

CONDICIONES HIDROQUÍMICAS DEL MAR PERUANO ENTRE TALARA Y BAHÍA INDEPENDENCIA. CRUCERO 1908-09

HYDROCHEMICAL CONDITIONS OF THE PERUVIAN SEA BETWEEN TALARA AND INDEPENDENCIA BAY. CRUISE 1908-09

Georgina Flores¹ Wilson Carhuapoma Luis Beltrán
Noel Domínguez Miguel Sarmiento

RESUMEN

FLORES G, CARHUAPOMA W, BELTRÁN L, DOMÍNGUEZ N, SARMIENTO M. 2021. Condiciones hidroquímicas del mar peruano entre Talara y Bahía Independencia. *Crucero 1908-09. Inf Inst Mar Perú. 48(3): 438-450.* Durante el invierno 2019, se realizó el crucero estimación de la biomasa desovante de la anchoveta (*Engraulis ringens*) por el método de producción de huevos (MPH) 1908-09 a bordo de los BIC J. Olaya y Humboldt, abarcando el área entre Talara y bahía Independencia. Este crucero permitió monitorear las condiciones hidroquímicas del invierno 2019. Altas concentraciones de nutrientes (silicatos y nitratos) mayores a 5 μM se observaron en las aguas superficiales de toda el área de estudio, debido al impacto del afloramiento costero y la presencia de mezcla de Aguas Costeras Frías (ACF) con Aguas Subtropicales Superficiales (ASS). El paso de ondas Kelvin frías favoreció una nutriclina más somera y el incremento de nutrientes en agosto y setiembre. La iso-oxígeno superficial de 5 mL/L delimitó el área de mayor concentración de oxígeno, valores mayores (5,5 mL/L) estuvieron relacionadas con las ASS que tuvieron fuerte penetración hacia la costa al sur de Huarney. La distribución vertical de la zona de mínima de oxígeno se encontró por encima de los 200 m en Paita y Punta La Negra y más superficial en Chimbote, Callao y Pisco reflejando condiciones de afloramiento que determinan una distribución más somera de las aguas deficientes en oxígeno.

PALABRAS CLAVE: condiciones hidroquímicas, mar peruano, invierno 2019

ABSTRACT

FLORES G, CARHUAPOMA W, BELTRAN L, DOMINGUEZ N, SARMIENTO M. 2019. *Hydrochemical conditions of the Peruvian sea between Talara and Independencia Bay. Cruise 1908-09. Inf Inst Mar Peru. 48(3): 438-450.* The cruise 1908-09 took place onboard R/Vs Olaya and Humboldt in winter 2019. We aimed to estimate the anchoveta (*Engraulis ringens*) spawning biomass by the egg production method (EPM). The cruise covered an area between Talara and Independencia Bay. Nutrient concentrations greater than 5 μM were observed throughout the study area due to the impact of the coastal upwelling and the presence of mixing waters (Cold Coastal Waters + Subtropical Surface Waters). In the same period, the arrival of cold Kelvin waves occurred, thus favoring shallower nutrition and increasing nutrients. The surface 5 mL/L iso-oxygen delimited the area with the highest oxygen concentration that was related to the SSWs that had strong coastward penetration to the south of Huarney. The vertical distribution of the oxygen minimum zone was found above 200 m in Paita and Punta La Negra, while it was shallower in Chimbote, Callao, and Pisco, thus reflecting the upwelling conditions that allow the shallower distribution of hypoxic waters.

KEYWORDS: hydrochemical conditions, Peruvian sea, winter 2019

1. INTRODUCCIÓN

La anchoveta *Engraulis ringens* es una especie pelágica que sustenta la mayor pesquería pelágica a nivel nacional, es por ello que el IMARPE, una vez al año entre agosto y setiembre (invierno) época que presenta uno de los períodos de mayor desove, realiza el crucero de estimación de biomasa desovante del recurso utilizando el Método de Producción de Huevos (MPH) con la finalidad de evaluar la población desovante de la

anchoveta en su principal área entre Talara y Bahía Independencia.

El presente trabajo tiene por objetivo mostrar las condiciones hidroquímicas tanto superficiales como en la columna de agua durante el estudio de biomasa desovante coincidente con el período de invierno 2019 frente a las costas de Perú. Se presentan las condiciones de fertilidad (nutrientes) y productividad (clorofila-a), oxígeno y pH a fin de caracterizar el hábitat del recurso en ese período.

1 IMARPE, Unidad de Investigaciones en Oceanografía Química y Geología, gflores@imarpe.gob.pe

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El crucero de Estimación de Biomasa Desovante de la Anchoqueta (*Engraulis ringens*) por el Método de Producción de Huevos (MPH) 1908-09, se realizó entre el 25 de agosto y 24 de setiembre del 2019 a bordo de los BIC J. Olaya y Humboldt. El estudio cubrió el área entre 04°29,982'S y 14°22,053'S, desde Talara hasta bahía Independencia (Fig. 1).

Se realizaron 926 estaciones, de las cuales 211 fueron superficiales y 28 hidrográficas (Fig. 1). La recolección de agua de mar en la columna permitió la determinación de oxígeno disuelto, nutrientes (fosfatos, silicatos, nitratos y nitritos), clorofila-a y pH. Las muestras se recolectaron mediante botellas Niskin a profundidades estándares (10, 25, 50, 75, 100, 150, 200 y 300 m).

Se analizaron 400 muestras de oxígeno disuelto según el método de Winkler modificado por CARRIT & CARPENTER (1966). Las muestras para análisis de nutrientes fueron 395, y se efectuaron siguiendo la metodología de STRICKLAND & PARSONS (1972).

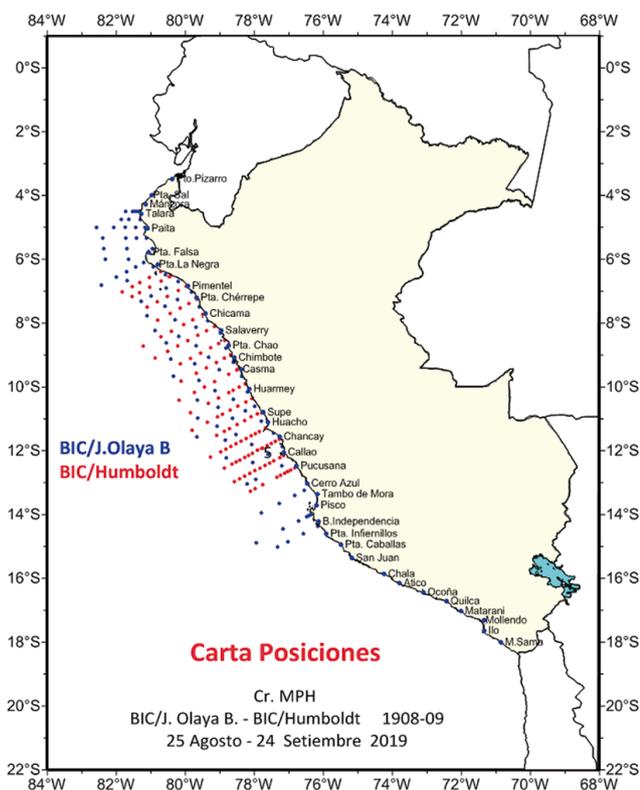


Figura 1.- Ubicación de Estaciones. Cr. MPH 1908 - 09

Las muestras recolectadas para la determinación de clorofila-a se tamizaron con filtros Whatman GF/F de 2,5 cm de diámetro. Se analizaron 353 muestras usando el método fluorométrico YENTSCH & MENZEL (1963) modificado por HOLM HANSEN *et al.* (1965). Respecto al pH fueron lecturas directas de la muestra a bordo usando el método descrito por DICKSON *et al.* (2007).

