

# CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS EN EL MAR PERUANO, DURANTE EL CRUCERO DE EVALUACIÓN DE RECURSOS PELÁGICOS 2021 02-04

## OCEANOGRAPHIC CONDITIONS IN THE PERUVIAN SEA DURING THE 02-04 ASSESSMENT CRUISE FOR PELAGIC RESOURCES (2021)

Daniel Quispe<sup>1</sup>

Luis Vásquez<sup>1</sup>

Walter García<sup>1</sup>

Dimitri Gutiérrez<sup>1</sup>

Kevin Díaz<sup>1</sup>

### RESUMEN

QUISPE, D., GARCÍA, W., DIAZ, K., VÁSQUEZ, L. y GUTIÉRREZ D. (2023). Condiciones oceanográficas en el mar peruano durante el crucero de evaluación de recursos pelágicos 2021 02-04. *Inf Inst Mar Perú*, 50(1), 5-18.- El mar peruano durante el verano 2021 se caracterizó por presentar condiciones frías frente a la zona de Talara a Paita, hasta 150 m de profundidad, así como desde Callao hasta Pisco. Frente a la costa central (Chimbote), la aproximación de las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) en la capa somera de 40 m, generó anomalías térmicas positivas. En cambio, el rango de salinidad observado indicó predominio de condiciones normales desde Talara hacia el sur. Se detectó un efecto restringido de las aguas de procedencia ecuatorial en áreas cercanas a la costa al norte de Punta Sal. El oxígeno disuelto mostró mayores concentraciones, en el norte por efecto del aporte de aguas de procedencia ecuatorial, y en zonas oceánicas frente a la costa central de Perú por influencia de las ASS. El efecto del proceso de afloramiento estuvo atenuado en el norte desde Paita hasta Chicama, mientras que, desde Callao a Pisco, esta actividad fue más intensa proyectando isotermas e isoxígenas en forma ascendente hacia la costa.

PALABRAS CLAVE: mar peruano, condiciones oceanográficas, masas de aguas

### ABSTRACT

QUISPE, D., GARCÍA, W., DIAZ, K., VÁSQUEZ, L., and GUTIÉRREZ D. (2023). Oceanographic conditions in the Peruvian Sea during the 02-04 assessment cruise for pelagic resources (2021). *Inf Inst Mar Perú*, 50(1), 5-18.- During the summer of 2021, the oceanographic conditions in the Peruvian sea were distinct. The Talara to Paita zone, as well as the area from Callao to Pisco, exhibited cold conditions up to a depth of 150 m. Conversely, the Subtropical Surface Waters (SSW) generated positive thermal anomalies in the shallow layer of 40 meters along the central coast, particularly in Chimbote. The observed range of salinity indicated that normal conditions predominated from Talara to the south, while the effect of equatorial waters was limited in nearshore areas north of Punta Sal. Higher dissolved oxygen concentrations were observed in the north, where equatorial waters occurred, and in oceanic areas off the central Peruvian coast, due to the influence of the SSW. The upwelling process, a crucial factor for marine productivity in the region, was less intense in the north, from Paita to Chicama, but more pronounced from Callao to Pisco, projecting upward isotherms and isoxygens towards the coast.

KEYWORDS: Peruvian sea, oceanographic conditions, water masses

## 1. INTRODUCCIÓN

Es importante la identificación y descripción de las características abióticas del ambiente marino, dado que condicionan el desarrollo de especies importantes en la cadena trófica y recursos de mayor interés pesquero. Durante los cruceros de evaluación Hidroacústica, se realiza el diagnóstico de las poblaciones de recursos pesqueros con particular énfasis en la anchoveta peruana, para el ordenamiento con base en la sostenibilidad y seguridad alimentaria (CASTILLO *et al.*, 2020; CASTILLO *et al.*, 2021; HECK, 2015). También se evalúan las áreas de desove de anchoveta, componentes de ictioplancton

y zooplancton. La biomasa de la anchoveta está limitada por la dinámica oceánica y la variabilidad climática, siendo favorables a la población las condiciones térmicas neutras y/o ligeramente frías, sobre las cuales influyen el proceso de afloramiento a lo largo de la costa peruana, la variabilidad espacial de las masas de agua, los forzantes remotos de procedencia ecuatorial, la variabilidad de vientos, entre otros.

En el verano 2020, ocurrieron condiciones oceanográficas anómalas, debido a un calentamiento en la costa norte asociado al arribo de ondas Kelvin cálidas (GTI-EN, 2020b),

1 IMARPE, DGIOCC, esquina Gamarra y Gral. Valle s/n, Callao. dquispe@imarpe.gob.pe

aunque posteriormente estas condiciones se normalizaron y se mantuvieron frías todo el 2020, dando inicio a un evento La Niña en el Pacífico ecuatorial central desde agosto 2020 (CASTILLO *et al.*, 2021). En ese contexto, el objetivo de esta evaluación fue caracterizar y analizar las condiciones oceanográficas del mar peruano durante el verano 2021.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El ámbito geográfico de investigación estuvo comprendido entre Puerto Pizarro (3,5°S) y Pisco (14,85°S), con recorrido de norte a sur, desde el 17 de febrero hasta el 1 de abril 2021, en dos etapas a bordo de: las embarcaciones pesqueras (EP) Ribar XVI y Andes 52 (CFG-COPEINCA), que trabajaron la zona oceánica entre Puerto Pizarro y Chimbote por fuera de las 40 millas náuticas (mn) y toda el área de Chimbote a Pisco y, del BIC Luis Flores Portugal (IMARPE) en el que se trabajó desde Punta Sal hasta Chimbote. El diseño de muestreo se efectuó en transectas paralelas entre sí con separación de 12,5 mn y perpendiculares a la costa hasta 80 mn en el centro-norte y hasta 60 mn en el centro-sur. En la columna de agua, se colectó información hasta 500 m de profundidad en las estaciones de Paita, Punta La Negra, Chicama, Chimbote y hasta 300 m en las de Puerto Pizarro, Callao y Pisco. Cabe destacar que se aplicaron protocolos de medidas sanitarias para la prevención de la COVID-19 (Fig. 1).

### Aspectos ambientales

Se colectó información en 776 estaciones, entre las cuales se evaluaron secciones oceanográficas de corte vertical perpendicular a la línea de costa frente a Puerto Pizarro, Paita, Punta La Negra, Chicama, Chimbote, Callao y Pisco, así como en mapas de corte horizontal a profundidades de 5, 20, 40 y 60 m, en todo el ámbito de estudio.

Los registros meteorológicos de temperatura del aire, humedad relativa, presión atmosférica y vientos, se realizaron con datos de la estación meteorológica VAISALA – *Vaisala Maritime Observation Console*, sistema de observación marítima MAWS410 (*Measure Automatic Weather Station*), interfaz VMO console MCC401,

instalada a bordo del BIC Luis Flores Portugal. Los registros en la capa superficial del mar, en cuanto a temperatura, se hicieron con sensores instalados en el casco de las embarcaciones y termómetros de mercurio. La salinidad fue medida por el método de inducción usando un Portasal Guildline 8410A. El oxígeno disuelto fue analizado a bordo del BIC Flores, con la metodología de Winkler modificada por CARRIT & CARPENTER (1966). En la columna de agua, se colectaron muestras de agua con botellas Niskin a profundidades estándar de 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200, 300 y 500 m. También se hicieron registros continuos de presión, temperatura, salinidad y oxígeno con CTD (SBE 19 plus).

Las condiciones oceanográficas se caracterizaron a nivel de superficie y subsuperficie, empleando gráficos interpolados con el método kriging, en términos de valor absoluto y de anomalía con el periodo basado en los promedios multianuales de 1981-2010, resultado de integración de bases de datos locales (cruceros y operaciones del IMARPE) e internacionales, tanto para la temperatura y salinidad (DOMÍNGUEZ *et al.*, 2017)

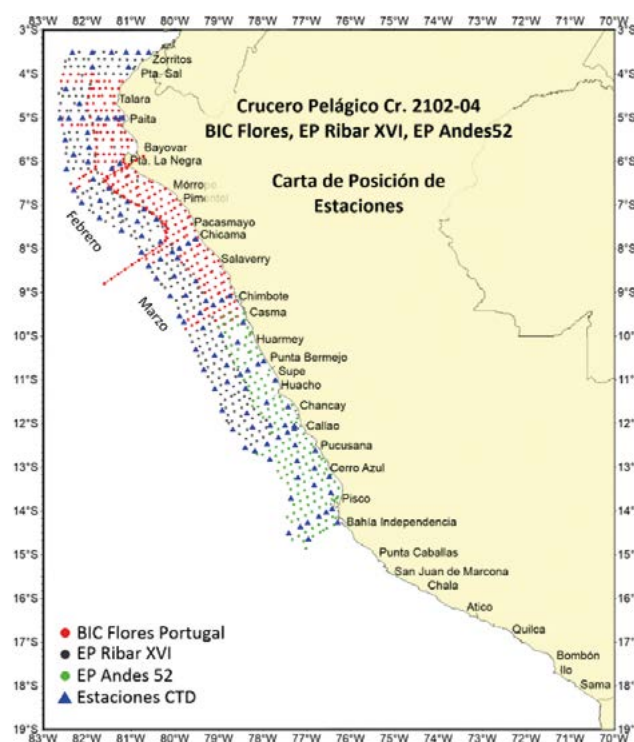


Figura 1.- Carta de posición de estaciones oceanográficas a nivel de superficie (puntos de color) y columna de agua (triángulo), registrados a bordo del BIC Flores Portugal, EP Ribar XVI y EP Andes 52. Crucero pelágico Cr.2102-04

como para el oxígeno disuelto ([http://www.imarpe.gob.pe/ \\*climatologías](http://www.imarpe.gob.pe/*climatologías)). También se generó información de masas de agua (GRADOS *et al.*, 2018). Se estimó la velocidad de corrientes marinas a través del método geostrofico (POND & PICKARD, 1978), cuya aproximación fue el resultado del balance entre el gradiente de presión y la fuerza de Coriolis. Estos cálculos no consideran la variación de la corriente superficial generada por el esfuerzo del viento, ni el efecto de convergencia o divergencia en la superficie por efecto de la no-uniformidad espacial del campo de viento.

