



ISSN 0378 - 7702

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

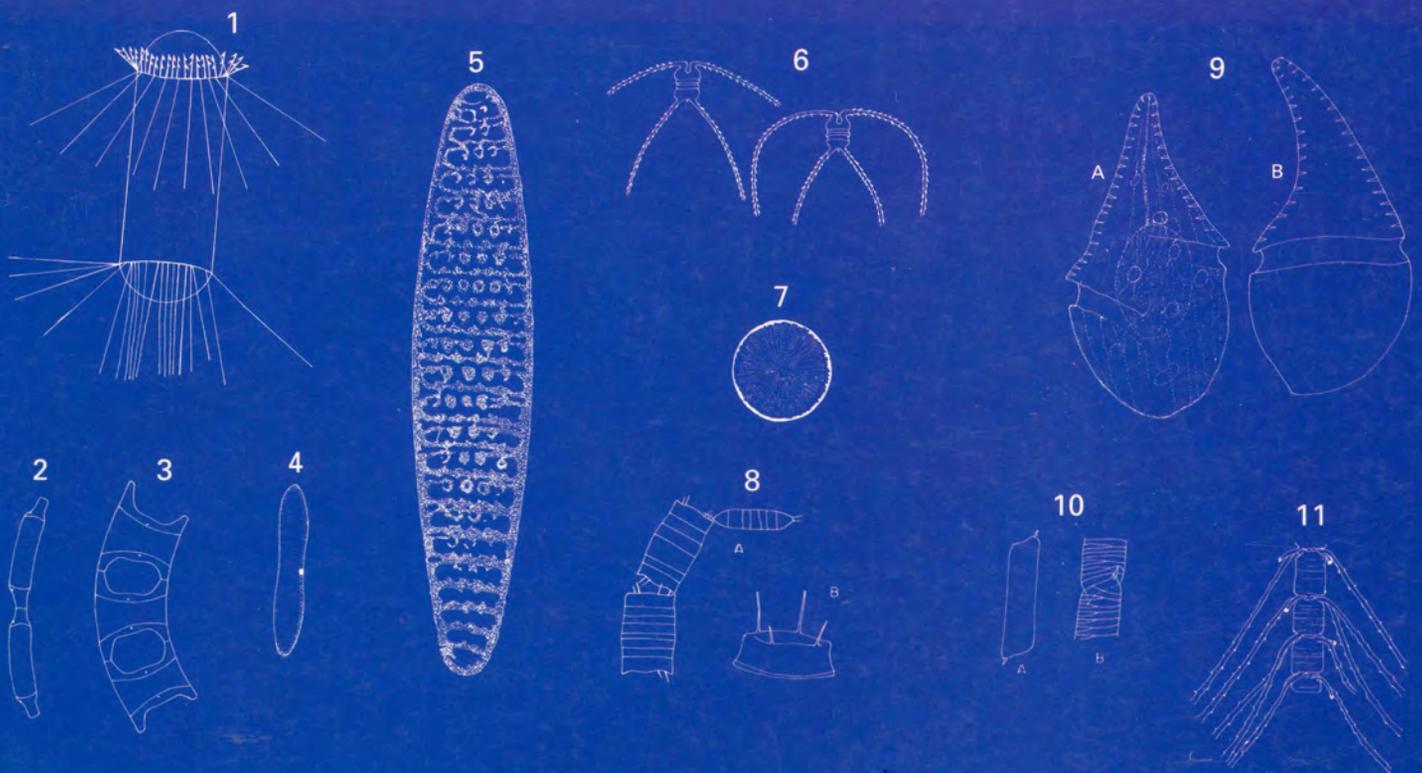
# INFORME

Nº 163

Octubre, 2001

**A.- III Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste. Perú, BICs Humboldt y SNP-2 0005-06.**

**B.- Operación Perú ANTAR X. Fitoplancton en el Estrecho de Bransfield y alrededores de la Isla Elefante en verano 1999 y variaciones 1988-1999.**



Callao, Perú

# OXÍGENO DISUELTO, NUTRIENTES Y CLOROFILA-A DEL MAR PERUANO EN MAYO 2000

Georgina Flores<sup>1</sup>      Nélide Carrasco<sup>1</sup>      Miguel Sarmiento<sup>1</sup>

## RESUMEN

FLORES, G.; N. CARRASCO y M. SARMIENTO. 2001. Oxígeno disuelto, nutrientes y clorofila-a del mar peruano en mayo 2000. Inf. Inst. Mar Perú: 163:25-34.

Se dan a conocer las características hidroquímicas y de clorofila-a registradas durante el III Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste, realizado a bordo del BIC Humboldt del 12 al 25 de mayo del 2000. Las principales áreas de afloramiento se ubicaron frente a Callao, Chimbote y Chicama con valores de: oxígeno disuelto <3,0 mL/L, <18 °C, 35 ups, y con los máximos de nutrientes. En la superficie del mar, los valores pobres de nutrientes: fosfatos <1,0 ug-at/L, silicatos y nitratos <5,0 ug-at/L, encontrados frente a Puerto Pizarro y en la región central entre Chicama, Chimbote y Callao estuvieron influenciados por las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS), con mayor intensidad en el área oceánica de Chicama y área costera de Callao. Las Aguas Costeras Frías (ACF) se localizaron muy cerca a la costa. La sección vertical de Chimbote se caracterizó por presentar 3 valores máximos de clorofila-a (4, 6 y 11 ug/L) en la capa de 0 a 10 m y hasta una distancia de 150 mn asociados a concentraciones de 4 y 5 mL/L de oxígeno. La Extensión Sur de la Corriente Cromwell (ESCC) se encontró fortalecida entre Puerto Pizarro y Paita debilitándose hacia el sur (Punta Falsa y Chicama).

PALABRAS CLAVE: oceanografía química, clorofila-a, afloramiento, nutrientes, mar peruano.

## ABSTRACT

FLORES, G.; N. CARRASCO y M. SARMIENTO. 2001. Dissolved oxygen, nutrients and chlorophyll-a in Peruvian sea during may 2000. Inf. Inst. Mar Perú 163:25-34.

The hydro chemical characteristics and chlorophyll-a during the III Research Oceanographic Regional Cruise in the Southeast Pacific, carried out on board of RV Humboldt from May 12<sup>th</sup> to 25<sup>th</sup> 2000, are given. The main upwelling areas were located in front of Callao, Chimbote and Chicama with values of: dissolved oxygen 3,0 mL/L, 18 °C, 35 ups, and showed the maximum concentrations of nutrients. In the sea surface: the poor concentrations of nutrients: phosphates <1,0 ug-at/L, and silicates and nitrates <5,0 ug-at/L, recorded in front of Puerto Pizarro and in the central region in front of Chicama, Chimbote and Callao were influenced by Subtropical Superficial Waters (SSW) with more intensity in the oceanic area of Chicama and the coastal area off Callao. The Cold Coastal Waters (CCW) were located very close to the coast. The vertical section off Chimbote presented 3 maximum values of chlorophyll-a (4, 6 and 11 ug/L) in the layer from 0 to 10 m and until 150 nm, associated to concentrations of 4-5 mL/L dissolved oxygen. The South Extension of the Cromwell Current (SECC) was strengthened between Puerto Pizarro and Paita, but weakened towards the south (Punta Falsa and Chicama).

KEY WORDS: Chemical oceanography, chlorophyll-a, upwelling, nutrients, Peruvian sea.

## INTRODUCCIÓN

Durante El Niño 1997-98, la variación de oxígeno disuelto, nutrientes y clorofila estuvieron en relación con las masas de agua predominantes (ATS, AES y ASS) durante las diferentes etapas del evento, reduciéndose o desapareciendo la extensión de mayor concentración a lo largo de la costa.

