

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

INFORME

ISSN 0378-7702

Volumen 44, Número 2



Abril - Junio 2017
Callao, Perú



PERÚ

Ministerio
de la Producción

ASPECTOS FÍSICOS Y QUÍMICOS EN EL ECOSISTEMA MARINO DEL ÁREA NATURAL DE ISLAS BALLESTAS Y CHINCHA, PERÚ. MARZO 2015

PHYSICAL AND CHEMICAL ASPECTS IN THE MARINE ECOSYSTEM OF THE NATURAL AREA OF ISLANDS BALLESTAS AND CHINCHA, PERU. MARCH 2015

Octavio Morón¹

Georgina Flores¹

RESUMEN

MORÓN O, FLORES G. 2017. Aspectos físicos y químicos en el ecosistema marino del área natural de islas Ballestas y Chincha, Perú. Marzo 2015. *Inf Inst Mar Perú*. 44(2): 268-283.- El estudio sobre los aspectos físicos y químicos en las islas Ballestas y Chincha, se realizó entre el 15 y 25 de marzo 2015. Las condiciones oceanográficas anómalas se debieron al debilitamiento de los vientos superficiales, fuerte descarga del río Pisco y aproximación de Aguas Subtropicales. En la superficie del mar la temperatura fluctuó entre 19,6 °C (E-16a) y 26,2 °C (E-B2), la salinidad entre 32,96 ups (E-B2) y 34,896 ups (E-11) y el oxígeno de 3,6 mL/L (E-21) a 8,44 mL/L (E-11). La presencia de nutrientes se caracterizó por formación de núcleos de altas y bajas concentraciones en el área de estudio. La biomasa fitoplanctónica al sur de las islas Chincha fue pobre (<1 µ/L), incrementándose hacia el norte donde se registró máxima concentración de 3 µg/L, asociado a contenidos altos de oxígeno y pH. En la columna de agua la salinidad presentó concentraciones entre 35,0 y 35,1 ups, valores moderadamente elevados para la zona y profundidad. Las variables químicas fueron afectadas en la capa de los 0 a 20 m por la influencia del río Pisco (mezclas de agua), por debajo de 20 m la distribución presentó valores dentro de los rangos establecidos.

PALABRAS CLAVE: Islas Ballestas y Chincha, aspectos físicos y químicos, marzo 2015

ABSTRACT

MORÓN O, FLORES G. 2017. Physical and chemical aspects in the marine ecosystem of the natural area of islands Ballestas and Chincha, Peru. March 2015. *Inf Inst Mar Peru*. 44(2): 268-283.- The study on the physical and chemical aspects in the islands Ballestas and Chincha, were carried out between the 15 and 25 of March 2015. The anomalous oceanographic conditions were due to the weakening of the superficial winds, the strong discharge of the Pisco River and the approach of Subtropical Waters. On the surface of the sea the temperature fluctuated between 19.6 °C (E-16a) and 26.2 °C (E-B2), salinity was between 32.96 psu (E-B2) and 34.896 psu (E-11) and oxygen from 3.6 mL/L (E-21) to 8.44 mL/L (E-11). The presence of nutrients was characterized by the formation of nuclei of high and low concentrations throughout the study area. Phytoplankton biomass to the south of the Chincha islands was poor (<1 µ/L), increasing to the north where the maximum concentration of 3 µg/L was associated with high oxygen and pH contents. In the water column the salinity presented concentrations between 35.0 and 35.1 psu, moderately elevated values for the area and depth. The chemical variables were affected in the 0-20 m layer by the influence of the Pisco River (water mixtures), below 20 m the distribution presented values within the established ranges.

KEYWORDS: Islands Ballestas and Chincha, physical and chemical aspects, March 2015

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos meses del 2014 (Boletín Oceanográfico diario del IMARPE) el mar peruano presentó serias alteraciones asociadas principalmente a las fluctuaciones en la ubicación e intensidad del Anticiclón del Pacífico Sur, que entre enero y marzo 2015 estuvo orientado hacia el sureste y suroeste de su ubicación normal, con anomalías de +2 hPa a +3 hPa, mientras que frente a Perú las presiones atmosféricas a nivel del mar exhibieron valores de normales a anomalías de -1 hPa.

Estas bajas presiones dieron lugar a que los vientos en la costa peruana fueran débiles, solo en los primeros días de marzo se presentaron anomalías neutras y positivas de hasta +2 m/s; sin embargo, a partir del 10 de marzo estos vientos se debilitaron a lo largo

de la costa, produciendo anomalías de hasta -4 m/s, favoreciendo la proyección de Aguas Ecuatoriales y Tropicales por el norte e incursión de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) en la costa central y sur del Perú.

La temperatura del 1 al 11 de marzo presentó anomalías térmicas negativas hasta de -4°C y con el debilitamiento de los vientos estas desaparecieron, presentándose luego anomalías de hasta +3,5 °C en toda la costa peruana hacia el 23 de marzo. La reactivación de los vientos y del afloramiento en los últimos días del mes propició la disipación de las condiciones cálidas a lo largo de gran parte de la franja costera de Perú. Condiciones algo similares pero de menor intensidad han ocurrido en otras oportunidades en Pisco, ocasionando mortandad de organismos al interior de la bahía de Paracas.

¹ Investigación en Oceanografía Química y Geología. IMARPE. Esq. Gamarra y Gral. Valle s/n Callao, Perú. omoron@imarpe.gob.pe

El objetivo del trabajo fue determinar condiciones químicas y físicas de la superficie y columna de agua en las islas Ballestas y Chincha, estableciendo en superficie y en columna de agua la distribución de temperatura y salinidad, así como la distribución y concentración de oxígeno disuelto, clorofila, pH y nutrientes.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprendió de 13°35' a 13°47'S y de 76°18' a 76°27'W, que involucró a la islas Ballestas y Chincha. Los límites geográficos determinados para esta línea base están enmarcados en lo establecido para la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotos y Puntas Guaneras RNSIIPG (Fig. 1).

Metodología.- En el estudio fue utilizada la embarcación Jesús Antonio con base en San Andrés-Pisco. Se trabajó en 54 estaciones (Fig. 2) en las que se obtuvo sedimento, información y muestras de agua, empleándose: termómetro de superficie, CTD, botellas Niskin, draga, reactivos y frascos. Se realizó la toma de información batimétrica mediante una grilla cuadrática.

En estaciones seleccionadas los muestreos superficiales comprendieron nutrientes, clorofila-a, oxígeno disuelto y pH; en las estaciones hidrográficas se lanzó el CTD para un registro continuo de temperatura, salinidad y oxígeno. Además, se obtuvo muestras de agua a profundidad intermedia y de fondo utilizando la botella Niskin.

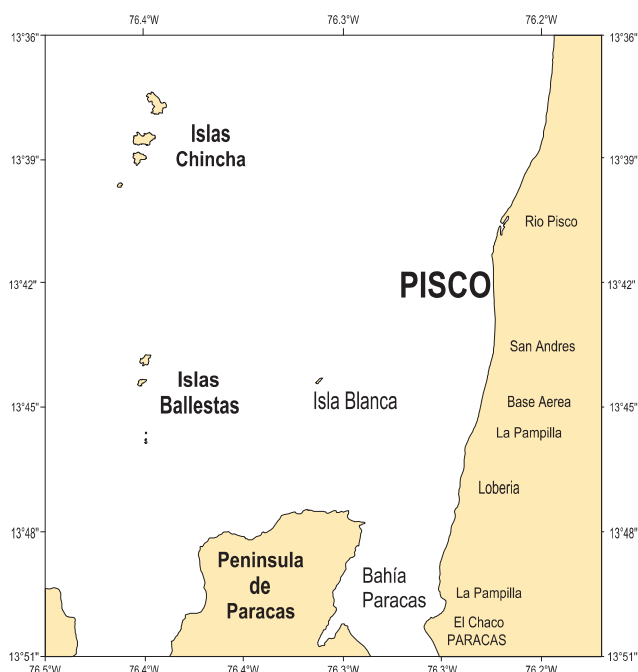


Figura 1.- Ubicación geográfica de las islas Ballestas y Chincha

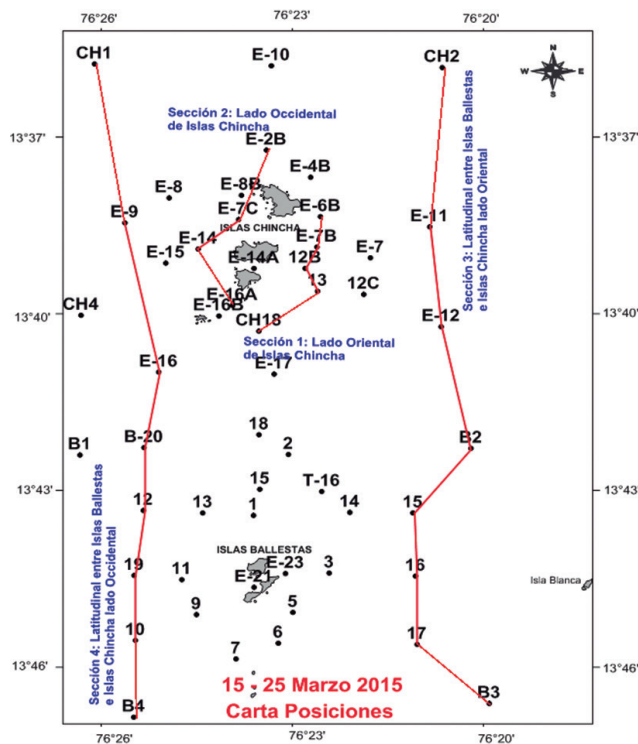


Figura 2.- Estaciones y secciones hidrográficas en islas Ballestas y Chincha

Las muestras de oxígeno disuelto se procesaron de manera inmediata usando el tratamiento de fijación y titulación, por el método tradicional de CARRIT y CARPENTER (1966). Para estimar el pH se utilizó el método de DICKSON (1993) por electrodo combinado. Las muestras de clorofila-a fueron filtradas empleando membranas de fibra de vidrio Whatman GF/F de 2,5 mm, preservadas en congelación y analizadas en la sede central del IMARPE mediante los métodos de HOLM-HANSEN et al. (1965) y YENTSCH y MENZEL (1963). Las muestras para determinar nutrientes fueron preservadas en congelación hasta su análisis en el Laboratorio Central, siguiendo el método de STRICKLAND y PARSONS (1972). La transparencia del agua de mar se obtuvo haciendo uso del disco Secchi. Para la elaboración de los gráficos se aplicó el programa Surfer 12.

3. RESULTADOS

ASPECTOS FÍSICOS

En superficie

La temperatura varió de 20 a 26 °C, valores atípicos para la zona relacionados con alteraciones océano-atmosféricas, tal como fue la aproximación a la costa de aguas cálidas debido al debilitamiento de los vientos y a la fuerte descarga del río Pisco. Temperaturas mayores de 25 °C cubrieron el área próxima a la costa hasta la altura de las islas Ballestas y Chincha (Fig. 3), mezclándose con aguas relativamente frías en el área oceánica.

