# CONDICIONES HIDROQUÍMICAS DEL MAR PERUANO, OTOÑO 2016. PUERTO PIZARRO – CASMA, BIC HUMBOLDT 1605-06

## HYDROCHEMICAL CONDITIONS OF THE PERUVIAN SEA DURING AUTUMN 2016. PUERTO PIZARRO – CASMA, R/V HUMBOLDT 1605-06

*Georgina Flores*[1] *Octavio Morón*[1] *Jaqueline Palacios*[2] *Miguel Sarmiento*

**RESUMEN**

Flores, G., Morón, O., Palacios, J. & Sarmiento, M. (2023). *Condiciones hidroquímicas del mar peruano durante el otoño 2016. Puerto Pizarro – Casma, BIC Humboldt 1605-06. Inf Inst Mar Perú, 50(3), 309-316.-* Se informan los resultados sobre oxígeno disuelto y nutrientes, obtenidos durante el crucero del 24 de mayo al 16 de junio 2016 frente a la costa peruana, hasta 100 millas náuticas. El informe está enfocado a relacionar las condiciones hidroquímicas con los recursos demersales. La distribución de la zona de mínima de oxígeno se localizó a mayor distancia de la plataforma continental entre Pimentel y Malabrigo, a diferencia de la zona norte donde se encontró a menor distancia de la plataforma continental.

Palabras clave: otoño, oxígeno, nutrientes, Perú

**ABSTRACT**

Flores, G., Morón, O., Palacios, J. & Sarmiento, M. (2023). *Hydrochemical conditions of the Peruvian sea during autumn 2016. Puerto Pizarro – Casma, R/V Humboldt 1605-06. Inf Inst Mar Perú, 50(3), 309-316.-* This study presents the findings on dissolved oxygen and nutrient levels gathered during a research expedition conducted from May 24 to June 16, 2016, along the Peruvian coast, spanning up to 100 nm offshore. The primary focus of this report is to establish a correlation between hydrochemical conditions and demersal (bottom-dwelling) marine resources. Notably, the distribution of the oxygen minimum zone was observed at a greater distance from the continental shelf between Pimentel and Malabrigo. This pattern contrasted with the northern region, where the oxygen minimum zone was found closer to the continental shelf.

Keywords: autumn, oxygen, nutrients, Perú

## 1. INTRODUCCIÓN

El Crucero de Evaluación de la Población de Merluza y otros Demersales en el otoño 2016 (Cr. 1605-06), se desarrolló del 24 de mayo al 16 de junio, a bordo del BIC Humboldt, con el fin de estudiar la distribución del recurso bentodemersal y su relación con los parámetros ambientales.

En el área evaluada, se registraron, en la superficie del mar, temperaturas entre 16,5 y 25,9 °C, salinidades de 33,214 a 35,662 y valores de oxígeno disuelto entre 2,34 y 6,23 mL/L. Las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) con salinidades mayores a 35,1 fueron predominantes desde Punta Sal hasta 9°S, originando aguas de mezcla por la interacción de las ASS y las aguas costeras frías (acf) al sur de Talara y mezcla de ASS y de las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) frente a Punta Sal. La presencia de las ASS fue ligeramente mayor a lo observado durante el Crucero de Evaluación de Recursos Pelágicos 1603-04. El presente informe da a conocer los resultados de las condiciones hidroquímicas correspondientes a oxígeno disuelto y nutrientes obtenidos durante el crucero.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se efectuó entre Puerto Pizarro (3°30′S) y Casma (9°40′S), del 24 de mayo al 16 de junio 2016. Se realizaron 148 estaciones; en 48 estaciones se colectaron muestras a nivel superficial (oxígeno y nutrientes) y 14 fueron estaciones hidrográficas.

Las observaciones se llevaron a cabo siguiendo el trayecto de la carta de posiciones (Fig. 1) determinándose parámetros físicos como temperatura superficial del mar (TSM) (Fig. 2).

La toma de muestras superficiales se realizó mediante un balde plástico; las muestras de profundidad con botellas Niskin a niveles estándar (10, 25, 50, 75, 100, 150, 200 y 300 m).

1 Imarpe, Dirección General de Investigaciones en Oceanografía y Cambio Climático, Área Funcional de Investigaciones en Oceanografía Química y Geología, gflores@imarpe.gob.pe
2 Imarpe Dirección General de Investigaciones de Recursos Demersales y Litorales

