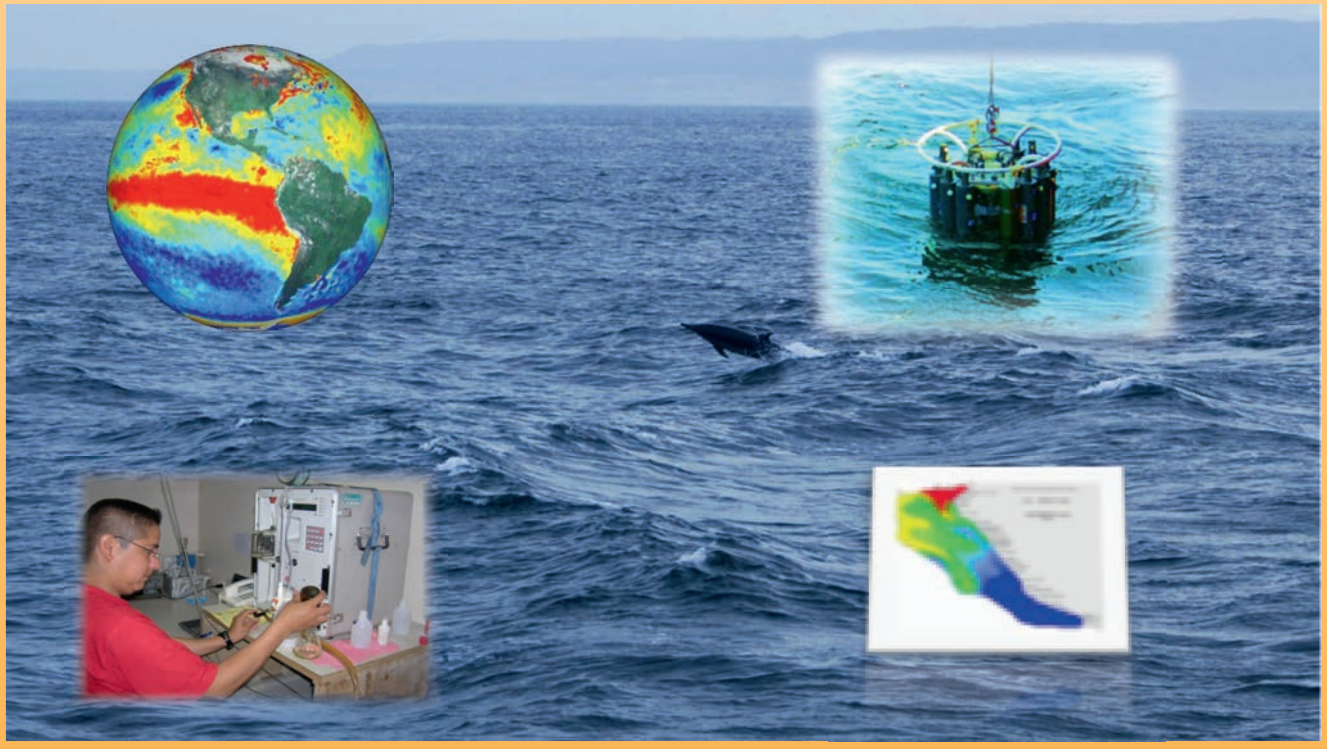
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

INFORME

ISSN 0378-7702
Volumen 38, Número 1

Aspectos oceanográficos del mar peruano en el periodo 2002 - 2008



Enero - Marzo 2011
Callao, Perú

CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS Y ONDAS KELVIN EN PRIMAVERA 2004: CRUCERO BIC OLAYA 0409-10

OCEANOGRAPHIC CONDITIONS AND KELVIN WAVES IN SPRING 2004: RV OLAYA 0409-10 CRUISE

Octavio Morón *Martín Campos*
Dirección de Investigaciones Oceanográficas. Instituto del Mar del Perú

