



PERÚ

Ministerio  
de la Producción



**IMARPE**  
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

Programa Presupuestal por Resultados N°068

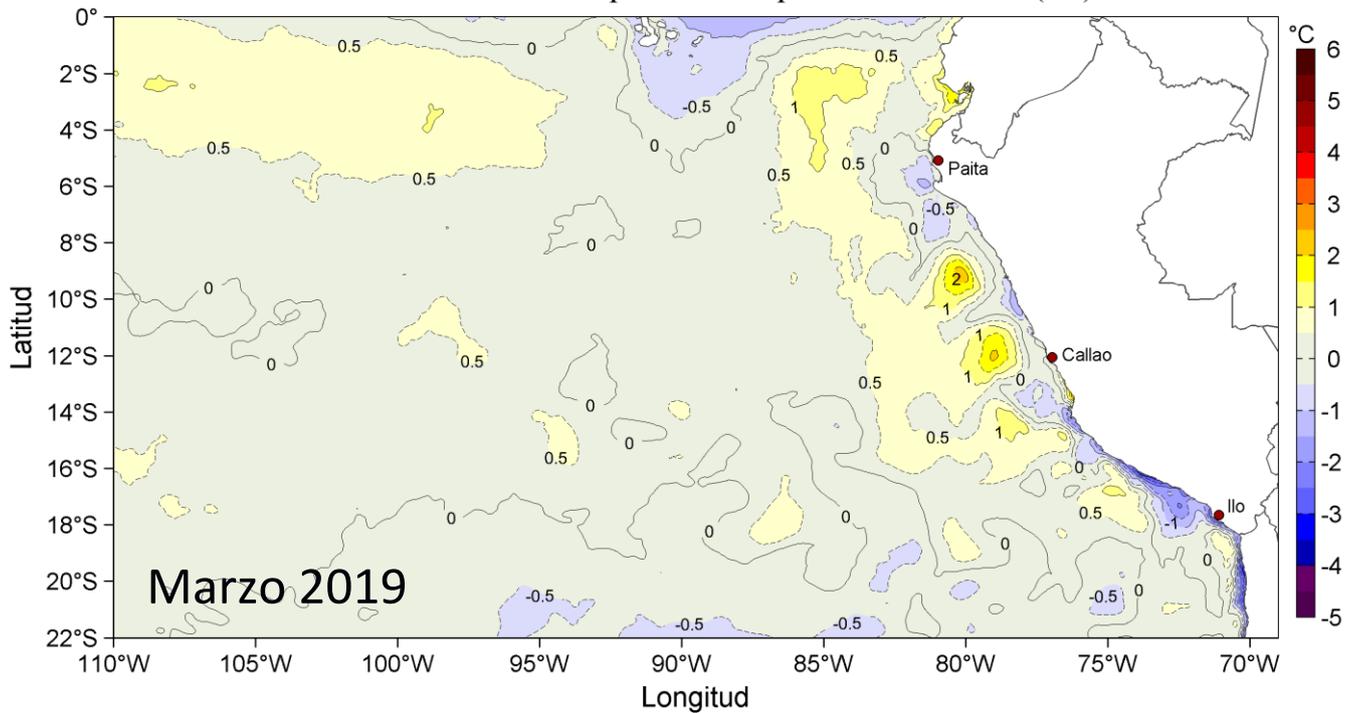
“Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Desastres”

Producto: Estudios para la Estimación del Riesgo de Desastres

Actividad 4: Generación de Información y Monitoreo del Fenómeno El Niño

## INFORME DE LAS CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS Y BIOLÓGICO-PESQUERAS MARZO 2019

Anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (°C)



Marzo, 2019

# **INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ**

## **GRUPO DE TRABAJO INSTITUCIONAL EL NIÑO**

**Informe de las Condiciones Oceanográficas y Biológico Pesqueras  
Marzo 2019**

### **TABLA DE CONTENIDO**

- 1. CONDICIONES FÍSICAS DE MACRO-ESCALA EN EL PACÍFICO ECUATORIAL Y SUDORIENTAL.**
  - 1.1. Aspectos Meteorológicos**
    - 1.1.1 Distribución regional del campo de presión a nivel del mar**
    - 1.1.2 Condiciones atmosféricas en el Pacífico ecuatorial**
  - 1.2. Aspectos oceanográficos**
    - 1.2.1 Condiciones superficiales.**
    - 1.2.2 Condiciones sub-superficiales**
- 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**
  - 2.2. Aspectos oceanográficos**
    - 2.2.1 Anomalía del nivel del mar (ANM)**
    - 2.2.2 Temperatura superficial del mar frente al litoral**
    - 2.2.3 Distribución espacial de la salinidad superficial del mar**
    - 2.2.4 Secciones oceanográficas**
    - 2.2.5 Estaciones fijas costeras**
    - 2.2.6 Fertilidad y productividad**
    - 2.2.7 Indicadores biológicos del plancton**
- 3. MONITOREO DIARIO DE INDICADORES BIOLÓGICOS MARINOS PROVENIENTES DEL SEGUIMIENTO DE LA PESQUERÍA Y PROGRAMA BITÁCORAS DE PESCA.**
  - 3.1. Condiciones Biológico – Pesqueras de la anchoveta.**
  - 3.2. Especies Indicadoras**
- 4. PRONÓSTICO DE LAS CONDICIONES DEL PACIFICO ECUATORIAL Y FRENTE A LA COSTA PERUANA.**
  - 4.1. Pronósticos a gran escala de las agencias internacionales**
  - 4.2. Propagación de ondas Kelvin**
  - 4.3. Pronósticos de la TSM frente a la costa del Perú**
- 5. CONCLUSIONES**
- 6. REFERENCIAS**
- 7. TABLAS**
- 8. FIGURAS**

**Instituto del Mar del Perú**  
**Grupo de Trabajo Institucional El Niño**

**Informe de las Condiciones Oceanográficas y Biológico Pesqueras**  
**Marzo 2019**

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

### **1.1. Aspectos meteorológicos**

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

Se analizó el campo promedio de presión a nivel del mar del 1 al 31 de marzo usando datos de reanálisis NCEP/NOAA (Kalnay et al. 1996). Se observó que el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) presentó un núcleo centrado en los 90,0°W, 32,5°S con una intensidad máxima de ~1024 hPa, encontrándose desplazado al sureste de su posición normal y con una intensidad mayor que su valor climatológico en +3 hPa (Figuras 1 y 2). Asimismo, se observaron anomalías negativas de presión de -1 hPa en Pacífico ecuatorial oriental y un núcleo de anomalías positivas de presión de +3,0 hPa en el Pacífico este subtropical. Frente a la costa peruana las anomalías mensuales de presión presentaron valores entre cero y -1 hPa (Figura 2b).

Con el fin de caracterizar la variación temporal de la intensidad del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se empleó el Índice del Anticiclón del Pacífico Sur (IAPS) (media móvil trimestral de la anomalía de la presión atmosférica máxima en el núcleo del APS), y de las anomalías de su posición longitudinal y latitudinal respectivamente, con datos de NCEP/NOAA (Kalnay et al. 1996). El IAPS fue clasificado en 3 condiciones: débil, neutro e intenso. Valores positivos (negativos) de los índices ILON e ILAT representan un desplazamiento al este y al norte (al oeste y al sur) del núcleo del APS. Para el trimestre EFM 2019 el IAPS presentó un valor de +1,6 hPa, mayor que su valor anterior (+1,3 hPa), indicando una condición intensa del APS. El valor mensual de la anomalía de la presión máxima en marzo fue de +2,8 hPa (Figura 3a). Los índices ILON e ILAT presentaron valores de +5,9 y -1,8 para el trimestre EFM, respectivamente. Los valores mensuales de las anomalías de posición longitudinal y latitudinal en febrero fueron de +8,9 y +1,2 respectivamente, confirmando que el APS estuvo ubicado al este de su posición habitual (Figuras 3b y c).

#### **1.1.2. Condiciones atmosféricas en el Pacífico Ecuatorial**

La radiación de onda larga (ROL) presentó valores dentro del rango normal sobre el Pacífico sureste y valores positivos sobre el Pacífico noreste. Al sur de la línea ecuatorial entre los 160°E y 130°W se observó un núcleo de anomalías positivas (Figura 4). La componente zonal del viento en la franja ecuatorial de 5°S a 5°N, mantuvo dirección predominante de los vientos alisios con un rango entre 2,0 m s<sup>-1</sup> a 5,0 m.s<sup>-1</sup> en el área comprendida entre 180 °W y 100 °W. En la región entre 140°W hasta los 80 °W la velocidad zonal presentó anomalías del viento del este con valores entre -1 m/s y -2,5 m/s, mientras que, al oeste de los 150 °W, se presentaron anomalías del oeste con valores superiores a +3,0 m.s<sup>-1</sup> (Figura 5).

## **1.2. Aspectos oceanográficos**

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

En el Pacífico ecuatorial oriental, en promedio, las anomalías positivas de temperatura superficial del mar (TSM) se atenuaron y se observó la pluma de anomalía negativa de TSM expandiéndose del Golfo de Panamá hacia la zona ecuatorial, alcanzando valores de  $-2^{\circ}\text{C}$  en promedio. En el Pacífico central, persistió una amplia región con anomalías positivas de  $+1^{\circ}\text{C}$  (Figura 6). La variación temporal de las anomalías de TSM cambió a una tendencia descendente en las regiones Niño 4, Niño 3.4 y Niño 3 desde inicios de marzo, así como en la región Niño 1+2 desde mediados de mes. El último valor semanal del marzo para las regiones Niño 4, Niño 3.4, Niño 3 y Niño 1+2, fue de  $+0,9$ ;  $+1,0$ ;  $+0,7$ ;  $-0,2^{\circ}\text{C}$  respectivamente (Figura 7).

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

El contenido de calor en la capa superior (300 m, entre  $180^{\circ}\text{W}$  y  $100^{\circ}\text{W}$ ) del Pacífico Ecuatorial, presentó anomalías positivas que cambiaron a una tendencia decreciente, aunque mostrando un promedio mensual de  $+1,36^{\circ}\text{C}$  (Figura 8). Esto último obedeció a anomalías positivas mayores a  $+2^{\circ}\text{C}$  encima de los 150 m y a las condiciones neutras predominantes debajo de los 150 m. Entre los  $110^{\circ}\text{W}$  y  $90^{\circ}\text{W}$  y encima de los 100 m de profundidad se presentaron débiles anomalías negativas de temperatura (Figura 9).

## **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**

El viento frente a la costa peruana mantuvo velocidades de  $3,0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  a  $7,0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  durante todo el mes. En la zona oceánica, el viento varió entre  $4,0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  y  $8,0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , con máximos valores entre los días 16 y 20, para luego disminuir ligeramente hasta fines del mes (Figura 10). En general la velocidad del viento exhibió anomalías negativas, de  $-1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  en promedio, en la zona oceánica norte y centro-norte en la primera quincena y frente a la mayor parte de la costa en la última semana. A mediados de mes, la intensificación del viento alcanzó una anomalía de hasta  $+2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  en la zona oceánica frente a Pisco (Figura 11).

En la franja costera de 40 km, se presentaron vientos del sur con velocidades entre  $3,0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  y  $9,0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  en la mayor parte del mes, con excepción de la primera semana, en la cual se registraron velocidades débiles al norte de Chimbote, cayendo hasta  $1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (Figura 12). En la primera quincena, al norte de los  $10^{\circ}\text{S}$  la velocidad del viento presentó dominancia de condiciones neutras, mientras que en la segunda quincena se registraron anomalías positivas en la mayor parte de la franja costera. Frente a Pisco y San Juan persistieron anomalías positivas la mayor parte del mes, alcanzando valores entre  $+4,0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  y  $+5,0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  hacia la quincena (Figura 13).

El afloramiento costero se reactivó en la mayor parte de la costa durante el mes, particularmente entre Pisco y San Juan, donde persistió en todo el período. Frente a Talara y Paita el afloramiento se intensificó en la segunda quincena, con valores entre  $150\text{ m}^3\text{ s}^{-1}\cdot 100\text{m}^{-1}$  y  $250\text{ m}^3\text{ s}^{-1}\cdot 100\text{m}^{-1}$ . En la costa central ( $10^{\circ}$  –  $12^{\circ}\text{S}$ ) el afloramiento se intensificó a partir de la segunda semana. Frente a Pisco y San Juan, la intensidad del afloramiento alcanzó valores de  $250\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}\cdot 100\text{m}^{-1}$ . Al sur de esta zona, el afloramiento fue débil y poco persistente, con valores de  $100\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}\cdot 100\text{m}^{-1}$  (Figura 14).

## **2.2. Aspectos oceanográficos**

### **2.2.1. Anomalía del nivel del mar (ANM)**

En la costa centro-norte las ANM positivas de +10 cm, que aparecieron entre Pimentel y Huacho, así como entre Callao y Pisco, se alejaron de la costa hasta formar una banda paralela a la costa con ANM mayores a +10 cm que se empalmaron fuera de las 200 mn con la expansión de una vórtice anticiclónico que superó los +20 cm de ANM frente a Tumbes, desde la segunda semana de marzo. Por otro lado en la cuarta semana de marzo, frente a Paita, dentro de las 200 mn, se formó un amplio vórtice de giro ciclónico, caracterizado por presentar ANM menores a +10 cm. En la zona sur se presentaron vórtices anticiclónicos de menor envergadura fuera de las 50 mn, que se intensificaron hasta alcanzar ANM de +15 cm; en menor proporción se presentaron vórtices con giro ciclónico asociado a ANM de <+5 cm (Figura 15).

En la franja de 60 mn adyacente a la costa, a inicios de mes, al norte de los 3° S, se registraron valores de ANM cercanos a cero y negativos, mientras que hacia el sur predominaron valores entre +5 cm a +10 cm. Las ANM >+10 cm que aparecieron entre Paita y Pisco la última semana de febrero duraron solo hasta la primera semana de marzo, estabilizándose a +8 cm en promedio en el resto del mes (Figura 16). En cambio, en la zona de Galápagos, las ANM presentaron una fuerte tendencia ascendente hasta superar los +15 cm al finalizar el mes (Figura 17).

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

#### **2.2.2.1. Laboratorios Costeros del IMARPE**

La TSM registrada en los Laboratorios Costeros del IMARPE presentó una disminución de su valor promedio mensual a lo largo de toda la costa, a excepción de Tumbes donde se incrementó. Se presentaron en promedio anomalías negativas en la mayoría de los Laboratorios Costeros, exceptuando Tumbes, Chicama e Ilo donde los valores fueron positivos. La TSM mensual varió entre 17,5 °C (Ilo) a 29,0 °C (Tumbes), mientras que su anomalía varió entre -1,7 °C (San José) a +1,1 °C (Tumbes) (Tabla 1).

A nivel diario, la anomalía de la TSM presentó predominancia de valores negativos durante la segunda quincena del mes entre Paita y Pisco, mientras que Tumbes e Ilo presentaron predominancia de anomalías positivas. En Tumbes e Ilo las máximas anomalías de la TSM (+2,5°C) fueron observadas en Tumbes durante la tercera semana del mes. Entre Paita y Pisco, la mínima (-4,8°C) y la máxima (+4°C) anomalía de la TSM fueron detectadas en Pisco durante la tercera y segunda semana del mes respectivamente (Figura 18).

El índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2016) presentó un valor de +0,65 °C para el trimestre EFM del 2019 y un valor mensual de marzo de -0,21 °C, siendo el primer valor negativo después de varios meses y menor al valor observado durante febrero 2019 (+0,9 °C) (Figura 19).

#### **2.2.2.2. Información satelital de TSM y sus anomalías**

La TSM frente a la costa centro norte alcanzó los 28 °C fuera de las 200 mn. Las aguas con esta condición mostraron su mayor expansión a mediados de mes, tendiendo luego a contraerse. Dentro de las 100 mn las aguas se enfriaron llegando a mostrar en promedio 22 °C. En la costa sur aparecieron aguas de menores a 18 °C, mientras que en zonas oceánicas frente a Ilo persistió una celda con TSM de 24 °C en promedio (Figura 20).

Las anomalías positivas de TSM se fueron disipando durante la primera quincena, quedando a finales de mes celdas aisladas fuera de las 50 mn frente a la costa central y una celda con anomalías cálidas fuera de las 200 mn al norte de Paita. Las anomalías negativas de TSM que a inicios de mes se presentaban frente a la costa sur, se desarrollaron a lo largo de toda la costa durante la segunda quincena, mostrando una mayor expansión frente a Paita, con intensidades que alcanzaron hasta  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Figura 21).

En la franja de 60 mn, en la zona centro norte la TSM presentó condiciones cálidas con anomalías de  $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$  y neutras hasta la tercera semana de marzo, cambiando luego a una condición fría, cuya anomalías alcanzaron  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mientras que en la zona sur predominaron condiciones neutras y anomalías negativas con distribución espacial fragmentada, las que a finales de mes, se distribuyeron a lo largo de toda la costa, llegando a mostrar anomalías de  $-1$  a  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Figura 22).

El Índice Térmico Costero Peruano ITCP (Quispe-Ccalluari et al., 2016), presentó un valor de 0,0 para el trimestre enero a marzo 2019, asociado a una condición neutra en la franja costera. El valor de la primera componente principal para el mes de marzo fue  $-1,0$ , disminuyendo respecto al mes anterior (Figura 23).

### **2.2.3. Distribución espacial de la salinidad superficial del mar**

#### **2.2.3.1. Información del modelo HYCOM**

Según el modelo HYCOM (HYbrid Coordinate Ocean Model), en el norte, fuera de la costa, la zona de mezcla de aguas ecuatoriales superficiales (AES) y aguas subtropicales superficiales (ASS) se presentó entre  $3^{\circ}$  a  $9^{\circ}$  S. Cerca de la costa, aguas con salinidad menor a 34,8 ups (AES) fluctuaron entre Punta La Negra y Tumbes, tendiendo a replegarse al norte de Sechura a fines del mes. Asimismo se detectaron salinidades menores a 35,1 ups, asociadas a procesos de mezcla entre las ASS y las aguas costeras frías (ACF) del afloramiento, en particular frente a Salaverry, Pisco y Atico (Figura 24).

### **2.2.4. Secciones oceanográficas**

#### **2.2.4.1. Paita (21-22 de marzo)**

La TSM presentó valores entre  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$  en toda la sección, mientras que a fines de febrero se detectó  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  a 15 mn de la costa. Se estimaron anomalías de TSM con valores de hasta  $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  en promedio (Figura 25 a, b, Figura 26 a, b). Sobre los 100 m de profundidad, las temperaturas variaron de  $16\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$  con una termoclina somera. La isoterma de  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  se presentó entre los 100 y 140 m de profundidad, unos 30 m más superficial que a fines de febrero (Figura 26 d). Sobre los 40 m se registraron anomalías térmicas de  $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  en promedio, con núcleos de hasta  $-2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , y debajo de los 40 m la temperatura mostró valores alrededor de su estacionalidad (Figura 25 b).

La salinidad en los primeros 20 m de profundidad evidenció la presencia de aguas de mezcla ACF - ASS dentro de las 40 mn y aguas de mezcla AES - ASS a 40 - 100 mn, ambas asociadas a anomalías halinas de  $+0,20$  y  $+0,10$  ups, respectivamente (Figura 26 c, Figura 25 c, d). Por otra parte, entre los 30 y 150 m se evidenció la presencia de aguas de mezcla entre ASS y aguas ecuatoriales sub-superficiales (AESS).

