaciones ubicadas a 100 mn, excepto en las estaciones de Ecuador las cuales se ubicaron hasta las 150 mn de la costa (Fig. 1).

Los datos de salinidad se expresan en unidades prácticas de salinidad (ups) (UNESCO, 1981). Así mismo para complementar la información in situ, se utilizaron datos satelitales para la TSM, del sensor satelital TMI (TRMM Microwave Imagen) suministrados por "Remote Sensing Systems".

Este sensor permite observar la temperatura superficial del mar a través de las nubes utilizando una frecuencia entre 10.7 a 85 GHz, con una resolución espacial de 0.25° x 0.25° en latitud y longitud (Wentz et al., 2000; Wentz et al., 2001). Los datos obtenidos corresponden a promedios mensuales para los meses de septiembre y octubre de 2006, y las anomalías fueron calculadas con base en la climatología mensual del sensor entre 1998 y 2005.

Para complementar la medición del campo de viento se utilizó el sensor satelital QuikScat (o QSCAT), el cual corresponde a la tercera generación de dispersómetros de viento scatterometers de la NASA que operan en la banda Ku del espectro electromagnético (una frecuencia cercana a los 14 GHz) (Wentz, 1992; Chelton et al., 2001).

Los datos obtenidos corresponden a promedios mensuales para septiembre y octubre de 2007, con una resolución espacial original de 0.25° x 0.25°, los cuales fueron llevados a una resolución de 1° x 1° con el objetivo de mejorar la representación visual de los vectores. Las anomalías son el resultado del cálculo de la climatología mensual del QSCAT entre 2000 y 2005. Los datos de anomalías del nivel del mar corresponden a la integración de los altímetros de radar JASON, ENVISAT, ERS-2 y GFO, producidos por el programa Francés AVISO.

Los datos obtenidos corresponden a la medición realizada el 20 de septiembre de 2006. Los resultados meteorológicos indicados en este trabajo corresponden a aquellos informados por las distintas instituciones pertenecientes a los países participantes de la CPPS y que fueron publicados a través del BAC de septiembre y octubre de 2006 (BAC 192; BAC 193).

4. RESULTADOS

4.1 Oceanografía

4.1.1 Condiciones Superficiales del Mar

Temperatura Superficial del Mar (in situ)

Para Colombia la temperatura superficial presentó un máximo de 27,8°C y un mínimo de 26,7°C., con una media de 27,4°C. Las mayores temperaturas se observaron en la zona norte entre los 4°N y 5°N, mientras que las menores temperaturas fueron observadas en la zona sur. Espacialmente a lo largo del transecto ubicado frente a Tumaco (Fig. 2a).

Los datos obtenidos en la región oceánica durante el crucero, también evidencian la entrada a nivel subsuperficial (40 m) de una masa de agua cálida proveniente del lado occidental del Océano Pacífico entre la latitud 3°N y 4°N, lo cual es otra evidencia de la presencia de anomalías subsuperficiales de la temperatura del

océano por acción de la llegada de ondas Kelvin ecuatoriales al Pacífico Colombiano.

Las anomalías de la temperatura superficial observadas en el Pacífico Colombiano oscilaron entre 0,6°C y 1,6°C, registrándose la mayor anomalía en la zona sur entre los 2°N y 79°W. En Ecuador, la TSM osciló entre 21,4 y 27,2°C, lo que significaría anomalías positivas entre 0,2 y mayores a 1,8°C. La distribución de la TSM estaría indicando que el frente ecuatorial (FE) se encontraría desplazado hacia el suroeste (Fig. 2a y 2b).

En Perú, la TSM presentó valores en un rango de 14,2 a 21,7 °C. Valores menores a 17 °C se ubicaron en la zona costera dentro de las 20 mn al sur de Cherrepe (8°S), ampliando su distribución hasta las 70 mn frente a San Juan (15°S), mientras las temperaturas más altas (mayores a 21 °C) se localizaron por fuera de las 190 mn al norte de Punta Falsa (6°S) (Fig. 2a). En general, dentro de la distribución térmica en el sector peruano resaltaron dos áreas: la primera

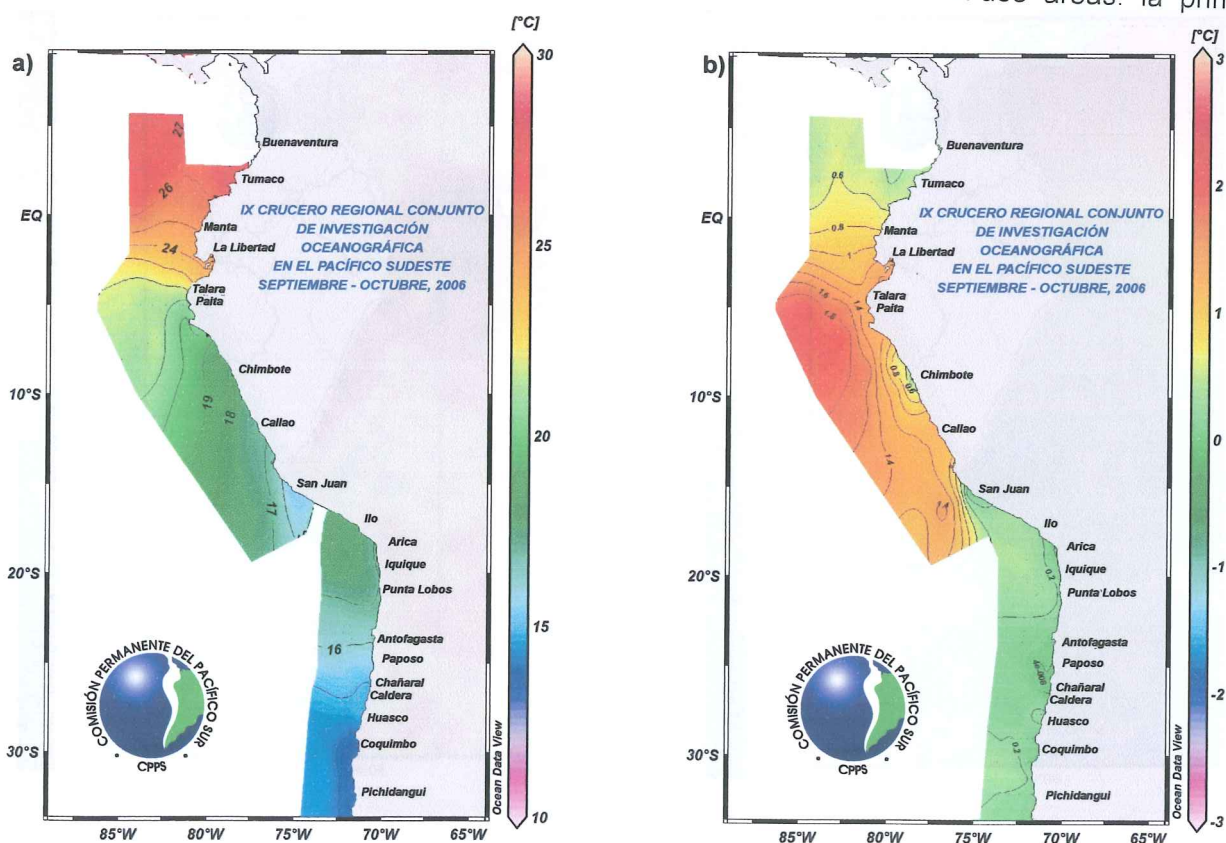


Figura 2. a) Distribución de la temperatura superficial del mar (°C) y b) de su anomalía (°C), durante el IX Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre.

al sur del Callao (12°S) donde predominaron temperaturas menores a 18°C y la segunda al norte del Callao donde predominaron valores mayores a 18°C .

Las anomalías térmicas variaron de $-0,6$ a $+2,5^{\circ}\text{C}$, predominando las positivas, que alcanzaron su mayor valor frente a Punta Falsa (6°S) por fuera de las 60 mn, en tanto las anomalías negativas se registraron en la zona costera entre Chimbote (9°S) – Chancay (11°S) y Bujama (13°S) -Punta Caballas (15°S), resaltando un pequeño núcleo frente a Bahía Independencia (14°S) con $-0,6^{\circ}\text{C}$.

En Chile, la TSM registró un rango de variación comprendido entre $11,6^{\circ}\text{C}$ y $18,6^{\circ}\text{C}$, midiéndose el mínimo térmico en la estación costera frente a Maitencillo de Coquimbo y el máximo a 40 mn frente a Arica.

En general, se observaron bajos gradientes térmicos en la franja costera, localizándose los

principales entre Arica e Iquique y desde Huasco a Pichidangui, con cerca de $1,5^{\circ}\text{C}$ de variación en las primeras 30 mn.

Temperaturas mayores a 18°C se localizaron aisladamente en el sector oceánico del norte de Chile, disminuyendo gradualmente hasta valores $> 14^{\circ}\text{C}$ en el sector oceánico del borde sur de la zona de estudio.

Las anomalías térmicas superficiales señalan el predominio de valores positivos en la zona oceánica, éstas en general están entre 0 y $1,0^{\circ}\text{C}$. En la franja costera entre Arica y punta Lobos las anomalías fueron negativas con un máximo de $1,8^{\circ}\text{C}$ a 5 mn frente a punta Camarones.

Según los valores de anomalía encontrados en este periodo, las TSM se pueden indicar como dentro de los rangos normales (Fig. 2b).

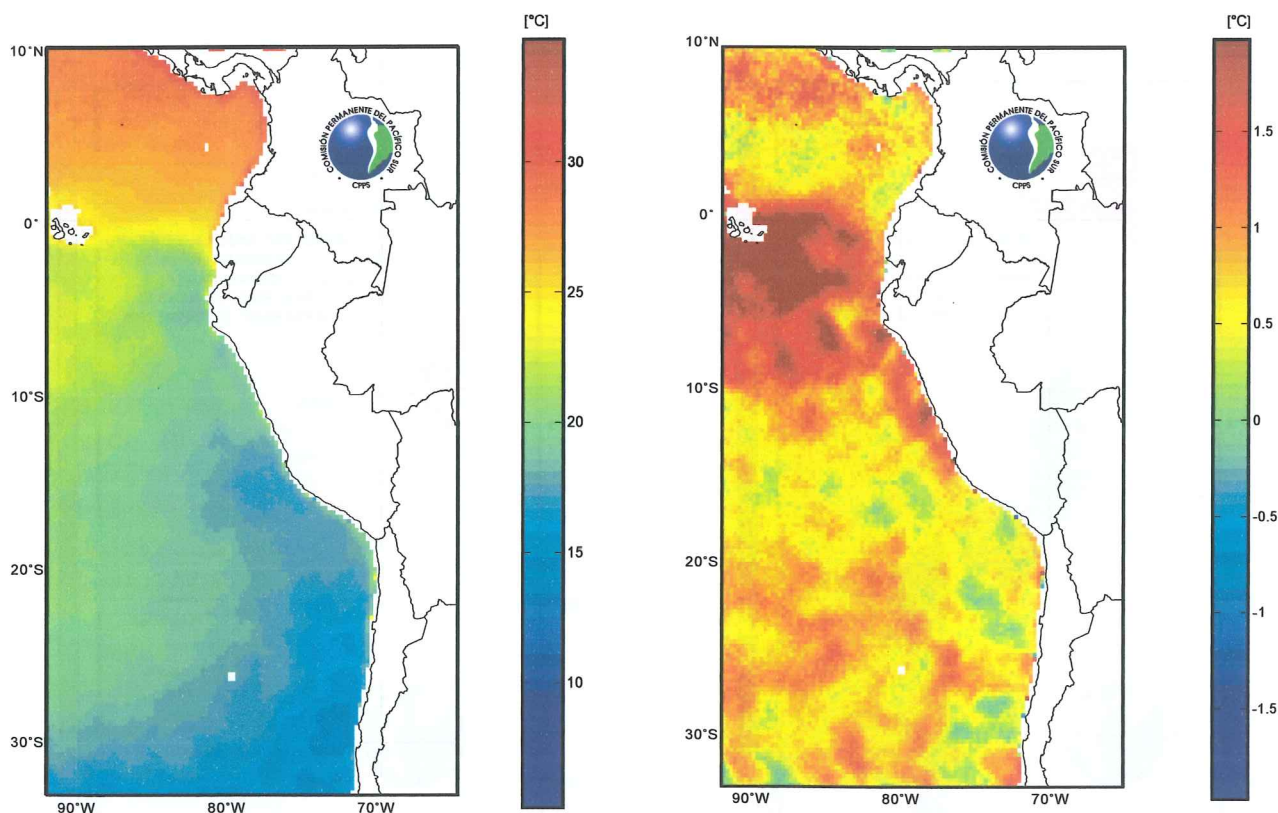


Figura 3. a) Temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$) y b) su anomalía ($^{\circ}\text{C}$) (climatología 1998-2005) para septiembre de 2006 medido con el sensor satelital TMI (TRMM Microwave Imagen, NASA-NASDA).

Temperatura Superficial del Mar (satelital)

La TSM observada por el sensor satelital TMI (TRMM Microwave Imagen, NASA-NASDA) para el mes de septiembre de 2006 (Fig. 3a), permitió observar la variación latitudinal del gradiente de temperatura de toda el área de estudio, destacándose las mayores temperaturas (TSM > 30,0°C) al norte de la Cuenca Pacífica Colombiana, y las menores (TSM < 14,0°C) en la región costera central de Chile.

La anomalía de temperatura calculada a partir de la climatología construida con los datos satelitales entre 1998-2005 (Fig. 3b), evidenció la aparición de un gran núcleo de anomalías positivas superiores a 1,5°C al frente de Ecuador y al este de las islas Galápagos, evidenciando la llegada de una onda Kelvin durante este mes.

La temperatura superficial para el mes de octubre (Fig. 4a) mostró el mismo gradiente encontrado

durante el mes de septiembre, sin embargo las anomalías muestran la llegada y posterior propagación de la onda Kelvin a la costa ecuatoriana y norte del Perú, y aumentando las anomalías positivas en casi todo el Pacífico Sudoriental (Fig. 4b).

Salinidad Superficial del Mar

La salinidad superficial en el Pacífico Colombiano presentó 31,38 ups como valor mínimo, 33,48 ups como máximo y un valor medio de 32,73 ups. Los valores mínimos fueron observados en la zona costera y en la zona norte de la cuenca, mientras que los mayores valores se presentaron en la zona sur occidental (Fig. 5a).

En Ecuador la salinidad superficial del mar (SSM) estuvo entre 32,46 y 34,18 ups y distribuida en forma de una cuña que ingresa de manera advectiva muy próxima a la costa de Ecuador.

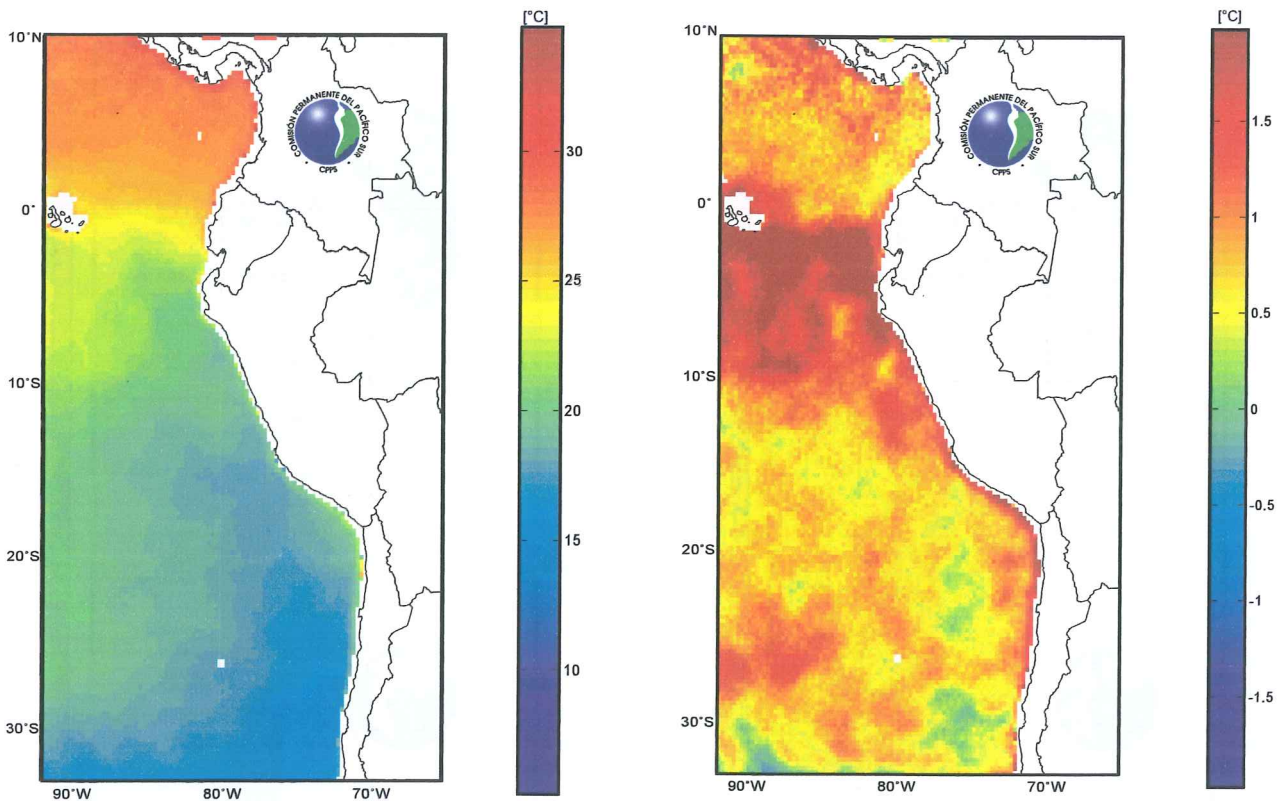


Figura 4. a) Temperatura superficial del mar (°C) y b) su anomalía (°C) (climatología 1998-2005) para octubre de 2006 medido con el sensor satelital TMI (TRMM Microwave Imagen, NASA-NASDA).

La distribución de la SSM confirmaría que el frente ecuatorial (FE) se encontraría desplazado hacia el suroeste (Fig. 5a).

En Perú, la superficie del mar presentó concentraciones salinas entre 34,85 y 35,38 ups, las concentraciones bajas ubicadas frente a Paita (5°S) están relacionadas a Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES), en cambio las registradas cerca de la costa están asociadas a aguas de afloramiento costero, mientras que las más elevadas a aguas oceánicas (Fig. 5a).

Las Aguas Costeras Frías (ACF) menores a 35,05 ups, se registraron en una franja costera entre San Juan (15°S) y Punta Falsa (6°S), con mayor extensión al sur de Pisco (14°S) alcanzando las 60 mn de la costa. Las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) se encontraron cerca de las 30 mn de la costa frente a Chimbote (9°S), alejándose de la costa por fuera de las 40 y 60 mn al norte y al sur respectivamente. En Chile, la salinidad superficial fluctuó entre 33,9 ups, medido

en el sector oceánico frente a Pichidangui, a 35,1 ups a 100 mn de punta Junín. Un núcleo de altas salinidades (> 35,0 ups) fue observado en el sector oceánico entre Arica y Punta Lobos. Hacia el sur y entre Antofagasta y Bahía de Copiapó, se registra un mayor gradiente salino con valores comprendidos entre 34,4 a 34,7 ups. Hacia el sur de los 30°S se registraron las menores salinidades relativas, < a 34,2 ups. Las anomalías de salinidad, exhibieron un rango de valores entre -0,32 a +0,09 ups. El máximo negativo se registró a 70 mn frente a Rada Paposo y el positivo a 40 mn frente a Iquique. Las anomalías mostraron un claro predominio de valores negativos en el sector oceánico (Fig. 5b).

Circulación Oceánica Superficial

Las corrientes superficiales de tipo geostrofico observadas durante el crucero regional se pueden representar por las corrientes calculadas por altimetría de radar obtenidas el 11 de octubre de 2006 (Fig. 6).

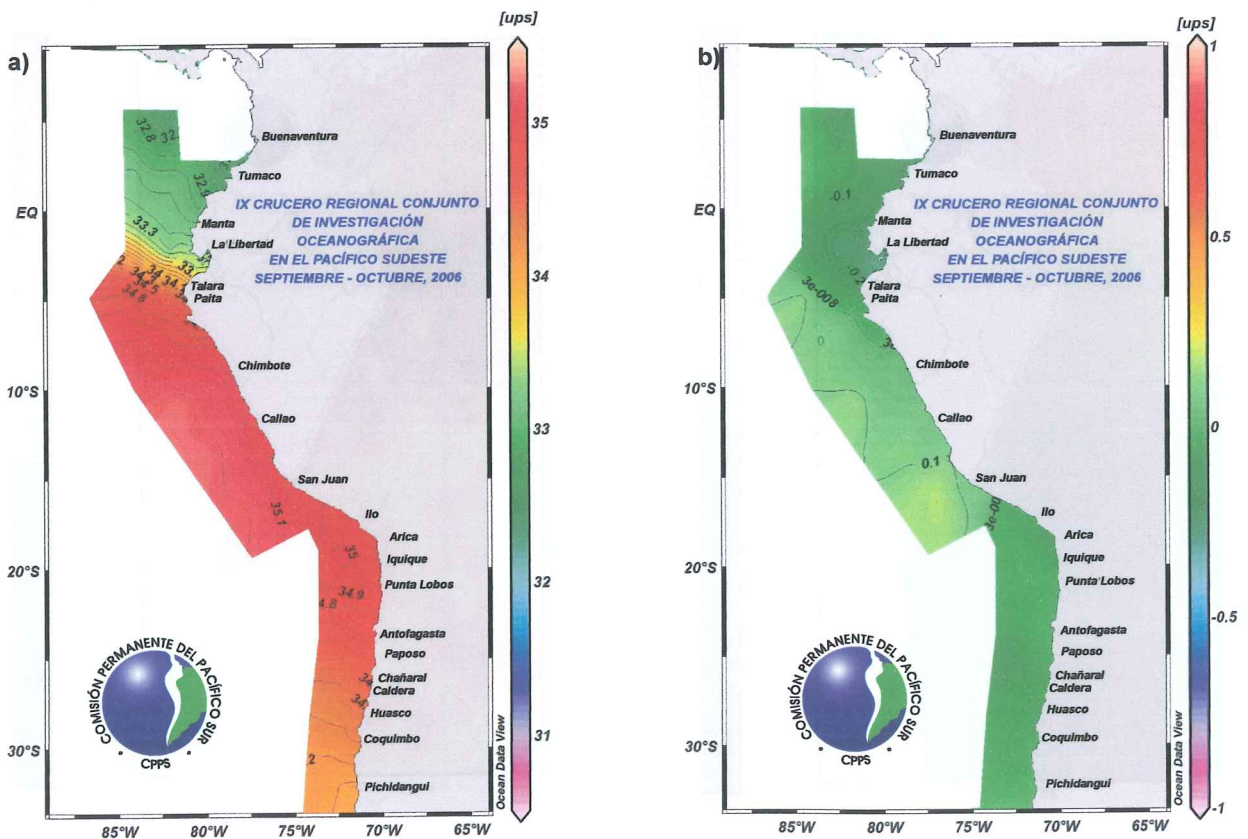


Figura 5. a) Distribución de la salinidad superficial del mar (ups) y b) de su anomalía (ups) durante el IX Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2006.

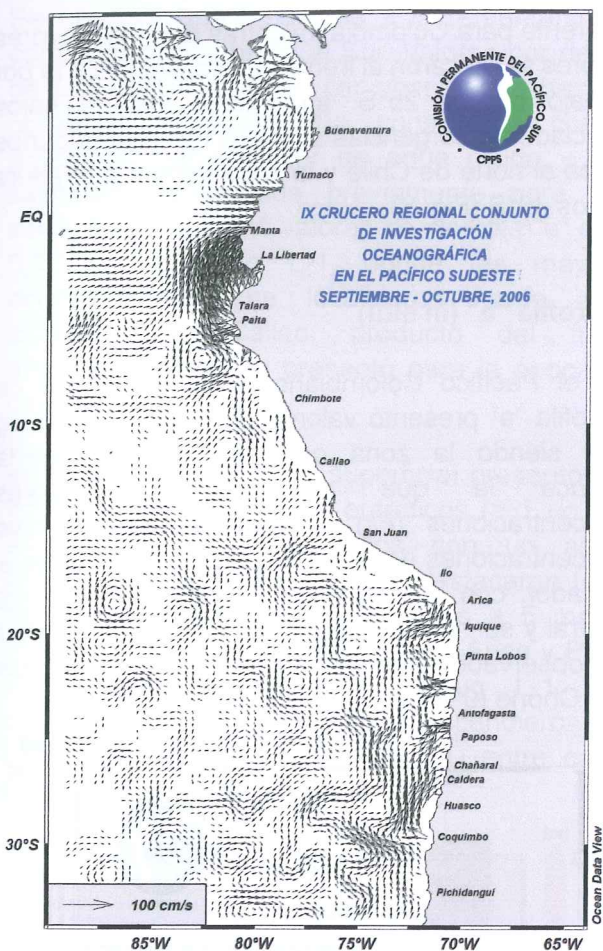


Figura 6. Corrientes geostroficas (cms-1) calculadas con altimetría de radar proporcionada por AVISO para el 11 de octubre de 2006

Las corrientes presentaron en el hemisferio sur un flujo esencialmente hacia el norte, siendo mas fuerte en la zona cercana a la costa, configurando la corriente Chile-Perú. Así mismo se observó la conformación de meandros y remolinos complejos en toda el área.

La zona comprendida entre Ecuador y Colombia presentó corrientes esencialmente zonales, con la presencia de la Contracorriente Ecuatorial del Norte entrando a la altura de los 5°N.