RESUMEN

Morón O, Campos M. 2011. Condiciones oceanográficas y ondas Kelvin en Primavera 2004: Crucero BIC Olaya 0409-10. Inf Inst Mar Perú 38(1): 97-106.- Este crucero oceanográfico 0409-10, se realizó entre el 24 setiembre y 7 octubre 2004; abarcó el área entre Punta Caballas (15°S) y Paita (5°S), hasta 190 mn de la costa. El objetivo era conocer las características del ambiente marino y establecer sus relaciones con un probable evento cálido. Las observaciones más importantes fueron: (1) ondas Kelvin, ya registradas en el invierno, motivaron proyección de aguas ecuatoriales superficiales hacia el sur y suroeste, entre los 5-7,5°S, provocando condiciones ligeramente cálidas en la zona oceánica, con un pequeño núcleo de anomalía térmica de +2,3 °C en la zona costera de Paita; (2) al sur de los 6°S (Punta La Negra) dentro de las 100 mn hubo anomalías térmicas próximas a lo normal; (3) el afloramiento costero se desarrolló moderadamente en el área de estudio en una franja de 10 a 25 mn de la costa, excepto en la zona frente a Paita; (4) las aguas subtropicales superficiales (ASS) se ubicaron fuera de las 50 mn entre 9-12°S, por fuera de las 160 mn al norte de esa latitud y a 25 mn de Pucusana, alcanzando 90 m de profundidad frente a Chimbote; (5) la isoterma de 15 °C se registró entre 11 a 100 m, con mayor profundidad frente a Chimbote, por fuera de 100 mn, mostrando que los flujos predominantes provinieron del sur; (6) la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell (ESCC) mostró profundización de la isoterma de 14 °C y no con la de 15 °C como es normal; (7) vientos predominantes del SE con 4 a 7 m/s fueron característicos durante el crucero, excepto frente a Paita, Chicama y de regreso al Callao donde se registraron velocidades entre 7 a 11 m/s.
Palabras clave: condiciones oceanográficas, ondas Kelvin, primavera 2004, ATSM, AES, ASS, ESCC.

ABSTRACT

Morón O, Campos M. 2011. Oceanographic conditions and Kelvin waves in spring 2004: RV Olaya 0409-10 cruise. Inf Inst Mar Perú 38(1): 97-106.- This oceanographic cruise 0409-10, was conducted between September 24th and October 7th, 2004; it covered the area between Punta Caballas (15°S) and Paita (5°S) and up to 190 nm offshore. The objective was to know the characteristics of the marine environment and to establish the relationship with a probable El Niño event. The most important observations were: (1) Kelvin waves, recorded in the winter, led to the projection surface equatorial waters to the south and southwest, between 5 to 7.5°S, resulting in slightly warmer conditions in the ocean, with a small core of thermal anomaly +2,3 °C in the coastal area of Paita; 2) south of 6°S (Punta La Negra) within 100 nm, thermal anomalies were near normal; (3) coastal upwelling moderately developed in the study area in a strip of 10 to 25 nm offshore, except in the area off Paita; (4) subtropical surface waters (ASS) were located outside the 50 nm between 9-12°S, outside the 160 nm north of this latitude, and 25 nm of Pucusana, reaching 90 m depth off Chimbote; (5) the isotherm of 15 °C was recorded between 11 and 100 m, with greater depth off Chimbote, outside 100 nm, showing that the predominant flows came from the south; (6) South Extension of the Cromwell Current (ESCC) showed deepening of the isotherm of 14 °C and not with the 15 °C, as usual; (7) SE prevailing winds with speeds 4 to 7 m/s were characteristic during the cruise, except off Paita, Chicama and back to Callao, where speeds were recorded between 7 to 11 m/s.
Keywords: oceanographic conditions, Kelvin waves, spring 2004, ATSS, SEW, SSW, SECC.

INTRODUCCIÓN

Entre 2003 y 2004, las imágenes satelitales mostraron continuos vientos zonales del Pacífico occidental, que en algunas oportunidades alcanzaron anomalías de 2 a 3 m/s (Fig. 1). Estos vientos anómalos, al coincidir con núcleos cálidos en la capa subsuperficial del Pacífico ecuatorial, activan el traslado de la energía calórica a través de la denominada onda Kelvin (Mc Phaden 1999) hacia el Pacífico oriental (costa de Sudamérica). Se estima en 2 a 3 meses el traslado de la onda Kelvin del Pacífico occidental al oriental, dependiendo de vientos contrarios, estado de mar, etc.

Estas ondas estuvieron muy activas en el segundo semestre del 2003 (Cr. 0308-09 biomasa desovante, Cr. pelágico 0310-12), en el del 2004 (Cr. biomasa desovante 0408-09), y en este Cr. 0409-10, alcanzando la costa de Sudamérica y desplazando las aguas ecuatoriales superficiales (AES) hacia el sur, alterando el ecosistema en la zona norte del Perú. A inicios de setiembre 2004, en las estaciones costeras de Talara y Paita, se registró el primer impacto de estas ondas incrementándose la temperatura hasta en 3 °C.