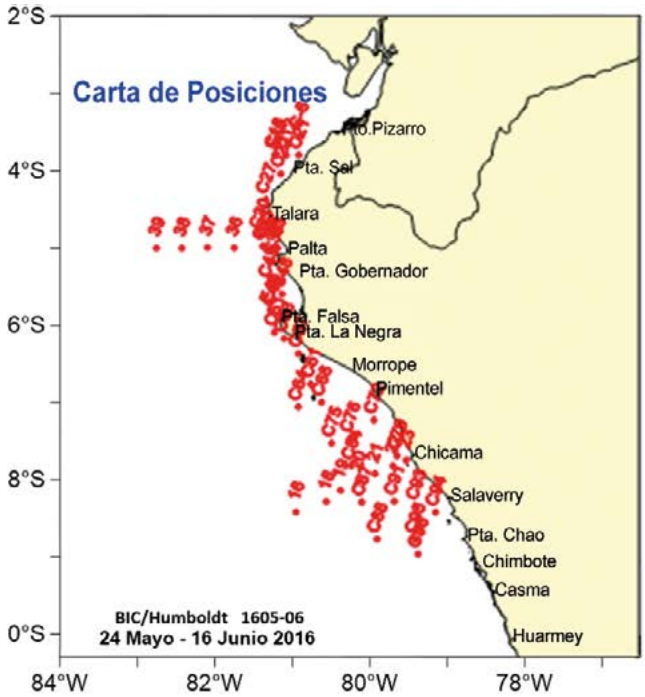


Figura 1.- Carta de posiciones, Cr. 1605-06

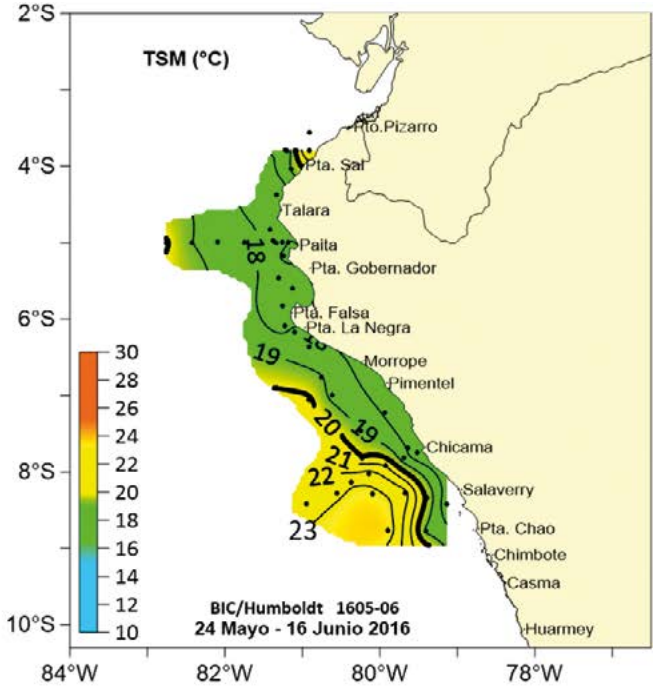


Figura 2.- Distribución de la TSM. Cr 1605-06

La determinación de oxígeno disuelto se efectuó a bordo, empleando el método de Winkler modificado por Carrit y Carpenter (1966). Para la determinación de fosfatos, silicatos, nitratos y nitritos se utilizaron las técnicas y modificaciones de Strickland y Parsons (1972) y Unesco (1983) con el uso del espectrofotómetro Lambda 365 marca Perkin Elmer.

## 3. RESULTADOS

**Oxígeno disuelto.-** Su distribución en la superficie del mar mostró concentraciones de 2,34 a 6,23 mL/L, el promedio fue 4,41 mL/L. Valores superiores a 4 mL/L estuvieron asociados a las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) que dominaron al sur de Punta Sal hasta frente a Punta Chao, con fuerte penetración de estas aguas hacia la costa alcanzando valores hasta de 5,5 mL/L (Fig. 3). Pequeños núcleos, menores a 4 mL/L, se localizaron frente a Punta Sal, Paita, Pta. Falsa y Pimentel y estarían relacionados a las aguas afloradas (Fig. 3a).

**Porcentaje de saturación de oxígeno.-** Varió entre 60 y 100%. En la distribución se encontraron núcleos de 100% frente a Paita, Salaverry y Punta Chao. No se detectó sobresaturación de oxígeno y los valores se encontraron dentro de los límites adecuados (Fig. 3b).

**Nutrientes.-** La distribución de fosfatos en superficie presentó valores entre 1 y 1,5 µM, las mayores concentraciones se detectaron entre Punta Sal y Punta Falsa y estarían relacionados con bajos contenidos de oxígeno (< 4 mL/L), temperaturas de 18 °C y con la mezcla de aguas (ASS-acf). Asimismo, se encontraron dos áreas con bajo contenido de fosfatos (< 1 µM), por fuera de 30 mn (Chicama – Punta Chao) y 80 mn (Paita) asociados a la fuerte influencia de las ASS (Fig. 4a).

Con relación a los silicatos, se apreciaron isolíneas de 5, 15 y 20 µM. Las concentraciones menores de 5 µM se localizaron de Pimentel a Punta Chao y dos pequeños núcleos frente a Punta Sal y Paita, a 70 mn, mientras que altas concentraciones (10 - 15 µM) se localizaron desde el sur de Punta Sal hasta Punta La Negra, características muy semejantes a la distribución de fosfatos (Fig. 4b).

La distribución de nitratos fue homogénea en casi toda el área de estudio. Las concentraciones de 10 µM se pudieron apreciar fuera de las 5 y 35 mn en tres áreas, frente a: Punta Sal, Paita y Chicama – Punta Chao (Fig. 5a). Los nitritos en superficie presentaron concentraciones entre 0,18 y 1,22 µM. Las menores localizadas en casi toda el área evaluada, el valor más elevado (0,75 µM) se registró frente a Chicama (Fig. 5b).