En el Crucero BIC José Olaya Balandra 9808-09 las condiciones oceanográficas presentaron variaciones características en un Post-Niño en el que las condiciones cálidas tienden a normalizarse (enfriarse), aunque todavía se observó el predominio de ASS en toda la franja del mar cercana a la costa, lo que produjo una variación cuantitativa en el régimen hidroquímico que originó pobreza en la productividad.

En 1999 los pronósticos de las agencias internacionales preveían la continuación del período frío. Los registros de nutrientes, oxígeno y clorofila-a para ese año estuvieron relacionados a las variaciones de las condiciones físicas y de circulación.

En verano 2000 se observó un calentamiento en la zona sur debido al desplazamiento de las ASS, propio del período del año; y al norte, las AES llegaron hasta Punta Falsa. Debido a estos desplazamientos de las aguas la clorofila-a y nutrientes fueron pobres en esas áreas.

Continuando con los estudios, en el otoño 2000 se realizó el III Crucero Regional Conjunto de las Investigaciones Oceanográficas en el Pacífico Sudeste, Perú, con la finalidad de evaluar las condiciones oceanográficas del mar peruano.

En este informe se da a conocer los resultados de las condiciones hidroquímicas y de clorofila-a en la superficie del mar y la columna de agua.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El crucero se ejecutó desde los 3°30' hasta 12°05,2'S; se realizaron 62 estaciones y 15 operaciones de pesca de calamar gigante o "pota" hasta una distancia de 200 mn. Las observaciones se realizaron siguiendo el trayecto de la carta

<sup>1</sup> Unidad de Investigaciones Oceanográficas en el Ecosistema Pelágico, DIRPNyO, IMARPE

de posiciones (Fig. 1), colectándose 508 muestras para oxígeno disuelto, 491 para nutrientes y 342 de clorofila-a. Las muestras de agua se tomaron con la botella Niskin para la determinación de oxígeno disuelto, nutrientes y clorofila-a. Las muestras de oxígeno disuelto fueron analizadas a bordo, aplicando el método de WINKLER modificado por CARRIT y CARPENTER (1966).

Las muestras de agua para nutrientes fueron colectadas en frascos de polietileno de 250 mL de capacidad y congeladas hasta su análisis en el laboratorio de la sede central del IMARPE. Las determinaciones de nutrientes se realizaron por el método de STRICKLAND y PARSONS (1972) y UNESCO (1983), empleando el espectrofotómetro Lambda 40 marca Perkin Elmer.

Las muestras de clorofila-a fueron analizadas a bordo en base al método fluorométrico de YENTSH y MENZEL (1963) y HOLM-HANSEN *et al.* (1965). El equipo utilizado fue un Turner Designs 10 AU Fluorometer.

## RESULTADOS

### Distribución superficial

#### Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto en la superficie del mar varió desde 1,61 mL/L frente al Callao, a 5 mn; hasta 5,83 mL/L frente a Punta Falsa, 200 mn. Las áreas de afloramiento se ca-

racterizaron por presentar concentraciones bajas de oxígeno en el Callao, Chimbote y Chicama. Las concentraciones < 5 mL/L, indicadoras de Aguas Costeras Frías (ACF) predominaron al sur de Pimentel dentro de las 120 y 40 mn paralelas a la costa. Núcleos de 5 mL/L se localizaron frente a Punta Falsa a 60 y 200 mn y en Chimbote a 180 mn (Fig. 2).

#### Nutrientes

La concentración de nutrientes en la superficie del mar tuvo un rango de 0,41-2,92 ug-at/L de fosfatos; 0,70-21,43 ug-at/L de silicatos; 0,30 - 16,56 ug-at/L de nitratos y de 0,08-2,17 ug-at/L de nitritos. Las máximas concentraciones de nutrientes en la superficie del mar estuvieron en relación con los procesos de surgencia.

La isolínea de 1,0 ug-at/L de fosfatos se distribuyó en un área bastante amplia dentro de las 60 y 180 mn (Fig. 3). Dos núcleos con valores de 2,0 ug-at/L se localizaron muy cerca a la zona costera en Callao y el otro frente a Punta Falsa a 90 mn.

Los silicatos presentaron tres núcleos con concentraciones de 10 ug-at/L en Callao, Chicama-Pimentel y frente a Punta Falsa. Un núcleo de 20 ug-at/L se localizó frente a Puerto Pizarro debido a los aportes terrígenos asociados con salinidades de 32,5 y 34,8 ups (Fig. 4).

La distribución de nitratos fue muy semejante al patrón estacional (CALIENES *et al.* 1985), aunque los conteni-

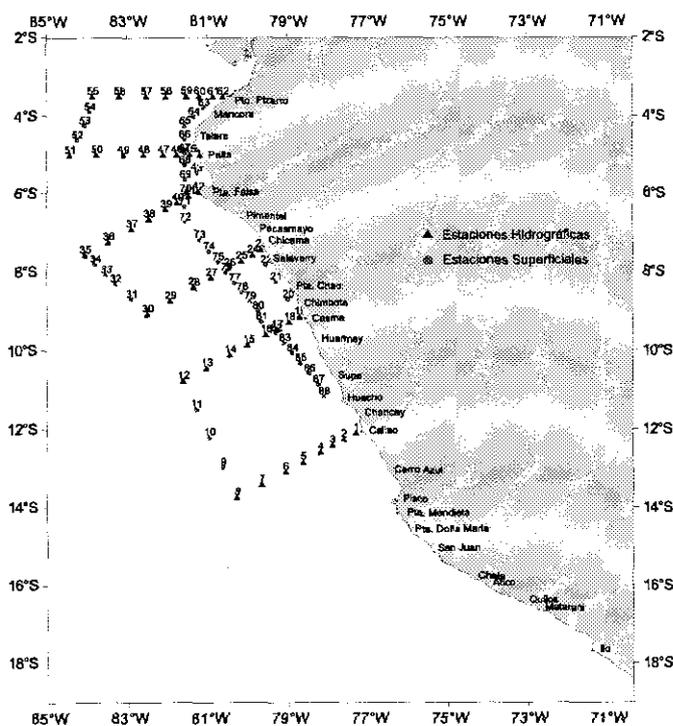


FIGURA 1. Carta de localización de estaciones oceanográficas. III Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste. Perú, BIC Humboldt 0005. 12-25 mayo 2000.

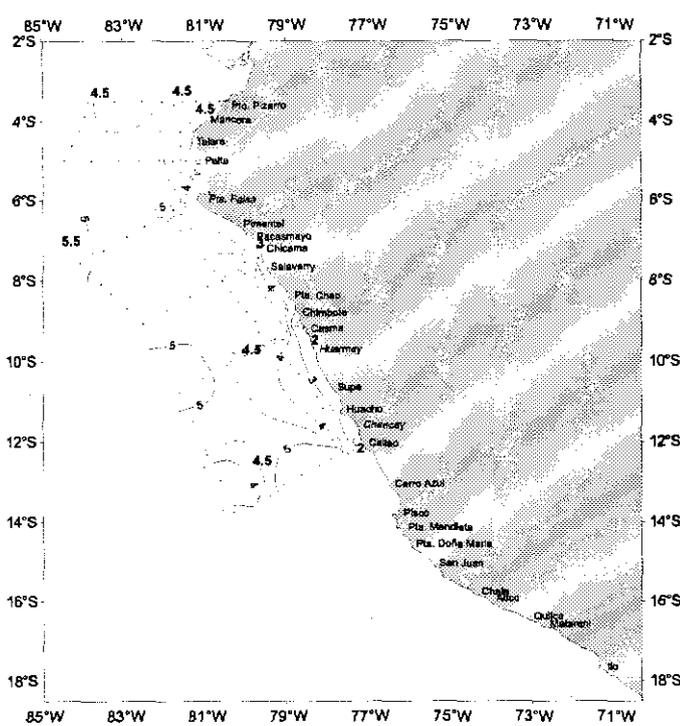


FIGURA 2. Distribución de oxígeno disuelto (mL/L) en la superficie del mar. III Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste. Perú, BIC Humboldt 0005.