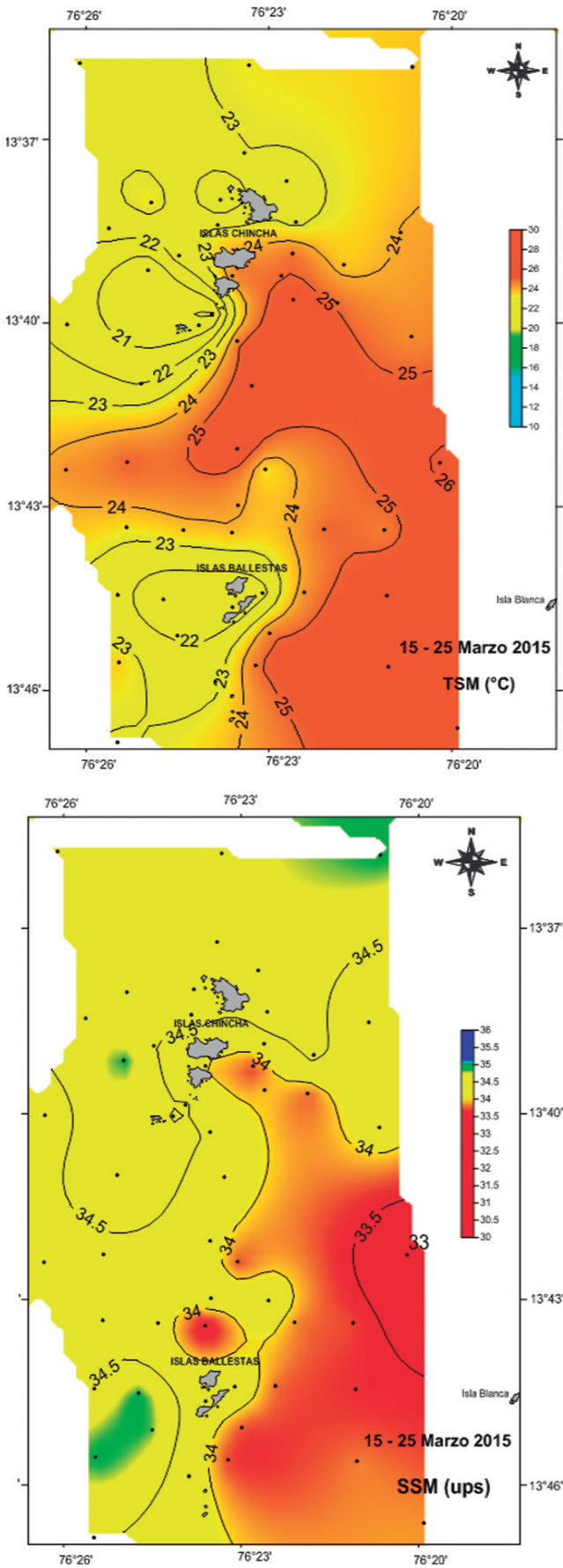


Figura 3.- Distribución de temperatura y salinidad superficial del mar. Islas Ballestas y Chincha

Las aguas con temperaturas menores de 22 °C se registraron próximas a las islas, principalmente en la parte occidental, originando grandes núcleos por la mezcla con aguas cálidas.

La salinidad en superficie mostró marcadas alteraciones atribuidas a la fuerte descarga del río Pisco. Toda el área de estudio se vio afectada por bajas concentraciones de salinidad, con valores entre 33,0 y 34,9 ups. Concentraciones menores de 34,0 ups se proyectaron desde la desembocadura del río hasta las islas en estudio, y estuvieron relacionadas con temperaturas mayores de 25 °C, mientras que los valores mínimos (<33,5 ups) presentaron mayor relación con temperaturas de 26 °C. En el área oceánica se registraron pequeños núcleos de valores propios del área (34,8 – 34,9 ups), principalmente al sur de las islas Ballestas.

En profundidad intermedia

La temperatura presentó predominancia de valores alrededor de 15,5 °C en el área circundante a las islas; en zonas de menor profundidad como en los estrechos de paso entre las islas, los valores fueron más elevados (Fig. 4). En las estaciones de mayor profundidad las temperaturas disminuyeron.

La salinidad mostró concentraciones entre 35,0 y 35,1 ups (Fig. 4), valores moderadamente elevados para la zona y profundidad, pero fueron consecuencia de la aproximación de Aguas Subtropicales Superficiales debido al marcado debilitamiento de los vientos Alisios del sur.

En el fondo

Con excepción de la estación 14A, que por su ubicación y poca profundidad (7 m) presentó temperatura de 19,3 °C, en el área circundante a las islas cerca al fondo se registraron temperaturas entre 13 y 15 °C (Fig. 5).

La salinidad presentó concentraciones de 35,01 a 35,065 ups que corresponden a aguas de mezcla entre las ACF y ASS. Solo en los bordes costeros alrededor de las islas, se registraron concentraciones menores de 35,0 ups características de las Aguas Costeras Frías (Fig. 5).

En la columna de agua

En el lado oriental de las islas Chincha, el calentamiento superficial motivó una fuerte termoclina superficial (Fig. 6), variando la temperatura entre 24 y 18 °C sobre los 8 m de profundidad en la zona norte y 5 m en el sur, mientras que la isoterma de 15 °C se ubicó alrededor de los 50 m. Asimismo, aguas de baja salinidad de 34,5 a 34,8 ups, producto de la mezcla de agua de mar y de río, se ubicaron sobre los 4 m de profundidad. Otra mezcla de ACF y ASS (34,9-35,1 ups) se registró entre 5 a 15 m, predominando por debajo de estas ASS (>35,1 ups).

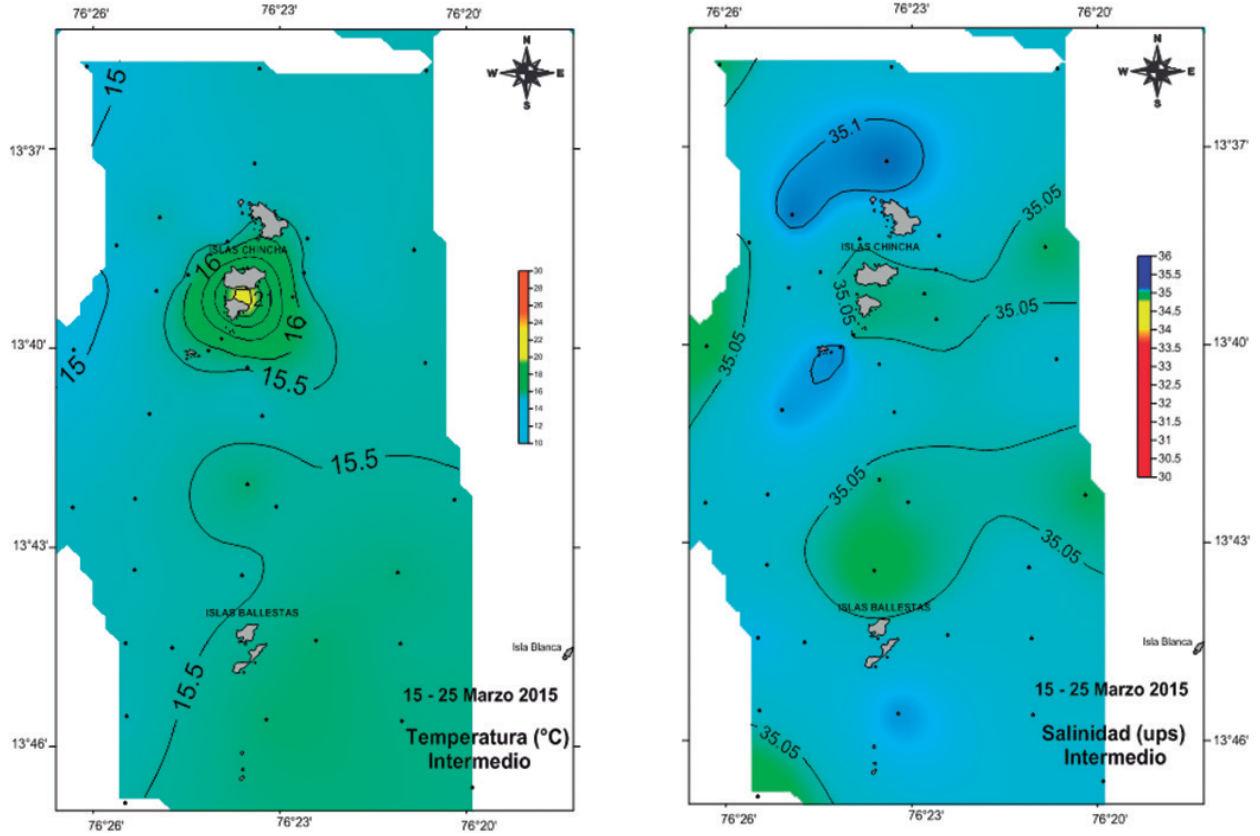


Figura 4.- Distribución de temperatura y salinidad del mar a profundidad intermedia. Islas Ballestas y Chincha

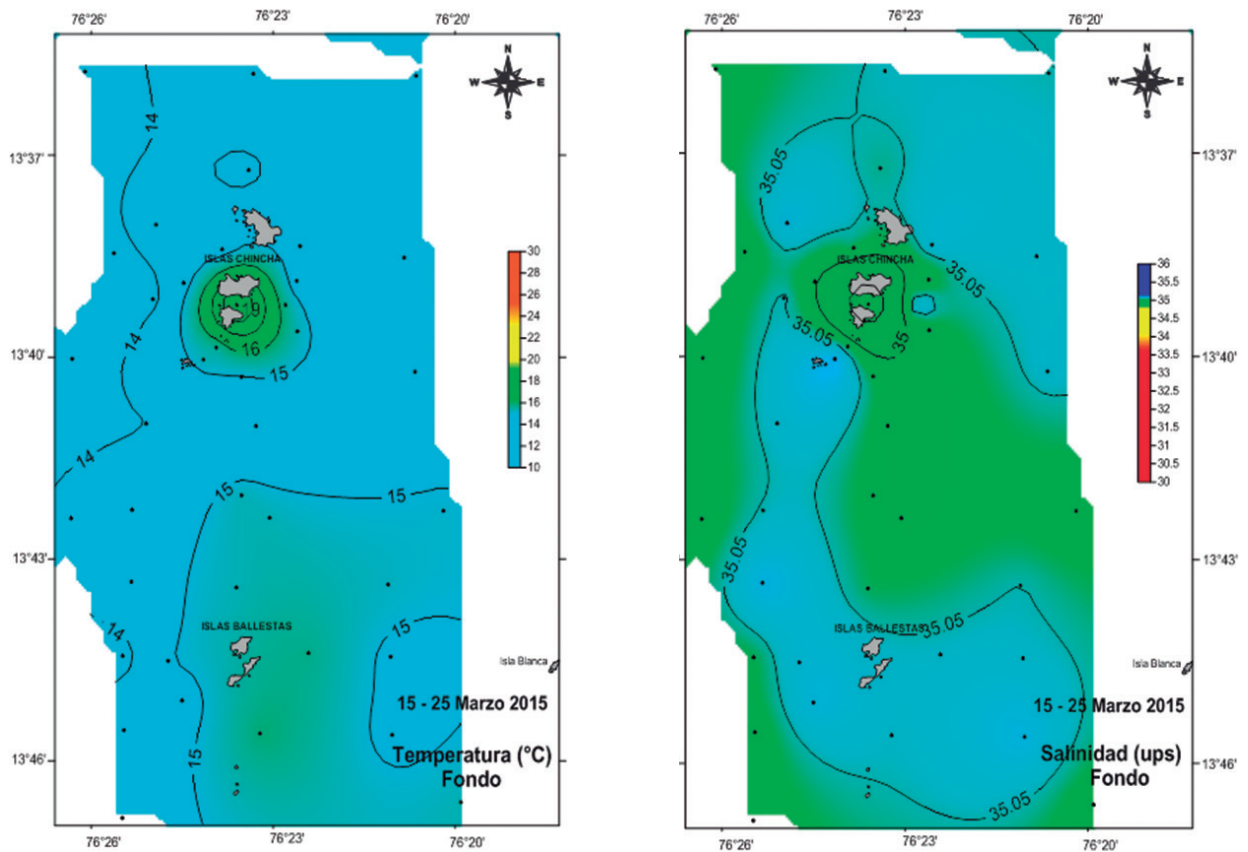


Figura 5.- Distribución de temperatura y salinidad del mar en el fondo. Islas Ballestas y Chincha