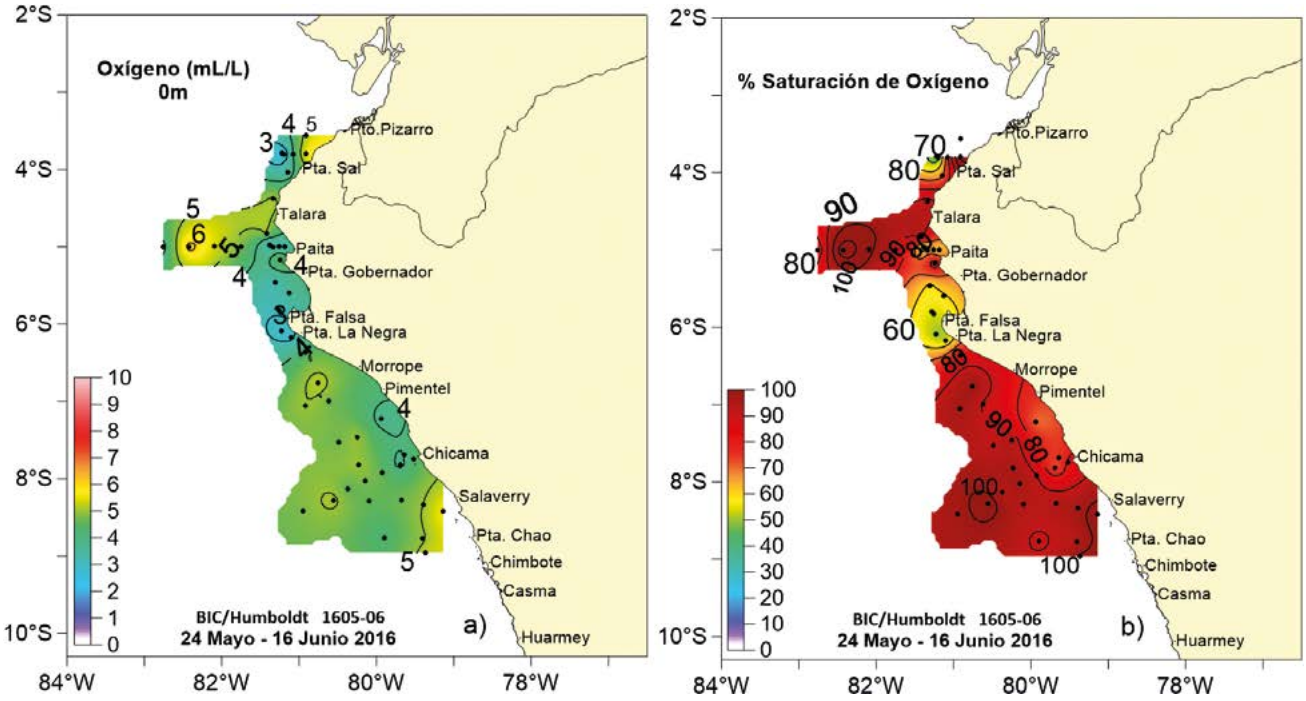


Figura 3.- Distribución superficial de a) oxígeno (mL/L), b) porcentaje de saturación de oxígeno. Cr. 1605 - 06

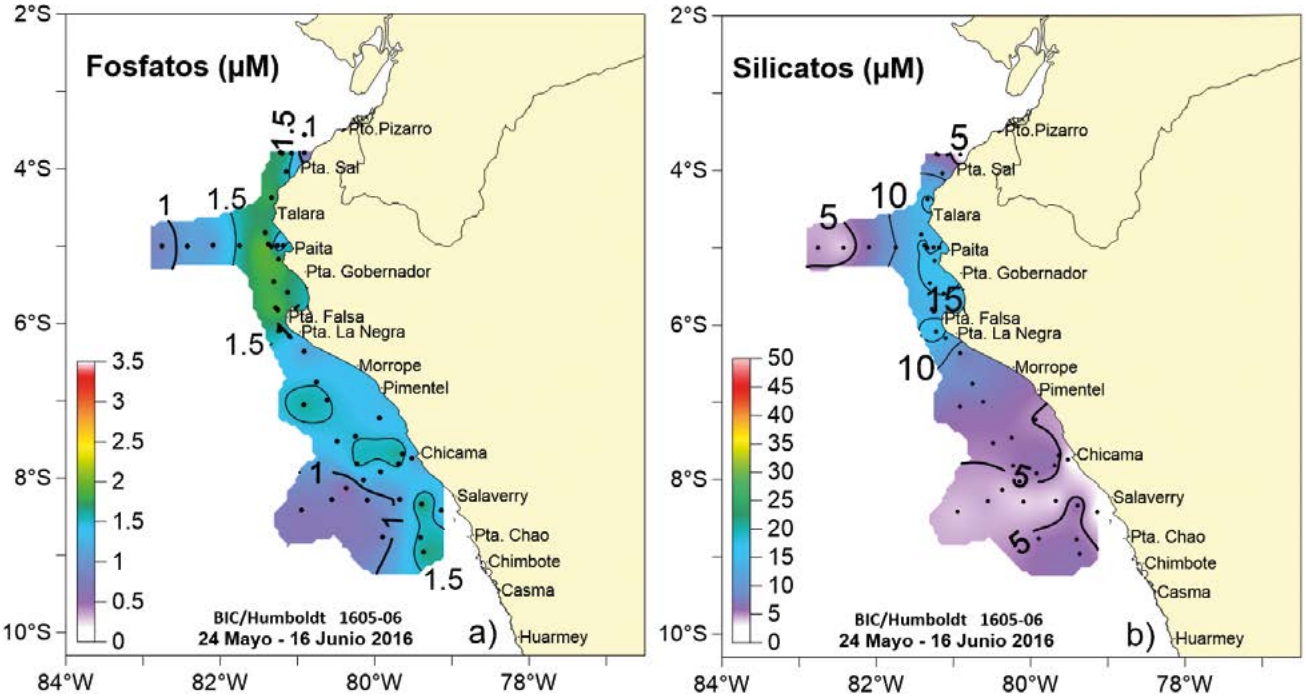


Figura 4.- Distribución superficial de a) Fosfatos, b) Silicatos, Cr.1605 - 06

**Oxígeno en fondo.-** Se registraron valores comprendidos entre 0,04 y 1,22 mL/L, promedio de 0,24 mL/L. La mínima se localizó a mayor distancia de la plataforma continental entre Chicama y Punta La Negra, mientras que, a menor distancia fue de Punta Gobernador a Punta Sal (Fig. 6a).

La profundidad de la isoxígena de (0,5 mL/L) estuvo entre 40 y 200 m, presentando características muy semejantes a la isoterma de 15 °C, aunque ligeramente más profunda. En la zona sur se encontró a la isoxígena entre 40 y 140 m y el área donde se presentó más profunda estuvo al norte de Punta Falsa, entre 140 y 200 m de profundidad (Fig. 6b).