3. RESULTADOS

Distribución de oxígeno, pH, clorofila-a y nutrientes en la superficie del mar

Oxígeno

Las concentraciones de oxígeno disuelto superficial variaron entre 1,91 y 7,02 mL/L encontrándose el mínimo valor entre Chancay y Huacho y el máximo frente a Salaverry. La concentración promedio fue 4,65 mL/L. La isolínea de 5 mL/L delimitó las concentraciones mayores a 5 mL/L las cuales estuvieron relacionados con aguas de mezcla. En una franja muy angosta se encontraron valores menores a 4 mL/L indicando la zona de afloramiento costero de Aguas Costeras Frías (ACF). Las concentraciones de 5,5 mL/L estuvieron asociadas con las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS). Frente a Salaverry se encontró un núcleo con valores de 6 y 7 mL/L asociado con altos contenidos de clorofila-a (Fig. 2).

pH

Los valores superficiales del potencial de hidronio (pH) variaron entre 7,72 y 8,17, presentando distribución similar al oxígeno disuelto, reflejando las condiciones físicas y procesos bioquímicos del ambiente. Valores <7,8 delimitaron la zona de influencia del afloramiento costero dentro de las 20 mn, indicando las celdas de afloramiento frente a la bahía Independencia, entre Chancay - Huacho y Chimbote - Pimentel. Los valores superiores a 8,1 se hallaron formando núcleos frente a Cerro Azul, Salaverry, asociado a altas concentraciones de oxígeno disuelto y a una fuerte floración algal (Fig. 3).

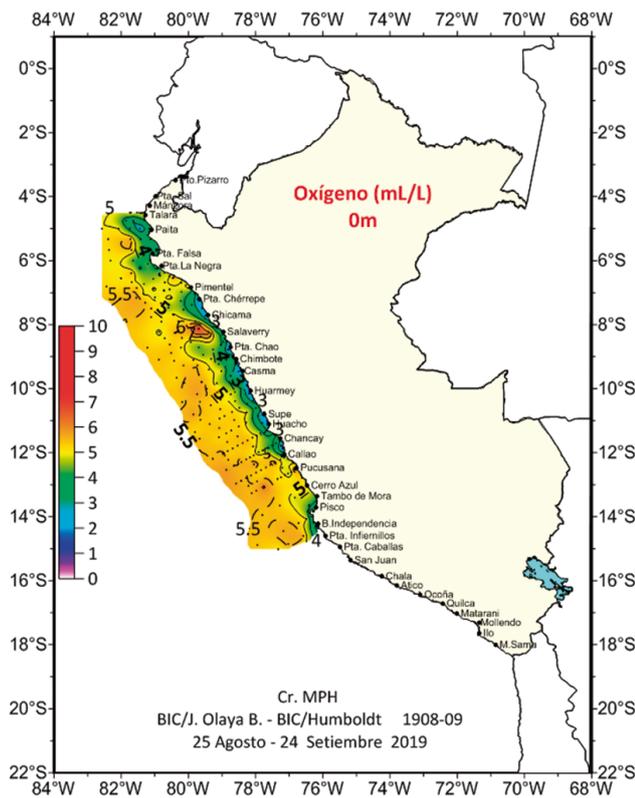


Figura 2.- Distribución superficial de oxígeno. Cr. MPH 1908-09. BIC J. Olaya-BIC Humboldt

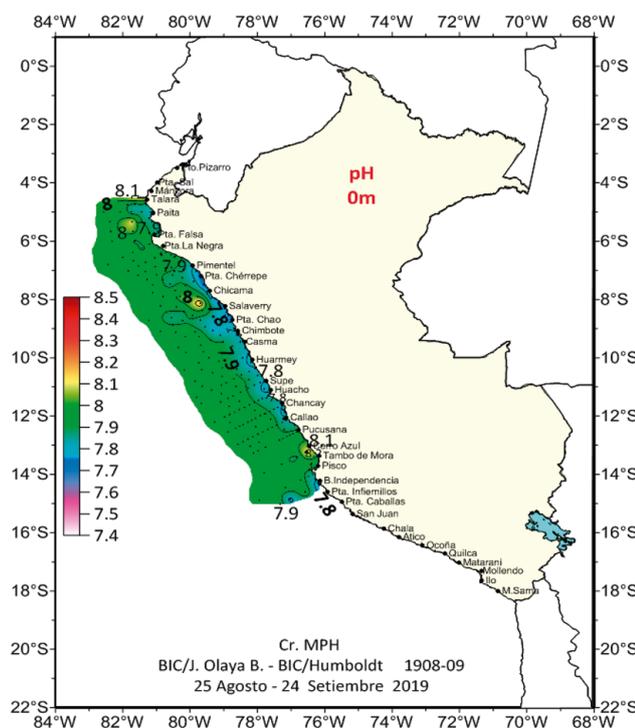


Figura 3.- Distribución superficial del pH. Cr. MPH 1908-09. BIC J. Olaya, BIC Humboldt

Clorofila-a

La clorofila-a presentó concentraciones en un rango de 0,34 y 26,45 $\mu\text{g/L}$ con promedio de 3,12 $\mu\text{g/L}$. Se presentaron tres áreas productivas con altos valores de clorofila-a, entre el sur de Talara – Punta La Negra (3 – 19 $\mu\text{g/L}$), Chicama – Punta Chao (3 – 26 $\mu\text{g/L}$) y Callao – bahía Independencia (3 – 19 $\mu\text{g/L}$).

La isolínea de 1 $\mu\text{g/L}$ delimitó las áreas productivas presentando mayor amplitud al norte de Chimbote y al sur del Callao. Por otro lado, los valores menores a 1 $\mu\text{g/L}$ reflejaron la distribución de las ASS (Fig. 4).

Nutrientes

Los nutrientes reflejaron condiciones de altos valores en toda la franja costera. Los silicatos superficiales mostraron rango entre 1,61 y 30,27 μM con promedio de 10,64 μM (Fig. 5). Altos niveles de silicatos (>10 μM) estuvieron relacionados con temperaturas menores a 16 °C y salinidades de 35 ups indicando el impacto del afloramiento costero. La amplitud de la isolínea de 10 μM se presentó mayor entre Chicama y Casma. Las bajas concentraciones (<10 μM , Fig. 5) estuvieron asociadas a las ASS y a las aguas de mezcla, pero también al consumo fitoplanctónico, como se observó en Punta La Negra y Salaverry.

Los nitratos en la superficie del mar variaron entre 3,72 y 21,96 la concentración promedio fue 13,57 μM . Al igual que con los silicatos el ámbito se caracterizó por presentar altas concentraciones (>10 μM) encontrándose los mayores valores, 20 – 30 μM , en las áreas de afloramiento frente a Talara y entre Chancay – Pisco. Valores menores a 10 μM se hallaron entre Pucusana – Tambo de Mora por presencia de las ASS y aguas de mezcla (ASS y ACF) (Fig. 6a). Los nitritos estuvieron dentro de los rangos normales variando de 0,00 a 2,74 μM (Fig. 6b).

Distribución vertical de oxígeno, clorofila-a y nutrientes

Oxígeno

En la sección **Paita**, sobre los 50 m de profundidad, el oxígeno disuelto varió entre 1 y 4 mL/L. En superficie y en la franja costera, se observaron

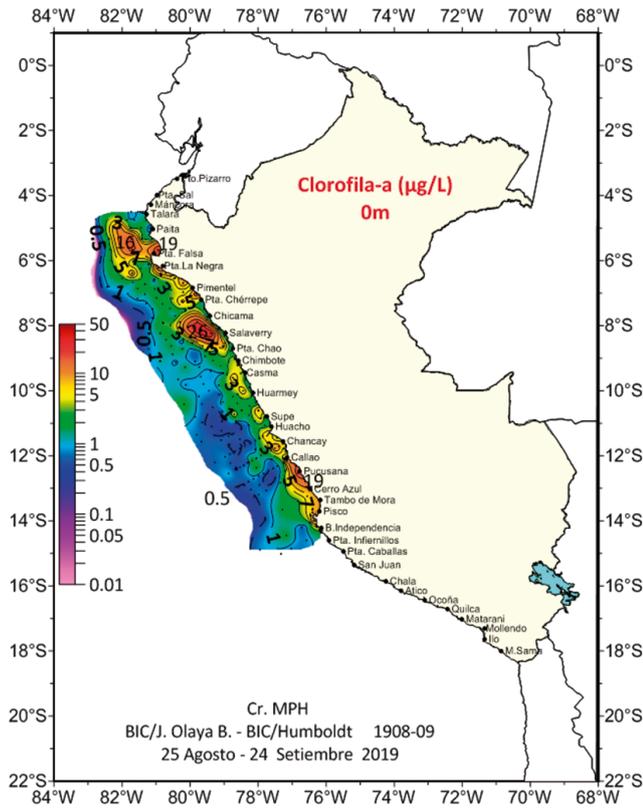


Figura 4.- Distribución superficial de clorofila-a. Cr. MPH 1908-09. BIC J. Olaya, BIC Humboldt