Sección 1: Lado Oriental de Islas Chincha
19 y 22 - 24 Marzo 2015

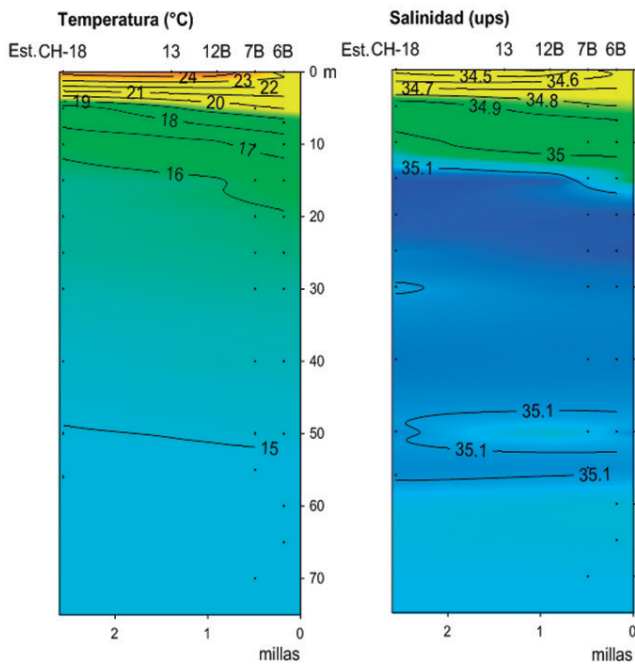


Figura 6.- Distribución vertical de la temperatura y salinidad en el lado oriental de las islas Chincha

Sección 2: Lado Occidental de Islas Chincha
22 - 24 Marzo 2015

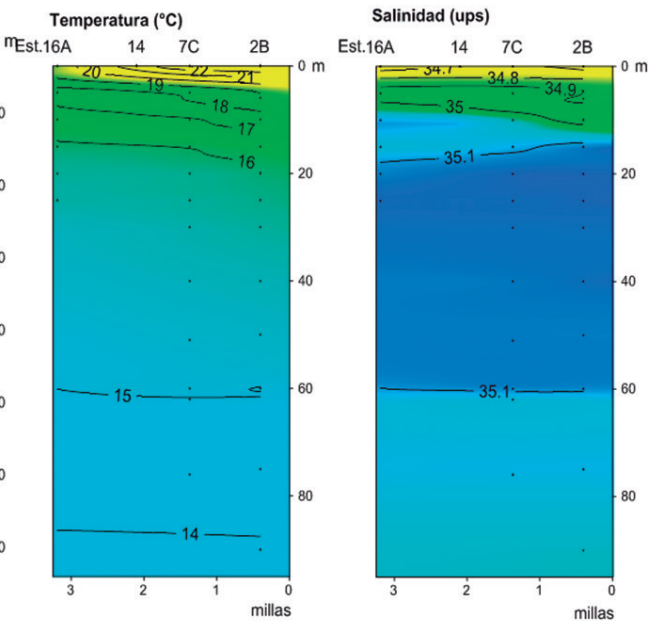


Figura 7.- Distribución vertical de la temperatura y salinidad en el lado occidental de las islas Chincha

Sección 3: Latitudinal entre Islas Ballestas e Islas Chincha lado Oriental
17 - 19 y 21 - 23 Marzo 2015

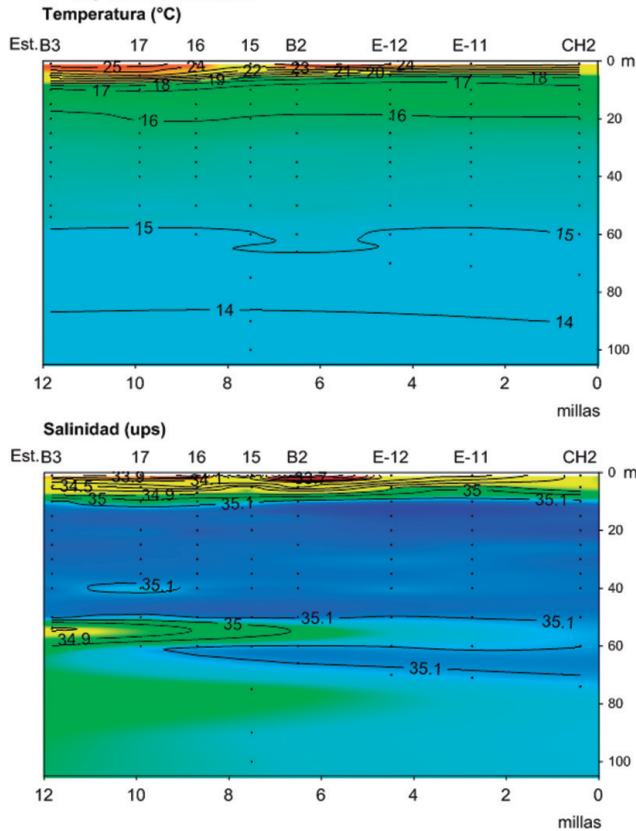


Figura 8.- Distribución latitudinal de la temperatura y salinidad en el lado oriental de las islas Ballestas y Chincha

En el lado occidental de las islas Chincha las condiciones anómalas en la capa superficial fueron más tenues con respecto al lado oriental próximo a la isla, debido a la protección que ofrece la isla a la descarga del río. El mayor contraste térmico y halino se registró sobre los 5 m de profundidad, con temperaturas de 22 a 19 °C y salinidades entre 34,7 y 34,9 ups. Entre los 5 y 15 m se apreció la mezcla de ACF y ASS, predominando estas últimas debajo de los 20 m. La isoterma de 15 °C asociada al borde inferior de las ASS, se ubicó alrededor de los 60 m de profundidad (Fig. 7).

Sección 3 Latitudinal (lado oriental)

Esta sección se desarrolló a lo largo de las islas Ballestas y Chincha, y entre las islas y la costa presentó concentración de isothermas e isohalinas sobre los 10 m de profundidad, debido a la mayor incidencia de la temperatura, y presencia de los mínimos valores de salinidad por la fuerte descarga del río Pisco, lo que ocasionó grandes mezclas entre las aguas de río y de mar (Fig. 8). La temperatura varió entre 25 y 17 °C, mientras que la salinidad fluctuó de 33,5 a 35,1 ups en 10 m de profundidad. La isoterma de 15 °C se ubicó alrededor de los 60 m. ASS predominaron entre los 10 y 50 m, mientras que debajo de esta profundidad se registraron valores propios de mezcla entre las referidas ASS y las ACF.

Sección 4 Latitudinal (lado occidental)

En esta sección realizada en mar abierto (Fig. 9), también se registraron anomalías térmicas y halinas, aunque con menor intensidad que en el lado oriental.

En los primeros 10 m de profundidad, las temperaturas variaron de 23 a 17 °C; entre la superficie y 15 m de profundidad las salinidades presentaron concentraciones de 34,4 a 35,1 ups. La isoterma de 15 °C se ubicó entre 55 y 60 m de profundidad, y las ASS se registraron entre 20 y 60 m; debajo de esta profundidad se registraron aguas de mezcla de las ASS y las ACF.

En ninguna de las 4 secciones se observaron valores propios de ACF.

ASPECTOS QUÍMICOS

En superficie

Oxígeno disuelto, pH, Clorofila-a

El rango de oxígeno en la superficie del mar varió de 3,60 a 8,44 mL/L, predominando concentraciones mayores a 6 mL/L, que estuvo en relación con altos valores de temperatura y baja salinidad. Alrededor de las islas se encontraron tres pequeños núcleos con valores de 4 y 5 mL/L (Fig. 10 a).

La distribución del pH mantuvo relación directa con el oxígeno, mostrando tres núcleos con valores entre 7,6 y 7,9; en general varió entre 7,54 y 8,60, con promedio 8,28 (Fig. 10 b).

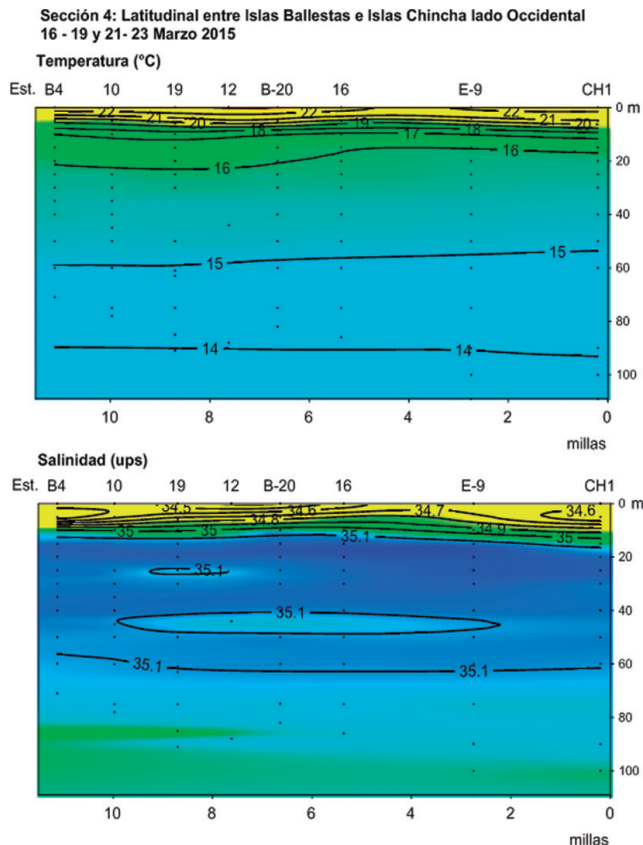


Figura 9.- Distribución latitudinal de la temperatura y salinidad en el lado occidental de las islas Ballestas y Chincha

La biomasa fitoplanctónica en términos de clorofila-a mostró en gran parte del área valores de 0,5 µg/L, concentraciones que son pobres mientras que al norte de las islas Chincha se hallaron mayores concentraciones (1 y 3 µg/L) que coinciden con el área que presentó menores anomalías termo halinas (Fig. 10 c).

