

## **Grupo de Trabajo Institucional El Niño**

### **Informe de las Condiciones Oceanográficas y Biológico Pesqueras Agosto 2016**

#### **1. CONDICIONES FÍSICAS DE MACRO-ESCALA EN EL PACÍFICO ECUATORIAL Y SUDORIENTAL.**

##### **1.1 Aspectos Meteorológicos**

###### **1.1.1 Distribución del campo de presión a nivel del mar**

El campo de presiones frente al litoral costero presentó en promedio un comportamiento dentro de lo normal (Figura 1a). El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) presentó algunos episodios de intensificación, principalmente durante la segunda quincena, resultando en promedio con una ligera anomalía positiva en su núcleo (+1hPa) (Figura 1b).

###### **1.1.2 Distribución de las anomalías del campo de vientos a nivel de 850 hPa y 200 hPa.**

El Índice de Oscilación del Sur calculado para el mes de agosto es de +6,7 (Figura 2). Valor que se encuentra dentro del rango neutro ( $\pm 7$ ). Respecto a la actividad convectiva en el Pacífico Ecuatorial, un indicador clave del acoplamiento océano-atmósfera, la Radiación de Onda Larga (ROL) en la región del Pacífico Central (170°E – 140°W y 5°S - 5°N) continuó disminuyendo, con valores de ROL muy próximos a los alcanzados durante el año 2003, 2007 y 2010 para el mismo período (Figura 3 y Figura 4).

En niveles bajos de la tropósfera (850 hPa), se observaron ligeras anomalías de viento del oeste al norte del ecuador ( $\sim 10^\circ$ ) en el Pacífico Central-Oriental, entre los 140°W–110°W aproximadamente, mientras que al sur de 10°S entre 100°W y 80°W se observaron anomalías de vientos del este. En la línea ecuatorial al este de 90°W se observaron anomalías del oeste (Figura 5a). En los niveles altos (200 hPa), sobre el Pacífico Central y Oriental se observaron anomalías del viento del oeste entre los 0° y 10°S (Figura 5b).

##### **1.2 Aspectos oceanográficos**

###### **1.2.1 Condiciones superficiales**

Durante agosto, las anomalías de la TSM en el Pacífico Ecuatorial se mantuvieron con valores negativos, con mayor intensidad en la región Central durante casi todo el mes (Figura 6). Se mantuvo una tendencia a la disminución de las anomalías de TSM en el Pacífico Ecuatorial Central llegando a alcanzar valores negativos y muy próximos a los valores alcanzados en el año 2007.

## **1.2.2. Condiciones sub-superficiales**

Los datos in situ de las boyas TAO/TRITON y ARGO mostraron un ascenso de la isoterma de 20°C (reflejada en anomalías negativas de su profundidad) hasta unos 20 m por encima de su posición climatológica en la región que va de 110°W a 90°W, asociada a la ausencia de pulsos significativos del oeste en la franja ecuatorial, de acuerdo al monitoreo de los vientos estimados del satélite ASCAT. La anomalía más negativa se detectó en la región alrededor de 160°W, a unos 40 metros por encima de su posición normal. Los datos de altimetría satelital (Jason-2) mostraron anomalías positivas de la altura del nivel del mar en el Pacífico Oriental (100°W-90°W) de hasta +10 m (Figura 7).

En cuanto a la temperatura sub-superficial, a inicios de mes se presentó un núcleo de hasta -4°C a 50 – 250 m de profundidad entre los 140°E y 105°W, el cual hacia finales del mes se atenuó hasta anomalías de -2°C, desplazándose hasta los 140°W a 120 m de profundidad. Por otro lado, la inclinación de la termoclina mostró valores alrededor de lo normal durante el mes en el Pacífico Ecuatorial, mientras que la descarga de calor se revirtió ligeramente, aunque manteniendo aún una anomalía negativa (Figura 8).

## **2. CONDICIONES FRENTE A LA COSTA PERUANA**

### **2.1 Aspectos Meteorológicos**

#### **2.1.1 Velocidad y dirección del viento a lo largo de la costa peruana**

De acuerdo a los datos del satélite ASCAT, la velocidad de viento superficial en la franja costera de 40 km frente al litoral presentó valores menores a 8 m/s durante casi todo el mes. Respecto a la dirección del viento, al norte de los 5°S se registraron vientos de dirección sur-suroeste (SSO), entre 5°S y 15°S predominaron vientos del sur-sureste (SSE), mientras que al sur de los 15°S se presentaron vientos de dirección sureste (SE) (Figura 9). En general predominaron condiciones neutras a ligeras anomalías negativas en gran parte de la costa peruana, a excepción de la última semana donde se registraron anomalías positivas de hasta +2 m/s al sur de los 12°S (Figura 9.)

### **2.2 Aspectos Oceanográficos**

#### **2.2.1 Anomalía de la altura del nivel medio del mar.**

La información de altimetría satelital señala que dentro de las 50 mn, durante la primera quincena, a lo largo de la costa se presentaron condiciones neutras y leves anomalías positivas, mientras que, durante la segunda quincena predominaron anomalías positivas en la zona centro sur (Figura 10).

#### **2.2.2. Temperatura superficial del mar frente al litoral.**

##### **2.2.2.1 Laboratorios Costeros**

Los datos diarios registrados en las estaciones costeras de IMARPE, mostró en promedio anomalías positivas de TSM <+1°C entre San José y Huanchaco y frente a Ilo, anomalías muy cercanas a cero entre Chimbote y Callao, así como anomalías entre +1°C y +2°C en Tumbes y Pisco. En cambio, en Paita predominaron ligeras anomalías negativas, no mayores a -1°C (Figura 11).

### **2.2.2.2 Información satelital de TSM y ATSM.**

En agosto, frente al litoral peruano, fuera de los 20 mn, durante las tres primeras semanas predominaron anomalías positivas de temperatura mayores a  $+1^{\circ}\text{C}$ , llegando a formarse algunas celdas con anomalías que superaron los  $+2^{\circ}\text{C}$ , que sin embargo a inicios de la tercera semana de agosto se atenuaron notablemente, hasta alcanzar condiciones neutras. Hacia finales de mes se presentó nuevamente una intensificación de anomalías positivas con tendencia a expandirse frente en la zona norte. Cerca del litoral, la zona centro norte mostró condiciones neutras y de anomalía negativa, con una mayor expansión frente a Paita y en una delgada franja hacia la zona central, mientras que en la zona sur predominaron anomalías positivas dentro de la 20 mn (Figura 12).

### **2.2.3 Condiciones oceanográficas en la columna de agua.**

#### **2.2.3.1 Sección Paita.**

En la sección de Paita (31 de agosto y 1 de septiembre), se apreció una débil termoclina por encima de los 50 m de profundidad fuera de la costa con un gradiente de  $2^{\circ}\text{C}$ , mientras que la isoterma de  $15^{\circ}\text{C}$  se localizó alrededor de los 100 m de profundidad (Figura 13a). Anomalías térmicas de alrededor de  $-0,5^{\circ}\text{C}$  se localizaron en los primeros 50 m de profundidad hasta las 100 mn frente a Paita, y anomalías menores a  $-0,5^{\circ}\text{C}$  se observaron entre los 50 m y 500 m de profundidad (Figura 13b). En cuanto a la salinidad, se determinó un rango de 34,8 a 35,0 ups sobre los 300 m de profundidad (Figura 13c), con una leve anomalía positiva ( $<+0,1$  ups) sobre los 30 m de profundidad y sin anomalías significativas en el resto de la columna de agua.

#### **2.2.3.2 Sección Chicama**

Con respecto a la sección de Chicama (24 y 25 de agosto), la termoclina se presentó a 10 - 60 m de profundidad con un gradiente de  $4^{\circ}\text{C}$ , mientras que la isoterma de  $15^{\circ}\text{C}$  se localizó entre los 50 y 120 m de profundidad, más profunda a 50 mn y más superficial hacia la costa (Figura 14a). Esto ocasionó un capa con una anomalía térmica de alrededor de  $+1^{\circ}\text{C}$  ubicado en los primeros 50 m de profundidad hasta las 100 mn (Figura 14b). La distribución de salinidad mostró la influencia de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS), asociada a salinidades mayores a 35,1 ups, sobre los 50 m de profundidad por fuera de las 15 mn, llegando hasta 35,2 ups (Figura 14c), detectándose anomalías de hasta  $+0,1$  ups sobre los 20 m de profundidad entre los 60 a 40 mn.

### **2.2.4 Monitoreo Bio-Oceanográfico de Alta Frecuencia**

En la Estación Fija Paita (7 mn de la costa), se registraron temperaturas entre  $15^{\circ}$  y  $16^{\circ}\text{C}$  sobre los 100 m de profundidad, con un ascenso de las isotermas en la segunda quincena (Figura 15a). A inicios del mes se registraron ligeras anomalías positivas de temperatura menores a  $+1^{\circ}\text{C}$  por debajo de los 60 m de profundidad (Figura 15b) que desaparecieron para la segunda quincena del mes. La salinidad exhibió valores alrededor de 35,0 ups durante la primera quincena del mes, posiblemente asociada a la presencia de aguas de mezcla en toda la columna de agua, mientras que en la segunda quincena los valores de salinidad descendieron a 34,9 ups en promedio, sugiriendo la normalización del afloramiento costero (Figura 15c).

En la Estación Fija Chicama (10 mn de la costa), se observó un ascenso de la isoterma de 15°C durante el mes principalmente en la primera quincena (Figura 16a). Sobre los 60 m de profundidad predominaron valores de salinidad alrededor de 35,0 ups, mientras que por debajo de los 60 m se detectó valores de salinidad entre 34,8 a 35,0 ups, asociadas a la isoterma de 15°C y al afloramiento costero (Figura 16b).