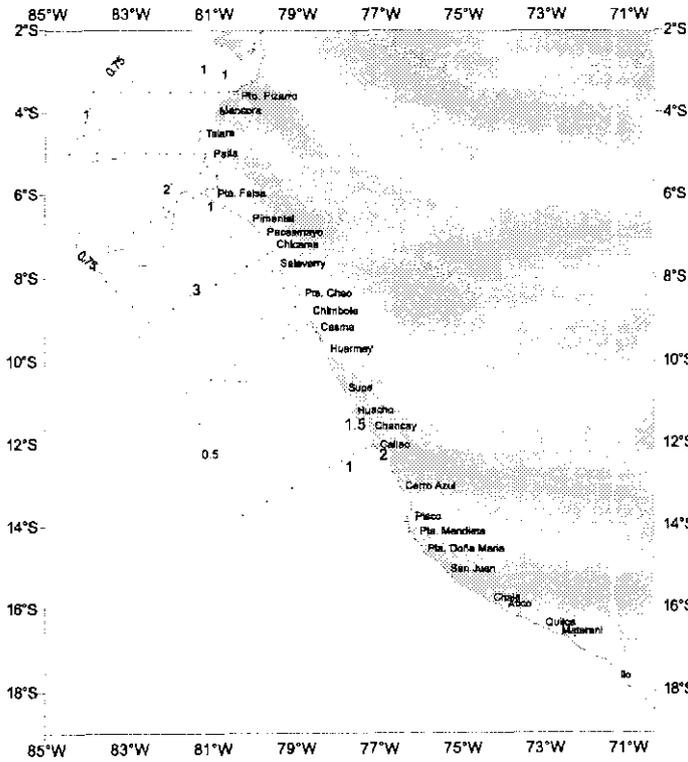


FIGURA 3. Distribución de fosfatos ( $\mu\text{g-at/L}$ ) en la superficie del mar. III Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste. Perú, BIC Humboldt 0005.

dos de  $10 \mu\text{g-at/L}$  se hallaron entre Chimbote, Salaverry-Puerto Pizarro hasta las 160 mn, una extensión mayor al patrón de otoño (Fig. 5).

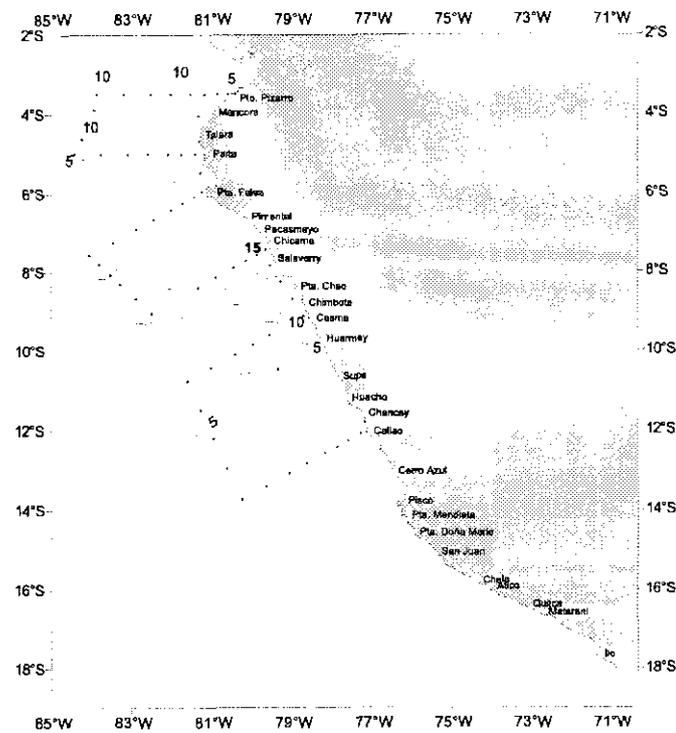


FIGURA 5. Distribución de nitratos ( $\mu\text{g-at/L}$ ) en la superficie del mar. III Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste. Perú, BIC Humboldt 0005.

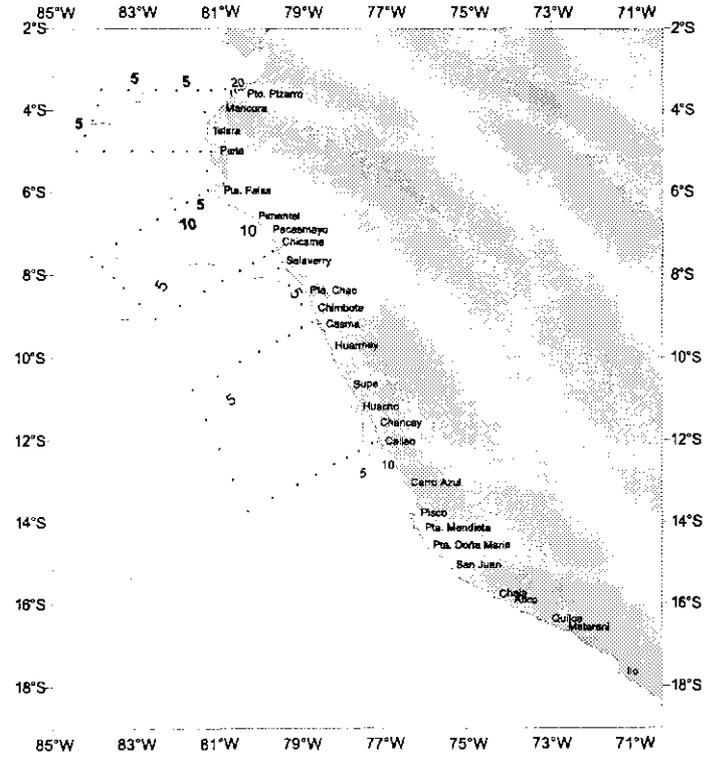


FIGURA 4. Distribución de silicatos ( $\mu\text{g-at/L}$ ) en la superficie del mar. III Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste. Perú, BIC Humboldt 0005.

Los nitritos tuvieron una distribución normal en toda el área de estudio; el máximo se localizó frente a Chimbote con  $2,0 \mu\text{g-at/L}$  (Fig. 6).

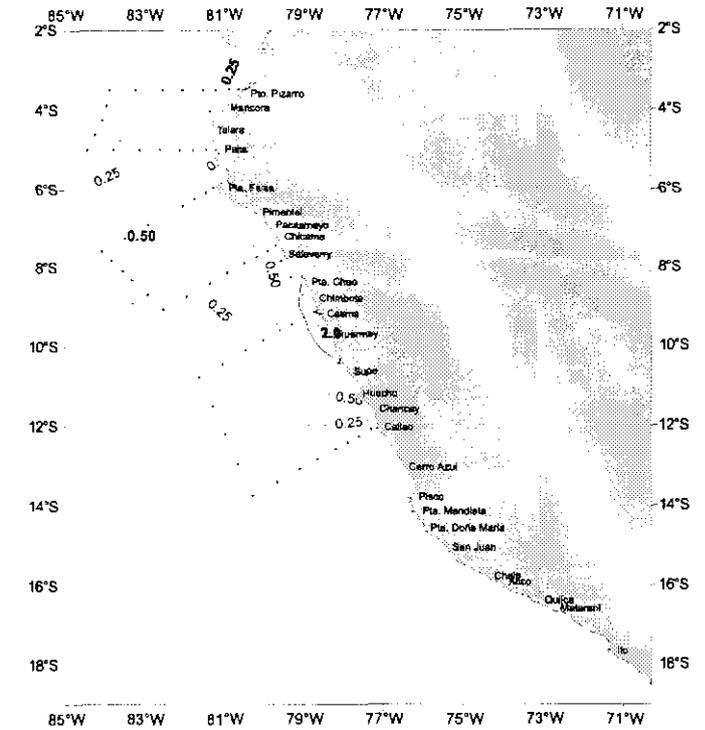


FIGURA 6. Distribución de nitritos ( $\mu\text{g-at/L}$ ) en la superficie del mar. III Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste. Perú, BIC Humboldt 0005.