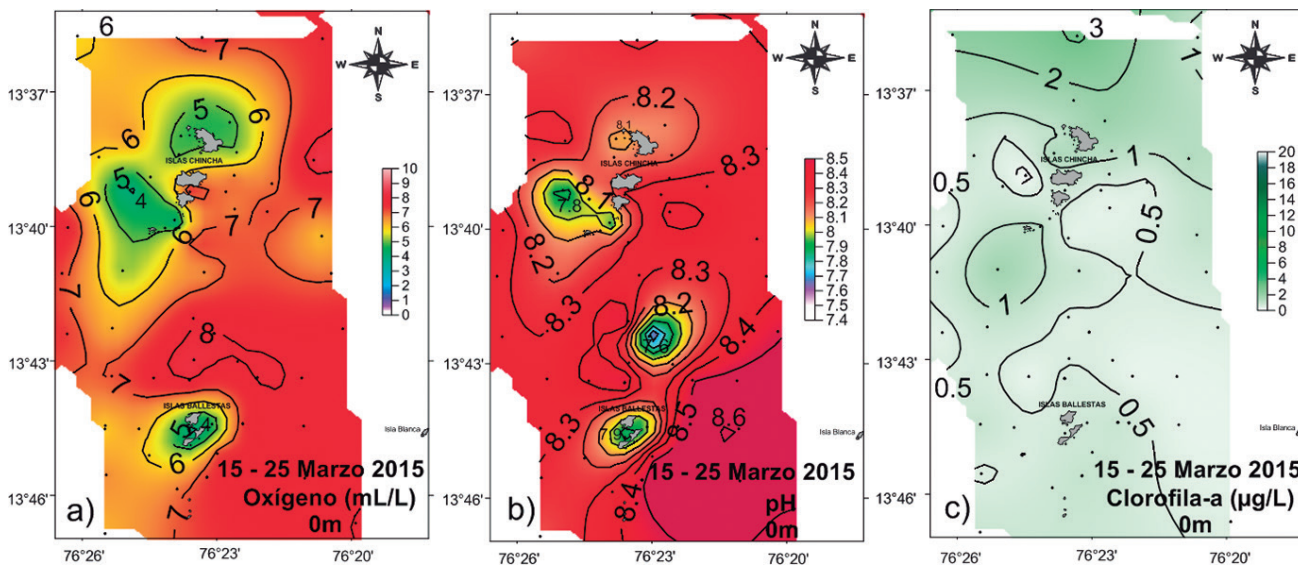


Figura 10.- Distribución superficial de: a) Oxígeno, b) pH, c) Clorofila-a. Islas Ballestas y Chincha

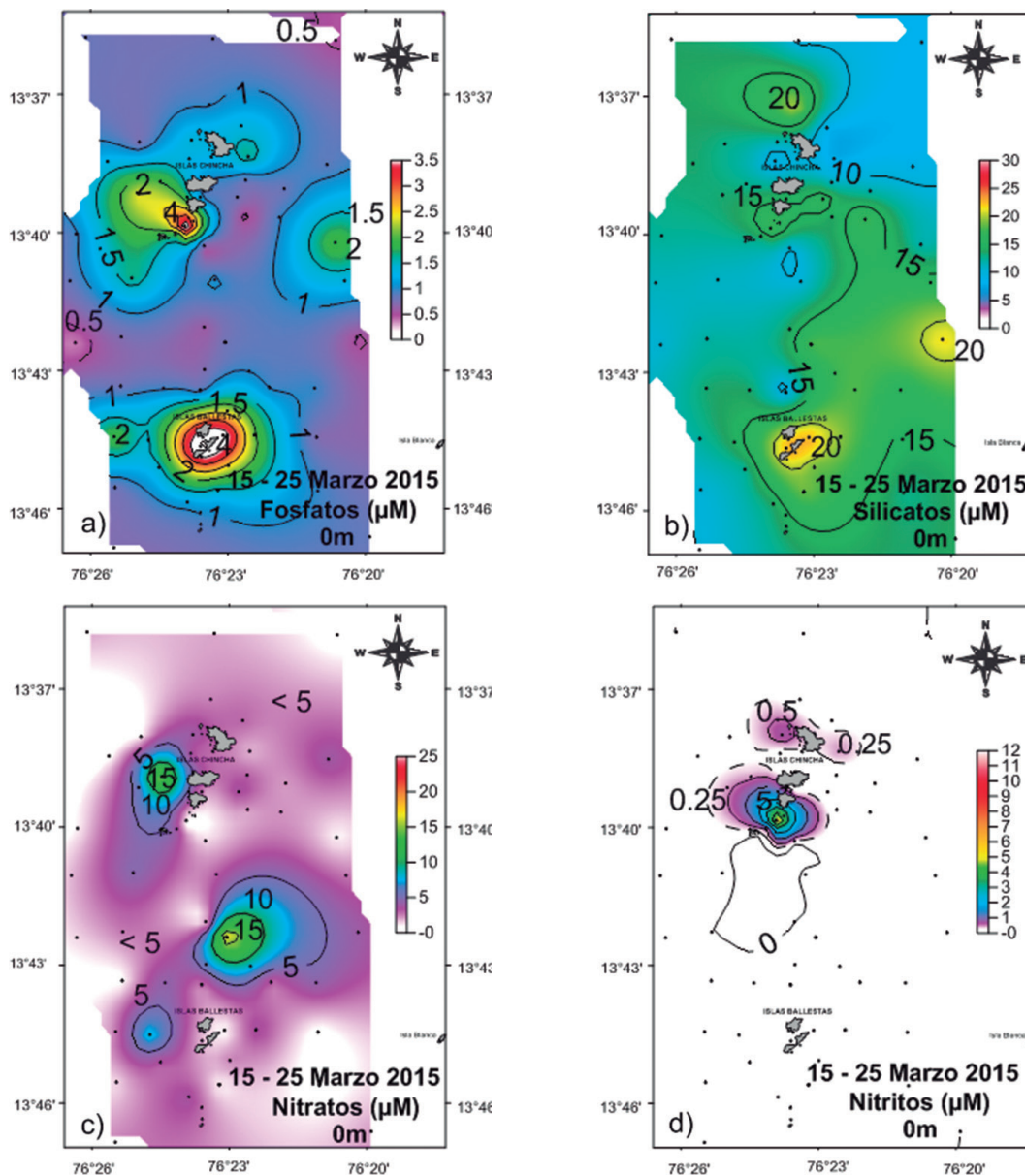


Figura 11.-Distribución superficial de nutrientes. a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos, d) Nitritos. Islas Ballestas y Chincha

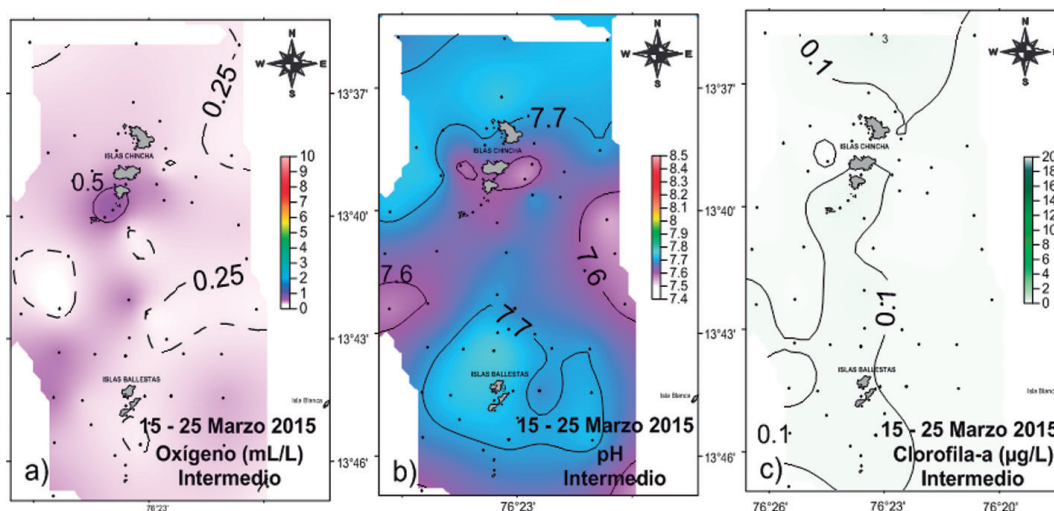


Figura 12.- Distribución a profundidad intermedia de: a) Oxígeno, b) pH y c) Clorofila-a en el área de las islas Ballestas y Chincha

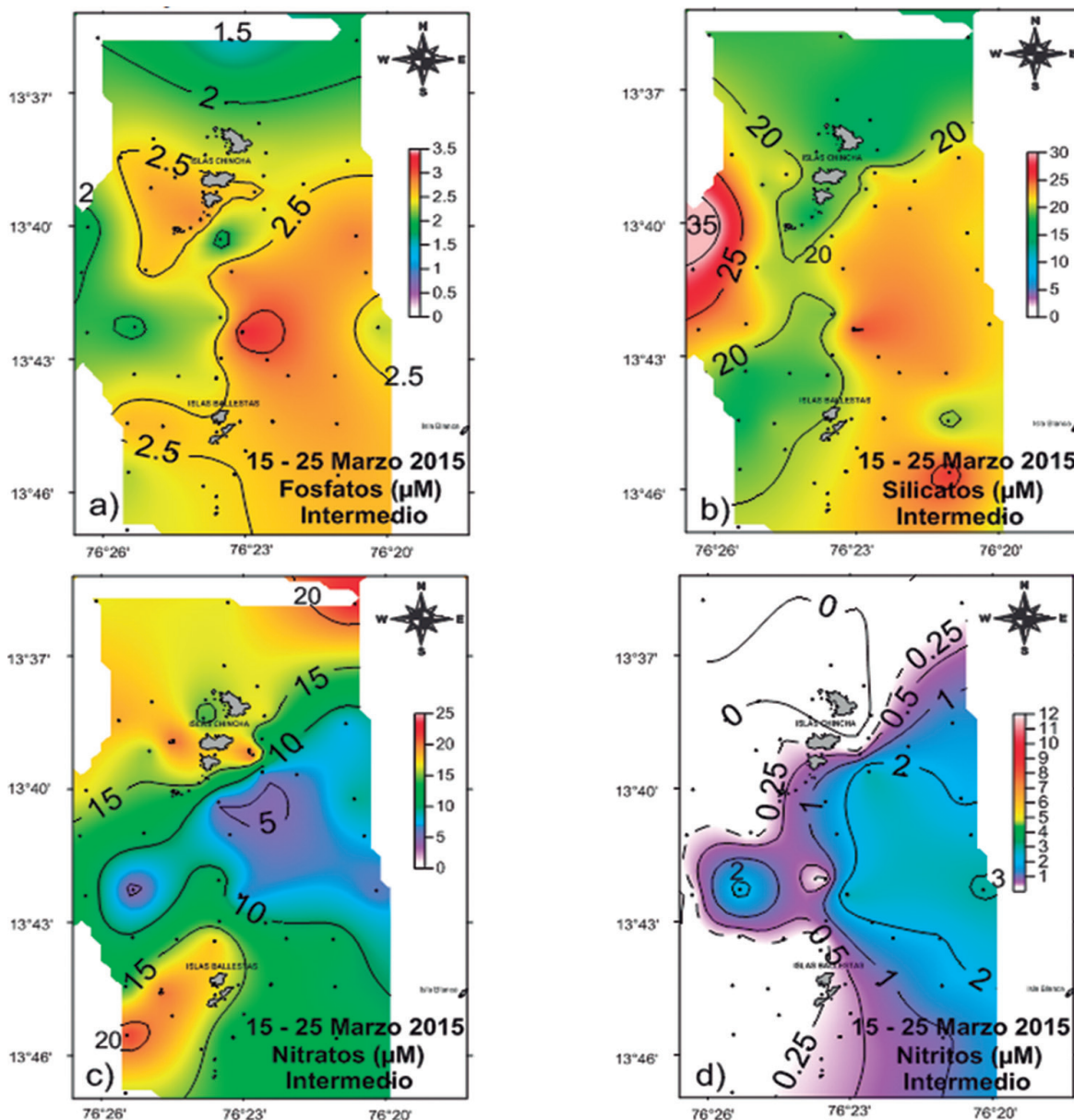


Figura 13.- Distribución de nutrientes a profundidad intermedia: a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos, d) Nitritos, en el área de las islas Ballestas y Chincha