### 3. RESULTADOS

#### CONDICIONES METEOROLÓGICAS

##### Temperatura del aire (TA)

La temperatura varió de 18,9 a 25,1 °C, con promedio para el área de estudio de 21,9 °C. En el área evaluada las temperaturas entre 21 y 23 °C se ubicaron al norte de Punta La Negra, exceptuando una amplia zona frente a Paita donde durante febrero se registraron TA menores a 20 °C; en cambio entre Punta La Negra y Callao se localizaron TA mayores a 21 °C, las TA mayores a 23 °C se encontraron por fuera de las 20 y 40 mn de la costa, mientras que las mayores

a 24 °C, estuvieron cerca de las 80 mn de la costa (Fig. 2a).

##### Humedad relativa (HR)

Esta humedad en la atmosfera fluctuó entre 74 y 100 %, con promedio en 92,8 %. Los valores de humedad mayores a 90 % predominaron en toda el área evaluada. Sin embargo, en la franja costera entre Punta Sal y Punta La Negra, así como por fuera de las 20 mn de Chimbote se registraron porcentajes de humedad entre 85 y 74 % (Fig. 2c).

##### Presión atmosférica (PA)

Presentó valores entre 1 006,4 y 1 015,6 hPa, obteniéndose promedio de 1 011,7 hPa. En general, predominaron valores de 1 010 a 1 012 hPa al norte de Salaverry, en cambio al sur de esta localidad las presiones en promedio fueron de 1 013 a 1 014 hPa (Fig. 2b).

##### Vientos (VV)

La velocidad del viento registrada de Talara a Chimbote fluctuó de 0,7 a 10,9 m s<sup>-1</sup>, con promedio 5,06 m s<sup>-1</sup>. La dirección del viento predominante fue SE. Frente a Talara, se llegaron a registrar vientos del NO, en donde se manifestó localmente la mayor intensidad de viento (Fig. 2d).

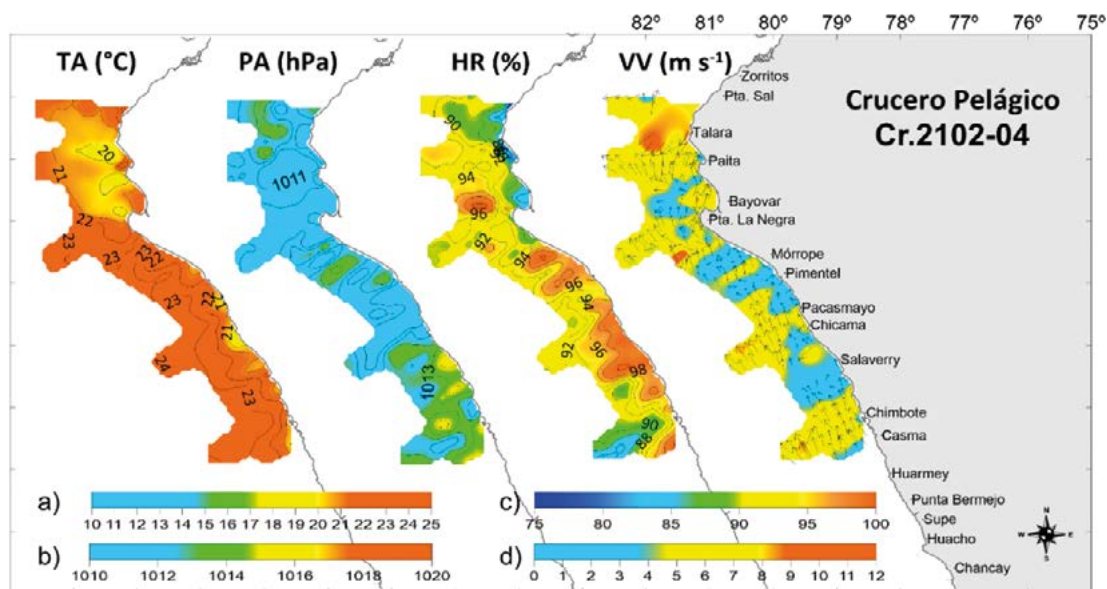


Figura 2.- Distribución de la temperatura del aire (°C), presión atmosférica (hPa), humedad relativa (%) y velocidad-dirección del viento. Cr. Pelágico 2102-04, BIC Flores

## CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS EN SUPERFICIE

### Temperatura superficial del mar (TSM)

En el tramo ubicado entre Puerto Pizarro y Punta La Negra (6,2°S), realizado durante febrero, la TSM varió entre 16,7 y 27,2 °C, asociada con anomalías que estuvieron entre -4,9 y +1,6 °C. Las temperaturas más altas (TSM > 25 °C) se encontraron entre Punta Sal y Puerto Pizarro, asociadas a anomalías positivas mayores a +0,5 °C, mientras que las menores temperaturas (TSM < 20 °C) estuvieron distribuidas entre Punta La Negra y Talara, asociadas a anomalías negativas que se expandieron hasta 80 mn. El área con mayor anomalía negativa (-4 °C) se ubicó entre Talara y Paita.

En el tramo ubicado desde Punta La Negra hasta bahía Independencia, efectuado en marzo, la TSM varió entre 15,3 y 25,0 °C, asociado a anomalías térmicas que variaron entre -3,3 y +2,8 °C. Temperaturas mayores a 20 °C se ubicaron dentro de las 10 mn desde Punta La Negra hasta Supe, relacionadas a anomalías dentro del rango neutro; en cambio, temperaturas mayores a 24 °C, se presentaron fuera de las 40 mn, generando un ámbito con anomalías positivas desde Casma hasta Callao. Las temperaturas menores a 20 °C se localizaron cerca de la costa al sur de Huacho ampliando su cobertura hasta 70 mn al sur de Pucusana, asociadas a anomalías negativas de -1 °C y hasta -2 °C frente a Pisco (Fig. 3).

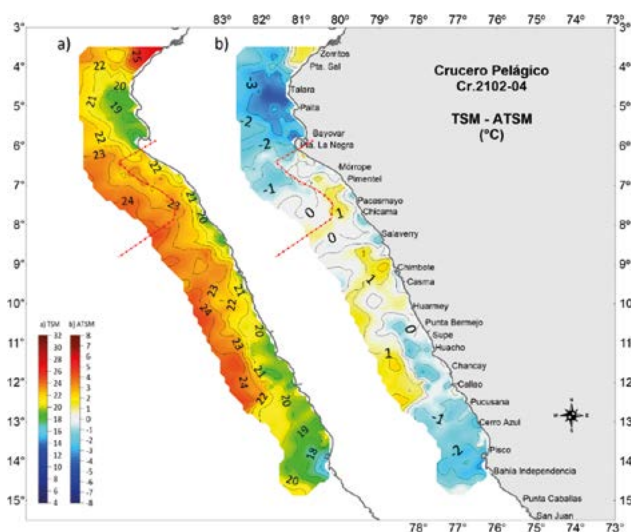


Figura 3.- Distribución de a) Temperatura superficial del mar, b) Anomalías de la TSM. La línea punteada en rojo, indica el paso de febrero a marzo de norte a sur. Cr. Pelágico 2102-04, EP Ribar XVI, BIC Flores, EP Andes 52

### Salinidad superficial del mar (SSM)

Entre Puerto Pizarro y Punta La Negra, la SSM varió entre 31,9 y 34,9, asociado a anomalías de salinidad entre -2,3 y +0,2. Los valores más bajos (S < 34,0) se encontraron al norte de Punta Sal dentro de las 40 mn, debido a la incursión de Aguas Tropicales Superficiales (ATS) y Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES), mientras que los valores altos se distribuyeron desde Talara hasta Punta La Negra, los cuales no llegaron a superar 34,9, relacionados a ligeras anomalías positivas cerca de la costa desde bahía Sechura hasta Talara. En cambio, lejos de la costa las anomalías fueron negativas debido a la mayor presencia de aguas de mezcla, con el aporte de las AES.

Al sur de Punta La Negra, la SSM varió entre 34,0 y 35,2. Predominaron, a lo largo de la costa dentro de las 40 mn, salinidades menores a 35,0, propias de las aguas costeras frías, mientras que frente a Chimbo-te-Cerro Azul por fuera de las 40 mn, se registraron valores mayores a 35,1, indicando presencia de las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS). Las anomalías de salinidad mostraron amplia distribución de condiciones normales desde Pimentel hacia el sur, sin embargo, hubo núcleos de anomalías negativas cerca de la costa entre Salaverry y Huarmey, que estarían relacionadas con la descarga de los ríos de zonas adyacentes, así como, una celda de anomalía negativa fuera de las 30 mn frente a Punta La Negra-Pimentel, relacionada a procesos de mezcla con influencia de las AES (Fig. 4).