Los datos satelitales también permitieron observar las anomalías del nivel del mar para la misma fecha, en donde se destaca la aparición en la zona ecuatorial de una gran franja de anomalías positivas indicando la presencia de una onda Kelvin oceánica en dirección a la costa que posteriormente se convierte en una onda Kelvin

atrapada en la costa con influencia hasta Talara en el Perú (Fig. 7).

Oxígeno Disuelto Superficial

Frente al Ecuador, las concentraciones de oxígeno a nivel superficial, fluctuaron entre 4,6 y 5,2 ml L-1, con el máximo ubicado frente al Golfo de Guayaquil y que se extendió hasta las costas de Manabí; el mínimo valor se detectó en el sector norte frente a la provincia de Esmeraldas (Fig. 8).

En Perú, las concentraciones de oxígeno disuelto fluctuaron entre 3,39 y 6,87 ml L-1. A lo largo del área costera entre San Juan y Pimentel se registraron valores menores de 5 ml L-1, relacionados al afloramiento costero, cubriendo una franja de amplitud variable dentro de las 30 mn.

Solo frente al Callao se registró un foco de marea roja con valores mayores de 6,0 ml L-1, por otro lado, fuera de las 180 mn frente al Callao se observaron concentraciones mayores a 6 ml L-1. En general predominaron concentraciones mayores a 5 ml L-1 en el área evaluada.

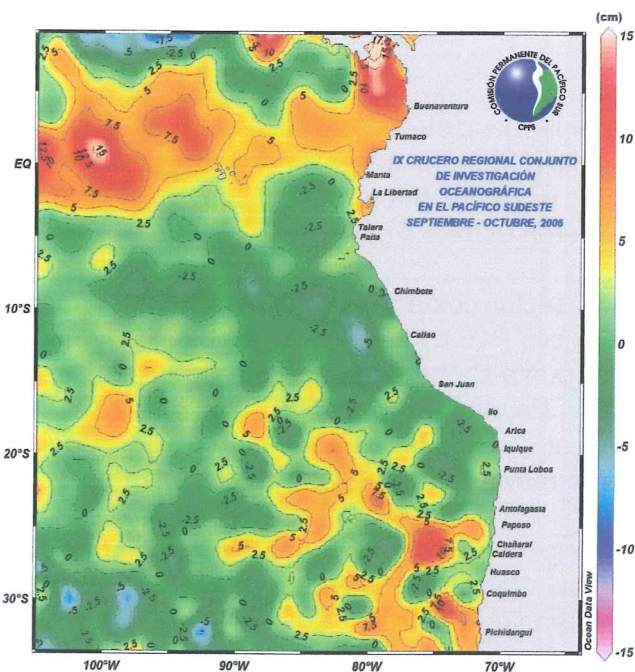


Figura 7. Anomalia del nivel mar (cm) calculada a partir de altimetría de radar proporcionada por AVISO para el 11 de octubre de 2006.

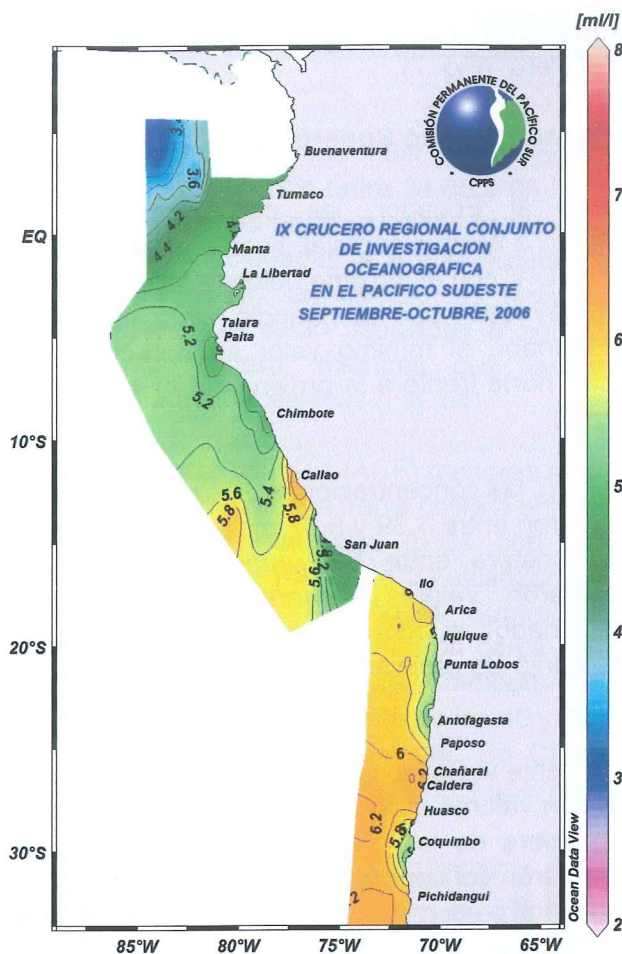


Figura 8. Distribución del oxígeno disuelto superficial (ml L-1) durante el IX Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2006.

En Chile, la distribución superficial de oxígeno disuelto presentó en el sector oceánico entre Arica y Bahía Moreno concentraciones que fluctuaron entre 5,5 y 6,4 ml L-1.

En el sector costero se observaron varios focos subóxicos (< 5 ml L-1) frente al puerto de Arica y entre punta Camarones y caleta Chipana. Desde Rada Paposo al sur, la mayoría de las concentraciones de oxígeno del sector oceánico fueron mayores a 6 ml L-1.

La concentración de oxígeno disuelto superficial en el Pacífico Sudeste, presentó valores comprendidos entre 2,0 y 7,5 ml L-1, observándose los menores valores al oeste del Pacífico Colombiano y frente a la zona costera de Perú asociados a procesos de surgencia costera para el caso de Perú y sin explicación

aparente para Colombia, mientras que los mayores valores se ubicaron al frente de la costa Chilena por debajo de los 25°S. Igualmente valores bajos asociados a surgencias se observaron en algunos focos al norte de Chile y la zona central a la altura de los 30°S (Fig. 8).

Clorofila "a" (in situ)

En el Pacífico Colombiano la concentración de clorofila "a" presentó valores entre 0,11 y 0,76 $\mu\text{g L}^{-1}$, siendo la zona oceánica al oeste de la cuenca la que presentó las mayores concentraciones (Fig. 9). La clorofila "a" tuvo concentraciones entre 0,07 y 0,75 $\mu\text{g L}^{-1}$ frente al Ecuador, con los mayores valores hacia la zona central y sur. Un núcleo con concentraciones altas fue observado unas 60 millas frente al Estuario del Río Chone (0°30'S).

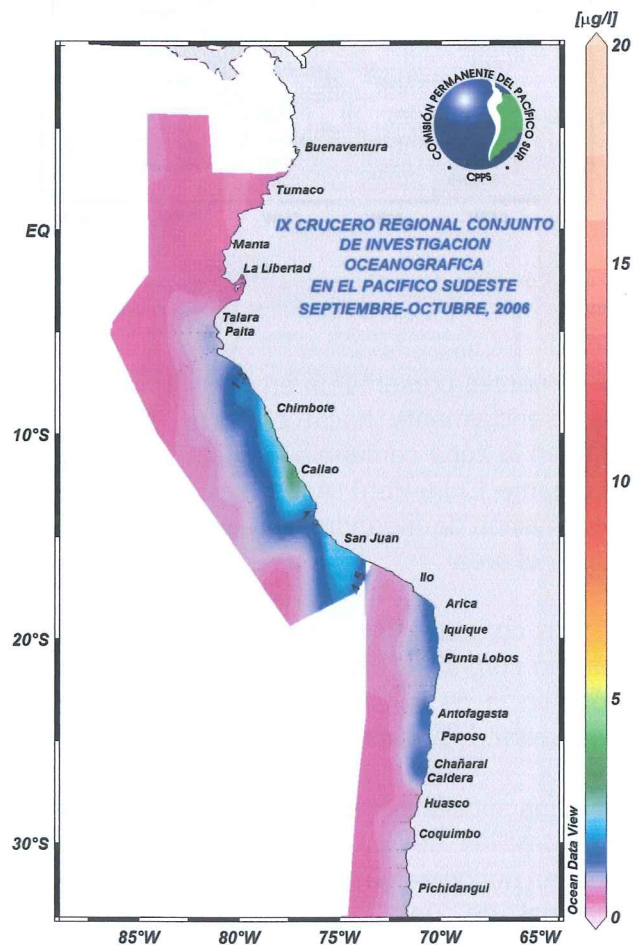


Figura 9. Distribución superficial de la concentración de clorofila a ($\mu\text{g L}^{-1}$) durante el IX Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2006.

Se observa una tendencia a incrementarse las concentraciones hacia el Sur. Valores por debajo de $0,2 \mu\text{g L}^{-1}$ pueden ser observados hacia el noroeste, lo cual sería consistente con la advección hacia el sur de agua cálida y baja salinidad mencionada previamente para esta zona. Perú presentó valores de clorofila "a" entre $0,13$ y $19,89 \mu\text{g L}^{-1}$, donde las mayores concentraciones se localizaron frente a la localidad del Callao, producto del fuerte afloramiento que se presentó para la época del crucero regional.

En Chile, la clorofila "a" superficial presentó una franja costera de valores eutróficos ($> 1 \mu\text{g L}^{-1}$) entre Arica y Punta Lobos con un ancho aproximado de 10 mn. En ella destacaron focos de altas concentraciones ubicados a 5 mn de Punta Junín y Punta Lobos y entre Arica y Punta Pinto donde superó los $12 \mu\text{g L}^{-1}$. Las concentraciones costeras descendieron a mesotróficas ($> 0,2 < 0,5 \mu\text{g L}^{-1}$) entre caleta Chipana y Punta Copaca.

Un segundo foco de altas concentraciones se desarrolló desde punta Cobija a Mejillones, con concentraciones superiores a $4 \mu\text{g L}^{-1}$.

Esta franja eutrófica se interrumpe en la punta norte de la península de Mejillones y se vuelve a observar desde Bahía Moreno hasta Chañaral (Fig. 9).

4.1.2 Características Sub-superficiales

Profundidad de las isotermas de 15° y 20°C

La isoterma de 15°C en la región costera y oceánica de Colombia y Ecuador presentó una profundidad mayor a 120 m lo cual coincide con la llegada de la onda Kelvin entre septiembre y octubre de 2006 (Fig. 10a).

En la región ecuatorial, la isoterma de 15°C se observó 40 m más profunda con respecto a la climatología de Levitus (Fig. 10b).

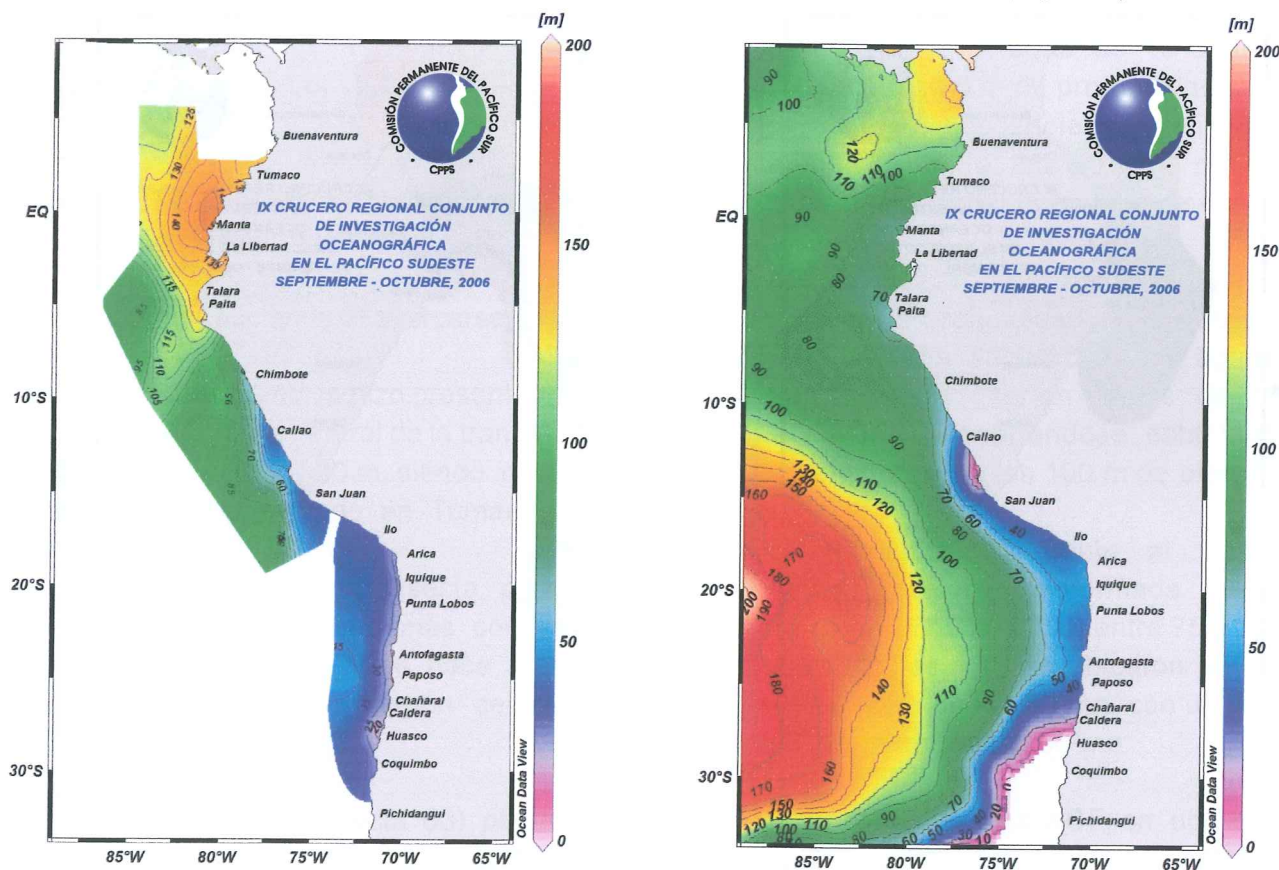


Figura 10. a) Profundidad de la isoterma de 15°C (en metros) durante el IX Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2006 y b) climatología Levitus para septiembre, de la profundidad de la isoterma de 15°C .

Frente a la costa chilena, la isoterma de 15°C, se ubicó a una profundidad máxima de 65 m a 100 mn al oeste de Rada Paposo. En general, se observó un aumento de la profundidad de esta isoterma en un sentido este a oeste. Las menores profundidades se registraron en Chañaral y Punta Caleta Errázuriz, con valores menores a 5 m.

La anomalía de esta variable indicó un predominio de valores negativos en la zona, es decir menos profunda que el promedio, ubicándose las mayores anomalías en el sector oceánico con valores que superaron los -10 m desde Arica a Mejillones. Valores de anomalía entre 0 y -10 m se localizaron en extensas áreas que ocuparon gran parte del sector costero y oceánico desde Arica a Rada Paposo.

Valores de anomalía positiva se encontraron en el área oceánica desde Rada Paposo al sur, con valores superiores a +10 m en el extremo suroeste de la zona.

En general la profundidad de la isoterma de 15°C frente a Chile y Perú fue más somera que en la región ecuatorial debido a los procesos de surgencia y a los procesos de profundización de la termoclina por acción de la onda Kelvin que ingresó en la región durante septiembre y octubre de 2006.

La profundidad de la isoterma de 20°C estuvo entre los 17 y 20 m en la zona norte del Perú, principalmente entre Chimbote y Talara, e incrementándose paulatinamente hacia el norte alcanzando profundidades entre 45 y 50 m en el Pacífico Colombiano (Fig. 11a).

Los cambios de la profundidad de la isoterma de 20°C comparados con la climatología Levitus fueron leves, destacándose la presencia de la isoterma de 20°C mas allá de la localidad de Talara, hasta alcanzar el Callao en el Perú durante septiembre de 2006 (Fig. 11b).

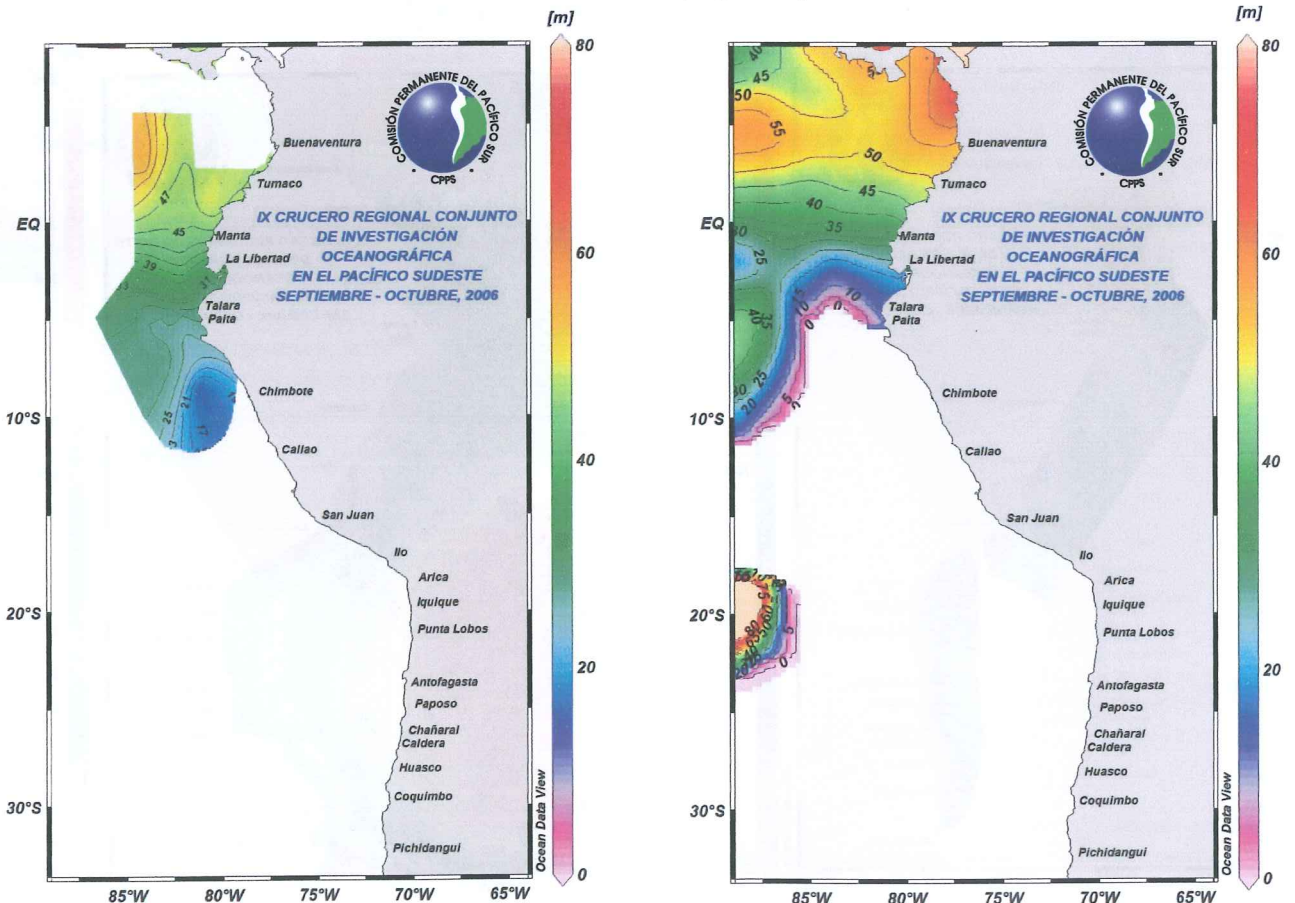


Figura 11. a) Profundidad de la isoterma de 20°C (en metros) durante el IX Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2006 y b) climatología Levitus para septiembre, de la profundidad de la isoterma de 20°C.

Distribución vertical de temperatura y salinidad

La información recolectada durante el Crucero Regional Conjunto de 2006, permitió observar el efecto de un calentamiento en el Pacífico Colombiano, especialmente en el área cercana a la región ecuatorial determinada en el crucero como la transecta 01 frente a Tumaco.

En esta transecta se pudo observar la profundización de la isoterma de 15,0°C por debajo de los 130 m a lo largo de los 02°N. Así mismo se observó que la isoterma de 20,0°C se profundizó en inmediaciones de la costa lo cual coincide con las observaciones de la estación costera 10 millas a fuera de Tumaco (Fig. 12a).

Para el caso de la salinidad los valores más bajos se observaron en cercanías a la costa con valores por debajo de los 33 ups, mientras que la isohalina de 34 ups ascendió de 160m en la costa hasta 25 m en el sector oceánico.

En la transecta 02, frente a Puerto Bolívar en Ecuador, se observó la isoterma de 15°C a una profundidad similar a la encontrada en Tumaco, pero a diferencia de lo observado en Colombia, esta isoterma asciende al acercarse a la costa.

La isohalina de 35 no se hizo presente (Fig. 13a) ascenso en la zona central de la transecta a una profundidad entre 0 y 20 m, siendo mucho más somera de lo observado en Tumaco.

La salinidad de esta transecta presentó la isohalina de 34 ups mucho más somera que la observada en Tumaco y se hace presente la isohalina de 35 en la región central de la transecta.

La sección Paita (transecta 03) presentó una termoclina conformada por las isotermas de 16° a 20 °C y fuera de las 50 mn.

La isoterma de 15 °C, se profundiza desde los

100 m (a 200 mn) hasta los 150 m de profundidad en la zona costera, contrariamente a lo observado durante el mes anterior (Cr. 0608-09) donde esta isoterma permaneció alrededor de los 100 m, lo cual indica una intensificación de la ESCC.

La salinidad presentó aguas de mezcla sobre los 25 m de profundidad y dentro de las 180 mn, exceptuando el área entre las 60 y 90 mn donde se encontraron AES, mientras que las ASS se ubicaron fuera de las 180 mn, proyectándose y alcanzando la costa entre los 25 y 60 m.

El afloramiento se presentó muy restringido a la costa. La transecta 04 frente a Chimbote mostró una termoclina conformada por las isotermas de 15 a 18°C sobre los 80 m de profundidad.

En esta zona la isoterma de 15°C se ubicó alrededor de los 75 m de profundidad por fuera de las 120 mn, descendiendo hacia la costa hasta los 130 m a las 80 mn, para luego ascender hasta los 50 m en la zona costera.

Las ASS se ubicaron por fuera de las 20 mn y hasta 60 m de profundidad, no se observaron ACF en la capa superficial, las aguas que estarían aflorando serían aguas de mezcla (ASS y ACF), encontrándose esta masa de agua presente hasta los 100 m de profundidad.

En la transecta 05 frente al Callao, la termoclina estuvo conformada por las isotermas de 17° C a 15° C, entre 75 y 90 m de profundidad. Las ASS se ubicaron en la capa superior y fuera de las 80 mn, con un pequeño rezago alrededor de las 50 mn.

Valores propios de las ACF se ubicaron por debajo de los 80 m de profundidad en la zona oceánica, y a 50 m cerca de la costa. La transecta 06 hasta 500 m de profundidad frente a San Juan, presentó valores entre 17,64°

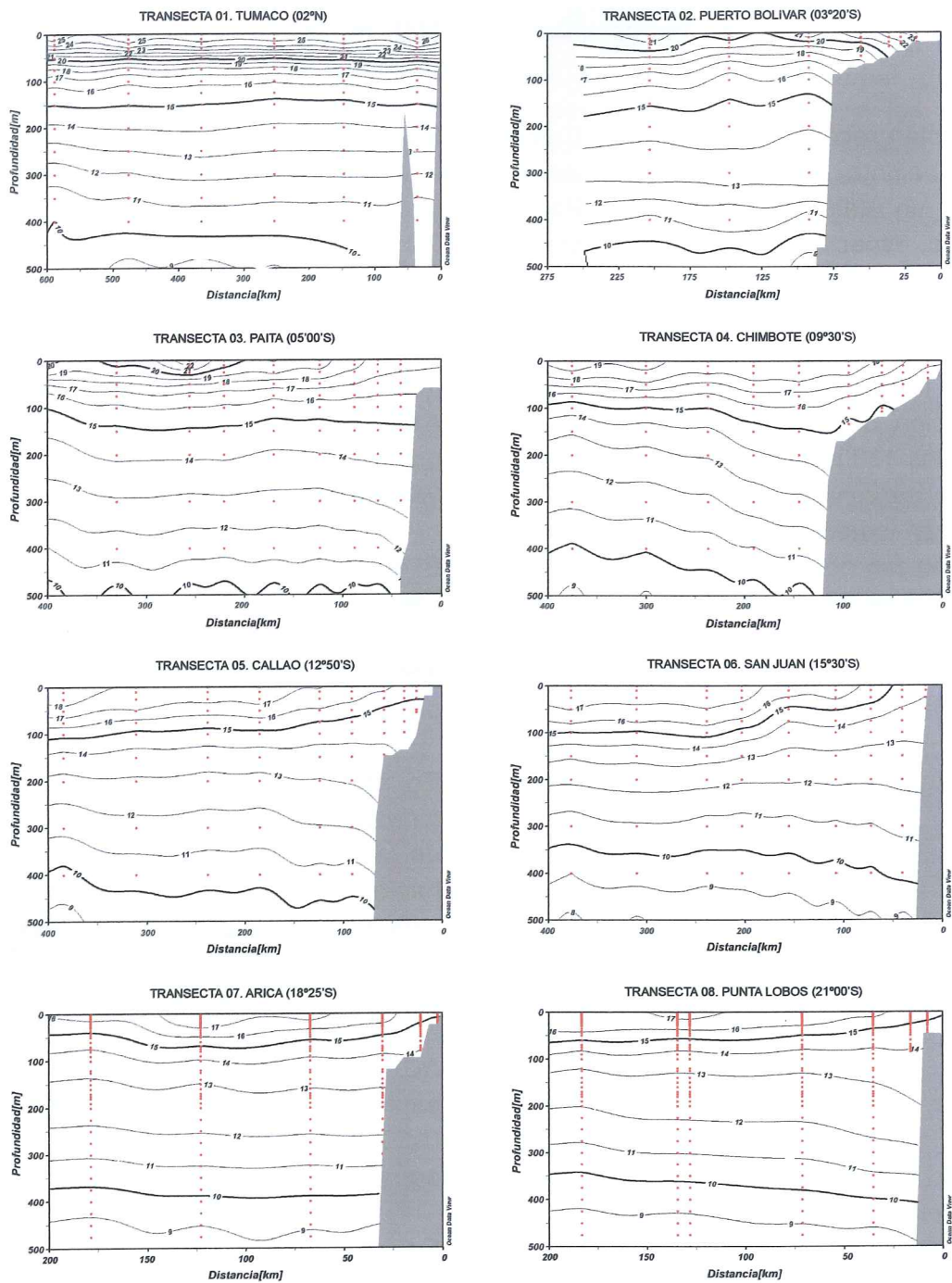


Figura 12a. Distribución vertical de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$). Transectas perpendiculares a la costa (1-8). Septiembre-octubre, 2006.

y $7,23^{\circ}\text{C}$, la termoclina compuesta por 4 isotermas ($17^{\circ} - 14^{\circ}\text{C}$) se registró entre los 80 y 110 m de profundidad y principalmente fuera de las 100 mn, aflorando estas isotermas cerca de la costa. Las Aguas subtropicales presentaron salinidades de hasta $35,27\text{ ups}$ y se ubicaron fuera de las 70 mn, con espesor de aproximadamente 80 m, mientras que Aguas Costeras Frías alcanzaron profundidades de hasta 400 m,

asociados principalmente con valores mínimos de oxígeno y temperaturas entre 10° a 16°C . Pequeños núcleos de Aguas Templadas de la Subantártica, caracterizadas por salinidades menores de $34,8\text{ ups}$ y temperaturas entre 13° y 15°C , se ubicaron sobre los 110 m de profundidad, en forma de pequeños núcleos.