Nutrientes

La distribución y concentración de nutrientes en la superficie del mar fue muy irregular por las condiciones anómalas presentadas. Formaron núcleos de altas y bajas concentraciones en toda el área de estudio. Alrededor de las islas Chincha y Ballestas se registraron máximos valores de fosfatos, silicatos y nitratos, y mínimos de nitritos (Fig. 11a, b, c, d), mientras que al sur de las islas Ballestas no se detectaron concentraciones de nitritos.

En profundidad intermedia

Oxígeno disuelto, pH, Clorofila-a

A diferencia de la superficie, en profundidad intermedia el rango de concentración de oxígeno fue homogéneo,

fluctuando entre 0,25 y 0,50 mL/L y asociado a valores de pH entre 7,6 y 7,7. Las temperaturas variaron entre 15 y 16 °C y las salinidades alrededor de 35,05 ups, indicando este último valor aguas de mezcla. La distribución de clorofila-a se caracterizó por concentraciones muy bajas de 0,03 a 0,22 µg/L (Fig. 12a, b, c).

Nutrientes

Los fosfatos se detectaron más elevados y homogéneos respecto a la superficie, predominando valores de 2,5 µM, con un pequeño núcleo de 1,5 µM encontrado al norte de las islas Chincha. Los silicatos presentaron altas concentraciones (20 µM) en gran parte del área, en el lado occidental, entre las islas Chincha y Ballestas, se observó un núcleo cuyas concentraciones variaron de 25 a 35 µM (Fig. 13a, b).

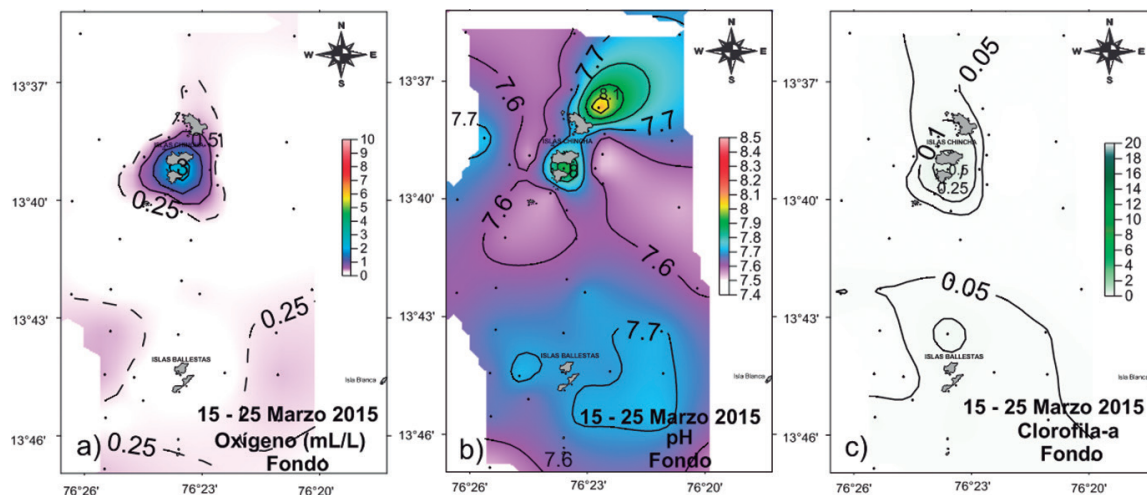


Figura 14.- Distribución a nivel de fondo de: a) Oxígeno, b) pH, c) Clorofila-a. Islas Ballestas y Chincha

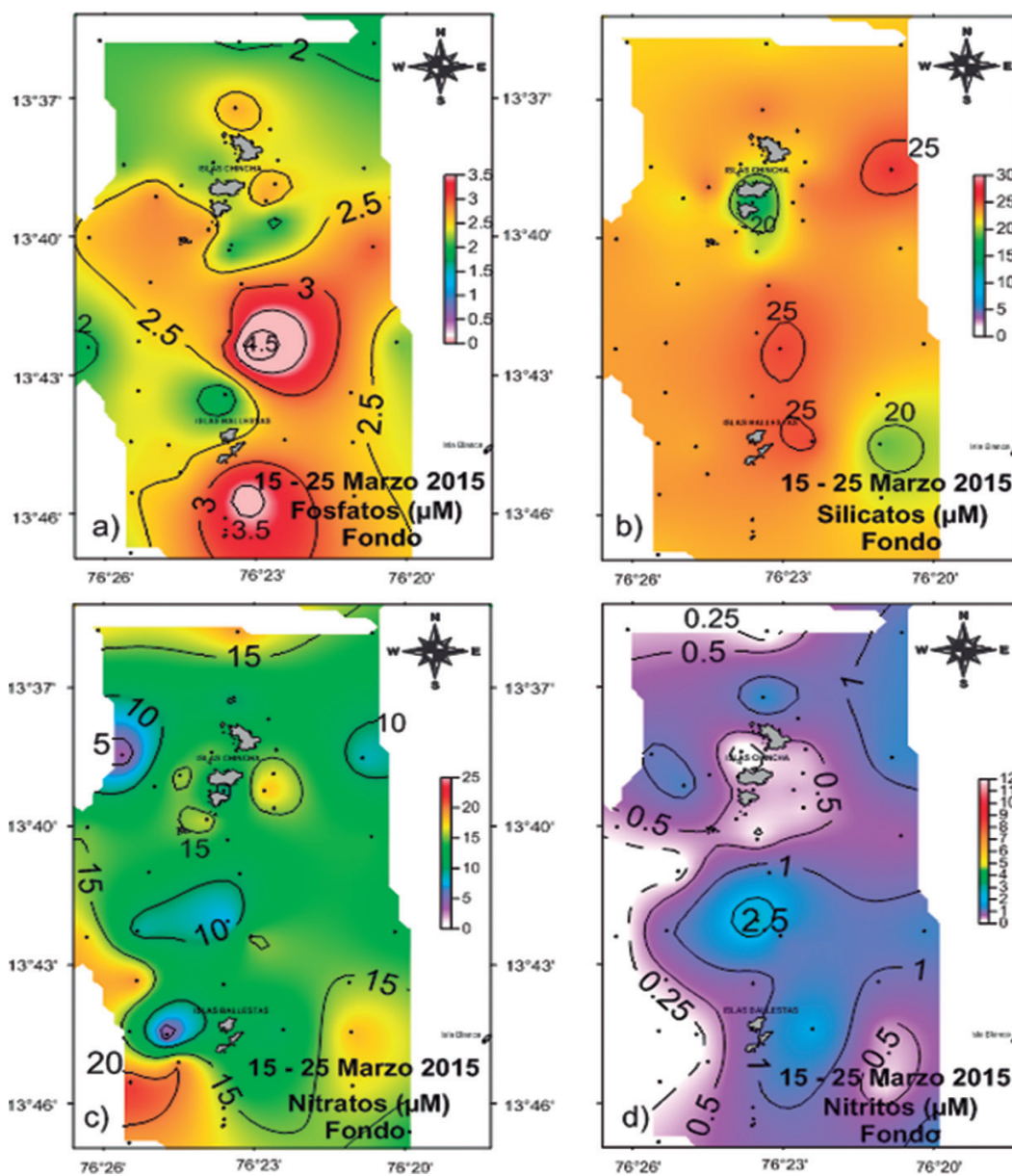


Figura 15.- Distribución de nutrientes cerca al fondo: a) Fosfatos b) Silicatos c) Nitratos, d) Nitritos. Islas Ballestas y Chincha

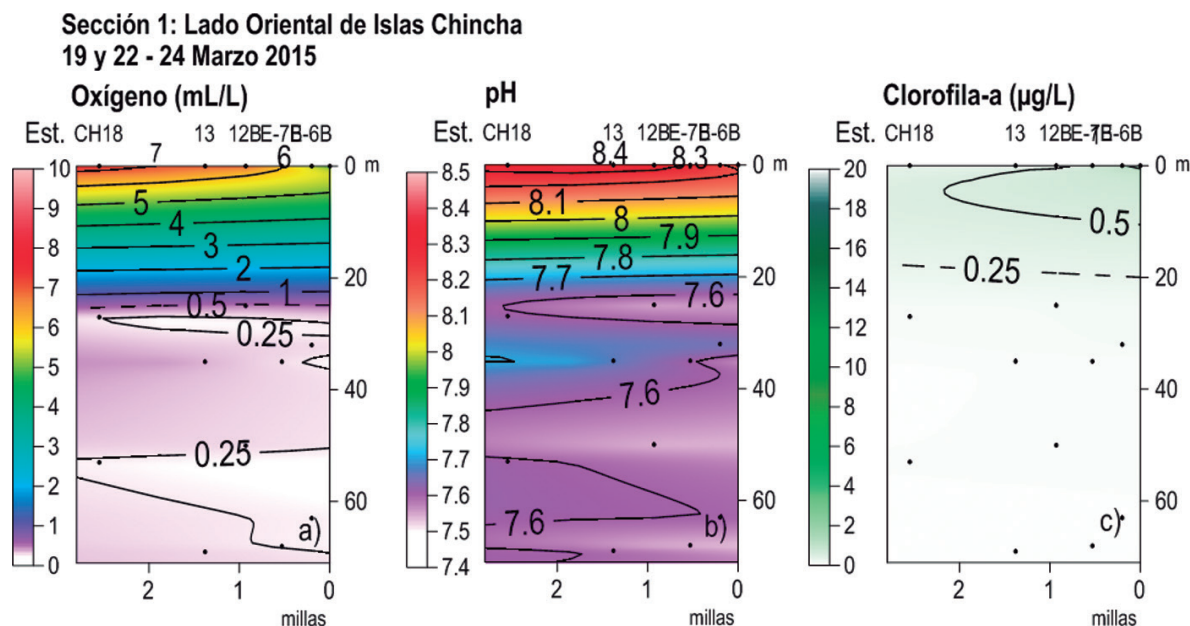


Figura 16.- Distribución vertical de: a) Oxígeno, b) pH, c) Clorofila -a, en el lado oriental de las islas Chincha

La concentración de nitratos presentó distribución muy semejante a la de los nitritos, observándose bajos niveles de nitratos ($<5 \mu\text{M}$) contrapuestos con los de nitritos (Fig. 13c) que variaron entre 0 y $3,03 \mu\text{M}$, valores que no son usuales en la capa intermedia (Fig. 13d).