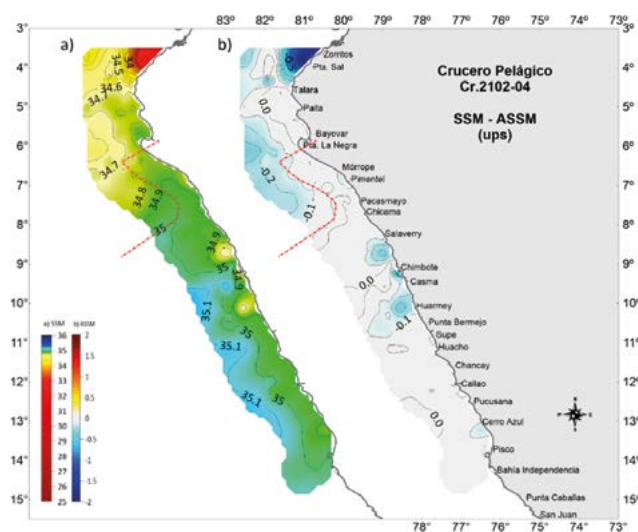


Figura 4.- Distribución de a) Salinidad superficial del mar, b) Anomalías de la Salinidad superficial del mar. La línea punteada en rojo, indica el paso de enero a febrero de norte a sur. Cr. Pelágico 2102-04, EP Ribar XVI, BIC Flores, EP Andes 52



### Oxígeno disuelto en superficie del mar

A nivel superficial, el oxígeno desde Punta La Negra hacia el norte, varió entre 3,2 y 6,2 mL.L<sup>-1</sup>, mostrando anomalías entre -2,1 mL.L<sup>-1</sup> y +1,2 mL.L<sup>-1</sup>. La concentración promedio fue 4,7 mL.L<sup>-1</sup>, con anomalía de -0,4 mL.L<sup>-1</sup>.

Al sur de Punta La Negra varió entre 1,7 y 8,7 mL.L<sup>-1</sup>, mostrando anomalías entre -2,6 y +3,4 mL.L<sup>-1</sup>. Los valores más altos (> 5 mL.L<sup>-1</sup>) estuvieron distribuidos desde el sur de Punta La Negra hasta Casma, expandiéndose incluso hasta 80 mn de la costa, llegando a mostrar celdas de mayor concentración frente a Pimentel, Chicama y Punta Chao con anomalías de +2 mL.L<sup>-1</sup>, posiblemente asociadas al efecto de alta productividad. Las áreas con bajo contenido de oxígeno disuelto (< 4 mL.L<sup>-1</sup>), estuvieron distribuidas cerca de la costa desde Casma hasta Pisco, mostrando anomalías en el rango neutral a ligeramente negativas. Sin embargo, en la zona de Pisco a Cerro Azul se encontraron condiciones de oxígeno con valores más bajos, llegando a mostrar intensas anomalías negativas, del orden de -3 mL.L<sup>-1</sup> (Fig. 5).

### CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS EN SUBSUPERFICIE

#### Temperatura subsuperficial y anomalías térmicas

En el norte, durante febrero predominaron condiciones frías en la capa más somera. La sección vertical de Puerto Pizarro hasta 80 mn de la costa, se caracterizó por presentar condiciones frías en la capa de 0 a 200 m, que incluso se habrían expandido por debajo de los 300 m. La isoterma de 15 °C se profundizó hacia la costa desde 80 m hasta 110 m. La termoclina estuvo encima de 20 m, constituida por isotermas entre 20 y 25 °C, con temperaturas más altas encima de 10 m y dentro de las 40 mn, asociadas a una delgada capa de anomalías positivas y debido a la intromisión de aguas de procedencia ecuatorial. Frente a Paita, fuera de las 70 mn, se observó una débil termoclina compuesta por isotermas que variaron de 15 a 21 °C, en cambio cerca de la costa, la isoterma de 15 °C se profundizó de 40 a 80 m; las condiciones térmicas fueron frías, presentando anomalías de -1 a -2 °C en la capa de 0 a 50 m y registrando menores valores (-2 °C) dentro de las 40 mn. En cambio, en la

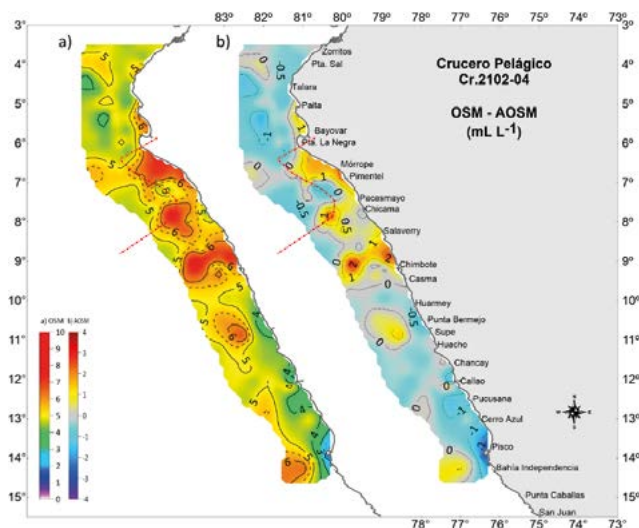


Figura 5.- Distribución de a) Oxígeno disuelto en superficie del mar, b) Anomalías de Oxígeno disuelto en superficie del mar. La línea punteada en rojo, indica el paso de enero a febrero de norte a sur. Cr. Pelágico 2102-04, EP Ribar XVI, BIC Flores, EP Andes 52

capa de 300 a 450 m por fuera de las 50 mn, se observó presencia de aguas ligeramente cálidas con anomalías positivas de +0,5 °C.

Frente a Punta La Negra, en la capa superior de 20 m fuera de las 40 mn de la costa, se registró presencia de aguas cálidas (21 – 23 °C) asociadas a una termoclina intensa sobre los 30 m. En la capa superficial, dentro de las 30 mn, se detectaron anomalías negativas (-2 °C); mientras que, en la capa de 20 a 50 m, entre 20 y 60 mn, se manifestó una celda de anomalías positivas mayores a +0,5 °C. La isoterma de 20 °C mostró tendencia ascendente hacia la costa, emergiendo desde 20 m en zonas oceánicas hasta la superficie a 10 mn de la costa. En áreas más profundas, la capa de 250 a 450 m, también presentó anomalías térmicas positivas de +0,5 °C, coincidiendo con características encontradas frente a Paita.

Entre Chicama y Chimbote durante la primera quincena de marzo, la capa de 0 a 40 m estuvo estratificada, asociada a ligeras anomalías térmicas cálidas, mientras que, la capa de 40 a 70 m presentó ligeras anomalías frías. La isoterma de 15 °C se presentó alrededor de 60 m por fuera de las 20 mn de la costa y se profundizó hasta 80 m cerca de la plataforma. Temperaturas mayores a 23 °C, estuvieron encima de 20 m desde la zona oceánica hasta 20 mn frente a Chicama y hasta 10 mn frente a Chimbote.

En la última semana de marzo, frente a Callao y Pisco, en la capa superficial por fuera de las 30 mn se registraron temperaturas de 20 a 21 °C y por fuera de las 50 mn variaron entre 19 y 20 °C, mientras que, en el área costera las temperaturas descendieron hasta 19 y 16 °C, respectivamente. Las condiciones frías predominaron en la capa de 0 a 100 m, con anomalías térmicas negativas de -2 °C frente a Pisco, que se extendieron encima de 20 m hasta 50 mn de la costa. Estas condiciones estuvieron asociadas a la isoterma de 15 °C que tuvo una configuración ascendente hacia la costa, emergiendo frente a Callao desde 60 m hasta 30 m de profundidad y frente a Pisco desde 60 m hasta 10 m. En capas más profundas frente a Callao las anomalías negativas alcanzaron hasta 250 m, mientras que, frente a Pisco se encontró una celda de anomalías térmicas positivas debajo de 150 m y dentro de las 60 mn, llegando a sobrepasar anomalías de +1 °C en su núcleo (Fig. 6).

La sección horizontal a 5 m de profundidad presentó temperaturas que variaron entre 14,9 y 26,0 °C. Temperaturas < 20 °C se encontraron al norte, distribuidas cerca de la costa entre Talara y el sur de Punta La Negra y al centro-sur entre las costas de Huarmedy y zonas oceánicas frente

a Cerro Azul, disminuyendo gradualmente hacia el sur, hasta llegar a Pisco mostrando los valores más bajos (< 16 °C). Las temperaturas más altas (> 22 °C) se ubicaron cerca de la costa entre el norte de Talara y Puerto Pizarro, así como en zonas oceánicas ubicadas frente a Punta La Negra-Pucusana, con mayor aproximación hacia la costa frente a Chimbote (Fig. 7).

En la sección horizontal de 20 m de profundidad, las temperaturas variaron entre 14,3 y 24,0 °C. Sin embargo, predominaron temperaturas < 18 °C, cerca de la costa al norte de Bayóvar hasta 40 mn de la costa, al sur de Mórrope y frente a Pacasmayo hasta fuera de 40 mn, frente a Salaverry fuera de 50 mn y frente a Huarmedy hasta fuera de 70 mn. También, se observaron áreas con temperaturas < 16 °C frente a Salaverry, proyectadas hasta 40 mn y desde Casma hacia el sur hasta aproximadamente 40 mn fuera de la costa. Las temperaturas < 15 °C se ubicaron cerca de la costa entre Callao y Pisco. Temperaturas mayores (22 °C) se hicieron presentes fuera de las 60 mn, frente a Pacasmayo y Callao. Cabe mencionar que, subsuperficialmente las mayores temperaturas (24 °C) se encontraron frente a Callao y no en la costa norte de Perú (Fig. 7).