La distribución del oxígeno disuelto (OD) mostró que la iso-oxígena de 1 mL.L<sup>-1</sup>, asociada a la oxiclina, se superficializó de 160 m a 60 m de profundidad en toda la zona costera, respecto a febrero (Figuras 25 e y 26 e). El límite superior de la zona de mínima de oxígeno (ZMO; OD < 0,5 mL.L<sup>-1</sup>), se detectó a 110 - 180 m de profundidad en toda la sección. Sobre los 400 m a 65 - 100 mn, se estimaron flujos geostroficados hacia el sur con una velocidad de hasta 50 cm.s<sup>-1</sup>. Asimismo, se calcularon flujos hacia el norte sobre los 200 m a 25 - 60 mn y sobre los 40 m dentro de las 10 mn, con velocidades de hasta 20 cm.s<sup>-1</sup> (Figura 25 e, f).

#### **2.2.4.2. Chicama (15 - 16 de marzo)**

La TSM presentó la isoterma de 22 °C a 30 mn frente a la costa, la cual se encontraba a 20 mn a fines de febrero. La anomalía de TSM mostró valores entre -1,0 °C y +2,0 °C (Figura 27 a, b; Figura 28 a, b). Sobre los 100 m se registraron temperaturas entre 16 °C y 26 °C con una termoclina débil, mientras que la isoterma de 15 °C se presentó a 110 - 120 m de profundidad, en promedio 15 m más somera que en febrero (Figura 28 d). Sobre los 300 m, se presentaron anomalías térmicas positivas de +1,0 °C en promedio, destacando núcleos con anomalías de hasta de +3,0 °C sobre los 40 m de profundidad a 80 - 100 mn y de -1,0 °C entre los 20 y 40 m a 55 - 85 mn, así como en la zona costera sobre los 20 m (Figura 27 a, b).

En la capa superficial, la salinidad y las temperaturas indicaron la presencia de ASS a 30 - 100 mn, asociadas a anomalías halinas de hasta +0,30 ups, y aguas de mezcla entre ACF y ASS dentro de las 30 mn. Entre los 20 y 100 m de profundidad, se detectaron aguas de mezcla ASS - AESS, con núcleos de ASS sobre los 50 m entre las 10 y 40 mn (Figura 28 c, Figura 27 c, d).

La distribución del OD continuó mostrando un leve ascenso de las iso-oxígenas cerca de la costa debido al afloramiento. La profundidad de la iso-oxígena de 1 mL.L<sup>-1</sup> se presentó a unos 30 - 100 m de profundidad, más somera hacia la costa y en promedio 15 m más profunda que en febrero (Figura 28 e). El borde superior de la ZMO se presentó a 100 - 180 m (Figura 27 e). Por otra parte, se estimaron flujos geostroficados con dirección hacia el sur a 85 - 100 mn entre los 40 y 250 m, con una velocidad máxima de 10 cm.s<sup>-1</sup>. Asimismo se estimaron flujos con dirección hacia el norte sobre los 40 m, dentro de las 40 mn y a 65 - 100 mn con velocidades de hasta 30 y 20 cm.s<sup>-1</sup>, respectivamente. También se calcularon flujos al norte entre los 220 y 350 m a 65 - 80 mn con una velocidad de 10 cm.s<sup>-1</sup> (Figura 27 f).

#### **2.2.5. Estaciones fijas costeras**

El monitoreo de alta frecuencia de la columna de agua (<100 m) que se realiza en las estaciones fijas mostró que en el último mes para Paita la temperatura varió entre los 16 °C y 24 °C, en Chicama entre 15 °C y 22 °C, en Callao entre 15 °C y 19 °C, en Atico entre 14 °C y 17 °C y en Ilo entre 15 °C y 18 °C. En Paita se detectó una profundización de las isotermas en la primera quincena del mes y un ascenso en la segunda quincena, mientras que, en las demás estaciones fijas se detectó un ascenso de las isotermas durante todo el mes (Figura 29). En Paita, sobre los 60 m, se detectó un pulso de anomalías negativas a inicios de marzo, luego ligeras anomalías positivas en la segunda semana, asociados al arribo de ondas Kelvin fría y cálida, respectivamente, proyectadas por el ENFEN (ENFEN, 2019 a y 2019 b). Sin embargo, en la segunda quincena de marzo se observó un pulso de anomalías negativas sobre los 60 m, con valores de hasta -3,0 °C frente a Paita. Asimismo, en Chicama se detectó un núcleo de hasta -2,0 °C sobre los 40 m a finales del mes y en Callao se detectaron ligeras anomalías negativas en la segunda quincena del mes (Figura 30).

Estas anomalías habrían respondido a la formación de una onda Kelvin fría en la región oriental del Pacífico ecuatorial como consecuencia de la intensificación anómala de los vientos alisios en dicha región y su posterior propagación hacia la costa.

Los registros de la salinidad y temperatura evidenciaron la presencia de aguas de mezcla ASS-AES a inicios del mes sobre los 50 m, y aguas de mezcla ASS-ACF por debajo de estas hasta finales del mes en Paita. Por otra parte, se observó el predominio aguas de mezcla ASS - ACF en Chicama, Callao y Atico. Aunque en Chicama se observó un núcleo de ASS sobre los 40 m, en Ilo se observó predominio de ACF (Figura 31).

En cuanto al OD, se detectó un leve descenso de las iso-oxígenas en la primera quincena del mes y un ascenso en la segunda quincena en Paita, mientras que, en el resto de estaciones fijas las iso-oxígenas predominó una tendencia de ascenso durante el mes. La iso-oxígeno de 0,5 m. L<sup>-1</sup> se determinó a 90 m en Chicama, 60 - 90 m en Callao y a 65 m en Ilo a finales del mes (Figura 32).

## **2.2.6. Fertilidad y productividad**

### **2.2.6.1. Variabilidad espacio-temporal de los nutrientes**

En general los nutrientes no exhibieron un comportamiento homogéneo de sus concentraciones en las estaciones fijas costeras.

Los nitratos mostraron un aumento de sus concentraciones en la columna de agua en las estaciones fijas durante marzo. En Chicama e Ilo, se presentaron concentraciones alrededor de los 15  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  por debajo de los 30 m durante el mes, aunque en Ilo durante la segunda quincena de marzo se observaron valores entre 10  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  a 15  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  debajo de los 40 m. En Callao, también predominaron valores alrededor de los 15  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  debajo de los 15 m, sin embargo, entre los 25 m a 60 m, se observó un núcleo con concentración de 20  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  (Figura 33).

Los silicatos no mostraron un comportamiento homogéneo de sus concentraciones en las estaciones fijas durante marzo. En Chicama, se observó una superficialización de la isolínea de 15  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de 80 m a 55 m entre inicios a fin de mes. En Callao, las concentraciones se mantuvieron, encontrándose valores alrededor de los 10  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  a 25  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  en la columna de agua. En Ilo, se observó una profundización de la isolínea de 20  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de 40 m a 80 m durante la última semana del mes, mientras que encima de los 40 m las concentraciones se mantuvieron (10  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  a 15  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) (Figura 34).

A su vez, los fosfatos tampoco mostraron un comportamiento homogéneo de sus concentraciones en las estaciones fijas a lo largo de costa. En Chicama, la isolínea de 1,5  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  se profundizó de 15 m a 100 m durante la primera semana del mes. En Callao, las concentraciones aumentaron de  $\sim 1 \mu\text{mol.L}^{-1}$  a  $\sim 2 \mu\text{mol.L}^{-1}$  durante la última semana del mes. En Ilo, debajo de los 30 m, las concentraciones durante la primera semana fueron de 3  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  y durante la segunda semana disminuyeron a 2,5  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ , mientras que, por encima de los 20 m las concentraciones fueron de 2  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  durante todo el mes (Figura 35).

### 2.2.6.2. Clorofila-a

La concentración de clorofila-a satelital mensual proveniente de la unión de todos los satélites que registran clorofila-a superficial ([www.oceancolor.gsfc.nasa.gov/l3/](http://www.oceancolor.gsfc.nasa.gov/l3/)), mostró la predominancia de valores de  $\sim 1 \mu\text{g.L}^{-1}$ , dentro de las 90 mn entre Paita e Ilo; sin embargo, entre Huacho y Pisco se presentaron concentraciones superiores a  $3 \mu\text{g.L}^{-1}$  dentro de las 60 mn, llegando a presentarse pequeños núcleos de concentraciones de  $10 \mu\text{g.L}^{-1}$  frente a Callao y al norte de Pisco a las 20 mn (Figura 36 a).

A escala mensual, hubo predominancia de anomalías negativas ( $-1 \mu\text{g.L}^{-1}$  a  $-3 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) entre Paita y Callao y entre Pisco e Ilo dentro de las 90 mn y 30 mn, respectivamente; mientras que, de Callao a Pisco (dentro de las 60 mn) predominaron anomalías positivas ( $+2 \mu\text{g.L}^{-1}$  a  $+4 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) (Figura 36 b).

Para la información a resolución pentadal se utilizó la información de MODIS (Ocean Biology Processing Group, 2003) pero corregida respecto a SeaWiFS (O'Reilly *et al.* 1998). A partir de este producto, el promedio pentadal, entre los  $6^{\circ}\text{S}$  -  $16^{\circ}\text{S}$  y dentro de las 60 mn, nos indica que se presentaron anomalías positivas durante el mes de marzo ( $+2 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) (Figura 36 d) y que estas anomalías positivas persistieron entre los  $8^{\circ}\text{S}$  a  $16^{\circ}\text{S}$  ( $+2 \mu\text{g.L}^{-1}$  a  $+6 \mu\text{g.L}^{-1}$ ), aunque entre los  $7^{\circ}\text{S}$  -  $8^{\circ}\text{S}$  se presentaron anomalías negativas ( $-2 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) durante la segunda quincena (Figura 36 e).

Un factor clave para el crecimiento fitoplanctónico es la cantidad de luz incidente, la cual es afectada por la presencia de nubes. Entre Paita y Huacho dentro de las 90 mn, existió una cobertura nubosa entre 35 % a 50 % de días nublados, mientras que, al sur de Huacho la cobertura de nubes ha sido menor al 20 %, observándose poca nubosidad entre Huacho y Pisco y entre Pisco e Ilo dentro de las 90 mn y 30 mn a la costa, respectivamente (Figura 36 c).

### 2.2.7. Indicadores biológicos del plancton

#### 2.2.7.1. Indicadores biológicos del fitoplancton.

##### Paita

En Paita se determinó a *Protoperidinium obtusum*, especie indicadora de ACF, a 11 y 60 mn de la costa asociada a valores de TSM de 19,3 y 21,3 °C, respectivamente.

Los volúmenes de plancton promediaron  $0,121 \text{ mL.m}^{-3}$ , con un rango entre 0,03 y  $0,48 \text{ mL.m}^{-3}$  registrados a 100 y 60 mn de la costa, respectivamente. El fitoplancton a 5 mn estuvo representado por los dinoflagelados *Noctiluca scintillans* y *Protoperidium excentricum*, ambos en la categoría "Escaso", aunadas a diatomeas neríticas (*Chaetoceros curvisetus*, *Coscinodiscus granii* y *C. perforatus*) y del ambiente oceánico (*Helicotheca tamesis* y *Guinardia striata*). Entre las 80 y 100 mn destacaron diatomeas de aguas cálidas como *Planktoniella sol*, *Rhizosolenia bergonii*, *Guinardia flaccida*, *Chaetoceros atlanticus*, *Lioloma pacificum* y *Proboscia alta f. gracillima*. Así mismo, se determinó una alta riqueza de dinoflagelados termófilos como *Tripes trichoceros*, *Tripes massiliensis*, *Triadinium polyedricum* (= *Goniodoma polyedricum*) y *Pyrophacus steinii*, entre otros (Figura 37).

##### Chicama

Frente a Chicama, se determinó a *P. obtusum* (indicador de ACF) ubicado a 5 mn de la costa, asociado a una TSM de 19,6 °C.

Los volúmenes de plancton variaron entre 0,02 y 0,674 mL.m<sup>-3</sup>, obteniéndose un promedio de 0,371 mL.m<sup>-3</sup>. Dentro de las 15 mn se observó un incremento considerable de la abundancia relativa del fitoplancton principalmente del grupo de diatomeas neríticas y de afloramiento como *Coscinodiscus perforatus*, *C. centralis*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Ch. curvisetus*, *Ch. compressus* y *Ch. didymus* seguido del dinoflagelado *Protoperidinium depressum*, especies que se presentaron en la categoría “Abundante”. Entre las 30 y 100 mn predominaron algunas diatomeas oceánicas (*Lioloma delicatulum*, *Planktoniella sol*, *Thalassiosira partheneia* y *Proboscia alata* f. *gracillima*), a diferencia de los dinoflagelados termófilos que obtuvieron una alta riqueza de especies (*Ceratium contortum* var. *karstenii*, *Protoperidinium murrayi*, *P. quarnerense*, *T. azoricus* y *Triadinium polyedricum*, entre otros. Por otro lado, de los dinoflagelados cosmopolitas se determinó a *Tripos furca*, *T. dens* y *T. fusus*; todas estas especies se registraron en la categoría de abundancia “Presente” (Figura 38).

### **2.2.7.2. Indicadores biológicos del zooplancton e ictioplancton**

#### **Paita**

Frente a Paita, el análisis preliminar registró la presencia del copépodo *Centropages brachiatus*, especie indicadora de ACF, entre las 5 y 80 mn de la costa, mientras que *Oncaea conífera*, especie indicadora de ASS, solo se determinó a 15 mn. El copépodo *C. furcatus*, indicador de AES, se presentó a 10 mn y por fuera de las 60 mn de la costa (Figura 39).

#### **Chicama**

El copépodo *C. brachiatus*, indicador de las ACF, se localizó dentro de las 15 mn, mientras que especies asociadas a ASS como los copépodos *Acartia danae* y *O. conífera* fueron determinados por fuera de las 80 mn. El copépodo *C. furcatus*, indicador de AES, se observó a 45 y 100 mn de la costa (Figura 40).

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

### **3.1. Condiciones Biológico – Pesqueras de la anchoveta.**

#### **Distribución, capturas y tallas de la anchoveta**

La actividad extractiva de la pesquería industrial del stock Norte-Centro de anchoveta, se mantuvo cerrada durante el mes de marzo.

Por otro lado, los cambios en la dinámica del mar peruano asociados con la inestabilidad del ambiente por condiciones tipo El Niño, incrementaron la disponibilidad especies como: jurel, caballa, bonito, perico, melva, barrilete, pez cinta, chiris, entre otras.

#### **Indicadores reproductivos y somáticos de la anchoveta.**

La anchoveta (*Engraulis ringens*), es una especie pelágica que se caracteriza por ser un recurso que desova parcialmente, es decir que en cualquier periodo del año es posible encontrar ejemplares en diferentes estados de madurez gonadal.

El ciclo reproductivo de esta especie presenta dos periodos de mayor intensidad reproductiva, el principal durante los meses de invierno-primavera (julio-octubre), y el otro secundario y de menor intensidad, en el verano.

La tendencia a la normalización de las condiciones ambientales en marzo, con la disminución de las anomalías positivas de TSM a lo largo de la zona norte y centro del país, provocaron un escenario adecuado para que la anchoveta del stock norte-centro desove. En este sentido, los indicadores reproductivos de índice gonadosomático (IGS, indicador de la madurez gonadal) y la fracción desovante (FD, indicador directo de desove) presentaron un incremento considerable, con valores por encima de sus niveles críticos (Figura 41c). También, la condición grasa presentó un ligero aumento, evidenciando la rápida recuperación de la anchoveta. (Figura 41d).

### **3.2. Especies Indicadoras**

*Sarda chiliensis chiliensis*, “bonito”, normalmente asociado a aguas oceánicas, presentó una amplia distribución latitudinal y longitudinal dentro de las 80 mn, con sus mayores concentraciones detectadas entre Callao (12°00’S) y Pisco (14°00’S) (Figura 42).

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

### **4.1. Pronósticos a gran escala de las agencias internacionales**

La mayoría de los modelos dinámicos y estadísticos de predicción de ENOS (Niño 3.4), de las agencias internacionales (IRI, marzo 2019), indican condiciones débiles de El Niño. Los modelos dinámicos presentaron anomalías de TSM promedio de +1,0 °C para los trimestres MJJ y JJA, mientras que los modelos estadísticos presentan un promedio de +0,6 °C para MJJ y +0,7 °C para el trimestre JJA (Figura 43). Además, se pronostica un aumento del área con anomalías de +1,0°C a +2,0°C, entre los 180°W a 110°W en el ecuador respecto a pronósticos anteriores (i.e. ECMWF, CFS, NMME; Figura 44).

En la región Niño 1+2 y frente a la costa peruana para los trimestres MJJ y JJA los modelos ECMWF y NMME, inicializados en marzo, indican una condición cálida débil para invierno 2019, mientras que, el modelo CFSv2 indica una distribución espacial de condiciones cálida débil y neutra

### **4.2. Propagación de ondas Kelvin**

Según la simulación del modelo de propagación de ondas aplicado en el IMARPE (Illig *et al.*, 2004; Dewitte *et al.*, 2002), se espera el efecto de la llegada de una onda Kelvin cálida de modo 2 a inicios de abril, seguido del arribo de una onda Kelvin fría de modo 1 entre la segunda quincena de abril e inicios de mayo. Esta onda fría podría contribuir a neutralizar los efectos de la onda cálida en la temperatura y el nivel del mar. Sin embargo, una nueva onda Kelvin cálida de modo 2 generada a inicios de febrero 2019 arribaría a inicios de mayo (Figura 45), cuya intensidad dependería del comportamiento de los vientos alisios en la zona oriental del Pacífico.

### **4.3. Pronósticos de la TSM frente a la costa del Perú**

Para el ITCP, el modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia del Pacífico Tropical Ecuatorial (Dewitte *et al.*, 2002; Gushchina *et al.*, 2000) y, el modelo estadístico basado en el volumen de agua cálida ecuatorial (Matellini *et al.*, 2007) y APS, pronosticaron condiciones cálidas entre abril y junio del 2019 (Figuras 46 y 47).