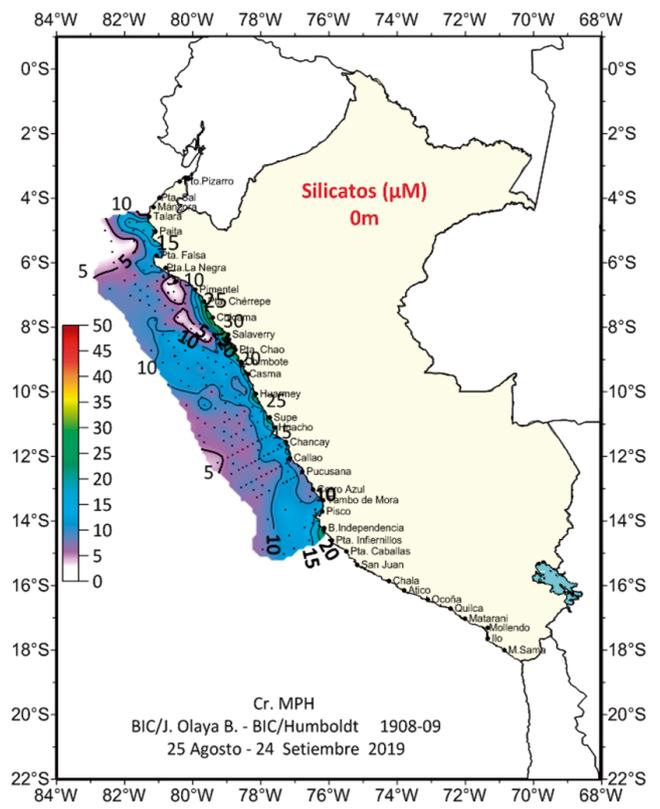


Figura 5.- Distribución superficial de silicatos. Cr. MPH 1908-09. BIC J. Olaya, BIC Humboldt

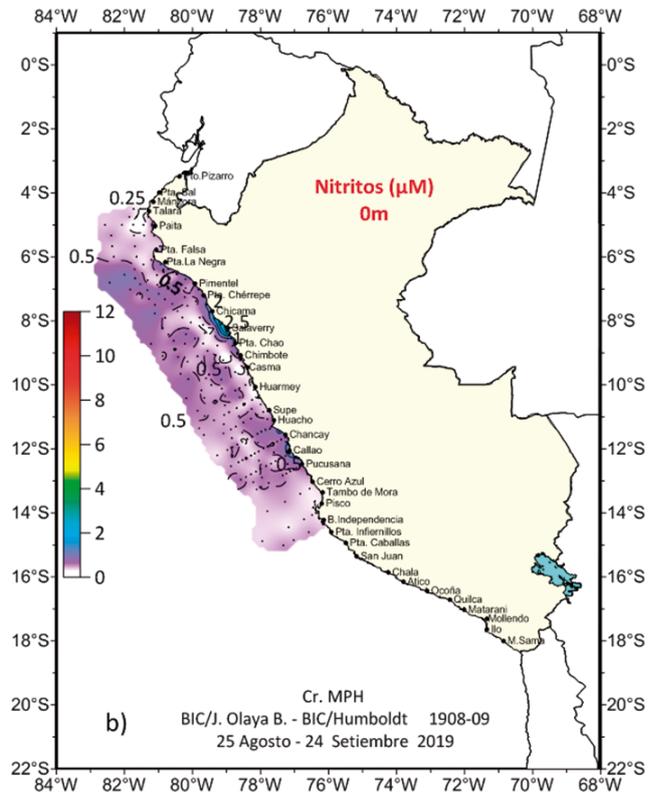
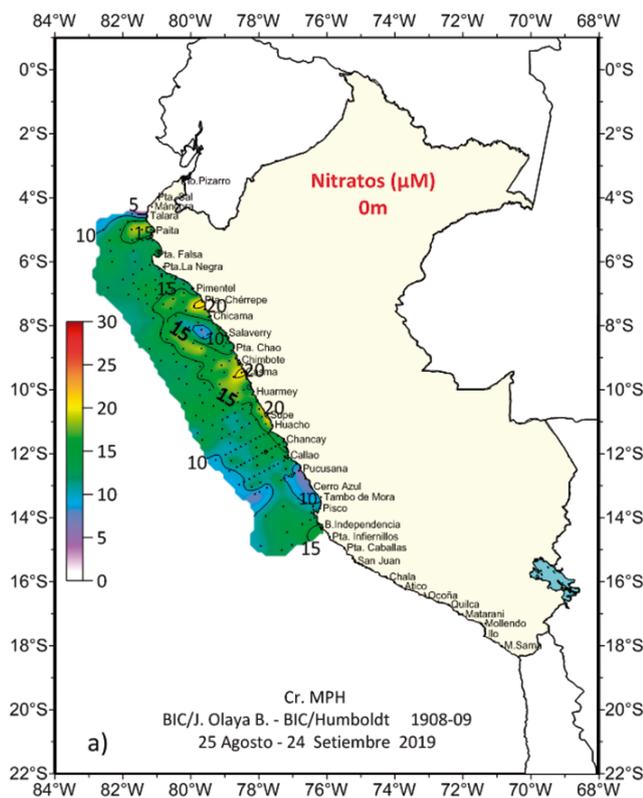


Figura 6.- Distribución superficial de a) Nitritos, b) Nitratos. Cr. MPH 1908-09. BIC J. Olaya, BIC Humboldt

valores de 2 y 3 mL/L asociados al afloramiento costero. La Zona de Mínima de Oxígeno (ZMO <0,5 mL/L) se ubicó alrededor de los 150 m profundizándose hacia la costa (Fig. 7a).

En la sección **Punta La Negra**, sobre los 60 m de profundidad, el oxígeno disuelto varió entre 2 y 4 mL/L, disminuyendo hacia la costa. La ZMO se ubicó alrededor de los 100 y 160 m de profundidad. Se observó un importante desacoplamiento entre la oxiclina y el borde superior de la ZMO (Fig. 7b).

La distribución de oxígeno disuelto en la sección **Chimbote** indicó procesos de afloramiento costero con las iso-oxígenas de 2, 3 y 4 mL/L, que se proyectaron hacia la superficie dentro de las 25 mn. La ZMO se ubicó muy somera en la costa (20 m) y a los 110 metros a 90 mn, respectivamente. Sobre la plataforma se observó una intensa deficiencia en oxígeno (Fig. 7c).

La sección **Callao** se caracterizó por presencia de una columna con mayor estratificación con valores mayores a 4 y 5 mL/L en una fina capa de 5-10 metros por fuera de las 5 mn. Esto coincide con la presencia de ASS. El límite superior de la ZMO se localizó sobre los 75-80 m de profundidad (Fig. 7d).

En la sección **Pisco**, se observó un patrón similar a Callao. El contenido de oxígeno disuelto mostró valores >5 mL/L sobre los 20 metros y por

fuera de las 15 mn, mientras valores menores a 2 mL/L indicaron procesos de surgencia. El límite superior de la ZMO se ubicó sobre los 75 m de profundidad (Fig. 7e).