El afloramiento costero se ha estado

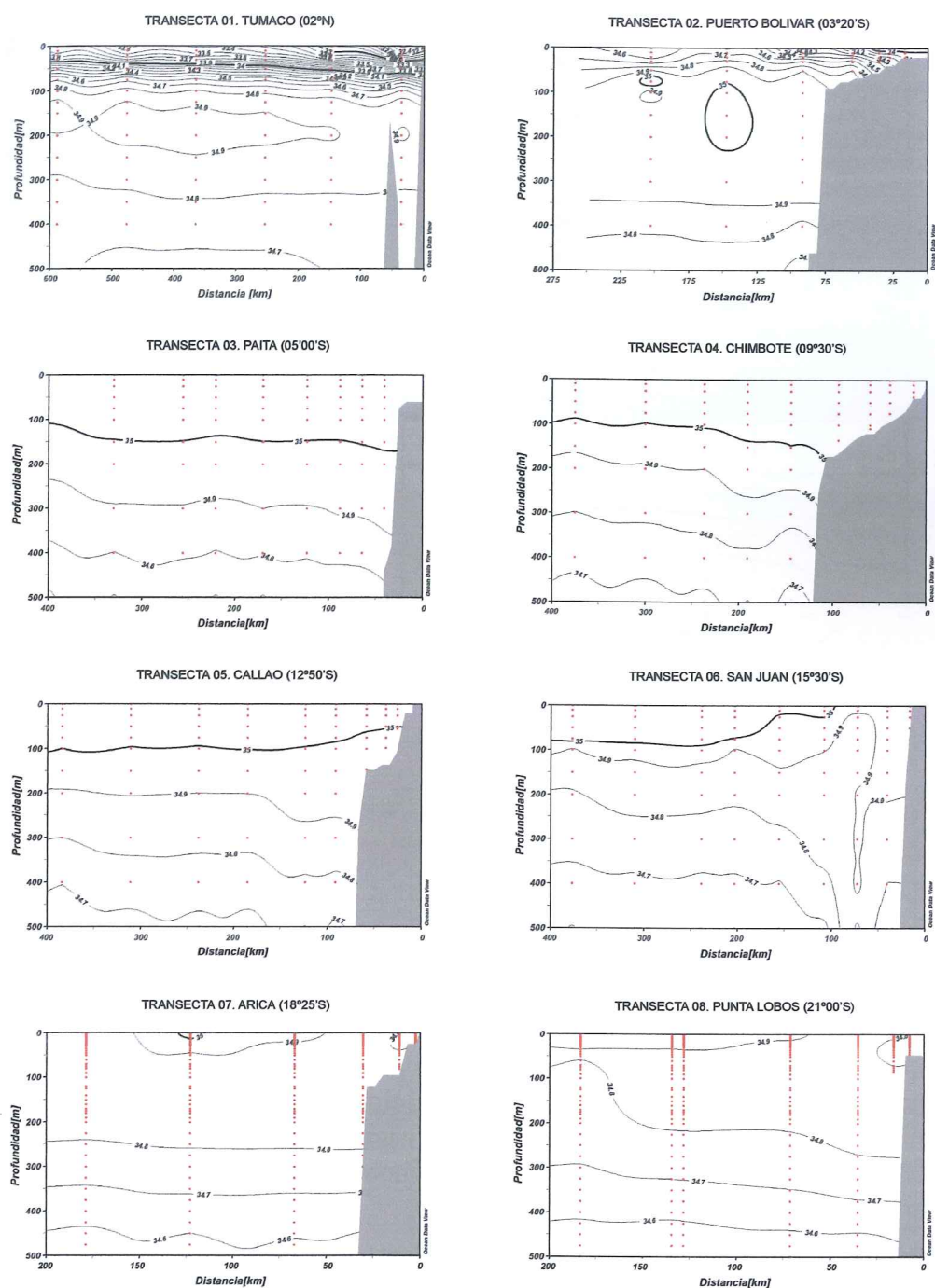


Figura 13a. Distribución vertical de salinidad (ups). Transectas perpendiculares a la costa (1-8). Septiembre-octubre, 2006.

desarrollando dentro de las 40 mn, con temperaturas menores de 17° C. En Chile, las transectas 07 y 08 registraron la isoterma de 15° C entre 50 y 70m de profundidad, ascendiendo hacia el sector costero, mientras que la isoterma de 10° C se localizó entre los 300 y 400 m.

La transecta 09 al frente de Antofagasta

mostró la isoterma de 15° C ascendiendo entre la costa y los 50 km, mientras que las isotermas entre los 13 y 9° C presentan hundimiento a medida que se acercan a la costa. Para la transecta 10 al frente de Chañaral se observó un fuerte descenso de la isoterma de 10 y 12° C en cercanías a la costa, mientras que las isotermas de 13 , 14 y 15° C presentaron ascenso en el sector costero (Fig. 12b).

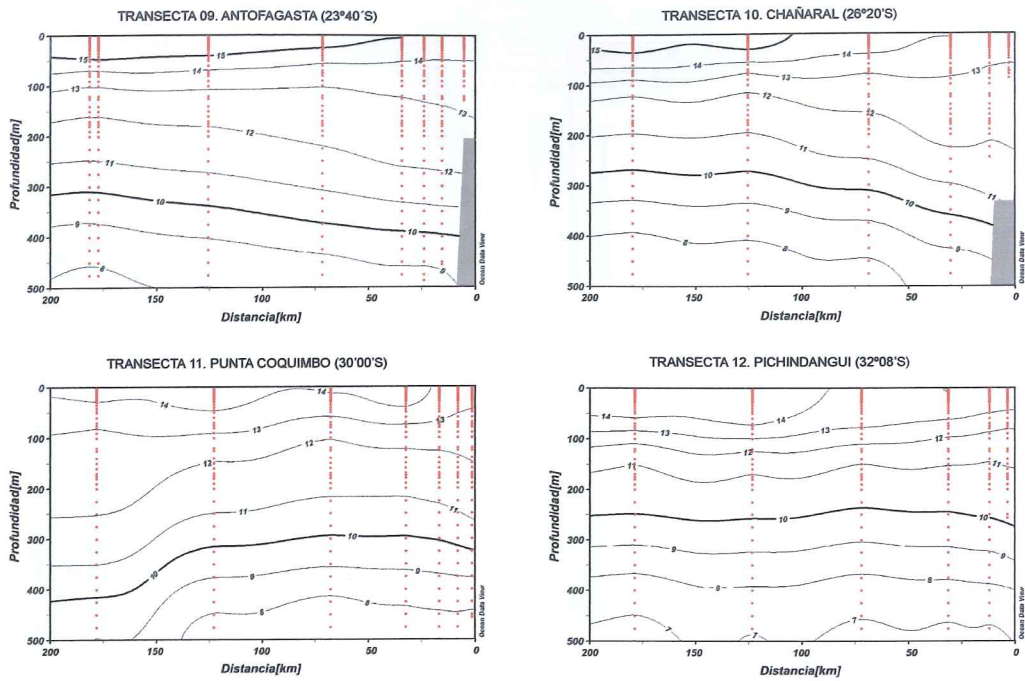


Figura 12b. Distribución vertical de la temperatura (°C). Transectas perpendiculares a la costa (9-12). Septiembre-octubre, 2006.

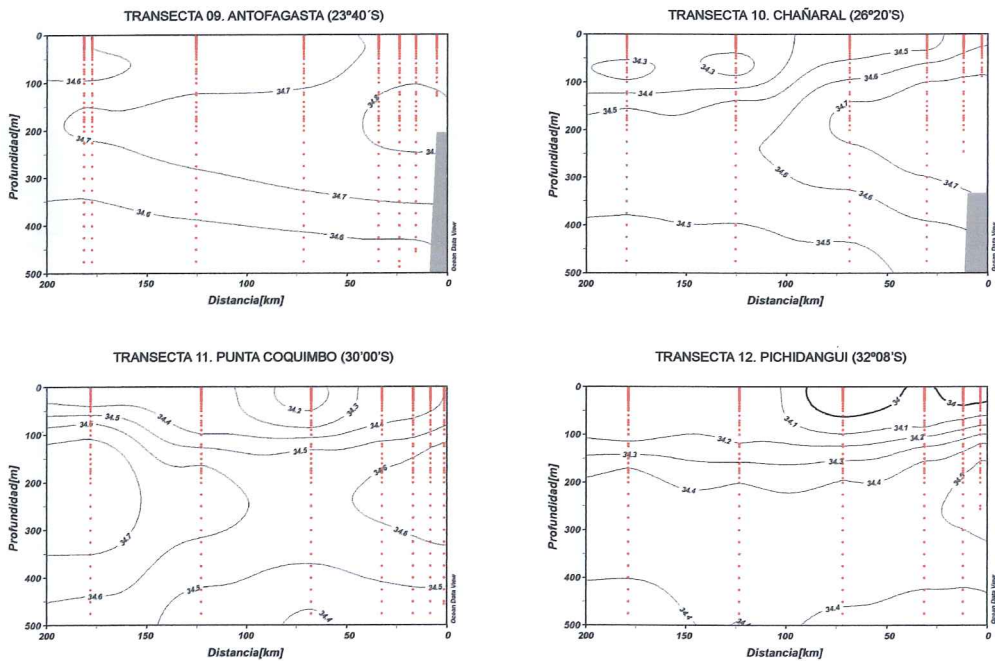


Figura 13b. Distribución vertical de salinidad (ups). Transectas perpendiculares a la costa (9-12). Septiembre-octubre, 2006.

Para las transectas 11 y 12 las isotermas entre los 12 y 14°C presentaron ascenso en el sector costero, la isoterma de 10°C se ubicó entre 200 y 300 m en Pichidangui mientras que en Coquimbo la misma isoterma se ubicó entre 300 y 400 m. La isoterma de 15°C estuvo ausente en estas dos

transectas (Fig. 12b). La salinidad vertical exhibió al igual que la temperatura, una notable disminución de sus valores en superficie en un sentido norte – sur, de salinidades mayores a 35,0 ups en el borde norte a menores de 34,0 ups en el borde sur de la zona.

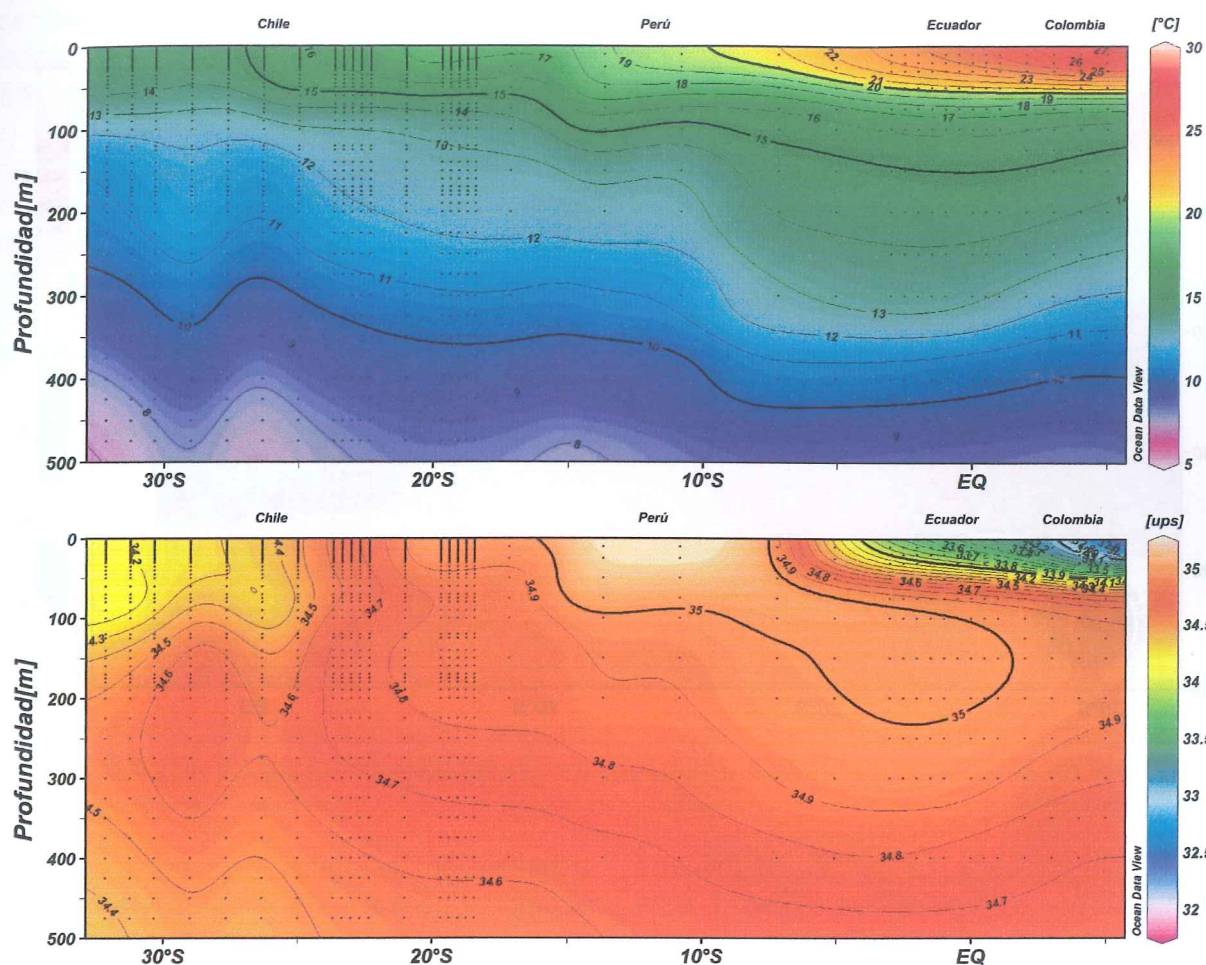


Figura 14. Transepto latitudinal a lo largo de la costa de Sudamérica para la a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y b) salinidad (ups) durante el IX Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2006.

En el borde norte, la máxima salinidad superficial ocupó una delgada capa de agua que no superó los 50 m, sin embargo las mínimas salinas superficiales en el extremo sur pueden llegar a más de 100 m de espesor.

Los núcleos de máxima subsuperficial ($> 34,8$ y $> 34,7$ ups) se hacen más delgados hacia el sur, principalmente desde la sección de Rada Paposó, para prácticamente desaparecer frente a Pichidangui (Fig. 13a y 13b).

En la transecta paralela a la costa a una distancia aproximada de 200 km (Fig. 14) se observó la presencia de aguas cálidas con temperatura superior a 20°C que se proyectaron hasta lo 9°S (Chimbote).

Para la salinidad, el transepto permitió evidenciar la presencia de Agua Superficial Ecuatorial (AES) en la región norte peruana y Agua Subtropical Superficial (ASS) en la zona chilena, mientras que la zona ecuatoriana y colombiana estuvo dominada por Aguas Tropicales Superficiales (ATS) y Agua Costera Colombiana (ACC) respectivamente.

La totalidad de las masas de agua encontradas durante el IX crucero se puede observar en la Figura 16.

El oxígeno disuelto en la misma transecta latitudinal presentó valores entre 2 y 4 ml L⁻¹ en el Océano Pacífico Colombiano, mientras que los mayores valores ($> 5,5$ ml L⁻¹) fueron observados

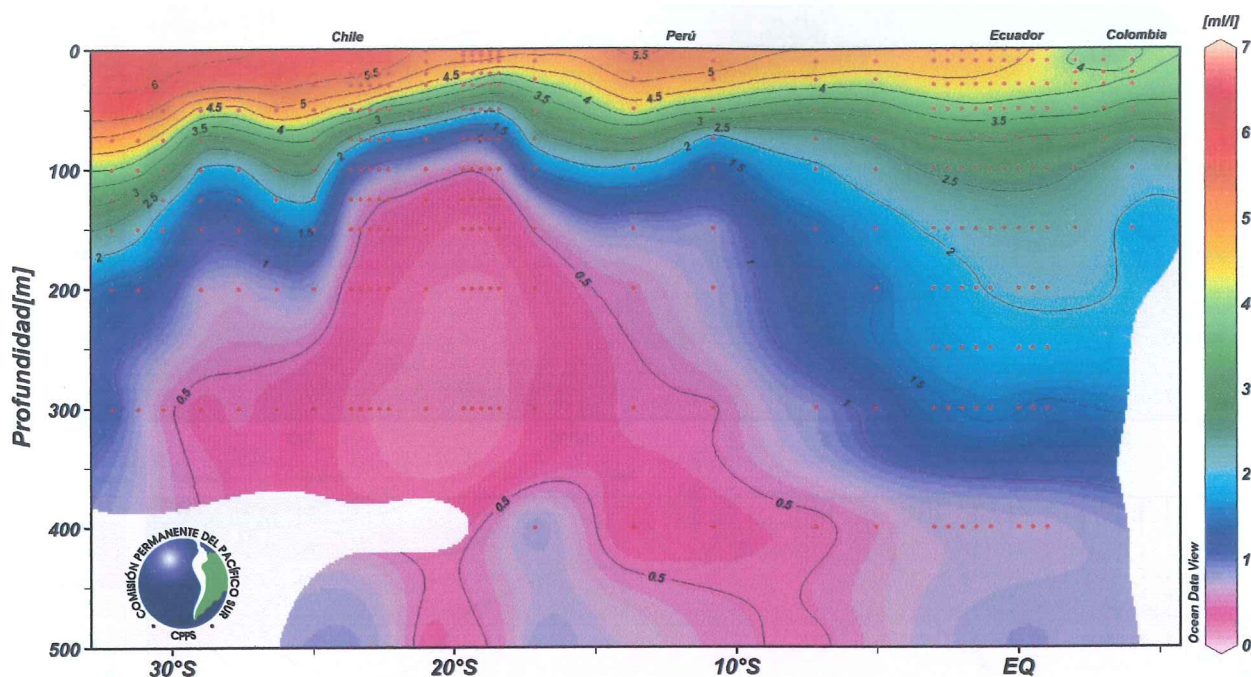


Figura 15. Transepto latitudinal a lo largo de la costa de Sudamérica para el oxígeno disuelto (ml L⁻¹) durante el IX Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2006.

en la zona sur de Chile. La mínima de oxígeno durante el crucero regional se alcanzó más rápidamente a la altura de los 20°S, registrando valores < 0,5 ml L⁻¹ a los 120 m de profundidad, mientras que en la zona ecuatorial valores de oxígeno disuelto > 0.5 ml L⁻¹ fueron observados entre la superficie y los 500 m, sin llegar a registrarse valores inferiores a dicha concentración (Fig. 15).

La oxiclina se observó claramente entre Chile y Ecuador, profundizándose en el sector sur de Chile y ubicándose entre los 50 y 150 m. El sector del Pacífico Colombiano fue el que menor concentración de oxígeno disuelto presentó en las capas más cercanas a la superficie.

4.2 Meteorología

Durante el segundo semestre del 2006, el sistema océano-atmósfera del Pacífico ecuatorial comenzó a manifestar un patrón típico del desarrollo de un Fenómeno El Niño, con

acumulación de aguas cálidas en el pacífico ecuatorial central y una serie de perturbaciones en el océano conocidas como ondas Kelvin que arribaron a las costas de Sudamérica.

Durante los meses de septiembre y octubre de 2006 el Índice de Oscilación del Sur permaneció en la fase negativa por sexto mes consecutivo, registrando valores de -0,7 y -1,7 respectivamente. En septiembre el eje de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) en el Océano Pacífico Oriental permaneció entre los 6 y 9°N.

Para el mes de octubre, la ZCIT se desplazó 60 mn hacia el sur, ubicándose entre 5 y 8°N. La actividad convectiva se registró de moderada a fuerte en Centro América y parte del Litoral Pacífico Colombiano con lluvias de intensidad variable.

Los vientos observados durante el IX Crucero Regional Conjunto (Fig. 16) estuvieron en general paralelos a la costa con velocidades entre 2,0 y 13,0 m s⁻¹, presentándose los vientos más fuertes en la región costera del Perú.

El campo de viento a 10 m sobre el nivel del mar obtenido mediante la utilización del sensor satelital QSCAT para el mes de septiembre (Fig. 17a) y su respectiva anomalía calculada de la climatología entre 2000 y 2005 (Fig. 17b), muestra el debilitamiento generalizado de los vientos Alisios en toda el área y el debilitamiento del anticiclón subtropical del Pacífico, el cual se observa por la presencia de anomalías negativas.

El valor máximo de velocidad para septiembre fue de 8,6 m s⁻¹ y un mínimo de 2,8 m s⁻¹. Para el mes de octubre (Fig. 18a) los vientos aumentaron su intensidad, especialmente el anticiclón subtropical del Pacífico, el cual presentó anomalías positivas superiores a 0,6 m s⁻¹ (Fig. 18b).

El valor máximo de velocidad del viento para este mes fue de 6,8 m s⁻¹ y el valor mínimo fue de 3,8 m s⁻¹.

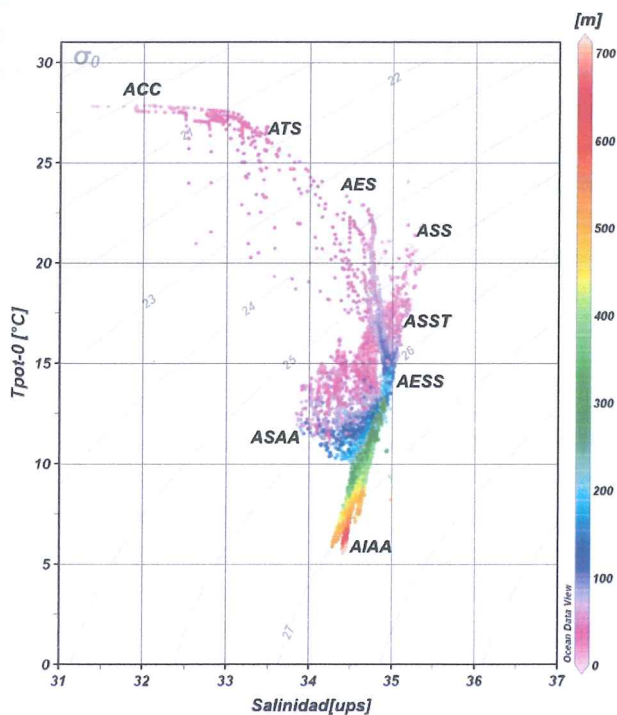


Figura 16. Determinación de masas de agua encontradas durante el IX Crucero Regional Conjunto, septiembre-octubre de 2006 mediante diagrama TS. ACC=Agua Costera Colombiana; ATS=Agua Tropical Superficial; AES= Agua Ecuatorial Superficial; ASS= Agua Superficial Subtropical; ASST=Agua Subsuperficial Subtropical; AESS=Agua Ecuatorial Subsuperficial; ASAA= Agua Sub Antártica; AIAA= Agua Intermedia Antártica; Tpot-0= Temperatura potencial.