## 5. CONCLUSIONES

- En el Pacífico ecuatorial las anomalías positivas de TSM tendieron a atenuarse en las regiones Niño durante el mes. El núcleo del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se presentó desplazado al sureste de su posición normal con una intensidad mayor que su valor climatológico en +3 hPa. En promedio mensual, el campo de presión a nivel del mar frente a la costa peruana presentó condiciones normales.
- El viento costero continuó mostrando su patrón normal de dirección al sur de Paita, salvo al norte, donde se registraron anomalías de viento del noroeste en los primeros días del mes. La velocidad del viento a lo largo de la mayor parte de la costa presentó anomalías positivas, especialmente en la segunda quincena y con máxima intensidad frente a Pisco y San Juan. El afloramiento costero se intensificó en la mayor parte de la costa, particularmente en la segunda quincena, salvo frente a Pisco y San Juan, donde la intensificación se registró desde inicios del mes.
- Dentro de las 60 mn a lo largo de la costa peruana, la TSM presentó en la zona norte condiciones cálidas de +1 °C que cambiaron a frías alcanzando anomalías de -2 °C, asociada a la expansión de anomalías negativas frente a Paita, mientras que el sur exhibió predominio de condiciones neutras y de anomalía negativa de -1 °C finales de mes, las anomalías negativas se expandieron a lo largo de toda la costa.
- Frente a Paita, en la tercera semana de marzo, sobre los 40 m se observaron en promedio anomalías térmicas de -1,0 °C, así como ascensos de la isoterma de 15 °C y de la iso-oxigena de 1,0 mL L<sup>-1</sup> respecto a febrero, asociados al arribo de la onda Kelvin fría y al incremento de los vientos alisios del sureste. Además, sobre los 20 m se registró el acercamiento atípico de aguas oceánicas hasta las 40 mn. Por otro lado frente a Chicama, a mediados de marzo, destacó un núcleo de +3,0 °C sobre los 40 m de profundidad a 80 - 100 mn, asociado también un mayor acercamiento de las ASS hacia la costa. En la zona costera las condiciones fueron frías, con anomalías de hasta -1,0 °C asociada a flujos con dirección hacia el norte.
- Las estaciones fijas costeras monitoreadas (100 m) mostraron anomalías térmicas negativas de hasta -2,0 °C en Paita, y ligeras anomalías negativas frente a Chicama y Callao en la segunda quincena, asociadas al paso de una onda Kelvin fría y al incremento de los vientos alisios del sureste. En todas las estaciones fijas se registró una mayor influencia de las aguas costeras frías (ACF), asociadas al afloramiento. Frente a Paita y a Chicama se detectaron pulsos de aguas de mezcla AES – ASS y de ASS.
- Las estaciones fijas costeras monitoreadas (100 m) mostraron anomalías térmicas negativas de hasta -2,0 °C en Paita, y ligeras anomalías negativas frente a Chicama y Callao en la segunda quincena, asociadas al paso de una onda Kelvin fría y al incremento de los vientos alisios del sureste. En todas las estaciones fijas se registró una influencia mayor de las aguas costeras fría (ACF), asociadas al afloramiento. Frente a Paita y a Chicama se detectaron pulsos de aguas de mezcla AES – ASS y de ASS.

- La concentración de la clorofila-a presentó predominio de anomalías negativas ( $-1 \mu\text{g.L}^{-1}$  a  $-3 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) entre Paita y Callao, así como entre Pisco e Ilo dentro de las 90 mn y 30 mn, respectivamente. De Callao a Pisco (dentro de las 60 mn) se presentaron anomalías positivas ( $+2 \mu\text{g.L}^{-1}$  a  $+4 \mu\text{g.L}^{-1}$ ). Entre los  $4^{\circ}$  S y  $16^{\circ}$  S, dentro de los 100 Km de la costa, la clorofila-a exhibió anomalías negativas en la primera semana, pasando a anomalías positivas que alcanzaron  $+4 \mu\text{g.L}^{-1}$  en la tercera semana.
- Los indicadores reproductivos de la anchoveta peruana del stock norte-centro mostraron que el recurso inició su proceso de maduración gonadal y desove aproximadamente la segunda semana de marzo; coincidente con la tendencia a la normalización de las condiciones oceanográficas
- Según las simulaciones realizadas, se espera registrar la llegada de una onda Kelvin cálida de modo 2 a inicios de abril, seguida del arribo de una onda Kelvin fría de modo 1 entre la segunda quincena de abril e inicios de mayo, que podría contribuir a neutralizar los efectos de la onda cálida en la temperatura y el nivel del mar. Sin embargo, una nueva onda Kelvin cálida de modo 2 generada a inicios de febrero 2019 arribaría a inicios de mayo (Figura 46), cuya intensidad dependería del comportamiento de los vientos alisios en la zona oriental del Pacífico.
- Los modelos climáticos internacionales (IRI marzo 2019) pronosticaron condiciones de El Niño débiles en la región Niño 3.4. Los modelos dinámicos presentaron anomalías de TSM promedio de  $+1,0^{\circ}\text{C}$  para el trimestre MJJ y JJA, mientras que los modelos estadísticos presentaron  $+0,6^{\circ}\text{C}$  para el trimestre MJJ y  $+0,7^{\circ}\text{C}$  para JJA. Frente a la costa peruana para los trimestres MJJ y JJA los modelos ECMWF y NMME indican una condición cálida débil para invierno 2019, mientras que, el modelo CFSv2 indica una distribución espacial de condiciones cálida débil y neutra.

## 6. REFERENCIAS

Anculle, T., D. Gutiérrez, A. Chaigneau, F. Chávez, 2015: Anomalías del perfil vertical de temperatura del punto fijo Paita como indicador de la propagación de Ondas Kelvin, Boletín Trimestral Oceanográfico "Estudio y Monitoreo de los Efectos del Fenómeno El Niño en el Ecosistema Marino Frente al Perú", Instituto del Mar del Perú, 1 (1-4), 6-8.

Dewitte B., D. Gushchina, Y. duPenhoat and S. Lakeev, 2002: On the importance of subsurface variability for ENSO simulation and prediction with intermediate coupled models of the Tropical Pacific: A case study for the 1997-1998 El Niño. Geoph. Res. Lett., vol. 29, no. 14, 1666, 10.1029/2001GL014452.

ENFEN, 2019 a: Comunicado Oficial ENFEN, N°.05 -2019, marzo de 2019.

ENFEN, 2019 b: Comunicado Oficial ENFEN, N°.06 -2019, marzo de 2019.

Illig S., B. Dewitte, N. Ayoub, Y. du Penhoat, G. Reverdin, P. De Mey, F. Bonjean and G.S. E. Lagerloef, 2004: Interannual Long Equatorial Waves in the Tropical Atlantic from a High Resolution OGCM Experiment in 1981-2000. J. Geophys. Research, 109, C02022, doi:10.1029/2003jc001771.

Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, S. Saha, G. White, J. Woollen, Y. Zhu, A. Leetmaa, B. Reynolds, M. Chelliah, W. Ebisuzaki, W. Higgins, J. Janowiak, K. Mo, C. Ropelewski, J. Wang, R. Jenne, and D. Joseph, 1996: The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 437–471.

Ocean Biology Processing Group, 2003: MODIS Aqua Level 3 Global Daily mapped 4 km Chlorophyll a. Ver. 6. PO.DaaC, Ca, USA. Dataset accessed [2019-01-03]

Quispe-CCalluari, C., J. Tam, H. Demarcq, C. Romero, D. Espinoza, A. Chamorro, J. Ramos y R. Oliveros-Ramos. 2016. El Índice Térmico Costero Peruano (ITCP). Bol. Trim. Oceanog. IMARPE. 2:7-11.

Quispe, J. y L. Vásquez, 2016. Índice "LABCOS" para la caracterización de evento El Niño y La Niña frente a la costa del Perú, 1976-2015. En: Boletín Trimestral Oceanográfico, Volumen 1, Números 1-4, pp.: 14-18

## 7. TABLAS

Tabla 1: Valores mensuales de TSM y ATSM (°C) registrados en los Laboratorios Costeros del IMARPE marzo 2019.

<b>Estación</b>	<b>TSM Feb. (°C)</b>	<b>TSM Mar. (°C)</b>	<b>ATSM Mar. (°C)</b>
Tumbes	28,26	28,96	1,06
Paita	23,70	22,28	-0,52
San José	22,39	20,75	-1,65
Chicama	20,39	19,26	0,16
Huanchaco	20,69	19,07	-0,03
Chimbote	23,11	21,37	-0,93
Huacho	19,36	17,96	-0,14
Callao	18,29	17,57	-0,03
Pisco	23,04	22,52	-0,58
Ilo	17,92	17,45	0,45

## 8. FIGURAS

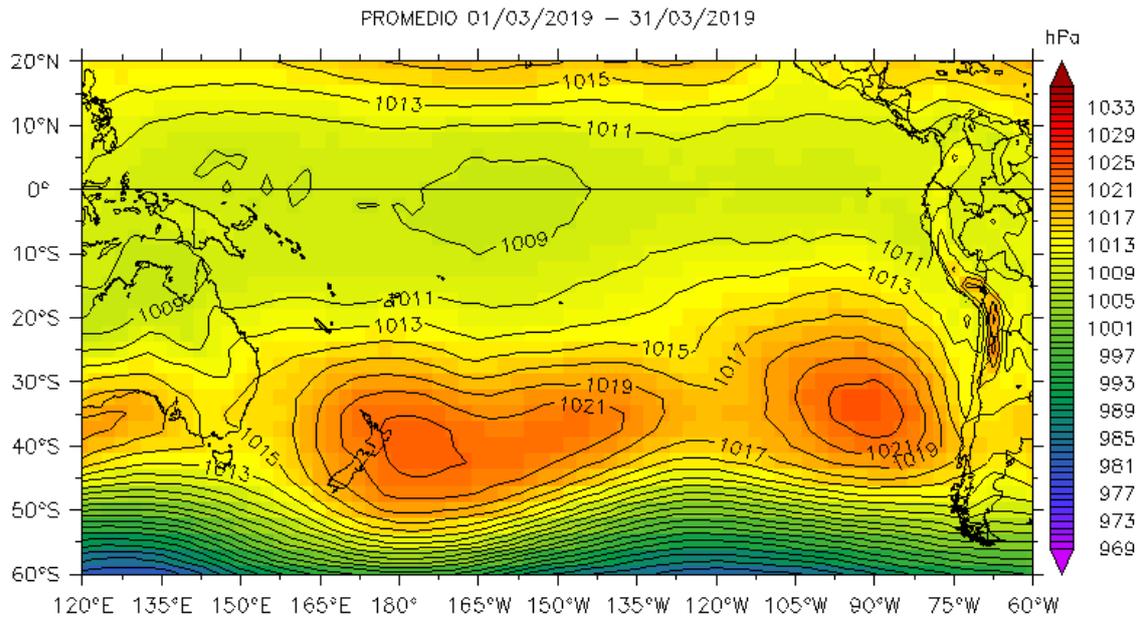
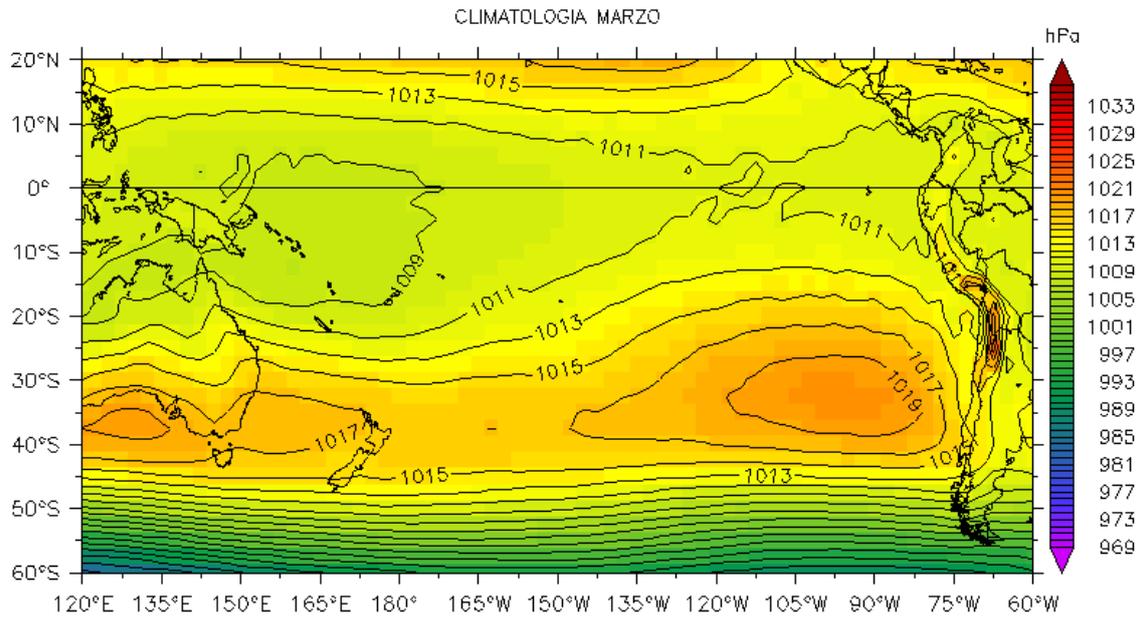


Figura 1. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, promedio 1-31 marzo, Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

a)



b)

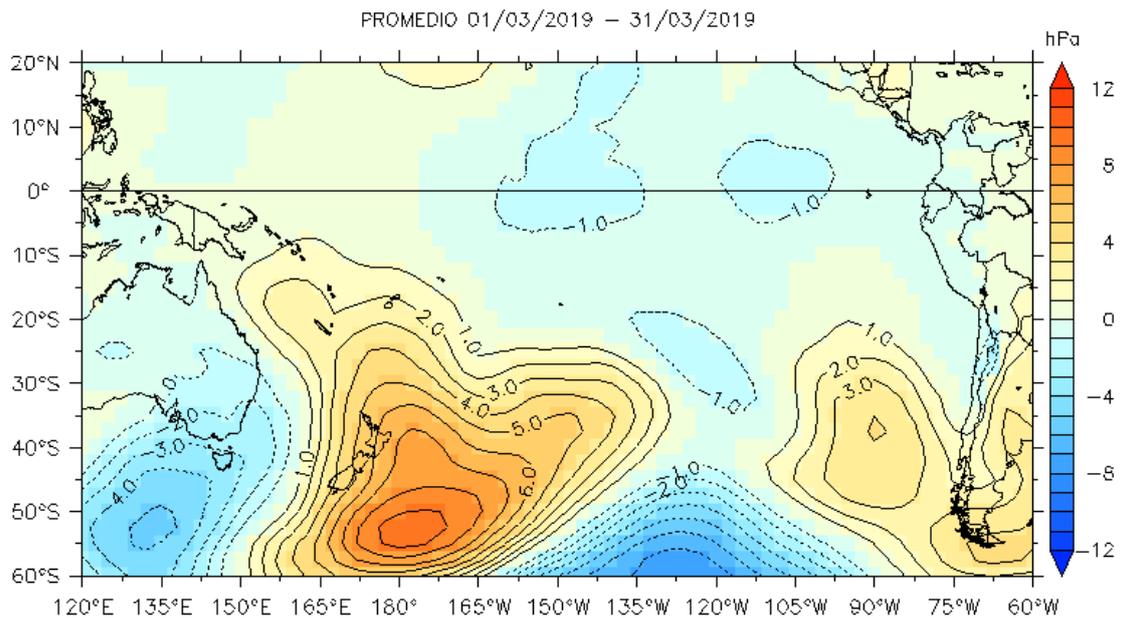


Figura 2. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, climatología (a) y anomalías promedio (b) de marzo 2019. Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

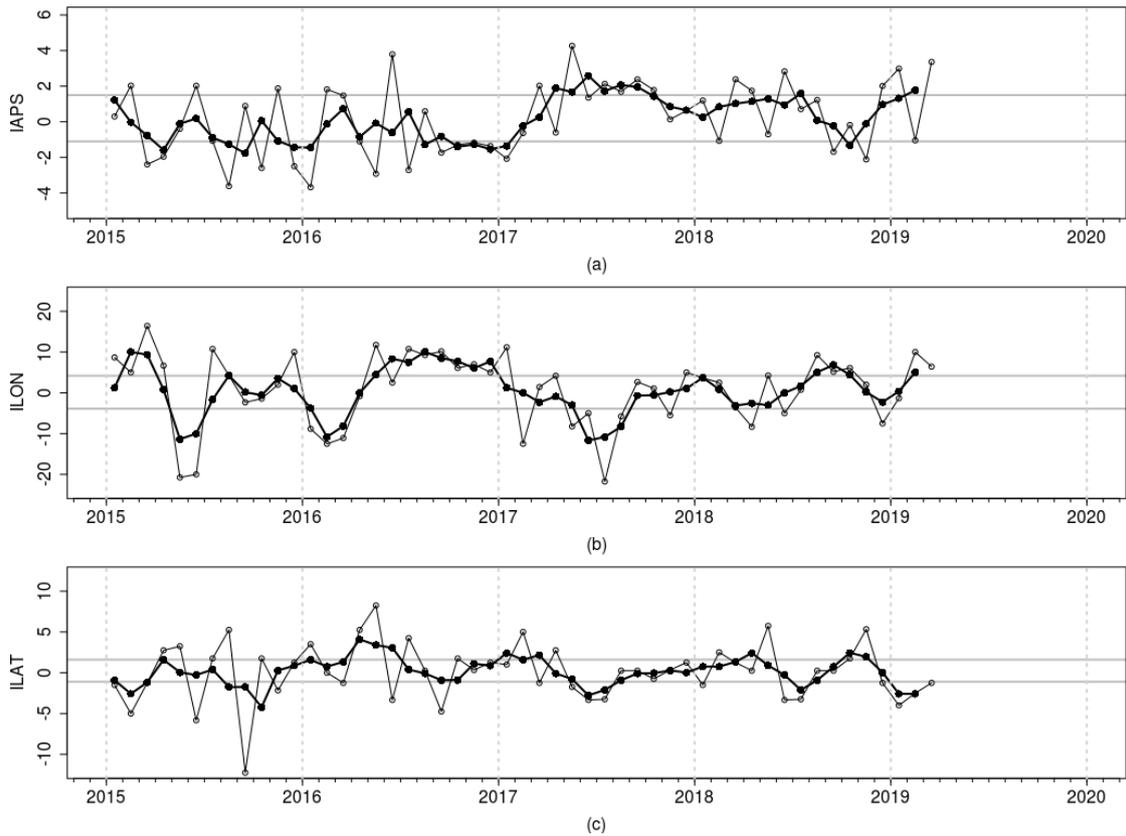


Figura 3. Variación temporal de los índices del APS: a) índice de intensidad (IAPS) e índices de posición b) longitudinal (ILON) y c) latitudinal (ILAT) hasta el trimestre EFM 2019 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2015 – marzo 2019.

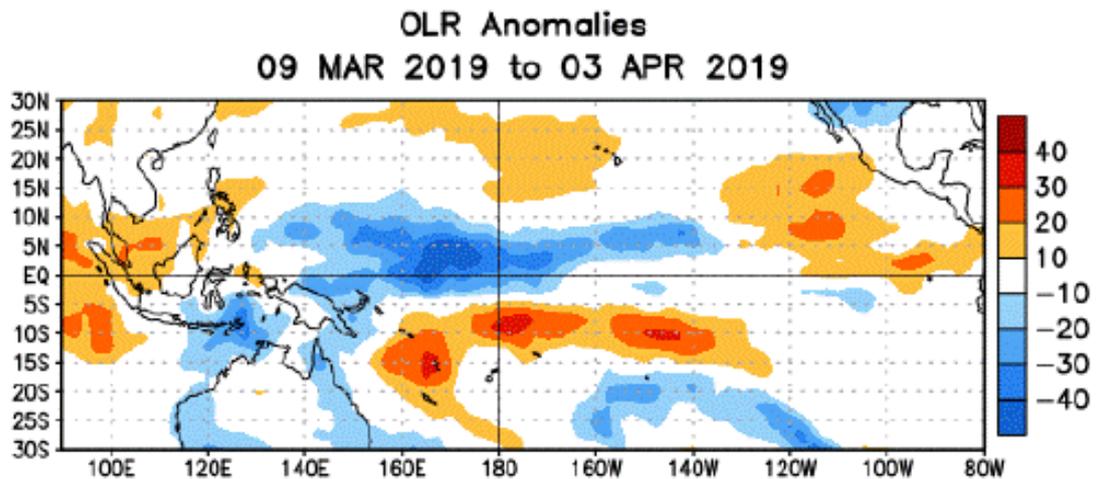


Figura 4. Anomalías del promedio de la radiación de onda larga emitida (OLR, por sus siglas en inglés) ( $W/m^2$ ) durante el mes de marzo de 2019. Las anomalías de OLR se calculan como desviaciones de los penta-promedios del período base de 1981-2010.