En fondo

Oxígeno disuelto, pH, clorofila-a

La distribución de oxígeno en el fondo varió de 0,18 a $3,18 \text{ mL/L}$; como es característico en la zona, hubo predominio de concentraciones menores a $0,5 \text{ mL/L}$ (Fig. 14a). Entre las islas Chincha centro y sur (estación 14A) se registró 3 mL/L y temperatura de $19,3 \text{ }^\circ\text{C}$, valores altos debido a la poca profundidad de la zona (7 m).

El pH en el fondo, al igual que en el nivel intermedio, varió entre 7,6 y 7,7 encontrándose al norte y sur de las islas Chincha dos pequeños núcleos con valores de 8,1 y 8 (Fig. 14 b).

La clorofila-a fue pobre, presentando valores entre 0 y $0,46 \mu\text{g/L}$ (Fig. 14 c).

Nutrientes

Los fosfatos se incrementaron en fondo, ubicándose dos núcleos $>3,5 \mu\text{M}$ al sur de las islas Chincha y Ballestas, superando el rango normal que alcanza máximo $3,5 \mu\text{M}$ (Fig. 15 a). Los silicatos se distribuyeron en una capa homogénea con pequeños núcleos de 20 y $26 \mu\text{M}$ (Fig. 15 b).

Los nitratos mostraron una capa homogénea con núcleos de 10 y $15 \mu\text{M}$, con mayores concentraciones al sur de las islas Ballestas (Fig. 15c). Los nitritos continuaron altos ($1-2,5 \mu\text{M}$) al sur de las islas Chincha y en el lado oriental (Fig. 15d).

En la columna de agua

El oxígeno mostró una oxiclina ($1 - 6 \text{ mL/L}$) por encima de los 20 m, la isoxígena de $0,5 \text{ mL/L}$ se ubicó a los 25 m (Fig. 16a); características muy similares presentó el pH.

Por encima de los 5 m se hallaron los valores más altos tanto de oxígeno ($>5 \text{ mL/L}$) como de pH (>8) (Fig. 16b), esto último debido al calentamiento de las aguas y presencia de muy bajas salinidades, asociadas al debilitamiento de vientos y al ingreso de las aguas del río Pisco. La clorofila-a fue pobre ($0,25 - 0,5 \mu\text{g/L}$) en toda la columna de agua (Fig. 16c).

En la distribución vertical, los fosfatos y silicatos (Fig. 17a, b) tuvieron buenas concentraciones. Los nitratos fueron más consumidos ($<5 \mu\text{M}$) por encima de los 10 m hacia el este hasta los 40 m hacia el oeste, lo que estuvo en relación con el incremento de los nitritos debido a los procesos de óxido reducción (Fig. 17c, d).

En el lado occidental de las islas Chincha, en la capa entre 0 y 15 m de profundidad, el oxígeno presentó 4 isoxígenas ($4 - 1 \text{ mL/L}$). La mínima de oxígeno se ubicó entre 20 y 25 m (Fig. 18a); de similar manera se presentó la distribución del pH, las máximas concentraciones se hallaron por encima de los 10 m ($7,7 - 8,2$), por debajo de esta profundidad las concentraciones fueron 7,6 (Fig. 18b).

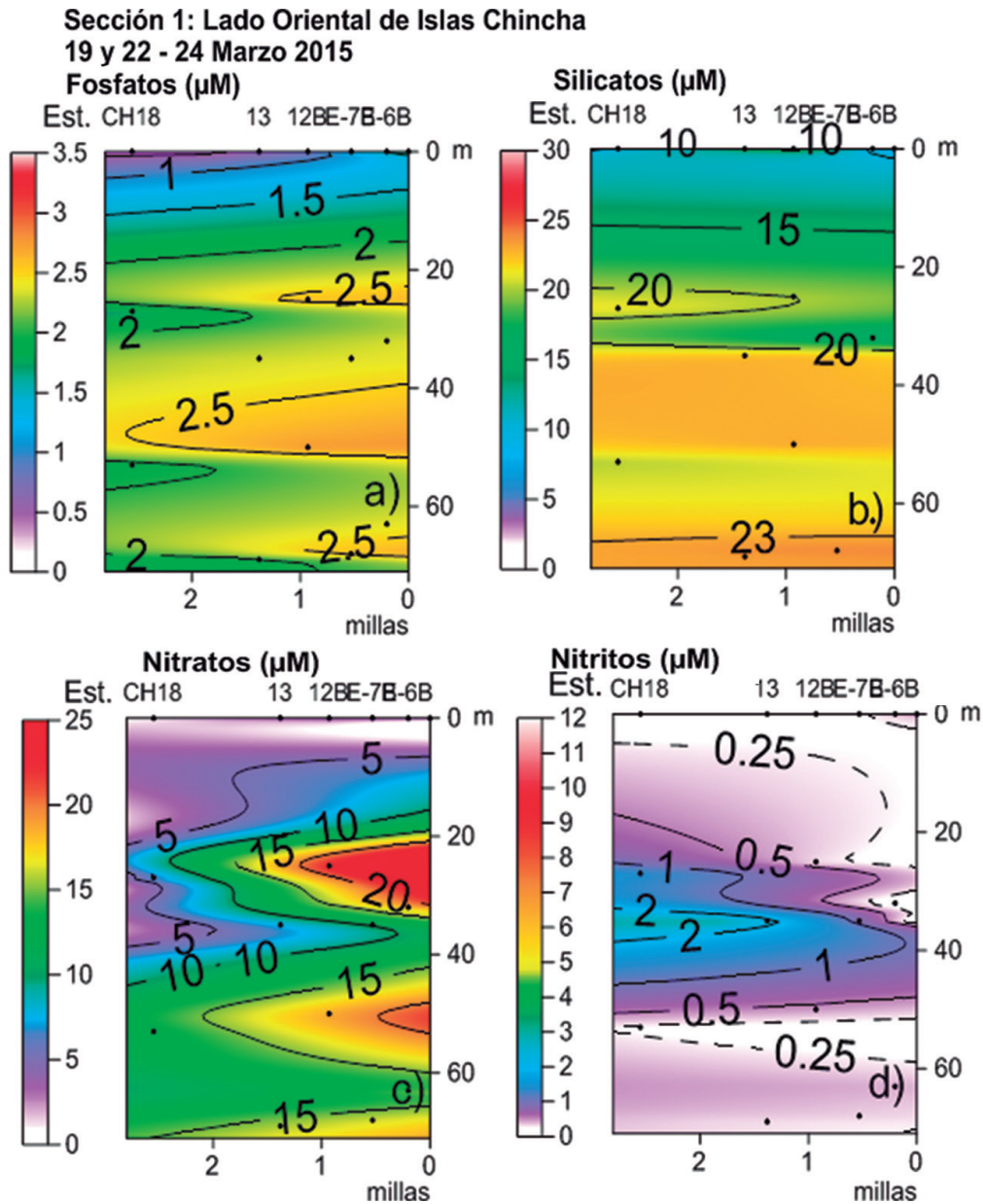


Figura 17.- Distribución vertical de: a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos, d) Nitritos, en el lado oriental de las islas Chincha

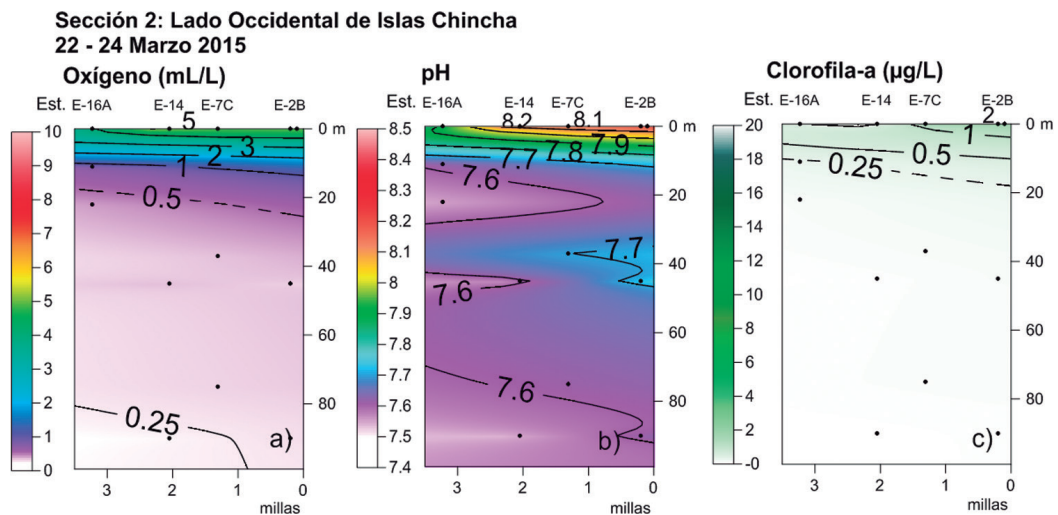


Figura 18.- Distribución vertical de: a) Oxígeno, b) pH, c) Clorofila -a, en el lado occidental de las Islas Chincha

La clorofila-a mostró concentraciones entre 1 y 2 $\mu\text{g/L}$ en una capa muy superficial (5 m) hacia el norte de las islas Chincha y dentro de la milla y media. Por fuera de esta distancia y hacia el sur de las islas las concentraciones fueron pobres ($<0,5 \mu\text{g/L}$) (Fig. 18c).

Los nutrientes en la columna de agua mantuvieron altas concentraciones. Los fosfatos presentaron un núcleo de 4 μM al sur de las islas Chincha, el que estuvo

relacionado con las bajas salinidades ocasionadas por la descarga del río Pisco (Fig. 19a). Como es usual en la capa de 0 a 10 m los nitratos fueron menores a 5 μM (Fig. 19c). Los nitritos estuvieron presentes en la capa entre 10 y 80 m con valores de 0,25 y 0,5 μM , en los extremos de la capa superficial (Est. 2B – E16a) se hallaron concentraciones entre 0,25 y 1 μM , respectivamente, y por debajo de los 80 m se registró 1 μM (Fig. 19d).