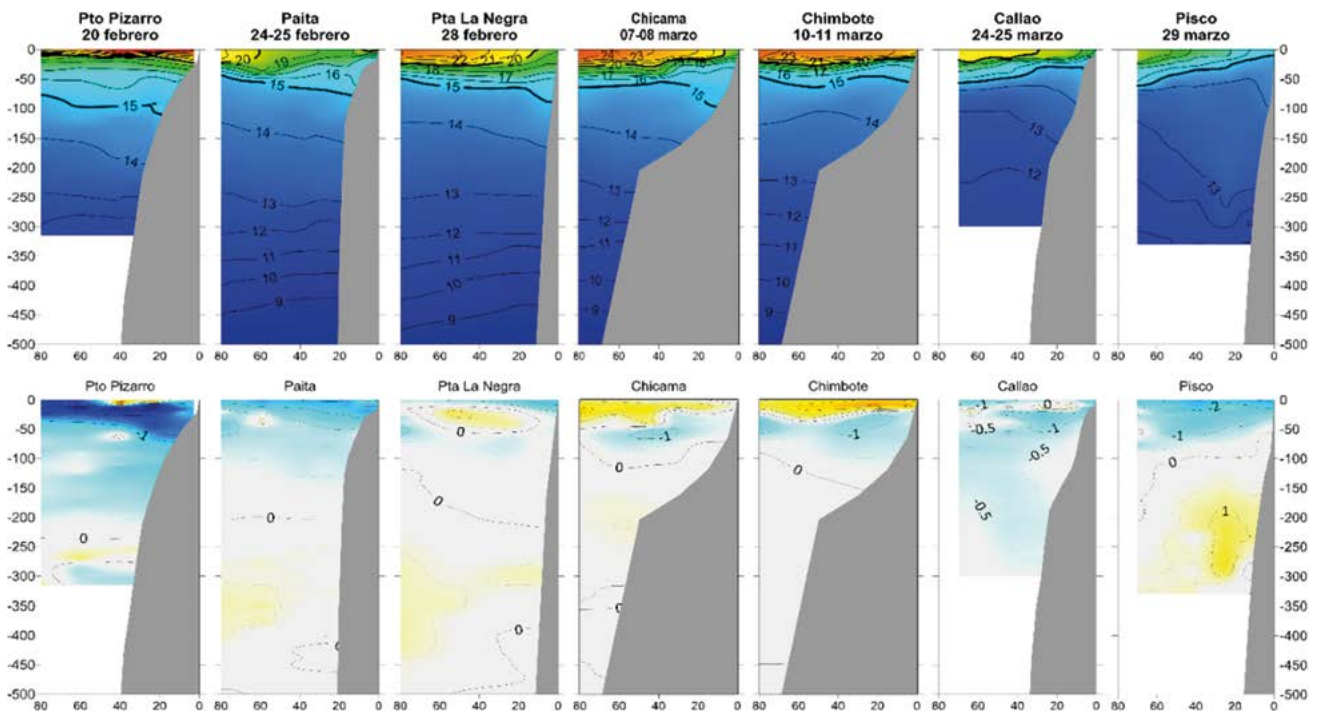


Figura 6.- Distribución vertical de a) temperatura, b) anomalías de temperatura en las secciones de Puerto Pizarro, Paíta, Punta La Negra, Chicama, Chimbote, Callao y Pisco. Cr. Pelálgico 2102-04

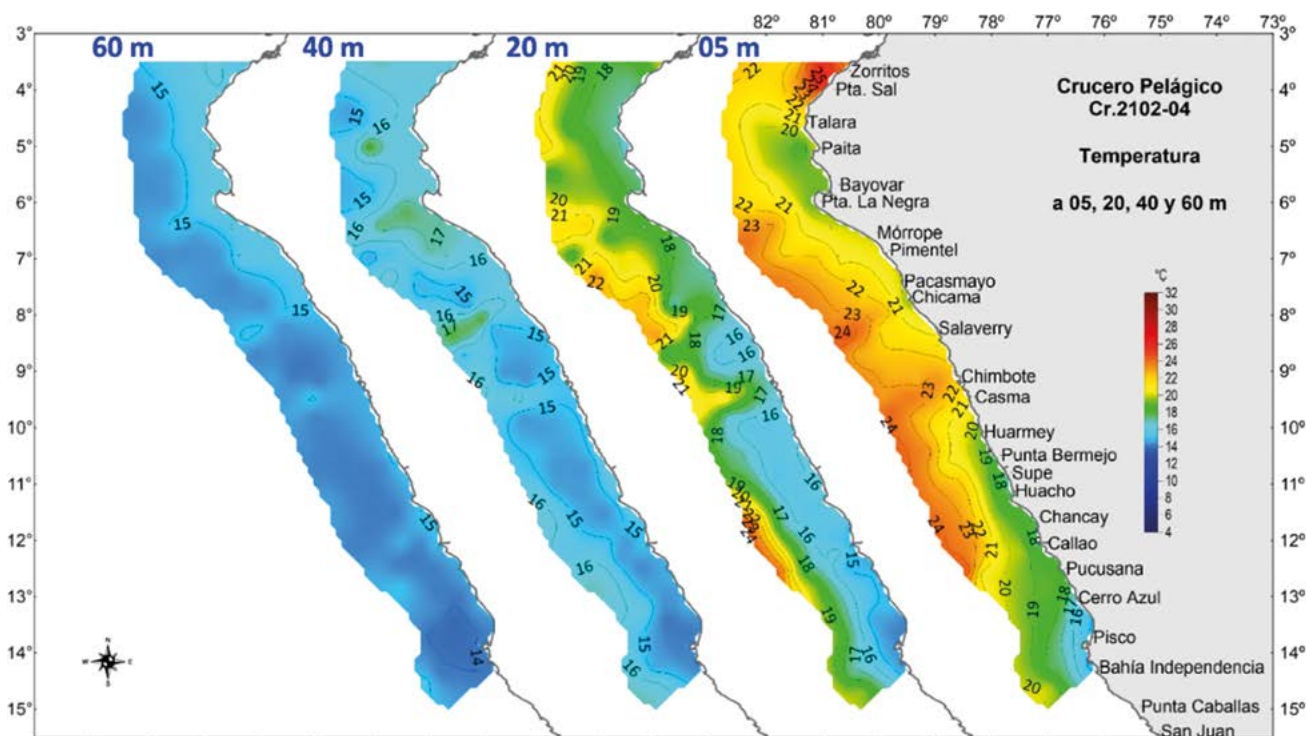


Figura 7.- Distribución subsuperficial de la temperatura del mar a profundidades de 5 a 60 m. Crucero pelágico del verano 2021, Cr.2102-04

En la sección horizontal de 40 m, desde Mórrope hacia el norte dentro de las 40 mn predominaron temperaturas  $> 16\text{ }^{\circ}\text{C}$  que solo alcanzaron a  $17\text{ }^{\circ}\text{C}$  frente al sur de Punta La Negra, mientras que, en zonas oceánicas estuvieron presentes temperaturas  $< 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . En cambio, frente a la costa central, desde Salaverry hacia el sur, proyectadas desde las áreas costeras, predominaron temperaturas  $< 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sin llegar a  $14\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Fig. 7).

En la sección horizontal de 60 m, en gran parte del área evaluada, las condiciones térmicas fueron homogéneas, con temperaturas entre  $14$  y  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Las áreas costeras ubicadas desde Chicama hacia el norte se caracterizaron por mostrar temperaturas  $> 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , que solo alcanzaron  $16\text{ }^{\circ}\text{C}$  frente a Punta Sal, en contraste con la ubicada frente a Pisco y Cerro Azul, que presentó una celda con temperaturas  $< 14\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Fig. 7).

### Salinidad subsuperficial y anomalías halinas

Frente a Puerto Pizarro, encima de  $10\text{ m}$  y dentro de las  $60\text{ mn}$ , la salinidad presentó valores menores a  $34,0$  mostrando anomalías negativas que superaron  $-0,3$ , asociadas a la influencia de las AES y ATS. Entre  $30$  y  $250\text{ m}$  se registró una capa de  $34,8$ , generando débiles anomalías negativas ( $-0,1$ ) relacionadas con la influencia

de Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS) (Fig. 8).

Frente a la sección de Paita y Punta La Negra, sobre  $35$  y  $40\text{ m}$  se encontraron salinidades que corresponden a las AES, que llegaron a generar anomalías halinas negativas de  $-0,1$  por fuera de  $40\text{ mn}$  frente a Paita y en toda la capa de  $50\text{ m}$  frente a Punta La Negra, donde incluso llegaron a superar anomalías de  $-0,2$  por fuera de las  $20\text{ mn}$ . Así mismo, a lo largo de las secciones, las isohalinas de  $34,9$  se profundizaron de  $30$  a  $70\text{ m}$  hacia la costa, sugiriendo mayor influencia de aguas de procedencia ecuatorial cerca de la plataforma. Por otro lado, se encontraron salinidades mayores a  $35,0$  en la capa de  $50$  a  $70\text{ m}$ , con mayor expansión frente a Paita, asociado a procesos de mezcla con influencia de las ASS (Fig. 8).

Durante la primera quincena de marzo, sobre la plataforma continental (capa de  $200\text{ m}$ ) frente a Chicama y Chimbote, predominaron aguas de mezcla con salinidad de  $34,9$ , procedente del aporte de las AESS; mientras que, en zonas oceánicas frente a Chimbote fuera de  $60\text{ mn}$  se presentaron aguas con salinidad de  $35,1$  sobre  $40\text{ m}$  de profundidad. Sin embargo, estas concentraciones estuvieron asociadas a condiciones halinas dentro del rango neutral (Fig. 8).