### Clorofila-a

En los valores de clorofila-a, el rango fue de 0,15–11,94 ug/L (Est. 6 y 18). En la superficie del mar tuvo concentraciones de 1,0 ug/L dentro de las 90 y 180 mn, sobresaliendo en las áreas del Callao, Chimbote, Chicama, Paita-Puerto Pizarro (3 y 10 ug/L) asociadas a valores de transparencia del agua de mar entre 5 a 9 m y oxígeno de 5 mL/L (Figs. 7 y 8).

### Distribución vertical de oxígeno, nutrientes y clorofila "a"

#### Zona norte: Puerto Pizarro, Paita y Punta Falsa

En Puerto Pizarro y Paita, las isoxígenas de 1 a 2 mL/L se localizaron entre 60 y 250 m de profundidad indicando la presencia de la ESCC. Estas isoxígenas en Paita estuvieron asociadas al hundimiento de las isotermas de 13 °C y 15 °C en la parte costera, en su desplazamiento hacia el sur de Paita se fueron debilitando, encontrándose en Punta Falsa en menor intensidad (Fig. 9a y b).

La sección de Puerto Pizarro y Paita se caracterizó por presentar núcleos con bajas concentraciones de nutrientes en la capa de 0–50 m. Respecto a los silicatos, el alto valor de 20 ug-at/L encontrado a 5 mn en Puerto Pizarro se debió a aportes terrígenos asociados a salinidades de 33 ups (Figs. 10 y 11).

En Punta Falsa se registraron pequeños núcleos de

fosfatos con valores <1,0 ug-at/L en la capa de 0 a 30 m; los silicatos tuvieron una distribución irregular con altas y bajas concentraciones. Los nitratos tuvieron una distribución normal con valores >5 ug-at/L (Fig. 12).

Respecto a la clorofila-a, en la capa de 0-30 m se hallaron concentraciones de 1-3 ug/L dentro de las 90 mn en Puerto Pizarro, de 1-8 ug/L en Paita dentro de las 60 mn, localizándose el valor más alto a 5 mn; sin embargo, en Punta Falsa las concentraciones de clorofila-a (2,0 ug/L) se hallaron en la capa de 0 a 40 m, siendo más bajas que en Puerto Pizarro y Paita (Figs. 15a, b y c).

#### Zona central: Chicama, Chimbote y Callao

En Chicama y Chimbote la oxiclina estuvo por encima de los 50 m, más superficial que en la sección Callao. En Chicama y Chimbote la ESCC se encontró debilitada dentro de las 50 mn; y por fuera 150 y 200 mn fue superficial a 60 m (Figs. 9d, e y f).

La mínima de oxígeno (0,5 mL/L) en Chimbote se profundizó cerca de la costa hasta 200 m y fue más superficial (60 m) entre 150 y 200 mn.

En Chimbote, el avance de las ASS llegó hasta las 60 mn, en donde las concentraciones de nutrientes fueron pobres (fosfatos <1,0 ug-at/L; silicatos y nitratos <5 ug-at/L) (Fig. 13).

En el Callao, los máximos valores de nutrientes estuvieron dentro de las 20 a 35 mn y en la capa de 0–40 m, fue-

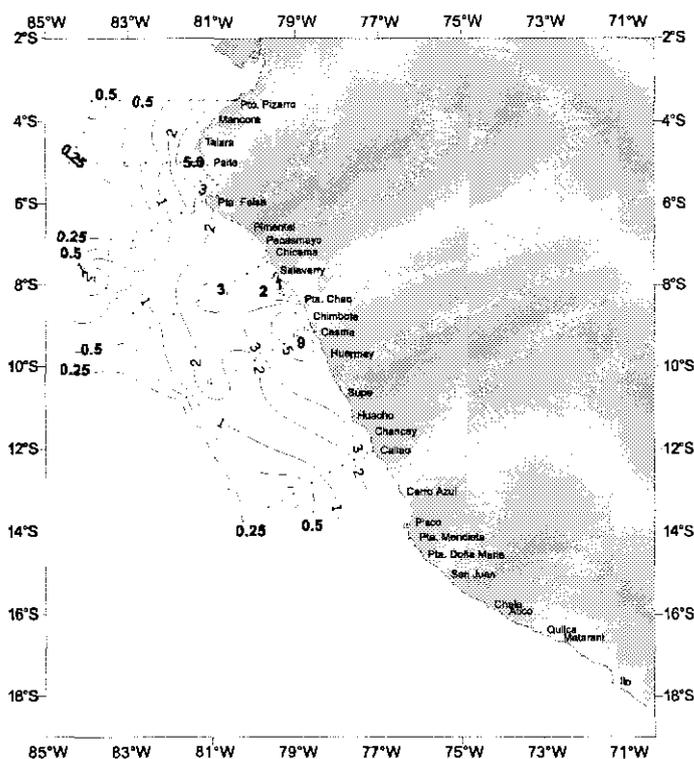


FIGURA 7. Distribución de clorofila-a en la superficie del mar. III Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste, Perú, BIC Humboldt 0005.

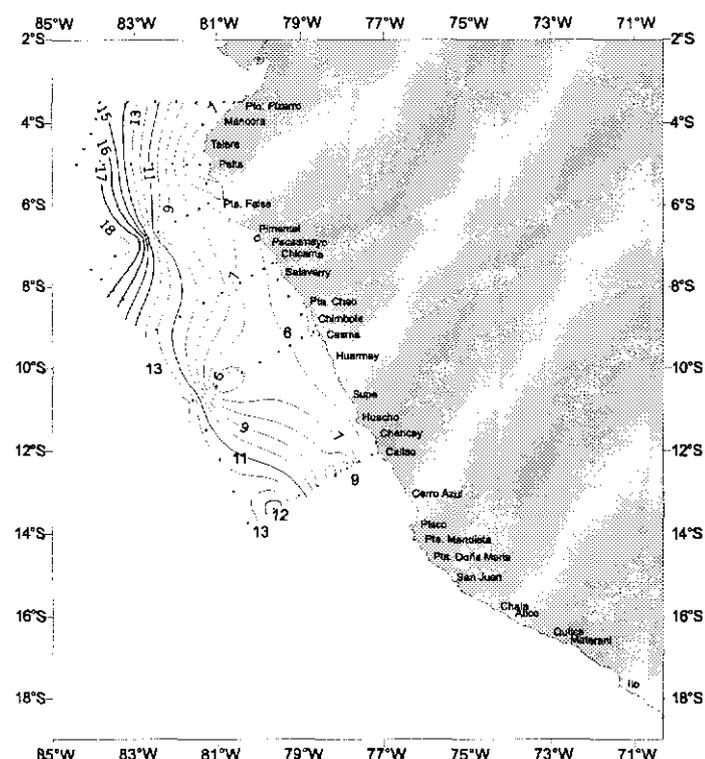


FIGURA 8. Distribución de transparencia del agua de mar. III Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste, Perú, BIC Humboldt 0005.