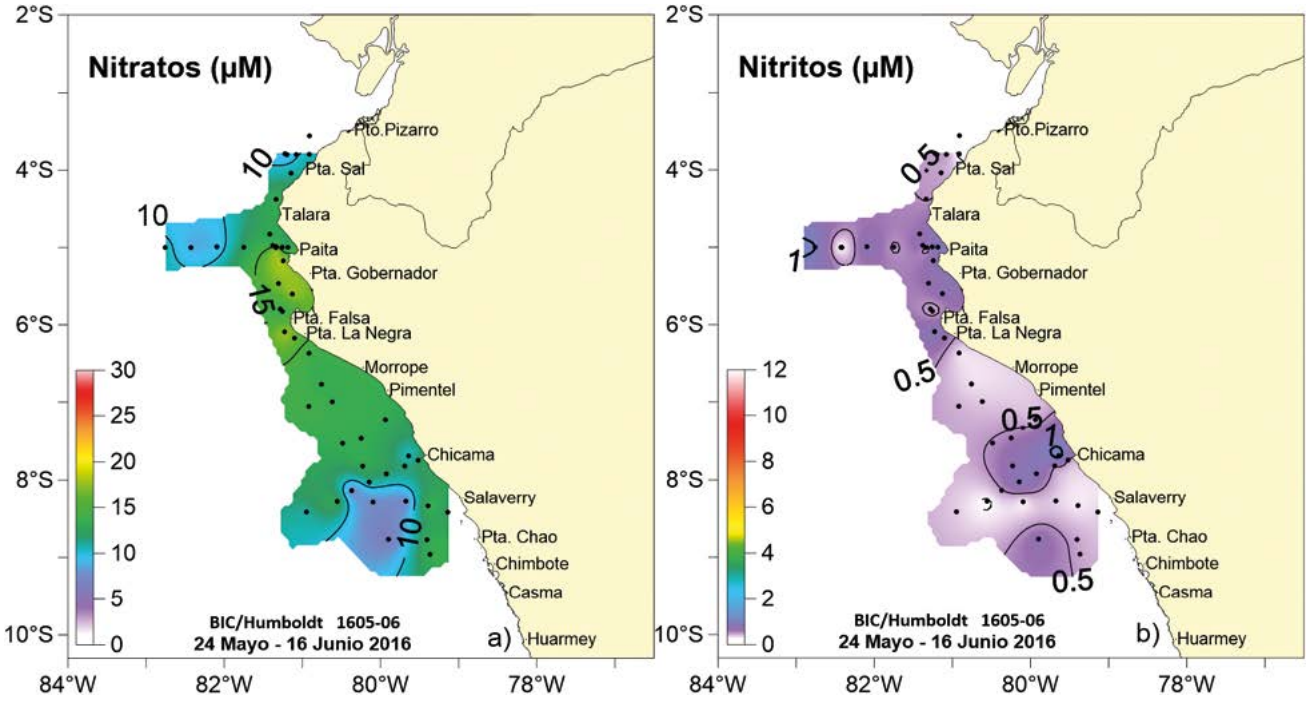


Figura 5.- Distribución superficial de a) Nitratos, b) Nitritos. Cr. 1605 - 06

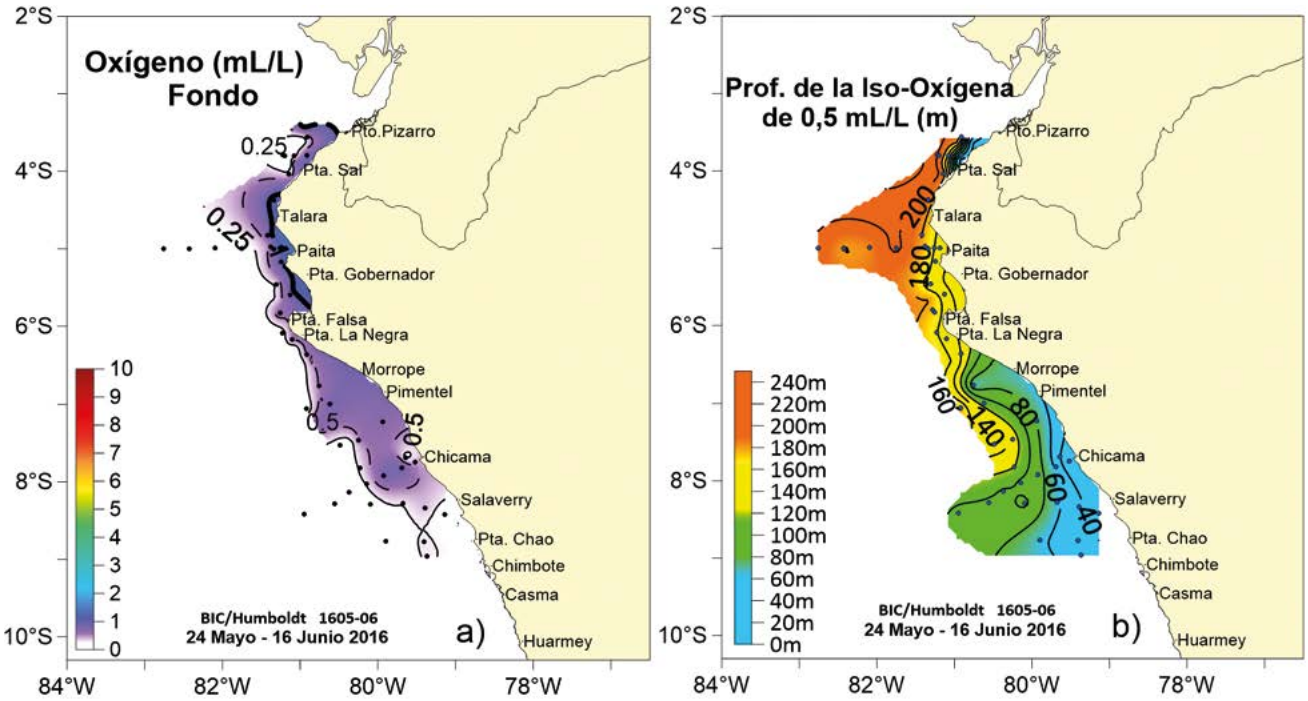


Figura 6.- Distribución de a) oxígeno en fondo, b) profundidad de la isoxígena de 0,5 mL/L. Cr. 1605 - 06