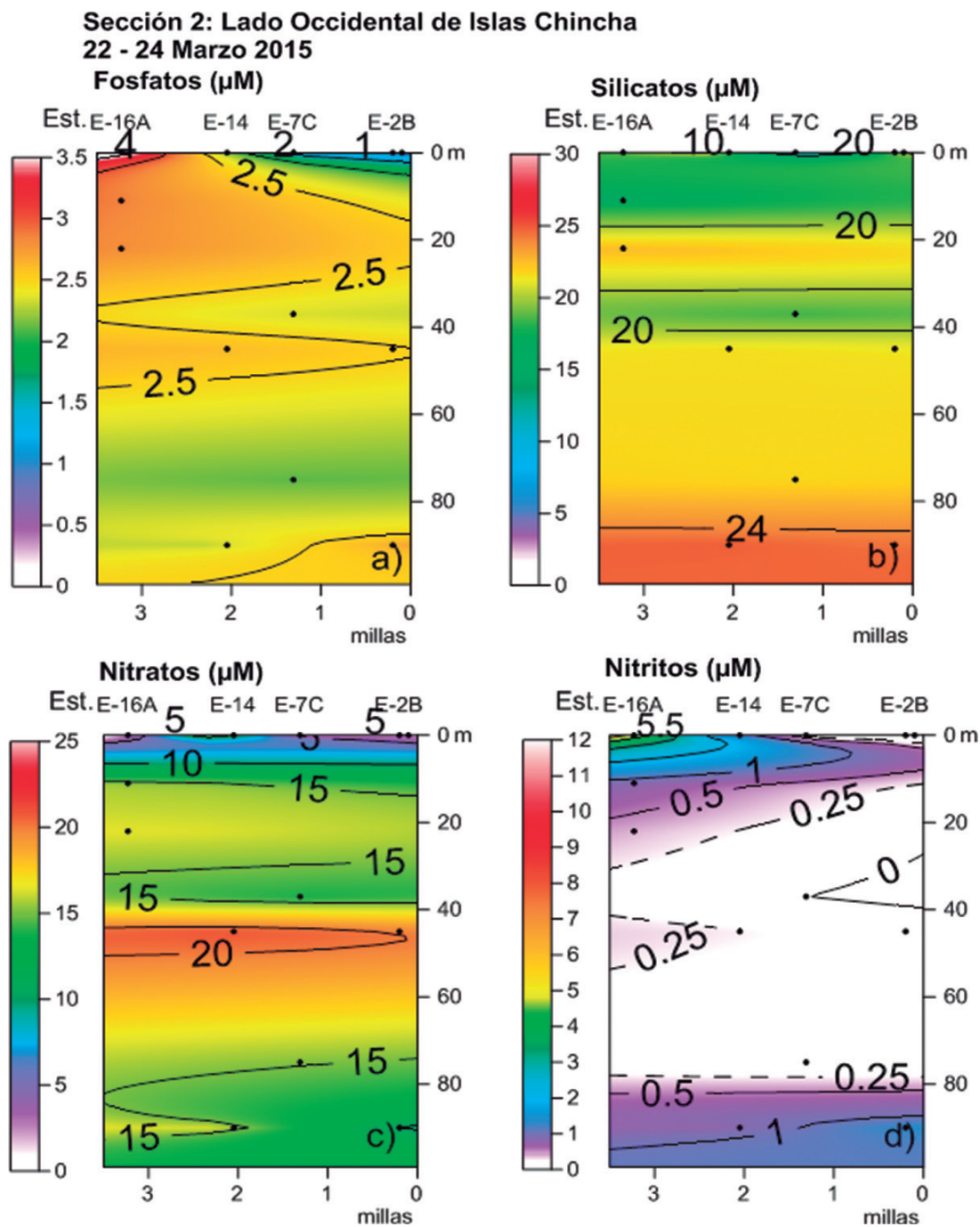


Figura 19.- Distribución vertical de: a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos, d) Nitritos, en el lado occidental de las Islas Chincha

**Sección 3: Latitudinal entre Islas Ballestas e Islas Chíncha lado Oriental
17 - 19 y 21- 23 Marzo 2015**

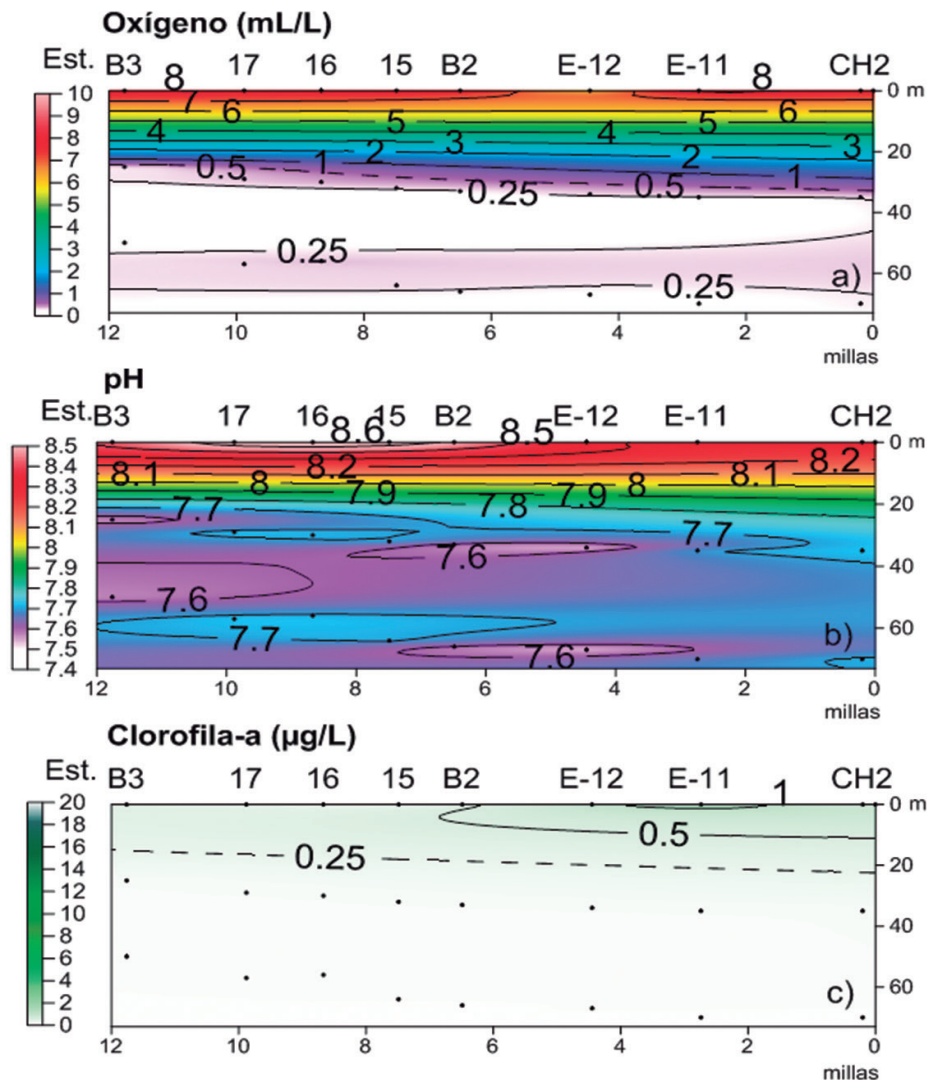


Figura 20.- Distribución vertical de: a) Oxígeno, b) pH, c) Clorofila-a, en el lado oriental, sección 3 latitudinal entre las islas Ballestas y Chíncha

**Sección 3: Latitudinal entre Islas Ballestas e Islas Chíncha lado Oriental
17 - 19 y 21- 23 Marzo 2015**

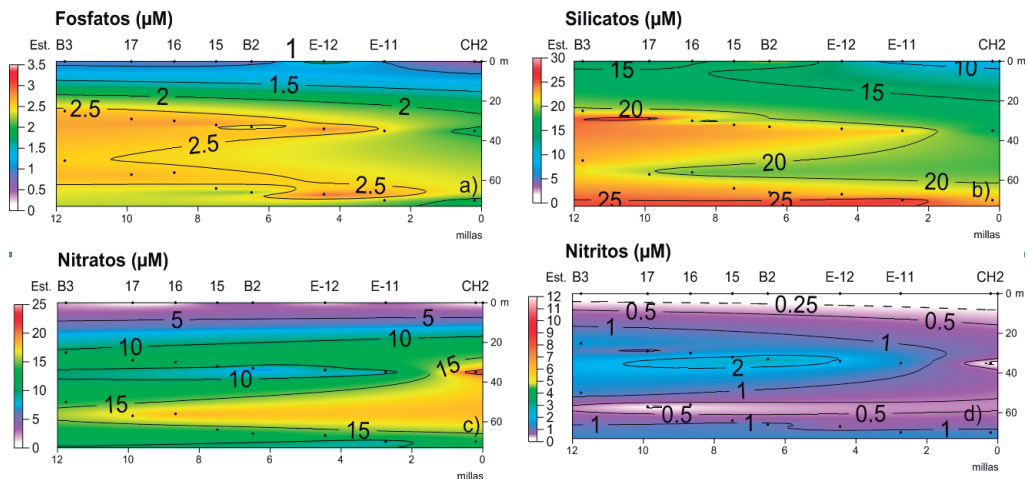


Figura 21.- Distribución vertical de: a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos, d) Nitritos, en el borde oriental, sección 3 latitudinal entre islas Ballestas y Chíncha

**Sección 4: Latitudinal entre Islas Ballestas e Islas Chincha lado Occidental
16 - 19 y 21- 23 Marzo 2015**

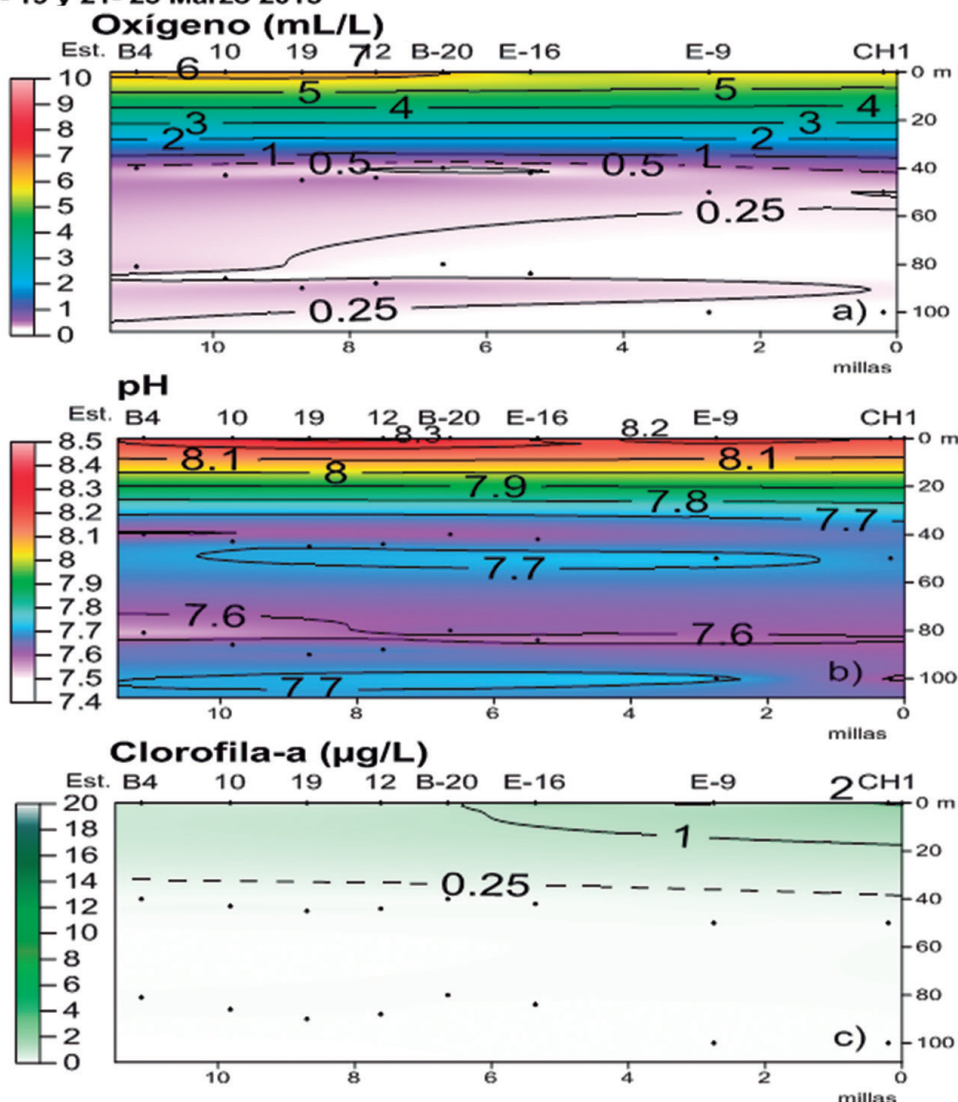


Figura 22.- Distribución vertical de: a) Oxígeno, b) pH, c) Clorofila-a, en borde occidental, sección 4 latitudinal entre las islas Ballestas y Chincha