Clorofila-a

En la sección **Paita**, la isolínea de 1 µg/L se encontró por encima de los 50 m la misma que delimitó el área con altos valores de clorofila-a. La concentración entre 3 y 11 µg/L estuvo en un núcleo por fuera de 40 mn (Fig. 8a). En **Punta La Negra**, al igual que en Paita, se registró un núcleo alejado de la costa entre 30 y 70 mn con altas concentraciones de clorofila-a (3 - 13 µg/L) que se distribuyeron alcanzando 25 y 50 m (Fig. 8b). **Chimbote** presentó poca biomasa fitoplanctónica en términos de clorofila-a, con excepción de la zona costera cuyas concentraciones fueron de 1 a 5 µg/L debido al avance de las ASS hacia la costa (Fig. 8c).

En la sección **Callao**, el avance de las ASS fue más evidente respecto a Chimbote, afectando la distribución de clorofila que fue menor a 1 µg/L. Un pequeño núcleo de <1,5 µg/L se localizó dentro de las 20 mn (Fig. 8d). En **Pisco**, altas concentraciones de clorofila-a (10 - 14 µg/L) dentro de las 20 mn y valores de 1 - 1,5 µg/L entre 40 y 90 mn se presentaron reflejando mayor predominio de las ACF así como el alejamiento de las ASS (Fig. 8e).

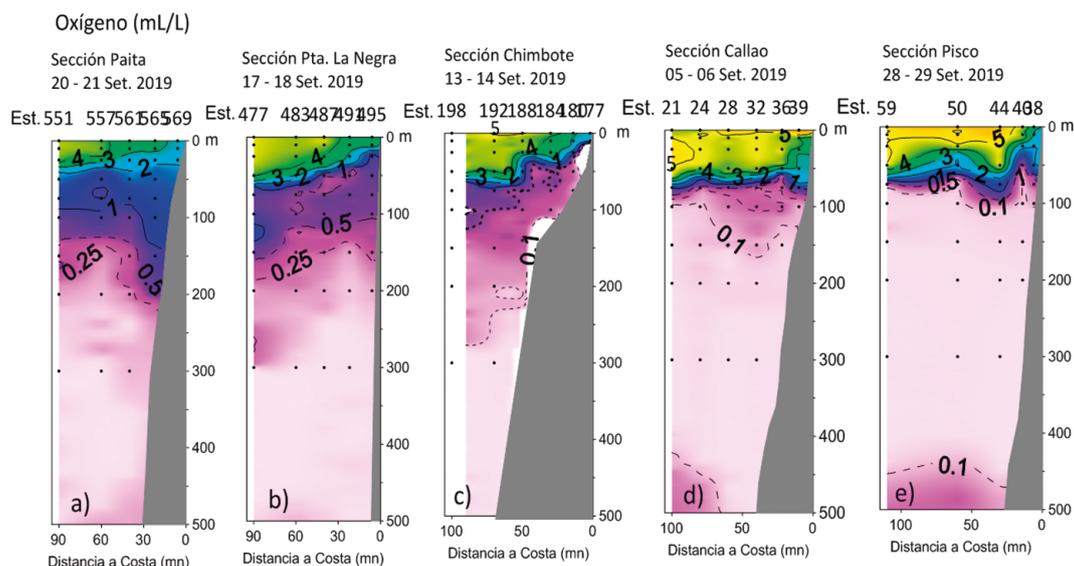


Figura 7.- Distribución vertical de oxígeno. Cr. MPH 1908. BIC J. Olaya, BIC Humboldt

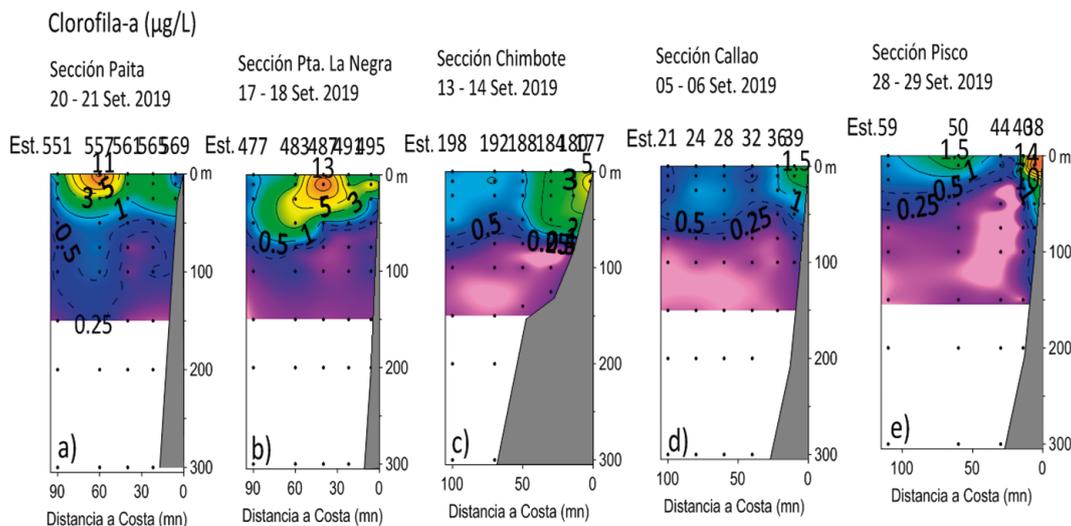


Figura 8.- Distribución vertical de oxígeno. Cr. MPH 1908-09. BIC J. Olaya, BIC Humboldt

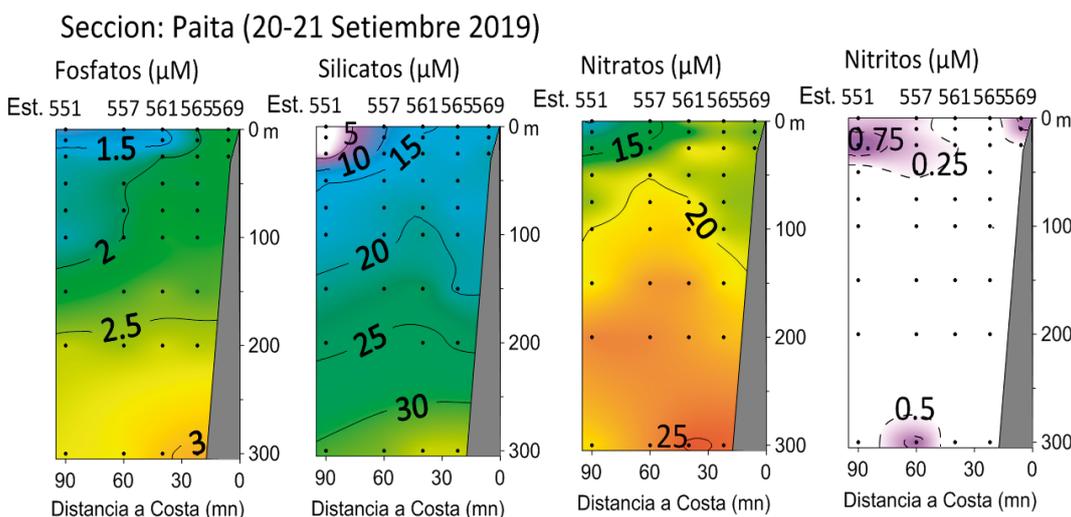


Figura 9.- Distribución vertical de nutrientes. Cr. MPH 1908-09. BIC J. Olaya, BIC Humboldt

Nutrientes

En la sección **Paita**, los nutrientes (fosfatos, silicatos, nitratos y nitritos) mostraron concentraciones dentro de los rangos normales; así como el incremento hacia la costa asociado al afloramiento costero y por fuera de las 60 mn (0-10 m) y la presencia de aguas de mezcla (S% 35,05 ups) que en particular se observa con los silicatos (Fig. 9).

En la sección **Punta La Negra** los nutrientes mostraron la influencia de las aguas de mezcla y presencia de las ASS, lo cual se reflejó en concentraciones menores de silicatos (<10 μM) y nitratos (<15 μM) en la capa de los primeros 50 m y entre las 30 y 60 mn. Dentro de las 30 mn

se incrementaron asociados con las condiciones frías (temperaturas menores a 17 °C) y salinidad de 35 ups (Fig. 10).