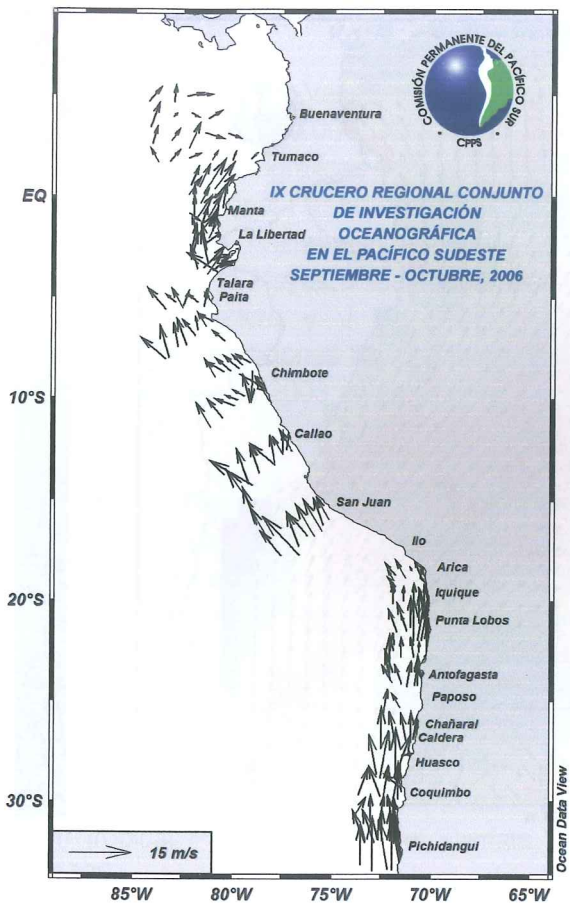


Figura 17. Campo de viento (m s⁻¹) medido a bordo de los buques de investigación durante el IX Crucero Regional Conjunto.

5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos durante el IX Crucero Regional Conjunto permiten observar el accionar del fenómeno El Niño 2006-2007 sobre la estructura térmica en el Pacífico Sudoriental. La profundización de la base de la termoclina identificada por la isoterma de 15°C en la zona ecuatorial, es un indicio claro de la dinámica de El Niño, basado en el accionar de una onda Kelvin, y el desarrollo de anomalías subsuperficiales. Resulta sin embargo destacable la poca variación que presentó la isoterma de 20°C en comparación a otros eventos El Niño en la región donde las anomalías de esta isoterma han sido mayores.

También se destaca la aparición frente a Paita y Punta Falsa en el Perú, de Aguas Ecuatoriales Superficiales, como consecuencia de las referidas ondas Kelvin, lo cual es atípico para la época y

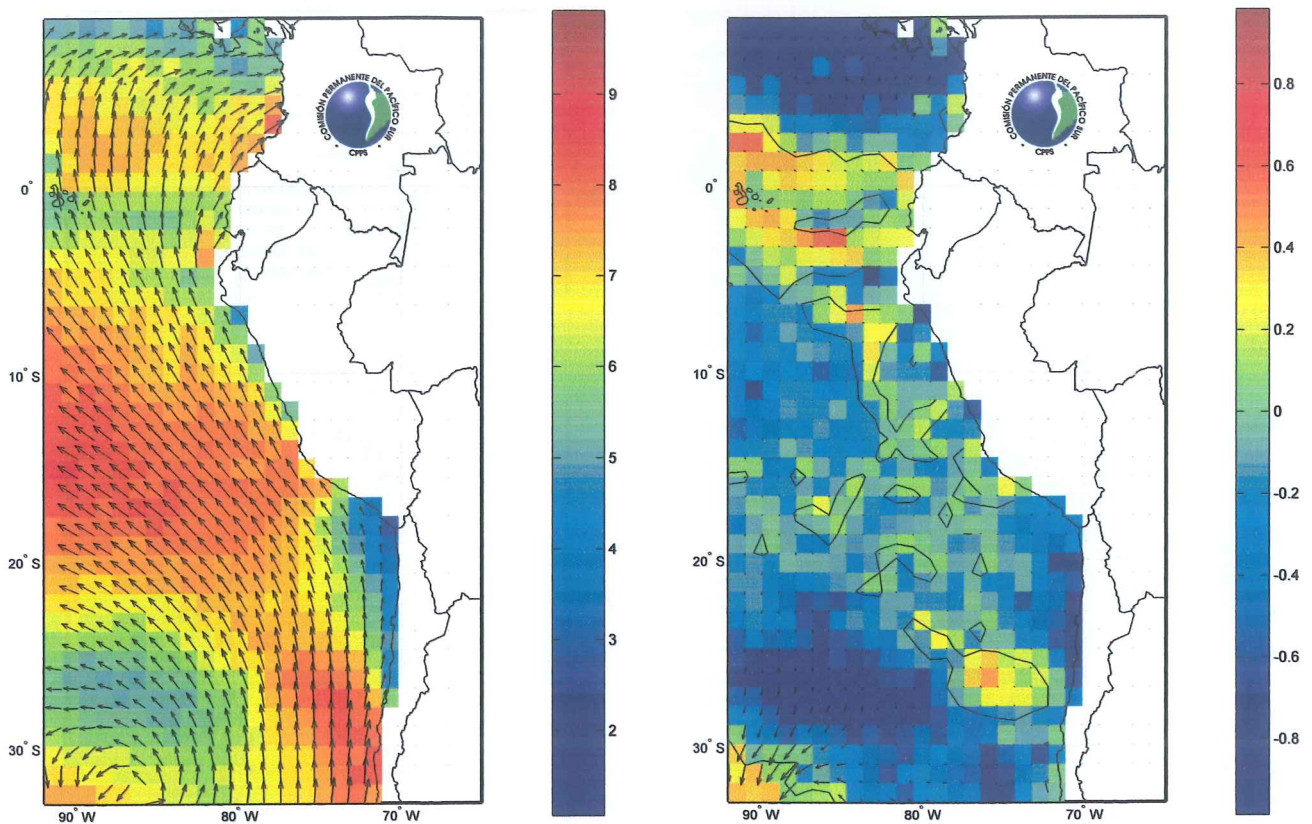


Figura 18. a) Campo de viento (m s^{-1}) y b) su anomalía (climatología 2000-2005) para septiembre de 2006 medido con el sensor satelital QSCAT.

podría relacionarse con una débil intensidad de los vientos Alisios en dicha zona. La utilización de imágenes satelitales para complementar la información obtenida in situ, fue definitiva para observar el progreso de la onda Kelvin durante su ingreso al Pacífico Sudeste durante septiembre y octubre.

Así mismo el monitoreo satelital del viento permitió observar el cambio de septiembre a octubre del campo de viento, destacándose la intensificación del anticiclón subtropical del sur y por consiguiente el descenso de las temperaturas en las áreas de influencia de este anticiclón como son Chile y el sur del Perú.

Este fortalecimiento del sistema anticiclónico ayudó a que las anomalías térmicas positivas se vieran atenuadas en esta región y por consiguiente sus efectos en el clima fueran más débiles comparados con la región ecuatorial entre Colombia y Ecuador.

La concentración de clorofila "a" observada, permitió la determinación de los focos de surgencia costera, encontrándose valores que superaron los $10 \mu\text{g L}^{-1}$ frente al Callao en el Perú, lo cual se vio reflejado en reportes de marea roja.

En el caso del oxígeno disuelto, los bajos valores encontrados en aguas oceánicas del Pacífico Colombiano no corresponden a lo normalmente medido para esta época, razón por la cual se debe considerar posibles errores en la titulación o toma de la muestra de agua.

A nivel subsuperficial la mínima de oxígeno en los primeros 500 m de la columna de agua se observó a los 20°S , y su distribución general correspondió a un comportamiento normal de los gradientes de concentración, siendo la menor concentración encontrada en la región ecuatorial y la mayor en las regiones australes.

6. CONCLUSIONES

La información obtenida en los cruceros oceanográficos regionales realizados entre septiembre y octubre de 2006, evidencia la entrada de una cuña cálida subsuperficial en el costado oeste de la cuenca del Pacífico Colombiano, la cual se debe al ingreso de la onda Kelvin a esta área. Lo anterior, es corroborado con la presencia de aguas cálidas hasta los 9°S, a 100 mn de la costa. El Frente Ecuatorial se encontró desplazado hacia el suroeste, con relación a su ubicación estacional.

Por otro lado un flujo costero con agua de baja salinidad ingresó en la parte norte del área de estudio y fue observado hasta los 40 metros de profundidad, con una termoclina ubicada por debajo de la normal para la época. Hacia el sur de la zona de estudio, se detectaron anomalías positivas de temperatura frente a la costa norte de Perú y sector central de Chile, que resalta la aproximación atípica hacia la costa de las Aguas Subtropicales Superficiales. El cambio de la intensidad del viento y del anticiclón subtropical entre septiembre y octubre, moduló la forma como la onda Kelvin afectó la estructura térmica del océano, especialmente para la región sur del Perú, norte y centro de Chile, siendo menos intensa la generación de anomalías positivas de temperatura. Las condiciones oceanográficas observadas durante el IX Crucero Regional Conjunto permiten evidenciar el desarrollo de un calentamiento de las aguas en la región ecuatorial aumentando la TSM y profundizando la base de la termoclina evidenciando la presencia del fenómeno El Niño durante la realización del IX Crucero Regional.

7. REFERENCIAS

- BAC 180 y 181. Boletín de Alerta Climática. Comisión Permanente del Pacífico Sur. Septiembre y Octubre. 2006. CPPS.
- Braun, M.; H. Reyes; J. Osses, J. Castillo y V. Catasti. 2002. Monitoreo de las condiciones bioceanográficas en la I y II Regiones, año 2001. Informe Final FIP N°2001-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile).
- Braun, M., H. Reyes, V. Valenzuela, E. Pizarro, J. Castillo y V. Catasti. 2003. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2002. Informe Final FIP N°2002-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile). 183 p + Anexos. Braun, M., H. Reyes, J. Castillo, V. Catasti, V. Valenzuela, M. Pizarro y J. L. Blanco. 2005a. Monitoreo de las condiciones Bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2003. Informe Final proyecto FIP N° 2003-01.
- Braun, M., H. Reyes, E. Pizarro, J. Castillo, J. Saavedra, V. Catasti, V. Valenzuela, 2005b. Monitoreo de las condiciones Bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2004. Informe Final proyecto FIP N° 2004-01. Chelton, D. B., S.K. Esbensen, M.G.Schlx, N.Thum, M.H.Freilich, F.J.Wentz, C.Gentemann, M.J. McPhaden, and P.S.Schopf. 2001. "Observations of coupling between surface wind stress and sea surface temperature in the eastern tropical Pacific." *Journal of Climate*, 14(7) 1479-1498.
- Levitus, S., R. Burgett and T.P. Boyer. 1994a. World Ocean Atlas 1994a. Volume 3: Salinity NOAA Atlas NESDIS 3. U.S. Department of Commerce, Washington, D.C. 99 pp. Levitus, S., R. Burgett and T.P. Boyer. 1994b. World Ocean Atlas 1994b. Volume 4: Temperatura NOAA Atlas NESDIS 4. U.S. Department of Commerce, Washington, D.C. 117 pp.
- UNESCO, 1981. The practical salinity scale 1978 and the international Equation of State of Seawater 1980. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci., N°36.
- Wentz, F.J., C.Gentemann, D.Smith, D.Chelton. 2000. "Satellite measurements of sea Surface temperature through clouds." *Science*, 288:847-850.
- Wentz, F.J. 1992. "Measurement of oceanic wind vector using satellite microwave radiometers." *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 30(5):960-972.
- Wentz, F. J., P. D. Ashcroft, and C. L. Gentemann 2001. "Post-launch calibration of the TMI microwave radiometer." *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 39(2):415-422.

ANEXO I

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

| PAÍS | BUQUE | INICIO/ TÉRMINO | PARTICIPANTES | VARIABLES | CANTIDAD ESTACION |
|------|-------------------------------|--------------------------|----------------|--|----------------------|
| COL | B/O ARC PROVIDENCIA | 15/09/2006 22/09/2006 | DIMAR- CCCP | Meteorológicas, T, S, OD, fitoplancton y zooplacton (red), clorofila- a, nutrientes. | 22 |
| EC | B/I TOHALLÍ | 02/10/2006 11/10/2006 | INP | Meteorológicas, T, S, OD, fitoplancton y zooplacton (red), clorofila- a, nutrientes. | 33 |
| PE | BIC JOSÉ OLAYA BALANDRA | 04/09/2006 20/10/2006 | IMARPE | Meteorológicas, T, S, OD, fitoplancton y zooplacton (red), clorofila- a, CO ₂ , nutrientes. | 51 |
| CH | B/I ABATE MOLINA | 02/09/2006 22/09/2006 | IFOP | Meteorológicas, T, S, OD, fitoplancton y zooplacton (red), clorofila- a, nutrientes, transparencia. | 103 |

ANEXO II

INSTITUCIONES Y PERSONAL CIENTÍFICO PARTICIPANTES EN EL NOVENO CRUCERO REGIONAL CONJUNTO DE INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS EN EL PACÍFICO SUDESTE REALIZADO EN SEPTIEMBRE-OCTUBRE DE 2006

A. INSTITUCIONES EJECUTORAS

COLOMBIA:

DIMAR-CCCP

Dirección General Marítima, Centro Control
Contaminación del Pacífico

ECUADOR:

INP

Instituto Nacional de Pesca

PERÚ:

IMARPE

Instituto del Mar del Perú

CHILE:

IFOP

Instituto de Fomento Pesquero

Coordinación General

CPPS:

Comisión Permanente del Pacífico Sur.

B. PERSONAL PARTICIPANTE

COLOMBIA:

B/O ARC PROVIDENCIA

| | |
|-----------------------------|---------------------------|
| TN. Hermann León Rincón | Jefe de Crucero DIMAR-ARC |
| S2 Diego Guerrero Zorrilla | DIMAR-CCCP |
| MA2 Juan Rueda Bayona | DIMAR-CCCP |
| MA2 David Beltrán Peñaranda | DIMAR-CCCP |
| MA2 Carlos Ruiz Tascón | DIMAR-CCCP |
| MA2 Edgar Pérez Porras | DIMAR-CCCP |
| Est. Biol. Túlía Martínez | UNIVALLE |
| Biol. Yaneth Morales | UAESPNN |
| Biol. Edgard Arteaga | INVEMAR |
| Quim. Jeanneth León | INP (Ecuador) |

ECUADOR:

B/I TOHALLÍ

| | |
|---------------------------|------------------------|
| Ocean. Telmo De la Cuadra | Jefe de Crucero, INP |
| Q.F. Patricia Macías | INP |
| Q.F. John Carrascal | INP |
| Blga. Jacqueline Cajas | INP |
| Blgo. Robert Buchelli | INP |
| Blga. Gregoria Calderón | INP |
| Blgo. Julio Guzmán | INP |
| Blgo. Jimmy González | INP |
| Blga. Fedra Solano | INP |
| Blgo. Manuel Días | INP |
| Ocean. Jonathan Cedeño | ESPOL |
| TN. German Escobar | DIMAR-DILEM (Colombia) |

PERÚ:

BIC JOSÉ OLAYA BALANDRA

| | |
|--------------------------------------|----------------------------------|
| Ing. Julio Octavio Morón Antonio | Jefe de Crucero, 1 etapa, IMARPE |
| Lic. Roberto Flores Palomares | Jefe de Crucero, 2 etapa, IMARPE |
| Ing. Luis Alberto Vásquez Espinoza | IMARPE |
| Ing. José Luis Tenorio Calderón | IMARPE |
| Ing. Ramiro Castillo Valderrama | IMARPE |
| Biol. Luis Fernando Quipuzcoa Olguín | IMARPE |
| Biol. Ricardo Tafur Jiménez | IMARPE |
| Ing. Noel Domínguez Obregón | IMARPE |
| Téc. Julio Hurtado Jara | IMARPE |
| Téc. Martín Gerardo Campos Rivas | IMARPE |
| Téc Miguel Ángel Sarmiento Díaz | IMARPE |
| Téc. Armando Fiestas Llenque | IMARPE |
| Pract. Alex Pachas Napa | IMARPE |
| Ing. Eloy Florencio Miguel Rodríguez | DHNM |
| Estud. José Tapia Verme | UN. San Luis Gonzaga de ICA |
| Ing. Met. Máximo Miguel Vara Quispe | SENAMHI |
| Ing. Luis Beltrán Balarezo | IMARPE (Lab. Paíta) |
| Biol. Sergio Bances Ugaz | IMARPE (Lab. Sta. Rosa) |
| Tlgo. Manuel Rojas García | Chile |

CHILE:

B/I ABATE MOLINA

| | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| Biol. Mauricio Braun A. | Jefe de proyecto, IFOP |
| Biol. Vivian Valenzuela C. | Jefe de Crucero, IFOP |
| Ocea. Hernán Reyes R. | IFOP |
| Ing. Pesq. Roberto Bahamonde F. | IFOP |
| Tec. Mar. Manuel Rojas G. | IFOP |
| Andrés González | IFOP, Observador Científico |
| Ing. Quim. Jesús Ledesma | IMARPE (Perú) |

ANEXO III

COMITÉ COORDINADOR DEL NOVENO CRUCERO REGIONAL CONJUNTO DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA EN EL PACÍFICO SUDESTE, REALIZADO EN SEPTIEMBRE-OCTUBRE DE 2006

| | |
|------------------|--|
| COLOMBIA: | Sr. Javier Ortiz Gálvis |
| ECUADOR: | Sr. Telmo De la Cuadra Sr. Luis Morales |
| PERÚ: | Sr. Roberto Flores |
| CHILE: | Sr. Mauricio Braun |
| CPPS: | Sr. Mario A Palacios M |

ANEXO IV

INTERCAMBIO DE CIENTÍFICOS A BORDO DE LOS BUQUES

| CIENTIFICO DE | EMBARCADO EN |
|---|--|
| 1. COLOMBIA Teniente Navio Germán Escobar | 1. B/I TOHALLÍ (ECUADOR) |
| 2. ECUADOR Químico Jeanneth León | 2. B/O ARC PROVIDENCIA (COLOMBIA) |
| 3. PERÚ Ingeniero Químico Jesús Ledesma | 3. B/I ABATE MOLINA (CHILE) |
| 4. CHILE Tecnólogo Manuel Rojas García | 4. BIC JOSÉ OLAYA (PERÚ) |

ANEXO V

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

| NÚMERO | PAIS | LATITUD | REFERENCIA GEOGRÁFICA |
|--------|----------|----------|----------------------------|
| 01 | Colombia | 02°00' N | Tumaco |
| 02 | Ecuador | 03°20' S | Puerto Bolivar |
| 03 | Perú | 05°00' S | Paita |
| 04 | Perú | 09°30' S | Chimbote |
| 05 | Perú | 12°50' S | Callao |
| 06 | Perú | 15°30' S | San Juan |
| 07 | Chile | 18°25' S | Arica |
| 08 | Chile | 21°00' S | Punta Lobos |
| 09 | Chile | 23°40' S | Antofagasta |
| 10 | Chile | 26°20' S | Chañaral |
| 11 | Chile | 30°00' S | Punta Saliente de Coquimbo |
| 12 | Chile | 32°08' S | Pichidanguí |

**PERMANENT COMMISSION FOR THE SOUTH PACIFIC (CPPS)
CHILE - COLOMBIA - ECUADOR - PERÚ**

**NINTH REGIONAL JOINT OCEANOGRAPHIC
RESEARCH CRUISE IN THE SOUTH EAST PACIFIC
SEPTEMBER – OCTOBER OF 2006**

**Guayaquil, Ecuador
2007**



CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

COMISSÃO NACIONAL DE PROMOVER A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA

TABLE OF CONTENTS

| | |
|--|----|
| GLOSSARY OF TECHNICAL TERMS | 6 |
| PRESENTATION | 7 |
| 1. SUMMARY | 8 |
| 2. INTRODUCTION | 8 |
| 3. METHODOLOGY | 9 |
| 4. RESULTS | 10 |
| 4.1 Oceanography | 10 |
| 4.1.1 Sea Surface Conditions | 10 |
| Sea Surface Temperature (on site) | 10 |
| Sea Surface Temperature (via satellite) | 12 |
| Sea Surface Salinity | 13 |
| Sea Surface Oceanic Circulation | 14 |
| Sea Surface Dissolved Oxygen | 15 |
| Chlorophyll "a" (on site) | 16 |
| 4.1.2 Sea Sub-surface Conditions | 17 |
| Isotherms depth 15° C and 20° C | 17 |
| Vertical distribution of Temperature and Salinity | 18 |
| 4.2 Meteorology | 23 |
| 5. DISCUSSION | 24 |
| 6. CONCLUSIONS | 25 |
| 7. REFERENCES | 26 |
| | |
| ANNEXES | |
| Annex I. Cruises carried out per country, dates, number of stations and assessed parameters | 28 |
| Annex II. Participating Institutions and Scientific personnel in the Ninth Regional Cruise of Oceanographic Research in the Southeast Pacific carried out september – october 2006 | 29 |

| | | |
|------------|---|----|
| Annex III. | Coordinating committee of the Ninth Joint Regional Cruise of Oceanographic Research in the Southeast Pacific carried out september – october 2006 | 32 |
| Annex IV. | Exchange of scientists among participating vessels | 33 |
| Annex V. | List of transects used for the report by country, from north to south | 34 |

FIGURES

| | | |
|---------------|--|----|
| Figure 1. | Geographic location of oceanographic stations carried out during the IX Joint Regional Cruise of the CPPS between September and October 2006. | 10 |
| Figure 2.a) | Distribution of oceanic surface temperature (°C) and b) anomalies (°C) during the IX Joint Regional Cruise, September – October 2006 | 11 |
| Figure 3.a) | Sea Surface Temperature (°C) and b) anomalies (°C) (climatology 1998-2005) for September 2006 measured by satellite sensor TMI (TRMM Microwave Imager, NASA-NASDA). | 12 |
| Figure 4. a) | Sea Surface Temperature (°C) and b) anomalies (°C) (climatology 1998-2005) for October 2006 measured by satellite sensor TMI (TRMM Microwave Imager, NASA-NASDA). | 13 |
| Figure 5. | Distribution of sea surface salinity (psu) and b) anomalies (psu) during the IX Joint Regional Cruise, September – October 2006. | 14 |
| Figure 6. | Geostrophic currents (cm s ⁻¹) calculated with radar altimetry provided by AVISO for October 11, 2006. | 15 |
| Figure 7. | Sea level anomalies (cm) calculated with radar altimetry provided by AVISO for October 11, 2006 | 15 |
| Figure 8. | Superficial Distribution of dissolved oxygen (ml L ⁻¹) during the IX Joint Regional Cruise, September – October 2006 | 16 |
| Figure 9. | Superficial Distribution of Chlorophyll a (ug L ⁻¹) concentrations during the IX Joint Regional Cruise, September – October 2006 | 16 |
| Figure 10. a) | Depth of the 15°C Isotherm (in meters) during the IX Joint Regional Cruise, September – October 2006 and b) Levitus climatology for September, concerning the depth of the 15°C isotherm | 17 |
| Figure 11. a) | Depth of the 20°C Isotherm (in meters) during the IX Joint Regional Cruise, September – October 2006 and b) Levitus climatology for September, concerning the depth of the 20°C isotherm | 18 |
| Figure 12a | Vertical Distribution of Temperature (°C). Perpendicular transects towards the coast (1-8). September – October 2006 | 20 |
| Figure 12b | Vertical Distribution of Temperature (°C). Perpendicular transects towards the coast (9-12). September – October 2006 | 22 |
| Figure 13a | Vertical Distribution of Salinity (psu). Perpendicular transects towards the coast (1-8). September – October 2006 | 21 |

| | |
|---|----|
| Figure 13b Vertical Distribution of Salinity (psu). Perpendicular transects towards the coast (9-12). September – October 2006 | 22 |
| Figure 14. Latitudinal transect along the South American coast for a) temperature (°C) and b) salinity (psu) during the IX Joint Regional Cruise, September – October 2006. | 23 |
| Figure 15. Latitudinal transect along the South American coast for dissolved oxygen (MI L-1) during the IX Joint Regional Cruise, September – October 2006. | 24 |
| Figure 16. Water Mass determination found during the IX Joint Regional Cruise September – October 2006 by means of TS diagram. CCW = Cold Colombian Water; TSW= Tropical Surface Water; ESW= Equatorial Surface Water; STSW= Subtropical Surface Water; STSSW= Subtropical Subsurface water; ESSW = Equatorial Subsurface Water; SAW= Sub Antarctic Water; AAIW= Antarctic Intermediate Water; Tpot-0 = potential temperature | 25 |
| Figure 17. Wind Vectors (m/s) measured on board the research vessels during the IX Joint Regional Cruise | 25 |
| Figure 18 a) Wind Vectors (m/s) and b) anomalies (climatology 2000-2005) for September 2006 measured with the satellite sensor QSCAT | 26 |

GLOSSARY OF TECHNICAL TERMS

| | |
|--|---|
| CCW: Colombian Coastal Water | IDEAM: Hidrology, Meteorology and Environmental Studies Institute |
| CCW: Cold Coastal Water | IMARPE: Sea Institute of Peru |
| ESW: Equatorial Surface Water | IFOP: Fishing Promotion Institute |
| ESSW: Equatorial Subsurface Water | INAMNI: National Meteorology and Hydrology Institute |
| AAIW: Antarctic Intermediate Water | INOCAR: Navy Oceanographic Institute |
| ARC: Colombian Navy | INP: National Fishing Institute |
| STSW: Subtropical Surface Water | INVEMAR: "José Benito Vives de Andreis" Marine and Coastal Research Institute |
| SAW: Sub Antarctic Water | IOS: Southern Oscillation Index |
| TSW: Tropical Surface Water | MSL: Mean Sea Level |
| AVISO: Archiving, Validation, and Interpretation of Satellite Oceanographic data | NM: Nautical Miles |
| CWB: Climatic Warning Bulletin | NASA: National Aeronautics and Space Administration |
| R/V: Research Vessel | NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration |
| SRV: Scientific Research Vessel | DO: Dissolved Oxygen |
| CCAR: Colorado Center for Astrodynamic Research | AT: Air Temperature |
| CCPC: Control Center for the Pacific Contamination | TAO: Tropical Atmosphere Ocean Project |
| CORPESCA: Fishing Corporation | TMI: TRMM Microwave Image |
| CPPS: Permanent Commission for the South Pacific | TOGA: Tropical Ocean Global Atmosphere |
| CTD: Conductivity Temperature and Depth | TRMM: Tropical Rainfall Measuring Mission |
| DHN: Hydrography and Navigation Office | T-S: Temperature – Salinity |
| ENSO: El Niño Southern Oscillation | SST: Sea Surface Temperature |
| ENVISAT: Environmental Satellite Earth - observing satellite | UMNG: "Nueva Granada" Military University |
| ERS: European Remote Sensing satellite (ERS-1M ERS-2) | UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization |
| GFO: GEOSTAT follow-on | PSU: Practical Salinity Units |
| hPa: Hectopascal | ITCZ: Intertropical Convergence Zone |

FOREWORD

With the important support of the Scientific Institutions of the Member Countries of the Permanent Commission for the South Pacific - CPPS, which have made great advances developing the Regional Research Program on the "El Niño" Phenomenon - ERFEN, such as Chile's Fisheries Development Institute IFOP, Maritime General Direction - DIMAR, Colombia's Control Center for the Pacific Contamination (CCCP), Ecuador's National Fishing Institute (INP) and Navy Oceanographic Institute (INOCAR), and the Peruvian Marine Research Institute (IMARPE), the Final Report of the Ninth Regional Joint Oceanographic Research Cruise in the South East Pacific, carried out during the months of September and October 2006, has been completed.