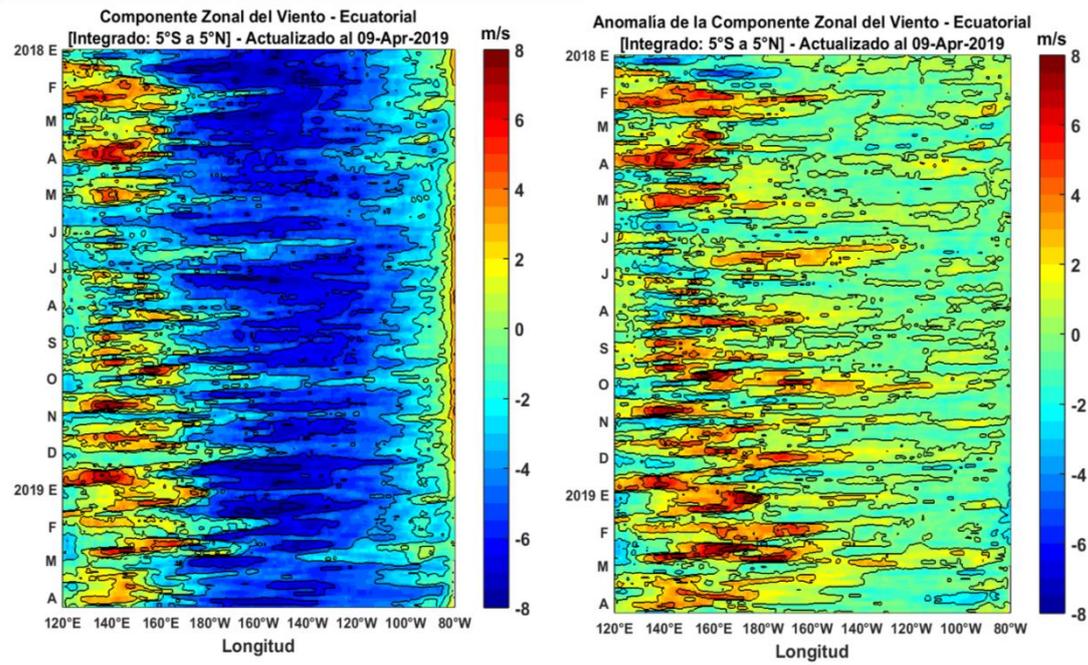


Figura 5. Viento satelital (integrado en el Ecuador): a) Componente zonal del viento (m/s), b) Anomalia de la componente zonal del viento (m/s), durante el último año (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 09/04/2019.

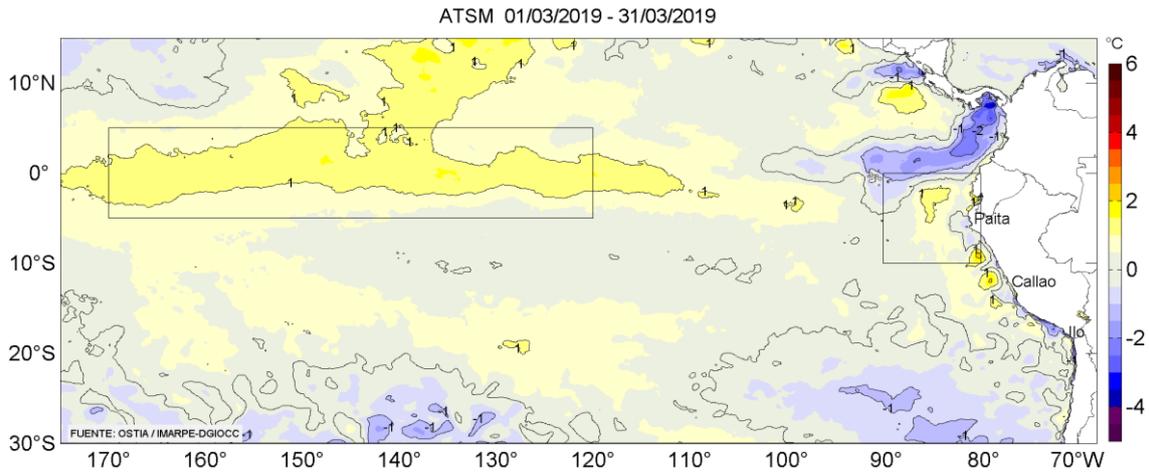


Figura 6. Anomalías promedio de la temperatura superficial del mar (°C) para el mes de marzo 2019. Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

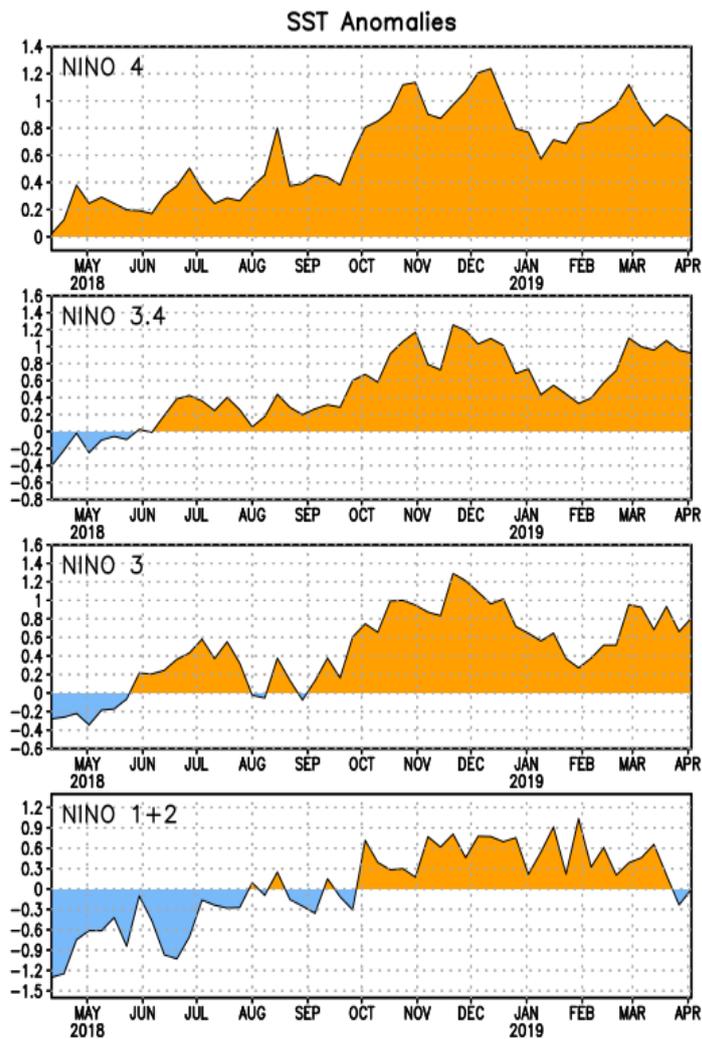


Figura 7. Anomalías semanales promedio de la temperatura superficial del mar (°C) durante un año, hasta fines de marzo del 2019. Fuente CPC/NOAA.

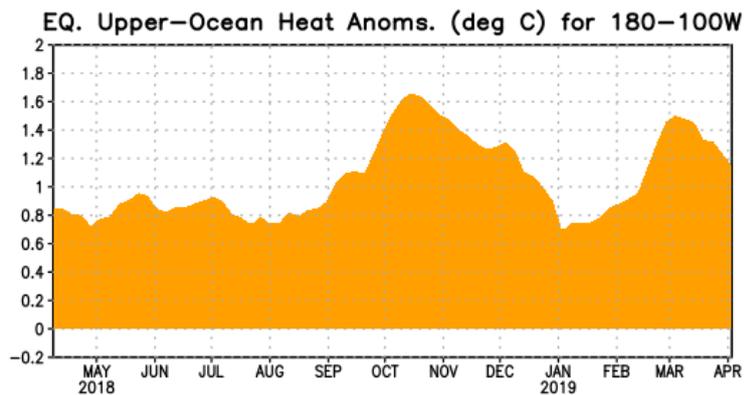


Figura 8. Anomalías del contenido de calor (en °C) en el área promediada del Pacífico ecuatorial (5°N-5°S, 180°-100°W). Las anomalías en el contenido calórico son calculadas como las desviaciones de los promedios por pentadas del período base de 1981-2010. Fuente CPC/NOAA.

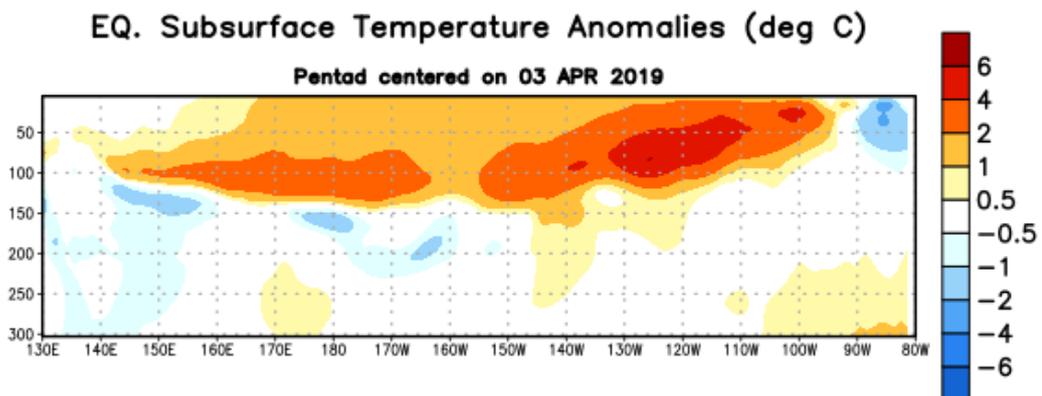


Figura 9: Anomalías de temperatura (en °C) en un transecto de profundidad-longitudinal (0-300 m) en la parte superior del océano Pacífico ecuatorial, centradas en la semana del 03 de abril del 2019. Las anomalías son promediadas entre 5°N-5°S. Las anomalías son variaciones a partir de los promedios por pentadas durante el periodo base de 1981-2010. Fuente CPC/NOAA.

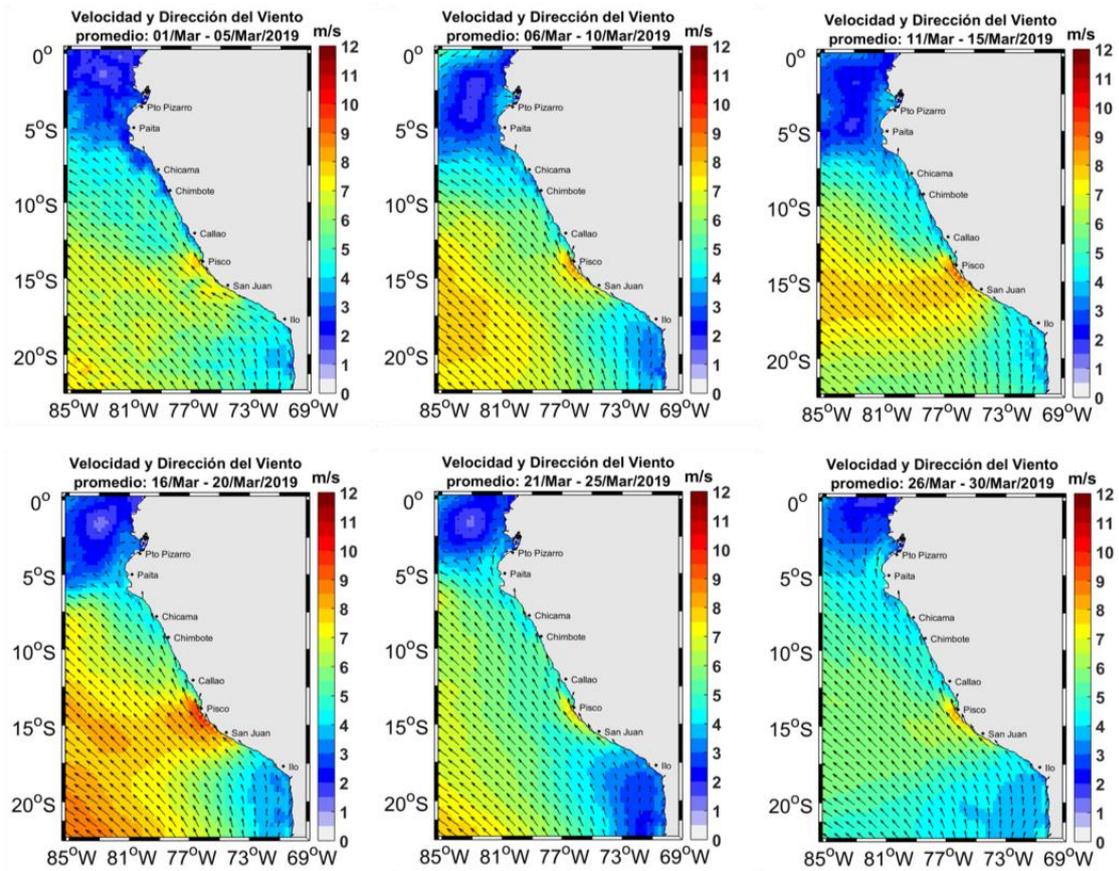


Figura 10. Mapas de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de marzo del 2019 (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidrofísica Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/03/2019.

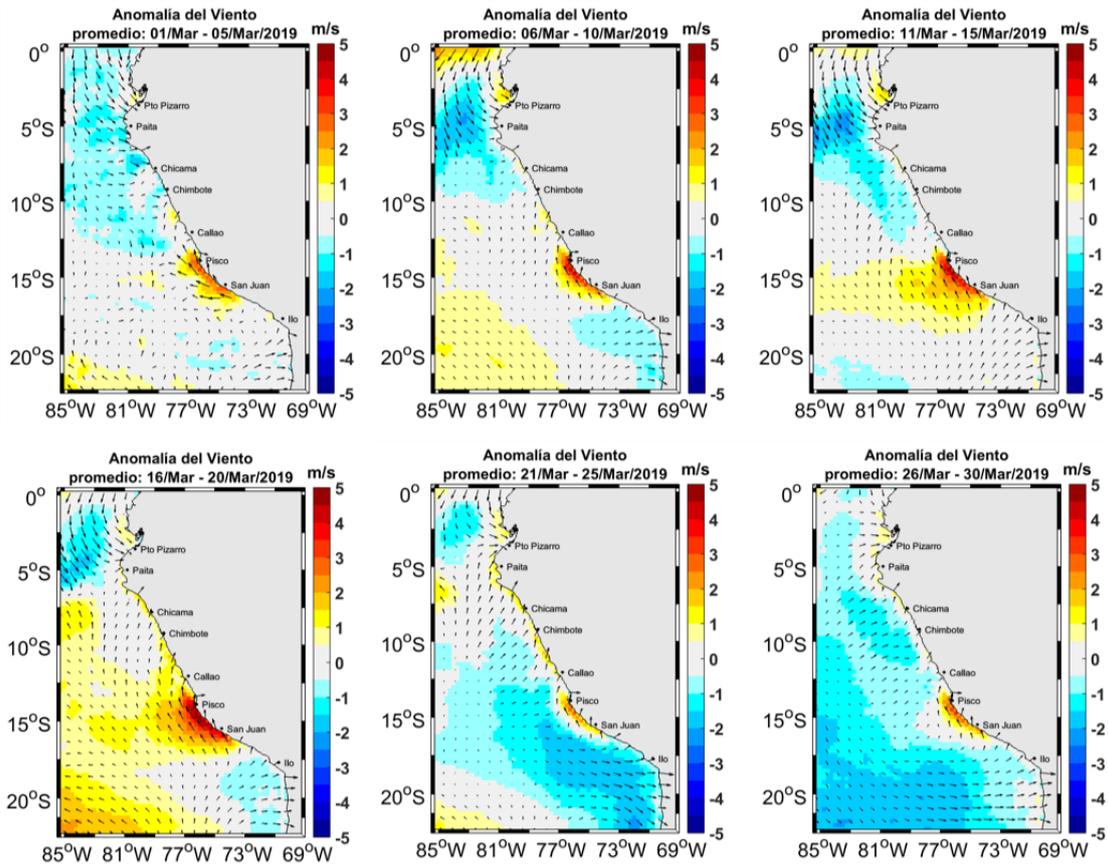


Figura 11. Mapas de anomalía de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de marzo del 2019 (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/03/2019.

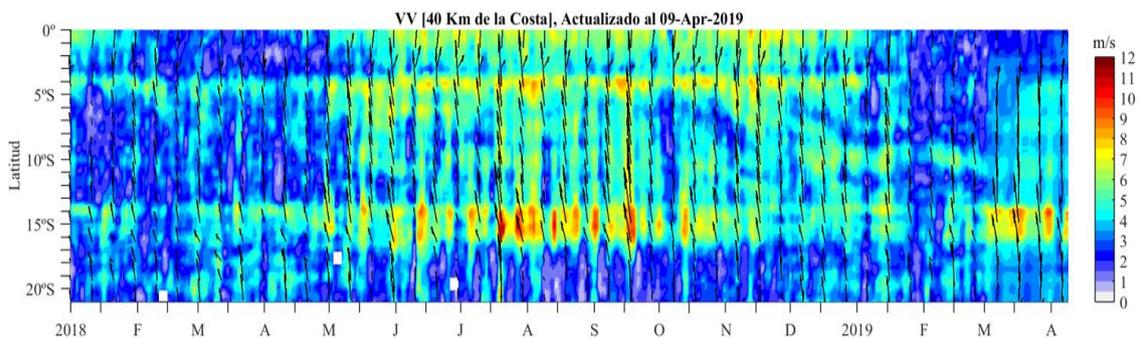


Figura 12. Diagrama Hovmöller de la velocidad del viento a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 09/04/2019.

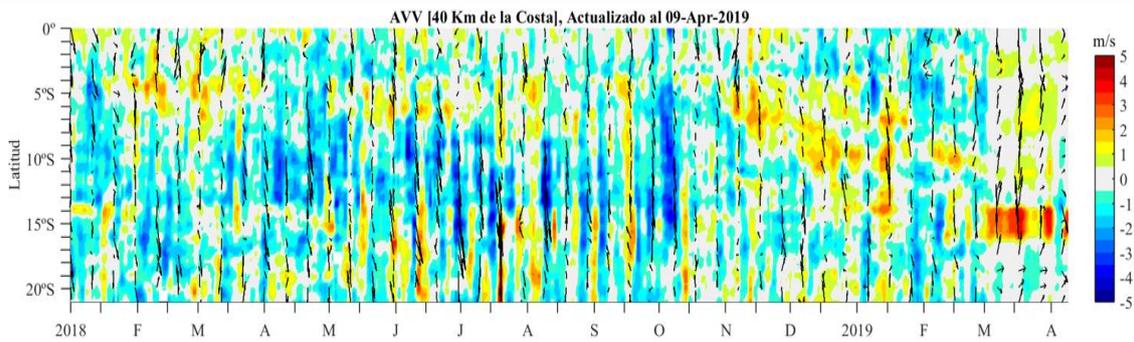


Figura 13. Diagrama Hovmöller de la anomalía del viento a lo largo de la costa peruana meses (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 09/04/2019.