## Distribución vertical

### Sección Chicama

**Oxígeno y nutrientes.-** La distribución vertical de oxígeno mostró por encima de los 50 m y por fuera de las 30 mn una capa homogénea, asociada a la presencia de las ASS hacia la costa. La mínima de oxígeno (0,5 mL/L) presentó una leve declinación en la zona del talud al igual que la temperatura y salinidad (isoterma 15 °C e isohalina 35), consistente con un flujo de norte a sur (Fig. 7a).

En la sección Chicama, menores concentraciones de nutrientes halladas (Fosfatos < 1 µM, Silicatos < 5 µM y Nitratos < 10 µM) se encontraron en la capa de 0 a 30 m por fuera de 40 mn, debido al ingreso de las ASS, que fue más marcada en Chicama respecto a la Sección Paita (Fig. 7b, c, d). Por debajo de 50 m, las concentraciones se incrementaron con la profundidad. Respecto a los nitritos el rango estuvo entre 0,25 y 1 µM (Fig. 7e).

## Sección Paita

**Oxígeno y nutrientes.-** El oxígeno disuelto frente a Paita mostró una oxiclina débil (2-4 mL/L), ubicada hasta 50 m de profundidad. A los 150 m, la isoxígena de 1 mL/L estuvo en relación con la isoterma de 15 °C y salinidad de 35,0. El límite superior de la zona de mínima de oxigeno (ZMO < 0,5 mL/L) se observó alrededor de 200 m, más profunda (40 m) que en abril (Cr. 1602-03 BIC/J.Olaya -BIC/L.Flores) (Fig. 8a).

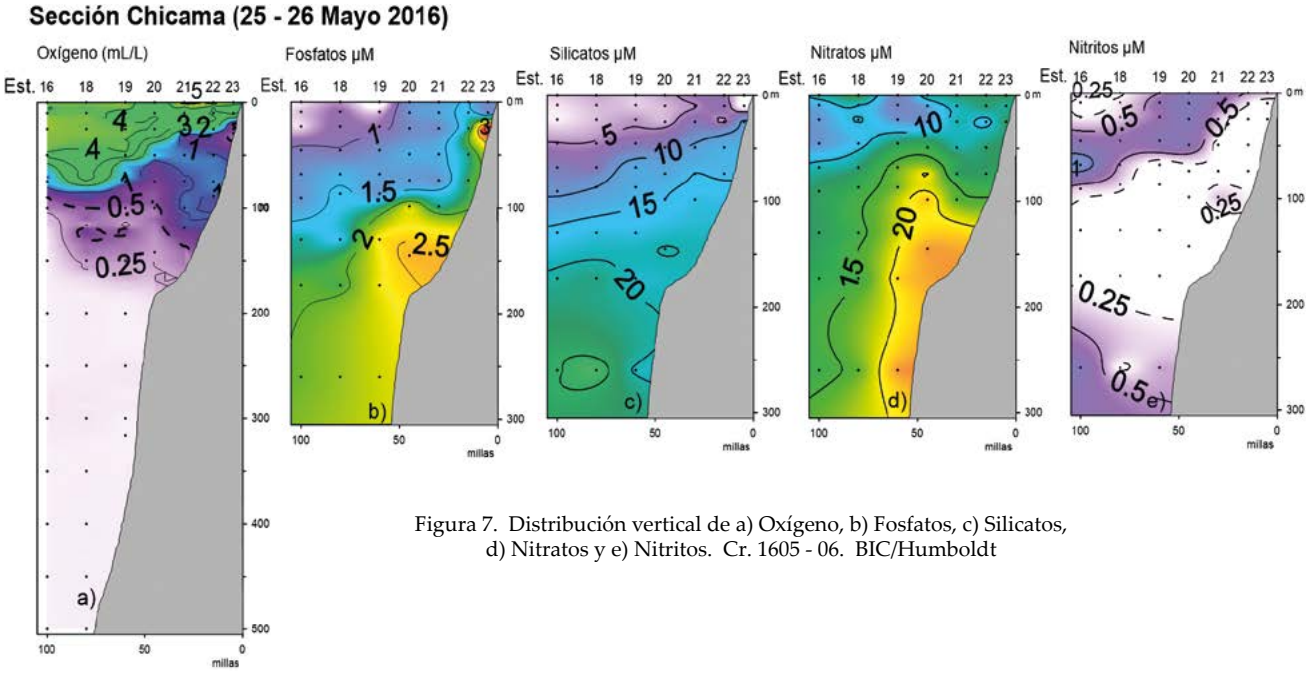


Figura 7. Distribución vertical de a) Oxígeno, b) Fosfatos, c) Silicatos, d) Nitratos y e) Nitritos. Cr. 1605 - 06. BIC/Humboldt