En la Estación Fija Callao (8 mn de la costa), la temperatura mostró valores en el rango de 15°C a 16°C sobre los 90 m de profundidad y la isoterma de 15°C ascendió hasta 30 m de profundidad a principios del mes (Figura 17a), condiciones normales de temperatura para la temporada (Figura 17b). Asimismo, los valores de salinidad indicaron condiciones de mezcla entre las aguas oceánicas y las aguas del afloramiento costero la mayor parte del mes en la columna de agua (Figura 17c).

### **2.2.5. Oxígeno, fertilidad y productividad**

En las estaciones fijas de Paita y Chicama se presentó una progresiva superficialización de las iso-oxígenas, mientras que en la estación fija Callao se mantuvo la estructura vertical de oxígeno disuelto observada en el mes de julio (Figuras 15c, 16d, 17d). A finales del mes, en las secciones verticales, el límite superior de la Zona Mínima de Oxígeno (ZMO, 0,5 ml.L<sup>-1</sup>) frente a Paita (~150 m, Figura 13) y Chicama (~100 m, Figura 14) se encontró más somero que respecto al mes de julio.

En cuanto a los silicatos, en las estaciones fijas de Paita, Chicama y Callao se observó un aumento de su concentración en la capa de mezcla, destacando el ascenso de la isolinéa de 15 µmol.L<sup>-1</sup> a menos de 30 m de profundidad (Figuras 15e, 16d, 17e)

En cuanto a la clorofila-a, en todas las estaciones fijas se observó un aumento de las concentraciones de clorofila-a por encima de los 20 m de profundidad (~2,5 mg/m<sup>3</sup>), particularmente frente a Callao (Figuras 15f, 16e, 17f).

La clorofila-a superficial (satelital) presentó una distribución similar al mes de julio (Figura 18a), aunque con concentraciones mayores, siendo la zona frente a Callao la más productiva (Figura 18b). En general las concentraciones se presentaron en el rango normal, aunque durante la primera y la última semana del mes de agosto se registraron anomalías positivas (~+2 mg/m<sup>3</sup>) (Figura 18c).

## **3. MONITOREO DIARIO DE INDICADORES BIOLÓGICOS MARINOS PROVENIENTES DEL SEGUIMIENTO DE LA PESQUERÍA Y PROGRAMA BITÁCORAS DE PESCA**

### **3.1 Condiciones Biológico – Pesqueras**

En la región sur, la anchoveta se distribuyó desde Ático (16°S) hasta Mollendo (17°S) de 5 a 70 m.n. de la costa. La pesquería industrial del stock norte-centro de anchoveta se encontró cerrada; la flota artesanal operó principalmente frente a Chimbote, Callao y Pisco. Se reportó incidencia de juveniles, que alcanzó mayor significación frente a Callao (12°S) y Ático (16°S), con el 29% y 26 %, respectivamente (Figura 19).

Los índices reproductivos mostraron que la anchoveta del stock norte-centro se encontró en pleno pico de desove principal de invierno – primavera, presentando valores por encima del patrón de la Fracción Desovante (FD) y del patrón del Índice Gonadosomático (IGS). El Índice de Atresia (IA) presentó valores superiores a lo normal, lo cual indica la re-absorción de los ovocitos (Figura 20).

Por otra parte, se observó una mayor disponibilidad de caballa, con una amplia distribución, localizada entre Paita (05°S) y Pisco (13°S), de 3 a 80 mn de la costa y con una estructura de tallas predominantemente juvenil.

#### **4. PRONÓSTICO DE LAS CONDICIONES DEL PACIFICO ECUATORIAL Y FRENTE A LA COSTA PERUANA.**

##### **4.1 Propagación de ondas Kelvin**

Los modelos de simulación de las Ondas Kelvin, corridos por el IMARPE, pronostican que una onda Kelvin fría (modo 2) que habría sido generada durante agosto 2016 llegaría frente a las costas de Sudamérica entre fines de setiembre e inicios de octubre de 2016 atenuada (Figura 21).

#### **5. CONCLUSIONES**

- En la región Niño 3.4 continuó la tendencia a la disminución de la TSM, persistiendo anomalías negativas de TSM, mientras que en la región Niño 1+2 la TSM osciló entre valores neutros y ligeramente cálidos.
- En el Pacífico Ecuatorial Oriental próximo al continente, al este de 90°W, en los niveles bajos de la atmósfera los vientos en promedio mostraron ligeras anomalías del oeste. En niveles altos se observó ligeras anomalías del oeste al sur de la línea ecuatorial. Así mismo sobre la región entre 140°E y 160°W se observó una intensificación de la subsidencia.
- En cuanto a las condiciones oceanográficas frente a la costa peruana, aún predominaron ligeras anomalías positivas de TSM al sur de Paita. Frente a la costa norte, se mantuvieron anomalías negativas, que estarían asociadas a un proceso de lenta disipación del paso de la onda Kelvin fría que llegó en junio.
- En la sección oceanográfica de Paita (100 mn) se presentaron condiciones neutras en toda la estructura vertical, salvo en la capa superficial, donde se presentaron anomalías negativas. Por otro lado, frente a Chicama, se observó condiciones neutras hasta las 10 mn frente a la costa, mientras que a mayor distancia se observó la presencia de ASS, posiblemente debido a los vientos débiles que predominaron en esa región durante el mes.
- Cerca de la costa, la información de las estaciones fijas indican la normalización de las condiciones termohalinas, de oxígeno y de nutrientes, favoreciendo la productividad biológica. Además los parámetros biológico-reproductivos de la anchoveta indican que la especie se encontró desovando, de acuerdo al patrón estacional.
- Se prevé que la onda Kelvin fría, formada entre julio y agosto, arribaría a la costa de Sudamérica en la primera quincena de setiembre, por lo que no tendría mayor impacto en la TSM frente a la costa.

## Figuras

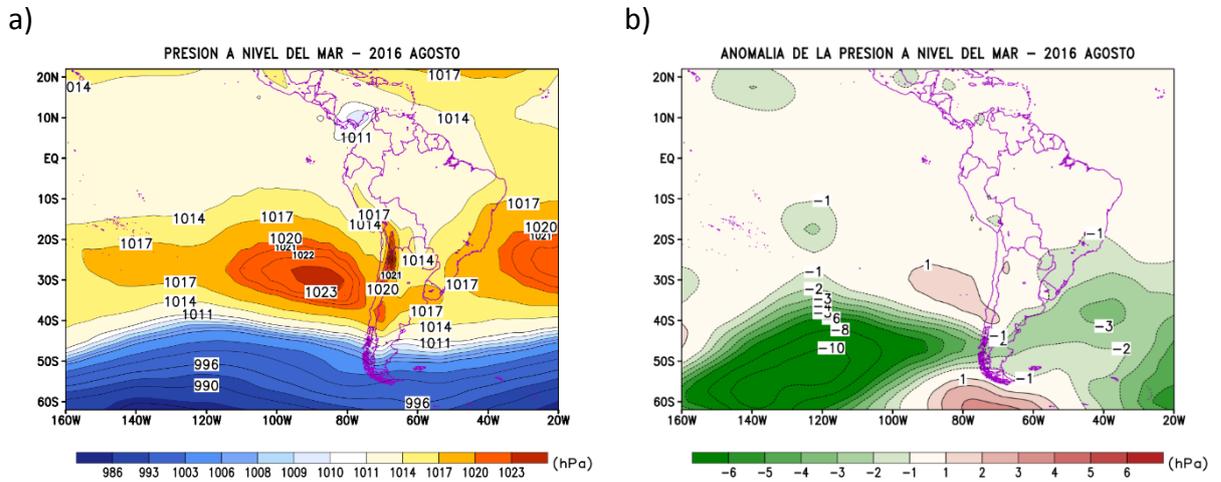


Figura 1. Presión atmosférica (hPa) a nivel medio del mar para julio del 2016. a) Promedio de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar, b) Anomalia de la Presión atmosférica (hPa) a nivel del mar. Datos: NCEP/NOAA.

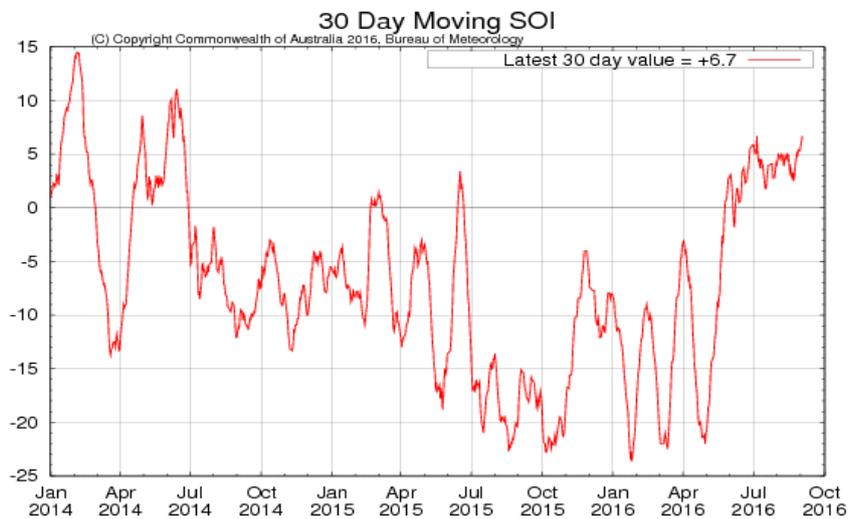
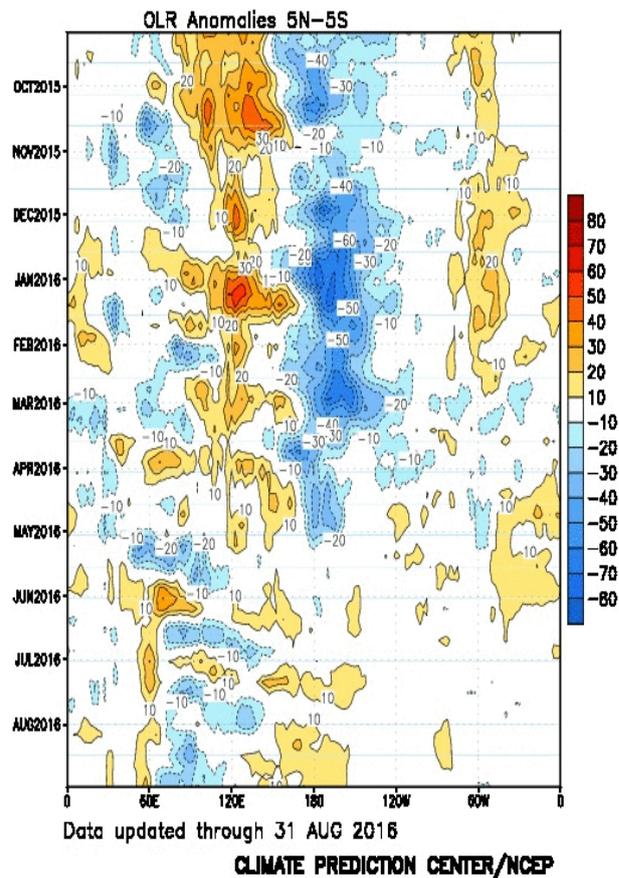