Durante el Crucero 0408-09, en la sección frente a Paita (2-3 setiembre 2004), se registró proyección de AES entre 0 y 70 mn de la costa con profundidades de hasta 25 m, y una ligera presencia de estas aguas frente Punta Falsa; fue algo muy similar, pero con menor intensidad, a lo ocurrido en el 2003 aproximadamente en las mismas fechas, cuando las AES, después de impactar en la costa de Paita y Punta Falsa se proyectaron hacia el Oeste, disminuyendo su intensidad y volumen, algo que también se observó en el 2004.

MATERIAL Y MÉTODOS

El Crucero Regional Oceanográfico 0409-10, se realizó a bordo del BIC Olaya y la L/P Apropisco. El BIC Olaya estudió el área del Callao a Paita (12-5°S) hasta 190 mn de la costa, del 27 setiembre al 7 octubre 2004. La L/P Apropisco cubrió la zona sur, desde Punta Caballas (15°S) al Callao (12°S) y hasta 150 mn de la costa, del 24 setiembre al 7 octubre 2004 (Fig. 2).

Se fijaron 245 estaciones, 182 superficiales y 63 hidrográficas hasta 600 m de profundidad. En la superficie se obtuvieron datos de temperatura, salinidad, oxígeno, nutrientes, clorofila-a, CO_2, fitoplancton y zooplancton, además de registros horarios de temperatura del ambiente, humedad, presión atmosférica, dirección y velocidad del viento.

La estructura térmica y halina vertical se estudió a base de los lanzamientos de CTD en 7 perfiles: Punta Caballa (150 mn), Pisco (100 mn), Callao (150 mn), Chimbote (150 mn), Punta La Negra (190 mn), Paita (170 mn) y Chicama (70 mn).

Para colectar muestras hasta 300 m de profundidad, se utilizó botellas Niskin de 5 L de capacidad y redes estándar de fito y zooplancton. También se realizaron 10 arrastres oblicuos con red Bongo hasta 200 m de profundidad.

La información de 63 lanzamientos de CTD se procesó a bordo; se determinó la concentración de 352 muestras de salinidad por el método de inducción, 378 muestras de oxígeno por titulación (Winkler) y 232 muestras de clorofila por el método fluorométrico.

Para la descripción de masas y tipos de agua se siguió a Wirtky 1967 y a Zuta y Guillén 1970. La elaboración de figuras se efectuó mediante el programa Surfer 8.0.

RESULTADOS

Características superficiales

La **temperatura** (TSM) varió entre 14,92 a 21,31 °C (Fig. 3). Las zonas de afloramiento, tipificadas con temperaturas <17 °C, se presentaron a distancias de 10 a 25 mn; la isoterma de 18 °C mostró una mayor relación con las ASS. Temperaturas >20 °C se ubicaron principalmente frente a Paita, por desplazamiento del Frente Ecuatorial (FE) hacia el sur; y fuera de las 120 mn frente a Punta La Negra, por estar asociada a la atípica proyección hacia el sur de las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES <34,8 ups).

Las **anomalías térmicas** (ATSM) variaron entre –0,10 °C (70 mn frente a Salaverry) y + 2,32 °C (zona costera frente a Paita); esta última, por las ondas Kelvin llegadas a la costa de Sudamérica y la proyección del FE. Por el desplazamiento de AES hacia el Oeste (ondas Rossby), la zona oceá-