En la sección **Chimbote** predominaron altos nutrientes (fosfatos aprox. 1,5 μM , silicatos y nitratos de 15 μM) asociados al efecto del afloramiento que se observó en las primeras mn y las aguas de mezcla. El impacto de las ASS es menos notorio que en el norte. Se observaron altos valores de nutrientes asociados con la plataforma mientras que los nitritos se presentaron cercanos a cero no indicando una fuerte nitrato reducción ni condiciones de deficiencia de oxígeno muy intensas (< 0,25 mL/L) (Fig. 11).

Seccion: Pta. La Negra (17-18 Setiembre 2019)

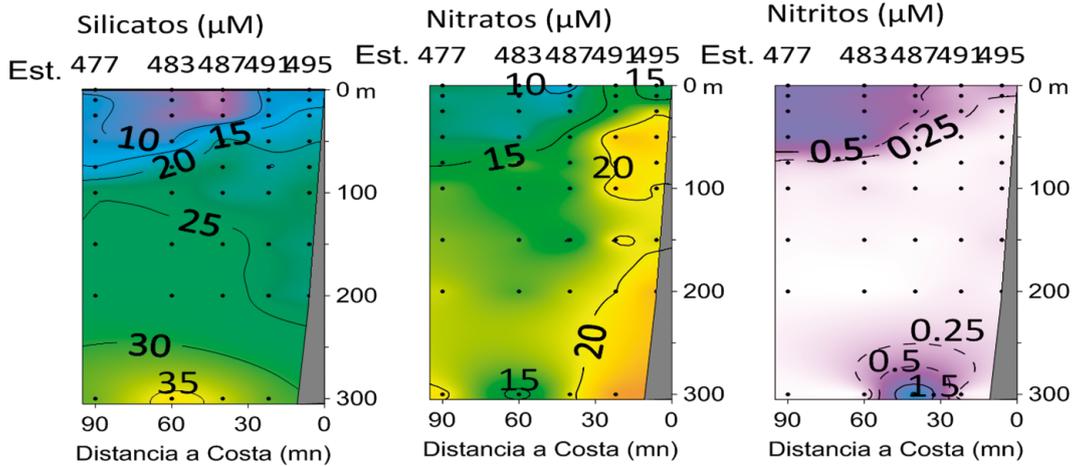


Figura 10.- Distribución vertical de nutrientes. Cr. MPH 1908-09. BIC J. Olaya, BIC Humboldt

Seccion: Chimbote (13-14 Setiembre 2019)

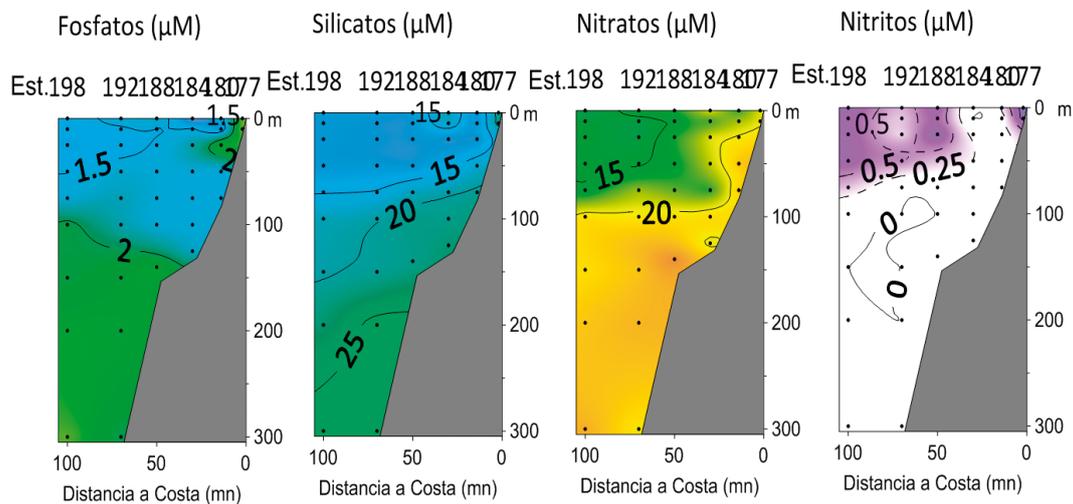


Figura 11.- Distribución vertical de nutrientes. Cr. MPH 1908-09. BIC J. Olaya, BIC Humboldt

Seccion: Callao (05-06 Setiembre 2019)

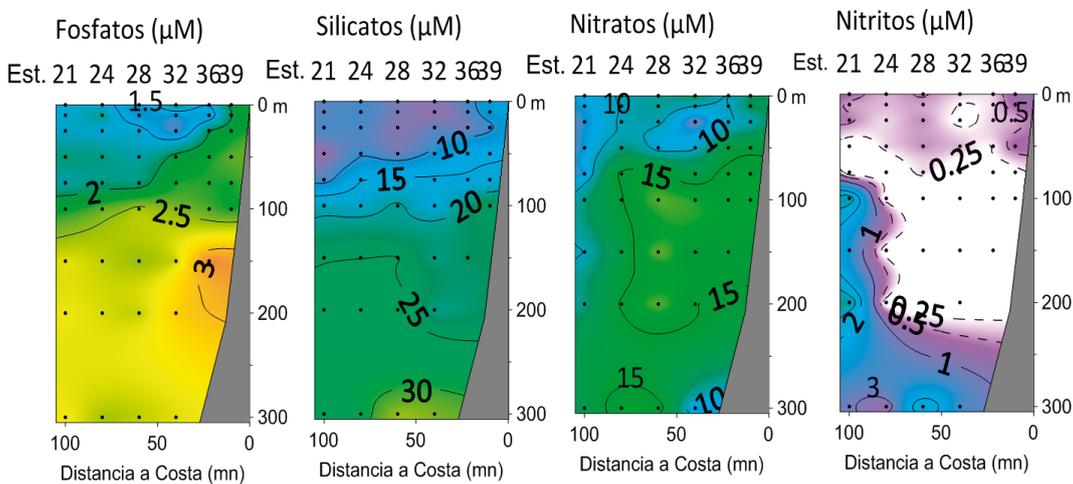


Figura 12.- Distribución vertical de nutrientes. MPH 1908-09. BIC J. Olaya, BIC Humboldt

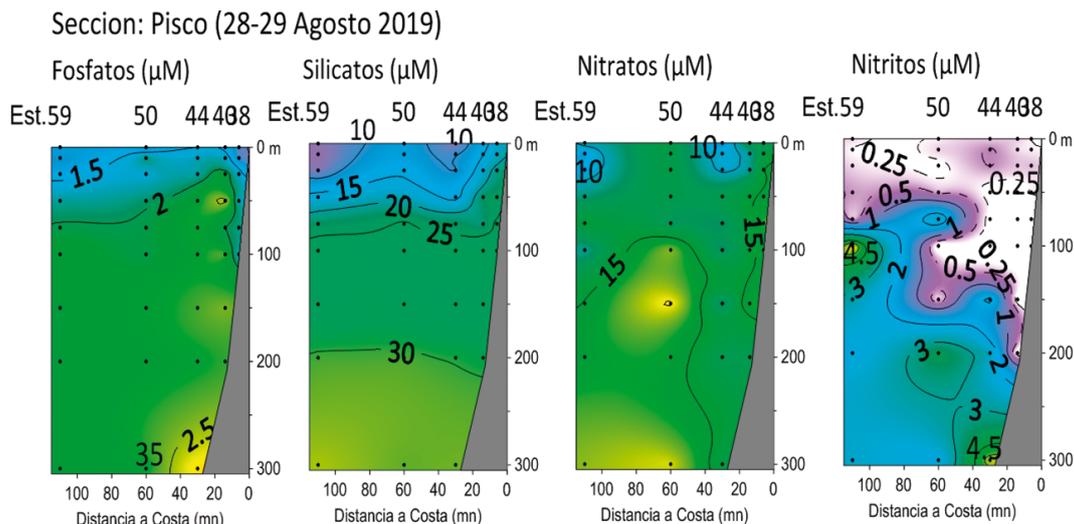


Figura 13.- Distribución vertical de nutrientes. CR. MPH 1908-09. BIC J. Olaya, BIC Humboldt

En la sección **Callao**, bajos nutrientes por encima de los 50 m indicaron aguas de mezcla (ACF y ASS) y un débil afloramiento muy costero (fosfatos <1,5 µM y silicatos <10 µM). En el caso de los nitratos, además, se observó consumo, posiblemente, por procesos de óxido reducción que se reflejaron en el incremento de nitritos (>1 µM) y procesos de óxido-reducción (Fig. 12).