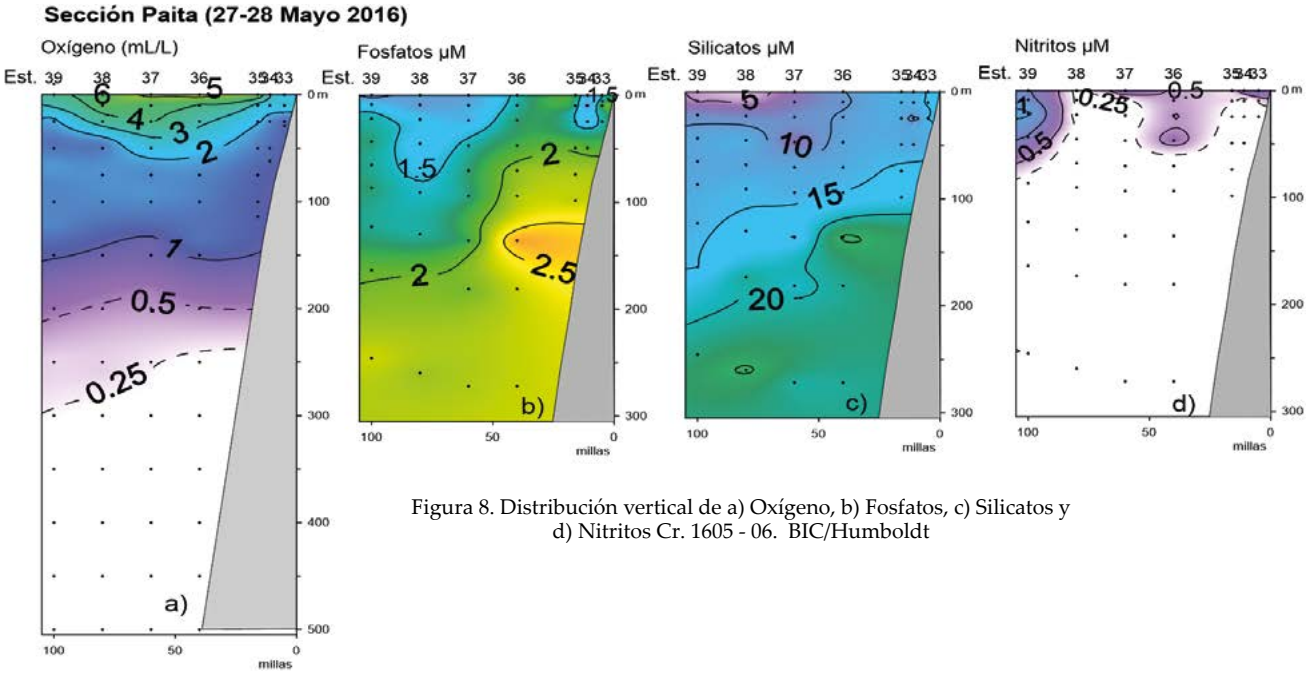


Figura 8. Distribución vertical de a) Oxígeno, b) Fosfatos, c) Silicatos y d) Nitritos Cr. 1605 - 06. BIC/Humboldt

En la distribución vertical de nutrientes por encima de los 50 m y por fuera de las 40 mn se observó la capa de mezcla (acf - ASS) en la cual hubo fuerte penetración de las ASS hacia la costa, lo cual se puede observar con el hundimiento de la isolínea de 1,5 µM de fosfatos y 10 µM de silicatos (Fig. 8b, c). Por otro lado, los nitritos presentaron valores dentro de los rangos normales (Fig. 8d).

## 4. DISCUSIÓN

Se debe destacar que cuando se llevó a cabo la Evaluación de la Población de Merluza y otros Demersales en el otoño 2016, las condiciones ambientales eran cálidas y débiles, pero dentro de un evento El Niño que se inició en abril 2015 y finalizó a fines de junio 2016, para posteriormente dar inicio a un periodo de transición (Enfen, 2015, 2016).

La figura 9 muestra la variabilidad del oxígeno disuelto en superficie en los otoños de 2014, 2015 y 2016, los que correspondieron a períodos cálidos de diferente intensidad: 2014 cálido débil; 2015 cálido moderado y 2016 cálido débil (Enfen, Nº 5-2014, Nº 2-2015, Nº 5- 2016).

Las concentraciones de oxígeno disuelto en otoño 2014, mostraron valores entre 3,05 y 5,78 mL/L con promedio de 4,48 mL/L. Los valores fueron relativamente altos debido a la presencia de aguas cálidas y al débil desarrollo del afloramiento costero, el mismo que se presentó muy próximo a la costa frente a Casma, Salaverry, Chicama, Punta La Negra y Talara (Flores, Morón, Palacios & Anculle, 2018).

En cambio, en el otoño 2015 las concentraciones de oxígeno fluctuaron entre 2,73 y 6,99 mL/L, con promedio de 4,80 mL/L, hallándose valores altos al norte de Punta Sal por presencia de aguas cálidas provenientes del Golfo de Guayaquil y por aguas oceánicas por fuera de las 30 mn frente a Paita y al sur de Punta La Negra. Los valores menores de 4,0 mL/L se ubicaron dentro de las 10 mn entre Salaverry, Chimbote y en forma de pequeños núcleos al frente de Pimentel. Las condiciones ambientales en otoño 2015 fueron cálidas, debido principalmente al arribo de una onda Kelvin a la costa.

Para el otoño 2016, el rango del oxígeno disuelto estuvo entre 2,34 y 6,23 mL/L con promedio de 4,41 mL/L. En ese período hubo fuerte intromisión de las ASS hacia la costa generando pequeños núcleos de oxígeno debido a las mezclas de agua (ASS y acf) entre Punta Sal y Punta Chao. Cabe resaltar que las ASS alcanzaron valores hasta de 35,5. En el área entre Paita y Punta Falsa se localizaron núcleos con valores menores a 4 mL/L.

Respecto a los nutrientes, en otoño 2014 se encontraron valores (< 1 µM fosfatos, < 5 µM silicatos y < 5 µM nitratos) por debajo del promedio estacional (Calienes, Guillen, Lostaunau, 1985), a excepción de pequeños núcleos.