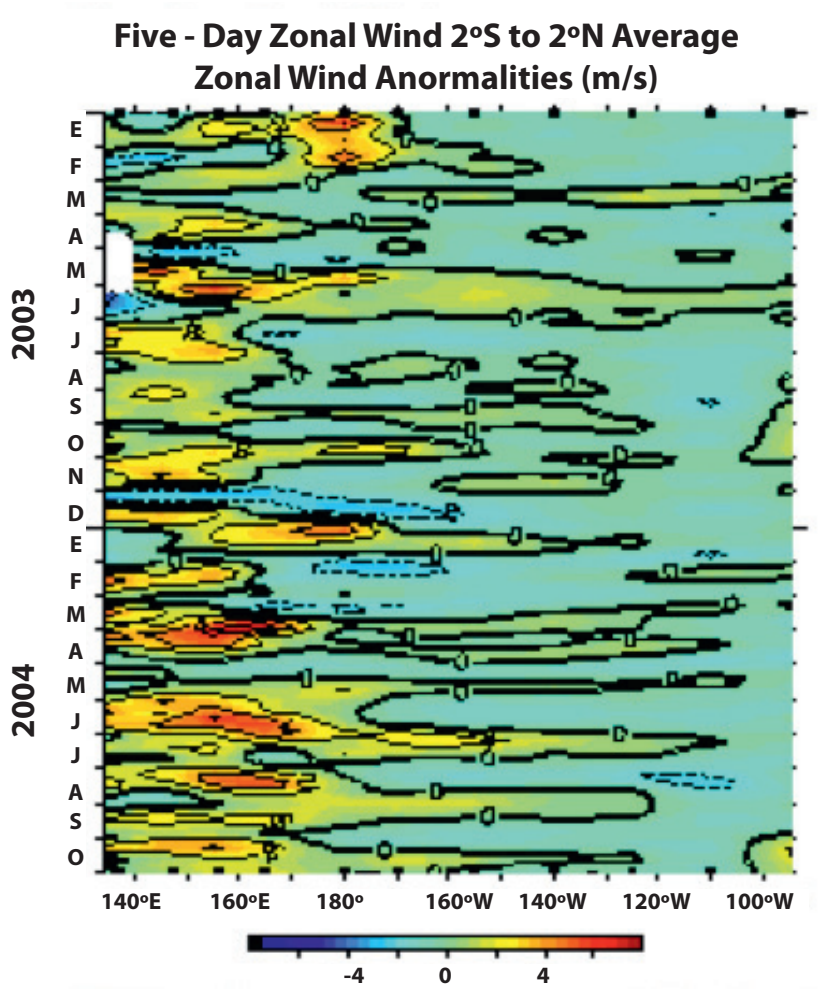


Figura 1.- Anomalía del viento zonal (m/s) del Pacífico occidental entre 2003 y 2004. Tao Proyect/PMEL/NOAA

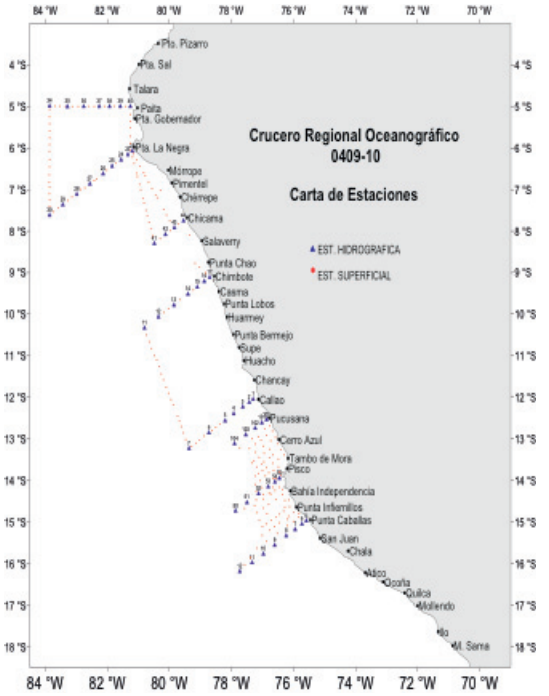


Figura 2.- Carta de estaciones oceanográficas. Cr. 0409-10 BIC José Olaya B. L/P Apropisco (24 Set - 07 Oct. 204)

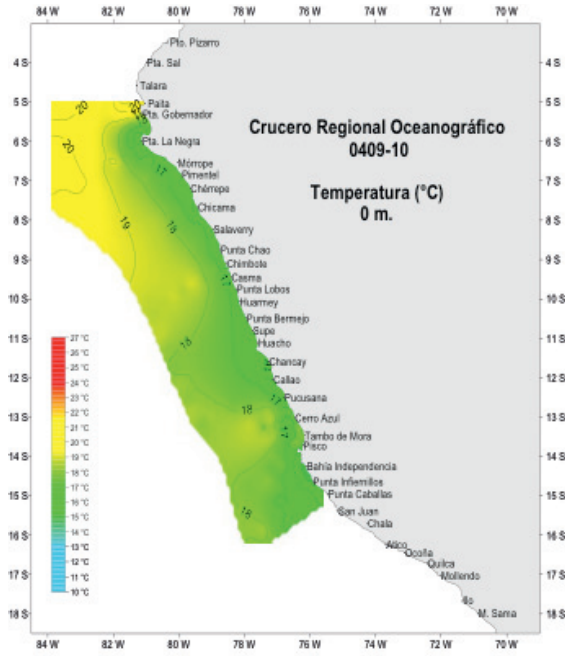


Figura 3.- Temperatura superficial del mar (°C), Cr. 0409-10
BIC José Olaya B. L/P Apropisco (24 Set - 07 Oct. 2004)