En la sección **Pisco** se encontraron características diferentes, una capa de mezcla muy somera (25 m) y cierta estratificación. Por debajo de esa capa, se encontraron altas concentraciones de nutrientes en particular, al igual que en Callao, la presencia de altos nitritos, pero con distribución hacia la zona costera asociándose a concentraciones muy bajas de oxígeno (<0,1 mL/L, Fig. 13).

4. DISCUSIÓN

La información obtenida por el crucero de invierno de biomasa desovante se compara con los resultados obtenidos durante observaciones efectuadas en cuatro cruceros de invierno realizados entre 2016 y 2019. Las condiciones de oxígeno superficiales (Fig. 14) experimentaron cambios intensos en el área de estudio en relación con temperatura, salinidad, masas de agua, intensidad del afloramiento costero y producción fitoplanctónica. En particular el año 2017 presentó condiciones predominantes de muy bajo oxígeno (<3 mL/L). Mientras que, en los años 2016 y 2018 se observaron condiciones de mayor oxigenación asociados a la mayor penetración de las ASS. Durante el invierno 2016 la iso-oxígena de 5 mL/L penetró hacia la costa

generando un repliegue del afloramiento costero a una franja costera muy angosta. Frente a Pisco y Pucusana las concentraciones de oxígeno de 6 a 8 mL/L estuvieron asociadas a floraciones algales. Para el invierno 2018, la fuerte incursión de las ASS hacia la costa amplió la distribución de la iso-oxígena de 5 mL/L replegando hacia la zona muy costera valores menores a 4 mL/L de oxígeno disuelto entre Callao y Paita y, frente a Pisco. Finalmente, durante este estudio, se observaron condiciones de bajo oxígeno (<3 y 4 mL/L) que coincidieron con el afloramiento costero de ACF (<16 °C) entre Punta La Negra - Paita, Callao - Pimentel y Pisco-bahía Independencia. Algunos núcleos de altas concentraciones de oxígeno, 6 y 7 mL/L, se encontraron frente a Salaverry debido a una floración algal en el área de estudio. La dinámica de las ASS y las aguas de mezcla se reflejaron en la distribución de la iso-oxígena de 5 mL/L que se replegó hacia la costa, entre Independencia-Huarmey y Salaverry, ampliándose al norte de Huarmey debido a las mezclas de agua (ACF y ASS).

En relación a la productividad, se puede observar que el año 2019 presentó tres zonas con altos contenidos de clorofila al norte de Paita - Pta. Chérrepe (19 µg/L), Chicama - Punta Chao (26 µg/L) y Callao - Pisco (19 µg/L). Comparando con el patrón estacional de CALIENES *et al.* (1985) para agosto y setiembre se encontraron valores altos, sobrepasando al patrón estacional, estos valores altos se deben posiblemente a floraciones algales y a mayor disponibilidad de nutrientes; por otro lado, se presentaron aguas de mezcla (ACF-ASS) que contribuyeron también a esas floraciones algales.

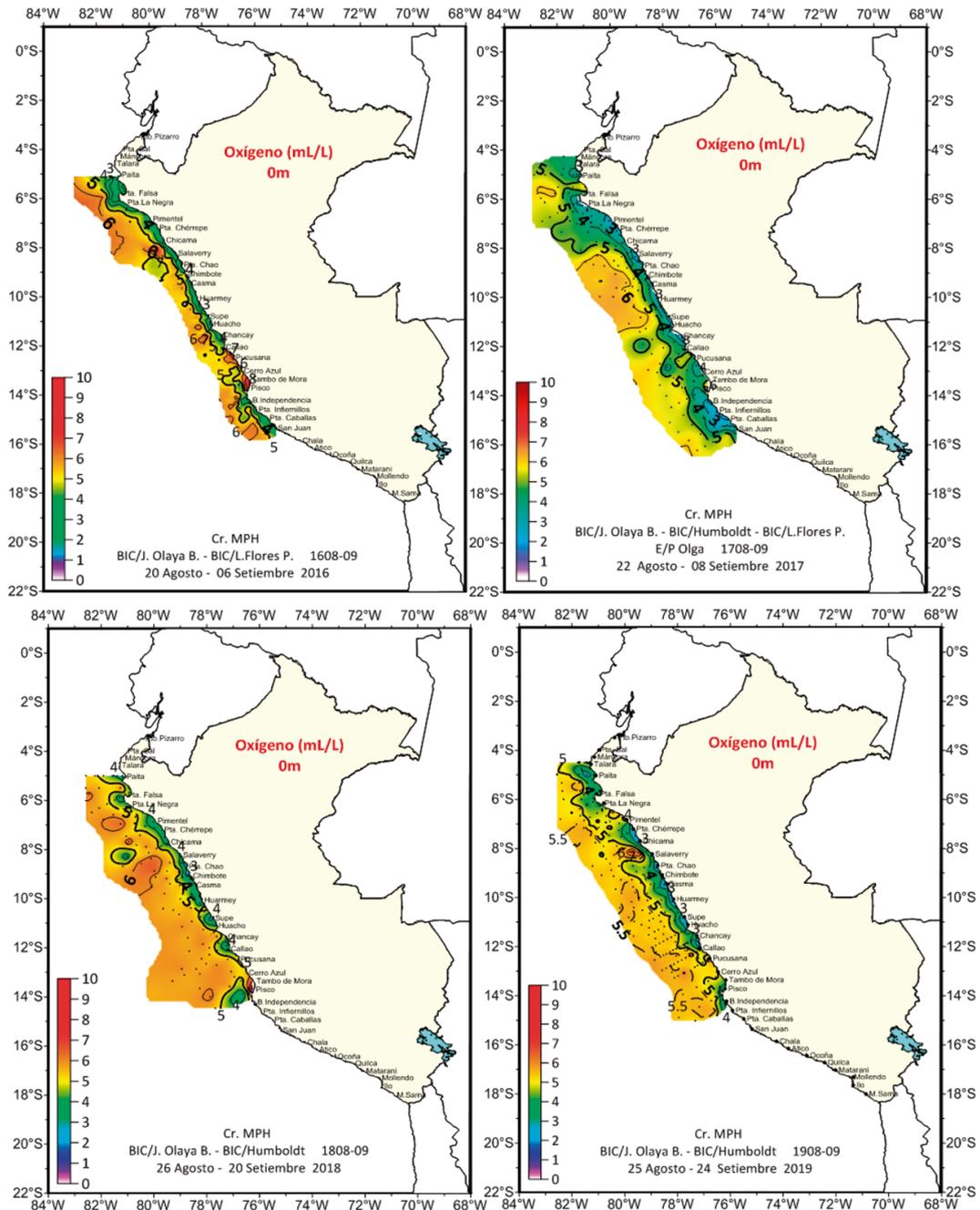


Figura 14.- Distribución superficial de oxígeno entre los años 2016-2019. Cr. MPH 1908-09. BIC Olaya y Humboldt

Respecto a los nutrientes, la serie de inviernos 2016 – 2019 de silicatos (Fig. 15) a nivel superficial, muestra la dinámica de las masas de agua y los procesos de regeneración de nutrientes en la zona eufótica y el afloramiento de aguas profundas ricas en nutrientes y que determinarán la importante producción nueva en el área (DUGDALE & GOERING, 1967). En invierno los silicatos, y en general los nutrientes, se incrementan como resultado de

los vientos favorables al afloramiento costero, observándose a la isolínea de 5 μM con mayor amplitud frente a la costa peruana en comparación con las otras estaciones del año (CALIENES *et al.*, 1985).