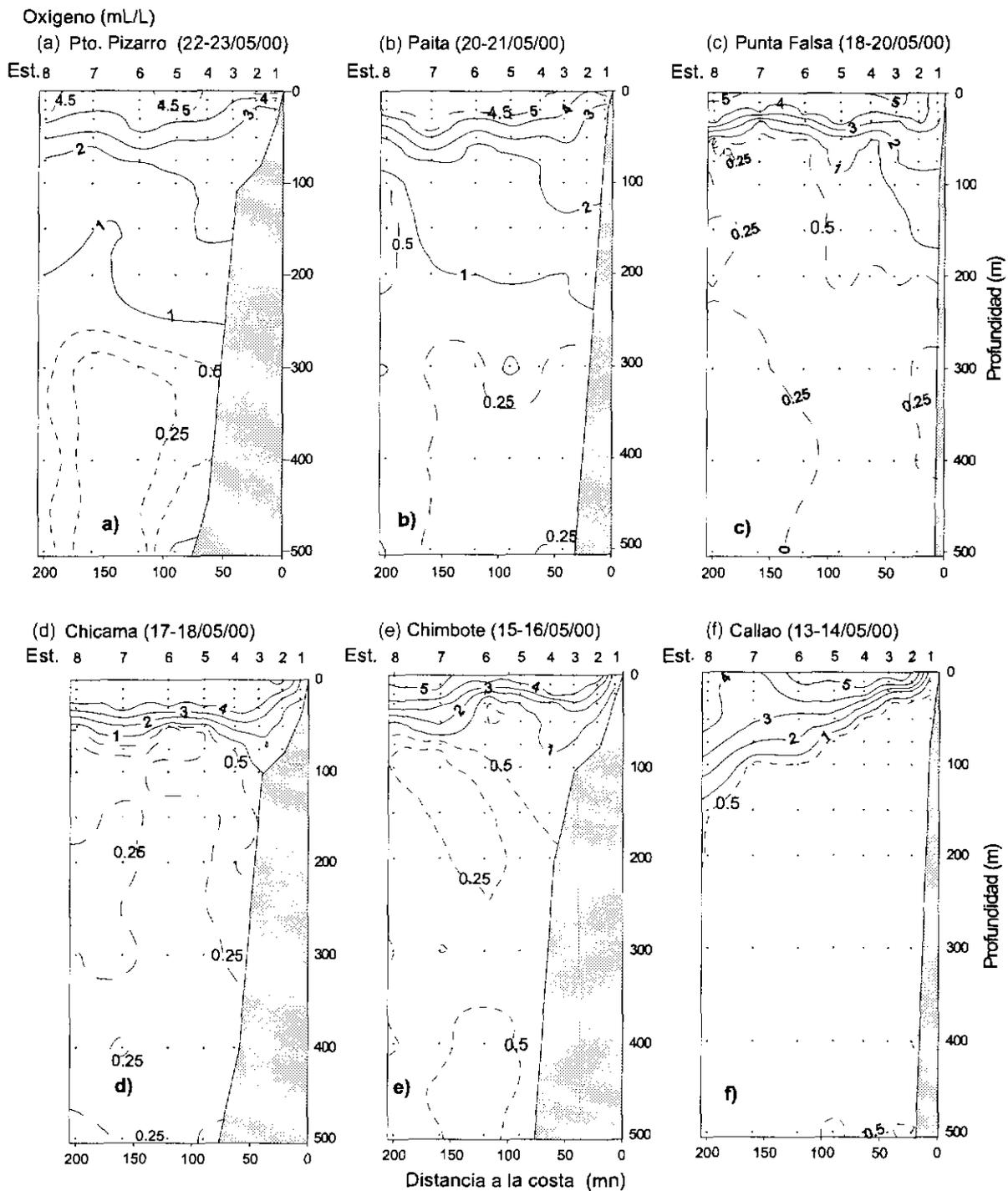


FIGURA 9. Distribución vertical de oxígeno disuelto (mL/L) en: a) Puerto Pizarro, b) Paíta, c) Punta Falsa, d) Chicama, e) Chimbote y f) Callao. III Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste. Perú, BIC Humboldt 0005.

Sección Puerto Pizarro (22-23 mayo 2000)

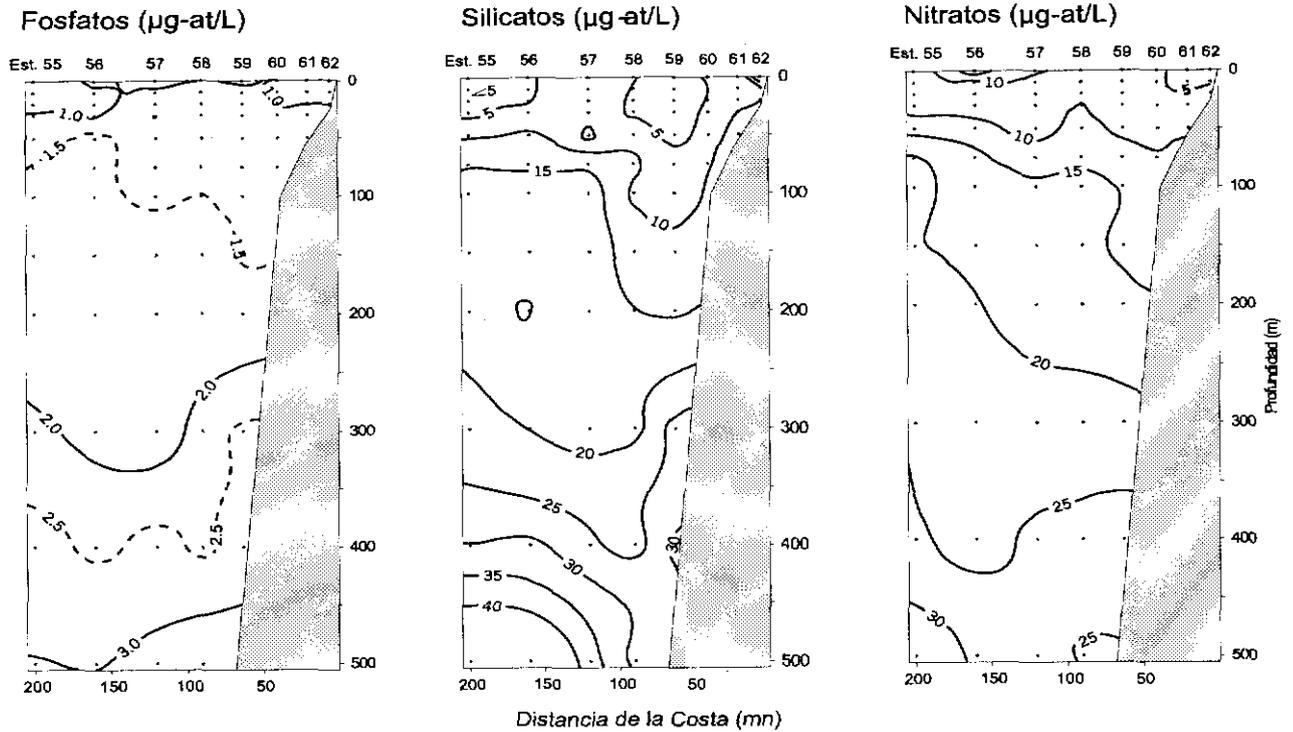


FIGURA 10. Distribución vertical de nutrientes, Sección Puerto Pizarro 22-23 mayo 2000. III Crucero Regional Conjunto de Investigaciones Oceanográficas en el Pacífico Sudeste, BIC Humboldt 0005.