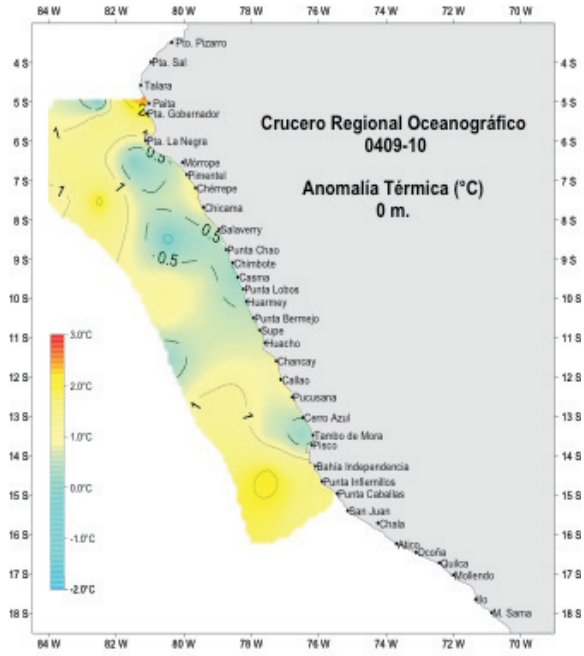


Figura 4.- Anomalía térmica en superficie (°C), Cr. 0409-10
BIC José Olaya B. L/P Apropisco (24 Set - 07 Oct. 2004)

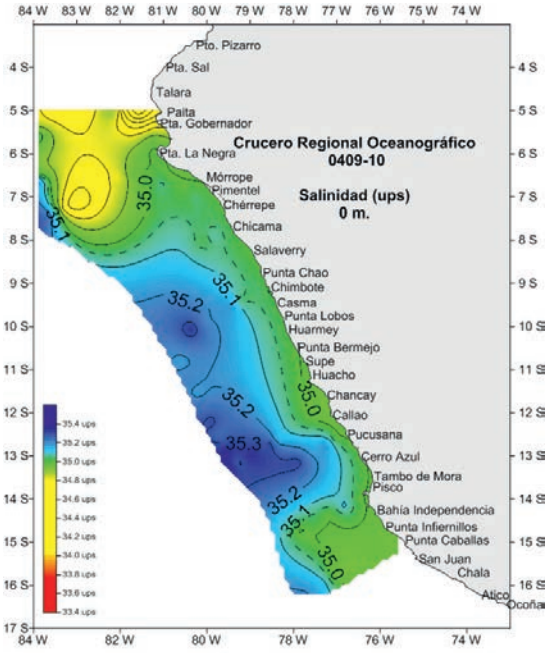


Figura 5.- Salinidad superficial del mar (ups), Cr. 0409-10
BIC José Olaya B. L/P Apropisco (24 Set - 07 Oct. 2004)

nica al norte de 9°S presentó anomalías >1 °C. Cabe resaltar que, a pesar de la presencia de AES fuera de las 70 mn frente a Paita, hubo anomalías próximas a lo normal en dicha zona (Fig. 4). En general, las condiciones térmicas entre Punta La Negra y Pisco, dentro de las 100 mn fueron próximas a lo normal.

La **Salinidad (ups)** varió de 34,288 a 35,354 ups. Lo atípico para la época fue la presencia de tres núcleos de AES al norte de los 7°30'S, resultado del arribo de ondas Kelvin a inicio y fines de setiembre, la última onda se registró dentro de las 50 mn frente a Paita (34,3 a 34,8 ups), proyectando el Frente Ecuatorial hacia el sur; los otros dos núcleos que se observaron fuera de las 70 mn (de 34,7 a 34,8 ups), al parecer fueron los mismos que se registraron entre el 2 y el 5 de setiembre en las zonas costeras de Paita y Punta La Negra y que se desplazaron al oeste por efecto de las ondas Rossby (Mc Phaden, 1999), con tendencia a desaparecer por la mezcla con ASS.

Entre 9 y 14°S, las ASS con 35,1 a 35,35 ups, se ubicaron en zonas dentro de lo normal para la época, próximas frente a Chimbote (50 mn) y máxima salinidad fuera de las 60 mn entre Pucusana y Cerro Azul. Al sur de 14°S y entre los 6 – 9°S se ubicaron las máximas proyecciones de las ACF asociadas al afloramiento costero, mezclándose ligeramente con las ASS en el centro y sur del Perú y con las AES en el norte (Fig. 5).

En general, la distribución termohalina presentó un comportamiento atípico en la zona oceánica al norte de Pimentel y en la zona costera de Paita, debido al arribo de ondas Kelvin que ocasionaron fluctuaciones del Frente Ecuatorial, y dieron lugar a la formación de ondas Rossby que trasladan las AES hacia el oeste. En el sur se mantuvo la característica estacional.