Al igual que lo observado en el oxígeno disuelto, el invierno 2017 se caracterizó por predominio de altos valores de silicatos (> 30 μM) indicando las celdas de afloramiento y alcanzando en la

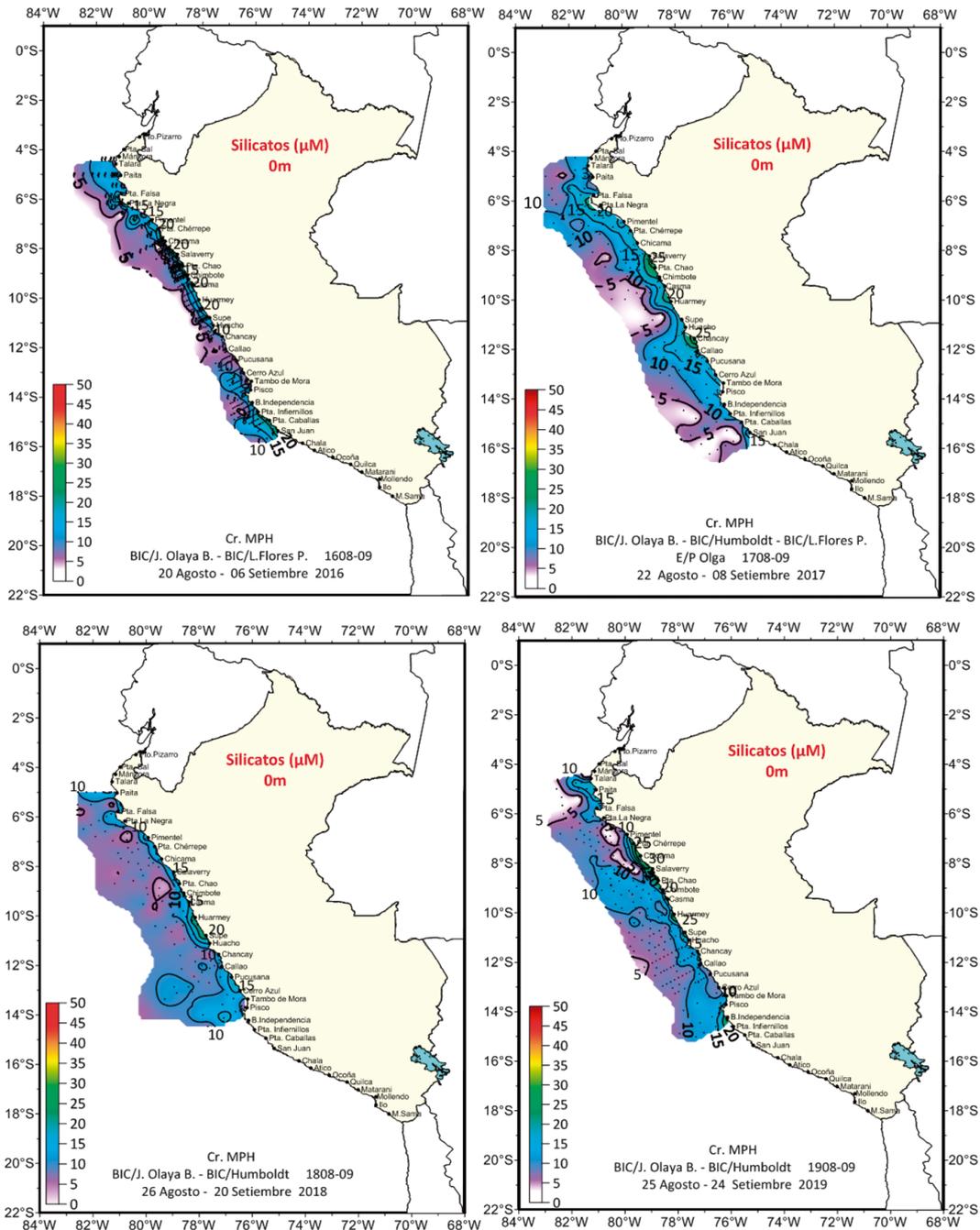


Figura 15.- Distribución superficial de silicatos ente los años 2016-2019. Cr. MPH 1908-09. BIC Olaya y Humboldt

parte oceánica condiciones de altos nutrientes. Ese escenario es diferente al observado en el año 2016 en el cual se advirtió el ingreso de aguas con bajos nutrientes manteniéndose los altos silicatos en una franja muy angosta. Para el invierno 2018 y 2019 predominaron concentraciones mayores a 10 µM en toda el área de estudio, los núcleos menores a 5 µM se debieron al consumo por especies fitoplanctónicas asociados a los altos contenidos de oxígeno. A fin de identificar los cambios de

masas de agua se presentan las figuras 16 y 17 de temperatura y salinidad superficial; ambos parámetros permiten observar los cambios en las masas de aguas, ASS que se proyectan hacia la costa, como en el año 2016, en toda el área, mientras en los otros años se detecta cierta reactivación del afloramiento, la disminución de la temperatura y condiciones de menor salinidad, en particular, en la zona sur entre Pisco y San Juan. Esta condición igualmente se mantiene en 2018 y 2019.

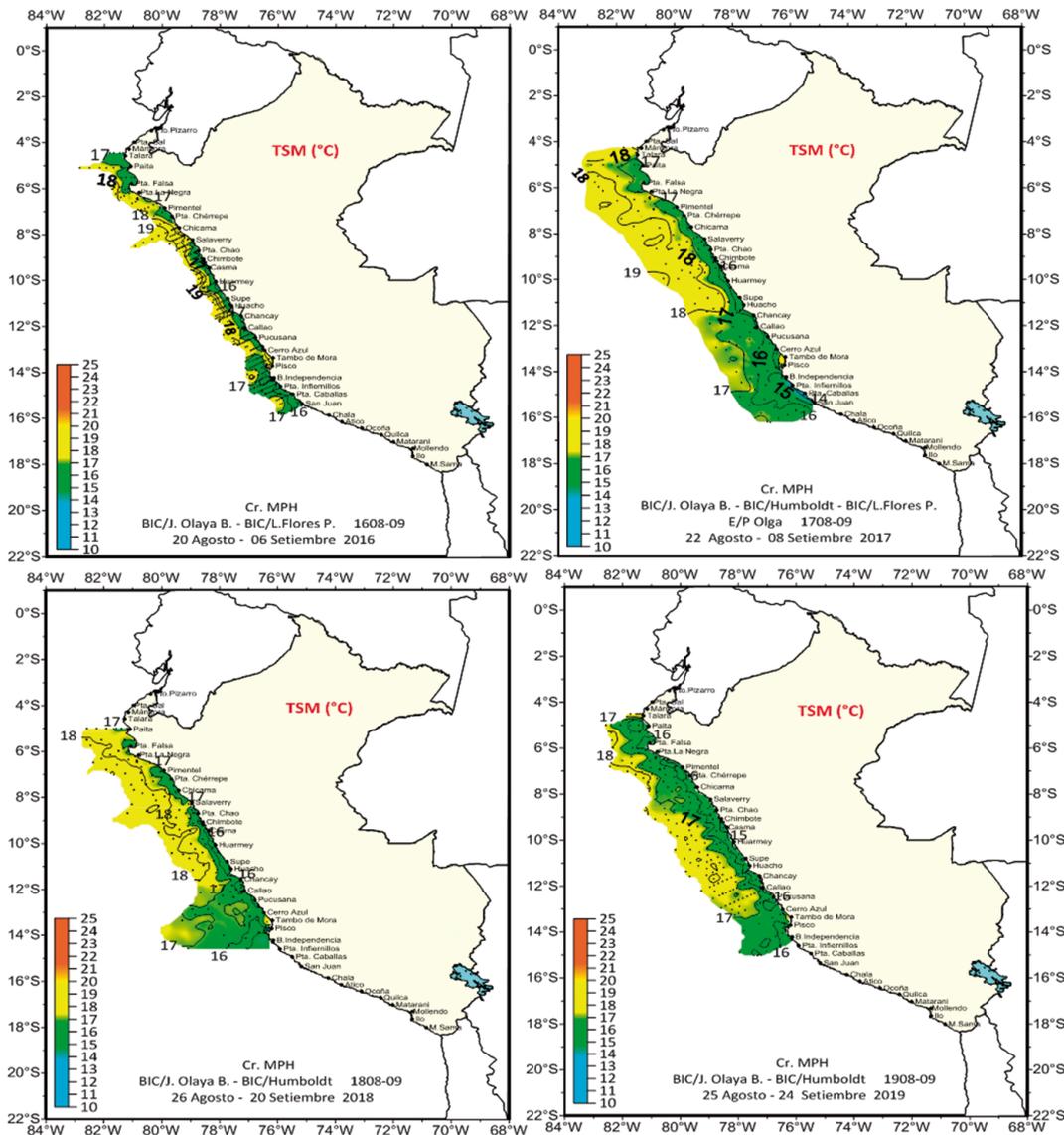


Figura 16.- Distribución superficial de temperatura entre 2016-2019. Cr. MPH 1908-09. BIC Olaya y Humboldt