This work is a document and a product that enriches, like a new tool, the oceanographic and meteorological marine Data Base that the CPPS makes available to the community. It is also an instrument whose data and practical applications can be used for research, analysis and forecasts concerning the influence of the interaction between the ocean and atmosphere in the South East Pacific Region, which affects the productive activities of the Agricultural, Industrial, Tourist, road, energetic, and commercial sectors as well as the daily living conditions of the inhabitants of the coastal, insular and continental zones in the realm of the CPPS and related regions.

The information gathered, its treatment and the data base it conforms, is a new sample of the growing horizontal cooperation between the member countries of the CPPS. Its institutions are dedicated to oceanographic and meteorological marine research. This represents a new achievement for the organized work of the Regional Research Program on the "El Niño" Phenomenon - ERFEN's Scientific Committee concerning Protocol applications for ERFEN.

With the on-site work carried out, the research of the participating national organizations in the ERFEN committees, the revision performed by ERFEN's XIX Scientific Committee Reunion and the analysis and approval of the Report by the Coordinating Committee for the tenth Regional Oceanographic Cruise, the Final Report, in its Spanish and English versions, was completed.

The CPPS's General Secretary is pleased to deliver this valuable work which offers information concerning sea surface temperature distribution and its anomalies, wind speed and direction, sea surface dissolved oxygen distribution, sea surface salinity distribution and its anomalies, isotherm depth and sea surface distribution of chlorophyll "a", by means of measurements and analysis in perpendicular transects towards the coast in the maritime waters of each of the CPPS's member countries. This contribution of knowledge will in all certainty allow for human kind to achieve a better and more harmonious relationship with the region's marine environment.

The Report also introduces the new systematic work conditions which contribute to ERFEN's Strategic Action Plan 2006 - 2010, as joint and integrated work it reinforces the positive experience of the scientific exchange among the participating countries with the boarding in the marine research vessels that the region's countries have, allowing the acquisition of a vision with a greater holistic level, better integration of the information, and cooperation, while permitting the sharing of efforts and results that conciliate, coordinate and support the commission as part of its mission for the benefit of all the countries that integrate it.

Gonzalo Pereira Puchy
General Secretary CPPS

1. SUMMARY

Beginning in December 2005 and during the first months of 2006 the sea surface temperature (SST) along the equatorial Pacific Ocean maintained negative anomalies between -0.5 and -1.0 C. The El Niño 1+2 region was the exception, where a slight warming was observed in February and March with positive anomalies around 1.0°C . In May-July the equatorial Pacific SST conditions changed from cold to warm.

The equatorial Pacific oceanic - atmospheric system began manifesting strong intraseasonal variability in the second semester of 2006. During the month of August, a significant increase in SST was observed in the equatorial Pacific, with the eastern Pacific sector (El Niño 1+2 region) reaching a maximum anomaly level in October (1.5°C)

Between September 2nd and October 20th 2006 the IX Regional Joint Oceanographic Research Cruise in the South East Pacific, was carried out in the framework of ERFEN Protocol of the CPPS. 209 Oceanographic stations were completed along the eastern border of the South American Pacific Ocean in which physical, chemical and biological data were collected. These constitute the first on site surveillance of the Warm Event 2006 – 2007.

The highest SST encountered was 27.8°C in the northern region of the Colombian Pacific and the lowest temperature was found in the central region of Chile. The isotherm of 15.0°C went down the furthest, reaching depths greater than 150 m in the equatorial region, due to the effects of the arrival of a Kelvin wave during September 2006. Satellite surveillance of SST during September and October allowed the observation of the arrival and propagation of the Kelvin wave.

A weakening of the trade winds was observed during September while during October they were fortified. This influences the way the Kelvin wave affects temperature along the South American coastal border, especially to the south of Peru, and north and center of Chile.

The oceanographic conditions observed during the IX Joint Regional Cruise allow the conclusion that a warm event was developing which mainly affected the equatorial region, increasing SST and deepening the isotherm of 15.0°C . The change in wind intensity and especially the subtropical anticyclone between September and October modulated the way the Kelvin wave affected the temperature in the region.

2. INTRODUCTION

Since its beginning in 1998, the joint regional cruises of oceanographic research in the Southeast Pacific have made possible the observation, almost simultaneously, of different ocean conditions in the following patterns: El Niño 1997-1998; La Nina 1999, relative regularity 2001; signs of El Niño 2002 in the Occidental and Central Equatorial Pacific; absolute regularity 2003 with positive anomalies in the SST of the Western and Central Equatorial Pacific in 2004. This event represents a very important contribution toward the full accomplishment of the general objective of The Regional Research Program On El Niño Phenomenon in the South East Pacific –ERFEN, which is able to predict in advance oceanic-atmospheric changes in the region; and consequently, to implement, adaptive and emergency policies for the variations in the fishing, agricultural and industrial performance; as well as marketing decisions, management of hydro biological resources and others.

The oceanographic and meteorological conditions observed up to the month of June 2006 in the Equatorial Pacific Ocean showed a continuation of normal conditions, that had been maintained since the month of April and which were consistent with a neutral phase of El Niño. However as of June 2006 positive SST anomalies developed. These anomalies expanded eastward and continued propagating in the Central Pacific Ocean during July. Towards the end of July the presence of positive SST anomalies of more than 0.5°C , along with negative values of the Southern Oscillation Index (IOS) for over three months, indicated the possibility of a new warm event for the next austral summer.

Toward October 2006, the climatic and oceanographic conditions observed in the Pacific Ocean were typical of the developing phase of an El Niño event. The key indicators, such as the SST anomalies with positive values of +1 °C in the Central Pacific and in front of the Ecuadorian Coast, the permanence of the IOS for over six months in its negative phase, the weakening of the trade winds during the last four months and a notorious increase in cloud coverage in the Central Pacific Ocean, consistently indicate the development of an El Niño event, of weak or moderate intensity.

On this occasion the IX Joint Regional Cruise allowed the measurement of meteorological and oceanographic conditions (surface and subsurface, up to 500 m) of the sea under Chile, Colombia, Ecuador and Peru's jurisdiction, from latitude 7 °N to 32.2 °S, during the months of September and October 2006.

This analysis has allowed us to emit conclusions and forecasts regarding the conditions of the Pacific Ocean in a timeframe of months, which is expected to improve in the near future.

3. METHODOLOGY

The IX Joint Regional Cruise of Oceanographic Research, coordinated by the CPPS, was carried out between September 2nd and October 20th 2006. A total of 4 vessels participated in the cruise, from research institutions in Colombia, Ecuador, Peru and Chile (Annex 1)

Colombia's cruise was carried out on board the R/V ARC Providencia from the Control Center for Pacific Contamination, between the 15th and 22nd of September 2006. The region studied consisted of the area between latitudes 2 and 5 °N and longitudes 84 and 79 °W.

The Ecuadorian cruise took place between October 2nd and 14th 2006, on board the R/V Tohalli from the National Fishing Institute (INP) in the area between the Ecuadorian coast and 82°W and between 01°N and 03°20'S.

In Peru, the cruise was carried out on board the R/V Jose Olaya Balandra from the Sea Institute of Peru (IMARPE), between the 4th and 20th of October 2006, covering the area between Paita and San Juan (5° - 15°S) up to 200 nm from the coast.

In Chile, the cruise took place between September 2nd and 22nd 2006 on board the R/V Abate Molina administered by the Fishing Promotion Institute (IFOP); This cruise studied the zone between 18°25'S (Arica - I Region) and 32°08'S (Pichidangui - IV Region)

219 oceanographic stations were executed while on cruise, mostly distributed in 29 perpendicular sections towards the coast.

While on cruise, 219 oceanographic stations were executed mostly distributed in 29 perpendicular sections towards the coast. The research area studied included latitudes 7°N and 32.2°S from the coast up to 395 nm in Colombia, 150 nm in Ecuador, 200 nm in Peru and 100 nm in Chile (Fig. 1)

Most stations carried out the observation of variables between the surface and a depth of 500 m, using temperature and salinity electronic profiles (CTD) model SB-19. In every station samples were collected using Niskin oceanographic bottles in order to perform analysis of concentrations of dissolved oxygen (DO), salinity and chlorophyll "a" (clo_a). Basic meteorological information was also registered: air temperature (dry and wet bulb), atmospheric pressure, wind intensity and direction, cloud type and quantity, wave height and direction. Both the sampling and analysis of every variable were performed following conventional standard methods.

With the registered information, several charts were made: sea surface charts indicating temperature, salinity, OD, clo_a, and wind; isothermal depth charts at 15° and 20°C, and sea surface temperature and salinity anomalies distribution charts. The thermal and salinity surface anomalies were made based on Levitus' climatology (Levitus et al., 1994a, 1994b).

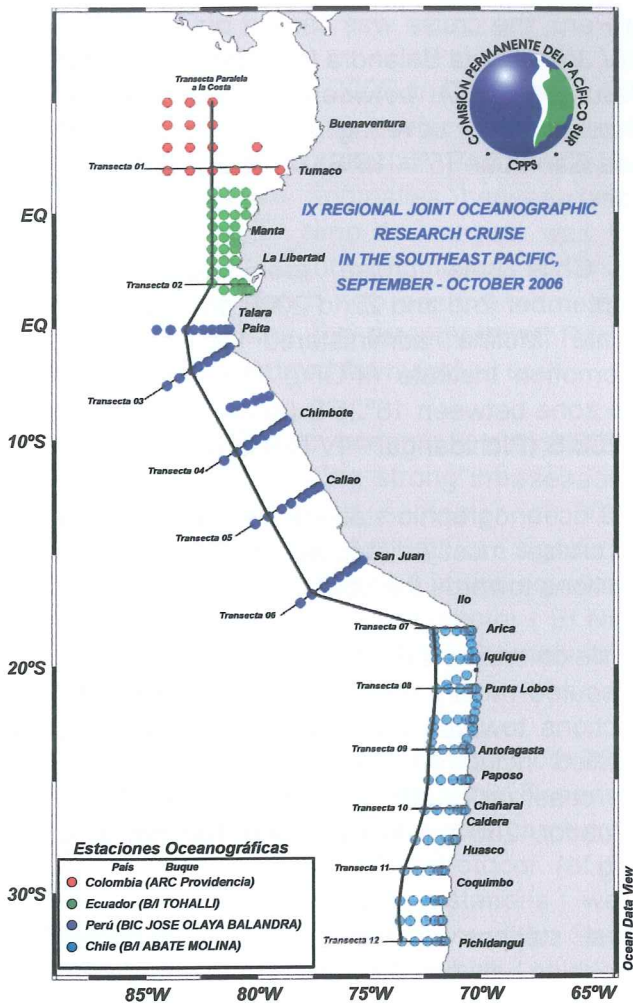


Figure 1. Geographic location of oceanographic stations carried out during the IX Joint Regional Cruise of the CPPS between September and October 2006.

For the water column research, the temperature and salinity variables were illustrated down to a depth of 500 m along 12 transects perpendicular to the coast, with stations at a maximum distance of 395 nm, and along a transect parallel to stations located at 100 nm, except the Ecuadorian stations which were located up to 150 nm off shore (Fig. 1)

Salinity data is shown in practical salinity units (psu) (UNESCO, 1981)

To complement on site information, satellite data was used for SST, from the TMI satellite sensor (TRMM Microwave Imager) furnished by "Remote Sensing Systems". This sensor allows the observation of SST through cloud coverage using a frequency between 10.7 and 85 GHz.,

with a spatial resolution of $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ in latitude and longitude (Wentz et al., 2000; Wentz et al., 2001). The obtained data correspond to monthly averages for the months of September and October, and the anomalies were calculated based on the monthly climatology from the sensor between 1998 and 2005.

To complete the wind measurements the satellite sensor QuikScat (or QSCAT) was used. QSCAT is Nasa's third generation of scatterometers that operate at the Ku-band of the electromagnetic spectrum (a frequency close to 15 GHz) Wentz, 1992; Chelton et al., 2001). The data obtained correspond to monthly averages for September and October 2007, with an original spatial resolution of $0.25^\circ \times 0.25^\circ$, which was increased to a resolution of $1^\circ \times 1^\circ$ with the objective of improving the representation of the visual vectors.

The anomalies are the result of monthly climatologic calculations from QSCAT between 2000 and 2005. The data for sea level anomalies correspond to the integration of JASON, ENVISAT, ERS-2 and GFO radar altimeters, produced by the French program AVISO. The obtained data correspond to measurements taken September 20th, 2006.

The meteorological results described in this research correspond to those provided by the different institutions from CPPS participating countries, which were published by BAC in September and October 2006 (BAC 192; BAC 193)

4. RESULTS

4.1 Oceanography

4.1.1 Sea Surface Conditions

Sea Surface Temperature (on site)

For Colombia, the maximum sea surface temperature was $27,8^\circ\text{C}$ and the minimum was $26,7^\circ\text{C}$. The highest temperatures were observed in the northern zone between 4°N and 5°N , while the lowest temperatures were observed in the

northern zone between 4°N and 5°N, while the lowest temperatures were observed in the southern zone, spatially along the transect located opposite Tumaco (Fig. 2a)

The data obtained in the oceanic region during the cruise show the entrance at a subsurface level (40 m) of a mass of warm water from the western side of the Pacific Ocean between latitude 3°N and 4°N, which represents additional evidence of the presence of subsurface ocean temperature anomalies due to the arrival of equatorial Kelvin waves to the Colombian Pacific. The sea surface temperature anomalies observed in the Colombian Pacific oscillated between 0,6°C and 1,6°C. The greatest anomaly was registered in the southern zone between 2°N and 79°W

In Ecuador the SST oscillated between 21,4 and 27,2°C, meaning positive anomalies between 0,2 and greater than 1,8°C. The distribution of the SST seems to indicate that the equatorial front (EF) is moving towards the southeast. (Fig. 2a and 2b).

In Peru, the SST displayed a range of values between 14,2 and 21,7°C. Values lower than 17°C were located in the coastal zone inside the 20 nm to the south of Cherrepe (8°S), increasing its distribution up to 70 nm in front of San Juan (15°S), while the highest temperatures (over 21°C) were located outside the 190 nm north of Punta Falsa (6°S) (Fig. 2a)

In general, two areas stood out in the thermal distribution of the Peruvian sector: the first was to the south of Callao (12°S) where the predominant temperatures were lower than 18°C and the second was to the north of Callao where the predominant values were higher than 18°C. The thermal anomalies varied by -0,6 to +2,5°C, with a predominance of positive values, reaching its highest value in front of Punta Falsa (6°S) outside of the 60 nm. Negative anomalies were registered in the coastal zone between Chimbote (9°S) – Chancay (11°S) and Bujama (13°S) – Punta Caballas (15°S) highlighting a small nucleus in front of Bahia Independencia (14°S) with -0,6°C.

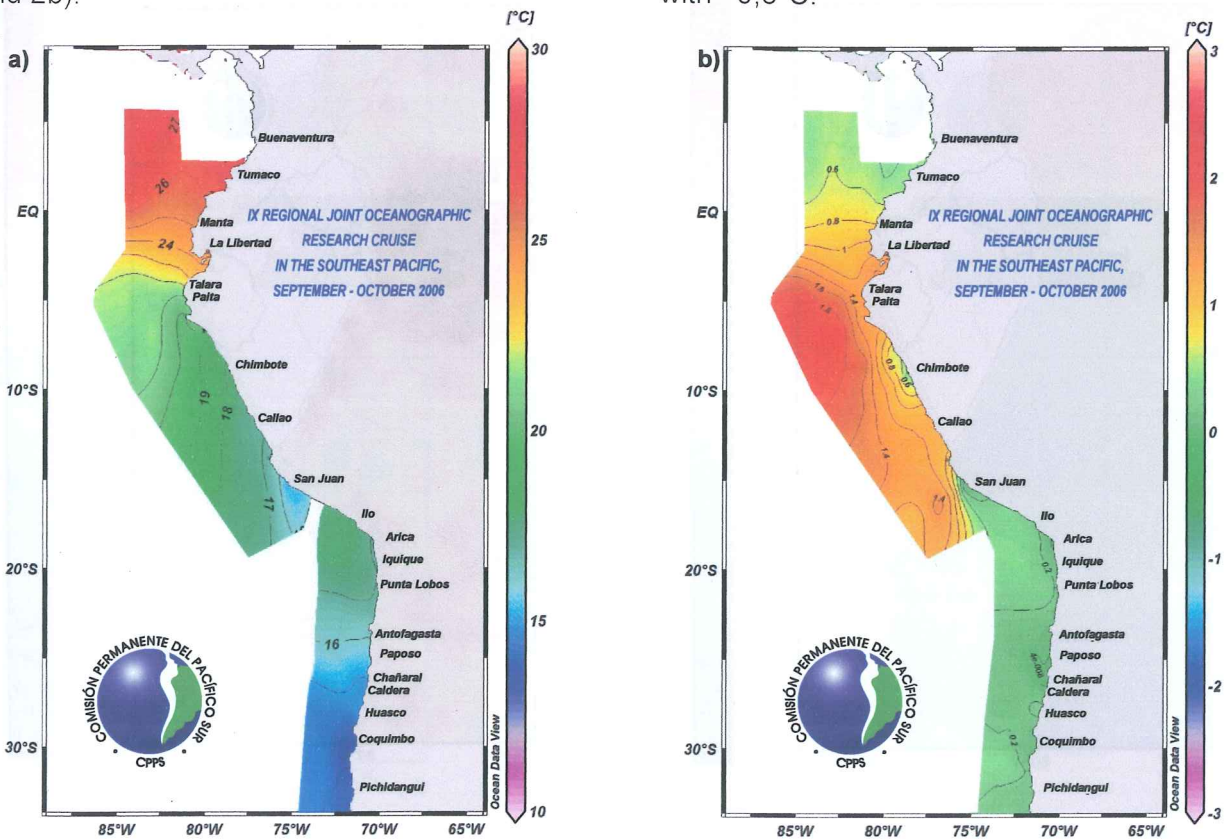


Figure 2.a) Distribution of oceanic surface temperature (°C) and b) anomalies (°C) during the IX Joint Regional Cruise, September – October 2006

In Chile, the SST registered a range of variation between 11,6°C and 18,6°C; the lowest thermal measurement was in the coastal station in front of Maitencillo de Coquimbo and the maximum was 40 nm in front of Arica. In general, low thermal gradients were observed along the coastal strip, the main ones were located between Arica and Iquique and from Huasco to Pichidanguí, with a variation of almost 1,5°C in the first 30 nm. Temperatures higher than 18°C were found in isolated pockets in the northern sector of Chile's ocean, gradually decreasing to values of up to >14°C in the oceanic sector bordering the southern research zone.

The superficial thermal anomalies indicate a predominance of positive values in the oceanic zone, on average between 0 and 1,0°C. Along the coastal strip between Arica and Punta Lobos the anomalies were negative with a maximum of 1,8°C 5 nm in front of Punta Camarones. According to the anomaly values gathered during this period, the SST can be considered to be within normal parameters. (Fig. 2b)

Sea Surface Temperature (via satellite)

The SST observed by the TMI satellite sensor (TRMM Microwave Imager, NASA-NASDA) for the month of September 2006 (Fig. 3a) allowed the observation of the latitudinal variation of temperature gradients of all the researched area.

The highest temperatures were observed (SST >30,0°C) to the north of the Colombian Pacific Basin and the lowest temperatures observed (SST <14,0°C) were in Chile's central coastal region. Anomalous temperature calculated from climatology based on satellite data between 1998 – 2005 showed the development of a great nucleus of positive anomalies superior to 1,5°C in front of Ecuador and to the east of the Galapagos Islands, revealing the arrival of a Kelvin wave during this month.

Sea surface temperature for the month of October (Fig. 4a) showed the same gradient encountered during the month of September, however,

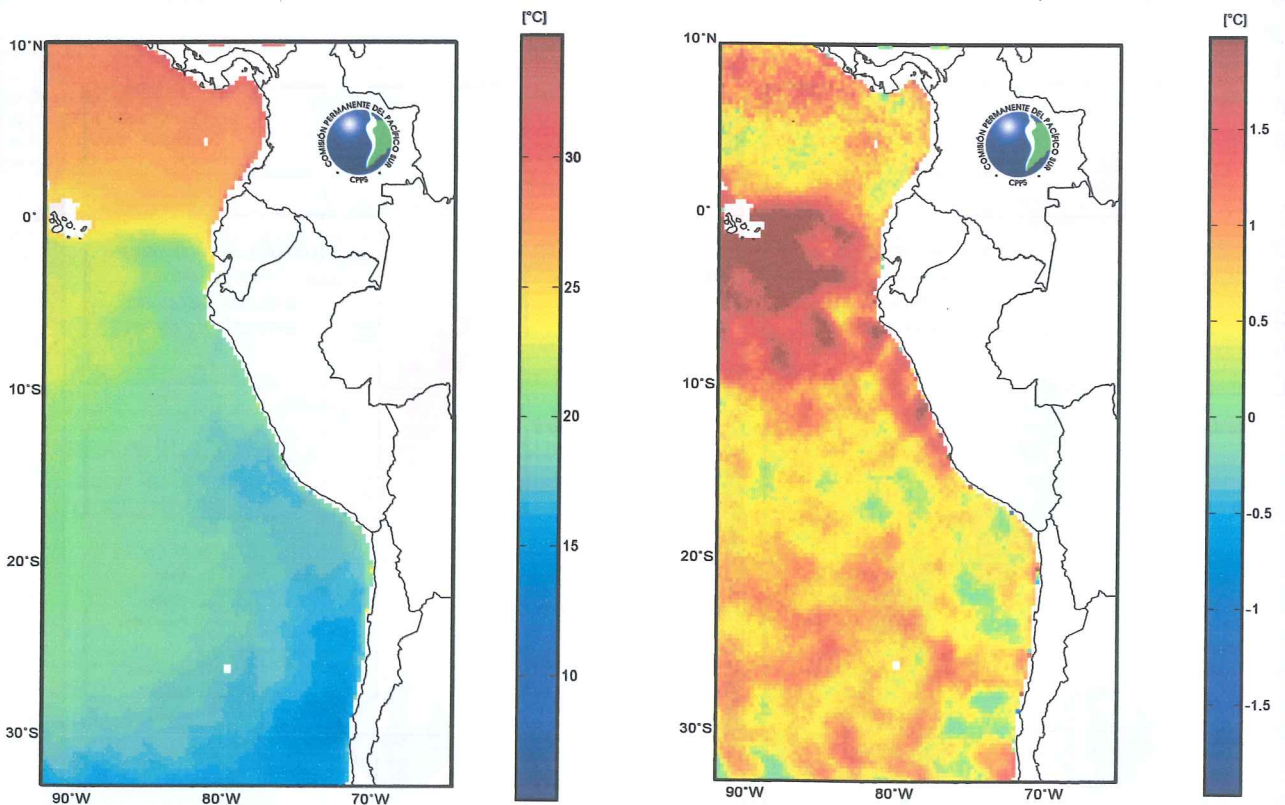


Figure 3.a) Sea Surface Temperature (°C) and b) anomalies (°C) (climatology 1998-2005) for September 2006 measured by satellite sensor TMI (TRMM Microwave Imager, NASA-NASDA).

the anomalies show the arrival and subsequent propagation of the Kelvin wave towards the Ecuadorian coast and northern Peru, increasing the positive anomalies in almost all the South East Pacific (Fig. 4b).

Sea Surface Salinity

Sea surface salinity in the Colombian Pacific presented 31,38 psu as a minimum value, 33,48 psu as a maximum value and an average value of 32,73 psu. The minimum values were recorded on the coastal zone and in the northern basin zone, while the maximum values were presented in the western zone (Fig 5a). In Ecuador, the sea surface salinity (SSS) ranged between 32,46 and 34,18 psu which was distributed like a salt wedge advecting near to the Ecuadorian coast. The distribution of SSS would confirm that the equatorial front (EF) has been displaced towards the southeast (Fig. 5a).

In Peru, the sea surface presented haline concentrations between 34,85 and 35,38 psu. Low concentrations located opposite Paita (5°S) are related to Equatorial Surface Water (ESW); on the other hand the concentrations registered near the coast are associated to coastal upwelling processes, while the highest levels are associated with oceanic water (Fig. 5a).