El **oxígeno disuelto** en la superficie (Fig. 6), presentó de 2,72 a 6,71 mL/L; en el área evaluada predominaron valores >5 mL/L, ubicados fuera de las 30 mn al sur de los 8°S y fuera de las 80 mn en la zona norte. Concentraciones >6 mL/L se encontraron en un pequeño núcleo a 30 mn frente al Callao y cerca de la costa entre Cerro Azul y Tambo de Mora. Existencia de OD <4 mL/L, asociadas a procesos de afloramiento, se registraron dentro de las

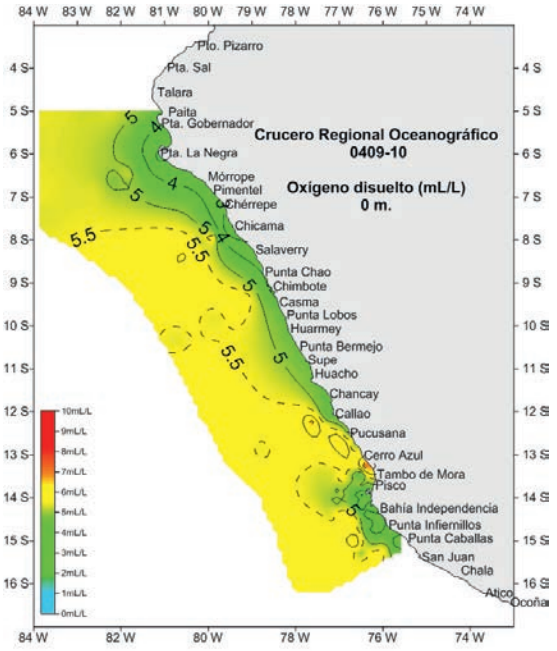


Figura 6.- Oxígeno superficial del mar (°C), Cr. 0409-10 BIC José Olaya B. L/P Apropisco (24 Set - 07 Oct. 2004)

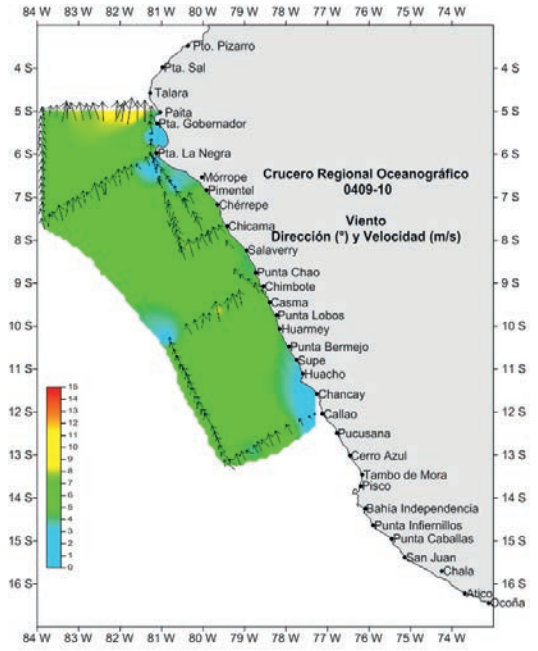


Figura 7.- Dirección (°) y Velocidad (m/s) del Viento. Cr. 0409-10 BIC José Olaya B. L/P Apropisco (24 Set - 07 Oct. 2004)

25 mn de Punta Gobernador a Punta Chao y de Pisco a Punta Caballas.

Los **vientos superficiales** (Fig. 7) fluctuaron entre 1,00 y 11,70 m/s; predominaron vientos de velocidad moderada (4 a 7 m/s) a lo largo del área evaluada, excepto en la zona frente a Paita (hasta 120 mn de la costa) y de Chicama al Callao (navegación de regreso), donde se registraron velocidades entre 7 y 12 m/s.

Las bajas velocidades se registraron con núcleos <3 m/s, principalmente frente al Callao y entre Punta Gobernador a Mórrope (dentro de las 40 mn), también se registraron vientos débiles fuera de las 140 mn frente a Chimbote.

La dirección del viento predominó del sureste en toda el área evaluada, solo en algunas estaciones puntuales se registraron vientos del sur, y en otros casos en zonas con vientos débiles no se observó una dirección definida.

Características sub-superficiales

La profundidad de la isoterma de 15 °C, varió de 11 a 100 m en toda el área de estudio (Fig. 8). Profundidades >80 m se localizaron por fuera de las 100 mn frente a Chancay y Chimbote, originando giros anticiclónicos por la convergencia con alguna corriente subsuperficial. Las profundidades menores de la isoterma de 15 °C se ubicaron próximas a la costa de Callao, Chimbote y Punta La Negra.