5. CONCLUSIONES

El oxígeno superficial del mar estuvo asociado con la temperatura y salinidad. Los bajos contenidos de oxígeno (4 mL/L) se localizaron en las áreas de afloramiento en una franja angosta al sur de Huarney, mientras concentraciones altas se presentaron asociadas a las ASS y a la ocurrencia de floraciones algales.

En la distribución vertical, la mínima de oxígeno se encontró en Paita (125 y 200 m), Pta. La Negra (125 – 150 m), en Chimbote estuvo más superficial (20 – 100 m), Callao (75 m) y Pisco (50 – 100 m).

La clorofila-a se caracterizó por mostrar toda el área muy productiva, la isolínea de 1 µg/L delimitó las altas concentraciones dentro de las 5 y 100 mn. Por otro lado, debido a una floración algal intensa, se encontraron tres grupos con valores de 19 µg/L frente a Paita y Pucusana, 26 µg/L Salaverry.

Los nutrientes, como silicatos y nitratos, en la superficie del mar mostraron altos contenidos (>10 µM) en toda el área de estudio debido a la estación de invierno que se caracteriza por el mayor aporte de nutrientes debido al afloramiento costero. Pequeños núcleos

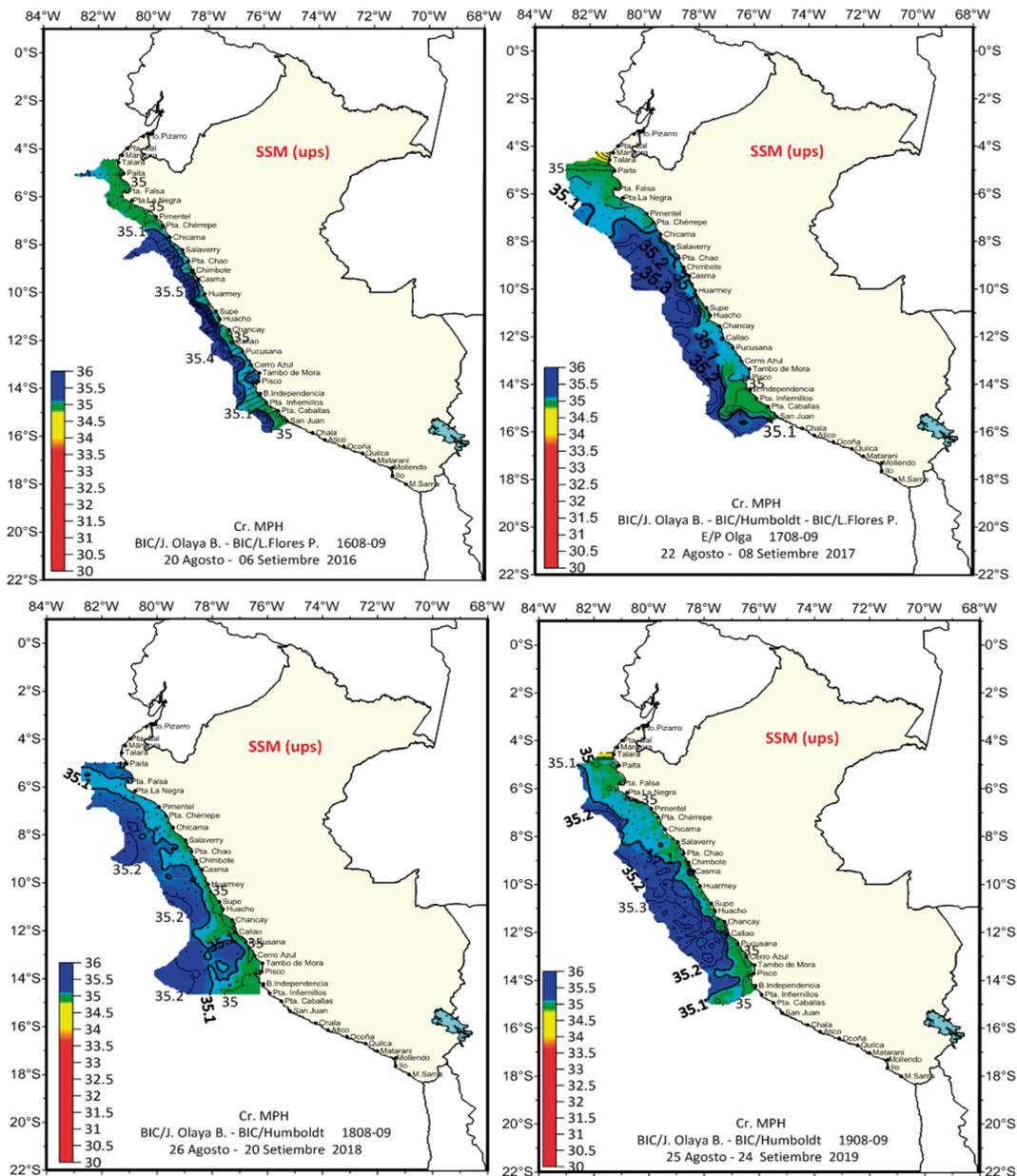


Figura 17.- Distribución superficial de salinidad entre 2016-2019. Cr. MPH 1908-09. BIC Olaya, Humboldt

de 5 μM de silicatos se encontraron frente a Paita y Chancay y de nitratos entre Máncora y Talara, delimitando las áreas de mayores concentraciones.

En las serie de invierno 2016 – 2019 de oxígeno y silicato se encontraron que hay variaciones de un año a otro, observándose valores más altos de silicatos (25 – 30 μM) en agosto 2019 en las áreas de afloramiento.

6. REFERENCIAS

- CALienes R, GUILLÉN O, LOSTANAU N. 1985. Variabilidad espacio-temporal de clorofila, producción primaria y nutrientes frente a la costa peruana. Bol Inst Mar Perú. 10(1): 44.
- 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.
- DICKSON A G, SABINE CL, CHRISTIAN JR. 2007. Comparison Guide to best practices for ocean CO₂ measurements. PICES Special Publication 3, IOCCP Report N° 8.

- DUGDALE J J, GOERING J J. 1967. Uptake of new and regenerated forms of nitrogen in primary productivity. *Limnol. Oceanogr.* (12): 196-206.
- ENFEN. 2019. Comunicado Oficial ENFEN No. 11 – 2019
- ENFEN. 2019. Comunicado Oficial ENFEN No. 12 – 2019
- HOLM-HANSEN A, LORENZEN C, HOMES R, STRICKLAND J. 1965. Fluorometric determination of chlorophyll. *J. Cons. Perm. Inst. Explor. Mer.* 30: 3-15.
- STRICKLAND J, PARSONS T. 1972. A practical handbook of Sea Water Analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada.* 167: 311.
- UNESCO. 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. *Integumental Oceanographic Commission Manual and Guides.* 12: 53 pp. Manual y Guides No. 12.
- YENTSCH C, MENZEL D. 1963. A method for determination of phytoplankton chlorophyll and pheophytin by fluorescence. *Deep-Sea Res.* 10: 221-231.