Figura 2. Evolución del Índice de Oscilación Sur (IOS), considerando la media móvil de 30 días. Fuente: Bureau of Meteorology, Australia.

a)



b)

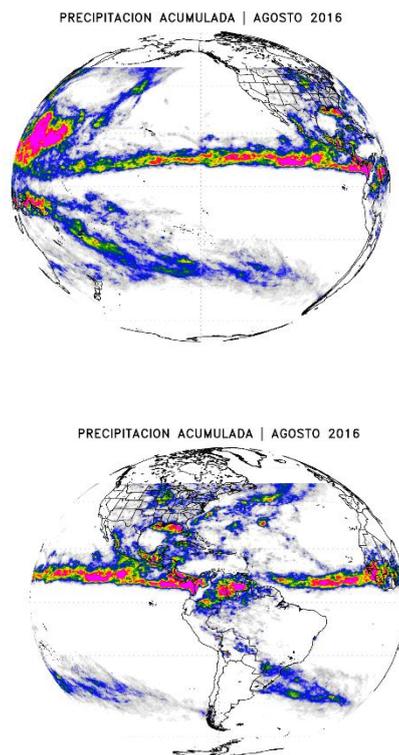


Figura 3. Diagrama Hovmöller de anomalías de a) Radiación de Onda Larga - OLR ( $W/m^2$ ) desde el mes de setiembre de 2015 hasta agosto de 2016. Datos: NCEP b) Precipitaciones en el mes de agosto de 2016. Datos: TRMM.

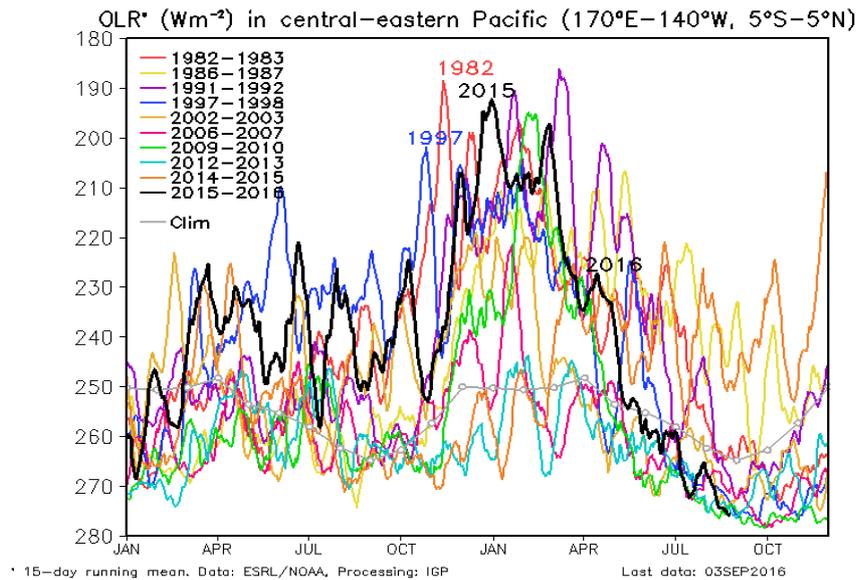


Figura 4 Radiación de Onda Larga - OLR ( $W/m^2$ ) en el Pacífico Central ( $170^{\circ}W-140^{\circ}W, 5^{\circ}S-5^{\circ}N$ ) desde el mes de enero hasta el mes de diciembre del 2016. Datos: ESRL/NOAA, Procesamiento: IGP.

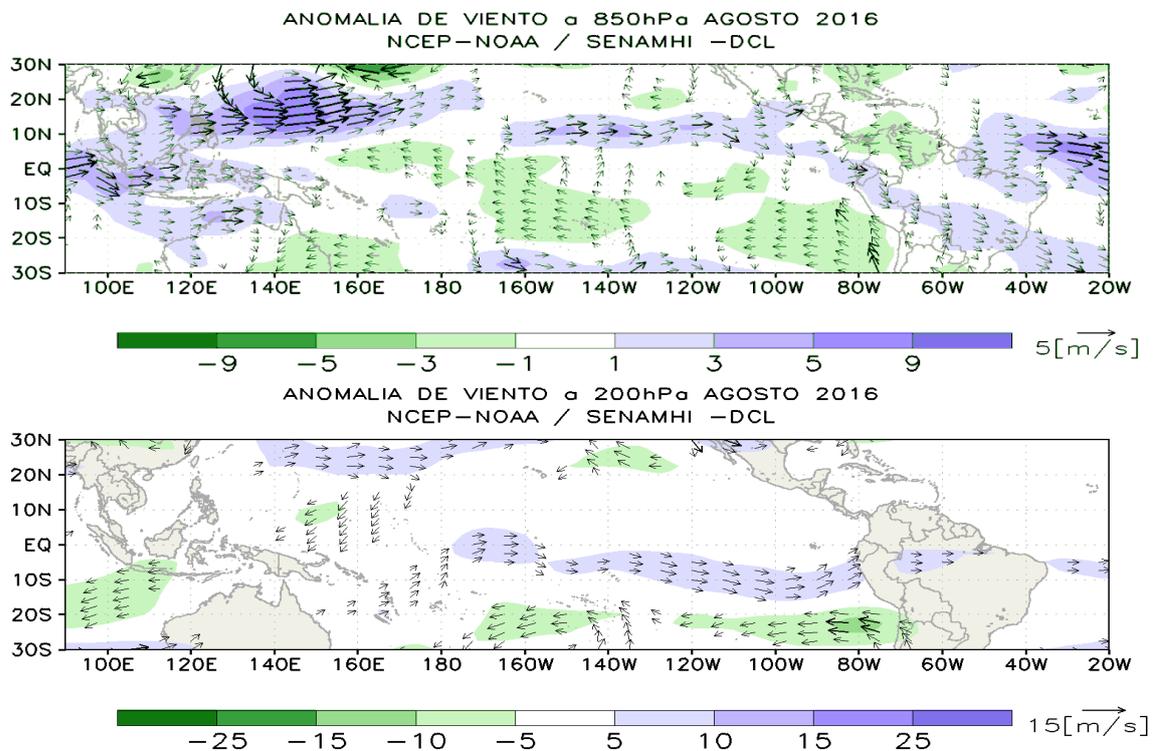


Figura 5. Análisis de anomalías del viento ( $m/s$ ) en a) 850 hPa y b) 200 hPa para el mes de agosto del 2016. Datos: NCEP/NOAA. Procesamiento: SENAMHI-DCL.