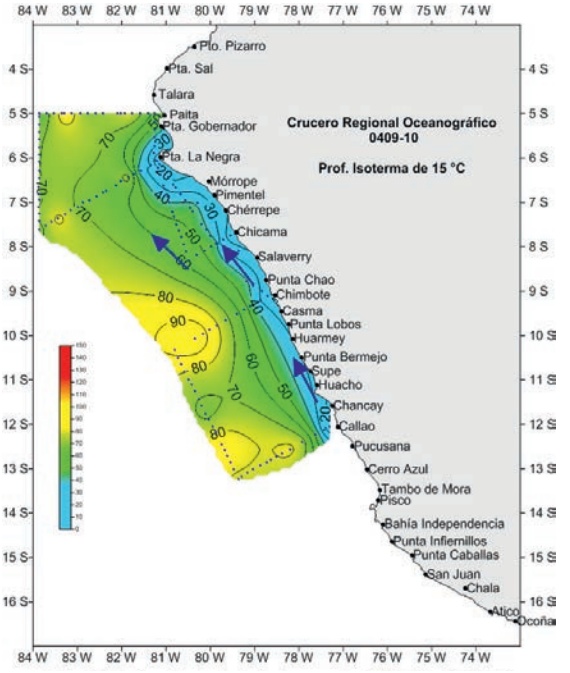


Figura 8.- Profundidad de la isoterma de 15°C, Cr. 0409-10 BIC José Olaya B. L/P Apropisco (24 Set - 07 Oct. 2004)

El comportamiento de las isobatas mostró flujos predominantes hacia el norte, proyectándose incluso al norte de los 6°S, indicativo de que la corriente costera estuvo desarrollada a pesar de la presencia de ondas Kelvin.

Atípicamente la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell (ESCC), identificada con la isoterma de 15 °C (Morón et al. 2001), se presentó con la profundización de la isoterma de 14 °C.

Características verticales

Frente a **Punta Caballas**, la estructura térmica presentó una termoclina con un gradiente térmico de 3 y 4 isotermas fuera de las 40 y 100 mn de la costa, respectivamente, ubicándose por encima de los 100 m de profundidad. Dentro de las 20 mn afloraron

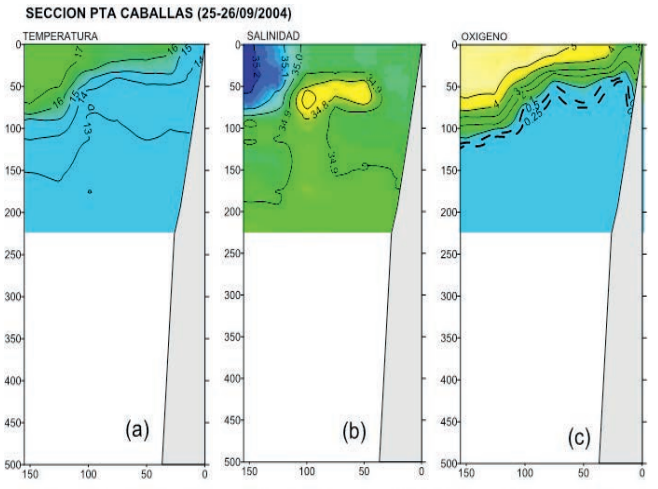


Figura 9.- Distribución vertical de: a)Temperatura °C, b) Salinidad (ups) y c) Oxígeno (mL/L) frente a Punta Caballa. Cr. 0409-10
BIC José Olaya B. L/P Apropisco (24 Set - 07 Oct. 2004)

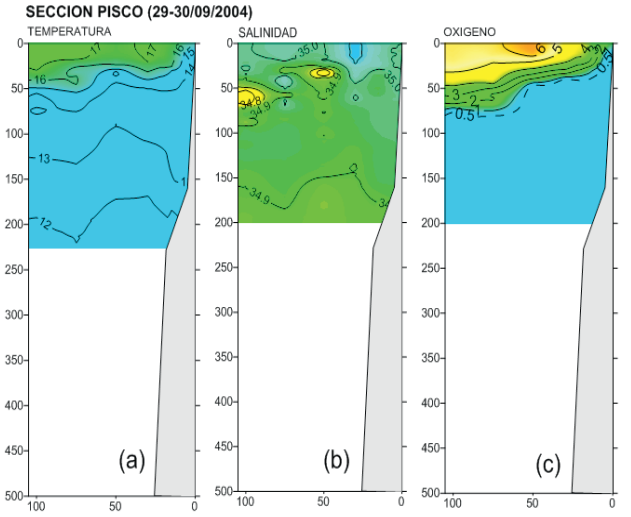


Figura 10.- Distribución vertical de: a)Temperatura °C, b) Salinidad (ups) y c) Oxígeno (mL/L) frente a Pisco. Cr. 0409-10
BIC José Olaya B. L/P Apropisco (24 Set - 07 Oct. 2004)