Cold Coastal Water (CCW) with values less than 35,05 psu were registered in a coastal strip between San Juan (15°S) and Punta Falsa (6°S), with the greatest extension to the south of Pisco (14°S) reaching 60 nm from the coast. Subtropical Surface Water (STSW) was found close to 30 nm from the coast opposite Chimbote (9°S) remaining away from the coast by over 40 and 60 nm to the north and south respectively. In Chile, the sea surface salinity fluctuated between 33,9 psu, measured in the oceanic sector opposite Pichidangui, and 35,1 psu at 100 nm from Punta Junin.

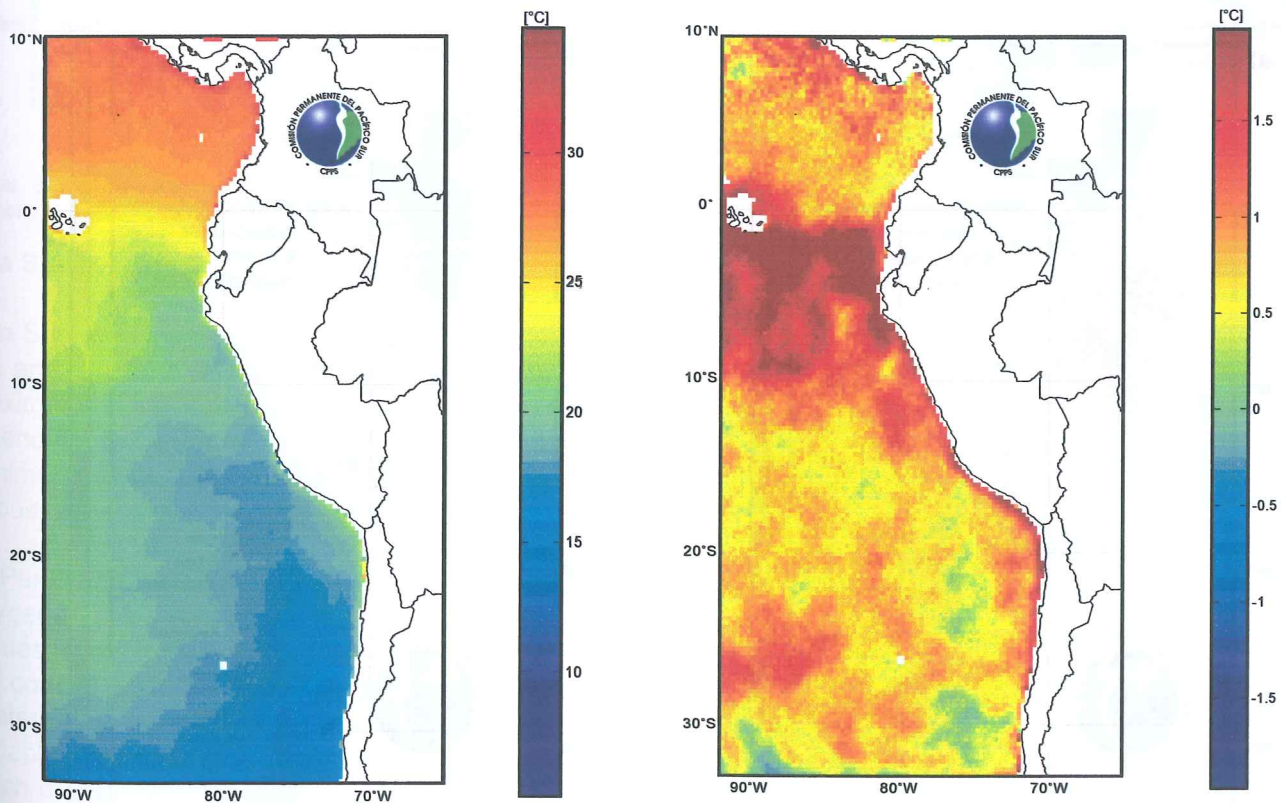


Figure 4. a) Sea Surface Temperature (°C) and b) anomalies (°C) (climatology 1998-2005) for October 2006 measured by satellite sensor TMI (TRMM Microwave Imager, NASA-NASDA).

A nucleus of high salinity (>35,0 psu) was observed in the oceanic sector between Arica and Punta Lobos. A higher salinity gradient was measured toward the south and between Antofagasta and Bahía de Copiapo, with values of 34,4 to 34,7 psu.

The lowest relative salinity of <34,2 psu, was measured toward the south around 30°S. The range of values for salinity anomalies varied between -0, 32 and +0, 09 psu. The maximum negative value was registered at 70 nm opposite Rada Paposo and the maximum positive value was registered at 40 nm in front of Iquique.

The anomalies displayed a clear predominance of negative values in the oceanic sector.

Sea Surface Oceanic Circulation

The geostrophic surface currents observed during the regional cruise can be represented by

currents calculated by radar altimetry obtained on October 11th 2006 (Fig. 6). In the southern hemisphere the currents flowed primarily toward the north, with a stronger presence near the coast, forming the Chile-Peru current.

Complex meanders and whirlpools were observed in the entire area. The zone between Ecuador and Colombia presented essentially zonal currents, with the presence of the North Equatorial Counter Current beginning at an altitude of 5°N

The satellite data also allowed the observation of sea level anomalies on the same date, which emphasizes the appearance in the equatorial zone of a large area of positive anomalies, suggesting the presence of an oceanic Kelvin wave en route towards the coast, which would subsequently become a Kelvin wave with a range of coastal influence up to Talara in Peru (Fig.7).

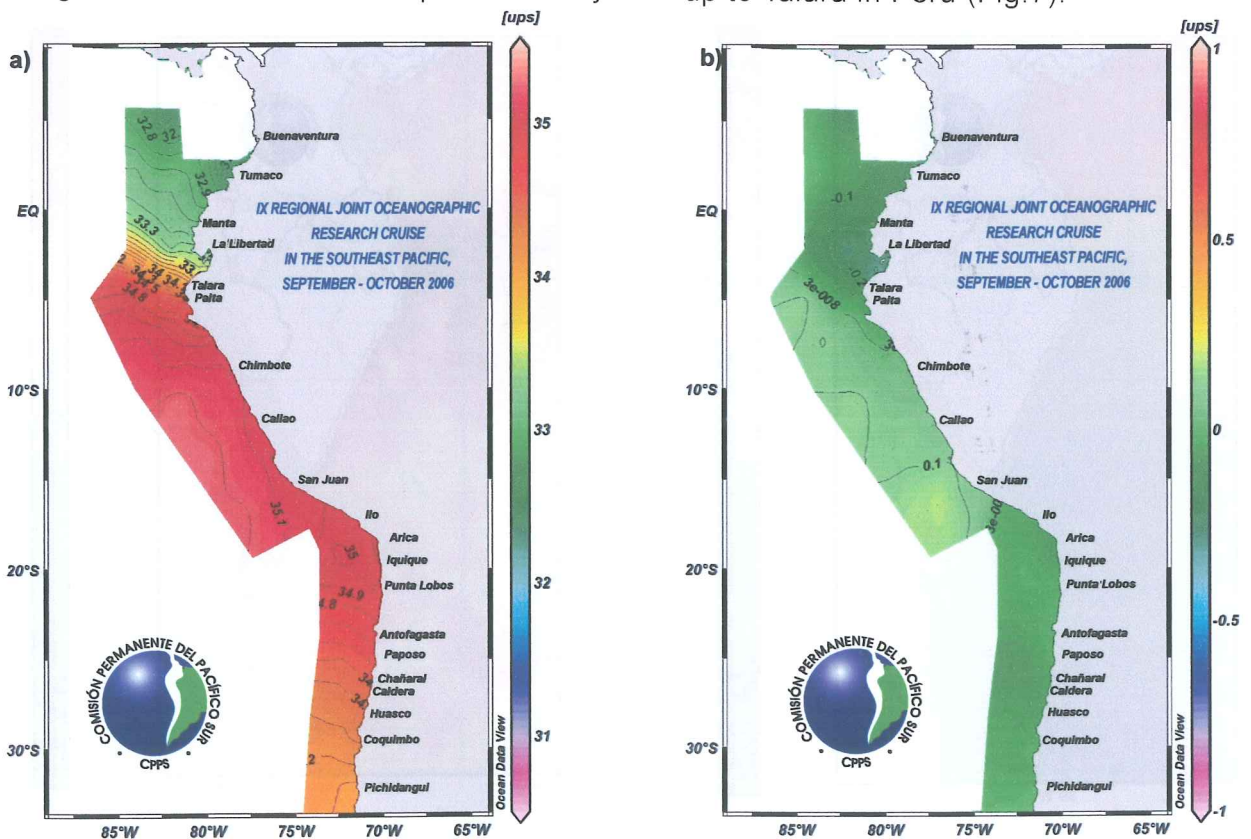


Figure 5. Distribution of sea surface salinity (psu) and b) anomalies (psu) during the IX Joint Regional Cruise, September – October 2006.

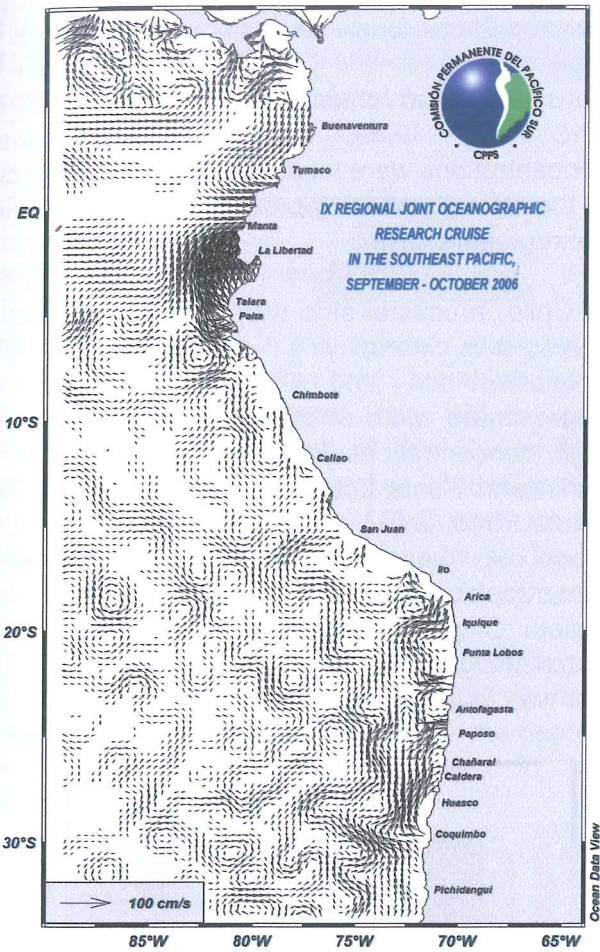


Figure 6. Geostrophic currents (cm s⁻¹) calculated with radar altimetry provided by AVISO for October 11, 2006.

Sea Surface Dissolved Oxygen

Sea Surface dissolved oxygen fluctuated between 4,6 and 5,2 ml L⁻¹ in front of Ecuador, with the maximum value opposite the Gulf of Guayaquil extending toward the coast of Manabí and the minimum value detected in the northern sector opposite the province of Esmeraldas (Fig. 8).

In Peru, concentrations of sea surface dissolved oxygen fluctuated between 3,39 and 6,87 ml L⁻¹. Values lesser than 5 ml L⁻¹ were registered along the coastal area between San Juan and Pimental, related to coastal upwelling processes, covering a variable amplitude strip inside the 30 nm. The only patch of red tide, with values higher than 6,0 ml L⁻¹, was found opposite Callao. However, outside the 180 nm opposite Callao concentrations greater than 6 ml L⁻¹ were observed. In general there was a predominance of concentrations greater than ml

L⁻¹ in the area evaluated.

In Chile, the distribution of sea surface dissolved oxygen in the oceanic sector between Arica and Bahía Moreno presented fluctuations between 5,5 and 6,4 ml L⁻¹.

Along the coastal sector various suboxic patches were observed (< 5 ml L⁻¹) located opposite Arica and between Punta Camarones and Caleta Chipana. Most of the oxygen concentrations in the oceanic sector south of Rada Pajosa were greater than 6 ml L⁻¹.

The concentration of sea surface dissolved oxygen in the Pacific South East presented values between 2,0 and 7,5 ml L⁻¹. The lowest values were observed to the west of the Colombian Pacific and opposite Peru's coastal zone.

Peru's levels were due to coastal upwelling processes, while there were no apparent reasons for Colombia's levels. The highest levels were located opposite the Chilean coast below 25°S; although low values associated with upwelling were observed in some patches in northern Chile and in the central zone at 30°S (Fig. 8)

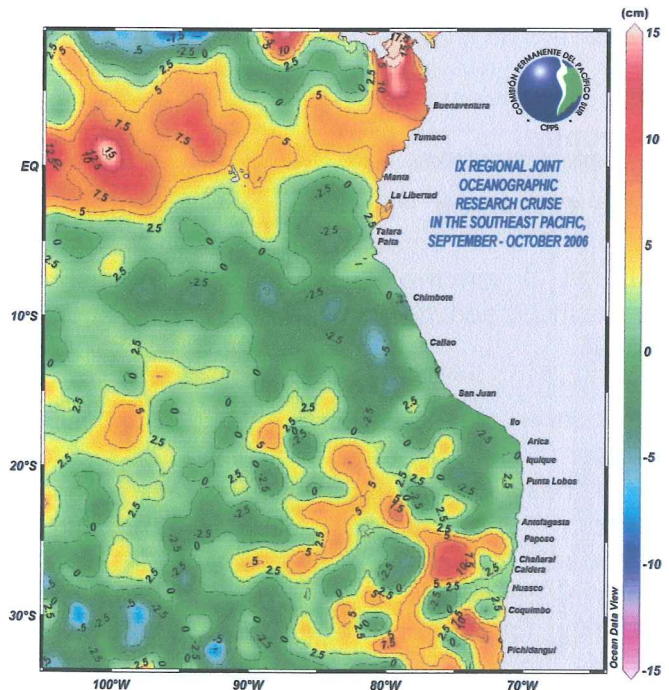


Figure 7. Sea level anomalies (cm) calculated with radar altimetry provided by AVISO for October 11, 2006

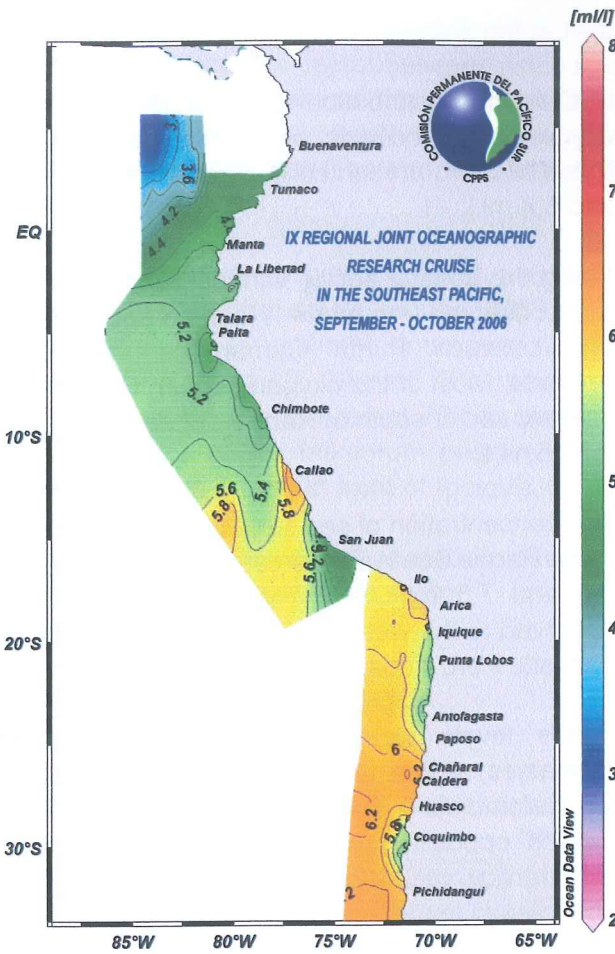


Figure 8. Superficial Distribution of dissolved oxygen (ml L-1) during the IX Joint Regional Cruise, September – October 2006

Chlorophyll “a” (on site)

In the Colombian Pacific the concentration of chlorophyll a presented values between 0,11 and 0,76 $\mu\text{g/L}^{-1}$, with the oceanic zone to the west of the basin presenting the highest concentrations (Fig. 9)

The concentrations of chlorophyll a opposite Ecuador ranged from 0,07 and 0,75 $\mu\text{g L}^{-1}$, with the highest values towards the central and southern zones. A nucleus with high concentrations was observed about 60 miles opposite the Rio Chone Estuary ($0^{\circ}30'S$). A tendency for the concentrations to increase towards the south was observed. Values under 0,2 $\mu\text{g L}^{-1}$ could be observed towards the north east, which would be consistent with the southern advection of warm water and low salinity

mentioned previously for this zone.

Peru presented chlorophyll a values between 0,13 and 19,89 $\mu\text{g L}^{-1}$. The highest concentrations were located opposite Callao, due to the strong upwelling processes present during the regional cruise.

In Chile, a coastal strip with eutrophic values of sea surface chlorophyll a ($>1 \mu\text{g L}^{-1}$) was present between Arica and Punta Lobos with an approximate width of 10 nm. In it, patches with high concentrations located 5 nm from Punta Junin and Punta Lobos and between Arica and Punta Pinto, with values higher than 12 $\mu\text{g L}^{-1}$, stood out. Coastal concentrations decreased to mesotrophic levels ($>0,2 <0,5 \mu\text{g L}^{-1}$) between Caleta Chipana and Punta Copaca. A second patch of high concentrations with values over 4 $\mu\text{g L}^{-1}$ was found from Punta Cobija to Mejillones.

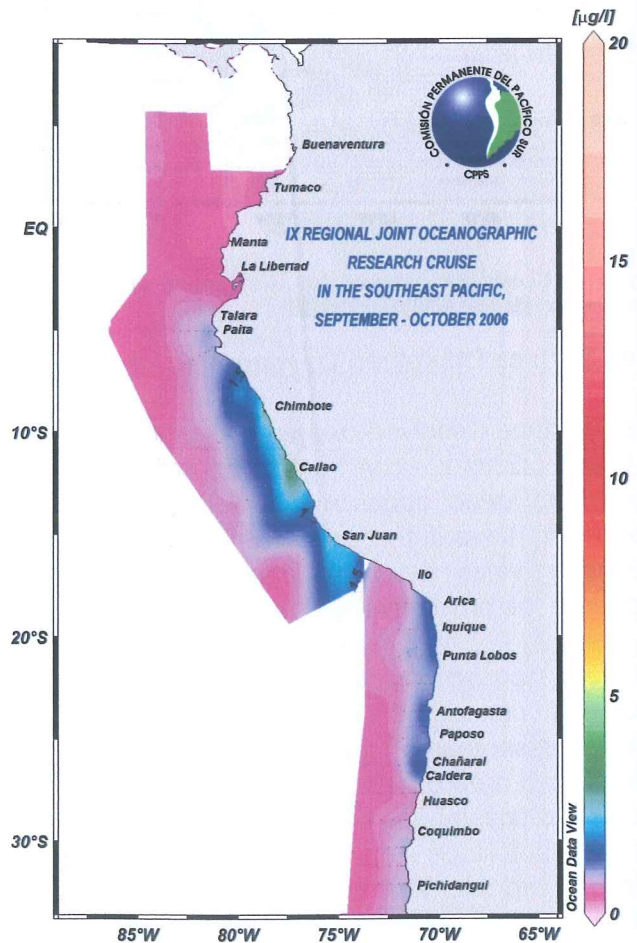


Figure 9. Superficial Distribution of Chlorophyll a ($\mu\text{g L}^{-1}$) concentrations during the IX Joint Regional Cruise, September – October 2006

This eutrophic strip ceases on the northern point of the Mejillones Peninsula and can be seen again from Bahía Moreno to Chañaral. (Fig. 9).

4.1.2 Sea Sub-surface Conditions

Isotherms depth 15° and 20° C

The 15° C isotherm in the coastal and oceanic regions of the Ecuadorian and Colombian Pacific presented a depth greater than 120 m which coincides with the arrival of the Kelvin wave between September and October 2006 (Fig. 10a). In the Equatorial region, the 15° C isotherm was observed 40m deeper with regards to Levitus climatology (Fig. 10b).

Opposite the Chilean coast the 15°C isotherm was located at a maximum depth of 65m at 100nm to the west of Rada Paposo. In general, the depth of this isotherm increased in an east to west direction.

The lowest depths were registered in Chañaral and Punta Caleta Errazuriz, with values lower than 5 m. The variable of this anomaly indicated a predominance of negative values for the zone, meaning shallower than average.

The greatest anomalies were found in the oceanic sector with values higher than -10 m from Arica to Mejillones. Anomaly values between 0 and -10 m were located in extensive areas occupying a large portion of the coastal and oceanic sector from Arica to Rada Paposo. Positive anomaly values were found in the oceanic area from Rada Paposo in the South, with values superior to +10 m in the far southwestern zone.

In general the depth of the 15°C isotherm opposite Peru and Chile was shallower than in the equatorial region due to upwelling processes and a deepening of the thermocline caused by the Kelvin wave which entered the region during September and October 2006.

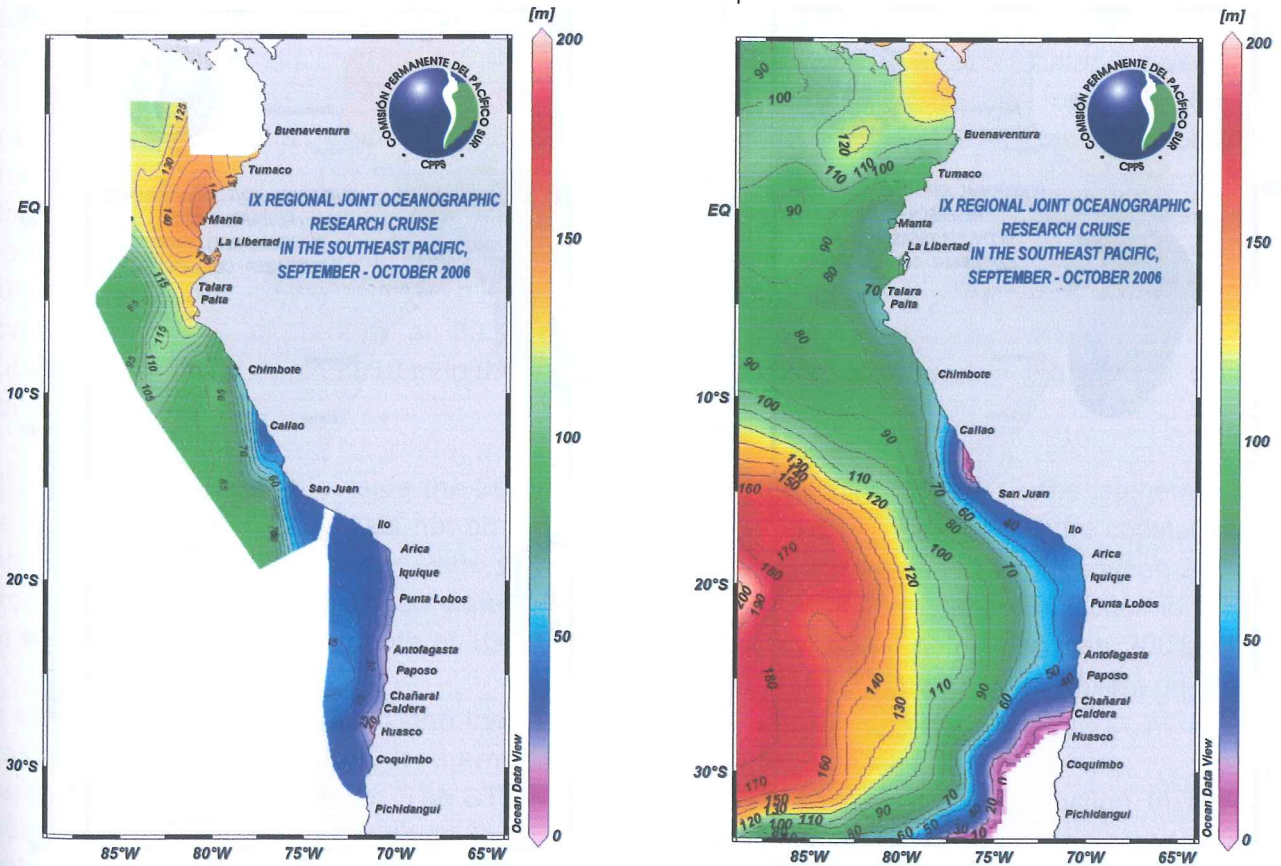


Figure 10. a) Depth of the 15°C Isotherm (in meters) during the IX Joint Regional Cruise, September – October 2006 and b) Levitus climatology for September, concerning the depth of the 15°C isotherm

The depth of the 20°C isotherm was between 17 and 20 m in the northern zone of Peru, mainly between Chimbote and Talara, and increasing gradually towards the north, reaching depths ranging from 45 and 50 m in the Colombian Pacific. (Fig 11a). The changes in the depth of the 20°C isotherm compared with Levitus climatology were small. The presence of the 20°C isotherm further away from Talara and all the way to Callao in Peru during September 2006 was notable. (Fig 11b)

Vertical Distribution of Temperature and Salinity

The information gathered during the Joint Regional Cruise of 2006 permitted the observation of a warming effect in the Colombian Pacific, especially in the area close to the equatorial region determined on the cruise as transect 01 opposite Tumaco.

In this transect a deepening of the 15,0°C isotherm below 130 m along 02°N was observed. The 20,0°C isotherm also deepened close to the coast, which coincides with the observations of the coastal station 10 miles off Tumaco. (Fig. 12a)

The lowest salinity values were observed close to the coast, under 33 psu, while the 34 psu isohaline rose from 160m on the coast to 25m in the oceanic sector. Isohaline 35 was not found (Fig. 13a.).