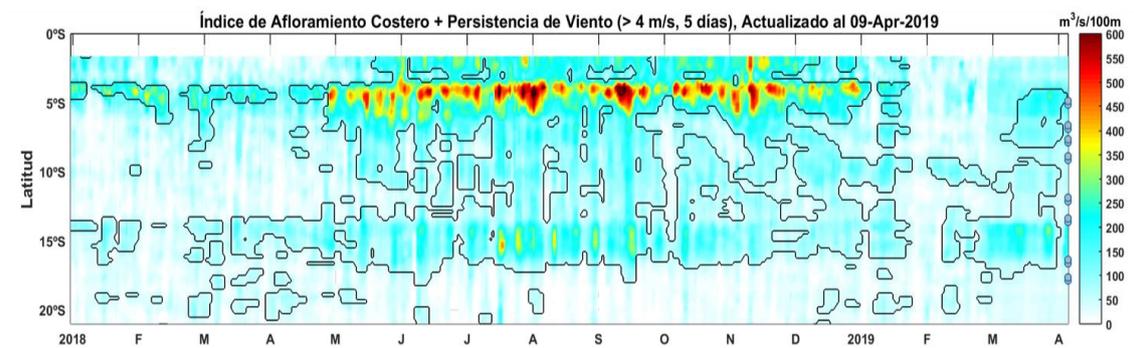


Figura 14. Diagrama de Hovmöller del índice de afloramiento costero ( $\text{m}^3/\text{s} \times 100\text{m}$ ), calculado a partir del viento satelital ASCAT a 40 Km frente a la costa del Perú. Los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad a 4 m/s durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 09/04/2019.

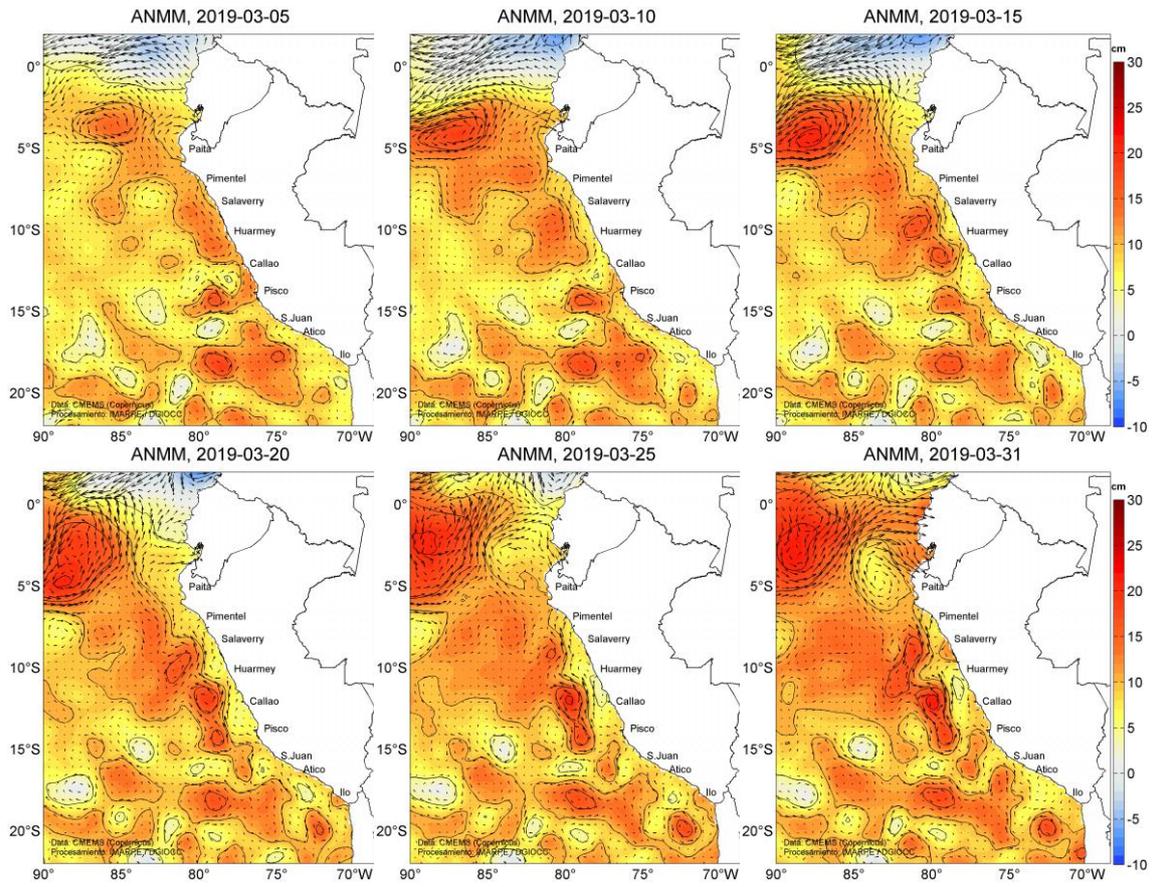


Figura 15. Anomalia de altura del nivel del mar (cm) y corrientes geostróficas, cada cinco días para el mes de marzo de 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

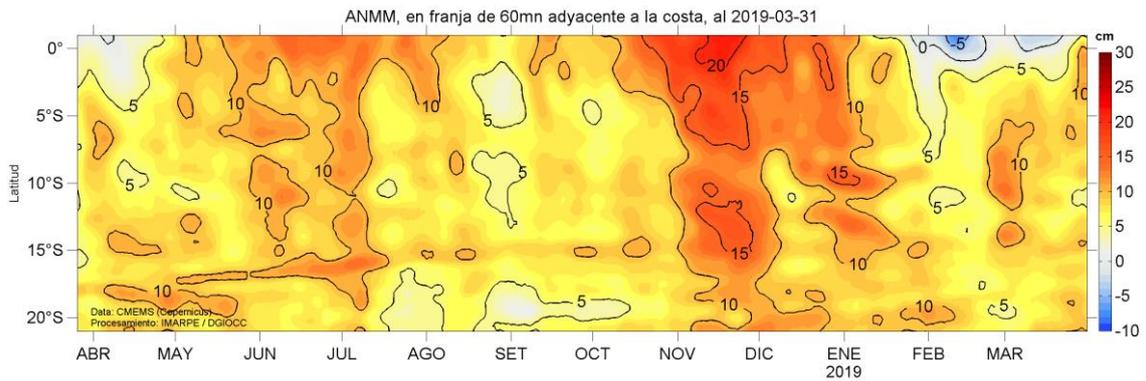


Figura 16. Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel del mar (cm), durante un año hasta el 31 de marzo del 2019, para la franja de 60 mn adyacente a la costa. Fuente: CMEMS, Procesamiento IMARPE.

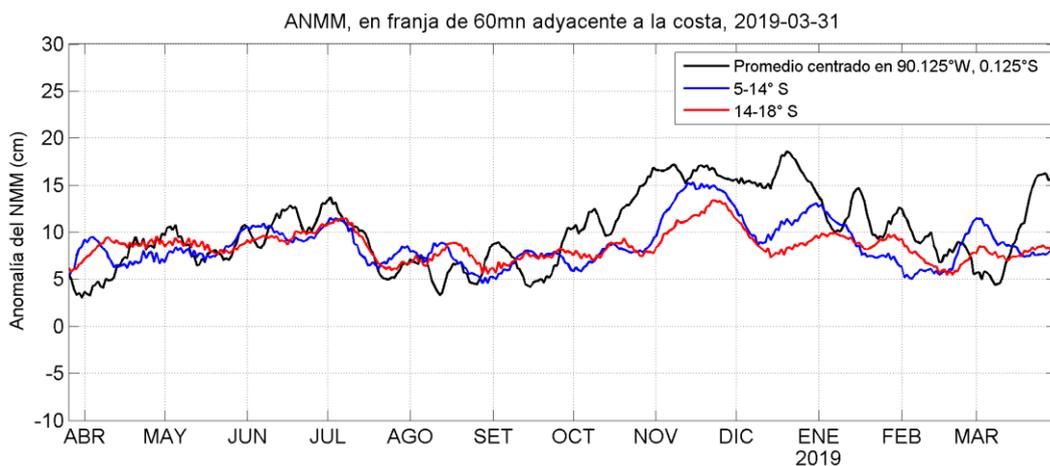


Figura 17. Variación temporal de la ANM, dentro de las 60 mn de la costa y en la zona de Galápagos, durante un año hasta el 31 de marzo del 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

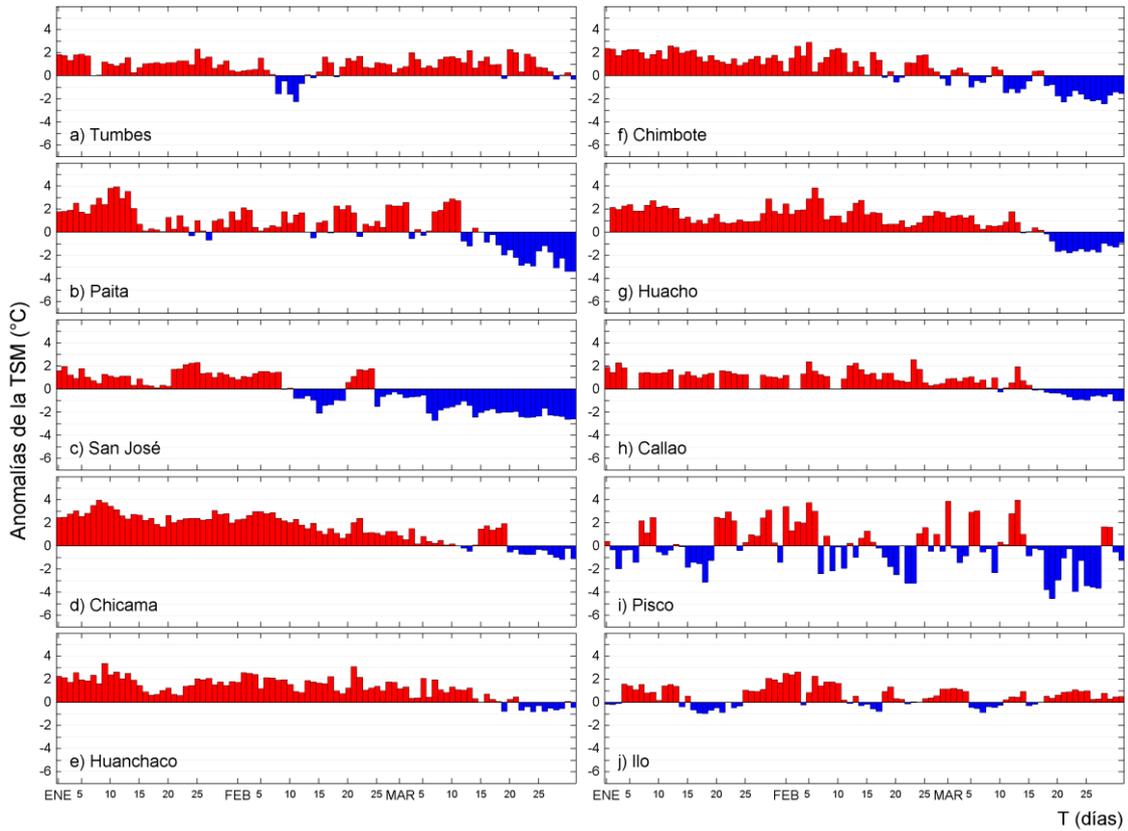


Figura 18. Series temporales del promedio diario de las anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en la red de estaciones costeras de IMARPE durante el último trimestre. Datos y procesamiento: IMARPE.

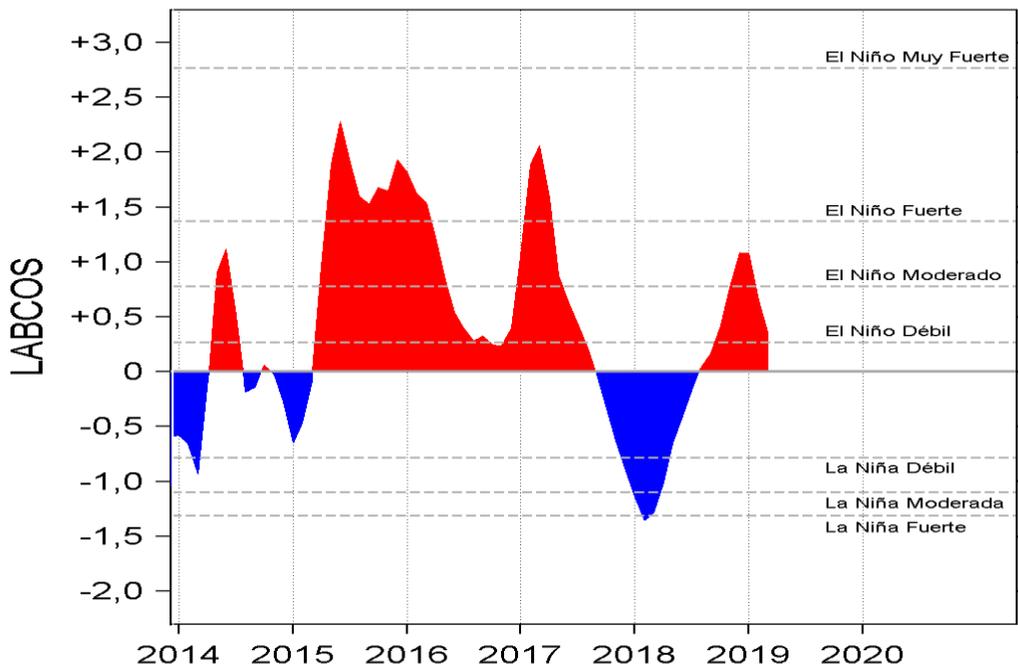


Figura 19. Índice LABCOS (área sombreada) y valor mensual (círculos); periodo enero 2014 - marzo 2019. Datos: IMARPE, DHN; procesamiento: IMARPE

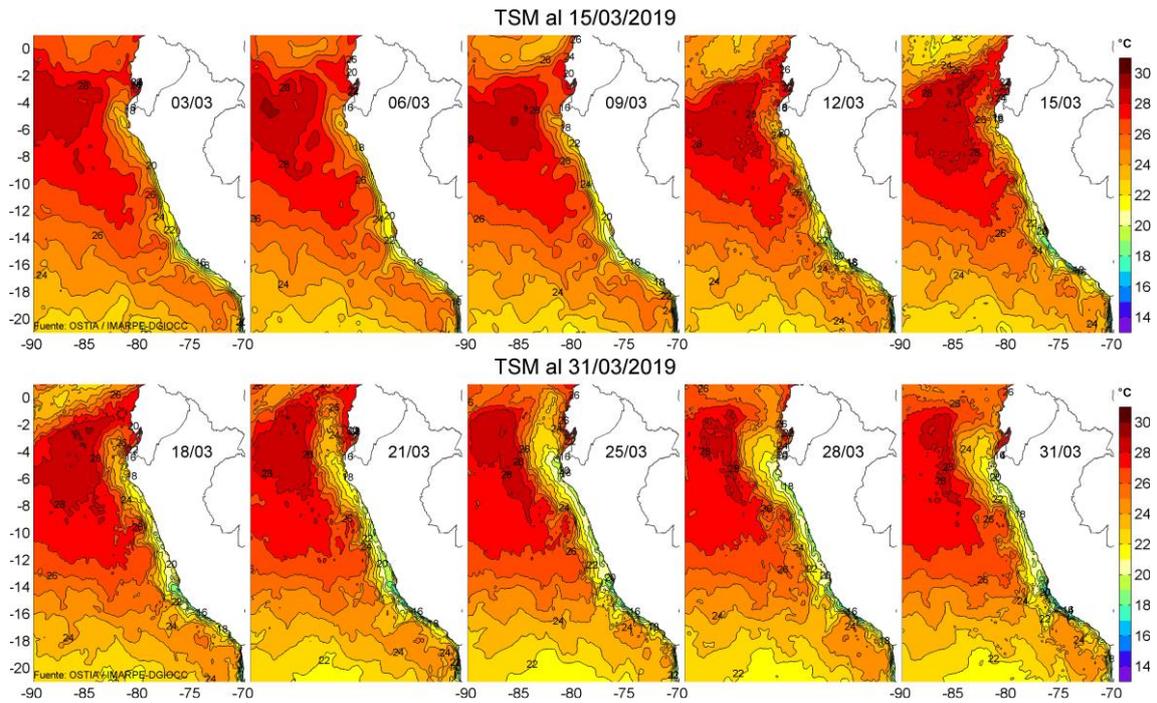


Figura 20. Temperatura superficial del agua (°C) en el mar peruano, cada tres días durante marzo del 2019. Fuente PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

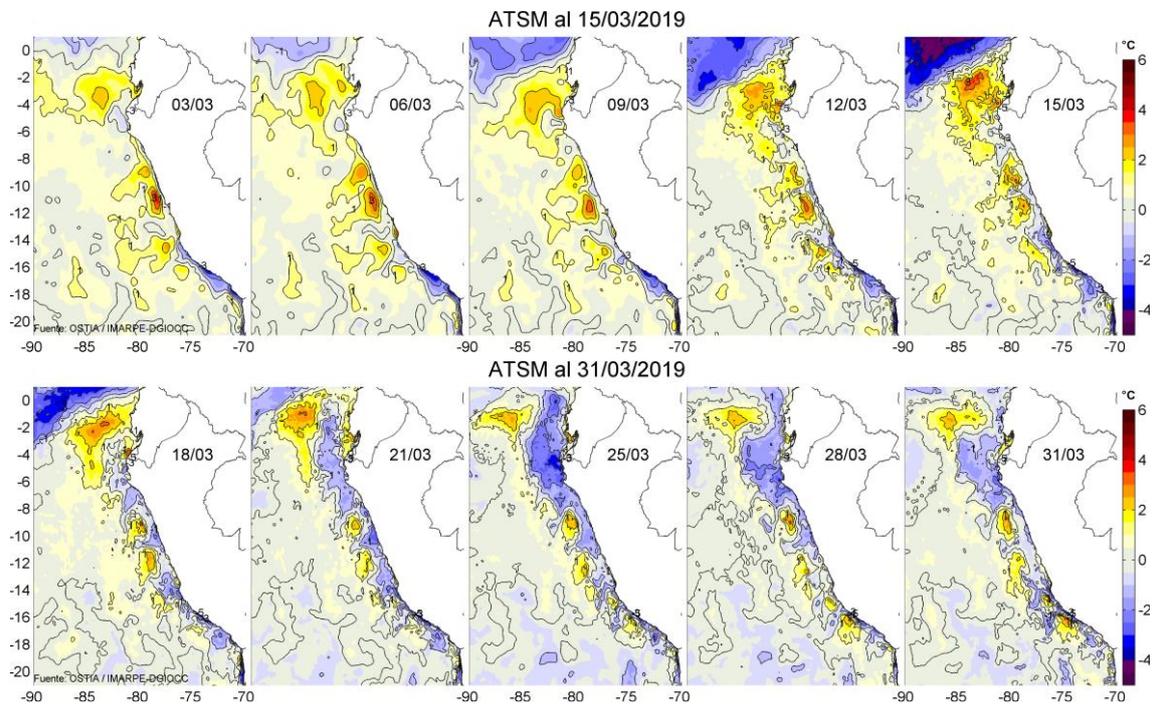


Figura 21. Anomalías de temperatura superficial del mar (ATSM) frente a Perú, cada tres días durante marzo del 2019, (periodo climatológico 2007-2016). Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