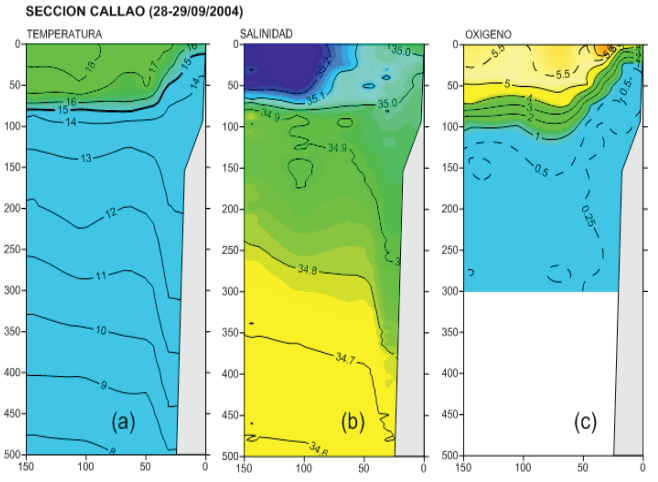


Figura 11.- Distribución vertical de: a)Temperatura °C, b) Salinidad (ups) y c) Oxígeno (mL/L) frente a Callao. Cr. 0409-10
BIC José Olaya B. L/P Apropisco (24 Set - 07 Oct. 2004)

las isotermas de 14 a 16 °C desde profundidades menores a 50 m (Fig. 9a).

La Fig. 9b muestra distintas concentraciones de salinidad que tipifican tres masas o tipos de agua (Zuta y Guillén 1970): Aguas Costeras Frías (ACF) con 34,9 a 35,0 ups que predominan dentro de las 100 mn, donde también se ubica un núcleo de Aguas Templadas de la Subantártica (ATSA) (34,8 ups; >15 °C) entre los 50-80 m de profundidad, y por último las ASS con salinidad >35,1 ups ubicadas fuera de las 120 mn y hasta los 75 m.

La oxiclina (Fig. 9c) presentó un comportamiento similar a la termoclina. La isoterma de 15 °C se relaciona con la iso-oxígena de 4 mL/L como referentes del afloramiento en la zona. La mínima de oxígeno (0,5 mL/L) alcanza los 50 m cerca de la costa.

En la sección frente a **Pisco** se registró una termoclina débil, con 4 isotermas (14 a 17 °C); el límite inferior fue la isoterma de 14 °C (Fig. 10a). La isoterma de 15 °C se ubicó por encima de los 50 m de profundidad fuera de las 70 millas, presentando un comportamiento de surgencia conforme se aproximaba a la costa, el afloramiento estuvo restringido a las 20 mn de la costa y con isotermas de 15 y 16 °C.

La salinidad (Fig. 10b) presentó mezclas superficiales entre ACF y ASS hasta 25-30 m de profundidad; pequeños núcleos de ATSA alrededor de los 30 y 60 m y entre 50 y 100 mn de la costa, respectivamente. Las típicas ACF se ubicaron principalmente entre los 30 y 150 m de profundidad.

La oxiclina (Fig. 10c) se ubicó sobre los 70 m y el afloramiento dentro de las 20 mn. La mínima de oxígeno se ubicó a 80 m de profundidad a 100 mn de la costa y a 10 m cerca a la costa.

Frente al **Callao** (Fig. 11a), se presentó una termoclina entre 60 y 90 m de profundidad y fuera de las 60 mn, conformada por 4 isotermas (17 - 14 °C). La de 15 °C a 80 m (entre las 50 y 150 mn), ascendiendo hasta 20 m en la zona costera. La profundización cerca a la costa de la isoterma de 13 °C y de la isohalina de 34,9 ups, indica la presencia de un flujo hacia el sur debajo de los 100 m, lo que pudo haber tenido relación con una proyección atípica de la ESCC por efecto de las ondas Kelvin registradas en ese período.

La salinidad (Fig. 11b) mostró valores mayores de 35,1 ups (ASS) por fuera