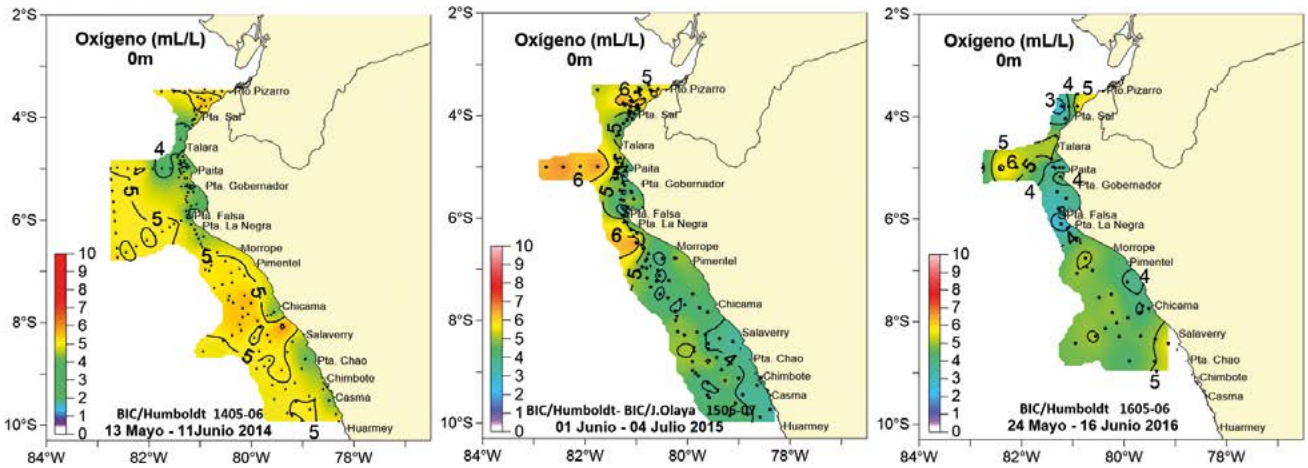


Figura 9.- Distribución de oxígeno en la superficie del mar, otoños 2014, 2015, 2016 en Cruceros Demersales

En el otoño 2016 se presentaron características diferentes, los nutrientes a nivel de superficie mostraron dos núcleos con menores concentraciones (Fosfatos < 1 µM, Silicatos < 5 µM y Nitratos < 10 µM) frente a Chicama - Punta Chao y en Paita, en los cuales destacaron grandes procesos de mezcla debido a la fuerte intromisión de las ASS hacia la costa (salinidades 35,1 – 35,5). Sin embargo, aunque hubo presencia de las ASS desde el sur de Punta Sal hasta Punta Chao, los fosfatos, silicatos, nitratos y nitritos mantuvieron valores dentro de los rangos normales con mayores concentraciones entre Punta La Negra y Punta Sal debido a las aguas de mezcla (ASS y acf) (Fig. 10).

La distribución de oxígeno a nivel del fondo durante los cruceros demersales de otoño del 2010 al 2016 presentó variaciones, observándose distribución más profunda de la mínima de oxígeno durante los cruceros 2012, 2014 y 2015 con respecto a los otros años. Por lo tanto, el recurso merluza, se vio favorecido, desplazándose hacia el sur de sus áreas habituales, donde el ambiente marino era más favorable, en el otoño 2016 (Fig. 11).

En otoño 2016, entre el sur de Punta Sal y norte de Punta La Negra y dentro de las 40 mn, se observó en mayor profundidad la ZMO y es donde se encontraron mayores capturas del