In transect 02, opposite Puerto Bolivar in Ecuador, a 15°C isotherm was observed at a similar depth to the one found in Tumaco, but unlike Colombia, this isotherm ascended as it got closer to the coast.

The 20°C isotherm ascended in the central zone of the transect to a depth between 0 and 20 m, being much shallower than what was observed in Tumaco.

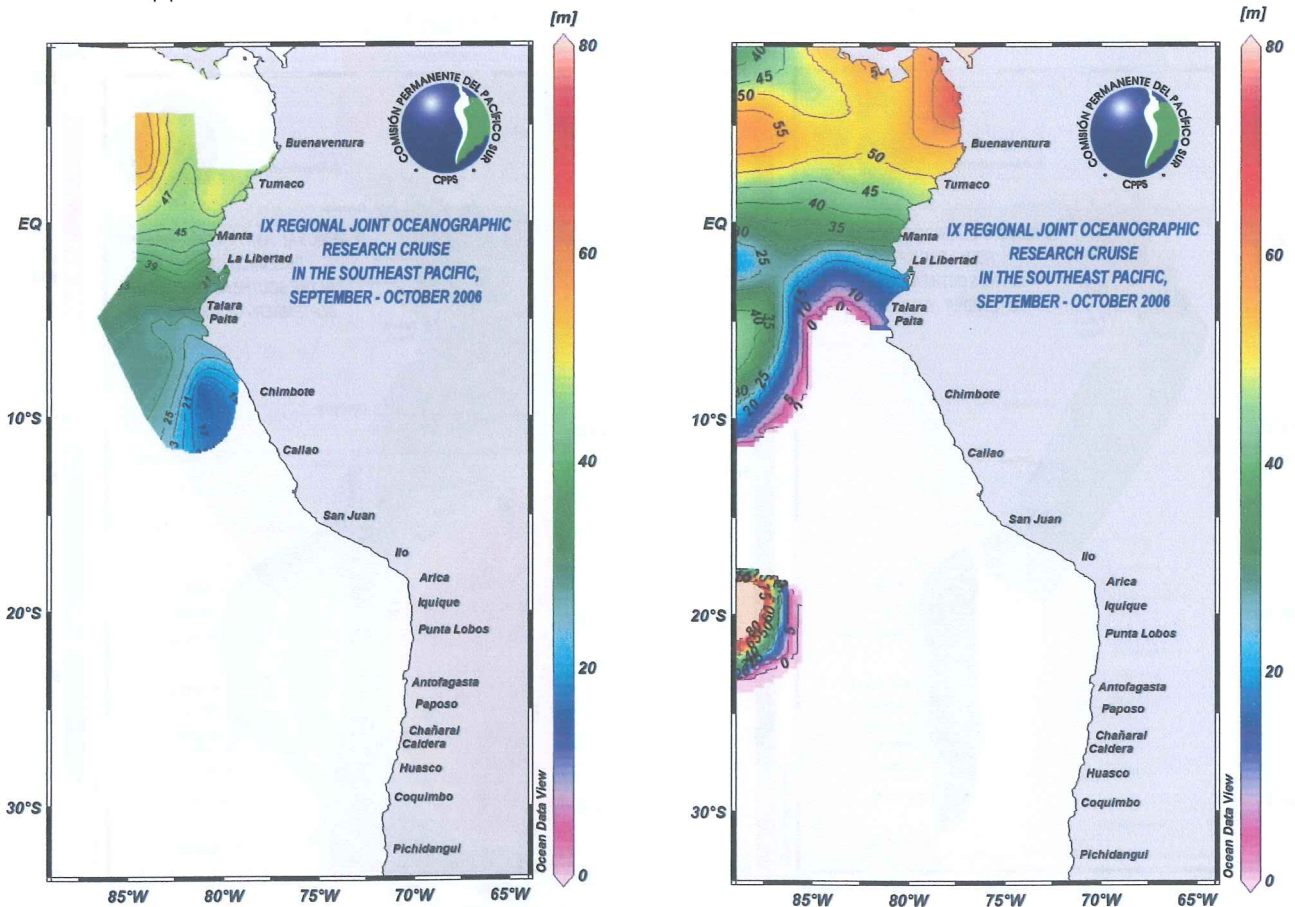


Figure 11. a) Depth of the 20°C Isotherm (in meters) during the IX Joint Regional Cruise, September – October 2006 and b) Levitus climatology for September, concerning the depth of the 20°C isotherm

The salinity in this transect presented a much shallower 34 psu isohaline than that observed in Tumaco and isohaline 35 was present in the central region of the transect.

The Paita section (transect 03) presented a thermocline composed of the 16° to 20°C isotherms outside the 50 nm. The 15°C isotherm increased in depth from 100 m (at 200 nm) to 150m in the coastal zone, contrary to what had been observed the previous month (Cr. 0608-09) in which this isotherm remained around 100m. This indicates an intensification of the South Extension of the Cromwell Current (SECC).

The salinity presented blended water at a depth of over 25m inside the 180 nm, except in the area between 60 and 90 nm where ESW was found. While the STSW was located outside the 180 nm, lengthening itself and reaching the coast between 25 and 60 m. Upwelling process was limited to the coast.

Transect 04 opposite Chimbote showed a thermocline shaped by 15° to 18°C isotherms above a depth of 80 m. In this zone the 15°C isotherm was located around a depth of 75 m, outside the 120 nm, descending as it neared the coast to a depth of 130 m at 80 nm, and subsequently rising again to 50 m in the coastal zone.

The STSW was located outside the 20 nm at a depth of up to 60 m. CCW was not observed in the surface layer. The water with upwelling processes would be the blended water (STSW and CCW) present up to a depth of 100m

In transect 05 opposite Callao, the thermocline was made up of 17°C to 15°C isotherms, with a depth ranging from 75 to 90 m. The STSW were located in the upper layer, outside the 80 nm, with a small remainder at around 50 nm. Values proper of CCW were located below 80 m in the oceanic zone, and 50 m near the coast.

Transect 06, down to a depth of 500 m opposite San Juan, presented values between 17,64° and 7,23° C, the thermocline made up of 4 isotherms (17° - 14°C) registered a depth between 80 and 110 m, mainly outside the 100nm, outcropping these isotherms near the coast. The subtropical waters displayed salinity up to 35,27 psu and were located at 70 nm, with a thickness of approximately 80 m, while Cold Coastal Water reached depths of 400 m, mainly associated with minimal oxygen values and temperatures between 10° and 16° C. Small nucleuses of Sub Antarctic Temperate Water, characterized by salinity levels lower than 34,8 psu and temperatures between 13° and 15°C, were located above a depth of 110 m. Coastal upwelling processes have been developing inside the 40 nm, with temperatures below 17°C.

In Chile, transects 07 and 08 registered the 15°C isotherm at a depth ranging between 50 and 70 m, ascending towards the coastal sector, while the 10°C isotherm was located between 300 and 400 m. Transect 09, opposite Antofagasta showed the 15°C isotherm rising between the coast and 50 km, while the isotherms between 13° and 9°C descended as they approached the coast. For transect 10 opposite Chañaral a marked descent of isotherms 10° and 12°C near the coast was observed, while isotherms 13°, 14°, and 15°C ascended in the coastal sector (Fig. 12b).

For transects 11 and 12 the isotherms between 12° and 14°C ascended in the coastal sector, the 10°C isotherm was located between 200 and 300 m in Pichidangui while in Coquimbo the same isotherm was located between 300 and 400 m. The 15°C isotherm was absent in these two transects (Fig. 12b).

There was a notable reduction in the surface value of vertical salinity and temperature in a north – south sense. Salinity values higher than 35,0 psu on the northern border to levels lower than 34,0 psu in the zone of the southern border.

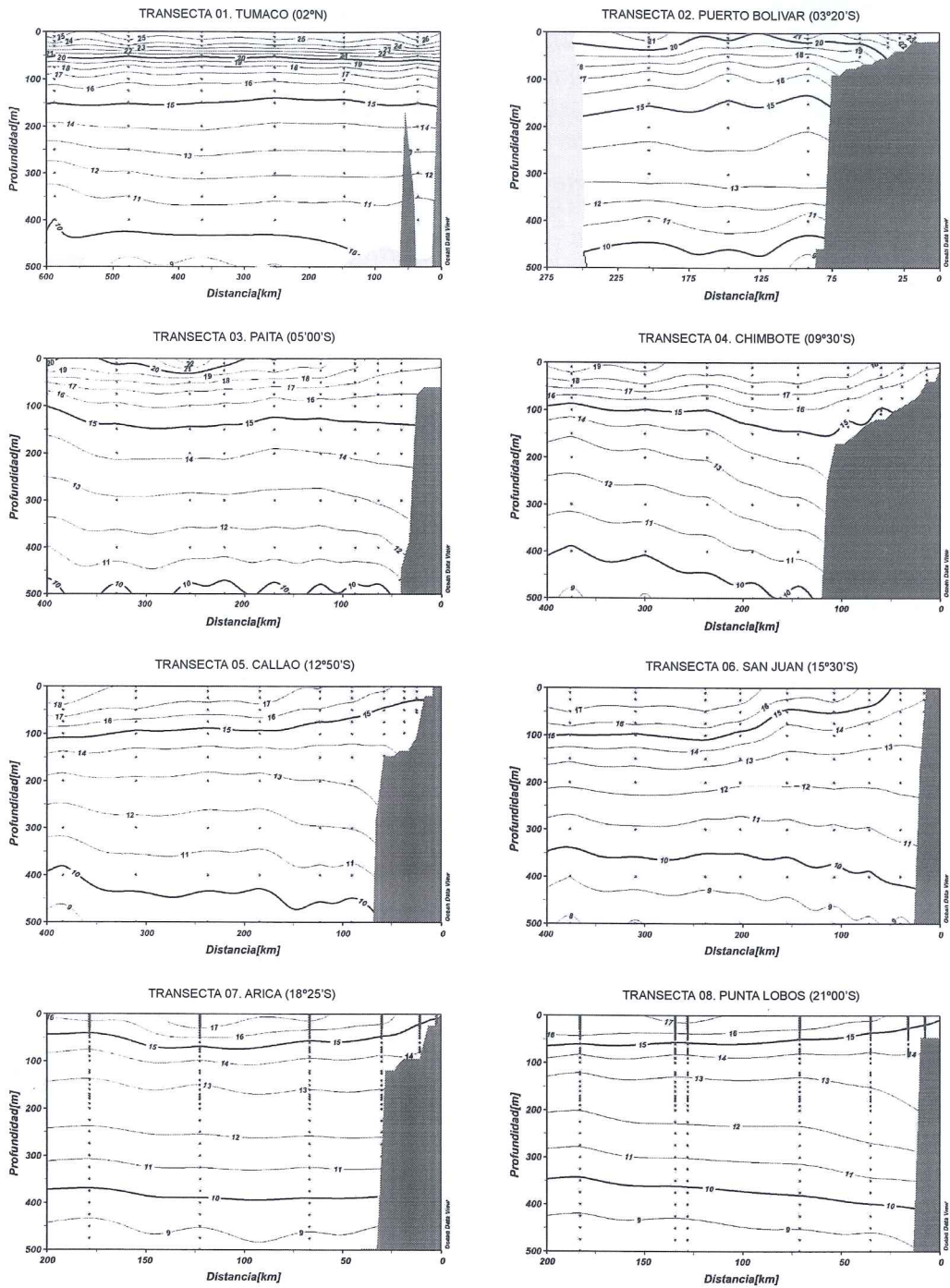


Figure 12a Vertical Distribution of Temperature (°C). Perpendicular transects towards the coast (1-8). September – October 2006

On the northern border, the maximum surface salinity occupied a thin layer of water, no thicker than 50m; however the minimum surface salinity in the far south can be over 100m thick. The nucleuses of maximum subsurface salinity (> 34,8 and > 34,7 psu) become thinner towards the south, mainly from the Rada Papos area, practically disappearing opposite Pichidangui (Fig. 13a and 13b).

In the transect parallel to the coast, at an approximate distance of 200 km (Fig. 14), the presence of warm water with temperatures higher than 20°C was detected, which extended all the way to 9°S (Chimbote). With regards to salinity, the transect demonstrated the presence of Equatorial Surface Water (ESW) in the northern region of Peru and Subtropical Surface Water (STSW) in the Chilean zone, while the

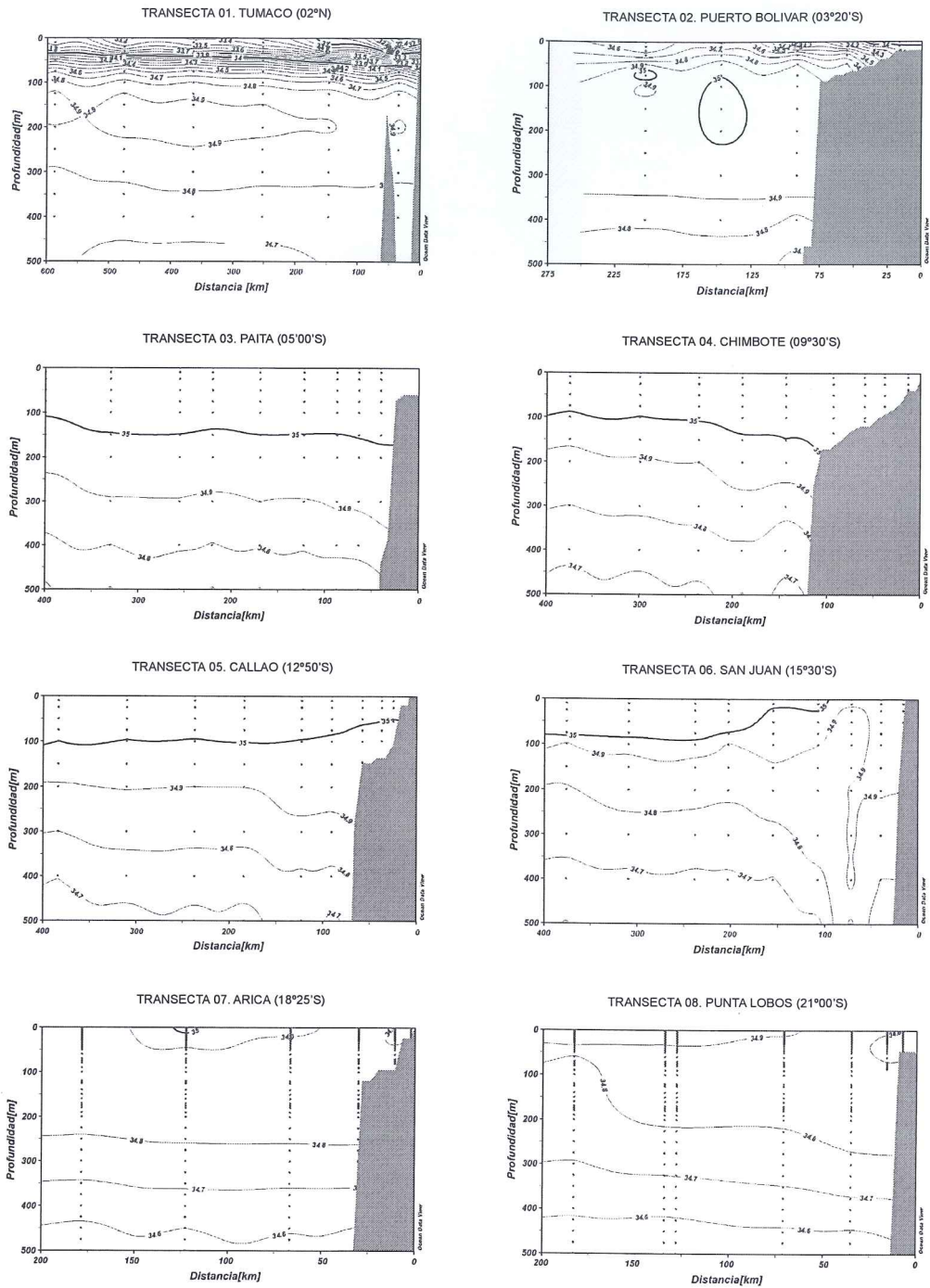


Figure 13a Vertical Distribution of Salinity (psu). Perpendicular transects towards the coast (1-8). September – October 2006

Ecuadorian and Colombian zone was dominated by Tropical Surface Water (TSW) and Colombian Coastal Water (CCW) respectively. The totality of the water masses found during the IX cruise can be seen in Figure 16. The dissolved oxygen in the same latitudinal transect presented values ranging from 2 and 4 ml L⁻¹ in the Colombian Pacific Ocean, while the highest values (>5,5 ml L⁻¹) were observed in Chile's southern zone.

The lowest levels of oxygen found during the cruise were quickly detected at 20°S, registering values <0,5 ml L⁻¹ at a depth of 120m, while in the equatorial zone dissolved oxygen values >0,5 ml L⁻¹ were observed between the surface and 500m, without registering values lower than that concentration (Fig.15). Oxycline was clearly observed between Chile and Ecuador, getting deeper at Chile's southern sector and situated

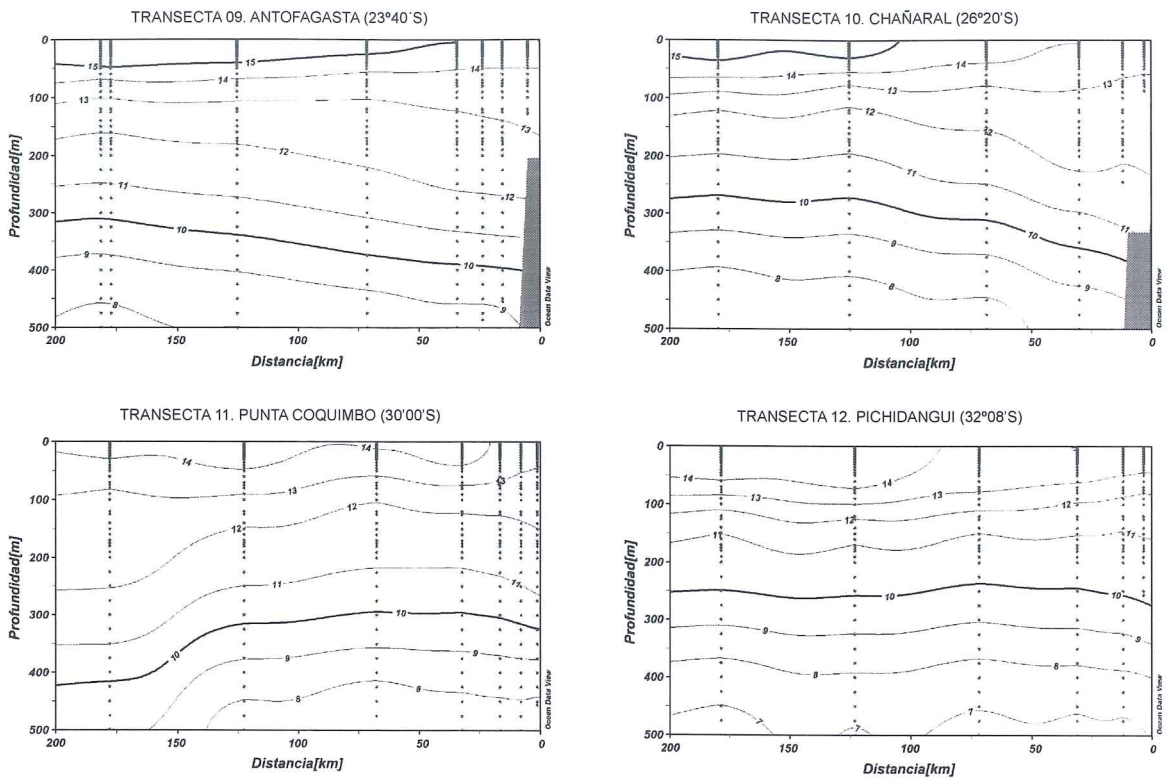


Figure 12b Vertical Distribution of Temperature (°C). Perpendicular transects towards the coast (9-12). September – October 2006

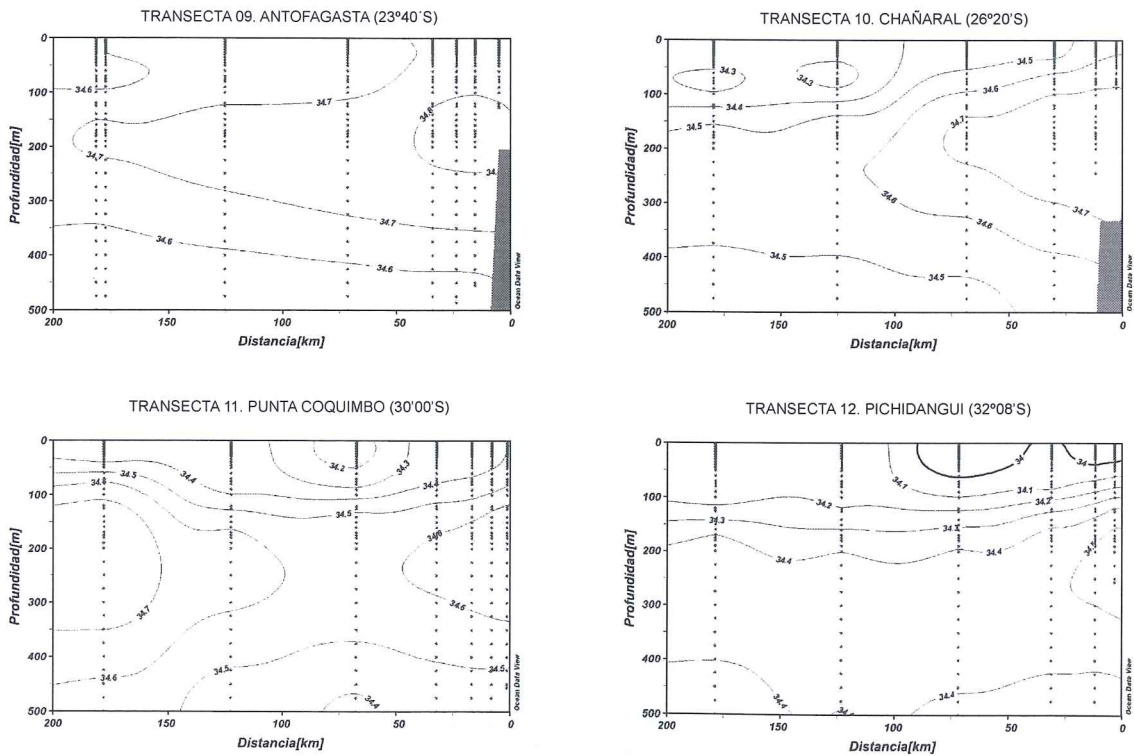


Figure 13b Vertical Distribution of Salinity (psu). Perpendicular transects towards the coast (9-12). September – October 2006

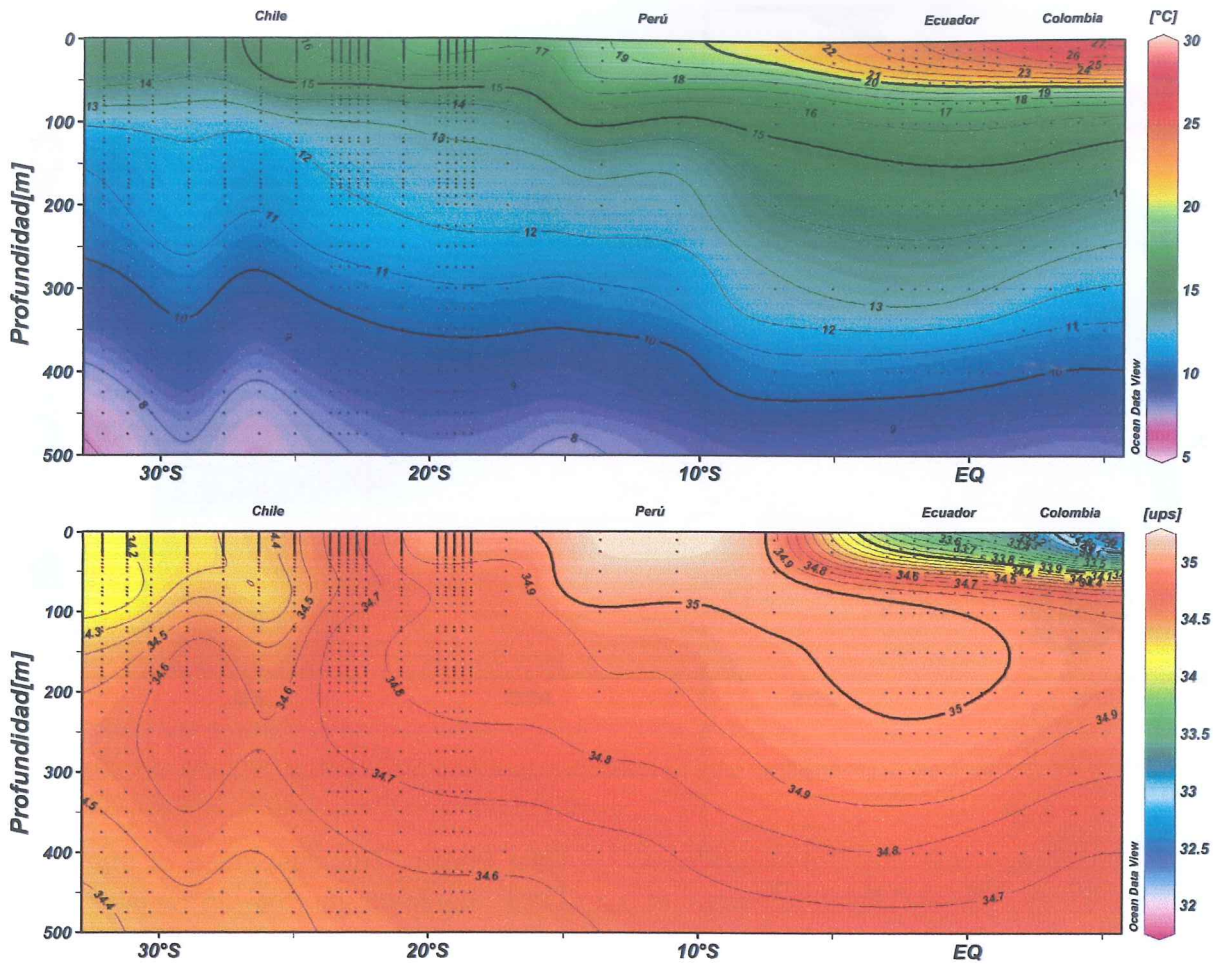


Figure 14. Latitudinal transect along the South American coast for a) temperature (°C) and b) salinity (psu) during the IX Joint Regional Cruise, September – October 2006.

between 50 and 150m. The Colombian Pacific sector presented the lowest concentrations of dissolved oxygen in layers closest to the surface.