Sección Paita (20-21 mayo 2000)

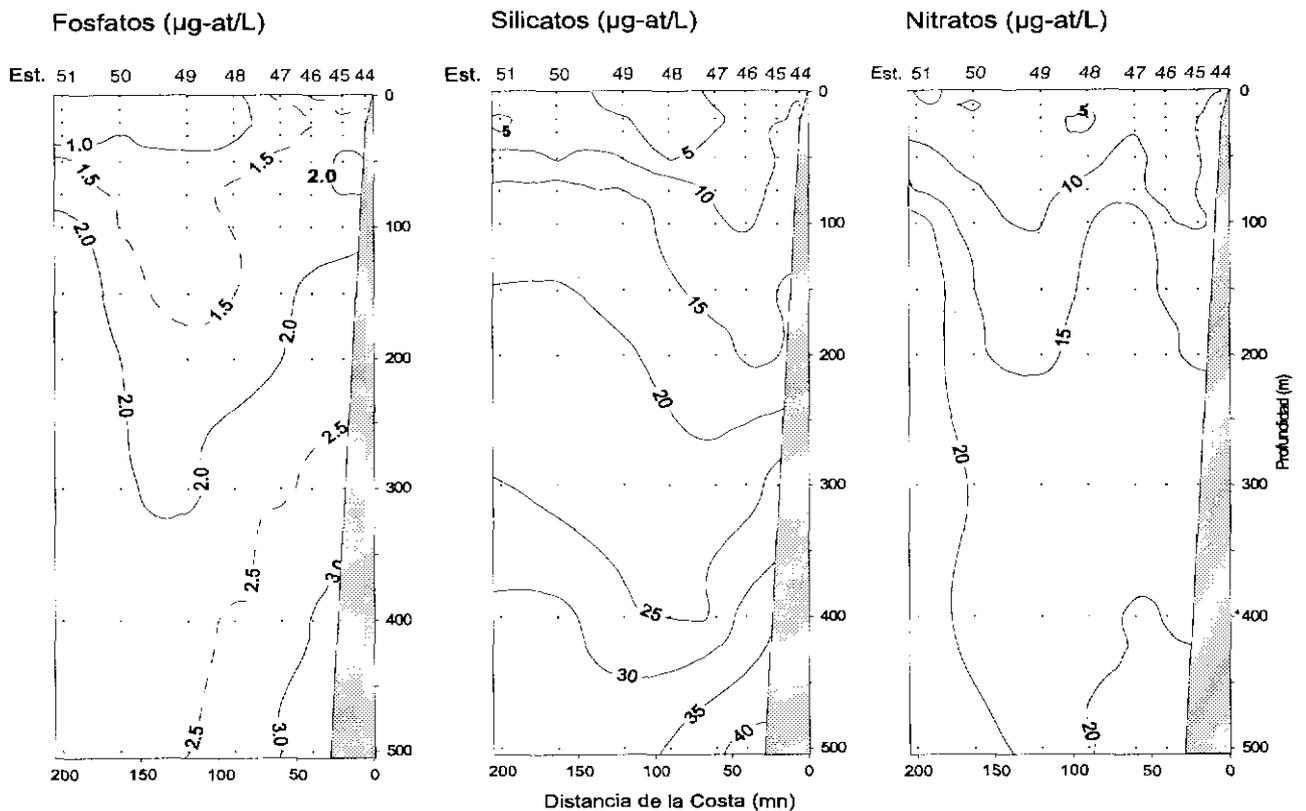


FIGURA 11. Distribución vertical de nutrientes, Sección Paita 20-21 mayo 2000. III Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste, Perú, BIC Humboldt 0005.

Sección Punta Falsa (18-20 mayo 2000)

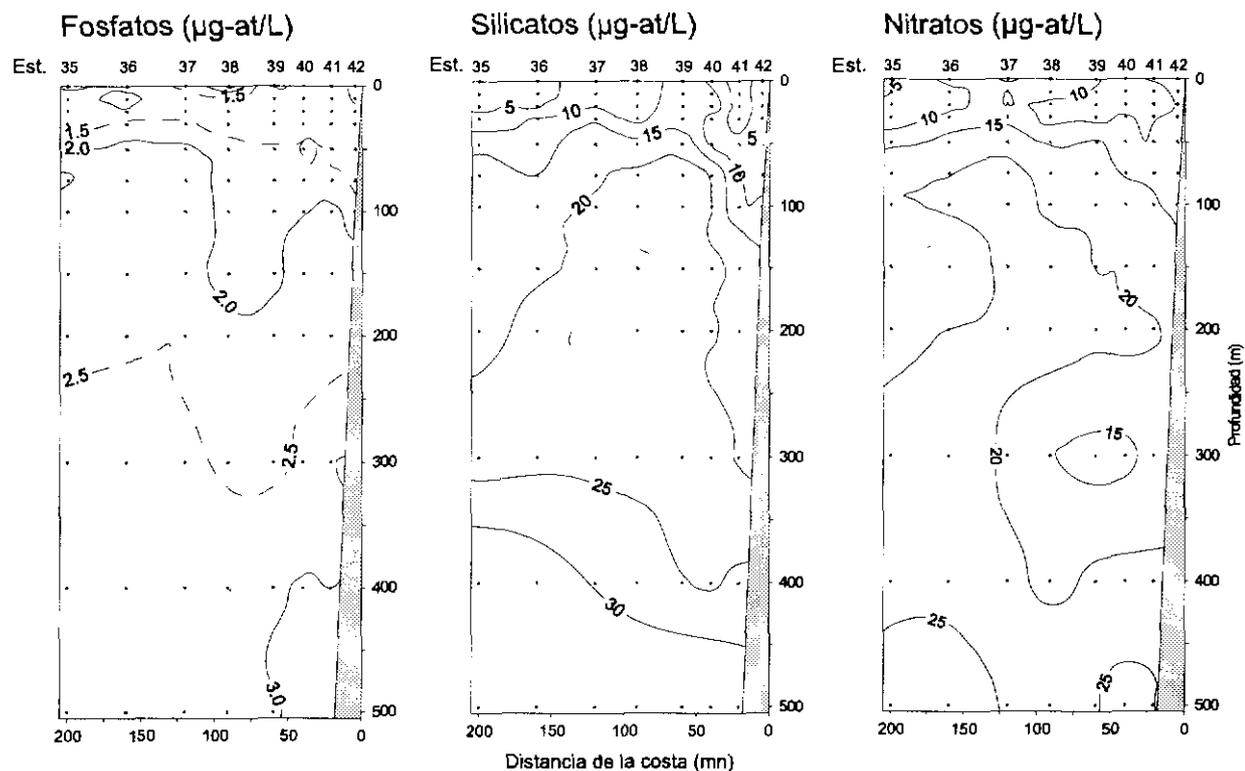


FIGURA 12. Distribución vertical de nutrientes, Sección Punta Falsa 18-20 mayo 2000. III Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste. Perú, BIC Humboldt 0005.

Sección Chimbote (15-16 mayo 2000)