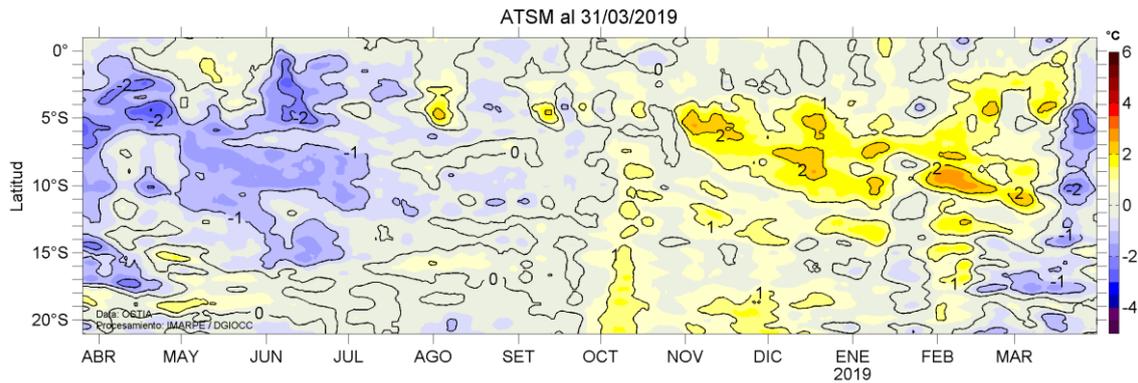


Figura 22. Evolución de las anomalías de temperatura superficial del mar (ATSM), dentro de las 60 mn de la costa, durante un año hasta el 31 de marzo del 2019, (periodo climatológico 2007-2016). Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

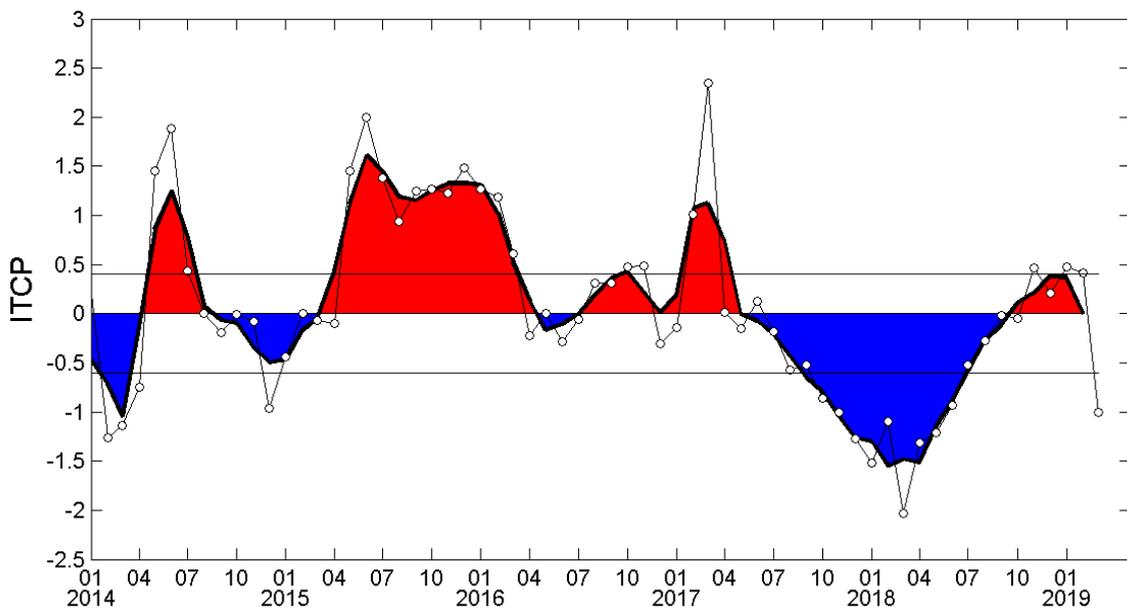


Figura 23. Variación temporal del ITCP hasta el trimestre EFM 2018-2019. La variación temporal del ITCP trimestral (área sombreada) y la serie de tiempo mensual del primer componente principal de la ATSM (círculo blanco). Fuente: IMARPE.

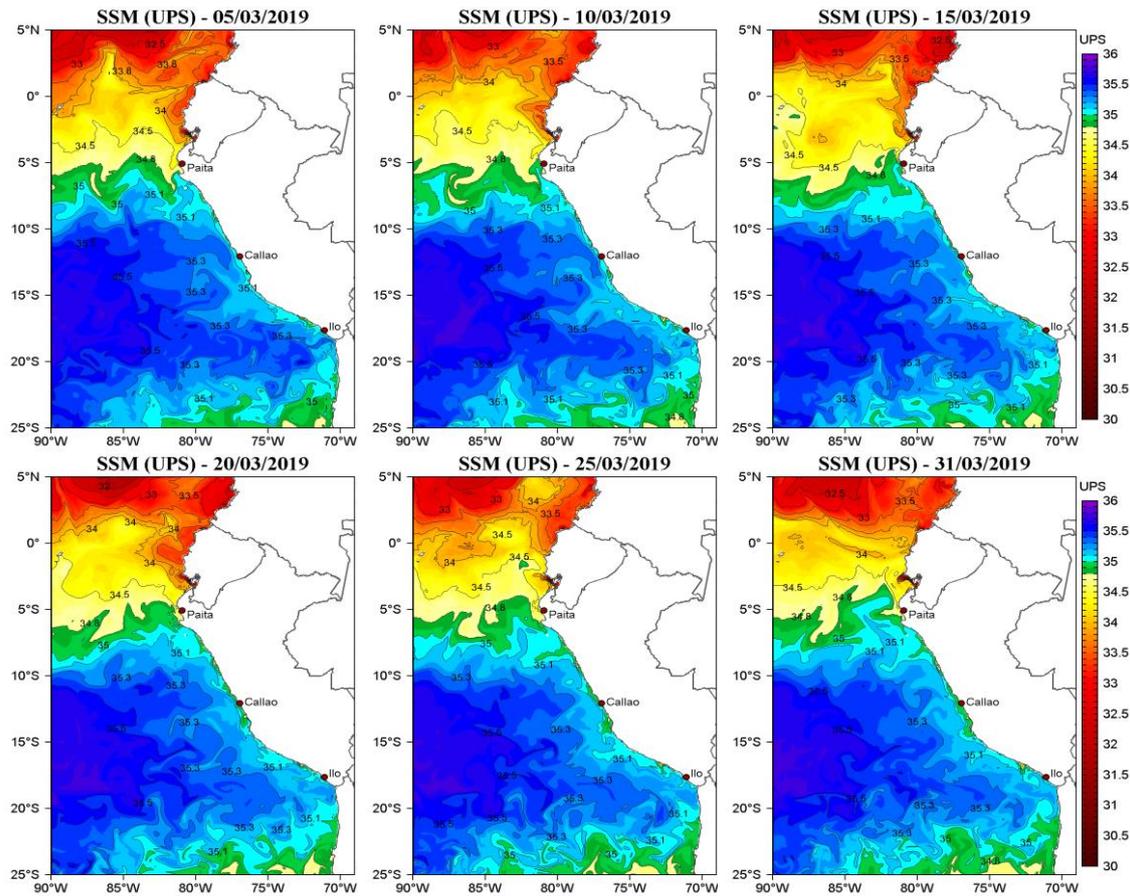


Figura 24. Distribución espacial de salinidad superficial del mar (SSM), durante los días 05, 10, 15, 20, 25 y 31 de marzo del 2019. Fuente: HYCOM, Procesamiento: DGIOCC-IMARPE.

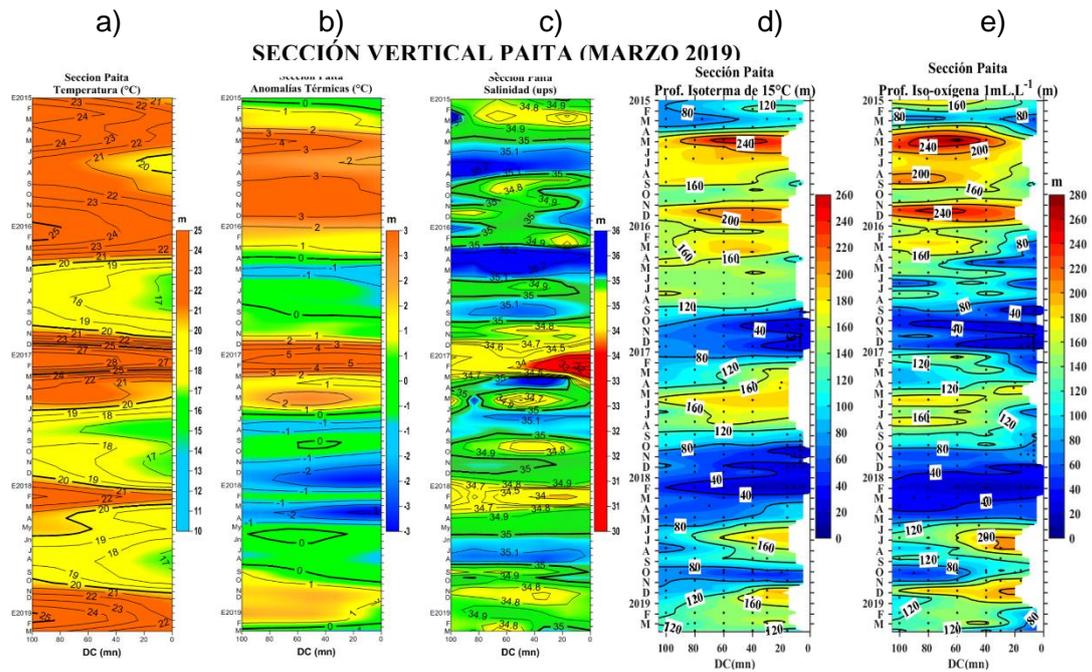


Figura 25. Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) Profundidad de la isoterma de 15°C (m) y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L<sup>-1</sup> (m) de las secciones verticales frente a Paíta, registrado desde enero del 2015 hasta marzo del 2019.

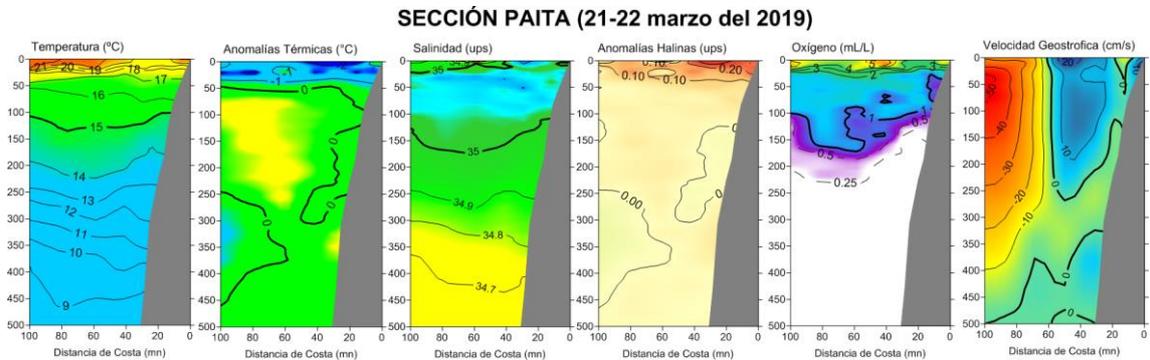


Figura 26. Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups), e) oxígeno (mL.L<sup>-1</sup>) y f) velocidad geostrofica (cm/s) frente a Paíta, realizada durante el 21 y 22 de marzo de 2019. Fuente: IMARPE.

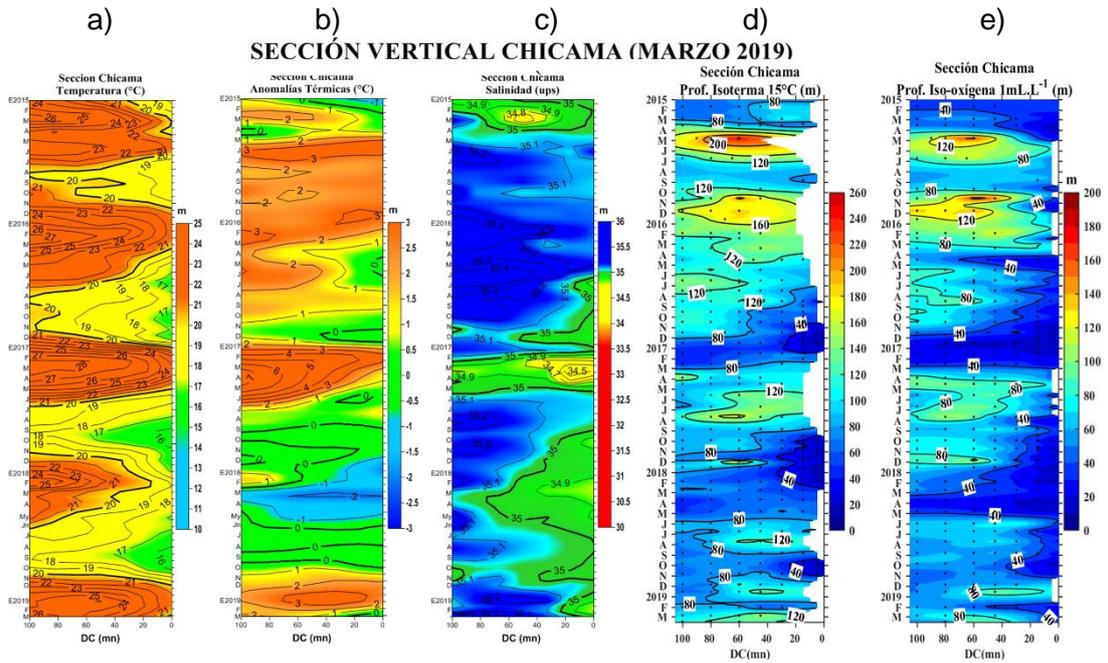


Figura 27. Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) Profundidad de la isoterma de 15°C (m) y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L<sup>-1</sup> (m) de las secciones verticales frente a Chicama, registrado desde enero del 2015 hasta marzo de 2019.

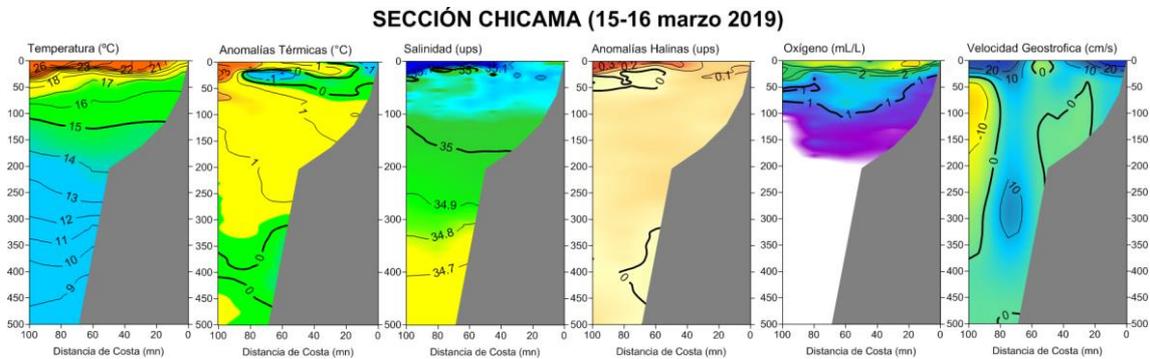


Figura 28. Distribución vertical de: a) Temperatura superficial del mar (°C), b) Anomalía de temperatura superficial del mar (°C), c) Salinidad superficial del mar (ups), d) Anomalía de salinidad superficial del mar (ups), e) Oxígeno (mL.L<sup>-1</sup>) y f) Velocidad geostrofica (cm/s) frente a Chicama, realizada durante el 15 y 16 de marzo de 2019. Fuente: IMARPE.

### Temperatura en las Estaciones Fijas (°C)

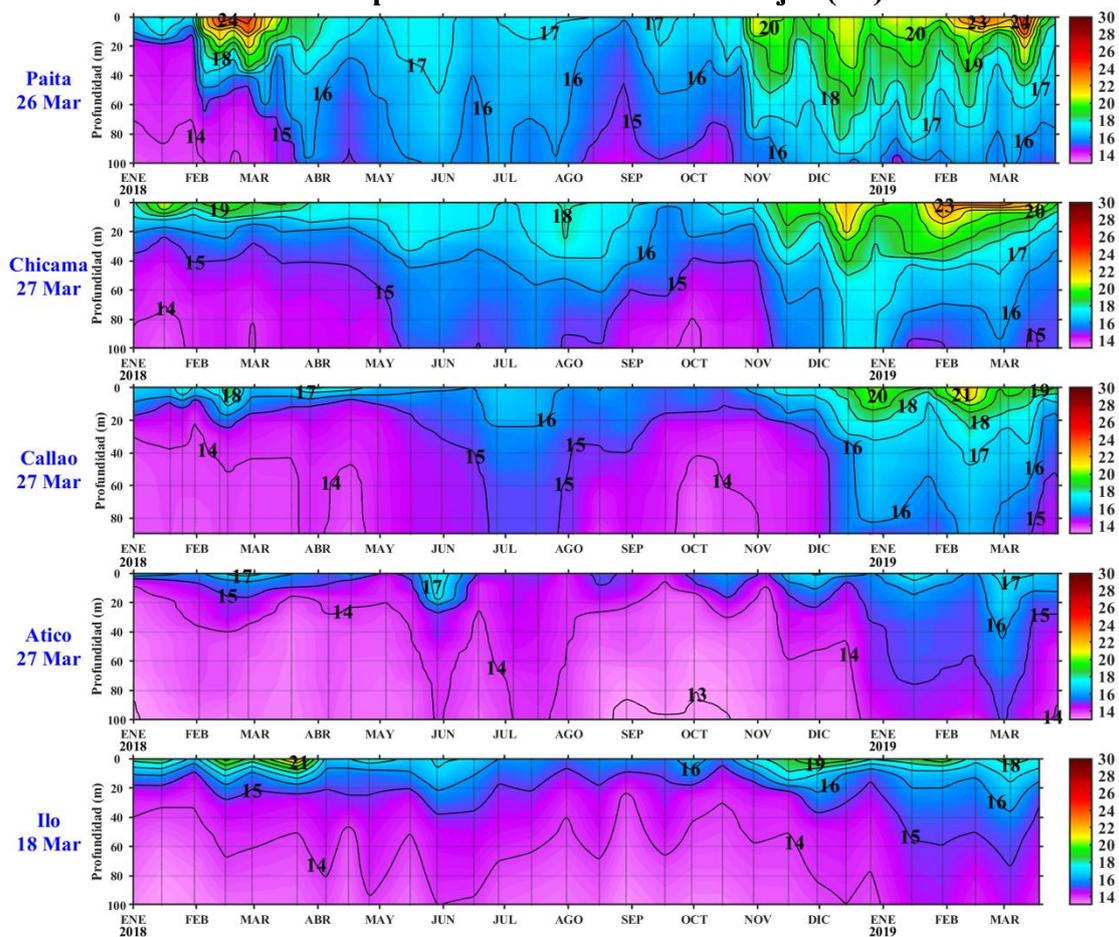


Figura 29. Series de tiempo de la estructura térmica (°C) en las estaciones fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico, e) Ilo de enero de 2018 a marzo de 2019.