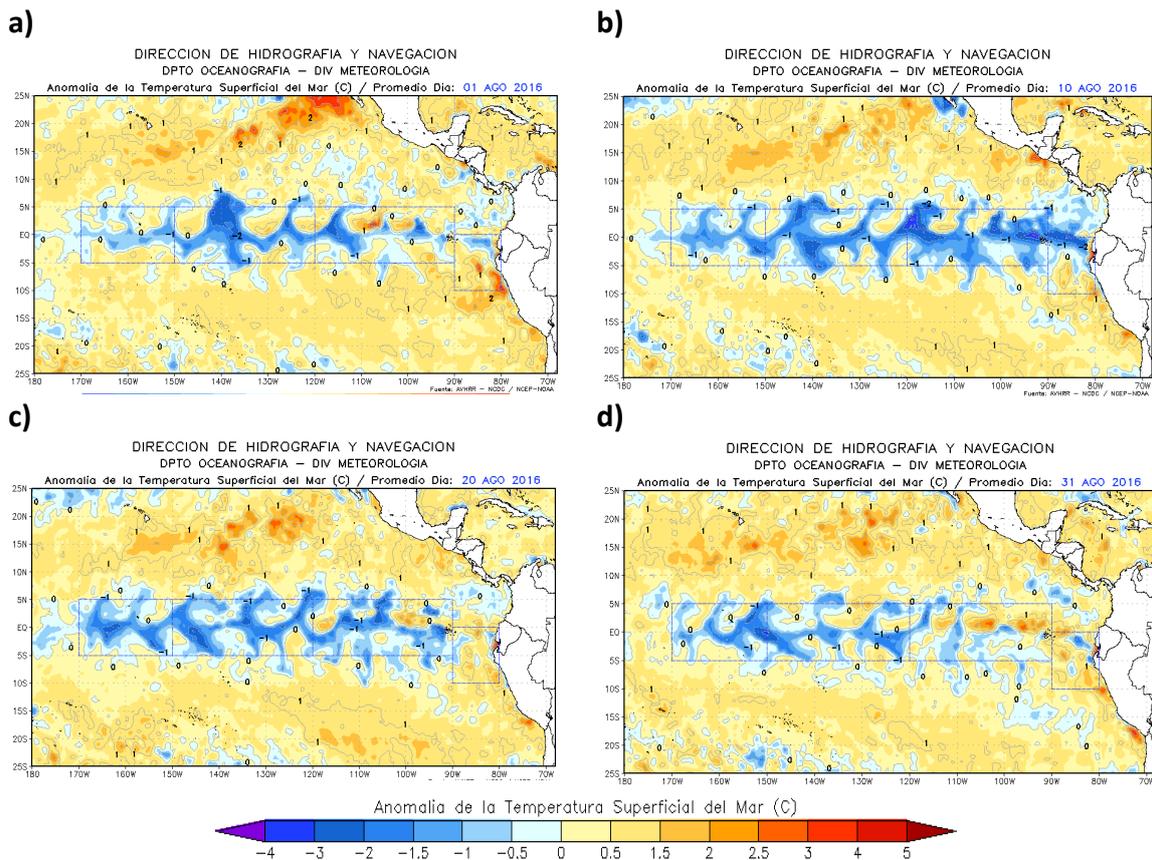


Figura 6. Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico Oriental para los días a) 01 de agosto, b) 10 de agosto, c) 20 de agosto, y e) 31 de agosto de 2016. La línea sólida en color azul indica el límite externo de la región Niño 1+2. Datos: NCDC/NCEP/NOAA. Procesamiento: DHN.

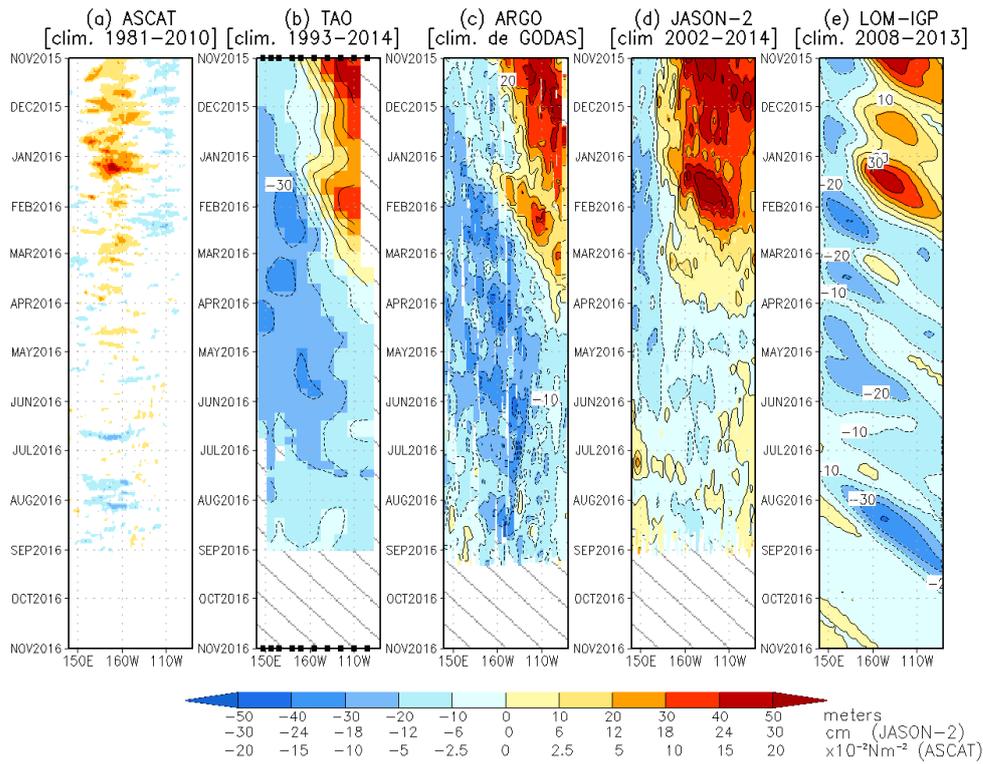


Figura 7 Diagrama Hovmöller (longitud-tiempo) de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C con datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Las líneas diagonales plumas representan una propagación hacia el este con velocidad de 2,7 m/s para la Onda de nivel del mar. Datos: ASCAT, TAO/TRITON, Argo, JASON-2. Procesamiento: IGP.

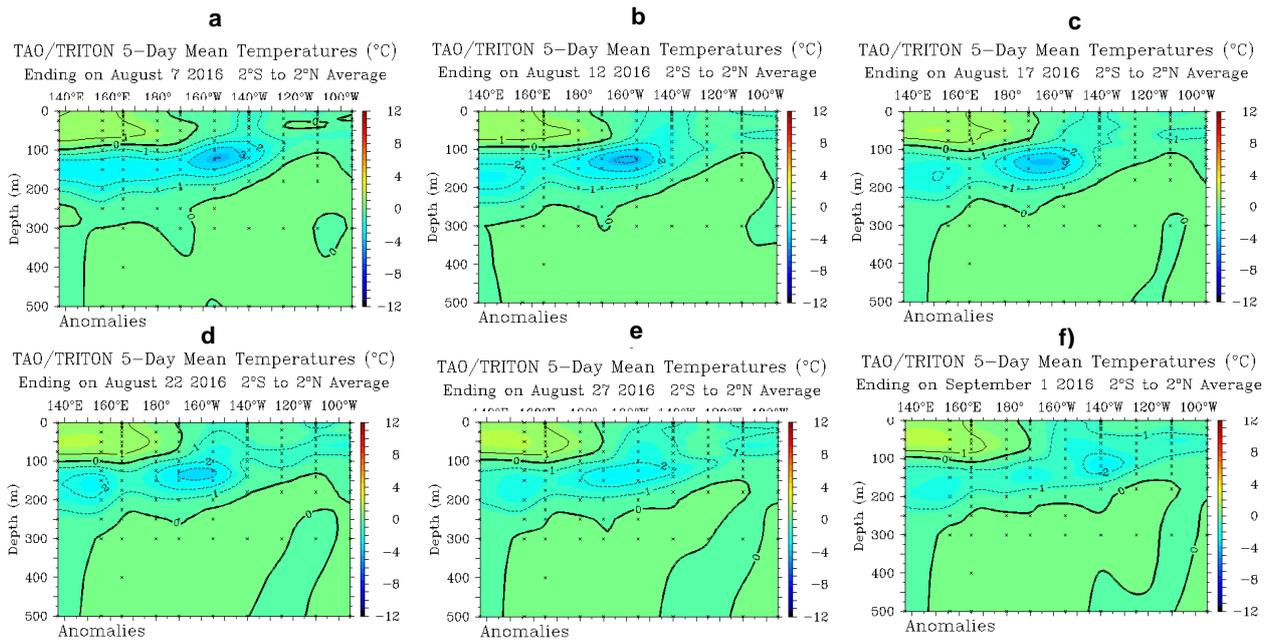


Figura 8. Anomalías de la temperatura sub-superficial del mar (°C) en el océano Pacífico Ecuatorial entre los 2°N y 2°S promediadas cada cinco días, finalizando los días: a) 7 de agosto, b) 12 de agosto, c) 17 de agosto, d) 22 de agosto, e) 27 de agosto y f) 1 de septiembre de 2016. Fuente: TAO/TRITON, PMEL/NOAA.

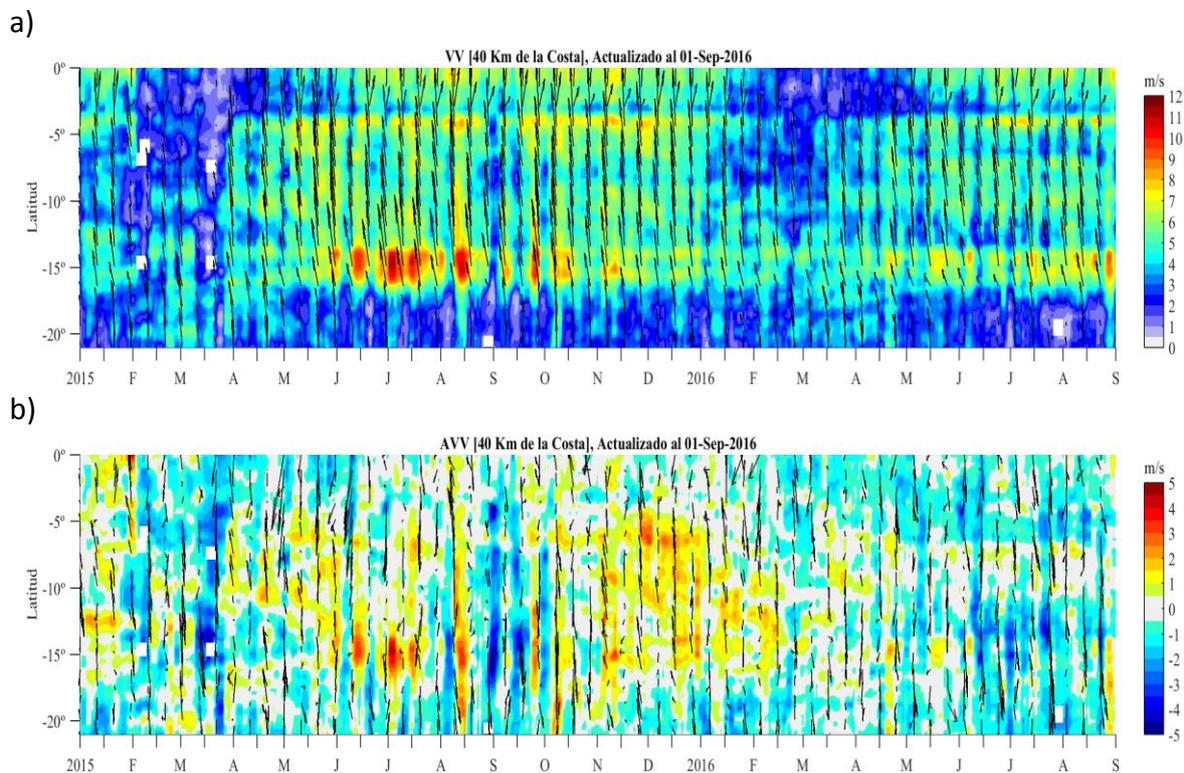


Figura 9. a) Velocidad del viento (m/s) y b) Anomalía del viento (m/s), desde los 0° hasta 20°S en el periodo de octubre de 2015 al 1 de setiembre del 2016. Los vectores representan la dirección del viento y anomalía de la dirección del viento, respectivamente. Datos: ASCAT. Procesamiento: IMARPE.