Sección 3 Latitudinal (lado oriental)

Oxígeno, pH y Clorofila-a

Las concentraciones de oxígeno llegaron hasta 8 mL/L en superficie, la mínima (0,5 mL/L) se localizó entre 30 y cerca de 40 m de profundidad. Se observó una oxiclina fortalecida sobre 40 m de profundidad al norte de las islas Chincha, al sur de estas islas se ubicó sobre los 30 m debido a la mayor influencia de las condiciones térmicas y halinas de la zona norte (Fig. 20a).

El pH tuvo distribución muy similar al oxígeno, alcanzando valores de hasta 8 en la superficie. Por debajo de los 40 m de profundidad varió entre 7,7 y 7,6 manteniendo relación con las concentraciones de oxígeno que oscilaron entre 0,25 y 0,5 mL/L (Fig. 20b).

La distribución de clorofila-a fue pobre, sobre 20 m de profundidad predominaron valores entre 0,5 y 0,25 µg/L, con excepción de un pequeño núcleo de 1 µg/L que se encontró al norte de las islas Chincha (Fig. 20c).

Nutrientes

Mostraron altas concentraciones en la capa subsuperficial. Debajo de 20 m de profundidad, los fosfatos se registraron en 2,5 µM, los silicatos en 20 µM y los nitratos en 15 µM. En la capa de 0 a 10 m, donde se dan los cambios por efecto de la fotosíntesis, se encontraron bajos valores, tanto al norte como al sur de las islas Chincha y Ballestas (Fig. 21a, b, c). Los nitritos mostraron altos valores (1 - 2 µM) en una gran extensión debido a los procesos de óxido reducción (Fig. 21d).

**Sección 4: Latitudinal entre Islas Ballestas e Islas Chincha lado Occidental
16 - 19 y 21- 23 Marzo 2015**

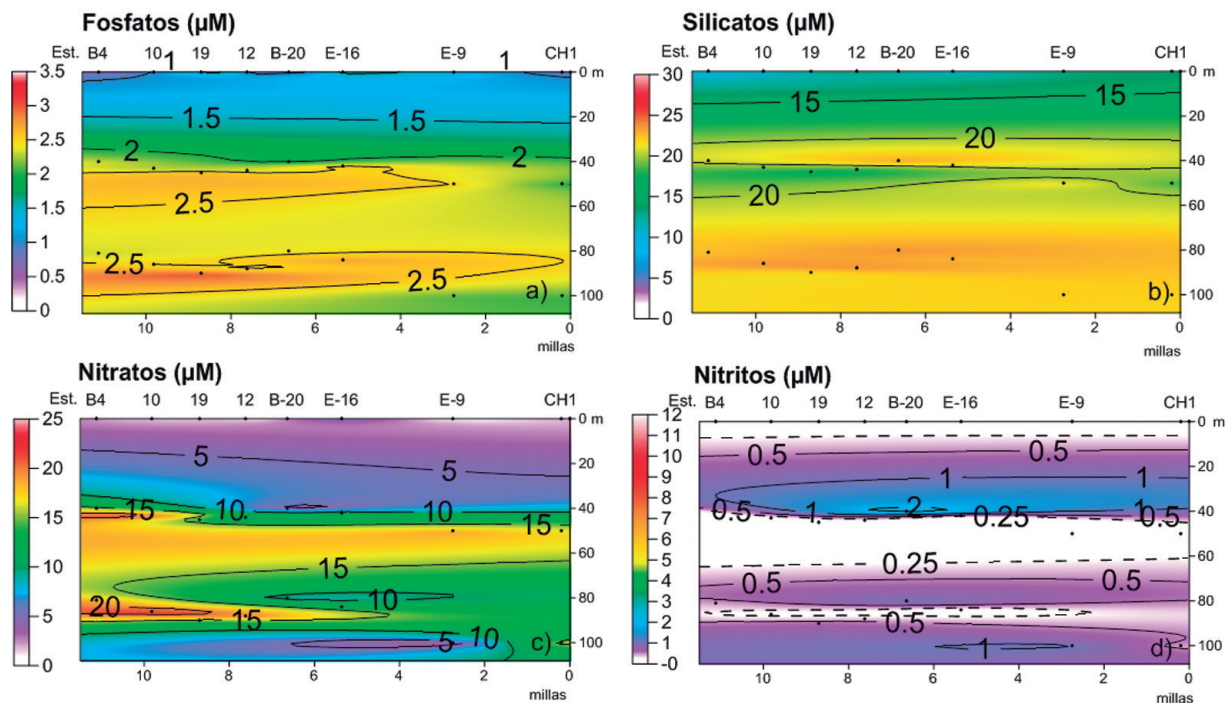


Figura 23.- Distribución vertical de: a) Fosfatos, b) Silicatos, c) Nitratos, d) Nitritos, en el lado occidental, sección 4 latitudinal entre las islas Ballestas y Chincha

Sección 4 Latitudinal (Lado occidental)

Esta sección se encuentra en mar abierto que tiene la influencia de las ACF y ASS. El ingreso de las aguas del río Pisco no fue tan influyente como en el borde oriental donde afectó la distribución de las variables químicas. Aun así, la distribución de oxígeno presentó altos valores que alcanzaron hasta 6 mL/L en superficie (más bajo respecto al lado oriental que fue hasta 8 mL/L). Se encontró una oxiclina por encima de los 38 m (1 - 5 mL/L). La mínima de oxígeno se ubicó a 40 m (Fig. 22 a). El pH presentó las mismas características que el oxígeno debido a la relación directa (Fig. 22 b).

Entre 0 y 20 m de profundidad y dentro de las 4 mn, la biomasa fitoplanctónica fue alta, con valores de 1 a 2 $\mu\text{g/L}$ de clorofila-a; estas concentraciones se hallaron al norte de las islas Chincha, mientras que al sur las concentraciones fueron pobres, menores a 1 $\mu\text{g/L}$ (Fig. 22 c).

Nutrientes

En la capa de 0 a 20 m los nutrientes disminuyeron por consumo de los organismos y tal vez por las condiciones anómalas del ambiente. Sin embargo, al igual que en la sección 3, la concentración de nutrientes fue alta por debajo de los 20 m. Los bajos valores de nitratos ($<5 \mu\text{M}$) estuvieron en relación con el núcleo de 1 y 2 μM de nitritos (Fig. 23).

4. DISCUSIÓN

La información obtenida entre las islas Chincha y Ballestas en marzo del 2015 (verano) no guarda similitud con otras prospecciones en la misma estación, debido a la fuerte descarga del río Pisco (que es común cada cierto tiempo), al debilitamiento inusual de los vientos por lo que se eleva la temperatura superficial y disminuye el tenor de salinidad y, a la aproximación de Aguas Subtropicales Superficiales las mismas que se mostraron en la capa intermedia y en el fondo (Figs. 4, 5).

Los resultados de las variables químicas indicaron fuerte influencia del río Pisco y de las aguas cálidas. A nivel superficial los nutrientes no siguieron un patrón normal, puesto que se observaron núcleos dispersos y reducidos en las islas Chincha y en las Ballestas. Por otro lado, las concentraciones de oxígeno ($>5 \text{ mL/L}$) y pH (>8) mostraron valores altos en el área de estudio, formando pequeños núcleos asociados a una biomasa fitoplanctónica pobre al sur de las islas Chincha. Solo al norte de estas islas se encontró concentraciones de 1 a 3 $\mu\text{g/L}$ de clorofila-a, área que no estuvo muy afectada por el río Pisco.

En el nivel de fondo, entre las islas Chincha centro y Chincha sur se apreció un núcleo con 3 mL/L de oxígeno y altos fosfatos (4 μM) debido a su

poca profundidad (Estación 14A), observándose características más próximas a las de superficie, en forma similar se comportó la temperatura que registró 19,3 °C. En toda el área de estudio, en este nivel, también se observó formación de núcleos en los nutrientes debido a la mezcla de aguas. Por otro lado, tanto a nivel superficial como de fondo hubo un fuerte proceso de óxido reducción (nitrato-nitrito).

En la columna de agua las variables químicas fueron afectadas en la capa de 0 a 20 m por la influencia del río Pisco (mezcla de aguas). En cambio, por debajo de los 20 m la distribución presentó valores dentro de los rangos establecidos.

5. CONCLUSIONES

Condiciones atípicas se presentaron durante el muestreo alrededor de las islas Chincha y Ballestas en marzo 2015, al haberse registrado temperaturas mayores de 26 °C y salinidades menores de 34,0 ups.

Hubo un colapso de los vientos superficiales originando mezcla entre aguas costeras frías, agua de río y aguas subtropicales superficiales.

Las características químicas estuvieron influenciadas por aguas de mezcla constituidas por aguas cálidas y aguas del río Pisco. Las concentraciones de nutrientes fueron altas formando núcleos a nivel superficial y de fondo.

La biomasa fitoplanctónica fue pobre (<1 µg/L) al sur de las islas Chincha, la máxima concentración (3 µg/L) se halló al norte de dichas islas, asociada a contenidos altos de oxígeno y pH.

6. REFERENCIAS

- CARRIT D, CARPENTER J. 1966. Comparison and evaluation of currently employed modifications of Winkler method for determination dissolved oxygen in sea water. *J. Mar. Res.* 24: 286-318.
- DICKSON A G. 1993. The measurement of sea water pH. Elsevier Science Publishers B.V. *Marine Chemistry* 44: 131-142.
- HOLM-HANSEN A, LORENZEN C, HOLMES R, STRICKLAND J. 1965. Fluorometric determination of chlorophyll. *Cons. Perm. Explor.* 30: 3-15.
- STRICKLAND J, PARSONS T. 1972. *Practical Handbook of Seawater Analysis*. Fisheries Board of Canada. Ottawa. Bulletin 167.
- YENTSCH C, MENZEL D. 1963. A method for determination of phytoplankton chlorophyll and phacophytin by fluorescence. *Deep Sea Res.* 10: 221-231.