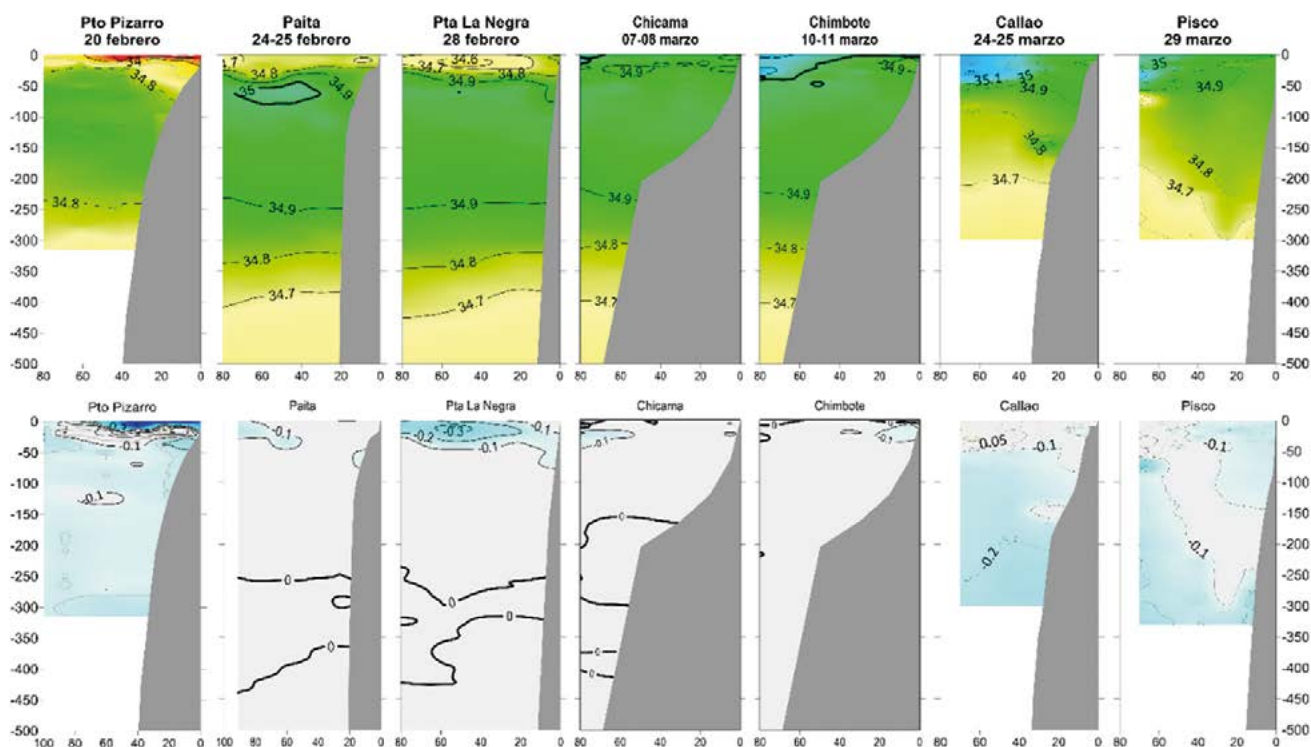


Figura 8.- Distribución vertical de a) salinidad, b) anomalías de salinidad en las secciones de Puerto Pizarro, Paíta, Punta La Negra, Chicama, Chimbote, Callao y Pisco. Crucero pelágico del verano 2021, Cr.2102-04

Durante la última semana de marzo, frente al Callao cerca de la costa dentro de las 30 mn hasta 150 m de profundidad, se presentaron salinidades de 34,8 a 35,0 asociadas a las AESS, mientras que, por fuera de las 40 mn y encima de 50 m se encontraron salinidades mayores a 35,1 propias de las ASS. Cabe mencionar que la isohalina de 34,8 estuvo encima de 100 m en zonas oceánicas, proyectándose hacia la costa en forma descendente hasta 150 m de profundidad sobre la plataforma, mostrando amplia capa de aguas de mezcla dentro de las 30 mn. Sin embargo, en zonas oceánicas encima de los 50 m y en las cercanas a la costa hasta 80 m de profundidad, las condiciones halinas estuvieron en el rango normal, mientras que, por debajo se registraron anomalías negativas, que llegaron hasta -0,2 a 200 m de profundidad (Fig. 8).

Frente a Pisco, la configuración de las isohalinas mostró características similares a Callao, pero con menor presencia de ASS, ya que valores de 35,1 se presentaron fuera de las 70 mn y encima de 50 m, observándose además que la isohalina de 34,8 se profundizó hacia la costa desde 60 m en zonas oceánicas hasta más de 200 m de profundidad frente al talud continental. Esta característica propició, por un lado, aparición de anomalías negativas de -0,1, sobre 150 m

dentro de las 30 mn, asociadas con aguas de mezcla y aporte de AESS y, por otro lado, anomalías negativas de -0,1 con distribución vertical similar a la isohalina de 34,8 (Fig. 8).

En las secciones horizontales, al norte de Perú y a 5 m de profundidad, las Aguas Tropicales Superficiales (ATS) con salinidades menores a 33,8 incursionaron hasta el norte de Talara, muy cerca de la costa, mientras que salinidades que corresponden a las AES, se presentaron desde Talara hasta Pimentel, incluso hasta 20 m de profundidad. En la zona central, a lo largo de la costa predominaron aguas de mezcla, pero frente a la costa central las ASS ( $S > 35,1$ ) mostraron acercamiento hasta 40 mn de la costa desde Chimbote hasta Cerro Azul a 5 m de profundidad y hasta Pucusana a 20 m de profundidad. En las capas de 40 y 60 m, predominaron aguas de mezcla con salinidad menor a 35,0 (Fig. 9).

### Oxígeno disuelto en subsuperficie

En el norte de Perú frente a Puerto Pizarro, durante febrero, las altas concentraciones de oxígeno disuelto ( $> 2 \text{ mL.L}^{-1}$ ) se presentaron en una capa de gran amplitud (encima de 50 m). La isoxígena de  $1 \text{ mL.L}^{-1}$  se registró entre 150 y 200 m de profundidad a lo largo de la sección,



y la isoxígena de 2 mL.L<sup>-1</sup> entre 20 y 80 mn de la costa a 50 m de profundidad. En superficie se hallaron valores de 4,5 y 5 mL.L<sup>-1</sup>, mostrando una oxiclina débil. En cambio, frente a Paita y Punta La Negra la isoxígena de 1 mL.L<sup>-1</sup> se localizó alrededor de 50 m, profundizándose hacia la costa. En la capa más somera, frente a Paita, las mayores concentraciones de oxígeno (> 4 mL.L<sup>-1</sup>) se encontraron dentro de las 20 mn, mientras que frente a Punta La Negra estuvieron presentes entre 20 y 80 mn de la costa. Respecto a la zona de mínimo oxígeno (ZMO), el límite superior fue detectable frente a Puerto Pizarro sobre 250 m y frente a Paita entre 150 y 200 m de profundidad. Frente a Punta La Negra, el límite superior de la ZMO se profundizó de 40 m hasta 110 m hacia la costa, configuración propia de flujos costeros hacia el sur (Fig. 10).

Frente a Chicama, en la primera quincena de marzo, la oxiclina se definió con mayor claridad,

la isoxígena de 1 mL.L<sup>-1</sup> varió entre 30 y 40 m de profundidad, profundizándose ligeramente hacia la costa. El límite superior de la ZMO, estuvo muy cerca de la isoxígena de 1 mL.L<sup>-1</sup>, mostrando condiciones sub-óxicas por debajo de 50 m en toda la extensión de la sección (Fig. 10).

En la última semana de marzo, frente a Callao sobre 30 m, fuera de las 10 mn, el oxígeno disuelto presentó concentraciones mayores a 5 mL.L<sup>-1</sup> y la oxiclina ascendió hacia la costa. El límite superior de la ZMO se encontró sobre 60 m a 50 mn, ascendiendo hasta 20 m dentro de las 30 mn. Frente a Pisco, encima de 20 m y por fuera de las 30 mn, el oxígeno disuelto alcanzó concentraciones de 6 mL.L<sup>-1</sup>, donde la isoxígena de 1 mL.L<sup>-1</sup> así como el límite superior de la ZMO se encontraron a 80 m fuera de las 60 mn y entre 40 y 20 m de profundidad dentro de las 50 mn de la costa. Este patrón ascendente a la costa de la oxiclina frente a Callao y a Pisco evidenció un afloramiento activo (Fig. 10).

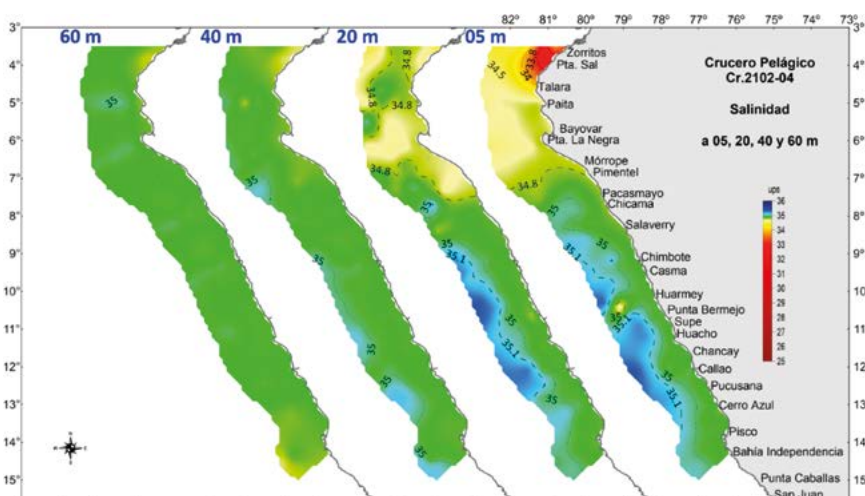


Figura 9.- Distribución subsuperficial de la salinidad del mar a profundidades de 5, 20, 40 y 60 m. Crucero pelágico del verano 2021, Cr.2102-04

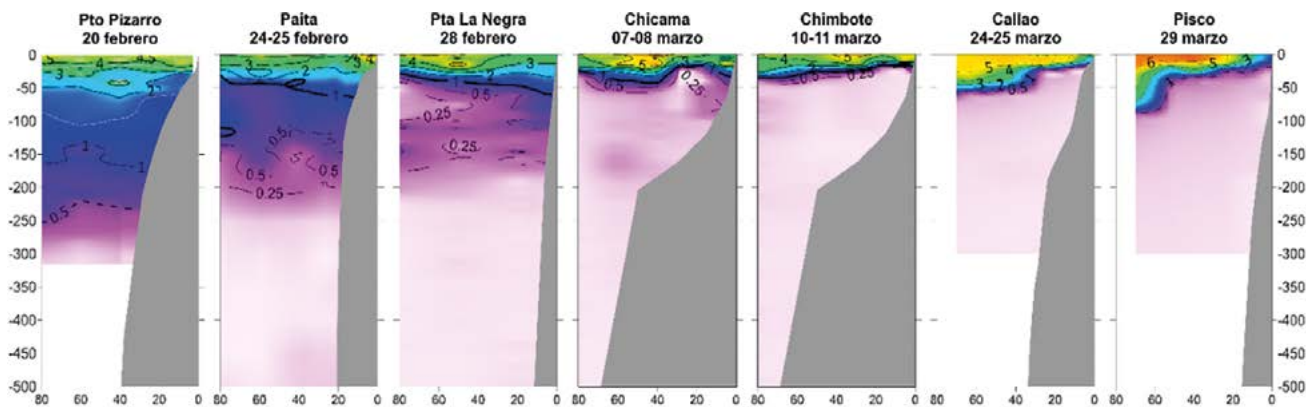


Figura 10.- Distribución vertical de oxígeno disuelto en las secciones de Puerto Pizarro, Paita, Punta La Negra, Chicama, Chimbote, Callao y Pisco. Crucero pelágico del verano 2021, Cr.2102-04

La sección horizontal a 5 m de profundidad, mostró que las concentraciones de 3 a 4 mL.L<sup>-1</sup>, estuvieron ampliamente distribuidas en toda la extensión costa-océano desde Mórrope hasta Punta Sal, así como en la franja pegada a la costa dentro de las 30 mn, desde Mórrope hasta Pisco. Las concentraciones superiores a 5 mL.L<sup>-1</sup>, se encontraron frente a la costa centro norte por fuera de las 40 mn, extendiéndose desde Mórrope hasta Pisco. En cambio, las concentraciones menores a 2 mL.L<sup>-1</sup> se registraron en áreas cercanas a la costa desde Cerro Azul hasta Pisco.

En la sección horizontal a 20 m de profundidad, al norte de Pimentel, continuó la amplia distribución de concentraciones de oxígeno disuelto mayores a 2 mL.L<sup>-1</sup>. Sin embargo, las concentraciones mayores a 4 mL.L<sup>-1</sup> se encontraron frente a la costa central (Huacho-Pisco) por fuera de las 50 mn. Además, aparecieron condiciones sub-óxicas frente a la costa central, dentro de las 40 mn, desde Chicama hasta Pisco.

Las secciones verticales a 40 y 60 m de profundidad, presentaron características similares en la distribución de oxígeno disuelto, encontrándose concentraciones < 1 mL.L<sup>-1</sup> distribuidas en toda la extensión frente a la costa central. Sin embargo, las concentraciones > 1 mL.L<sup>-1</sup>, estuvieron presentes frente a la costa norte de Mórrope, así como frente a Callao y Pisco por fuera de las 30 mn, asociadas a la aproximación de las ASS (Fig. 11).

**TOPOGRAFÍAS DE LA ISOTERMA DE 15 °C E ISOXÍGENA DE 1 mL.L<sup>-1</sup>**

La isoterma de 15 °C (iso-T15) varió entre 2 y 112 m de profundidad. Su posición fue más profunda al norte de Talara (> 90 m) extendiéndose dentro de las 10 mn desde Paita hasta Chicama a 80 m de profundidad, para luego ascender progresivamente hasta 50 m frente a Salaverry y a Chancay. En el gradiente costa-océano, al norte de Pimentel, se encontró a 50 m de profundidad a 50 mn de la costa. También se ubicó más profunda en zonas oceánicas de la costa central, presentándose a más de 50 m a 40 mn frente a Callao-Cerro Azul. En cambio, ascendió hacia superficie en zonas oceánicas fuera de las 50 mn frente a Talara-Punta Falsa, al sur de Chicama dentro de las 50 mn, alcanzando la menor profundidad (< 10 m) cerca de Pisco (Fig. 12a).

Las isoxígena de 1 mL.L<sup>-1</sup> (iso-O1) se ubicó entre 2 y 223 m de profundidad. Estuvo profundizada a más de 80 m desde Talara hacia el norte, mientras que, desde Paita hasta Pimentel, varió entre 50 y 30 m. También se presentó a mayor profundidad en zonas oceánicas frente a la costa central, encontrándose a 50 m y a 40 mn frente a Callao-Cerro Azul, así como al sur de Pisco. En su posición fue somera a lo largo de la costa central dentro de las 50 mn, encontrándose por encima de los 20 m desde Chicama hacia el sur y por encima de los 10 m desde Callao hasta Pisco (Fig. 12b).

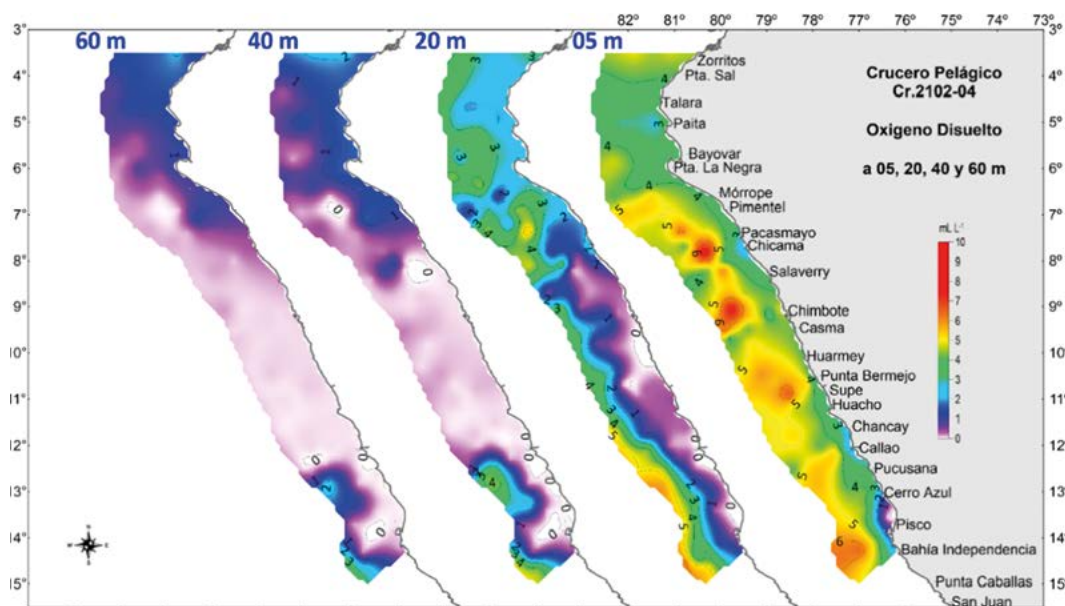


Figura 11.- Distribución sub-superficial de oxígeno disuelto en el mar a profundidades de 5, 20, 40 y 60 m. Crucero pelágico del verano del 2021, Cr.2102-04

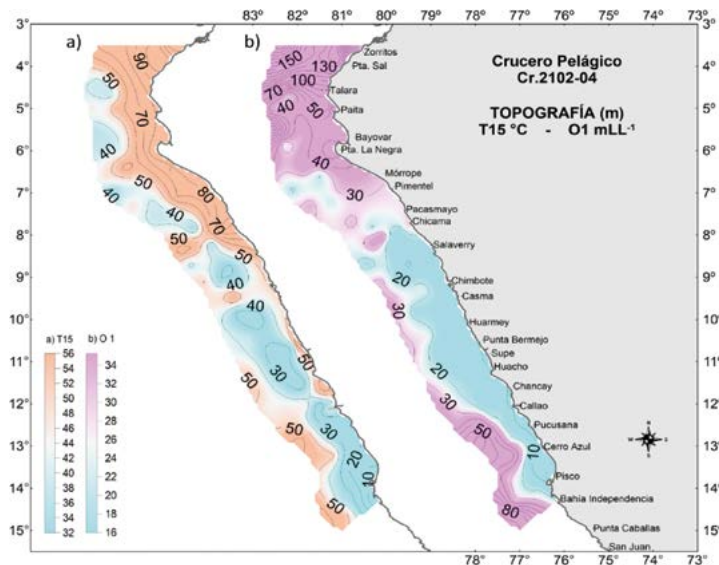


Figura 12.- Topografía (m) de a) isoterma de 15 °C (T15), b) isoxígena de 1 mL.L<sup>-1</sup>. Crucero pelágico del verano 2021, Cr.2102-04

### SECCIONES DE FLUJO GEOSTRÓFICO

La última semana de febrero, frente a Paita y Punta La Negra, dentro de las 30 mn y sobre los 100 m, se determinaron flujos geostroficó hacia el sur, con velocidades mayores a 20 cm s<sup>-1</sup>. Los flujos de mayor intensidad hacia el norte se detectaron encima de los 50 m, alcanzando frente a Punta La Negra velocidades de 10 cm s<sup>-1</sup> hasta las 50 mn de la costa, y superando los 20 cm s<sup>-1</sup> a 50 mn frente a Paita. Así mismo, dentro de las 10 mn también se detectaron flujos de sur a norte, especialmente frente a Paita. Por otro lado, en la capa de 100 a 350 m también se determinaron flujos hacia el norte con menor intensidad (~5 cm s<sup>-1</sup>).

En la primera quincena de marzo, frente a Chicama y Chimbote, dentro de las 60 mn y sobre los 50 m, predominaron flujos hacia el norte, con ve-

locidades que alcanzaron 20 cm s<sup>-1</sup>, posiblemente asociados a la Corriente Costera Peruana (CCP). Los flujos hacia el sur se detectaron en menor extensión, ubicándose frente a Chicama entre 20 y 30 mn de la costa a 50 m de profundidad con velocidades menores a 10 cm s<sup>-1</sup>.

Durante la última semana de marzo, frente a Callao, por fuera de las 40 mn, se encontraron flujos hacia el norte, con velocidades mayores a 10 cm s<sup>-1</sup> encima de los 30 m, disipándose en zonas más profundas, mientras que dentro de las 20 mn se presentaron débiles flujos hacia el sur. En cambio, frente a Pisco, los flujos hacia el norte estuvieron ubicados dentro de las 30 mn, encontrándose desde la superficie hasta los 250 m, mientras que entre 30 y 40 mn se presentaron flujos hacia el sur, desde 20 hasta 200 m de profundidad (Fig. 13).

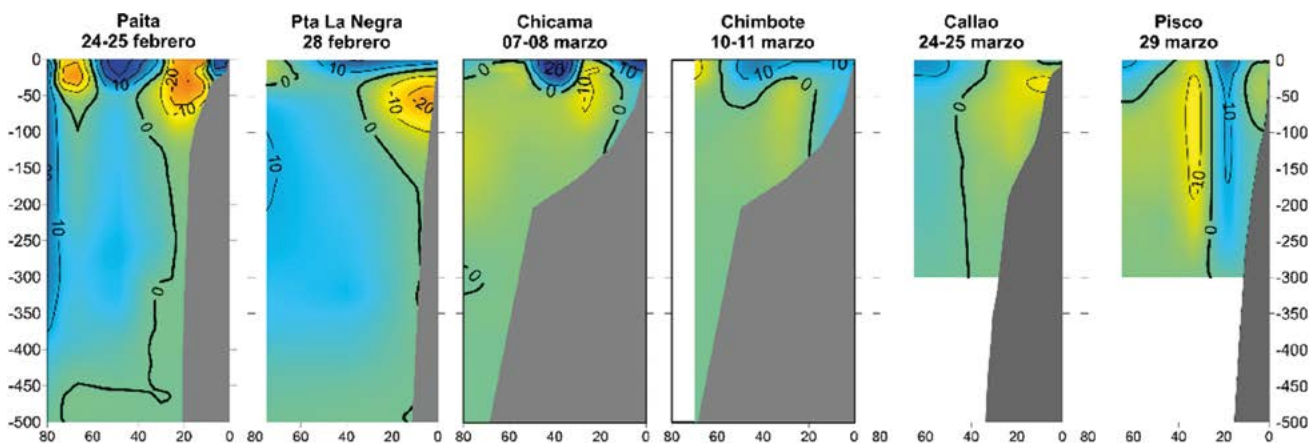


Figura 13.- Distribución vertical de la velocidad geostroficó en las secciones Paita, Punta La Negra, Chicama, Chimbote, Callao y Pisco. Crucero pelágico del verano 2021, Cr.2102-04



## MASAS DE AGUA

Las Aguas Tropicales Superficiales (ATS) se presentaron de manera muy escasa en la zona norte de Perú, incluso con salinidades menores a 34,4 y temperaturas mayores a 23,5 °C, (GRADOS *et al.*, 2018). Las AES, con salinidad menor a 34,8 y temperatura mayor a 20 °C (ZUTA y GUILLÉN, 1970) se presentaron en la zona centro-norte, desde Talara hasta Pimentel (Fig. 9). El diagrama T-S mostró aguas de mezcla entre AES-ASS al sur de 6°S, parte de esas aguas de mezcla, de acuerdo a ZUTA y GUILLÉN (1970), habrían correspondido a las ASS que estuvieron presentes desde 6°S (Punta La Negra) hasta zonas ubicadas al norte de Pisco. Las AESS estuvieron presentes frente a toda la costa peruana, en mayor proporción debajo de los 50 m de profundidad. Las aguas costeras frías generadas por el afloramiento de las AESS y mezcla con aguas del nivel superficial estuvieron presentes a lo largo de toda la costa peruana (Fig. 14).

Al evaluar la capa de 0 a 100 m, la zona ubicada entre Puerto Pizarro y Punta La Negra (3 a 6°S), así como entre Punta La Negra y Huarmey (6 a 10°S) presentó, coincidentemente, temperaturas y salinidades con cuartiles de 14,5 a 18,1 °C y de 34,75 a 34,93, con medianas de 15,8 °C y 34,89, respectivamente. En la zona ubicada entre Huarmey y norte de la península de Paracas (10 a 13,8°S) presentó temperaturas y salinidades con cuartiles de 14,0 a 15,9 °C y de 34,89 a 34,96, con medianas de 14,6 °C y 34,91, respectivamente. En la zona ubicada entre la península de Paracas y sur de bahía Independencia (13,8 a 15°S) la temperatura y salinidad mostraron cuartiles de 13,6 a 15,7 °C y de 34,85 a 34,92, con medianas de 14,2 °C y 34,9, respectivamente.

## 4. DISCUSIÓN

Durante el verano 2021, las condiciones oceanográficas predominantemente frías encontradas a nivel de superficie frente a la zona norte de Perú, fueron parte de las condiciones frías del Pacífico ecuatorial central. A nivel subsuperficial, las condiciones frías encontradas en la zona norte de Perú (por ejemplo, las anomalías negativas en la profundidad de la isoterma de 15 °C frente a Paita e incluso frente

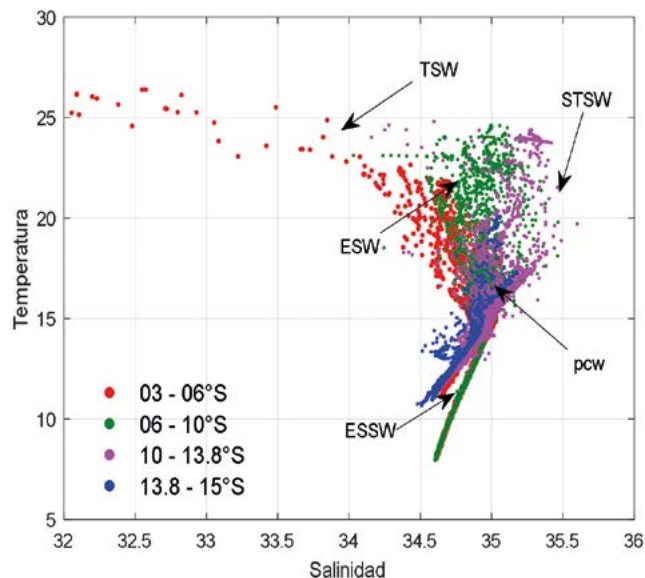


Figura 14.- Identificación de masas de agua a través del diagrama T-S, representando la zona norte (rojo), centro (verde, magenta) y sur (azul), en base a registros de CTD. Crucero pelágico Cr. 2102-04

a Chicama) responden al arribo y efecto de las ondas Kelvin frías, que se manifestaron en dicha región entre la primavera 2020 e inicios del verano 2021 (GTI-EN, 2021b). Sin embargo, aun así, se notó cierta influencia de condiciones cálidas en una capa muy somera y cerca de la costa norte, debido a la incursión de aguas de procedencia ecuatorial.

Frente a la costa central, las anomalías térmicas positivas encontradas entre Punta La Negra y Chimbote se debieron a la influencia de las ASS, cuyo acercamiento a la costa coincidió con el debilitamiento de la intensidad de vientos (< 4 m s<sup>-1</sup>). Estos vientos débiles fueron observados a través de la información satelital llegando a manifestar anomalías negativas, las cuales se reflejaron en índices de afloramiento costero de baja intensidad (GTI-EN, 2021b). Estas condiciones habrían favorecido la aparición de algunas anomalías positivas en superficie frente a la costa central. Por otro lado, la aproximación hacia la costa central, de las aguas de procedencia oceánica y los flujos al sur asociados a la Corriente Subsuperficial Peruano Chilena (CSPCh), habrían favorecido la aparición de anomalías de hasta +1 °C frente a Pisco por debajo de 150 m.

En la zona norte, la salinidad a nivel de superficie, evidenció el desplazamiento hacia el sur de las aguas de procedencia ecuatorial, porque se

encontró una capa de intensas anomalías halinas negativas, debido a salinidades menores a 34,8, que se habrían expandido por el debilitamiento de vientos en la zona del frente ecuatorial, favoreciendo al acercamiento de aguas cálidas hacia la zona norte del Perú (GTI-EN, 2021b), mientras que, a nivel subsuperficial el efecto de las ASS, que tuvieron un acercamiento hacia la costa central frente al área de Chicama-Chimbote, habría sido atenuado por procesos de mezcla. En cambio, en las secciones frente a Callao y Pisco, se encontraron anomalías halinas negativas por debajo de 50 m, debido a salinidades menores a 34,7 y temperaturas menores a 14 °C, propias de las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS) (GRADOS *et al.*, 2018), cabe mencionar que esta característica es poco frecuente.

Considerando la profundidad de la isoterma de 15 °C como un proxy de la dirección de flujos marinos, se habrían presentado flujos hacia el sur dentro de las 40 mn, desde el norte hasta la zona de Pimentel, perdiendo intensidad en la zona de Salaverry, lo cual es consistente con los flujos hacia el sur encontrados desde la geostrofia, reflejando características de la CSPCh (KARTENSEN & ULLOA, 2009; MONTES *et al.*, 2010). Por otro lado, se detectó el efecto de los flujos de sur a norte, en una banda que se extendió desde zonas cercanas a la costa de Pisco hasta Chicama, mostrando núcleos más someros (30 a 40 m) con cierta tendencia a alejarse de la costa hacia la zona norte, de tal manera que al sur del Callao se encontraba dentro de las 40 mn, mientras que al norte de Pimentel llegó a ubicarse fuera de las 40 mn. Esta característica habría estado asociada a la influencia de la Corriente Costera Peruana (CCP), cuyo desplazamiento es de sur a norte (CHAIGNEAU *et al.*, 2013) y su interacción con la CSPCh.

En cuanto al oxígeno disuelto, las mayores concentraciones ( $> 5 \text{ mL.L}^{-1}$ ), encontradas a nivel de superficie en la costa centro-norte que estuvieron distribuidas hasta zonas cercanas al litoral, habrían estado asociadas a la alta productividad primaria, mientras que esas concentraciones en la capa de 5 m de profundidad, ubicadas fuera de las 40 mn entre Mórrope-Pisco, se habría debido a la influencia de las ASS, cuya mayor incidencia fue perceptible aún en la capa de 20 m por fuera de 50 mn entre Callao-Pisco.

La oxiclina frente a Puerto Pizarro se manifestó débil, debido a la profunda ubicación de la isoxígena de  $1 \text{ mL.L}^{-1}$ , en comparación con la estructura vertical de la costa centro-sur. Esas características en el norte, mostraron la influencia subsuperficial de las aguas de procedencia ecuatorial que generaron la incursión de aguas con oxígeno mayor a  $1 \text{ mL.L}^{-1}$  encima de los 200 m y que se fueron disipando hacia el sur por procesos de mezcla, tal como se puede observar frente a Punta La Negra (Fig. 10). Esta incursión de aguas ecuatoriales estuvo favorecida por flujos geostrofos de  $20 \text{ cm s}^{-1}$  hacia el sur, las cuales habrían sido más persistentes que el proceso de afloramiento. Esto se manifestó en la configuración descendente hacia la costa de la isoxígena de  $1 \text{ mL.L}^{-1}$  en las secciones de Paita, Punta La Negra, incluso frente a Chicama.

En cambio frente a la costa centro-sur, la ubicación somera de la isoxígena de  $1 \text{ mL.L}^{-1}$  y la ZMO (encima de los 50 m), indicó un persistente proceso de afloramiento, que manifestó mayor intensidad frente a Callao y Pisco, asociado a flujos geostrofos hacia el norte, sin embargo a nivel de superficie, el ligero debilitamiento de los vientos ( $< 4 \text{ m s}^{-1}$ ) en la zona frente a Mórrope-Salaverry, habría favorecido el acercamiento de las aguas oceánicas (ASS), manifestándose con valores altos de oxígeno disuelto en la capa superficial.

De igual modo, la topografía de la isoxígena de  $1 \text{ mL.L}^{-1}$ , al mostrar mayor profundidad en la zona norte, señaló presencia de aguas de procedencia ecuatorial cuya influencia habría llegado hasta Pimentel en la capa de 30 m, ayudada por los flujos dominantes al sur.

## 5. CONCLUSIONES

Durante el Crucero de Evaluación de Recursos Pelágicos del verano 2021, el mar peruano presentó condiciones frías sobre los 200 m de profundidad frente a la zona norte (Talara-Paita), coincidiendo con la condición de La Niña en el Pacífico ecuatorial, llegando a mostrar anomalías térmicas negativas de -1 y -2 °C en la capa de 50 m. Por otro lado, también se encontraron condiciones frías en la columna de agua frente a la zona de Callao-Pisco, donde la isoterma de 15 °C y la isoxígena de  $1 \text{ mL.L}^{-1}$  indicaron un afloramiento activo.

Frente a la costa central (Chimbote) en la capa de 40 m, la aproximación de las ASS desde zonas oceánicas hacia la costa, generaron anomalías térmicas positivas. Sin embargo, se presentaron condiciones halinas normales desde Talara hacia el sur, haciendo notar que el efecto de las aguas de procedencia ecuatorial, estuvieron restringidas solo a zonas cercanas a la costa al norte de Punta Sal, y que a lo largo de la costa peruana predominaron ampliamente aguas de mezcla con aporte de las AESS.

El oxígeno disuelto mostró mayores concentraciones, por un lado, desde la zona norte, por influencia de las aguas de procedencia ecuatorial que se proyectaron hacia el sur por flujos subsuperficiales, presentándose en la columna de agua

isoxígenas de 1 mL.L<sup>-1</sup> hasta 150 m de profundidad frente a Puerto Pizarro y hasta 50 m frente a Punta La Negra. Por otro lado, en zonas oceánicas frente a la costa central, la aproximación de las ASS, habrían estado asociadas a la distribución de oxígeno disuelto con valores mayores a 5 mL.L<sup>-1</sup> en la capa superficial por fuera de las 40 mn; sin embargo, estas altas concentraciones contrastaron con una intensa oxiclina ubicada encima de los 50 m, confirmando el afloramiento activo frente a Callao y a Pisco.

Frente a la costa norte de Perú, los flujos geostróficos indicaron que la CSPCh se presentó con velocidades de 20 cm s<sup>-1</sup>, mientras que frente a la costa central se notó predominancia de las CCP, también con velocidades de 20 cm s<sup>-1</sup>.

## 6. REFERENCIAS

- CARRIT, D. E. & CARPENTER, J. H. (1966). Comparison and evaluation of currently employed modifications of the Winkler method for determining dissolved oxygen in seawater; a NASCO report. *Journal of Marine Research*, 24, 286-318.
- CASTILLO, R., LA CRUZ, L., CORNEJO, R., GRADOS, D., VALDEZ, C. y CHACON, G. (2020). Distribución y biomasa de los principales recursos pelágicos, neríticos y oceánicos en el ecosistema marino peruano obtenidos en los cruceros hidroacústicos, 2018. *Bol Inst Mar Perú*, 35(2), 185-212.
- CASTILLO, R., CORNEJO, R., LA CRUZ, L., GRADOS, D., CUADROS, G., VALDEZ, C., PAZ, A. y POZADA, M. (2021). Abundancia de anchoveta (*Engraulis ringens*) y otras especies pelágicas estimadas por el método hidroacústico en el ecosistema marino peruano en el 2020. *Inf Inst Mar Perú*, 48(3), 327-349.
- CHAIGNEAU, A., DOMÍNGUEZ, N., ELDIN, G., VÁSQUEZ, L., FLORES, R., GRADOS, C. y ECHEVIN, V. (2013). Near-coastal circulation in the Northern Humboldt Current System from shipboard ADCP data. *Journal of geophysical research*, 118, 5251-5266. doi: 10.1002/jgrc.20328, 2013
- DOMÍNGUEZ, N., GRADOS, C., VÁSQUEZ, L., GUTIÉRREZ, D. y CHAIGNEAU, A. (2017). Climatología termohalina frente a las costas del Perú. Periodo: 1981-2010. Programa Presupuestal 068: Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres. *Inf Inst Mar Perú*, 44(1), 5-13.
- GRADOS, C., CHAIGNEAU, A., ECHEVIN, V. & DOMÍNGUEZ, N. (2018). Upper ocean hydrology of the Northern Humboldt Current System at seasonal, interannual and interdecadal scales. *Progress in Oceanography*, 165, 123-144.
- GTI-EN. (2020b). Informe de las condiciones oceanográficas y biológico-pesqueras febrero 2020. Grupo de Trabajo Institucional El Niño. Instituto del Mar del Perú, 76 pp. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1493740/imarpe\\_atm\\_gti\\_mes\\_febrero\\_2020.pdf?v=1609165520](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1493740/imarpe_atm_gti_mes_febrero_2020.pdf?v=1609165520)
- GTI-EN. (2021b). Informe de las condiciones oceanográficas y biológico-pesqueras febrero 2021. Grupo de Trabajo Institucional El Niño. Instituto del Mar del Perú, 89 pp. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1923492/Informe\\_GTI\\_febrero\\_2021.pdf?v=1622589148](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1923492/Informe_GTI_febrero_2021.pdf?v=1622589148)
- HECK, C. (2015). Hacia un manejo ecosistémico de la pesquería peruana de anchoveta. Análisis del marco legal y administrativo para reformar el manejo de la pesquería peruana de anchoveta. Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA), 43 pp.
- KARTENSEN, J. & ULLOA, O. (2009). Peru-Chile Current System. Elsevier. DOI: 10.1016/B978-012374473-9.00599-3
- MONTES, I., COLAS, F., CAPET, X. & SCHNEIDER, W. (2010). On the pathways of the equatorial subsurface currents in the eastern equatorial Pacific and their contributions to the Peru-Chile Undercurrent. *Journal of geophysical research*, 115, C09003, doi: 10.1029/2009JC005710, 2010
- POND, S. & PICKARD, G. L. (1978). *Introductory Dynamical Oceanography*. Department of Oceanography, University of British Columbia, Vancouver, Canada, 349 pp.
- ZUTA, S. y GUILLÉN, O. (1970). Oceanografía de las Aguas Costeras del Perú. *Bol Inst Mar Perú*, 2(5), 157-324.