### Anomalia Térmica en las Estaciones Fijas (°C)

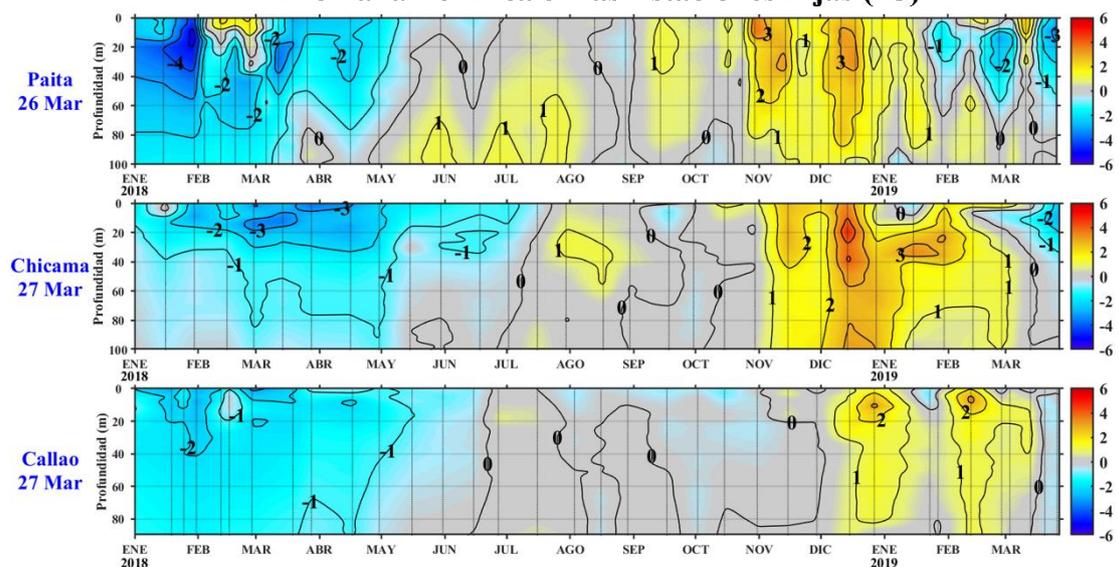


Figura 30. Series de tiempo de la anomalía térmica (°C) en las estaciones fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, de enero de 2018 a marzo de 2019.



### Oxígeno Disuelto en las Estaciones Fijas (mL. L<sup>-1</sup>)

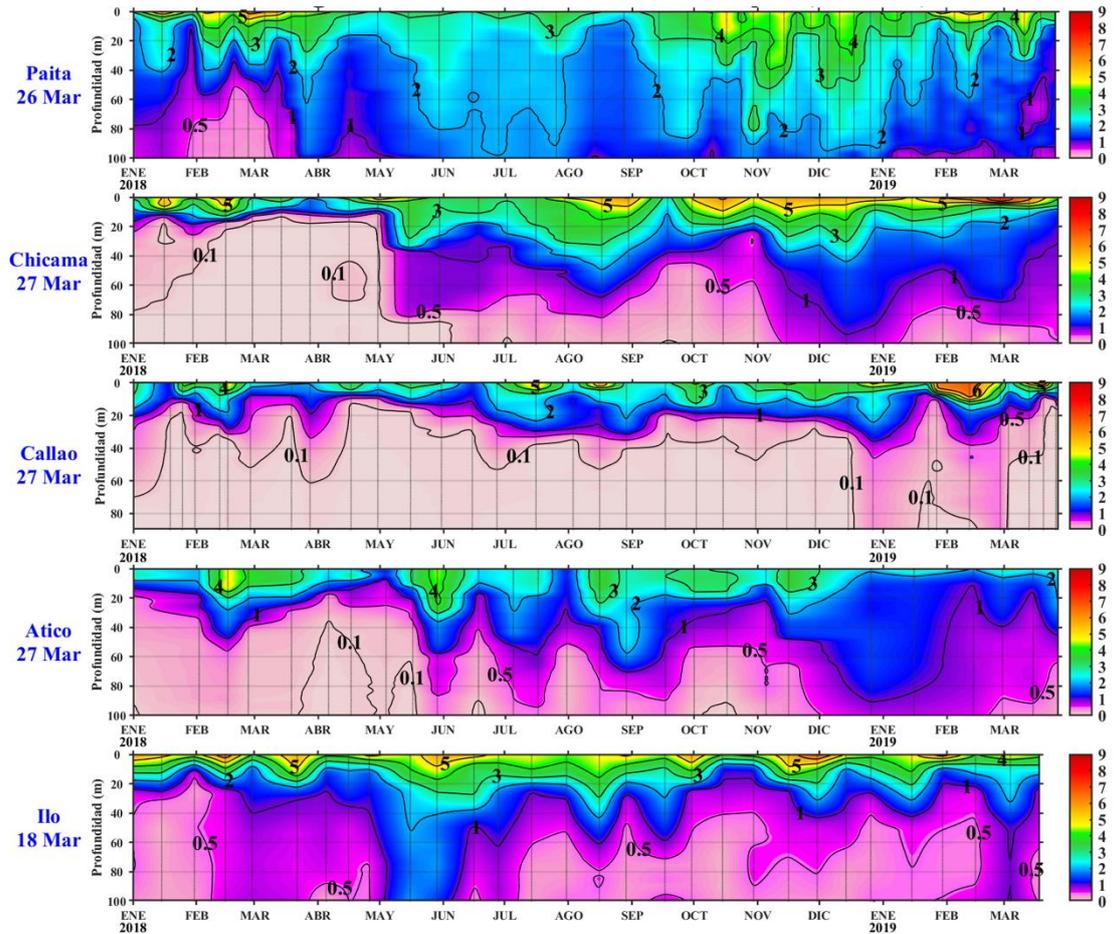


Figura 32. Series de tiempo de la concentración de oxígeno disuelto (mL.L<sup>-1</sup>) en los Puntos Fijos de Paíta, Chicama, Callao, Atico e Ilo de enero de 2018 a marzo de 2019.

### Nitratos en las Estaciones Fijas (μmol.L<sup>-1</sup>)

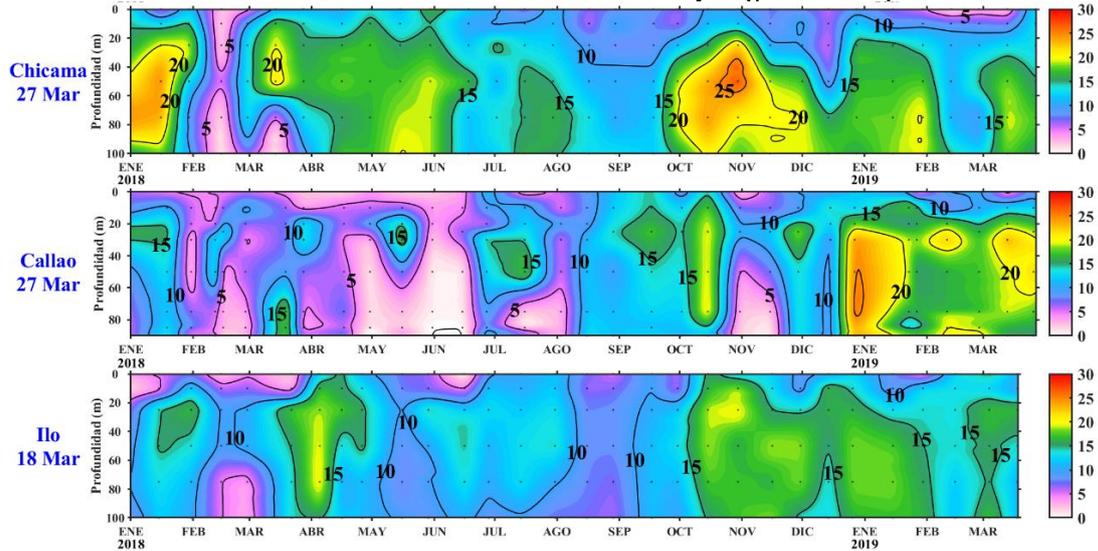


Figura 33. Concentración de nitratos en μmol.L<sup>-1</sup> en los Puntos Fijos Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a marzo 2019.

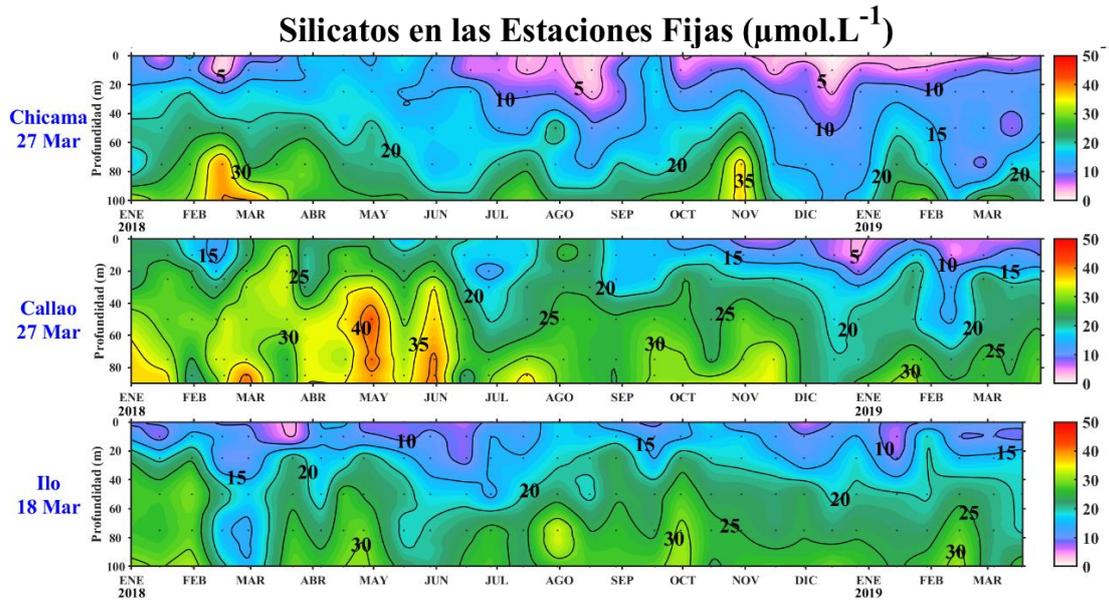


Figura 34. Concentración de silicatos en  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  en los Puntos Fijos Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a marzo 2019.

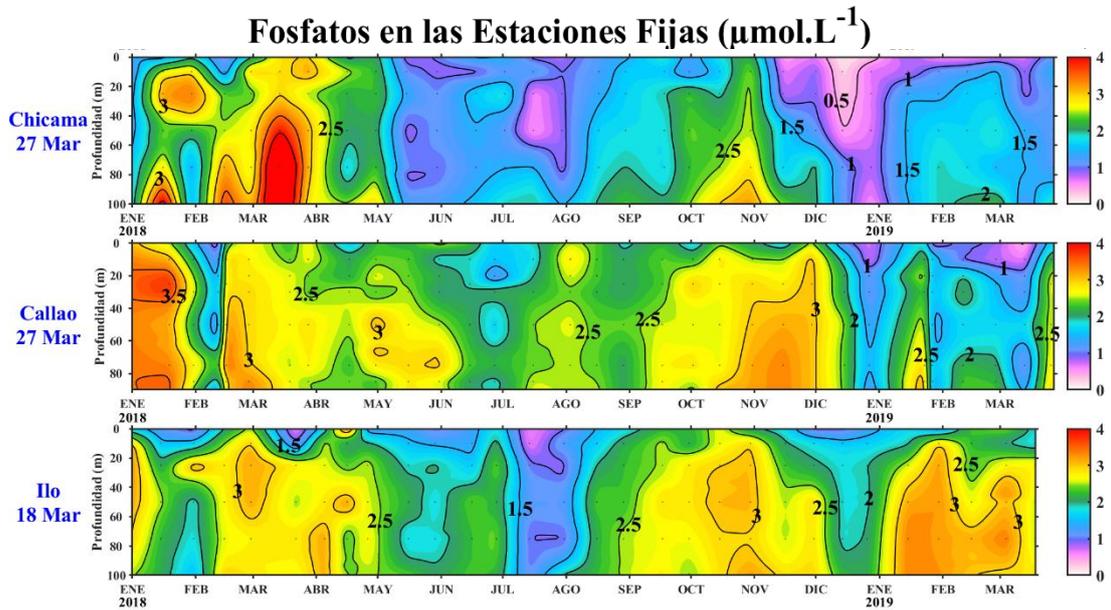


Figura 35. Concentración de fosfatos en  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  en los Puntos Fijos de Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a marzo 2019.

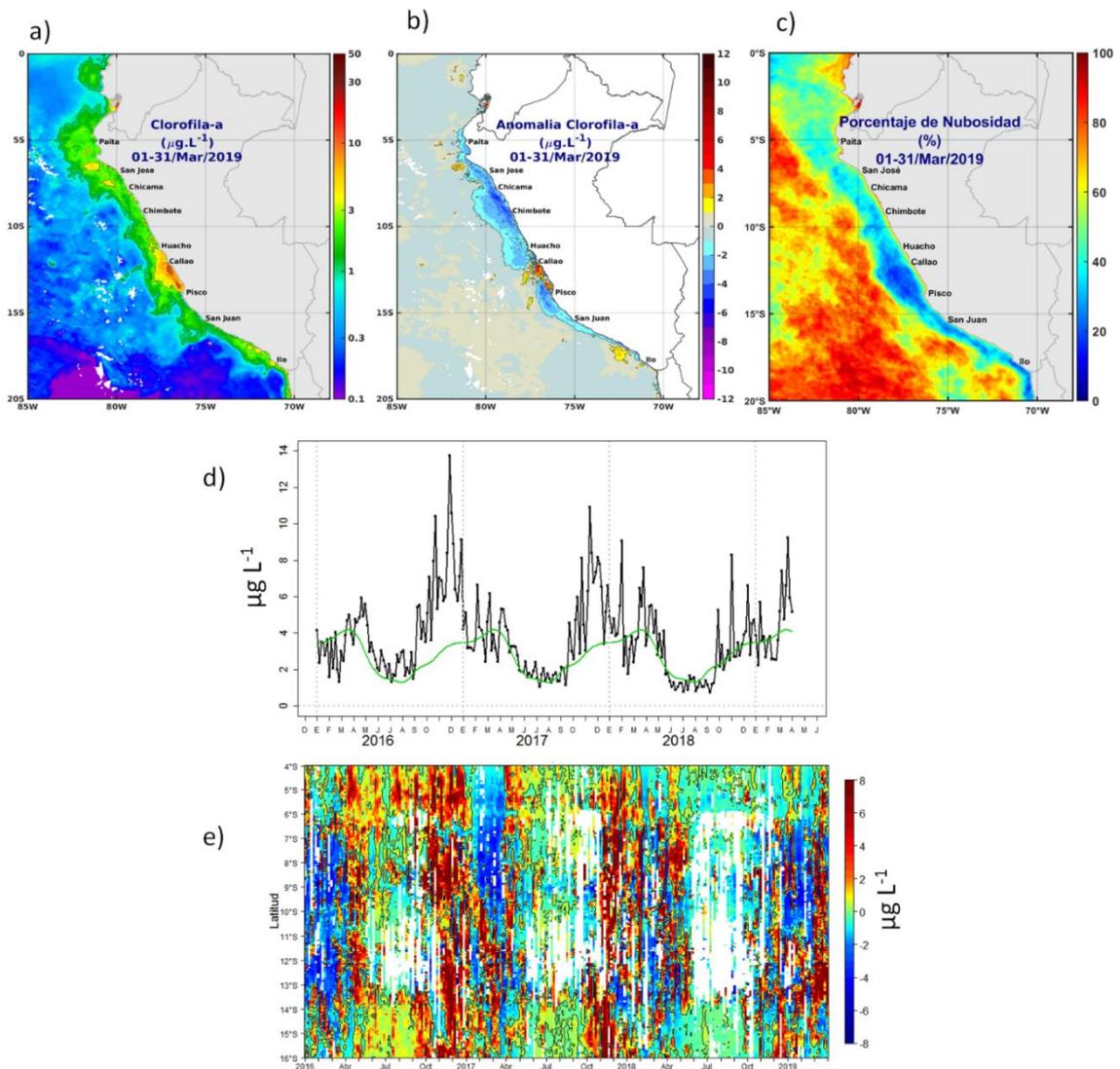


Figura 36. Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de clorofila-a satelital proveniente de MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante enero 2019. Número de días con nubes en (c). Serie de tiempo (d) para 4°S-16°S y dentro de los 100 km de la costa, de las concentraciones de clorofila-a satelital (línea negra) y su climatología (línea verde) proveniente de MODIS (en  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ); y (e) Diagrama Hovmöller de las anomalías de clorofila-a con respecto a la latitud.

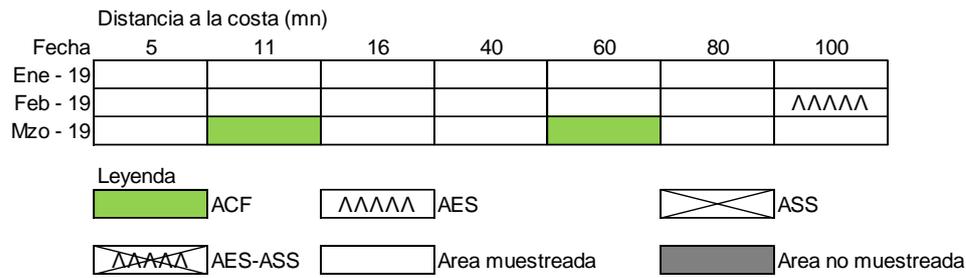


Figura 37. Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton en la sección Paita 1903.

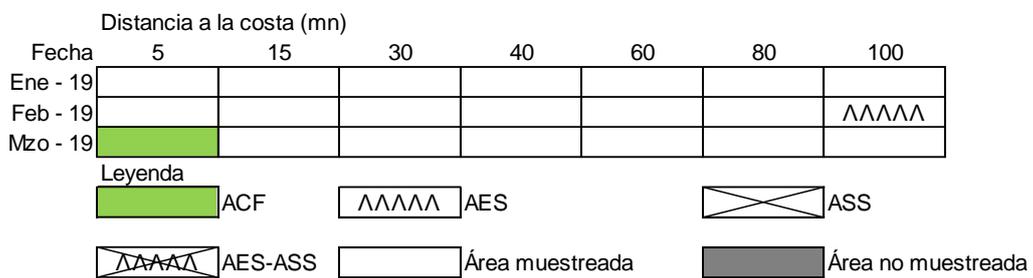


Figura 38. Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton en la sección Chicama 1903.

**Paíta 2019**  
Distancia a la costa (mn)

Fecha	5	10	15	40	60	80	100
14 y 27 de Diciembre del 2018	AAAAA	AAAAA	AAAAA		AAAAA	AAAAA	AAAAA
26 al 28 de Enero del 2019	AAAAA	XXXXX	XXXXX	AAAAA	AAAAA	XXXXX	AAAAA
27 y 28 de febrero del 2019	AAAAA						
21 de marzo del 2019	AAAAA	AAAAA	XXXXX		AAAAA	AAAAA	AAAAA



Figura 39. Distribución de Indicadores biológicos de zooplancton en la sección Paíta entre diciembre del 2018 a marzo del 2019.

**Chicama 2019**  
Distancia a la costa (mn)

Fecha	5	15	30	45	60	80	100
17 y 18 de Diciembre del 2018	AAAAA	AAAAA	AAAAA	AAAAA			
Del 30 enero al 01 febrero 2019	AAAAA	XXXXX	XXXXX			XXXXX	XXXXX
25 y 26 de Febrero del 2019	AAAAA	AAAAA	AAAAA		AAAAA	AAAAA	AAAAA
15 de marzo del 2019	AAAAA	AAAAA		AAAAA		XXXXX	AAAAA



Figura 40. Distribución de Indicadores biológicos de zooplancton en la sección Chicama, entre diciembre del 2018 a marzo del 2019.