4.2 Meteorology

During the second semester of 2006, the oceanic – atmospheric system of the equatorial Pacific began to manifest a pattern typical of a developing El Niño phenomenon, with an accumulation of warm water in the central equatorial Pacific and a series of oceanic perturbations known as Kelvin waves which arrived to the South American coasts. During the months of September and October 2006, the Southern Oscillation Index remained in a negative

phase for the sixth consecutive months, registering values of $-0,7$ and $1,7$ respectively.

In September the axis of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) in the eastern Pacific Ocean remained between 6° and 9° N. During the month of October, the ITCZ had moved 60 nm towards the south, between 5° and 8° N. Convective activity was registered from moderate to strong in Central America and part of the Colombian littoral Pacific with rains of varying intensity. The wind observed during the IX Joint Regional Cruise (Fig. 16) was in general parallel to the coast with speeds between $2,0$ and $13,0$ ms $^{-1}$, with the strongest winds in Perú's coastal region.

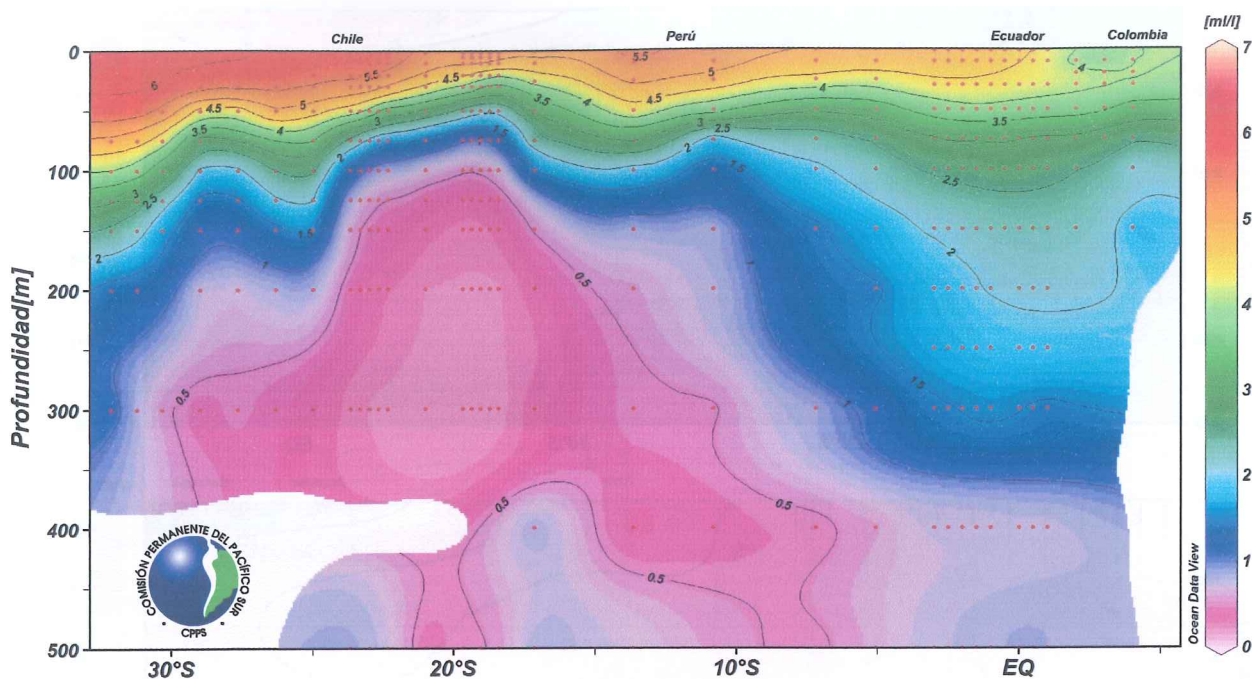


Figure 15. Latitudinal transect along the South American coast for dissolved oxygen (MI L-1) during the IX Joint Regional Cruise, September – October 2006.

Wind vectors 10m over sea level, obtained from the satellite sensor QSCAT for the month of September (Fig. 17a) and its respective anomaly calculated from the climatology between 2000 and 2005 (Fig. 17b), show the general weakening of the trade winds over the entire area and the weakening of the Pacific.

Subtropical Anticyclone, which can be observed by the presence of negative anomalies. The maximum speed value for September was 8,6 m s⁻¹ and the minimum was 2,8 m s⁻¹. For the month of October (Fig. 18a) the wind increased its intensity, especially the Pacific Subtropical Anticyclone, which presented positive anomalies superior to 0,6 m s⁻¹ (Fig. 18b) The maximum wind speed value for this month was 6,8 m s⁻¹ and the minimum value 3,8 m s⁻¹.

5. DISCUSSION

The results obtained during the IX Joint Regional Cruise show the effects of the El Niño Phenomena on the thermal structure of the South

East Pacific. The deepening of the thermocline base identified by the 15°C isotherm in the equatorial zone is a clear indicator of El Niño dynamics, based on the effects of a Kelvin wave, and the development of subsurface anomalies. However, the minimal variation of the 20°C isotherm relative to other El Niño events in the region is notable as the anomalies are usually greater.

Also notable is the apparition opposite Paita and Punta Falso in Peru of Equatorial Surface Water as a consequence of the aforementioned Kelvin waves, which is atypical for this season and might be related with trade winds of weak intensity in this zone.

The use of satellite imagery to complement the information obtained on site was essential for the observation of the Kelvin wave's progress as it entered the South East Pacific during September and October. Satellite monitoring of wind permitted the observation of a change in the wind vectors from September to October, being of particular interest the intensification of the

southern subtropical anticyclone, resulting in a temperature descent in the areas influenced by the anticyclone such as Chile and Southern Peru. The strengthening of the anticyclone system attenuated the positive thermal anomalies in this region compared with the equatorial region between Colombia and Ecuador.

The observed concentration of chlorophyll "a" helped to determine the patches of coastal upwelling, with values higher than 10 ug L-1 opposite Callao in Peru, which was reflected in red tide reports. With regards to dissolved oxygen, the low values encountered in the Colombian Pacific oceanic water do not correspond to what is normally measured during this season, which is why possible errors in titration or water sampling must be considered.

At a subsurface level, the minimum oxygen in the first 500m of the water column was observed at 20°S, and its general distribution corresponds to

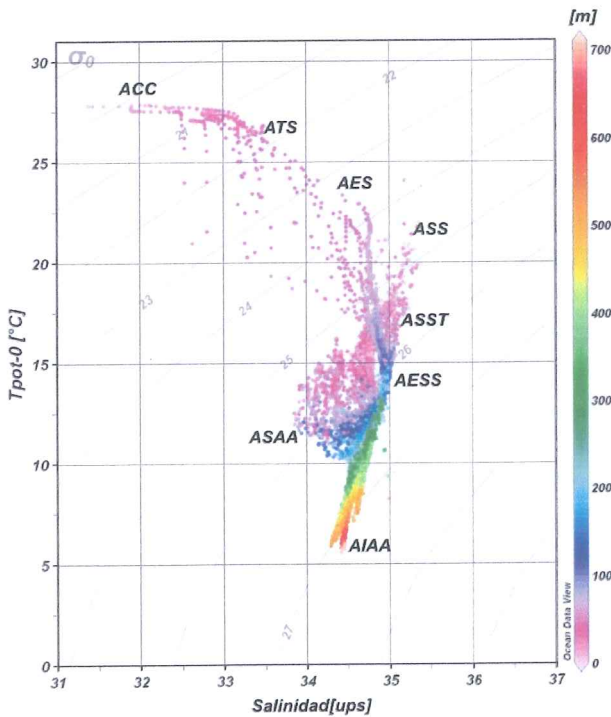


Figure 16. Water Mass determination found during the IX Joint Regional Cruise September – October 2006 by means of TS diagram. CCW = Cold Colombian Water; TSW= Tropical Surface Water; ESW= Equatorial Surface Water; STSW= Subtropical Surface Water; STSSW= Subtropical Subsurface water; ESSW = Equatorial Subsurface Water; SAW= Sub Antarctic Water; AAIW= Antarctic Intermediate Water; Tpot-0 = potential temperature

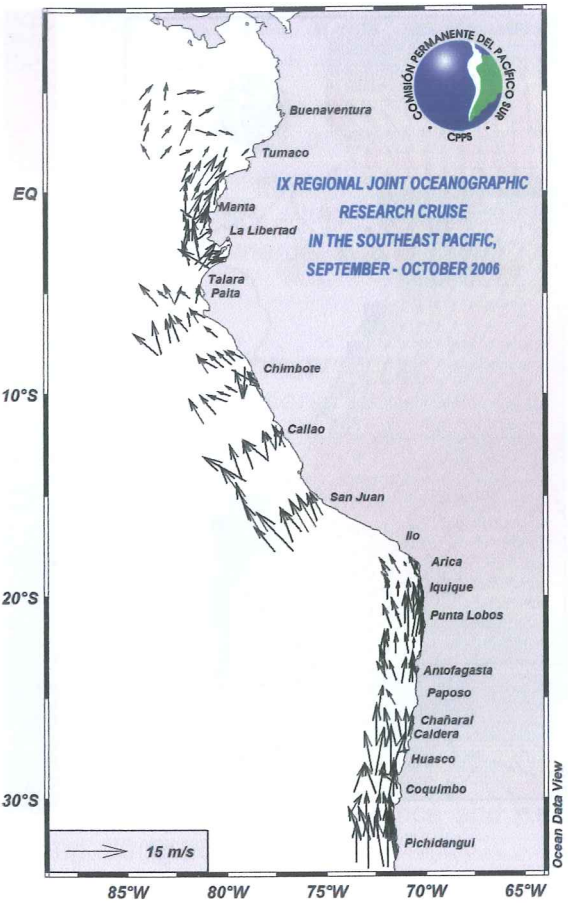


Figure 17. Wind Vectors (m/s) measured on board the research vessels during the IX Joint Regional Cruise

the normal behavior of concentration gradients.

The lowest concentration was found in the equatorial region and the greatest concentrations were found in the austral regions.

6. CONCLUSIONS

The information obtained during the regional oceanographic cruises carried out between September and October 2006, show the entrance of subsurface salt wedge in the western side of the Colombian Pacific Basin, due to the entrance of the Kelvin wave in this area. The former is corroborated by the presence of warm water up to 9°S, 100 nm from the coast.

The Equatorial front was displaced towards the southwest, in relation to its seasonal location.

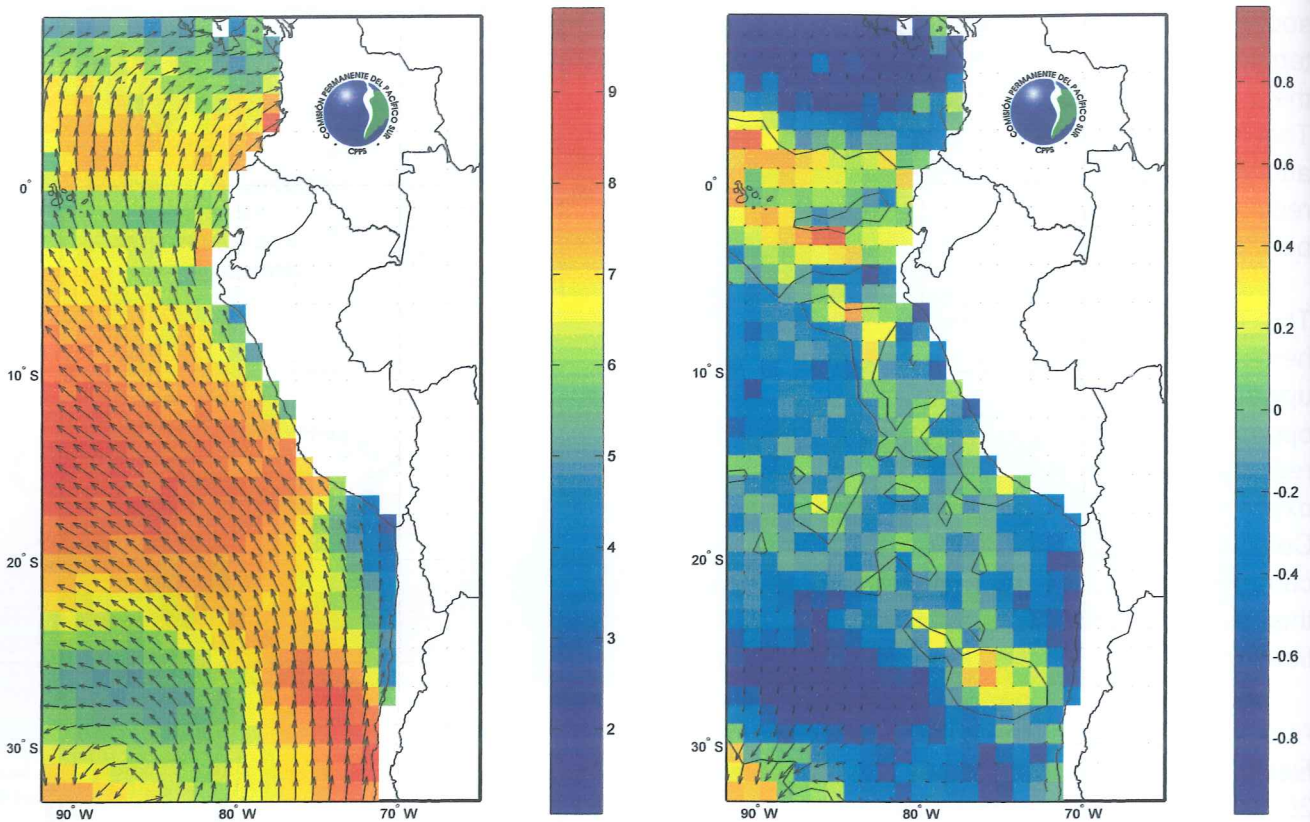


Figure 18 a) Wind Vectors (m/s) and b) anomalies (climatology 2000-2005) for September 2006 measured with the satellite sensor QSCAT

On the other hand a coastal flow with low salinity water entered the northern part of the research area and was observed up to a depth of 40 meters, with a thermocline located below average for the time of year.

Toward the southern zone of the research area, positive temperature anomalies were detected near the northern coast of Peru and Chilean central sector, which highlights the atypical approximation of Subtropical Surface Waters to the coast.

The change in wind intensity and the subtropical anticyclone between September and October, modulated the way the Kelvin wave affected the oceanic thermal structure, especially the Southern region of Peru and north and central Chile, causing the generation of positive temperature anomalies to be less intense.

The oceanographic conditions observed during the IX Joint Regional Cruise allowed the observation of a warming in the waters of the equatorial region, increasing SST and deepening the thermocline base, demonstrating the presence of the El Niño Phenomena during the IX regional cruise.

7. REFERENCES

- BAC 180 And 181. Boletín de Alerta Climática. Comisión Permanente del Pacífico Sur. Septiembre and Octubre 2006. CPPS
- Braun, M.; H. Reyes; J. Osses, J. Castillo and V. Catasti. 2002. Monitoreo de las condiciones bioceanográficas en la I y II Regiones, año 2001. Informe Final FIP N° 2001-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile)

- Braun, M., H. Reyes, V. Valenzuela, E. Pizarro, J. Castillo y V. Catasti. 2003. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2002. Informe Final FIP N°2002-01. Instituto de Fomento Pesquero (Valparaíso, Chile) 183 p+ Anexos.
- Braun, M., H. Reyes, J. Castillo y V. Catasti, V. Valenzuela, M. Pizarro y J.L. Blanco. 2005a. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2003. Informe Final proyecto FIP N°2003-01.
- Braun, M., H. Reyes, E. Pizarro, J. Castillo, J. Saavedra, V. Catasti, V. Valenzuela, 2005b. Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la I y II Regiones, año 2004. Informe Final proyecto FIP N°2004-01.
- Chelton, D. B., S.K. Esbensen, M.G. Schlax, N. Thum, M.H. Freilich, F. J. Wentz, C. Gentemann, M.J. McPhaden, and P. S. Schopf. 2001 "Observations of coupling between surface wind stress and sea surface temperature in the eastern tropical Pacific." *Journal of Climate*, 14(7) 1479-1498.
- Levitus, S., R. Burgett and T.P. Boyer. 1994a. *World Ocean Atlas 1994a. Volume 3: Salinity*
- NOAA Atlas NESDIS 3. U.S. Department of Commerce, Washington, D.C. 99 pp.
- Levitus, S., R. Burgett and T.P. Boyer. 1994b. *World Ocean Atlas 1994b. Volume 4: Temperatura* NOAA Atlas NESDIS 4. U.S. Department of Commerce, Washington, D.C. 117 pp.
- UNESCO, 1981. The practical salinity scale 1978 and the international Equation of State of Seawater 1980. UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci., N°36.
- Wentz, F.J., C. Gentemann, D. Smith, D. Chelton. 2000. "Satellite measurements of sea-surface temperature through clouds." *Science*, 288:847-850.
- Wentz, F.J. 1992. "Measurement of oceanic wind vector using satellite microwave radiometers." *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 30(5):960- 972.
- Wentz, F.J., P.D. Ashcroft, and C.L. Gentemann. 2001. "Post-launch calibration of the TMI microwave radiometer." *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 39(2):415-422

ANNEX I

COMPLETED CRUISES PER COUNTRY, DATE, NUMBER
OF STATIONS AND MEASURED VARIABLES

| COUNTRY | VESSEL | START END DATE | PARTICIPATING INSTITUTIONS | MEASURED VARIABLES | COMPLETED STATIONS |
|---------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------|--|-----------------------|
| COL | B/O ARC PROVIDENCIA | 15/09/2006 22/09/2006 | DIMAR- CCCP | Meteorological, T, S DO, phytoplankton and zooplankton (red) Chlorophyll-a, nutrients | 22 |
| EC | R/V TOHALLÍ | 02/10/2006 11/10/2006 | INP | Meteorological, T, S DO, phytoplankton and zooplankton (red) Chlorophyll-a, nutrients | 33 |
| PE | BIC JOSÉ OLAYA BALANDRA | 04/09/2006 20/10/2006 | IMARPE | Meteorological, T, S DO, phytoplankton and zooplankton (red) Chlorophyll-a, CO ₂ , nutrients | 51 |
| CH | R/V ABATE MOLINA | 02/09/2006 22/09/2006 | IFOP | Meteorological, T, S DO, phytoplankton and zooplankton (red) Chlorophyll-a, nutrients transparency | 103 |

ANNEX II

PARTICIPATING INSTITUTIONS AND SCIENTIFIC PERSONNEL IN THE NINTH JOINT REGIONAL CRUISE OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH IN THE SOUTHEAST PACIFIC, COMPLETED SEPTEMBER – OCTOBER 2006

A. PARTICIPATING INSTITUTIONS

COLOMBIA:

DIMAR-CCCP

General Maritime Direction, Control Center for
Pacific Contamination

ECUADOR:

INP

National Fishing Institute

PERÚ:

IMARPE

Sea Institute of Peru

CHILE:

IFOP

Fishing Promotion Institute.

General Coordination

CPPS:

Permanent Commission for the South Pacific

B. PARTICIPATING PERSONNEL

**COLOMBIA:
B/O ARC PROVIDENCIA**

| | |
|-----------------------------|----------------------------|
| Lt.. Hermann León Rincón | Head of Cruise, DIMAR -ARC |
| S2 Diego Guerrero Zorrilla | DIMAR-CCCP |
| MA2 Juan Rueda Bayona | DIMAR-CCCP |
| MA2 David Beltrán Peñaranda | DIMAR-CCCP |
| MA2 Carlos Ruiz Tascón | DIMAR-CCCP |
| MA2 Edgar Pérez Porras | DIMAR-CCCP |
| Est. Biol. Túlía Martínez | UNIVALLE |
| Biol. Yaneth Moráles | UAESPNN |
| Biol. Edgard Arteaga | INVEMAR |
| Chem. Jeanneth León | INP (Ecuador) |

**ECUADOR:
R/V TOHALLÍ**

| | |
|---------------------------|------------------------|
| Ocean. Telmo De la Cuadra | Head of Cruise, INP |
| Q.F. Patricia Macías | INP |
| Q.F. John Carrascal | INP |
| Blga. Jacqueline Cajas | INP |
| Blgo. Robert Buchelli | INP |
| Blga. Gregoria Calderón | INP |
| Blgo. Julio Guzmán | INP |
| Blgo. Jimmy González | INP |
| Blga. Fedra Solano | INP |
| Blgo. Manuel Días | INP |
| Ocean. Jonathan Cedeño | ESPOL |
| Lt.. German Escobar | DIMAR-DILEM (Colombia) |

PERÚ:

BIC JOSÉ OLAYA BALANDRA

| | |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| Ing. Julio Octavio Morón Antonio | Head of Cruise, 1 stage, IMARPE |
| Lic. Roberto Flores Palomares | Head of Cruise, 2 stage, IMARPE |
| Ing. Luis Alberto Vásquez Espinoza | IMARPE |
| Ing. José Luis Tenorio Calderón | IMARPE |
| Ing. Ramiro Castillo Valderrama | IMARPE |
| Biol. Luis Fernando Quipuzcoa Olguín | IMARPE |
| Biol. Ricardo Tafur Jiménez | IMARPE |
| Ing. Noel Domínguez Obregón | IMARPE |
| Téc. Julio Hurtado Jara | IMARPE |
| Téc. Martín Gerardo Campos Rivas | IMARPE |
| Téc Miguel Ángel Sarmiento Díaz | IMARPE |
| Téc. Armando Fiestas Llenque | IMARPE |
| Pract. Alex Pachas Napa | IMARPE |
| Ing. Eloy Florencio Miguel Rodríguez | DHNM |
| Estud. José Tapia Verme | UN. San Luís Gonzaga de ICA |
| Ing. Met. Máximo Miguel Vara Quispe | SENAMHI |
| Ing. Luis Beltrán Balarezo | IMARPE (Lab. Paita) |
| Biol. Sergio Bances Ugaz | IMARPE (Lab. Sta. Rosa) |
| Tlgo. Manuel Rojas García | Chile |

CHILE:

R/V ABATE MOLINA

| | |
|---------------------------------|---------------------------|
| Biol. Mauricio Braun A. | Head of Project, IFOP |
| Biol. Vivian Valenzuela C. | Head of Cruise, IFOP |
| Ocea. Hernán Reyes R. | IFOP |
| Ing. Pesq. Roberto Bahamonde F. | IFOP |
| Tec. Mar. Manuel Rojas G. | IFOP |
| Andrés González | IFOP, Scientific Observer |
| Ing. Quim. Jesús Ledesma | IMARPE (Perú) |

ANNEX III

COORDINATING COMMITTEE OC THE NINTH JOINT REGIONAL CRUISE OF OCEANOGRAPHIC RESEARCH IN THE SOUTHEAST PACIFIC, COMPLETED IN SEPTEMBER – OCTOBER 2006

| | |
|------------------|--|
| COLOMBIA: | Sr. Javier Ortiz Gálvis |
| ECUADOR: | Sr. Telmo De la Cuadra Sr. Luis Morales |
| PERÚ: | Sr. Roberto Flores |
| CHILE: | Sr. Mauricio Braun |
| CPPS: | Sr. Mario A Palacios M |

ANEXO IV

EXCHANGE OF SCIENTISTS AMONG PARTICIPATING VESSELS

| SCIENTIST | VESSEL |
|--|--|
| 1. COLOMBIA Lt. Germán Escobar | 1. R/V TOHALLÍ (ECUADOR) |
| 2. ECUADOR Quím. Jeanneth León | 2. B/O ARC PROVIDENCIA (COLOMBIA) |
| 3. PERÚ Ing. Quím. Jesús Ledesma | 3. R/V ABATE MOLINA (CHILE) |
| 4. CHILE Tlgo. Manuel Rojas García | 4. BIC JOSÉ OLAYA (PERÚ) |

ANNEX V

LIST OF TRANSECTS USED FOR THE REPORT BY COUNTRY,
FROM NORTH TO SOUTH

| NUMBER | COUNTRY | LATITUDE | GEOGRAPHIC REFERENCE |
|--------|----------|----------|----------------------------|
| 01 | Colombia | 02°00' N | Tumaco |
| 02 | Ecuador | 03°20' S | Puerto Bolivar |
| 03 | Perú | 05°00' S | Paita |
| 04 | Perú | 09°30' S | Chimbote |
| 05 | Perú | 12°50' S | Callao |
| 06 | Perú | 15°30' S | San Juan |
| 07 | Chile | 18°25' S | Arica |
| 08 | Chile | 21°00' S | Punta Lobos |
| 09 | Chile | 23°40' S | Antofagasta |
| 10 | Chile | 26°20' S | Chañaral |
| 11 | Chile | 30°00' S | Punta Saliente de Coquimbo |
| 12 | Chile | 32°08' S | Pichidanguí |