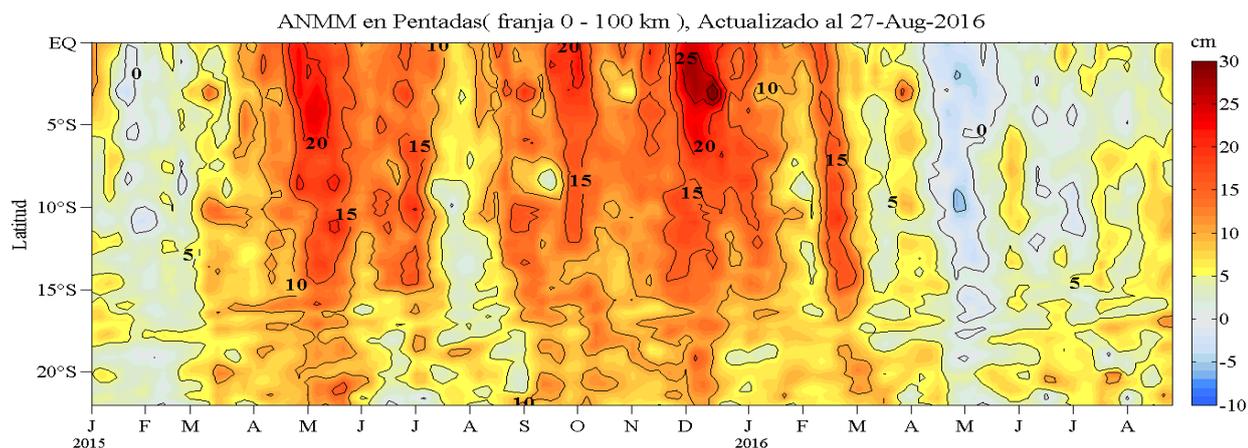


Figura 10. Anomalías del Nivel Medio del Mar (ANMM), actualizados a agosto del 2016, Hovmöller en franja costera de 0-100 km, entre 2015-2016; Fuente AVISO – IMARPE.

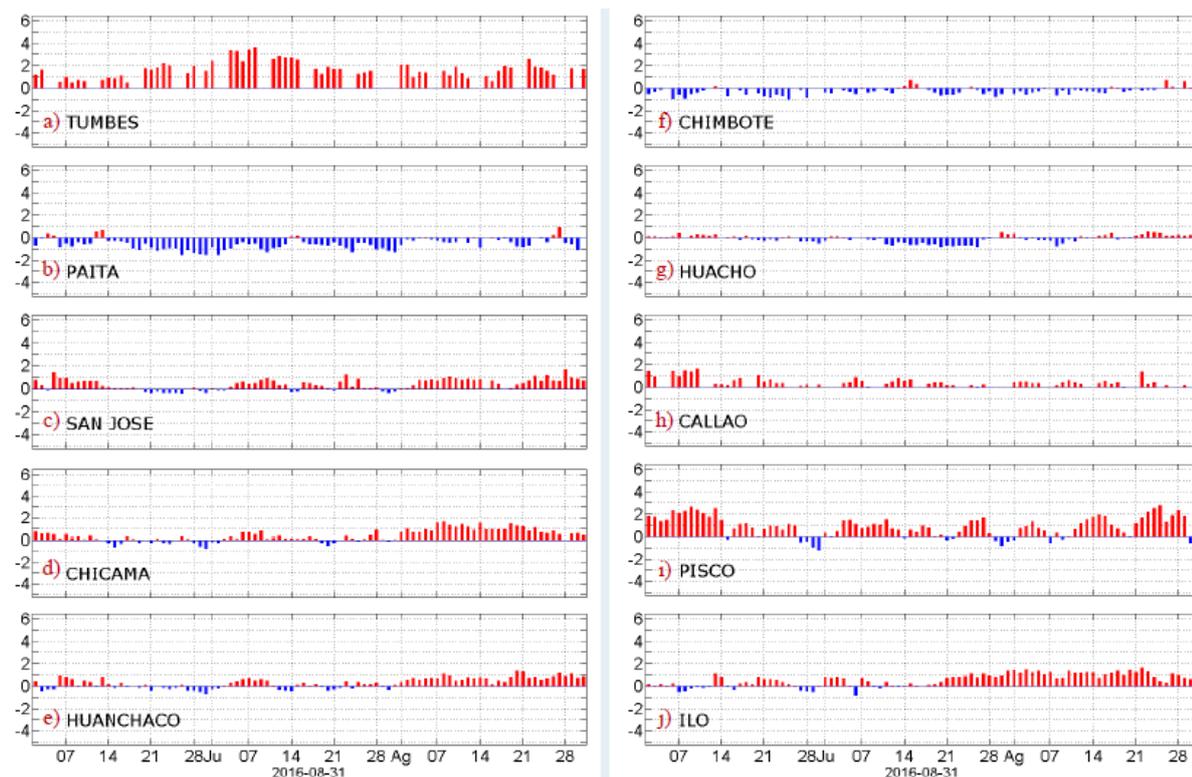


Figura 11. Anomalías de Temperatura Superficial del Mar (ATSM), registradas en estaciones del litoral costero de Perú, hasta agosto del 2016. Series diarias durante el último trimestre, en estaciones del IMARPE.

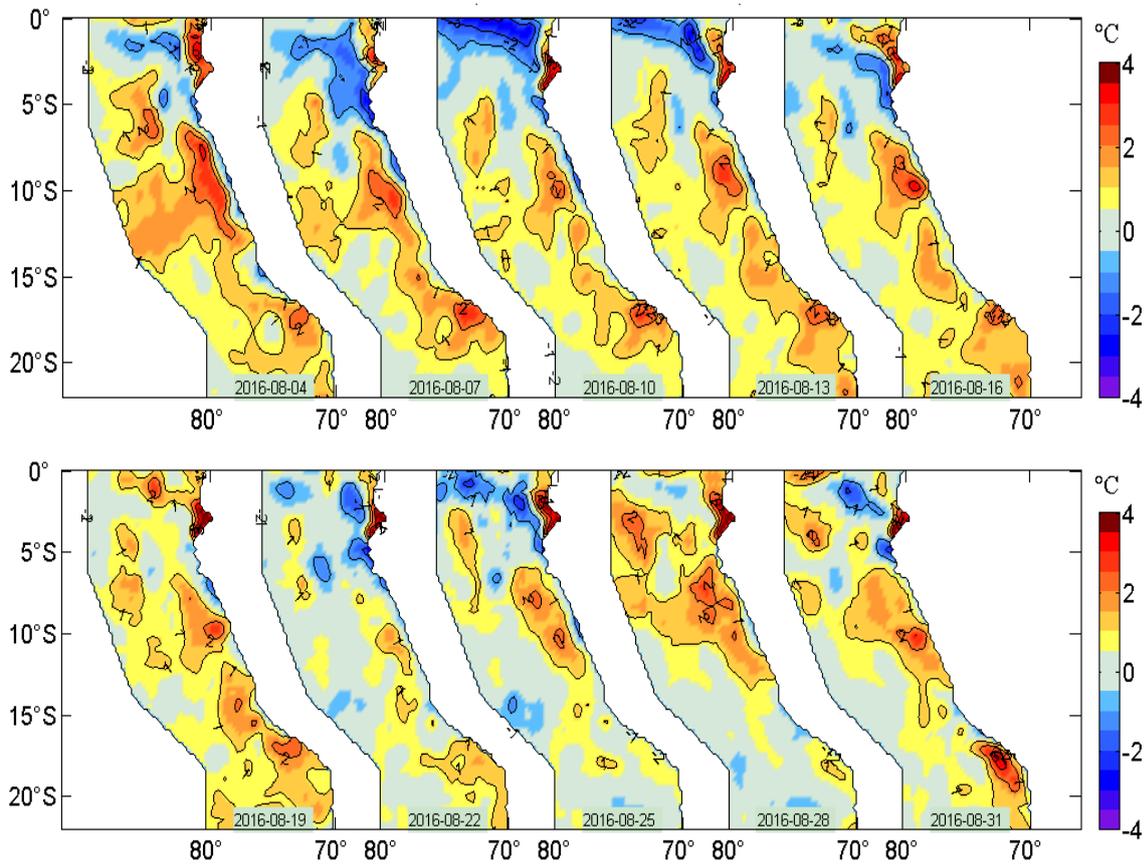


Figura 12. Anomalías de la temperatura superficial del agua (°C) en el mar peruano, cada tres días para agosto de 2016. Datos: AVHRR/NOAA. Procesamiento: IMARPE