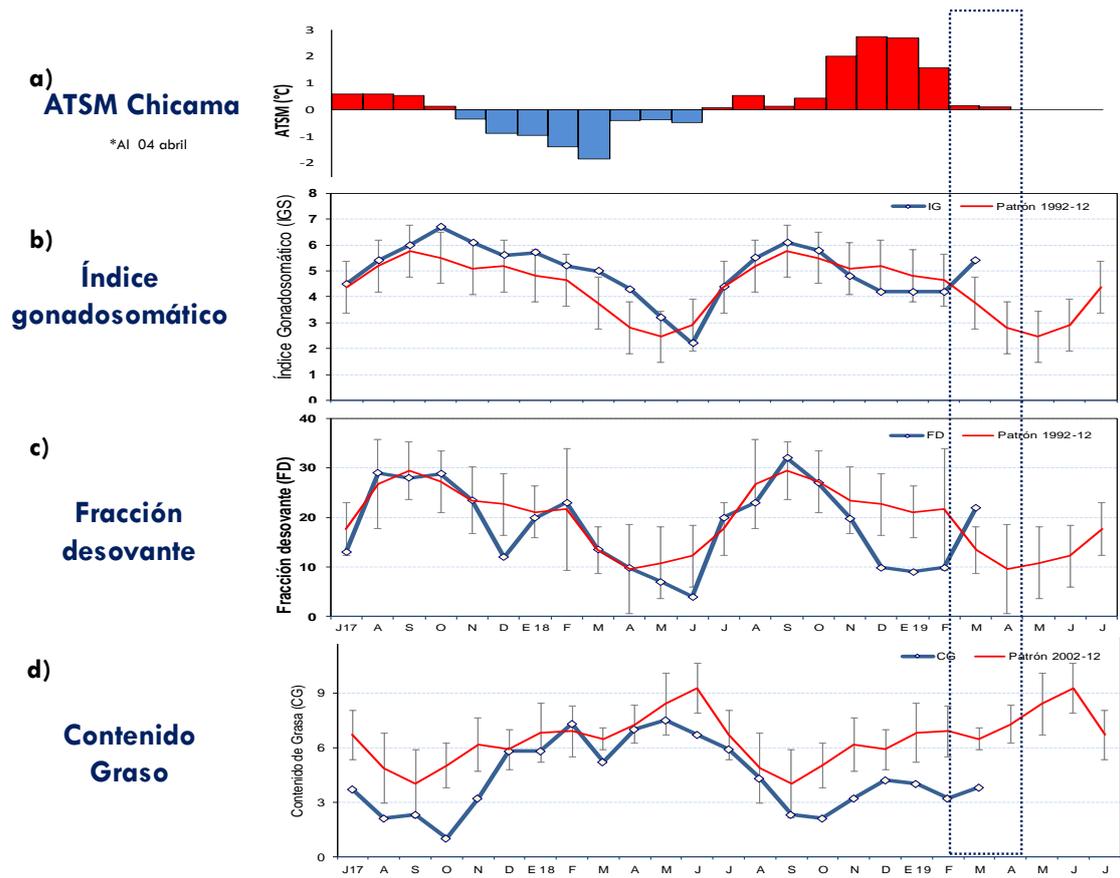


Figura 41 a) Anomalia de la TSM ( $^{\circ}\text{C}$ ) de Chicama, e Indicadores reproductivos b) Índice Gonadosomático (IGS), c) Fracción Desovante (FD) y d) Índice Graso del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: Julio 2017 – marzo 2019. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

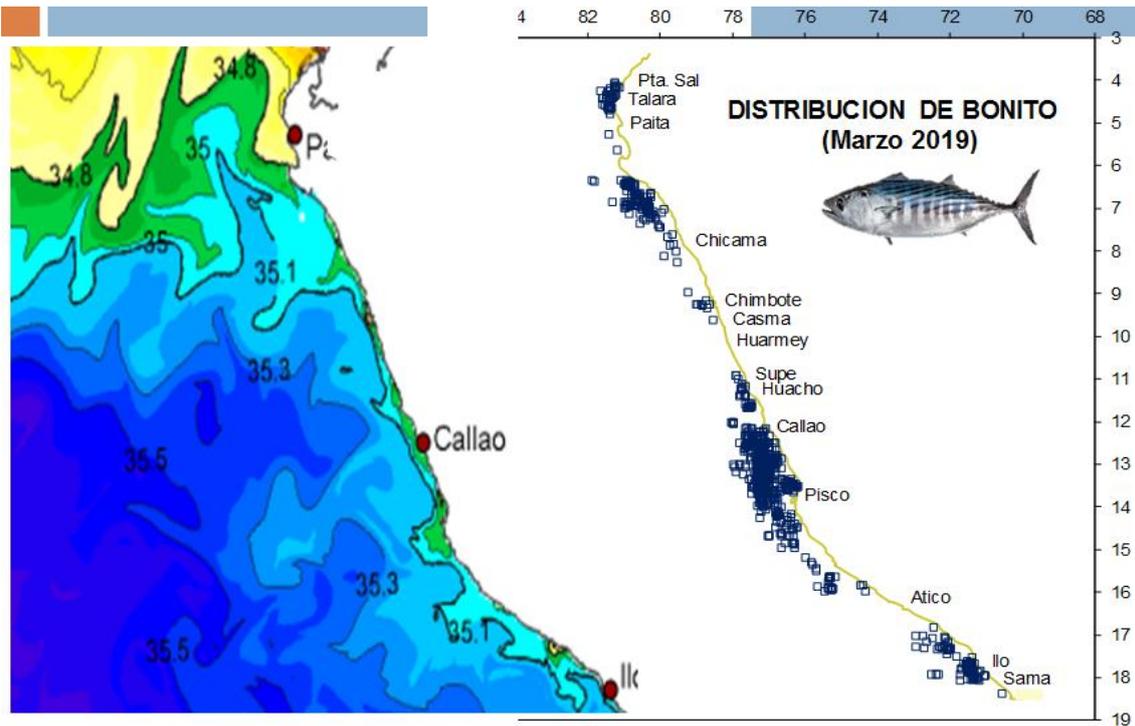


Figura 42. Presencia de especies indicadoras de aguas. Distribución de bonito durante marzo 2019 Fuente: PBP/ADPERP/DGIRP/IMARPE

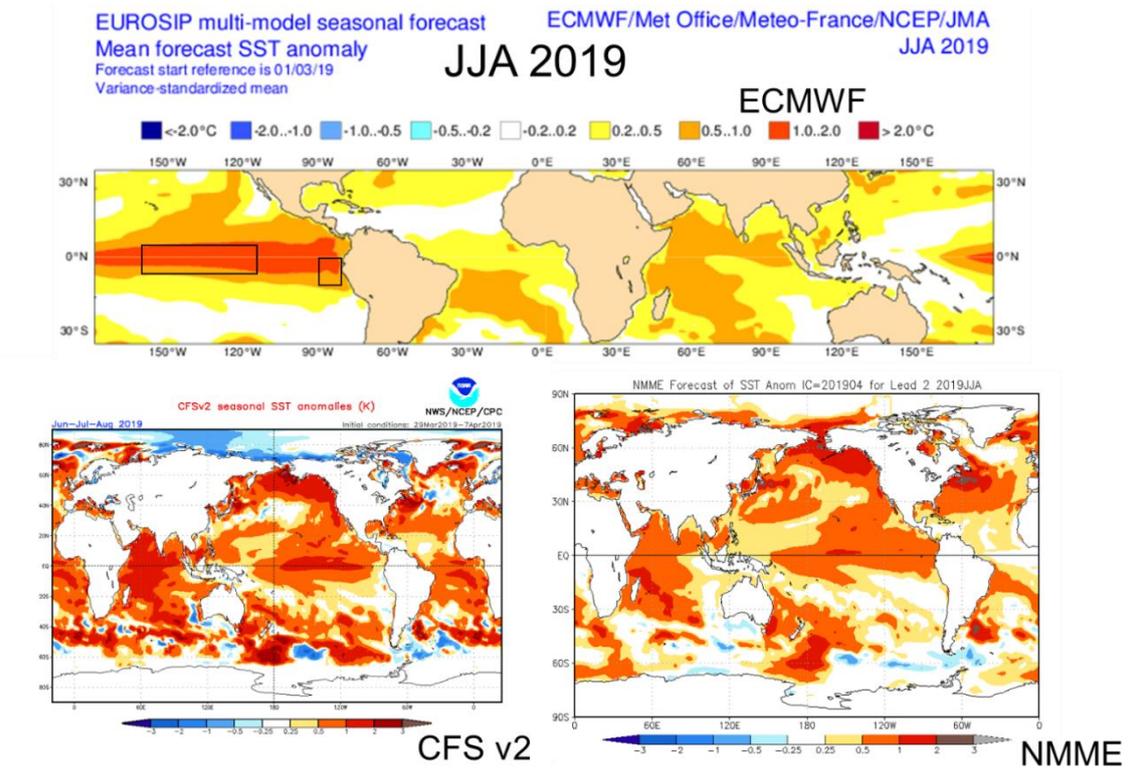


Figura 43. Pronóstico de la SST para el trimestre JJA 2018-2019 del modelo ECMWF, CFSv2, y NMME (condiciones iniciales: marzo 2019). Los recuadros indican la región El Niño 3.4 y 1+2. Fuente: IRI/CPC.

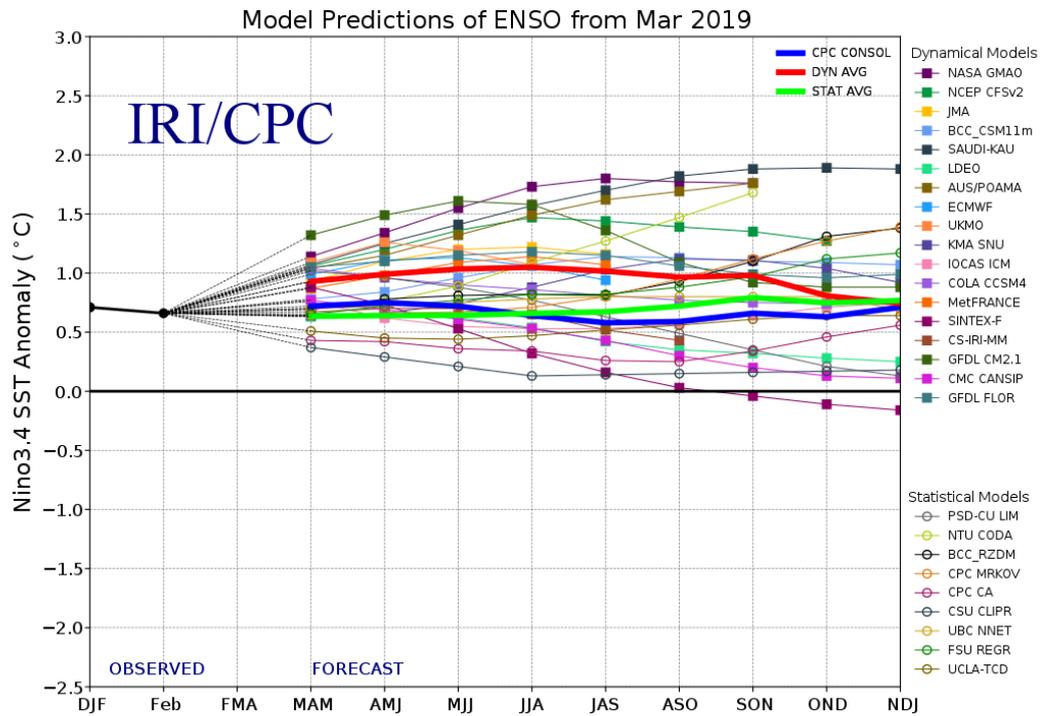


Figura 44. Pronóstico del índice Niño 3.4 mediante modelos climáticos estadístico y dinámico. Fuente: IRI/CPC, marzo 2019.

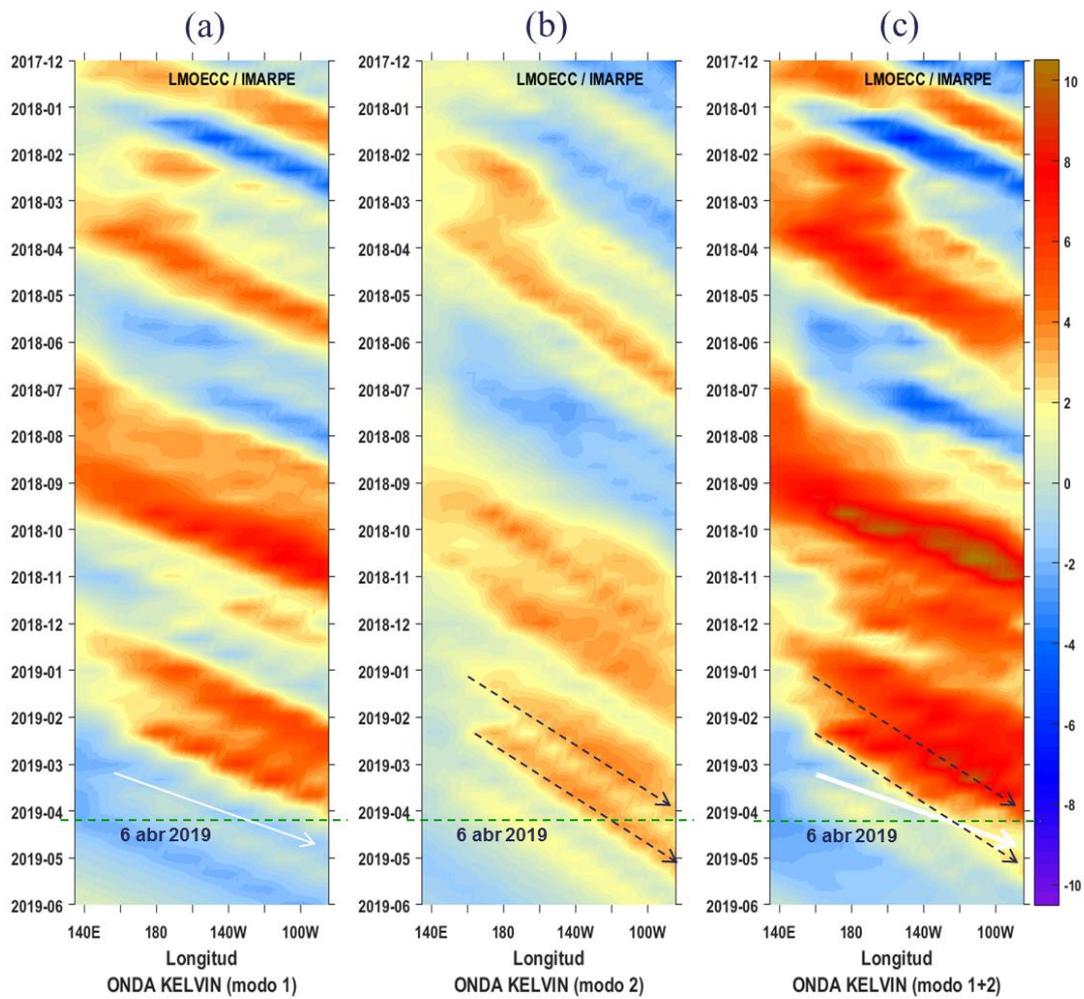


Figura 45. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial ( $0^{\circ}\text{N}$ ): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).

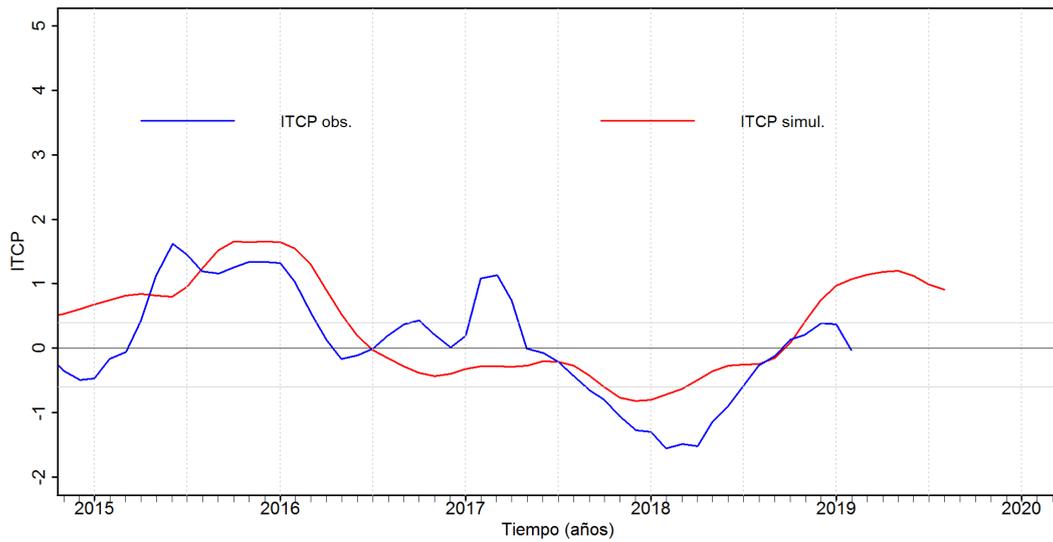


Figura 46. Pronóstico del ITCP mediante un modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia. Fuente: IMARPE.

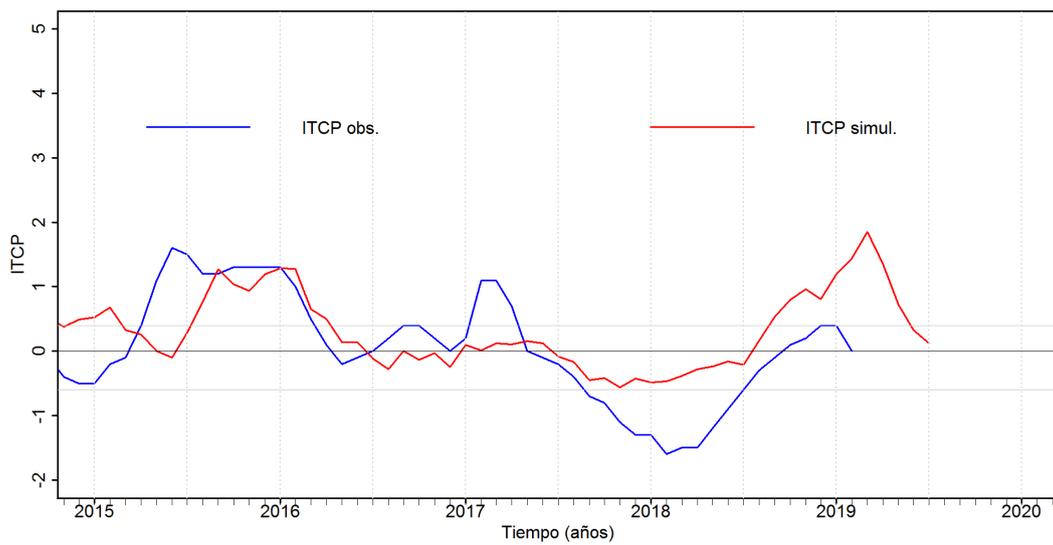


Figura 47. Pronóstico del ITCP mediante un modelo estadístico. Fuente: IMARPE.