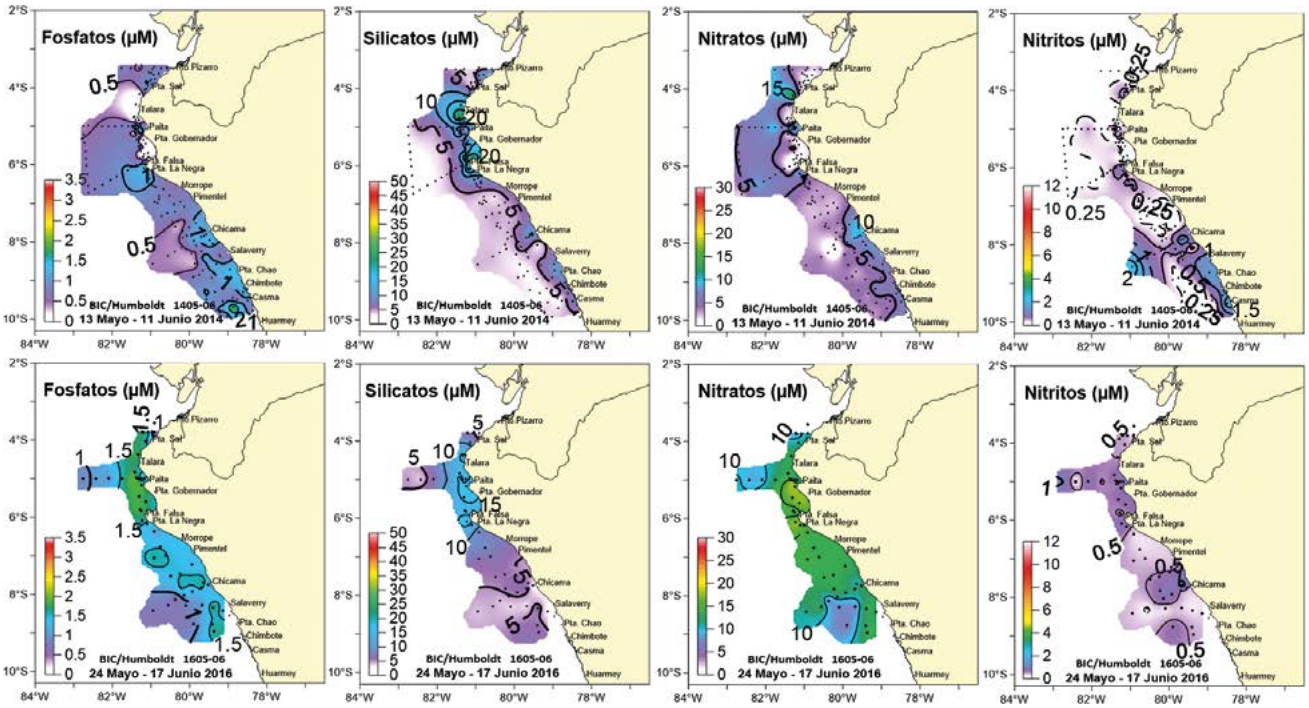


Figura 10.- Distribución de nutrientes en superficie, otoños 2014 (arriba) y 2016 (abajo)

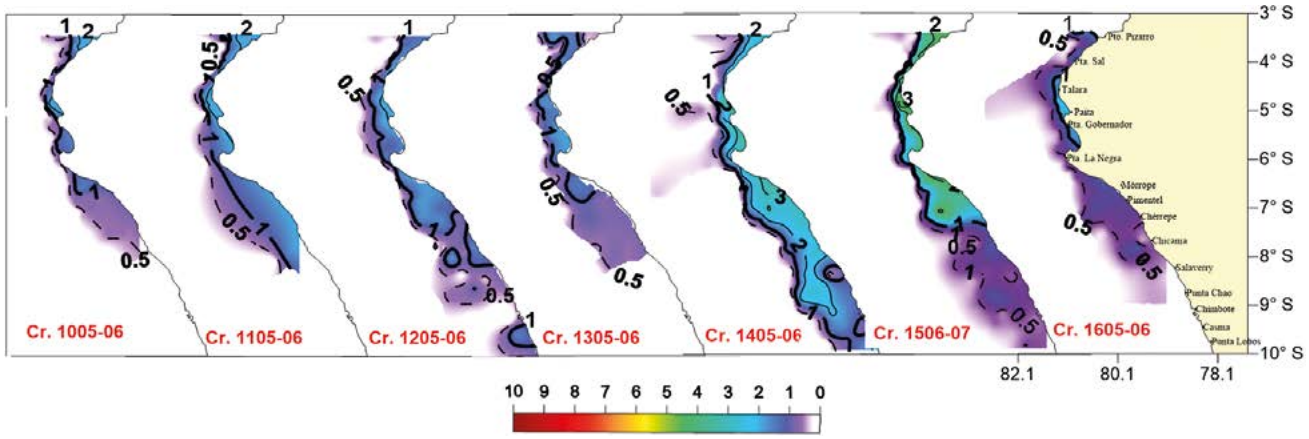


Figura 11.- Distribución de oxígeno de fondo en los Crucero Demersales de otoño del 2010 al 2016

recurso merluza, entre 90 y 350 m (Estratos II y III), asociados a temperaturas de 11 a 16 °C, salinidades de 34,8 y 35,0 así como oxígeno > 0,4 mL/L. Entre Punta Gobernador y Punta Sal, la ZMO se encontró muy cerca a la costa entre 10 y 20 mn y se registraron menores capturas en temperaturas, salinidades y oxígeno, muy semejantes al perfil Chicama.

## 5. CONCLUSIONES

El Crucero Demersal 1605-06, se realizó durante la fase final de El Niño 2015-16, cuando las variables químicas no fueron tan afectadas en sus concentraciones.

El afloramiento fue débil o no muy marcado (núcleos <4mL/L oxígeno) y estuvo asociado a la aproximación de las ASS hacia la costa y a los procesos de mezclas de agua (ASS y acf).

Los nutrientes conservaron sus valores dentro de los rangos normales a excepción de las áreas frente a Salaverry-Chicama y Paita, donde se encontraron concentraciones muy pobres de nutrientes por el ingreso de las ASS hacia la costa.

## 6. REFERENCIAS

Calienes, R., Guillén, O. & Lostaunau, N. (1985). Variabilidad espacio temporal de clorofila, producción primaria y nutrientes frente a la costa peruana. *Bol Inst Mar Perú*, *10*(1), 1-44. https://hdl.handle.net/20.500.12958/1051

Carrit, D. & Carpenter, J. (1966). Comparison and evaluation of currently employed modification of the Winkler method for determining dissolved oxygen in sea water. *J. Mar. Res.*, 24, 286-318. https://elischolar.library.yale.edu/journal_of_marine_research/1077

Enfen. (2014). Informe técnico Enfen, Nº 5.

Enfen. 2014.Informe técnico Enfen, Nº 12.

Enfen. 2015. Informe técnico Enfen, Nº 2. mayo 2015.

Enfen. 2015. Informe técnico Enfen, Nº 6. setiembre 2015.

Enfen. 2016. Informe técnico Enfen, Nº 5. mayo 2016.

Enfen. 2016. Informe técnico Enfen, Nº 10. octubre 2016.

Flores, G., Morón, O., Palacios, J. & Anculle, T. (2018). Oxígeno, clorófila y nutrientes entre Puerto Pizarro y Huarmey durante el otoño 2014. *Inf Inst Mar Perú*, *45*(1), 5-13. https://hdl.handle.net/20.500.12958/3283

Strickland, J. & Parsons, T. (1972). A practical handbook of sea water analysis. *Fisheries Board of Canada Ottawa, Bulletin*, 167, 311. http://dx.doi.org/10.25607/OBP-1791

Unesco. (1983). Chemical methods for use in marine environmental monitoring. *Intergovernmental Oceanographic Commission Manual and Guides* 12, 53 pp. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000055950