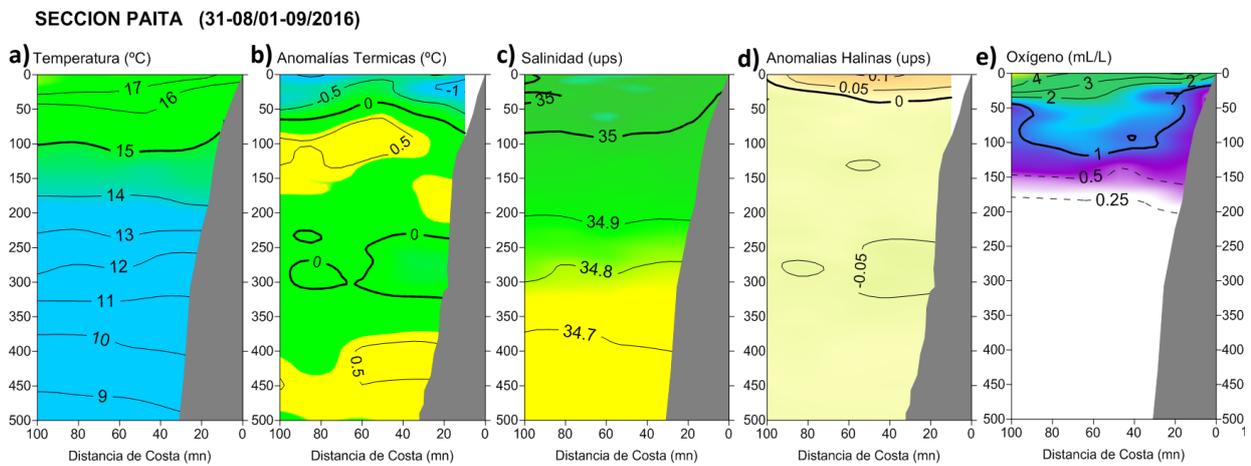


Figura 13. Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups) y e) oxígeno (mL/L) frente a Paita, realizada durante el 31 de agosto y 1 de septiembre de 2016. Fuente: IMARPE.

**Sección Chicama  
(24-25 agosto 2016)**

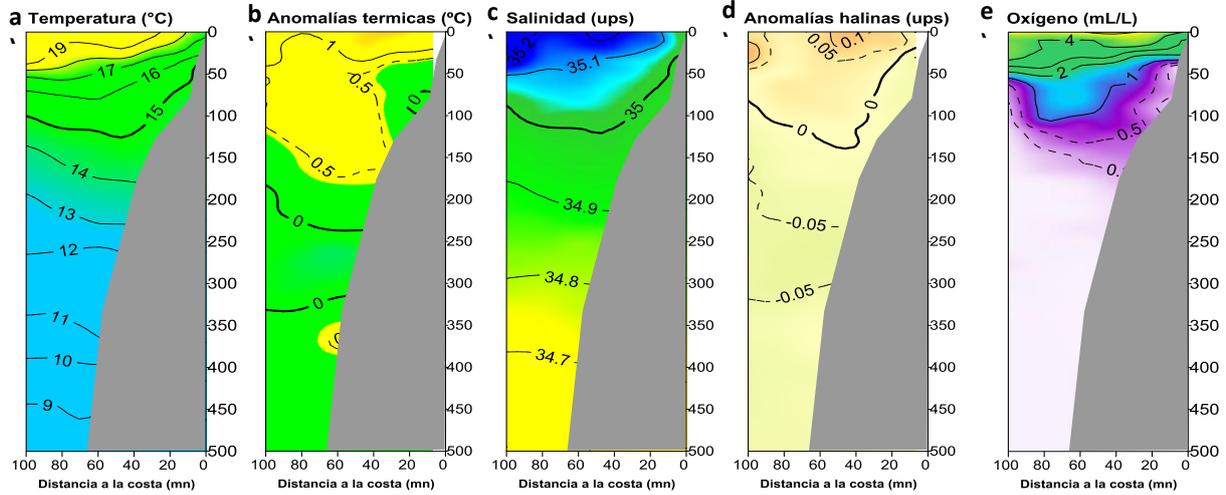


Figura 14. Distribución vertical de: a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) anomalía de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), c) salinidad (ups) y d) anomalía de salinidad (ups) frente a Chicama, realizada durante el 24 y 25 de agosto de 2016. Fuente: IMARPE.

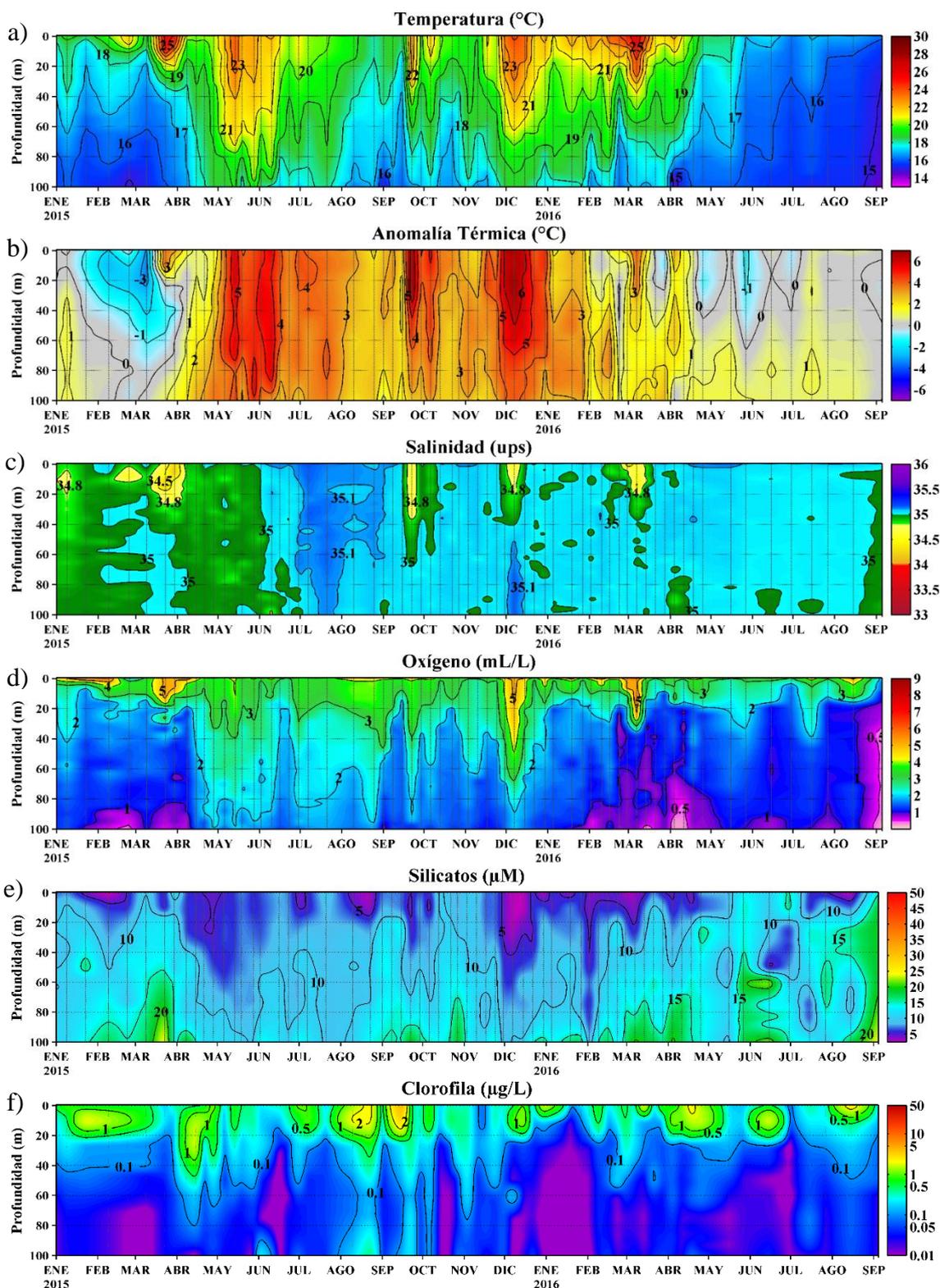


Figura 15. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Paita (Punto Fijo Paita) de: a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C), c) Salinidad (ups), d) oxígeno (mL/L), e) Silicatos ( $\mu\text{M}$ ) y f) Clorofila ( $\mu\text{g/L}$ ) para el periodo del 01 de enero de 2015 al 5 de septiembre de 2016. Fuente: IMARPE.