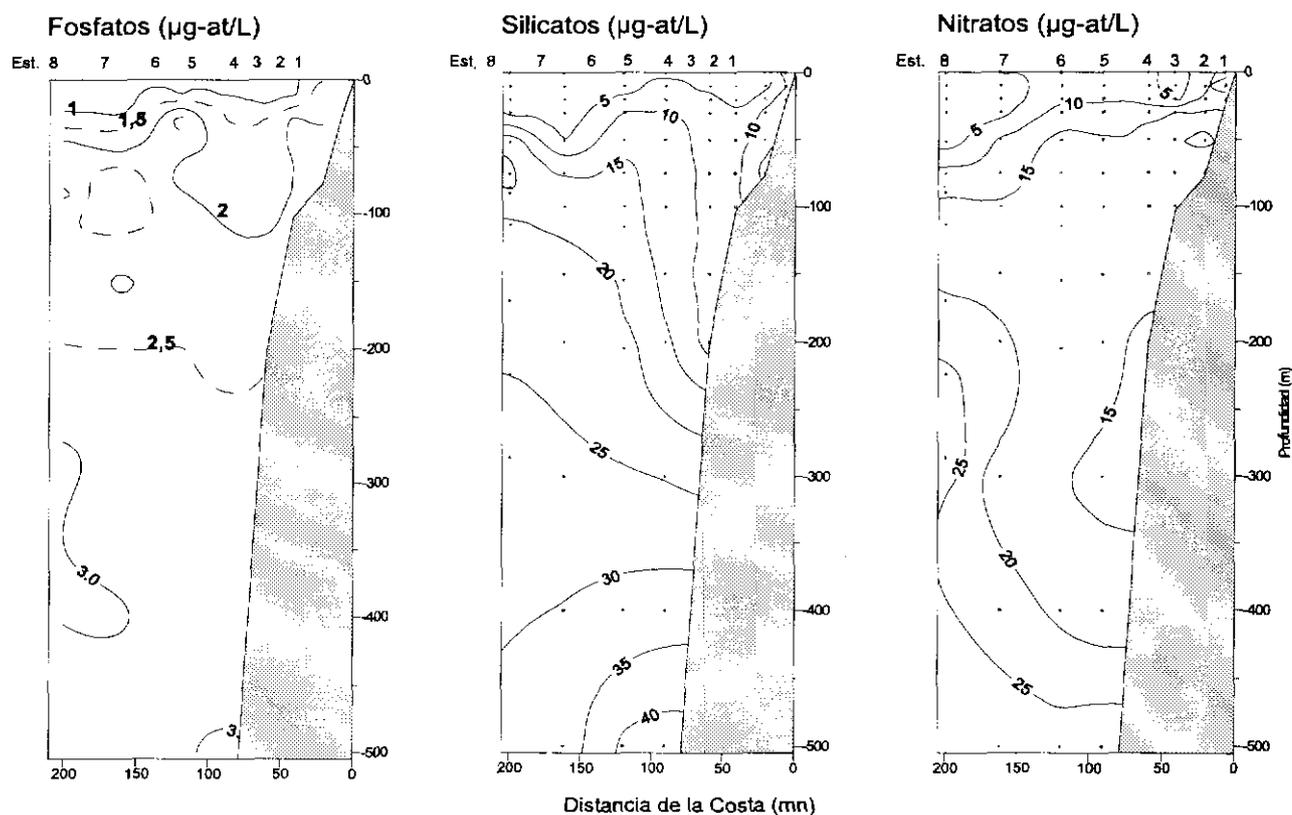


FIGURA 13. Distribución vertical de nutrientes, Sección Chimbote 15-16 mayo 2000. III Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste. Perú, BIC Humboldt 0005.

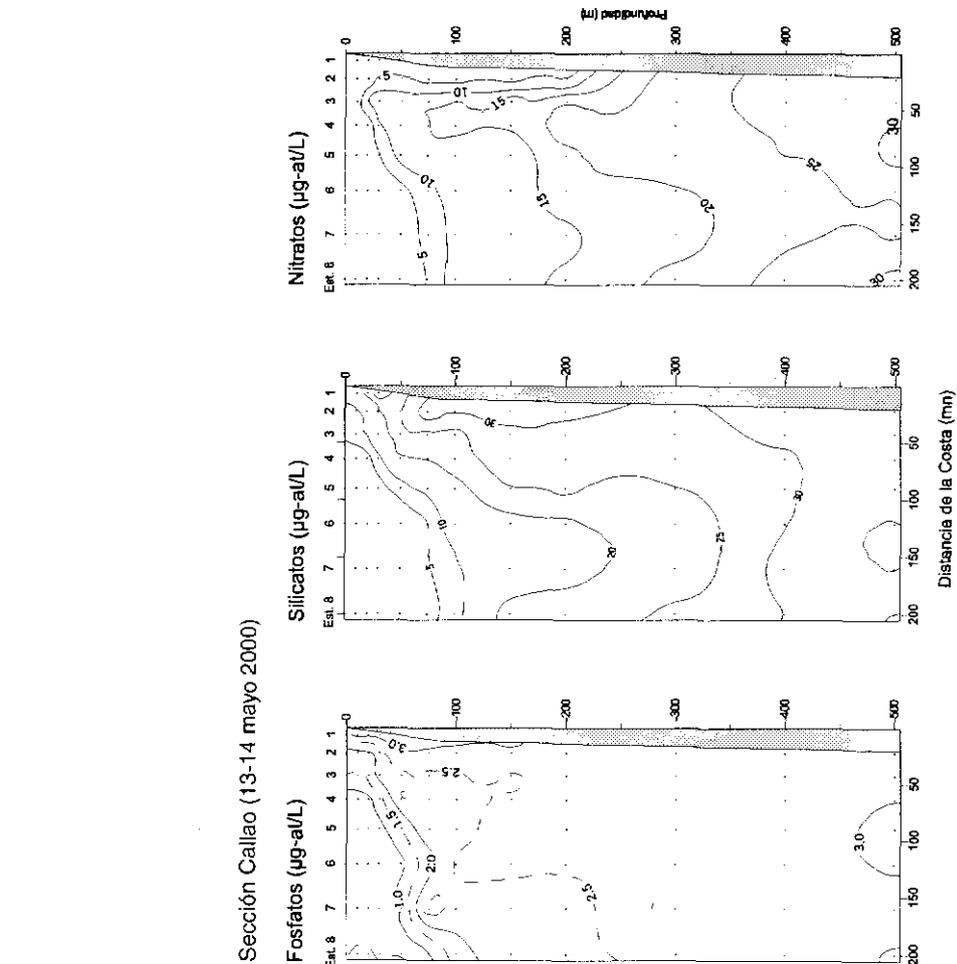


FIGURA 12. Distribución vertical de nutrientes, Sección Callao 13-14 mayo 2000. III Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste. Perú, BIC Humboldt 0005.

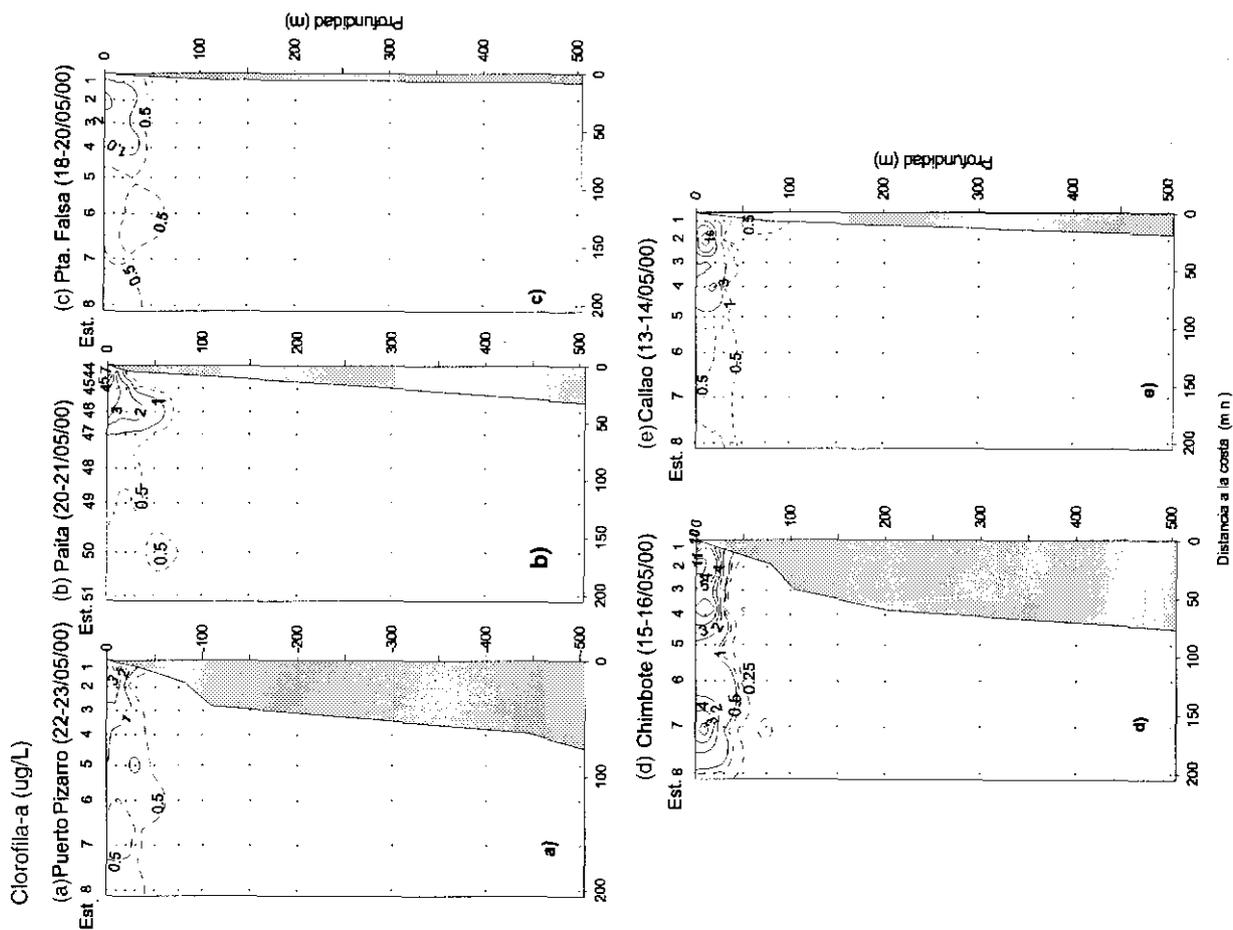


FIGURA 15. Distribución vertical de clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ ) en a) Puerto Pizarro, b) Paíta, c) Punta Falsa, d) Chimbote, e) Callao, III Crucero Regional Conjunto de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sudeste 0005. Perú, BIC Humboldt 0005.

ra de estas áreas las concentraciones fueron menores debido a las mezclas de agua ACF y ASS (Fig. 14).

En Chimbote, en la capa de 0-10 m se localizaron los máximos de clorofila-a (4, 6 y 11 ug/L) asociados a concentraciones de 4,75 a 5,41 mL/L de oxígeno (Fig. 15d). En el Callao la clorofila-a presentó el máximo en la capa superficial entre los 10-20 m con valores de 16,19 y 3,59 ug/L (Fig. 15e).

## DISCUSIÓN

Los registros de las condiciones hidroquímicas (oxígeno, nutrientes y clorofila-a) en El Niño 1997-98 mostraron variaciones en relación con las masas de agua AES y ASS en las diferentes etapas del evento, reduciéndose la extensión de las áreas de mayor concentración a lo largo de la costa. Para el período Post-Niño, estuvieron en relación a la variación de los parámetros físicos y de circulación de las masas de agua.

Comparando con los cruceros regionales de los otoños 1998 y 1999, se tiene que en el Crucero Regional BIC Humboldt y EP Yuta 9805-06 (CÓRDOVA *et al.* 1998) la distribución de oxígeno fue diferente observándose una intensa mezcla de aguas cálidas (AES: 4,8-4,9 mL/L y ASS: >5,5 mL/L) y procesos costeros con aguas de alta productividad y 5 mL/L de oxígeno entre Puerto Pizarro y Salaverry al norte (4°-8°S) y entre Callao-San Juan (12°-16°S), la parte central fue pobre. Los nitratos en la superficie del mar aumentaron.

En el Crucero Regional BIC José Olaya Balandra 9905 (CÓRDOVA *et al.* 1999) el rango de oxígeno disuelto en la superficie del mar se caracterizó por valores de 1,94-7,0 mL/L. Las concentraciones >5 mL/L estuvieron en relación con los procesos de fotosíntesis en Salaverry, Callao e Ilo. Las áreas de afloramiento con altas concentraciones de nutrientes y bajos contenidos de oxígeno se localizaron en Chicama, Callao, Pisco-Atico; así mismo, se observó un repliegue de las ASS.

Para el presente crucero BIC Humboldt 0005, se trabajó en el área del Callao a Puerto Pizarro. Los resultados indicaron que los nutrientes (fosfatos y silicatos) mostraron valores bajos comparados con el patrón estacional (CALIENES *et al.* 1985), debido al debilitamiento del afloramiento costero dentro de las 40 millas. Sin embargo, los nitratos sí estuvieron dentro de los rangos normales, al igual que la clorofila-a, indicando una alta productividad en toda el área de estudio y asociados a concentraciones de oxígeno de 4 a 5 mL/L y transparencia de 5 a 9 m. Los valores de transparencia hallados (10 a 18 m) estuvieron asociados a las concentraciones pobres de nutrientes y clorofila.

En la distribución vertical de clorofila-a se encontró que las concentraciones fueron altas (1,0-11,0 ug/L). En los cruceros BIC J. Olaya 9905 y BIC Humboldt 0005 las máximas concentraciones se hallaron dentro de las 50 y 70 mn.

La ESCC se presentó en el verano (Crucero BICs José Olaya y BIC SNP-2 0001-02) y comienzos de otoño (Crucero BIC SNP-2 0004-05) hasta Punta Falsa; sin embargo, en pleno otoño (Crucero BIC Humboldt 0005) la ESCC se encontró fortalecida entre Puerto Pizarro y Paita debilitándose hacia el sur (Punta Falsa y Chicama)

## CONCLUSIONES

1.- En la superficie del mar el rango de oxígeno varió de 1,61 a 5,83 mL/L. Las concentraciones <3 mL/L indicadoras de aguas de afloramiento se localizaron frente a Callao, Chimbote y Chicama.

2.- En el Crucero BIC Humboldt 0005, la ESCC se encontró bien fortalecida en Puerto Pizarro y Paita, debilitándose en Punta Falsa y Chicama, característica que no ocurrió en el Crucero BIC J. Olaya 9905, ya que en Paita y Punta Falsa la ESCC se debilitó.

3.- El borde superior de la mínima de oxígeno (0,5 mL/L) presentó una distribución variable encontrándose a una profundidad máxima hasta 500 m en Puerto Pizarro y Paita, 260 m en Punta Falsa y 200 m en Chicama y Chimbote, como efecto de la ESCC.

4.- La distribución de nutrientes se halló muy relacionada a las características de las masas de agua ACF y ASS. En la distribución vertical la sección Callao se caracterizó por presentar concentraciones altas de fosfatos (3,0 ug-at/L) y silicatos (20-30 ug-at/L) cerca de la costa.

5.- En la superficie del mar, la biomasa fitoplanctónica en términos de clorofila-a presentó buenas concentraciones mayores de 1,0 ug/L dentro de las 90 y 180 mn. La sección Chimbote se caracterizó por presentar 3 máximos de clorofila (4,0; 6,0 y 11,0 ug/L) en la capa de 0 a 10 m de profundidad.

## Referencias

- CALIENES, R., O. GUILLÉN y LOSTALNAU. 1985. Variabilidad espacio temporal de clorofila, producción primaria y nutrientes frente a la costa peruana. Bol. Inst. Mar 10 (1) 1-44.
- CARRIT, D. y J. CARPENTER. 1966. Comparison and evaluation of currently employed modifications of Winkler method for determination dissolved oxygen in sea water. J. Mar. Res. 24:286-318.
- CÓRDOVA, J., C. ROBLES y M. SARMIENTO 1999. Condiciones hidroquímicas del mar peruano durante el otoño 1999. Informe interno del Área de Hidroquímica y Productividad.
- CÓRDOVA, J. y M. SARMIENTO. 2001. Condiciones hidroquímicas del mar peruano durante el crucero de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos BICs J. Olaya y SNP-2 0001-02. Informe interno del Área de Hidroquímica y Productividad.
- FLORES, G., J. LEDESMA y J. SOLIS. 1999. Condiciones hidroquímicas del mar peruano a finales de la primavera 1998. Inf. Inst. Mar Perú 146: 95-103.
- HOLM-HANSEN, A., O. LORENZEN, R. HOLMES y J. STRICKLAND. 1965.

- Fluorometric determination of chlorophyll. J. Cons. Perm. Inst. Explor. Mer 30: 3-15.
- IMARPE. 1999. Informe Ejecutivo del II Crucero Regional de Investigaciones Oceanográficas en el Pacífico Sud Este. Mayo 1999.
- STRICKLAND, J. y T.R. PARSONS. 1972. Practical Handbook of Seawater Analysis Fisheries Research Board OF Canada Ottawa. Bulletin 167.
- UNESCO. 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Intergmental Oceanographic Commission. Manual and Gufas N° 12. 53 pp
- YENTSCH, C. y D. MENZEL. 1963. A method for determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence. Deep Sea Res. 10:221-231.