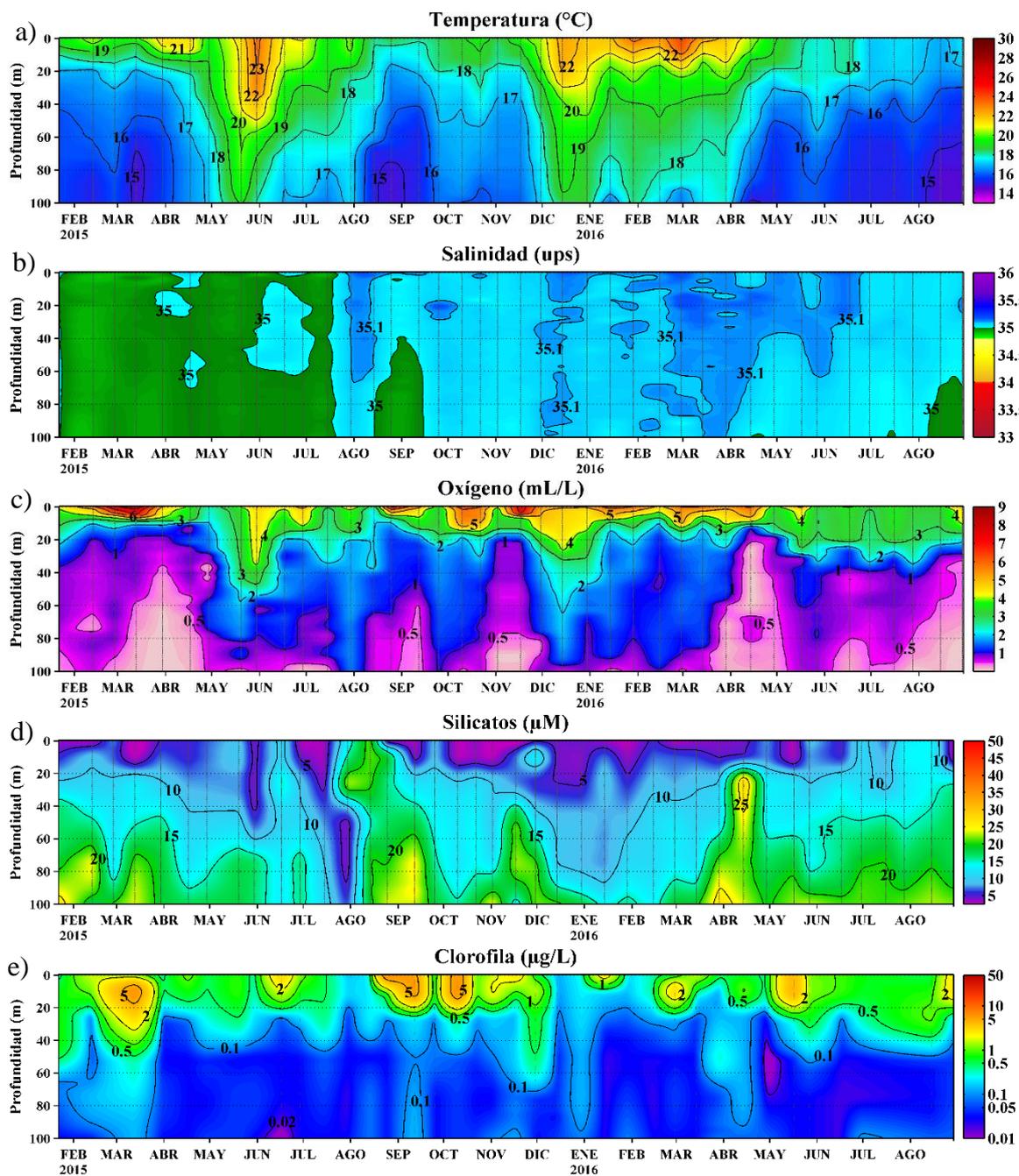


Figura 16. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Chicama (Punto Fijo Chicama) de: a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups), c) Oxígeno (mL/L), d) Silicatos (µM) y e) Clorofila (µg/L), para el periodo del 22 de enero de 2015 al 29 de agosto de 2016. Fuente: IMARPE.

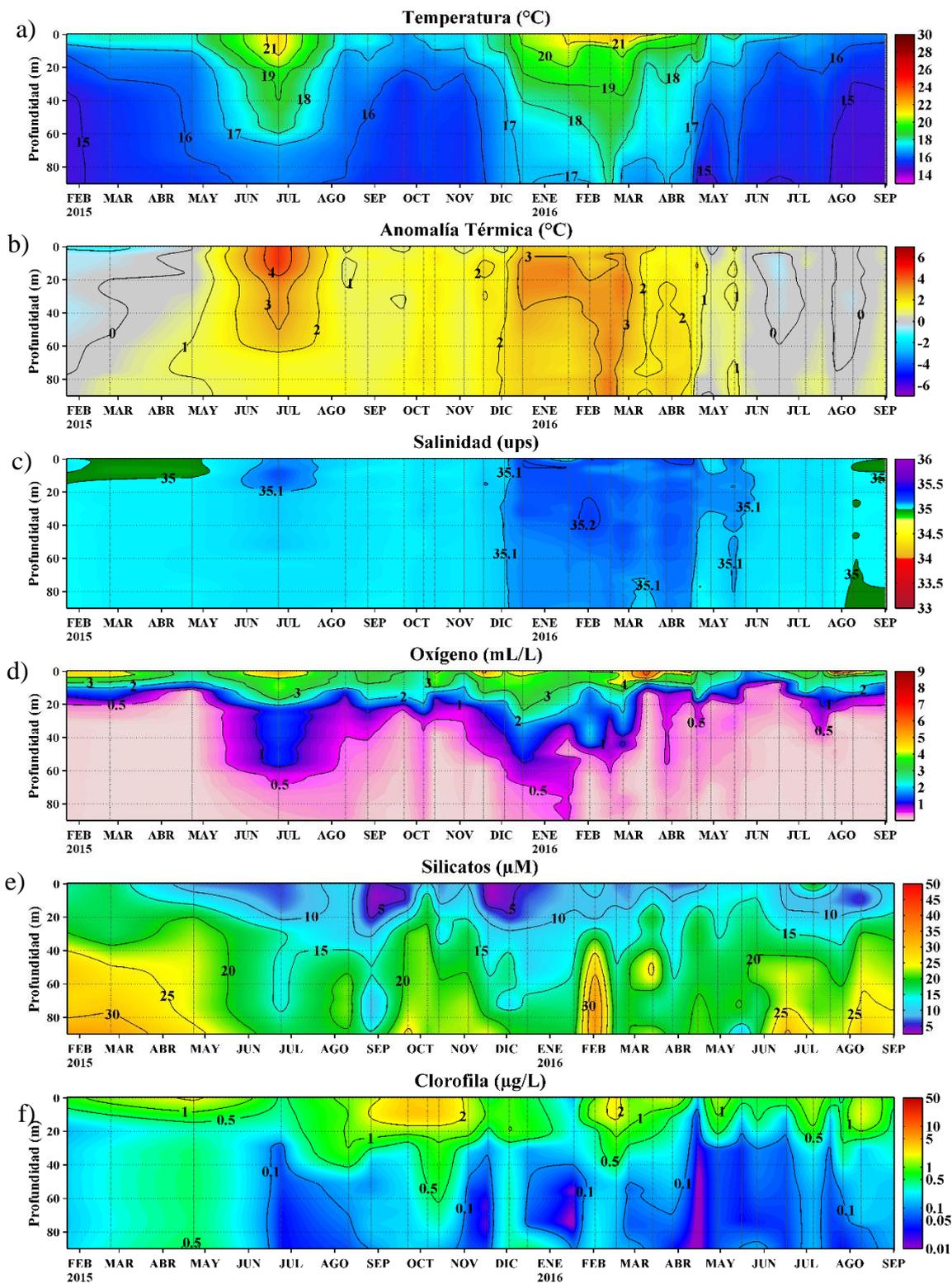


Figura 17. Series de tiempo para la estación oceanográfica fija frente a Callao (punto fijo Callao) de: a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C), c) Salinidad (ups), d) oxígeno (mL/L), e) Silicatos (µM) y f) Clorofila (µg/L), para el periodo del 01 de enero de 2015 al 1 de septiembre de 2016. Fuente: IMARPE.

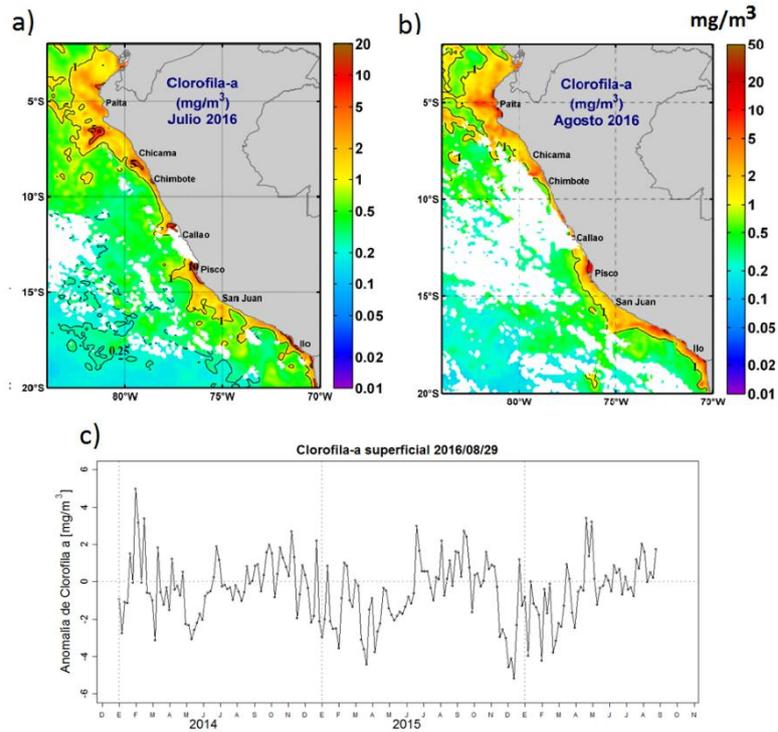


Figura 18. Clorofila satelital promedio para el mes de julio (a) y agosto (b) del satélite MODIS frente a Perú y la serie de tiempo de anomalías de clorofila superficial satelital promedio (entre los 4°S-16°S y de 0 a 100 km de la costa) provenientes del satélite MODIS entre enero del 2014 a agosto del 2016 (c).

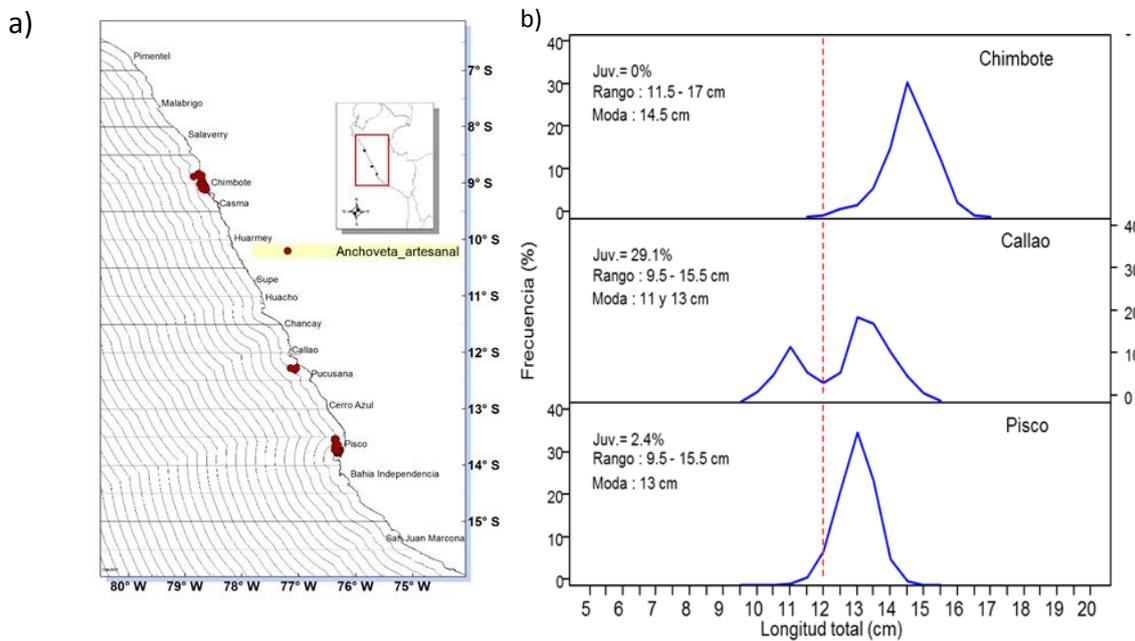


Figura 19. Distribución de la flota artesanal de anchoveta (a) y estructura de tallas por captura (b) durante agosto 2016. Fuente: LBR/IMARPE

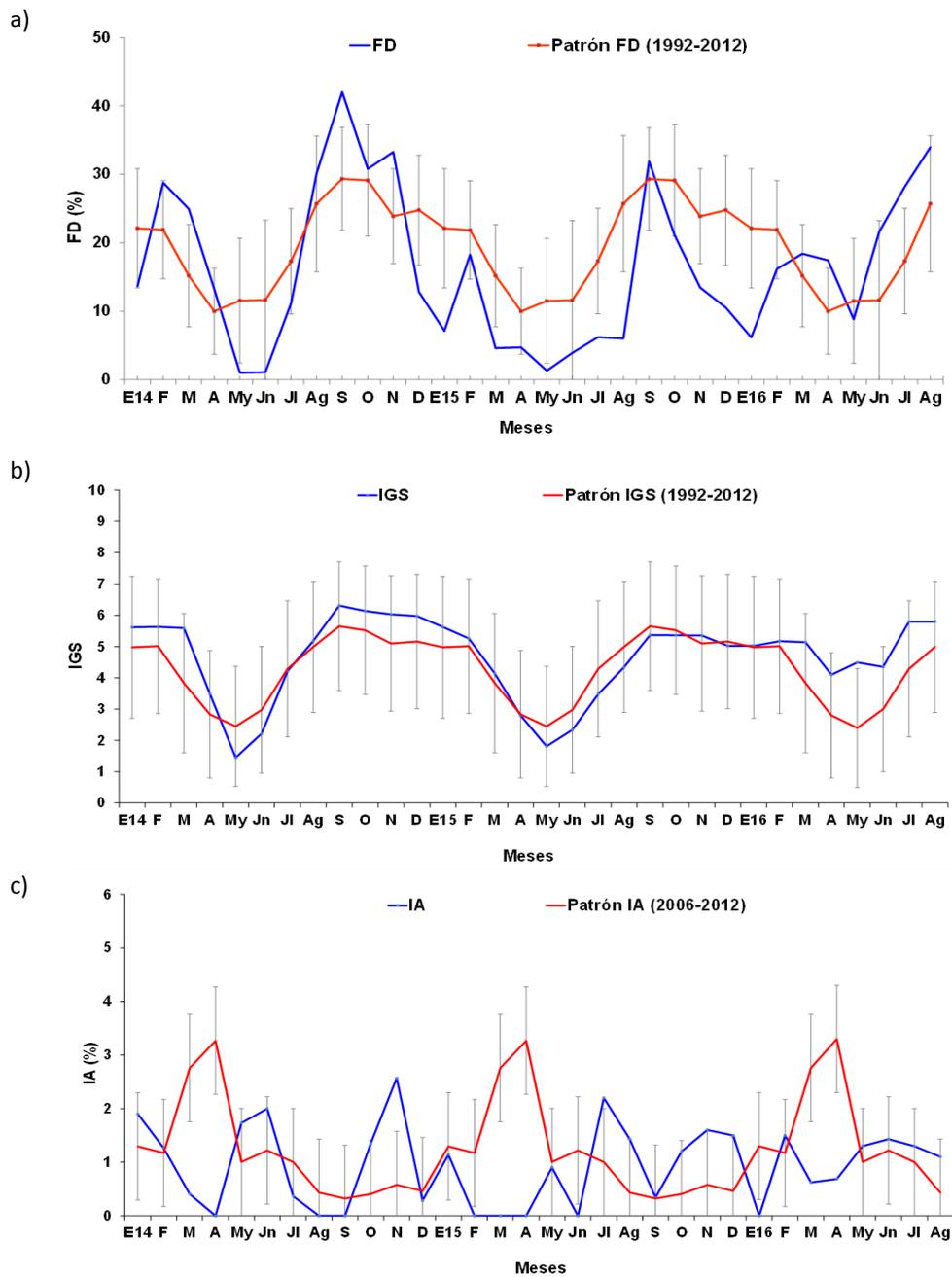


Figura 20. Indicadores reproductivos, a) Fracción Desovante (FD), b) Índice Gonadosomático (IGS), y c) Índice de atresia del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: enero 2014 – agosto 2016. Fuente: LBR/IMARPE

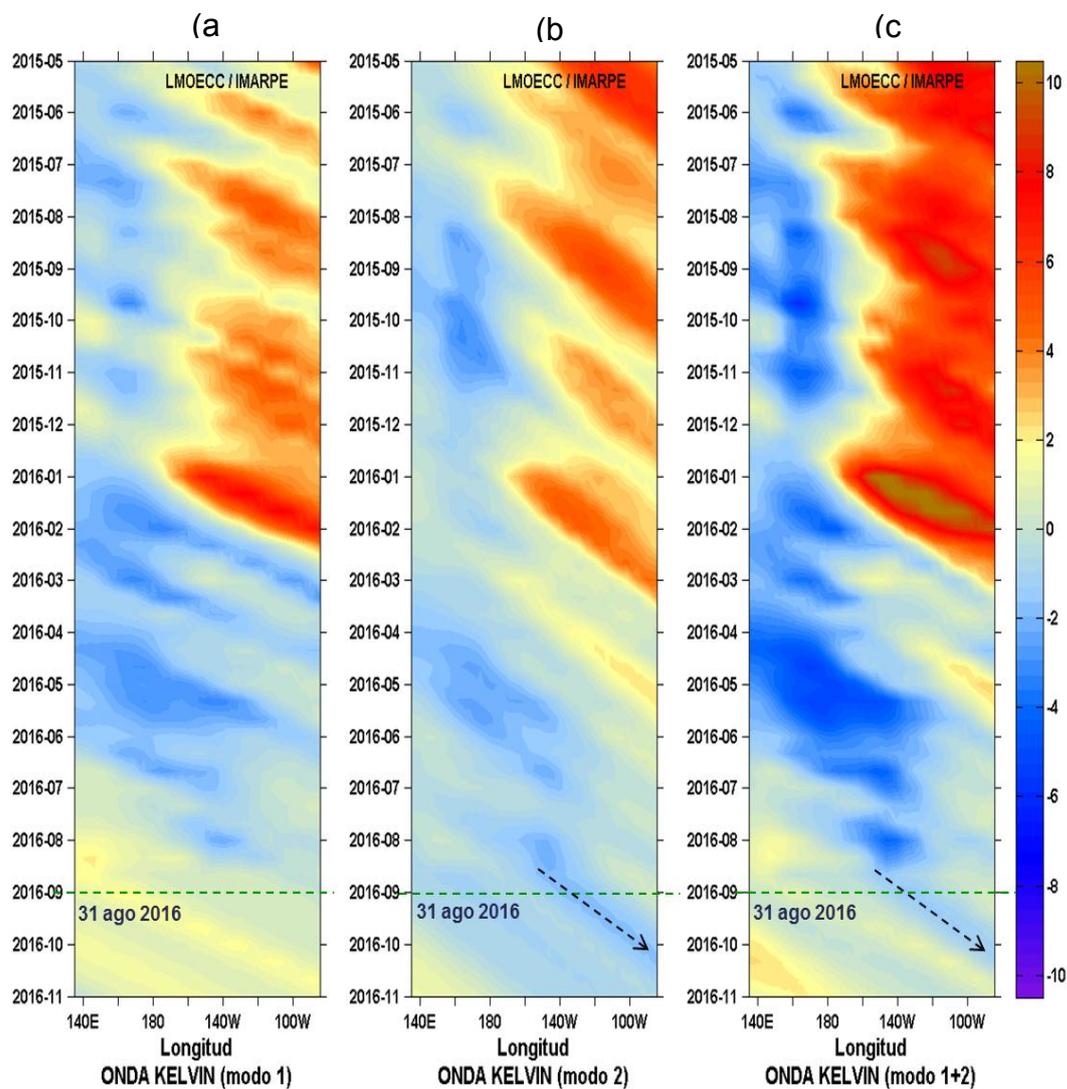


Figura 21. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial ( $0^{\circ}\text{N}$ ): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2 de la isoterma de  $20^{\circ}\text{C}$  (m) en la Pacífico Ecuatorial ( $2^{\circ}\text{S}$  y  $2^{\circ}\text{N}$ ). La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP.