



PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

Programa Presupuestal por Resultados N°068

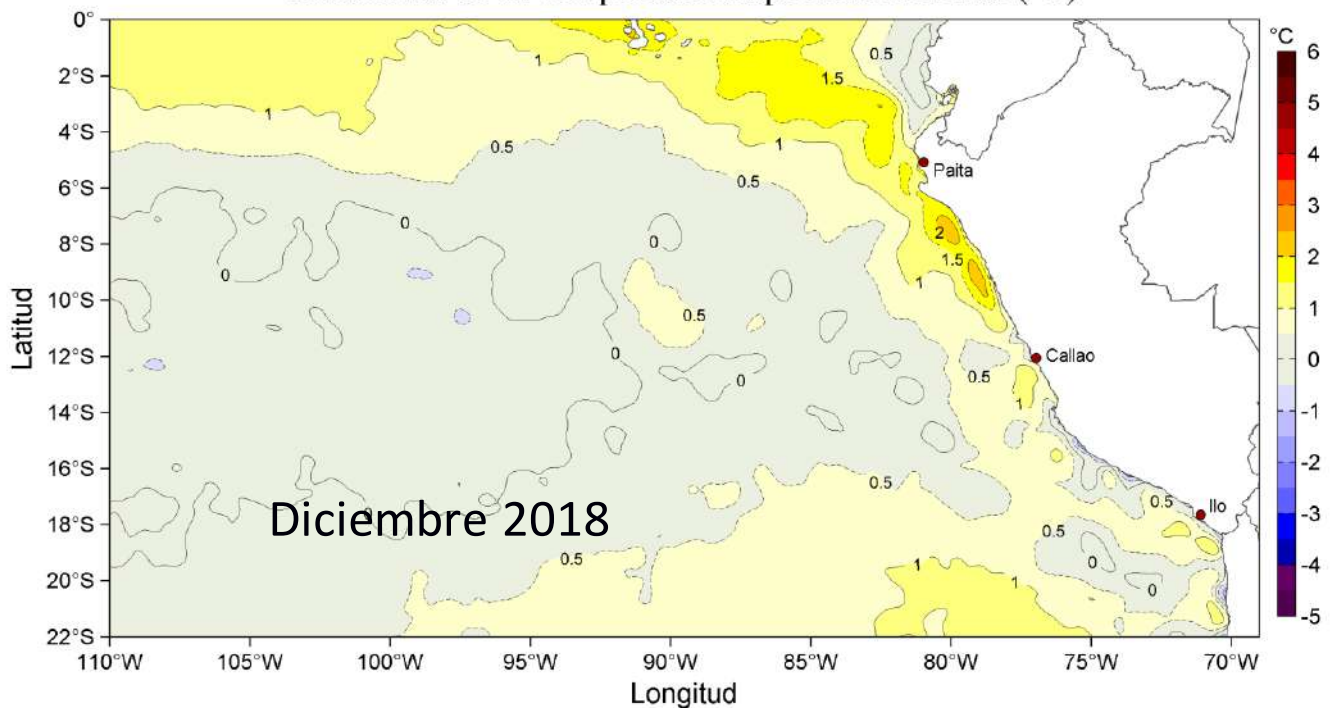
“Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de emergencias por Desastres”

Producto: Estudios para la estimación del riesgo de Desastres

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

CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS Y BIOLÓGICO-PESQUERAS EN EL MAR PERUANO

Anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (°C)



Diciembre, 2018

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

GRUPO DE TRABAJO INSTITUCIONAL EL NIÑO

**Informe de las Condiciones Oceanográficas y Biológico Pesqueras
Diciembre 2018**

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 medio del mar (ANMM)**
 - 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. Pesquería de otras especies**
 - 3.3. 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
Diciembre 2018

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 diciembre 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 180°W, 35°S con una intensidad máxima de ~1025 hPa, encontrándose desplazado al suroeste de su posición normal y con una intensidad mayor a su valor climatológico en +2 hPa (Figuras 1 y 2). Así mismo, se observaron anomalías positivas de presión en el Pacífico Subtropical, con un núcleo de +4,0 hPa entre 110°W y 40°S. Frente a la costa peruana las anomalías de presión presentaron valores alrededor de cero (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 OND 2018 el IAPS presentó un valor de -0,1 hPa, menor que su valor anterior (-1,3 hPa), indicando una condición neutra del APS. El valor mensual de la anomalía de la presión máxima en diciembre fue de 2 hPa (Figura 3a). Los índices ILON e ILAT presentaron valores de +0,2 y +0,2 para el trimestre OND, respectivamente. Los valores mensuales de las anomalías de posición longitudinal y latitudinal en diciembre fueron de -7,5 y -1,3, respectivamente, confirmando que el APS estuvo ubicado al suroeste 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 a lo largo de la línea ecuatorial hasta los 140°W. Al sur de la línea ecuatorial entre los 175°W y 140°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⁻¹ a 5,0 m s⁻¹ en el área comprendida entre 180°W y 100°W. En la región entre 160°W hasta los 80°W la velocidad zonal se presentó dentro de su rango normal, mientras que, al oeste de los 180°W, se presentaron anomalías del oeste con valores entre +3,0 m s⁻¹ y +6,0 m s⁻¹ (Figura 5).

1.2. Aspectos oceanográficos

1.2.1. Condiciones superficiales.

En el Pacífico Ecuatorial Oriental las regiones Niño continuaron presentando anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) positivas. El promedio mensual de la anomalía de TSM mostró valores de $+1^{\circ}\text{C}$, que se presentaron con mayor expansión en la región Niño 1+2 y menor en la región Niño 3 (Figura 6). La variación temporal de las anomalías en las regiones Niño cambió a una tendencia descendente, desde la segunda semana de diciembre en la región Niño 4 y desde noviembre en las regiones Niño 3.4 y Niño 3, mientras que en la región Niño 1+2 permaneció fluctuando sin tendencia desde inicios de noviembre. El último valor semanal de diciembre para las regiones Niño 4, Niño 3.4, Niño 3 y Niño 1+2 fue de: $+0,8^{\circ}\text{C}$, $+0,7^{\circ}\text{C}$, $+0,7^{\circ}\text{C}$ y $+0,8^{\circ}\text{C}$ respectivamente (Figura 7).

1.2.2. Condiciones sub-superficiales

El contenido de calor en la capa superior a 300 m entre los 180°W y 100°W continuó mostrando anomalías positivas en descenso, En diciembre presentó un promedio mensual de $+1,06^{\circ}\text{C}$ (Figura 8). Esto estuvo asociado a celdas de anomalías $> +2^{\circ}\text{C}$ encima de los 150 m al oeste de los 180°W , así como a la aparición de anomalías térmicas negativas entre los 110°W y 100°W en la capa de 50 a 150 m de profundidad (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 $3,0\text{ m s}^{-1}$ a $8,0\text{ m s}^{-1}$ durante todo el mes. En la zona oceánica, el viento varió entre $5,0\text{ m s}^{-1}$ y $7,0\text{ m s}^{-1}$, con máximos valores entre los días 11 y 15, para luego disminuir ligeramente hasta fines del mes (Figura 10). La anomalía de la velocidad del viento exhibió valores en el rango neutral y valores negativos durante la primera semana, y valores positivos desde la segunda semana hasta fin de mes. Durante la última semana las anomalías positivas fueron predominantes, con valores alrededor de $2,0\text{ m s}^{-1}$ entre Lima y Pisco (Figura 11).

A lo largo de la franja costera de 40 km se mantuvieron vientos entre $1,0\text{ m s}^{-1}$ y $7,0\text{ m s}^{-1}$ (Figura 12). La configuración del viento mantuvo su dirección normal. La velocidad del viento costero mostró predominancia de anomalías positivas a lo largo de la costa, con máximos valores entre 1 m s^{-1} y 2 m s^{-1} entre los 5°S y 13°S . (Figura 13).

El afloramiento costero frente a Talara y Paita se debilitó con respecto al mes anterior, disminuyendo de $450\text{ m}^3\text{ s}^{-1}\text{ }100\text{m}^{-1}$ a $350\text{ m}^3\text{ s}^{-1}\text{ }100\text{m}^{-1}$. El afloramiento cesó en la zona centro norte en la segunda quincena del mes, particularmente entre los 7°S y 9°S . Entre los 6°S y 14°S el índice de afloramiento costero (IAC) fluctuó entre $150\text{ m}^3\text{ s}^{-1}\text{ }100\text{m}^{-1}$ y $450\text{ m}^3\text{ s}^{-1}\text{ }100\text{m}^{-1}$. Al sur de los 14°S el IAC presentó valores inferiores a $100\text{ m}^3\text{ s}^{-1}\text{ }100\text{m}^{-1}$ (Figura 14).

2.2 Aspectos oceanográficos

2.2.1 Anomalía del nivel medio del mar (ANMM)

En la zona norte las ANMM positivas $>+15$ cm que a inicios de mes se presentaron en la zona oceánica frente a Pimentel, se replegaron hasta la línea ecuatorial. Las áreas con valores de $+10$ cm que se presentaban extendidos a lo largo de la costa hasta Atico, también se replegaron al norte, pero luego, en la segunda semana, se volvieron a expandir de norte a sur por la zona costera hasta la zona de Callao y Pisco, favorecidos por la aparición de vórtices anticiclónicos uno entre Salaverry-Huarmey y el otro frente a Callao. En el sur permanecieron anomalías entre $+5$ cm y $+10$ cm con vórtices ciclónicos y vórtices anticiclónicos de anomalía positiva $>+10$ cm (Figura 15).

La franja de 60 mn adyacente a la costa, mostró anomalías positivas $>+10$ cm al norte de Huarmey (10°S), y entre $+5$ cm y $+10$ cm en la zona centro-sur hasta los 20°S , indicando una atenuación de anomalías positivas en la zona costera (Figura 16). La variación temporal de las ANMM a lo largo de la costa, mostró el reinicio de un pulso con tendencia ascendente desde la segunda semana de diciembre, alcanzando los $+9$ cm en el sur y los $>+13$ cm en la zona norte. Mientras que, en la zona de Galápagos, el pulso de intensificación fue de corta duración, presentando en la segunda quincena una tendencia descendente de $+18$ cm a $+9$ cm, indicando un desfase con la zona costera peruana (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 un aumento de su valor promedio mensual a lo largo de toda la costa. Se presentaron en promedio anomalías positivas en todos los Laboratorios Costeros. La TSM mensual varió entre $16,8^{\circ}\text{C}$ (Ilo) a $27,0^{\circ}\text{C}$ (Tumbes), mientras que su anomalía varió entre $+0,1^{\circ}\text{C}$ (Ilo) a $+2,7^{\circ}\text{C}$ (Chicama) (Tabla 1).

A nivel diario, la anomalía de la TSM presentó predominancia de valores positivos entre Tumbes y Callao, mientras que en Pisco e Ilo se observó la alternancia de anomalías negativas y positivas. Entre Tumbes y Callao las máximas anomalías de la TSM ($+4^{\circ}\text{C}$) fueron observadas en Paita y Chicama durante la quincena del mes. En el resto de laboratorios costeros, la mínima ($-2,9^{\circ}\text{C}$) y la máxima ($+3,8^{\circ}\text{C}$) anomalía de la TSM fue detectada en Pisco durante la primera y segunda semana del mes respectivamente (Figura 18).

El índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2016) presentó un valor de $+0,77^{\circ}\text{C}$ para el trimestre OND del 2018 y un valor mensual de setiembre de $+1,08^{\circ}\text{C}$, continuando la tendencia ascendente desde marzo 2018 (Figura 19).

2.2.2.2 Información satelital de TSM y ATSM.

La TSM promedio continuó mostrando un incremento. En la costa central las isotermas de 20°C que estaban dentro de las 100 mn fueron ocupadas por isotermas de 22°C , haciendo notar un desplazamiento de aguas cálidas de la zona ecuatorial hacia la costa central (Figura 20).

Las anomalías de TSM mostraron valores de $+1^{\circ}\text{C}$, distribuyéndose expandidas, por un lado, desde la línea ecuatorial hasta la costa centro-norte, con núcleos $> 3^{\circ}\text{C}$ en la segunda semana; y por otro lado, en la zona oceánica frente al codo Perú-Chile,

alcanzando la zona costera frente a Pisco durante la primera quincena. Frente a la costa central predominaron condiciones neutras y anomalías positivas débiles (Figura 21).

En la franja de 60 mn adyacente a la costa norte (4°S a 11°S), se presentaron anomalías de +1°C, alcanzando eventualmente +2°C, haciendo notar un desplazamiento de condiciones cálidas de norte a sur. En el resto de la costa se presentó la condición cálida débil y neutra, sobrepasando eventualmente anomalías de +1°C en zonas aisladas (Figura 22).

El Índice Térmico Costero Peruano, ITCP (Quispe-Ccalluari et al., 2016), alcanzó un valor de +0,21 para el trimestre OND 2018, asociado a una condición neutra en la franja costera. El valor de la primera componente principal para el mes de diciembre fue +0,21 disminuyendo ligeramente poco 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; www.hycom.org), en la zona norte hasta 5°S (Paita), se presentaron Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES), con valores de salinidad menores a 34,8, generando aguas de mezcla que permanecieron relativamente replegadas al norte de los 7°S. En cambio, se notó un mayor acercamiento de aguas subtropicales superficiales (ASS), con salinidades mayores a 35,3, hacia la costa central. En la zona costera de Pisco a Ilo se presentaron salinidades menores a 35,1 asociadas a aguas de mezcla por el efecto de afloramiento, mostrando una mayor proyección hacia fuera de la costa durante la primera semana (Figura 24).

2.2.4 Secciones oceanográficas

2.2.4.1 Paita (14-15 de diciembre)

La TSM presentó valores entre 21 °C y 22 °C en toda la sección, con la isoterma de 21 °C a 20 mn frente a la costa peruana, la cual se encontraba a 60 mn a fines de noviembre. Se estimaron anomalías de TSM con valores de hasta +1,0 °C en promedio en toda la sección (Figura 25 a, b, Figura 26 a). Sobre los 100 m de profundidad, las temperaturas variaron de 15 °C a 22 °C con una débil termoclina. La isoterma de 15 °C se presentó entre los 100 y 200 m de profundidad, en promedio similar que en noviembre (Figura 25 d). Sobre los 70 m se registraron anomalías térmicas entre +2,0 °C y +3,0 °C y debajo de los 70 m predominaron anomalías positivas de +1,0 °C hasta los 300 m (Figura 26 b).

La salinidad en los primeros 30 m de profundidad y entre las 15 mn y 85 mn evidenció la influencia de AES, asociado a anomalías de hasta -0,15 ups (Figuras 26 c, d). Asimismo, se detectaron aguas de mezcla a 15 – 30 m de profundidad, por la interacción de AES y ASS (Figura 25 c, Figura 26 c).

La distribución del oxígeno disuelto (OD) mostró que la iso-oxígena de 1 mL L⁻¹, asociada a la oxiclina, ascendió de 250 m a 200 m de profundidad en toda la zona costera, respecto a noviembre (Figuras 25 e y 26 e). El límite superior de la zona de mínima de oxígeno (ZMO; OD < 0,5 mL L⁻¹), se detectó a 200 - 250 m de profundidad en toda la sección. Se detectaron anomalías positivas de OD sobre los 70 m, con valores de hasta de hasta +2,0 mL L⁻¹. Sobre los 160 m a 10 – 65 mn y a 80 – 100 mn, se estimaron flujos geostroficados hacia el sur con velocidades de hasta 20 y 40 cm s⁻¹,

respectivamente. Asimismo, se calcularon flujos hacia el norte dentro de las 10 mn y a 130 - 270 m a 30 - 40 mn de distancia de la costa, con una velocidad de hasta 20 y hasta 10 cm s^{-1} , respectivamente (Figura 26 e, f, g).

2.2.4.2 Chicama (17-18 de diciembre)

La TSM presentó la isoterma de 21 °C a 15 mn frente a la costa, la cual se encontraba a 95 mn en el mes de noviembre. La ATSM mostró valores alrededor entre +1,0 °C y +2,0 °C (Figura 27 a, b). Sobre los 100 m se registraron temperaturas entre 15 °C y 22 °C con una termoclina débil, mientras que la isoterma de 15 °C se presentó a 70 - 150 m de profundidad, en promedio 15 m más profunda que en noviembre (Figura 27 d). Se presentaron anomalías térmicas positivas en gran parte la sección, destacando un núcleo de +2,0 °C sobre los 130 m de profundidad dentro de las 80 mn (Figura 28 a, b).

En la capa superficial, la salinidad y las temperaturas indicaron la presencia de aguas de mezcla entre las ASS y las AES, dentro de las 80 mn sobre los 50 m, y ASS entre las 80 y 100 mn sobre los 40 m (Figura 27 c, Figura 28 c). Las anomalías de salinidad mostraron leves anomalías positivas en toda la sección, con una capa de -0,10 ups dentro de las 80 mn sobre los 60 m, asociada a las aguas de mezcla entre ASS y AES (Figura 28 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^{-1} se presentó a unos 50-150 m de profundidad, más profunda hacia la costa; y en promedio 40 m más profunda que en noviembre (Figura 27 e). El borde superior de la ZMO se presentó a 130 - 170 m, también más profunda hacia la costa (Figura 28 e). Se presentaron anomalías positivas de OD sobre los 100 m a dentro de las 80 mn con valores de hasta +2,0 mL L^{-1} (Figura 28 f). Por otra parte, se estimó un núcleo de flujo geostrofico con dirección sur, a 30 - 80 mn en los primeros 120 m, con una velocidad máxima de 30 cm s^{-1} , así como flujos con dirección norte en los primeros 50 m dentro de las 20 mn y sobre los 350 a 80 - 100 mn con una velocidad de hasta 40 cm s^{-1} y 10 cm s^{-1} , respectivamente (Figura 28 g).

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 20 °C, en Chicama entre 16 °C y 21 °C, en Callao entre 15 °C y 20 °C, en Atico entre 14 °C y 16 °C y en Ilo entre 14 °C y 19 °C. Se detectó una profundización las isotermas en Paita y Chicama, durante la primera quincena del mes, donde posteriormente se detectó un ascenso de las mismas, mientras que en Callao y Atico, la profundización de las isotermas fue en la segunda quincena del mes (Figura 29). En Paita, Chicama y Callao se detectaron anomalías positivas en toda la columna de agua con valores de hasta +3,0 °C, +4,0 °C y +2,0 °C, respectivamente, manifestándose primero en Paita entre la segunda y tercera semana de diciembre y en Callao a finales del mes. Estas anomalías positivas de temperatura indicaron la llegada de la onda Kelvin cálida proyectada por el ENFEN (ENFEN, 2018; Figura 30).

Los registros de la salinidad y temperatura evidenciaron la presencia de aguas de mezcla (ASS-AES) en Paita, mezcla de ASS y aguas costeras frías (ACF) y núcleos de ASS en Chicama, predominio de aguas de mezcla (ACF-ASS) en Callao, una transición de ACF a aguas de mezcla (ACF-ASS) a finales del mes en Atico, mientras que en Ilo se observó ACF durante todo el mes (Figura 31).

En cuanto al OD, se detectó una profundización de las iso-oxígenas profundas, asociadas con la profundización de las isoterma. La iso-oxígena de 0,5 mL L⁻¹ se determinó a 20 – 40 m en Callao y a 40 – 80 m en Ilo, mientras que, en Paita, Chicama e Ilo las concentraciones de OD ≤0,5 mL L⁻¹ no fueron registradas (Figura 32).

2.2.6 Fertilidad y productividad

2.2.6.1. Variabilidad espacio-temporal de los nutrientes

En general los nutrientes exhibieron una disminución de sus concentraciones en las estaciones fijas costeras.

Los nitratos no mostraron un comportamiento uniforme de sus concentraciones en la columna de agua en las estaciones fijas durante diciembre. En Chicama, la isolínea de 15 μmol L⁻¹ se profundizó (de 40 m a 70 m) y se superficializó (70 m a 20 m) durante la primera y segunda quincena, respectivamente. En Callao, se observó un incremento de las concentraciones durante la última semana, llegando a observarse un núcleo de 20 μmol L⁻¹ entre los 20 - 100 m. En Ilo, las concentraciones se mantuvieron alrededor de los 15 μmol L⁻¹ debajo de los 15 m durante el mes (Figura 33).

Los silicatos disminuyeron en las estaciones fijas durante diciembre. En Chicama, por encima de los 40 m se observaron concentraciones menores a 10 μmol L⁻¹. En Callao la isolínea de 20 μmol L⁻¹ se profundizó de 30 m a 70 m durante la primera quincena, para luego superficializarse hasta los 40 m. En Ilo, por debajo de los 40 m, las concentraciones se mantuvieron entre los 20 μmol L⁻¹ a 25 μmol L⁻¹ durante todo el mes (Figura 34).

Los fosfatos disminuyeron en las estaciones fijas a lo largo de costa. En Chicama, la isolínea de 1 μmol L⁻¹ se profundizó de ~35 m hasta los 100 m durante la primera quincena. En Callao, los fosfatos disminuyeron de 2,5 μmol L⁻¹ a 1,5 μmol L⁻¹ entre la primera y segunda quincena del mes. En Ilo, la isolínea de 2 μmol L⁻¹ se profundizó de 20 m a 80 m en la primera quincena del mes (Figura 35).

2.2.6.2 Clorofila-a

Las concentraciones de clorofila-a satelital (MODIS; Ocean Biology Processing Group, 2003), dentro de las 60 mn, fueron de ~1 μg L⁻¹ y 3 μg L⁻¹ al norte y al sur de los 10°S respectivamente. Entre Paita a Chimbote y de Callao a Pisco (entre las 15 mn a 60 mn) predominaron anomalías negativas de -1 μg L⁻¹ a -2 μg L⁻¹; sin embargo, frente a Huacho, dentro de las 15 mn en Pisco, y al sur de San Juan las anomalías fueron positivas dentro del rango entre +1 μg L⁻¹ a +3 μg L⁻¹ (Figura 36 a, b). En promedio, entre los 6°S y 16°S y dentro de las 60 mn, las concentraciones presentaron una alternancia entre valores mayores y menores a su patrón estacional. Durante la primera y última semana predominaron valores de ~+2,5 μg L⁻¹, y durante la tercera semana se observaron anomalías negativas de ~-2 μg L⁻¹, correspondientes principalmente al área entre los 7°S y 13°S (Figura 36 d,e).

Un factor clave para el crecimiento fitoplanctónico es la cantidad de luz incidente, la cual es afectada por la presencia de nubes. Entre San José y Pisco, existió una cobertura nubosa de 60% - 70% de días nublados, mientras que, frente a Paita y al sur de Pisco la cobertura fue de 30% - 40% días nublados (Figura 36 c).

2.2.7 Indicadores biológicos del plancton

2.2.7.1 Indicadores biológicos del fitoplancton.

Paita

En diciembre, se determinó al dinoflagelado *Ceratium breve* var. *schmidtii*, especie indicadora de AES, distribuida entre las 40 y 100 mn de la costa, asociada a un rango de TSM entre 22,3 °C y 22,8 °C (Figura 37).

El volumen de fitoplancton compuso un 95% y un 80% del volumen total del plancton, a 5 mn y 16 mn, respectivamente, asociado a una TSM de 21,7 °C y 21,0 °C, respectivamente. En ambas estaciones destacó la diatomea nerítica *Detonula pumila* con abundancia relativa de categoría “Muy Abundante”. A 5 mn se determinaron diatomeas típicas de afloramiento costero como *Chaetoceros compressus* y *Ch. debilis*, especies que presentaron abundancias relativas de categoría “Abundante”. En todas las demás estaciones, el zooplancton fue dominante, con aproximadamente el 85% del volumen de plancton. Se observó alta riqueza de dinoflagelados termófilos como *Ceratium massiliense*, *C. hexacanthum* var. *contortum*, y *C. trichoceros*. *Protoberidinium quarnerense* y *Goniodoma polyedricum*, entre otros.

Chicama

No se registraron especies indicadoras de masas de agua (Figura 38). Sin embargo, resaltó la predominancia del fitoplancton con 80% del volumen de plancton a 5 mn de la costa, conformado principalmente por diatomeas neríticas (*Guinardia delicatula* y *Leptocylindrus danicus*), que alcanzaron abundancias relativas de categoría “Muy Abundante”, relacionado a TSM de 20,5 °C. El fitoplancton alcanzó dominancias del 90% del volumen de plancton a 30 mn y a 40 mn de la costa, donde las diatomeas oceánicas (*Thalassiothrix longissima* y *Lioloma delicatulum*) presentaron abundancias relativas de categoría “Abundante” y asociadas a TSM de 22,2 °C y 22,5 °C, respectivamente. Los dinoflagelados de distribución cosmopolita (*Protoberidinium conicum*, *P. depressum*, *Ceratium furca*, *C. dens* y *C. tripos*) como aquellos termófilos (*Ceratium azoricum*, *C. kofoidii*, *Dinophysis tripos*, *Protoberidinium diabolus* y *P. murrayi*) presentaron una amplia distribución en todo el perfil con abundancia relativa de categoría “Presente”, asociados a TSM que variaron entre 20,5 °C y 22,7 °C.

2.2.7.2 Indicadores biológicos del zooplancton e ictioplancton

Paita

Frente a Paita el copépodo indicador de ACF (*C. brachiaatus*) se determinó dentro de las 15 mn de la costa, mientras que los copépodos *A. danae* y *O. conifera*, especies asociadas a ASS, se localizaron hasta una distancia máxima de 60 mn de la costa. *C. furcatus* especie indicadora de AES se ubicó dentro de las 15 mn y a 60 mn de la costa, zona principalmente de aguas de mezcla (ACF/ASS y AES) (Figura 39).

Chicama

Frente a Chicama a 5 mn de la costa se determinó la presencia del copépodo *Centropages brachiatus*, especie asociada a ACF, mientras que los copépodos *Acartia danae* y *Calocalanus pavo*, especies indicadoras de ASS, se registraron entre las 15 mn y 60 mn de la costa. El copépodo *C. furcatus*, especie indicadora de AES se localizó entre las 15mn y 40 mn e 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.

Seguimiento de la pesquería de anchoveta

El desembarque calendario de los principales recursos pelágicos al 27 de diciembre del 2018 ascendió a 6 025 774 toneladas (t), correspondiendo el 98.4% a la anchoveta, seguido de caballa y jurel. En diciembre, otras especies se encuentra conformada en su totalidad por el invertebrado costero *Pleurocondes monodon* “múnida” (Tabla 2).

Distribución, capturas y tallas de la anchoveta

El 15 de noviembre se inició la segunda temporada de pesca de anchoveta 2018 en la región norte – centro. Al 27 de diciembre la flota industrial de cerco capturó 5 055 734 t correspondiente al 88% de la cuota otorgada. La flota se concentró entre Salaverry (8°S) y Bahía Independencia (14°S), siendo los principales puertos de descarga Chicama y Chimbote en el norte y Pisco en el centro. En la región sur, los desembarques se encontraron restringidos al puerto de Ilo (Figura 41).

La pesca artesanal y de menor escala dirigida a la anchoveta, los cuales realizan extracción dentro de las 10 mn, desembarcaron un total de 2 416 t con del 1 al 27 de diciembre, con un valor promedio diario de 186 t, mostrando estructura de tallas adultas y un mayor número de juveniles en Pisco (13,5°S).

Indicadores reproductivos y somáticos de la anchoveta

Los indicadores reproductivos de la anchoveta del stock Norte - Centro, índice gonadosomático (IGS) y Fracción desovante (FD) muestran el término del periodo de desove principal de invierno (Figura 42).

3.2. Pesquería de otras especies

Jurel y Caballa

En diciembre 2018, los mayores desembarques de jurel y caballa provinieron de la flota artesanal, debido a que la pesca exploratoria realizada por embarcaciones industriales ya había concluido. La flota artesanal dirigida a jurel operó frente a Atico. Además, el jurel presentó una estructura por tamaños polimodal.

3.3. Especies Indicadoras

En la zona costera, se registró a la especie indicadora de aguas frías *Pleurocondes monodon* “múnida” dentro de las 20 mn (Figura 43), así como la presencia de la colonia de tunicados “Pirosoma”, especie que se encuentra asociada a aguas cálidas.

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, diciembre 2018), indican condiciones débiles de El

Niño durante fines de verano-inicios de otoño del 2019 (trimestre MAM) en la región Niño 3.4 con una TSM en promedio de $+0,8^{\circ}\text{C}$. Además, se observó una disminución del área con anomalías de la TSM entre $+1^{\circ}\text{C}$ a $+2^{\circ}\text{C}$, entre los 180°W a 110°W en el ecuador respecto a pronósticos anteriores (i.e. ECMWF, CFS, NMME; Figuras 44 y 45).

Frente a la costa peruana los modelos ECMWF, CFS y NMME indican condiciones cálidas débiles para el trimestre MAM ($+0,5^{\circ}\text{C}$ a $+1^{\circ}\text{C}$) (Figura 44).

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), en la costa norte de Perú se espera la llegada de una onda Kelvin cálida durante enero 2019 (modo 2) y otra durante inicios febrero 2019 (modo 1). Estas ondas contribuirían a que se mantengan los valores positivos de las anomalías de la temperatura y del nivel del mar (Figura 46).

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), (Figura 47) y, el modelo estadístico basado en el volumen de agua cálida ecuatorial (Matellini et al., 2007) y APS, pronosticaron valores dentro de condiciones cálidas entre marzo y abril del 2019 (Figura. 48).

5. CONCLUSIONES

- En el Pacífico Ecuatorial, las anomalías de TSM positivas mostraron una tendencia descendente en las regiones Niño 4, Niño 3.4 y Niño 3, mientras que en la región Niño 1+2 los valores positivos fluctuaron sin tendencia.
- El núcleo del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se presentó desplazado al suroeste de su posición normal con una intensidad mayor a su valor climatológico en 2 hPa. El campo de presión a nivel del mar frente a la costa peruana se presentó en el rango normal.
- El viento costero continuó mostrando su patrón normal de dirección a lo largo de la costa. La velocidad del viento a lo largo de la mayor parte de la costa presentó anomalías positivas durante casi todo el mes. El afloramiento costero se debilitó frente a la costa norte (Talara y Paita), en comparación al mes anterior (hasta $350\text{ m}^3\text{ s}^{-1}\text{ 100m}^{-1}$), tendiendo a disiparse entre los 7°S y 9°S en la segunda quincena del mes.
- Las anomalías de TSM en la costa norte (entre 10°S y 5°S) presentaron valores alrededor de $+1^{\circ}\text{C}$ y 2°C durante todo el mes; mientras que al sur de los 10°S los valores de anomalía estuvieron alrededor de cero. Los índices térmicos ITCP y LABCOS presentaron valores dentro de la condición cálida respectivamente, con tendencia ascendente.
- Frente a Paita y Chicama sobre los 100 m, se observaron anomalías térmicas entre $+2,0^{\circ}\text{C}$ y $+3,0^{\circ}\text{C}$, anomalías de oxígeno entre $+1,0\text{ mL L}^{-1}$ y $+2,0\text{ mL L}^{-1}$, asociados a un predominio de flujos hacia el sur con valores de hasta 30 cm s^{-1} . Además, frente a Paita se observó la presencia de AES sobre los 30 m de profundidad a 15 – 85 mn, mientras que en Chicama se detectó el predominio de aguas de mezcla (ASS-AES) y ASS entre las 80 mn y 100 mn sobre los 40 m. Por otro lado, entre los 100 y 350 m, frente a Paita y Chicama, se observó

anomalías térmicas de hasta +1,0 °C y halinas de hasta +0,05 ups, asociado a una profundización de la isoterma de 15 °C e iso-oxígena de 1,0 mL L⁻¹, cerca de la costa.

- Respecto a diciembre, las estaciones fijas costeras monitoreadas (100 m) mostraron una intensa profundización de las isotermas e iso-oxígenas, primero en Paita y Chicama (primera quincena de diciembre), y en Callao y Atico (fines de diciembre). Las anomalías térmicas mostraron valores de hasta +3 °C y +4 °C en Paita y Chicama (primera quincena diciembre), respectivamente, y de hasta +2 °C en Callao (fines de diciembre), lo que indicaría el arribo y propagación de una onda Kelvin cálida frente a la costa norte y centro. Asimismo, los nutrientes exhibieron una disminución de sus concentraciones en las estaciones fijas costeras.
- La concentración de la clorofila-a (satelital), dentro de las 60 mn, presentó valores de ~1 µg L⁻¹ al norte de los 10°S, mientras que al sur de los 10°S la costa fue más productiva (3 µg L⁻¹). De Paita a Chimbote y de Callao a Pisco predominaron anomalías de -1 µg L⁻¹ a -2 µg L⁻¹, mientras que, frente a Huacho, dentro de las 30 mn frente a Pisco, y al sur de San Juan las anomalías fueron de +1 µg L⁻¹ a +3 µg L⁻¹.
- Durante el inicio de la segunda temporada de pesca de la anchoveta en la región norte – centro, el recurso se encontró distribuido dentro de las 40 mn de costa entre Pimentel y Bahía Independencia. Los índices reproductivos de la anchoveta del stock norte-centro mostraron el término del periodo principal de desove de invierno – primavera de la anchoveta. Se registró la presencia de especies del macroplankton como “munida”, indicador de aguas frías, que se registró dentro de las 20 mn frente a Casma – Supe y Cerro Azul – Bahía Independencia, y de “pirosoma”, indicador de aguas cálidas frente a Malabrigo.
- Para los próximos meses se espera la llegada de una onda Kelvin cálida durante enero (modo 2) y otra en inicios de febrero 2019 (modo 1). Estas ondas podrían mantener las anomalías positivas de la temperatura del mar en dicho mes.
- Para el trimestre MAM 2019, en promedio los modelos climáticos internacionales pronostican condiciones de El Niño débiles en la región Niño 3.4 con un valor de +0,8°C. Para el mismo periodo, frente a la costa peruana los modelos ECMWF, CFS y NMME también pronostican condiciones cálidas débiles (0,5°C-1°C). Además, el pronóstico del ITCP para marzo-abril también indica condiciones cálidas frente a las costas peruanas.

6. REFERENCIAS

Anculle, T., D. Gutiérrez, A. Chaigneau, F. Chavez, 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, 2018: Comunicado Oficial ENFEN, N°.14 - 2018, diciembre de 2018.

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-Morriberón, 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 - diciembre 2018.

Estación	TSM Nov. (°C)	TSM Dic. (°C)	ATSM Dic. (°C)
Tumbes	26,33	26.95	0.15
Paita	20,14	20.74	1.94
San José	20,56	21.14	0.94
Chicama	18,22	19.54	2.74
Huanchaco	17,96	19.53	2.73
Chimbote	19,73	21.86	1.36
Huacho	15,94	18.02	1.52
Callao	15,55	17.11	1.31
Pisco	20,53	21.89	0.29
Ilo	16,58	16.77	0.07

Tabla 2. Desembarque (t) industrial de los principales recursos pelágicos. Periodo: 01 enero – 27 de diciembre del 2018. Fuente: AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

Especie\ Flota \ Región	Periodo (01 Enero - 27 Diciembre 2018)						
	Norte	Centro	N + C	Sur	Total	%	
Anchoveta	Ind. Acero	2 213 092	2 377 244	4 590 336	185 207	4 775 542	78.9
	Ind. Madera	1 007 842	143 205	1 151 047	31 077	1 182 124	19.5
Sub - total (t)		3 220 933	2 520 450	5 741 383	216 284	5 957 667	
Sardina	0	0	0	0	0	0.0	
Jurel	12 458	26 843	39 301	0	39 301	0.6	
Caballa	21 185	18 402	39 587	0	39 587	0.7	
Samasa	5	0	5	0	5	0.0	
*Otros	196	18 979	19 175	0	19 175	0.3	
Total		3 254 777	2 584 673	5 839 451	216 284	6 055 734	100.0
Porcentaje (%)		53.7	42.7	96.4	3.6	100.0	

8. FIGURAS

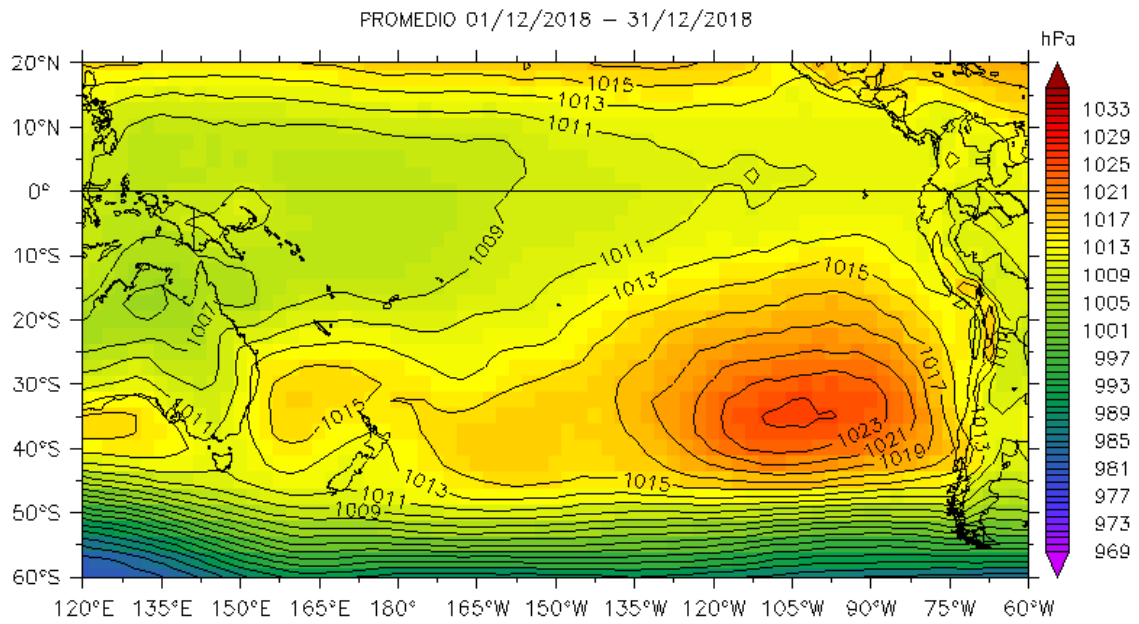
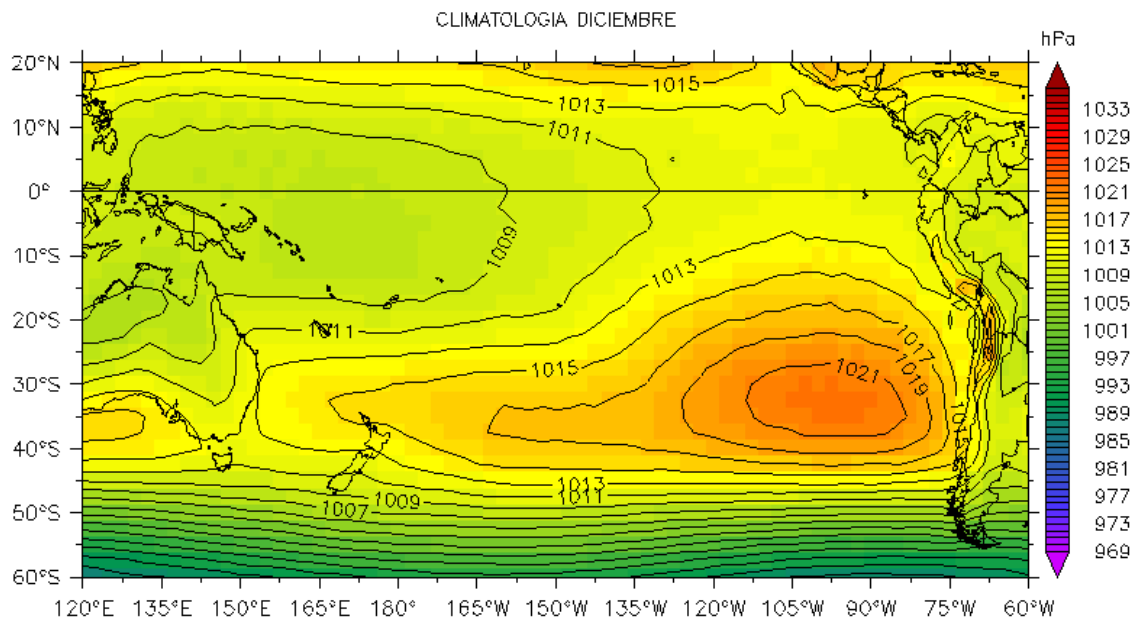


Figura 1. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, promedio 1 - 20 diciembre, Fuente: NCEP-NOA/ALMOECC-IMARPE.

(a)



(b)

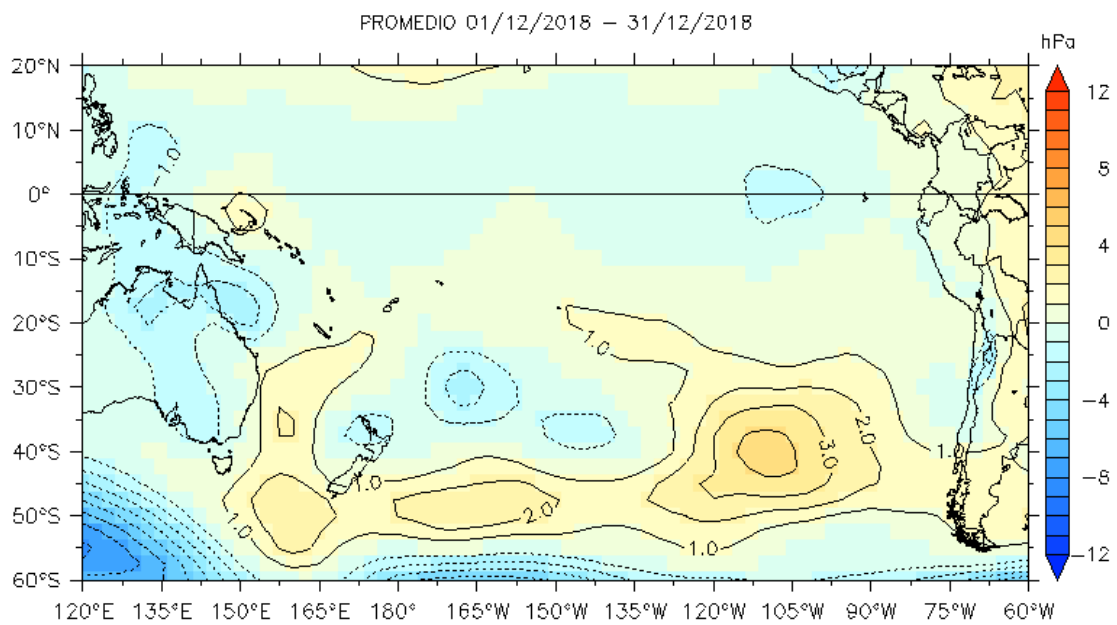


Figura 2. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, climatología (a) y anomalías promedio (b) de diciembre 2018. Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

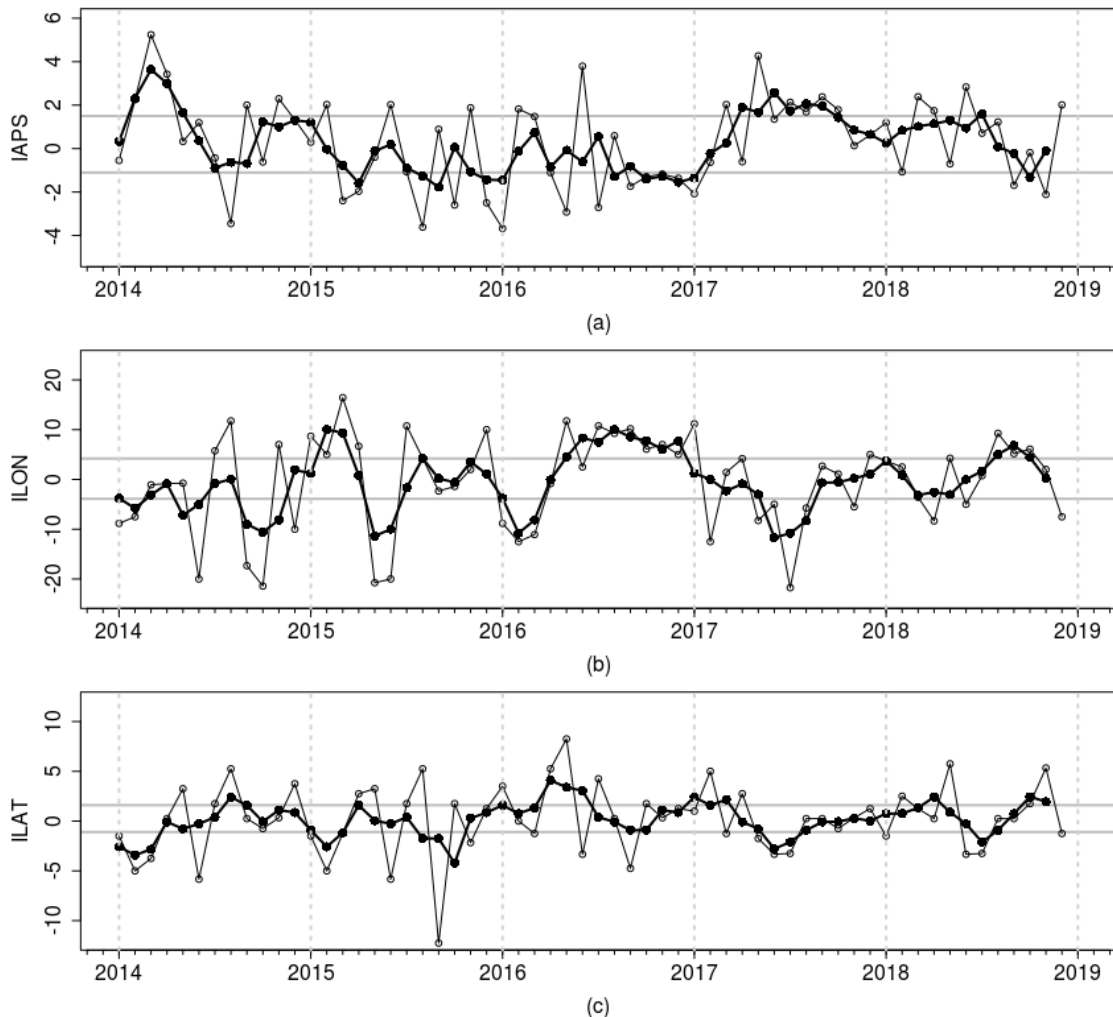


Figura 3. Variación temporal de los índices del APS: a) índice de intensidad (IAPS) e índices de posición b) longitudinal (ILON) y c) latitudinal (ILAT) hasta el trimestre OND 2018 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2014 – diciembre 2018.

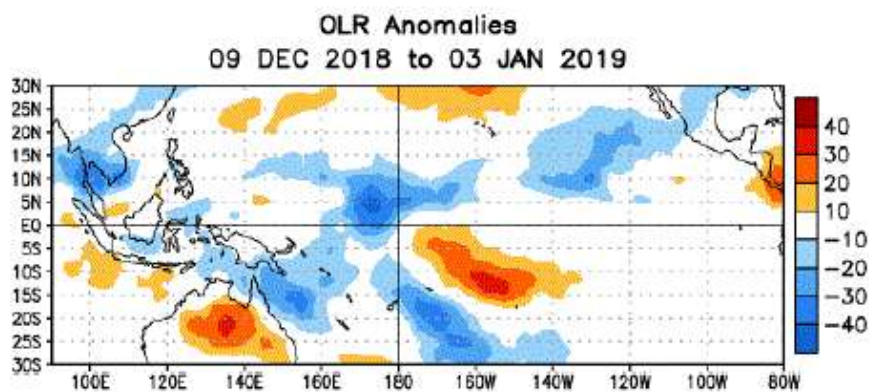


Figura 4. Anomalías del promedio de la radiación de onda larga emitida (OLR, por sus siglas en inglés) ($W m^{-2}$) durante el mes de diciembre de 2018. Las anomalías de OLR se calculan como desviaciones de los penta-promedios del período base de 1981-2010.

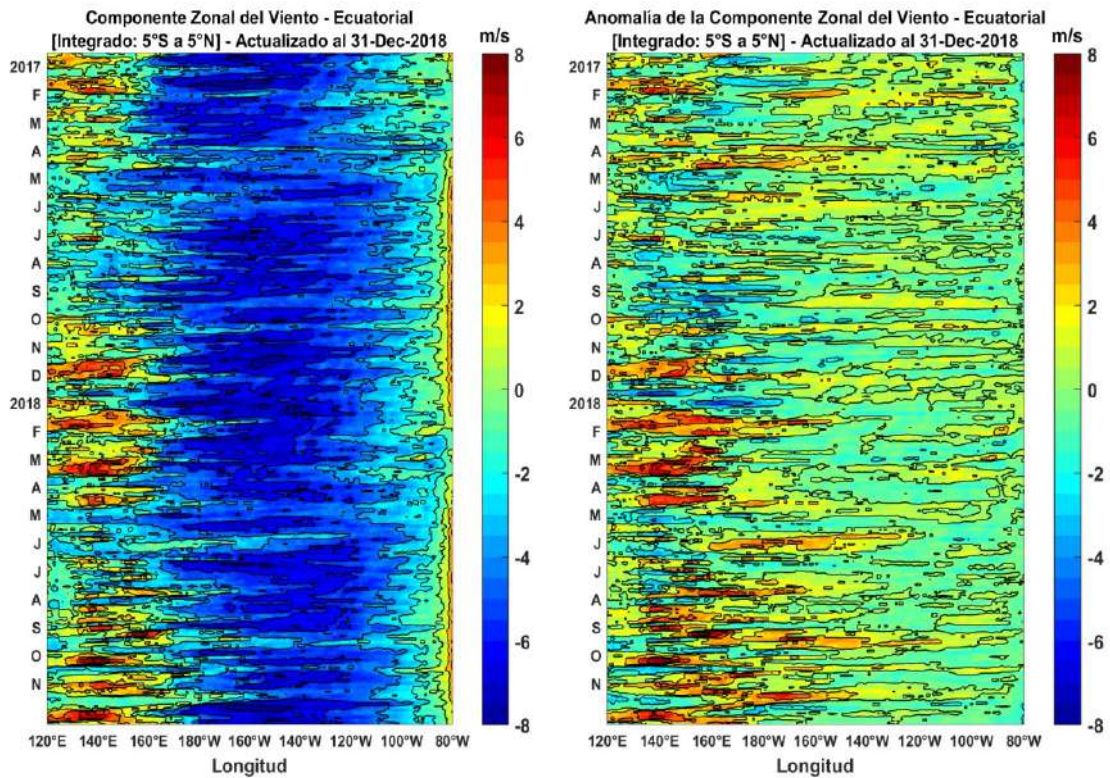


Figura 5. Viento Satelital (integrado en el Ecuador): a) Componente Zonal del viento ($m s^{-1}$), b) Anomalía de la Componente zonal del viento (m/s), durante el último año (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 31/12/2018.

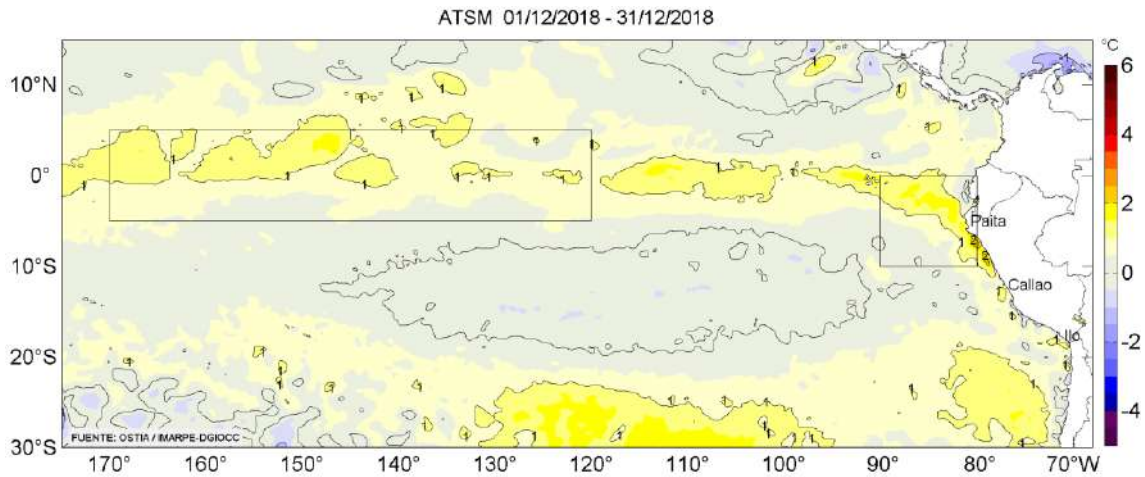


Figura 6. Anomalías promedio de la TSM (°C) para el mes de diciembre 2018. Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

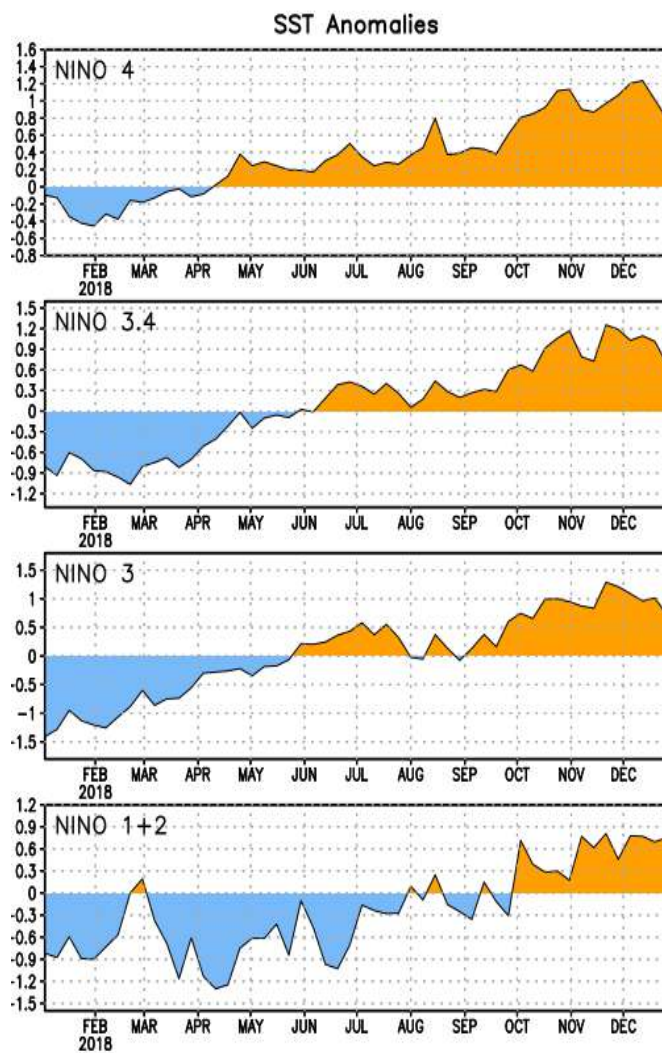


Figura 7. Anomalías semanales promedio de la temperatura superficial del mar (°C) durante un año, hasta fines de diciembre del 2018. Fuente CPC/NOAA.

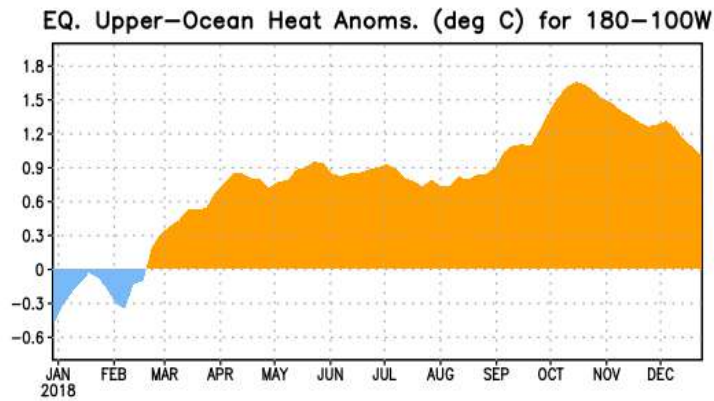


Figura 8. Anomalías del contenido de calor (en °C) en el área promediada del Pacífico ecuatorial (5°N-5°S, 180°-100°W). Las anomalías en el contenido calórico son calculadas como las desviaciones de los promedios por pentadas del período base de 1981-2010. Fuente CPC/NOAA.

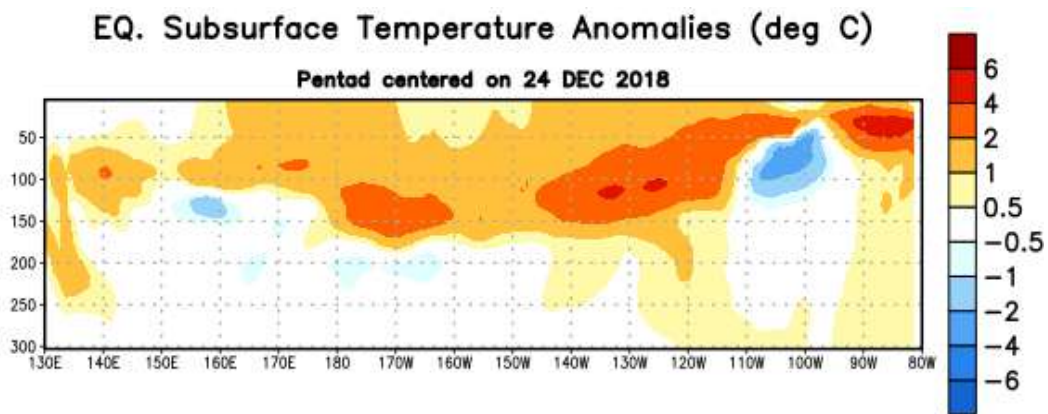


Figura 9: Anomalías de temperatura (en °C) en un transepto de profundidad-longitudinal (0-300 m) en la parte superior del Océano Pacífico Ecuatorial, centradas en la semana del 24 de diciembre de 2018. Las anomalías son promediadas entre 5°N-5°S. Las anomalías son variaciones a partir de los promedios por pentadas durante el periodo base de 1981-2010. Fuente CPC/NOAA.

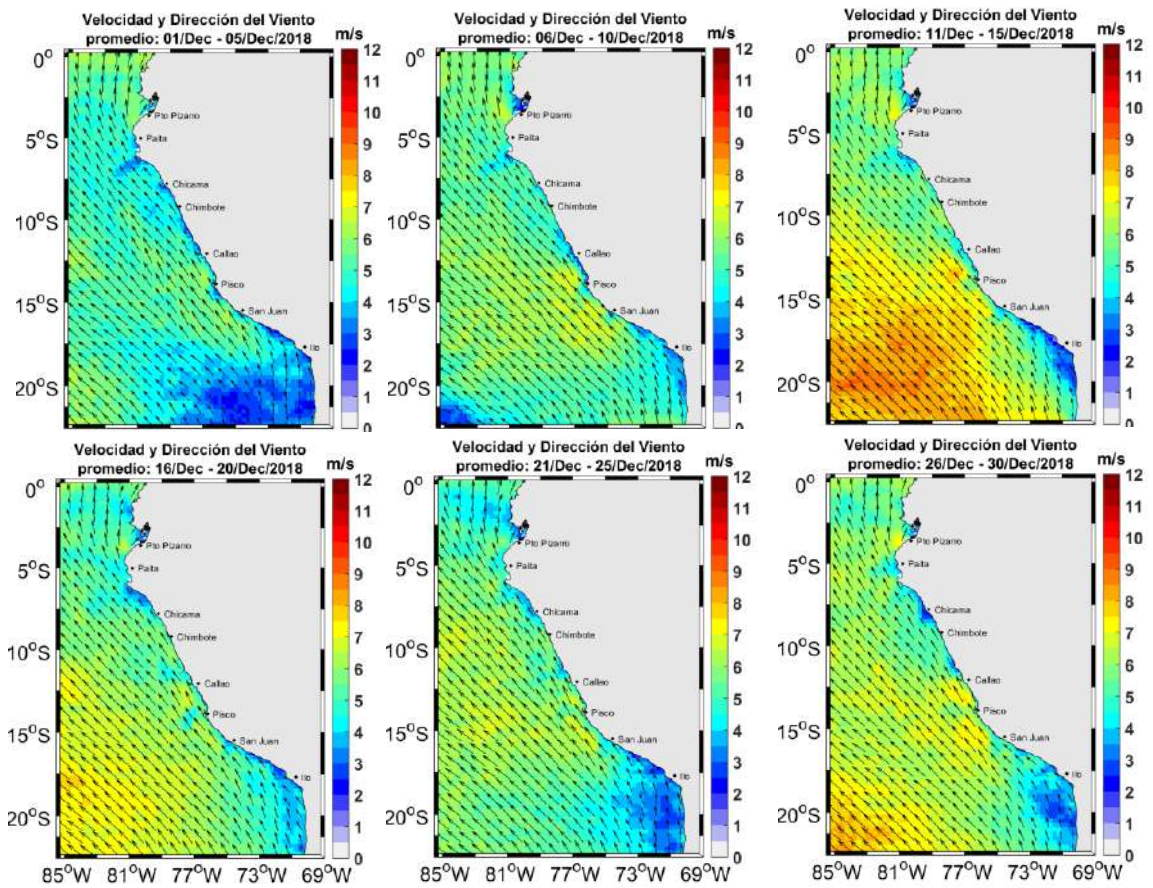


Figura 10. Mapas de la Velocidad del Viento frente a la costa peruana, durante el mes de diciembre del 2018 (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/12/2018.

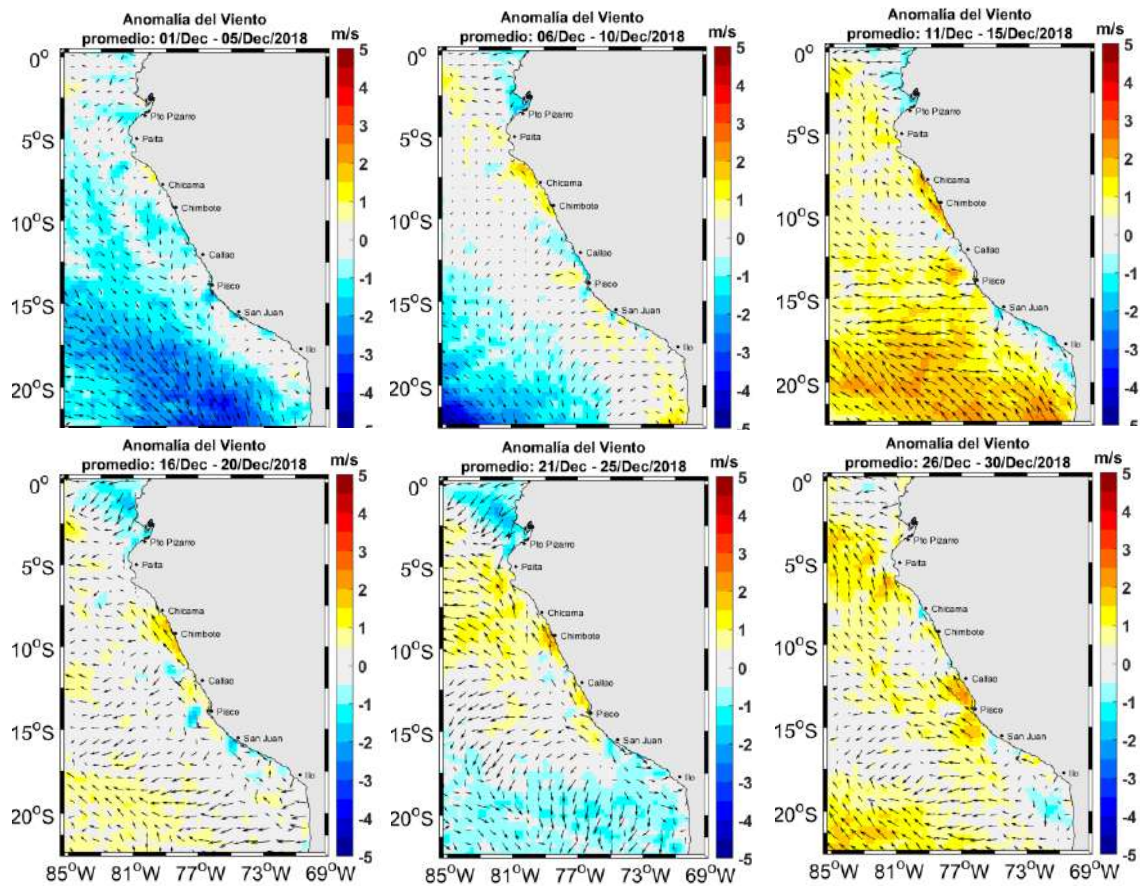


Figura 11. Mapas de anomalía de la Velocidad del Viento frente a la costa peruana, durante el mes de diciembre del 2018 (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/12/2018.

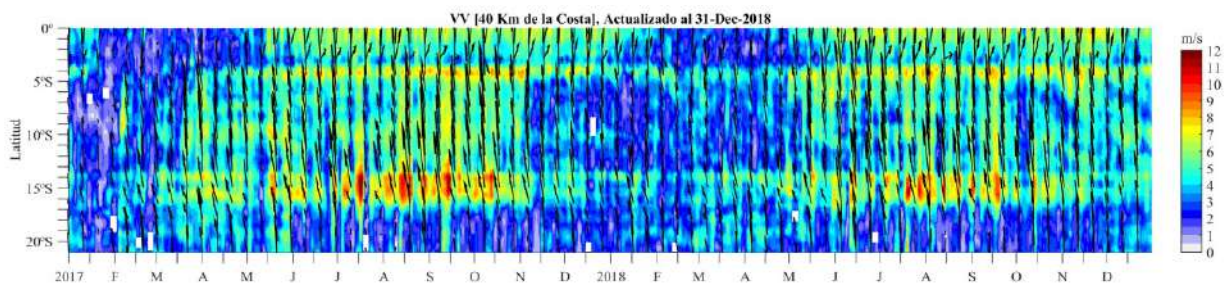


Figura 12. Diagrama Hovmöller de la Velocidad del Viento a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 31/12/2018.

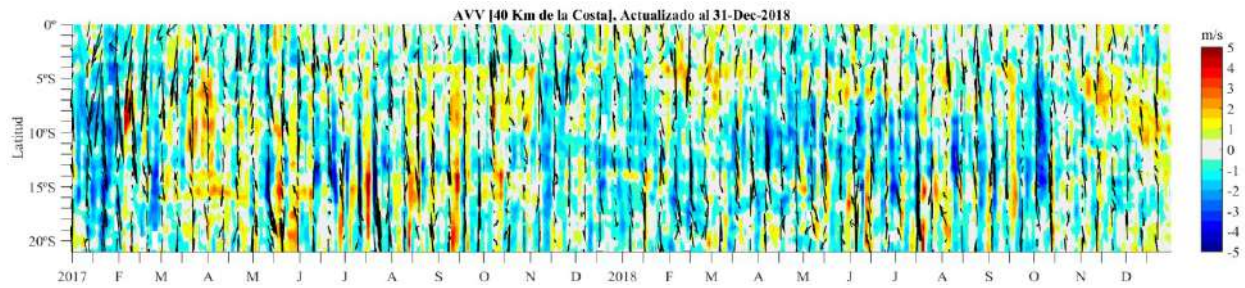


Figura 13. Diagrama Hovmöller de la Anomalía del Viento a lo largo de la costa peruana meses (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 31/12/2018.

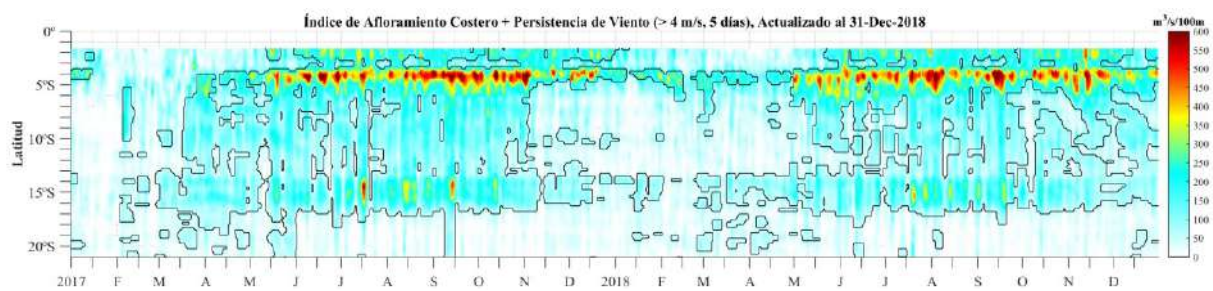


Figura 14. Diagrama de Hovmöller del Índice de Afloramiento Costero ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$), calculado a partir del viento satelital ASCAT a 40 Km frente a la costa del Perú. Los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad a 4 m/s durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 08/12/2018.

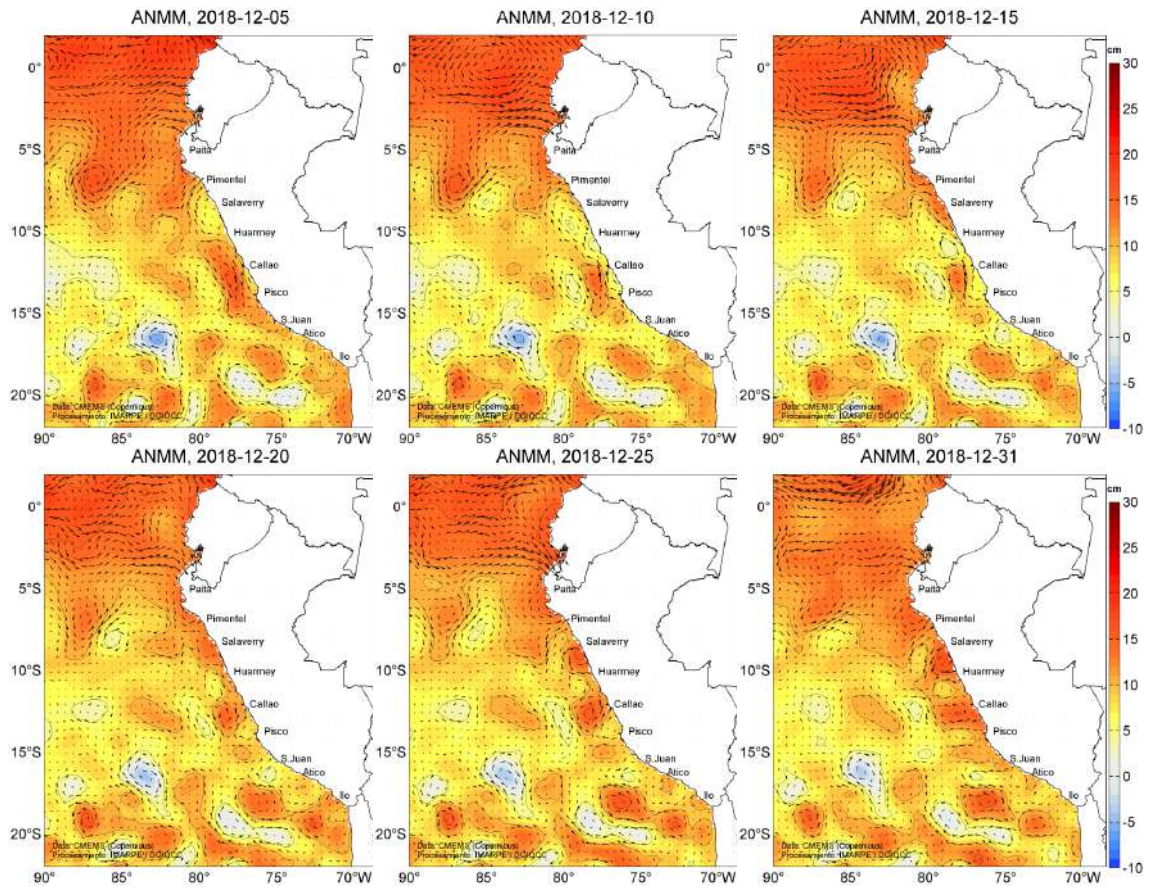


Figura 15. Anomalia de altura del nivel medio del mar (cm) y corrientes geostróficas, cada cinco días para el mes de diciembre de 2018. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

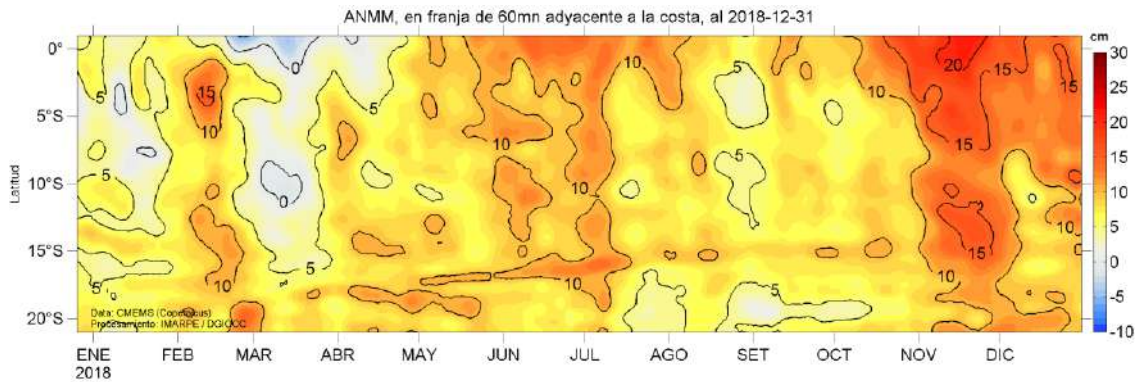


Figura 16. Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel medio del mar (cm), durante un año hasta el 31 de diciembre del 2018, para la franja de 60mn adyacente a la costa. Fuente: CMEMS, Procesamiento IMARPE.

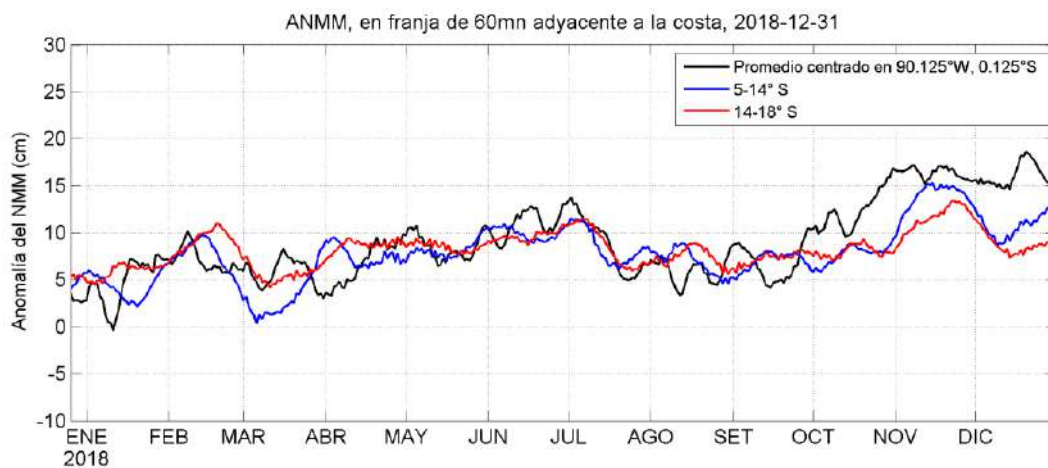


Figura 17. Variación temporal de la ANMM, dentro de las 60mn de la costa y en la zona de Galápagos, durante un año hasta el 31 de diciembre del 2018. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

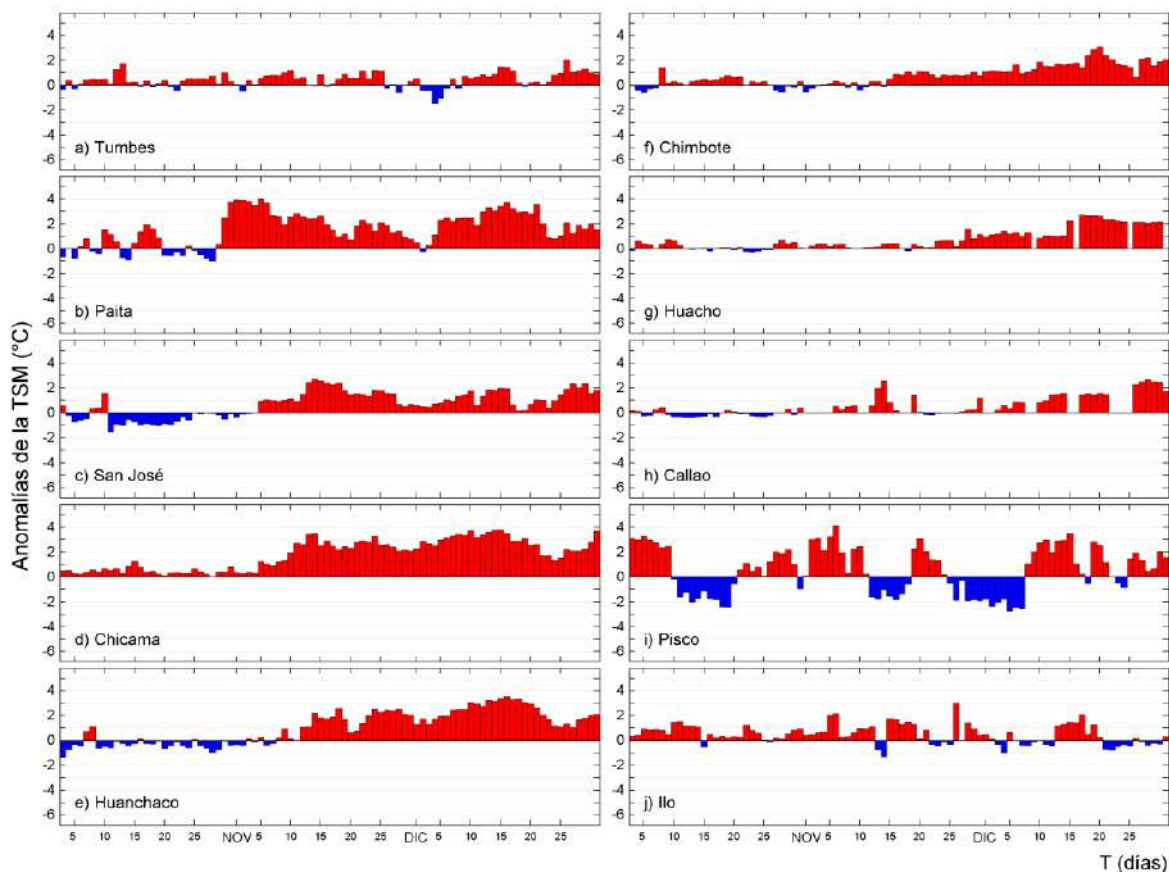


Figura 18. Series temporales del promedio diario de las anomalías de la temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$) en la red de estaciones costeras de IMARPE durante el último trimestre. Datos y procesamiento: IMARPE.

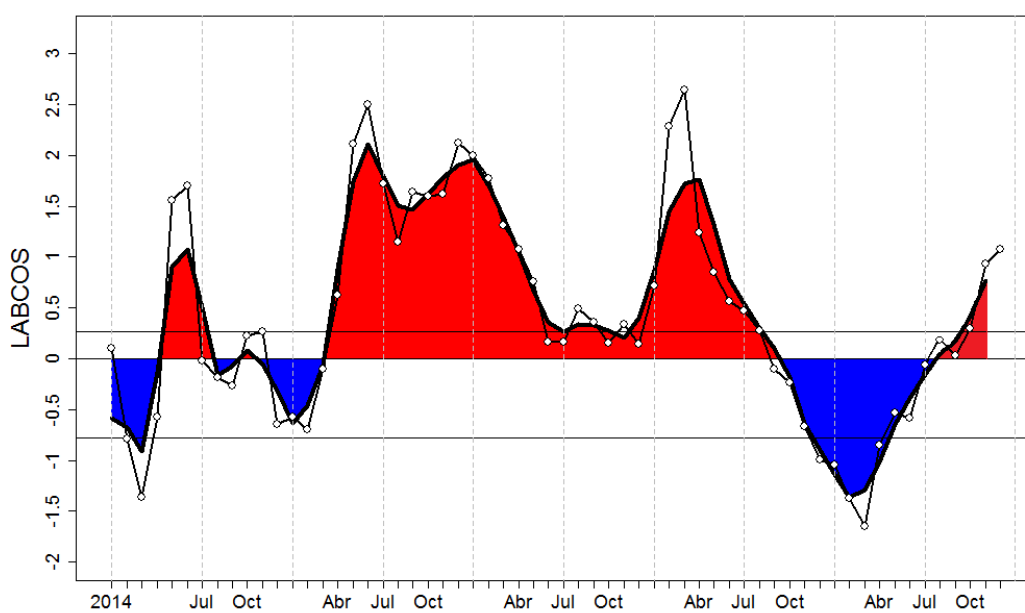


Figura 19. Índice LABCOS (área sombreada) y valor mensual (círculos); periodo enero 2014 - diciembre 2018. Datos: IMARPE, DHN; procesamiento: IMARPE

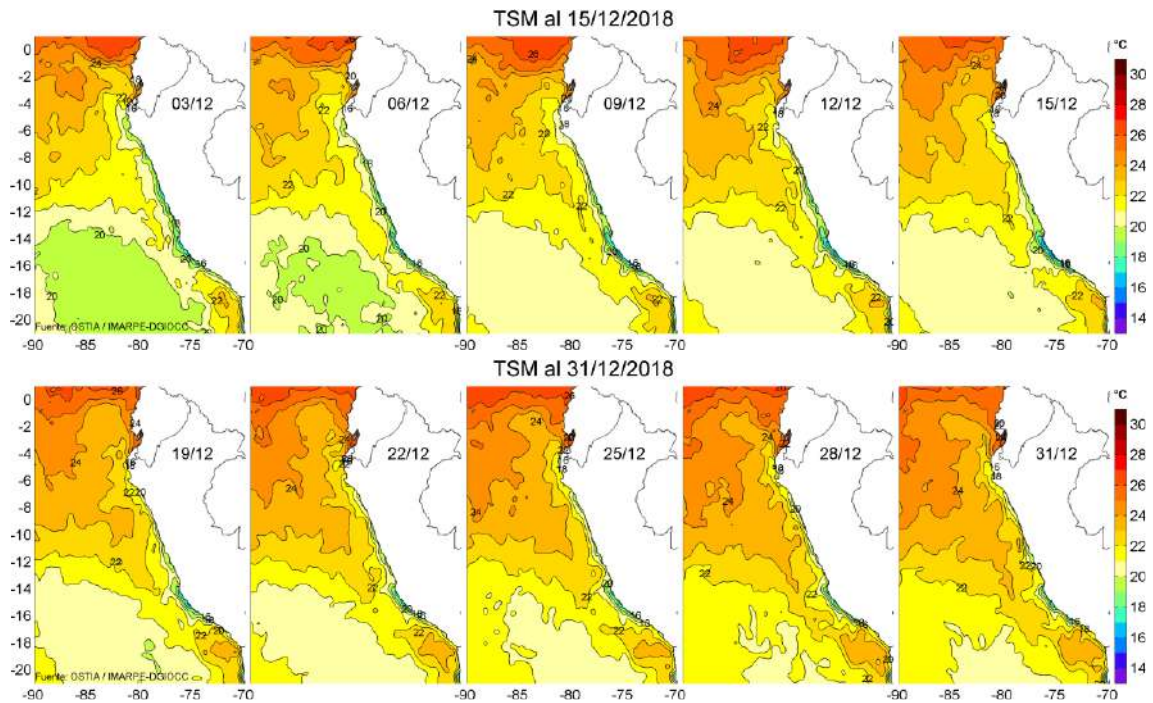


Figura 20. Temperatura superficial del agua (°C) en el mar peruano, cada tres días durante diciembre del 2018. Fuente PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

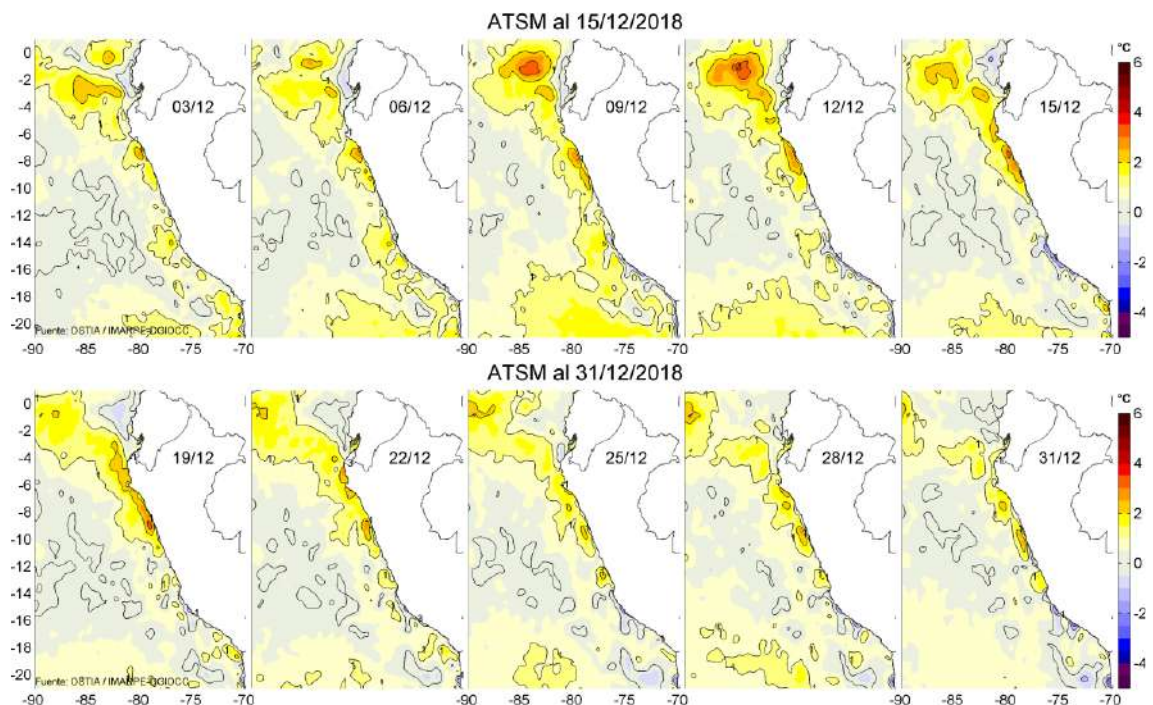


Figura 21. Anomalías de Temperatura Superficial del Mar (ATSM) frente a Perú, cada tres días durante diciembre del 2018, (periodo climatológico 2007-2016). Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

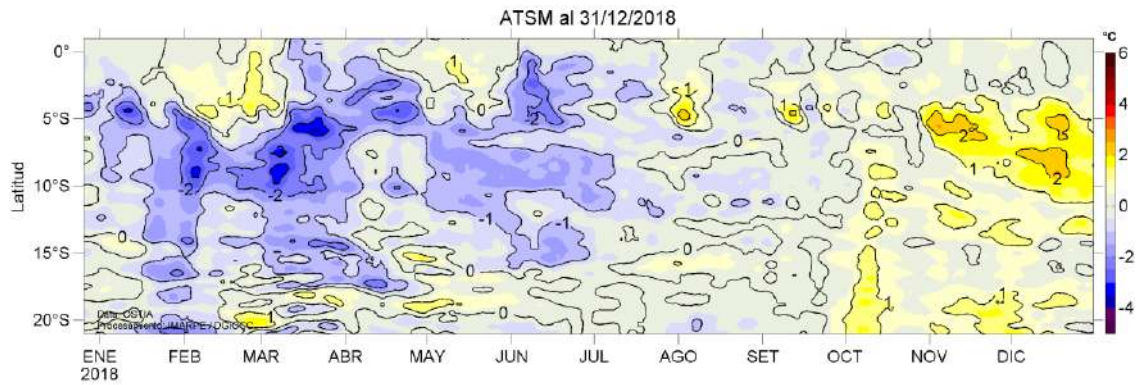


Figura 22. Evolución de las Anomalías de Temperatura Superficial del Mar (ATSM), dentro de las 60 mn de la costa, durante un año hasta el 30 de diciembre del 2018, (periodo climatológico 2007-2016). Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

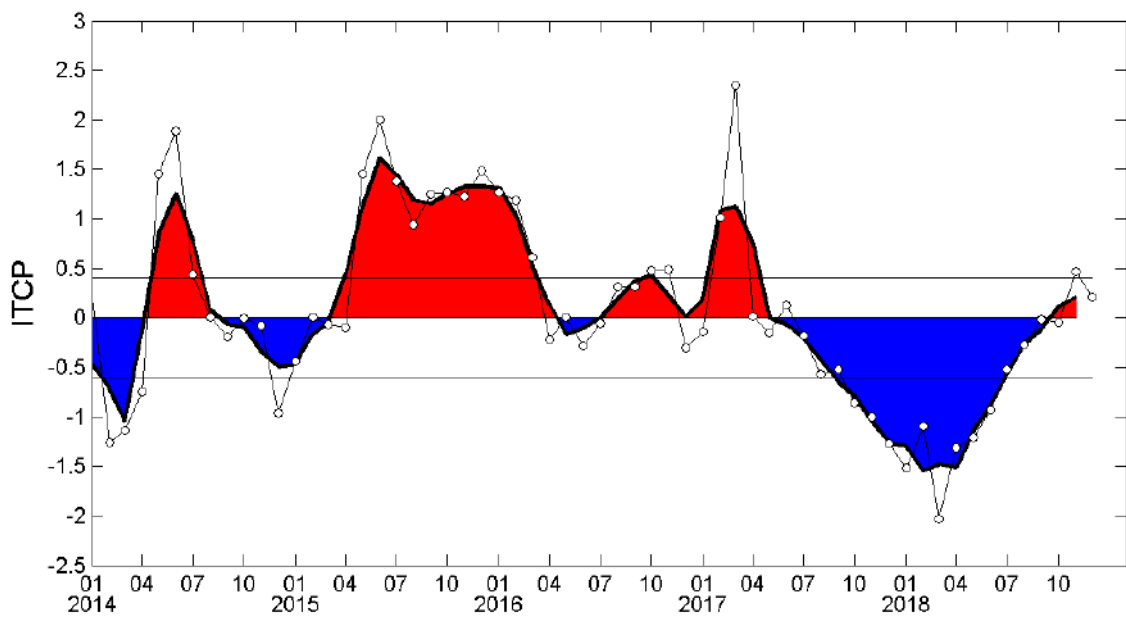


Figura 23. Variación temporal del ITCP hasta el trimestre OND 2018. La variación temporal del ITCP trimestral (área sombreada) y la serie de tiempo mensual del primer componente principal de la ATSM (círculo blanco). Fuente: IMARPE.

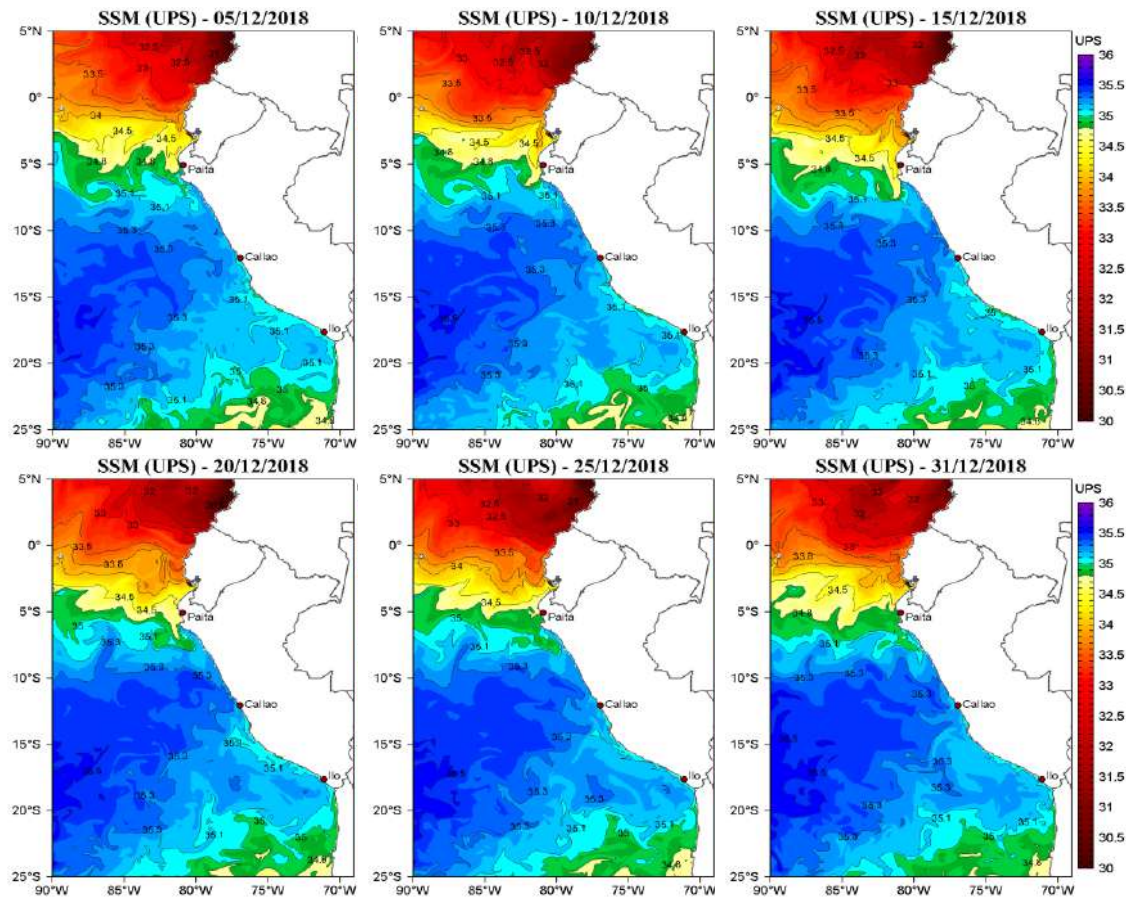


Figura 24. Distribución espacial de Salinidad Superficial del Mar (SSM), durante los días 05, 10, 15, 20, 25 y 31 de diciembre del 2018. Fuente: HYCOM, Procesamiento: DGIOCC-IMARPE.

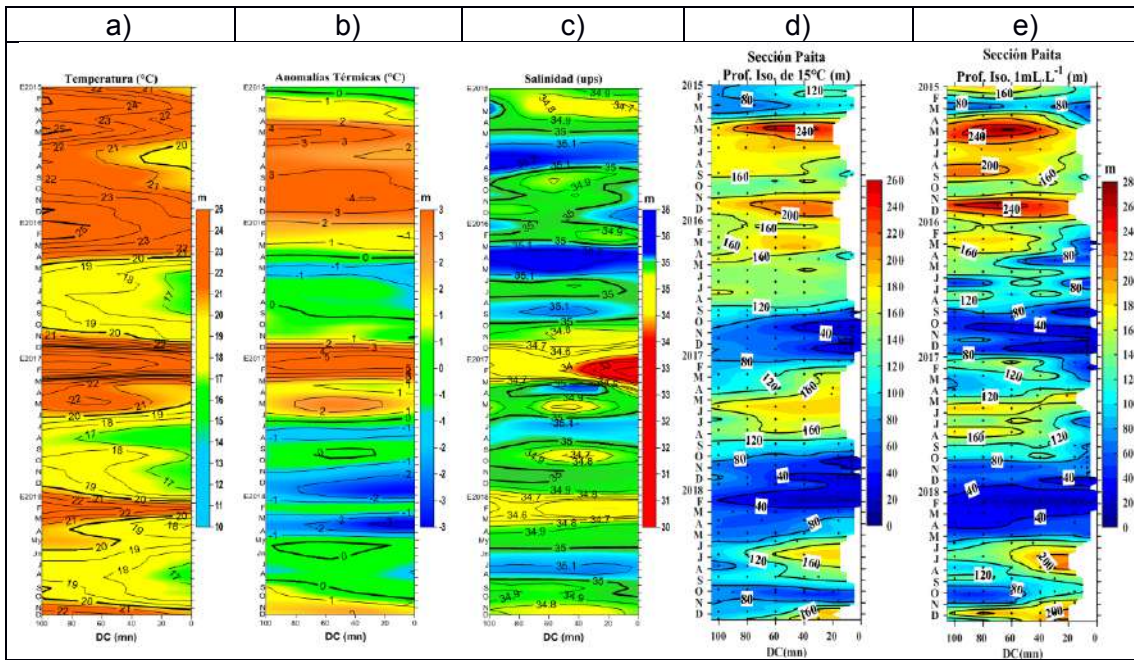


Figura 25. Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) Profundidad de la isoterma de 15°C (m) y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL L⁻¹ (m) de las secciones verticales frente a Paita, registrado desde enero del 2015 hasta diciembre del 2018.

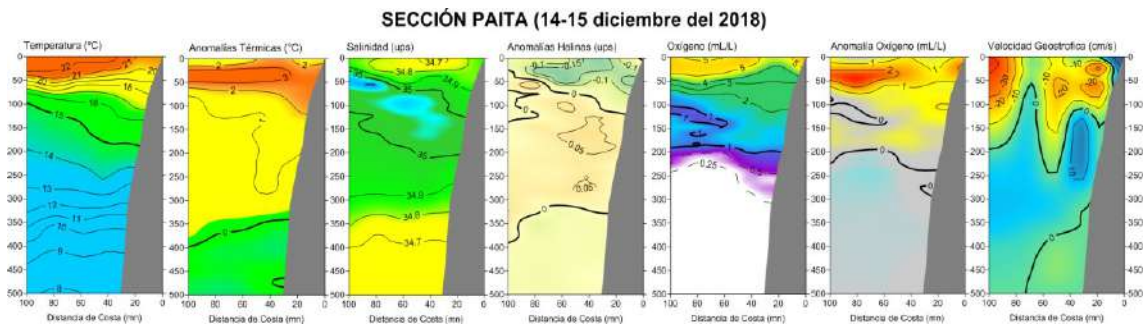


Figura 26. Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups), e) oxígeno (mL L⁻¹), f) anomalía de oxígeno (mL L⁻¹) y g) velocidad geostrofica (cm/s) frente a Paita, realizada durante el 14 y 15 de diciembre de 2018. Fuente: IMARPE.

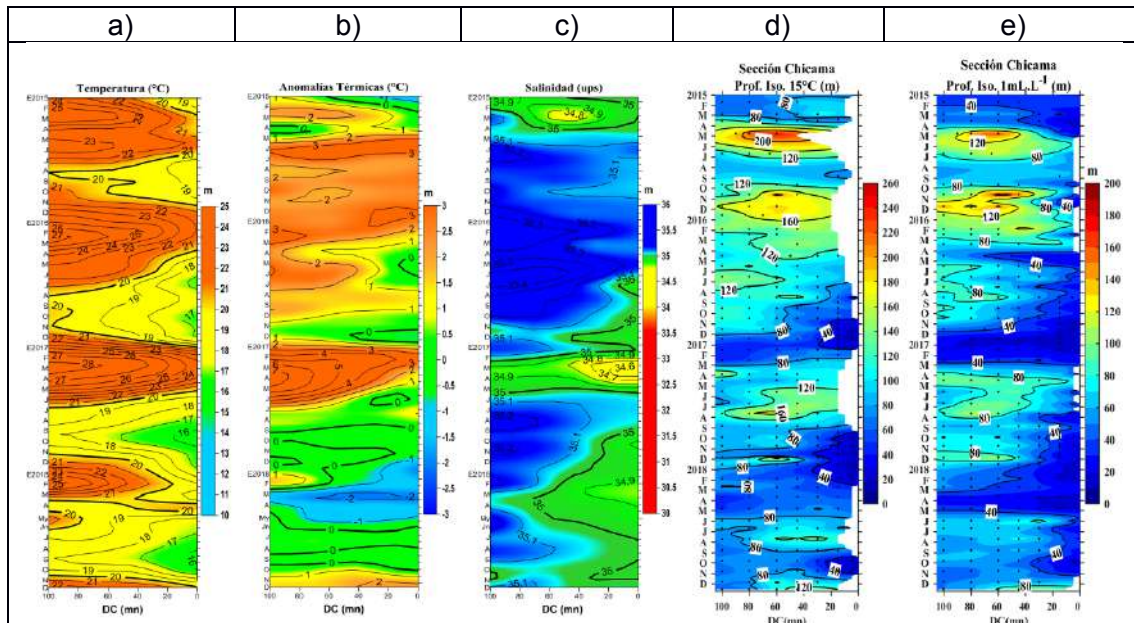


Figura 27. Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) Profundidad de la isoterma de 15°C (m) y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL L⁻¹ (m) de las secciones verticales frente a Chicama, registrado desde enero del 2015 hasta diciembre de 2018.

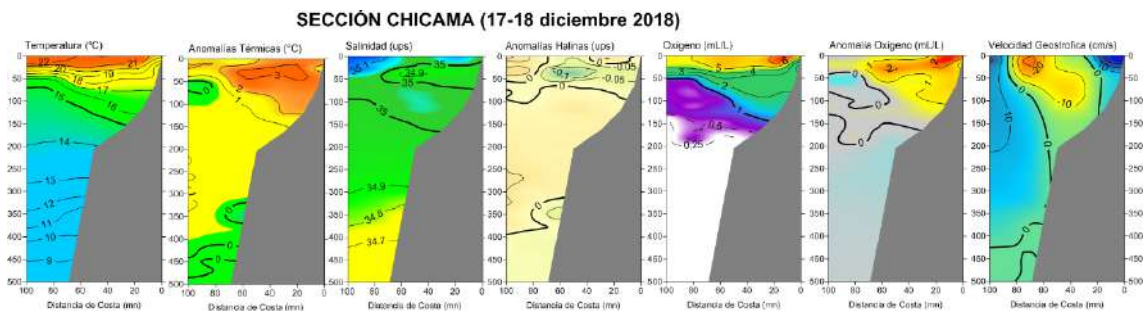


Figura 28. Distribución vertical de: a) Temperatura Superficial del Mar (°C), b) Anomalía de Temperatura Superficial del Mar (°C), c) Salinidad Superficial del Mar (ups), d) Anomalía de Salinidad Superficial del mar (ups), e) anomalía de Oxígeno (mL L⁻¹), f) Anomalía de Oxígeno (mL L⁻¹) y g) Velocidad Geostrofica (cm/s) frente a Chicama, realizada durante el 17 y 18 de diciembre de 2018. Fuente: IMARPE.

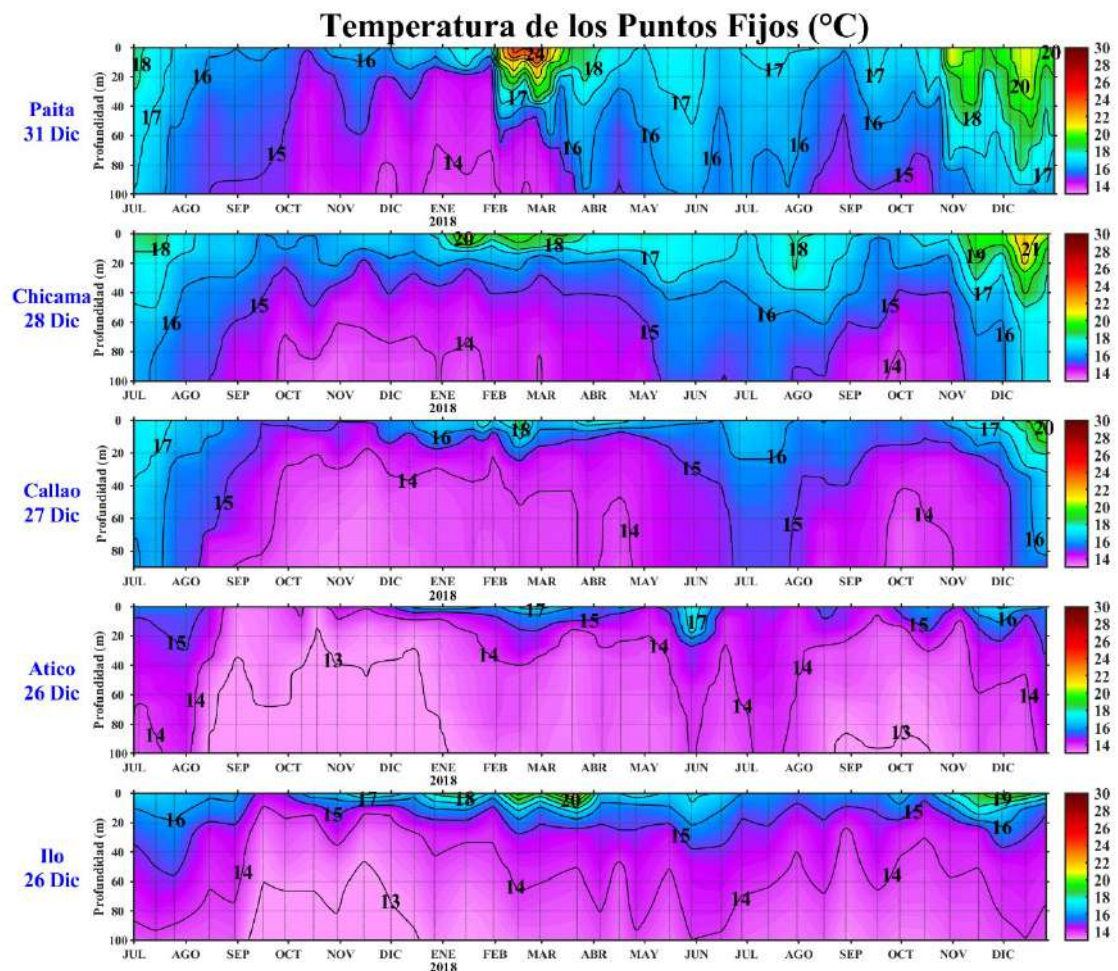


Figura 29. Series de tiempo de la estructura térmica (°C) en las estaciones fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico, e) Ilo de julio de 2017 a diciembre de 2018.

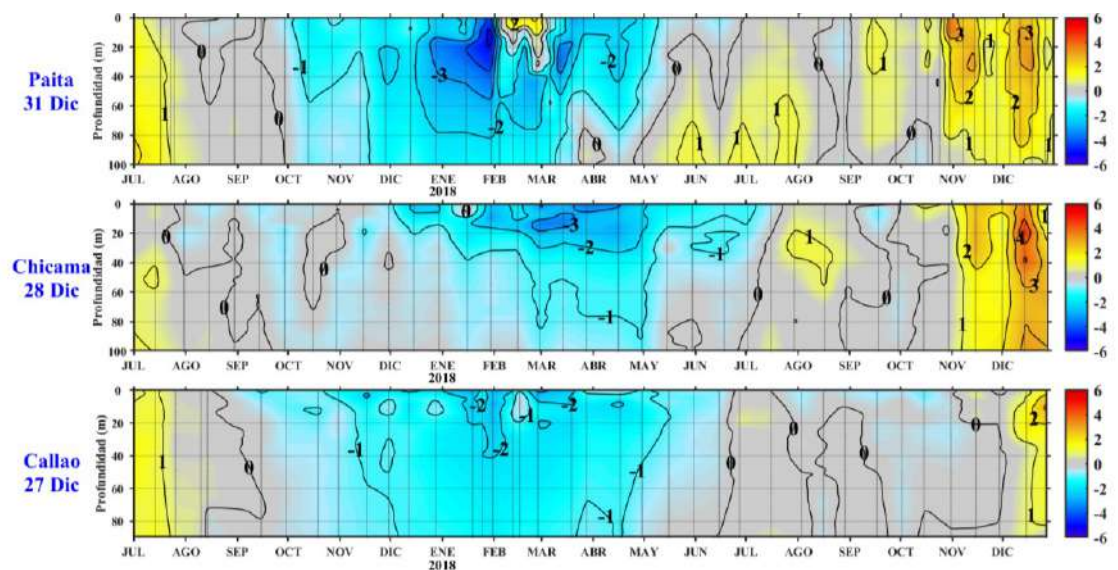


Figura 30. Series de tiempo de la anomalía térmica (°C) en las estaciones fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico, e) Ilo de julio de 2017 a diciembre de 2018.

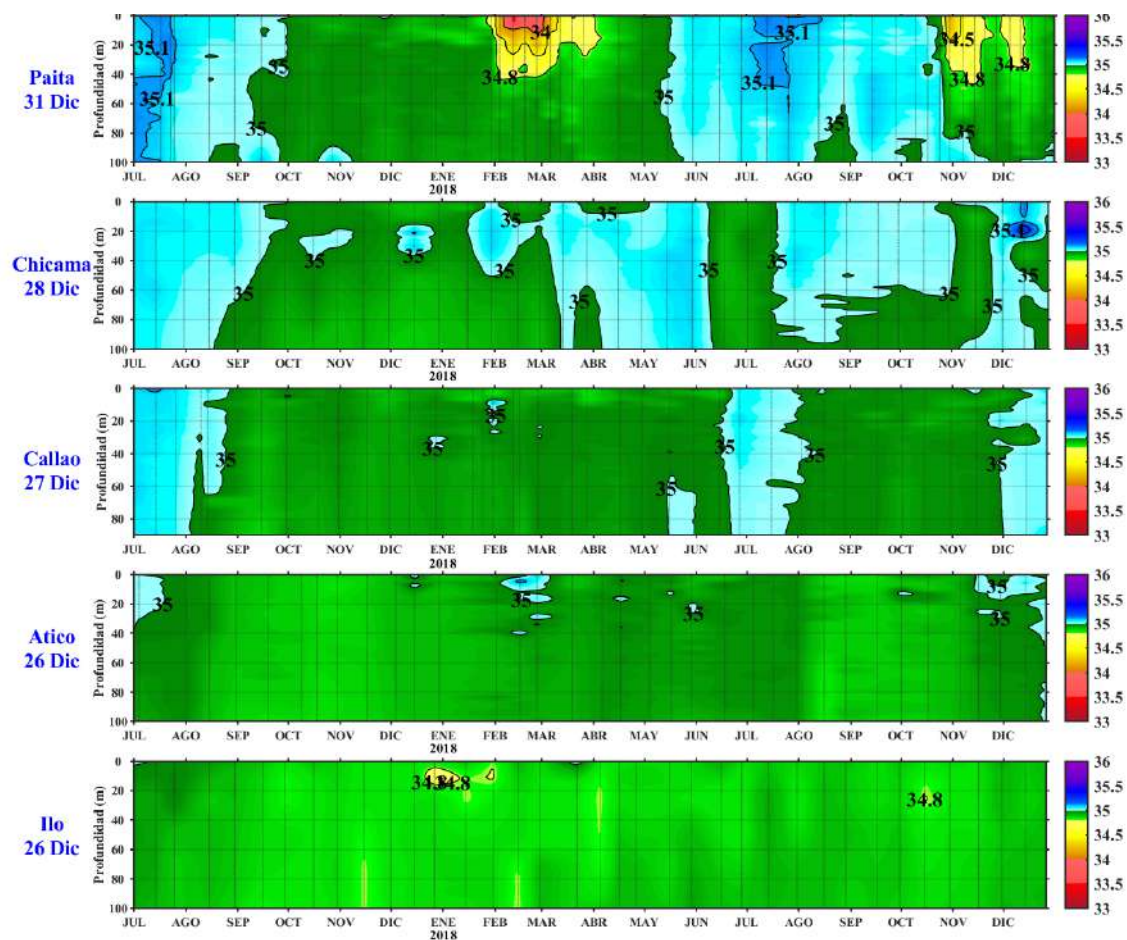


Figura 31. Series de tiempo de la Salinidad del agua de mar (ups) en los Punto Fijos de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo de julio de 2017 a diciembre de 2018.

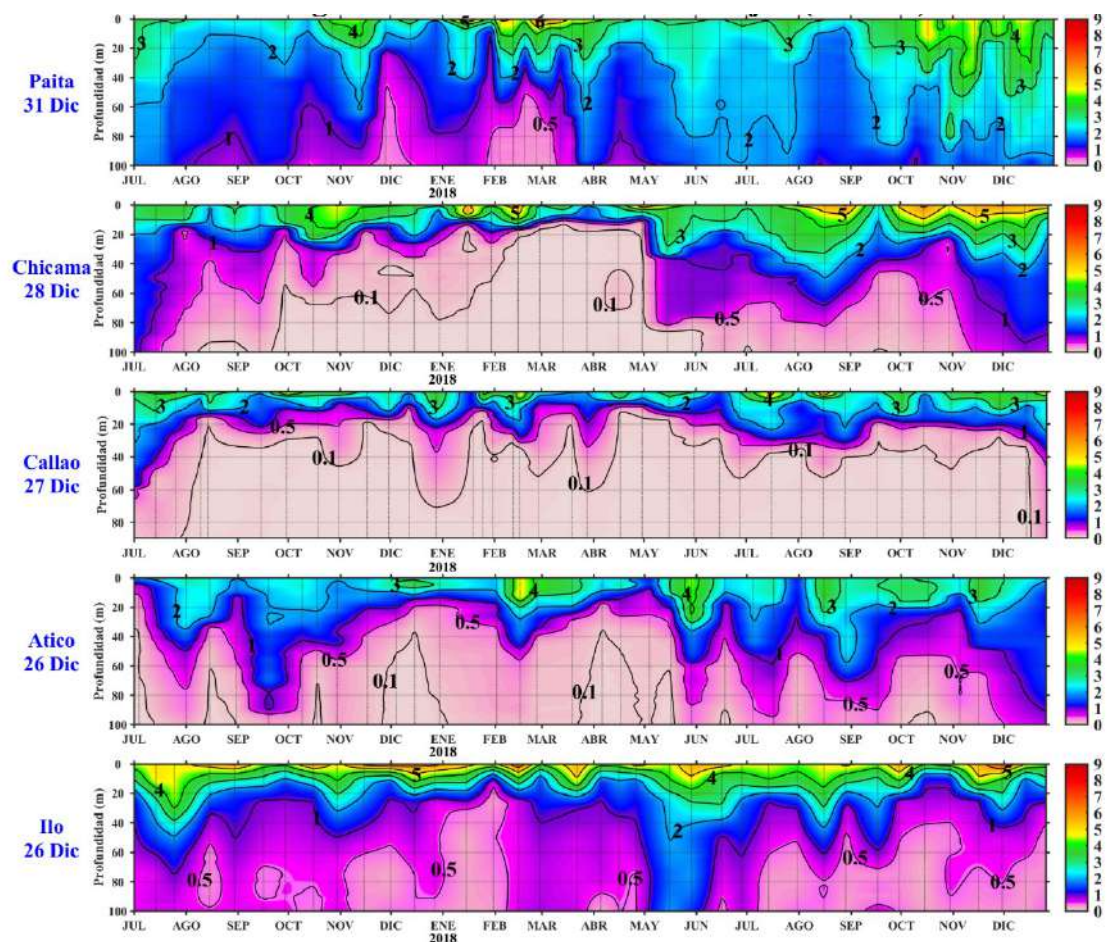


Figura 32. Series de tiempo de la concentración de oxígeno disuelto (mL L^{-1}) en las estaciones fijas de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo de julio de 2017 a diciembre de 2018.

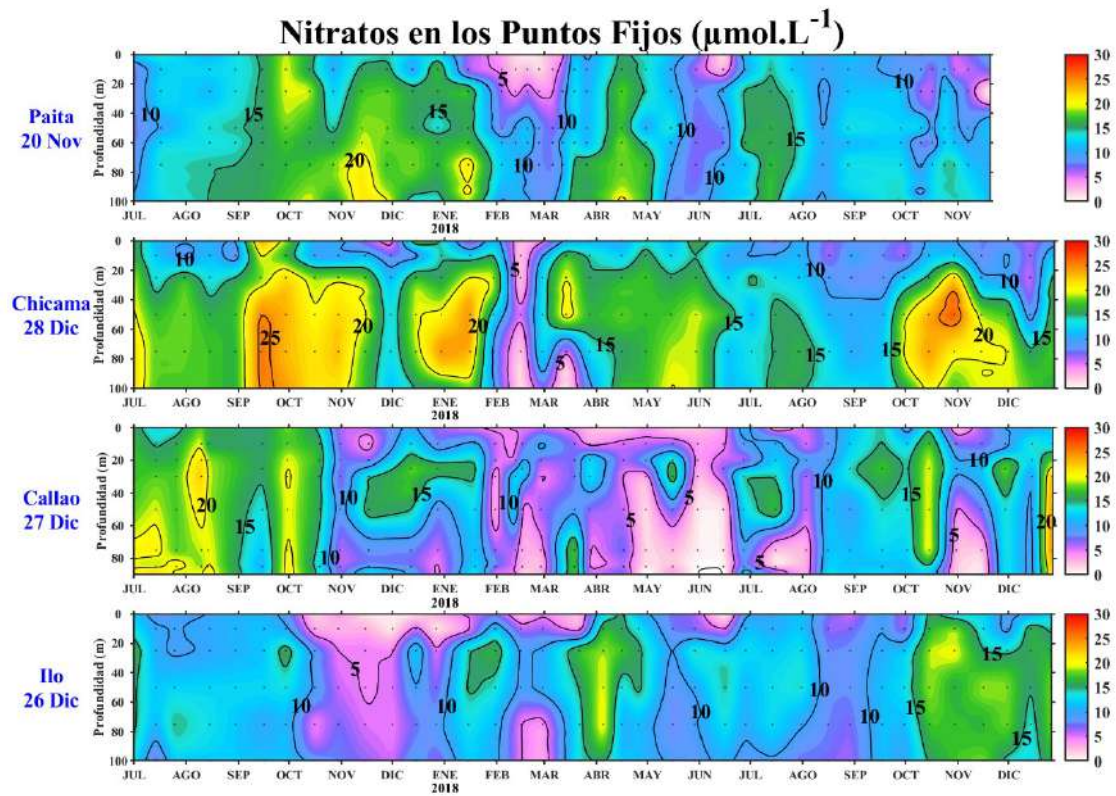


Figura 33. Concentración de nitratos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en los puntos fijos Paita, Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre julio 2017 a diciembre 2018.

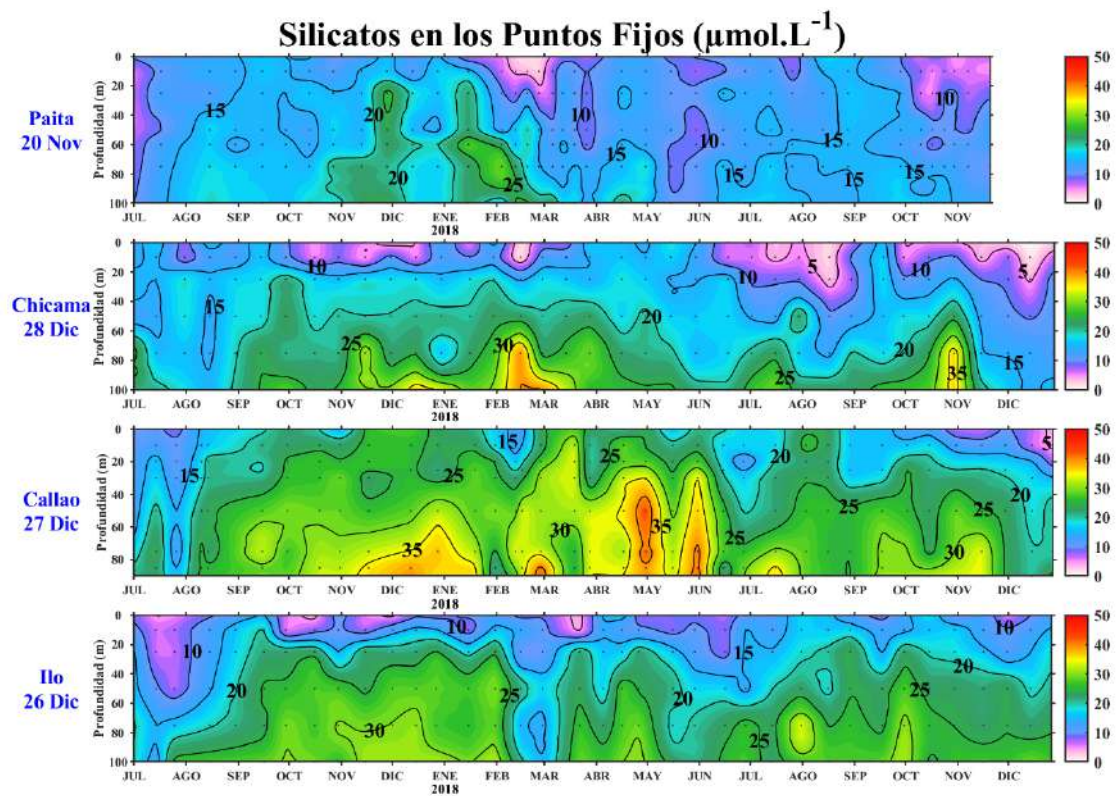


Figura 34. Concentración de silicatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en los puntos fijos Paita, Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre julio 2017 a diciembre 2018.

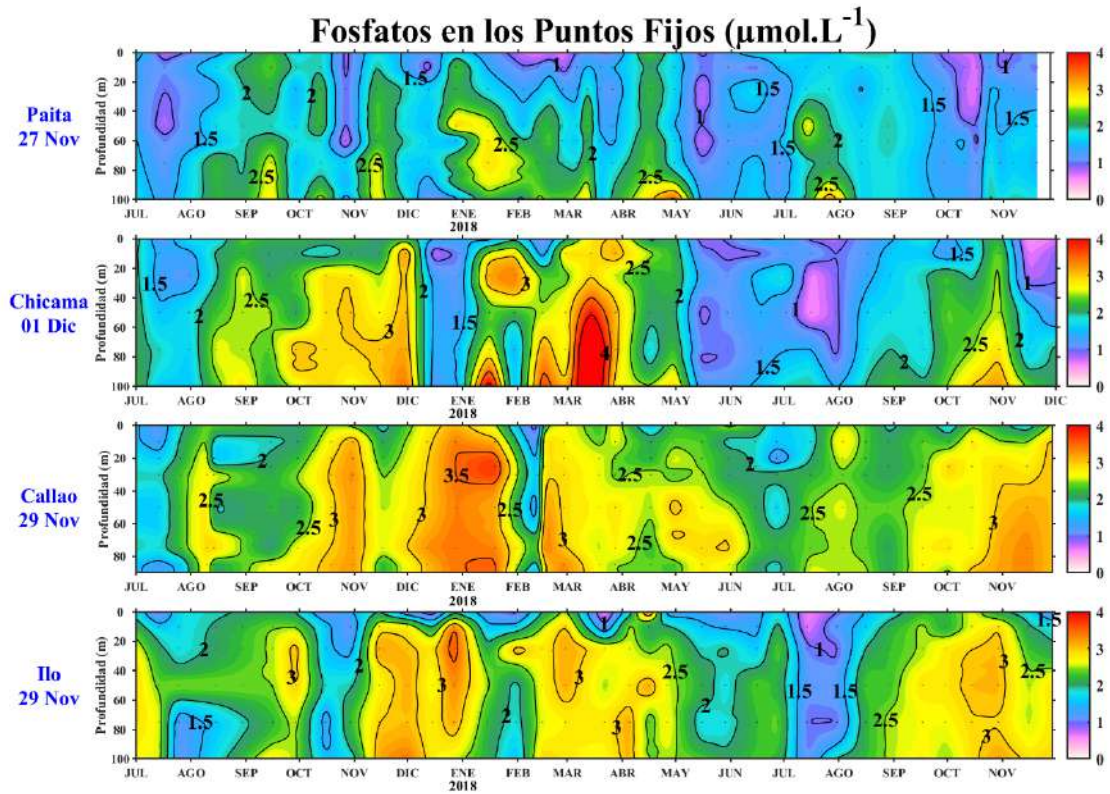


Figura 35. Concentración de fosfatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en los puntos fijos Paita, Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre julio 2017 a diciembre 2018.

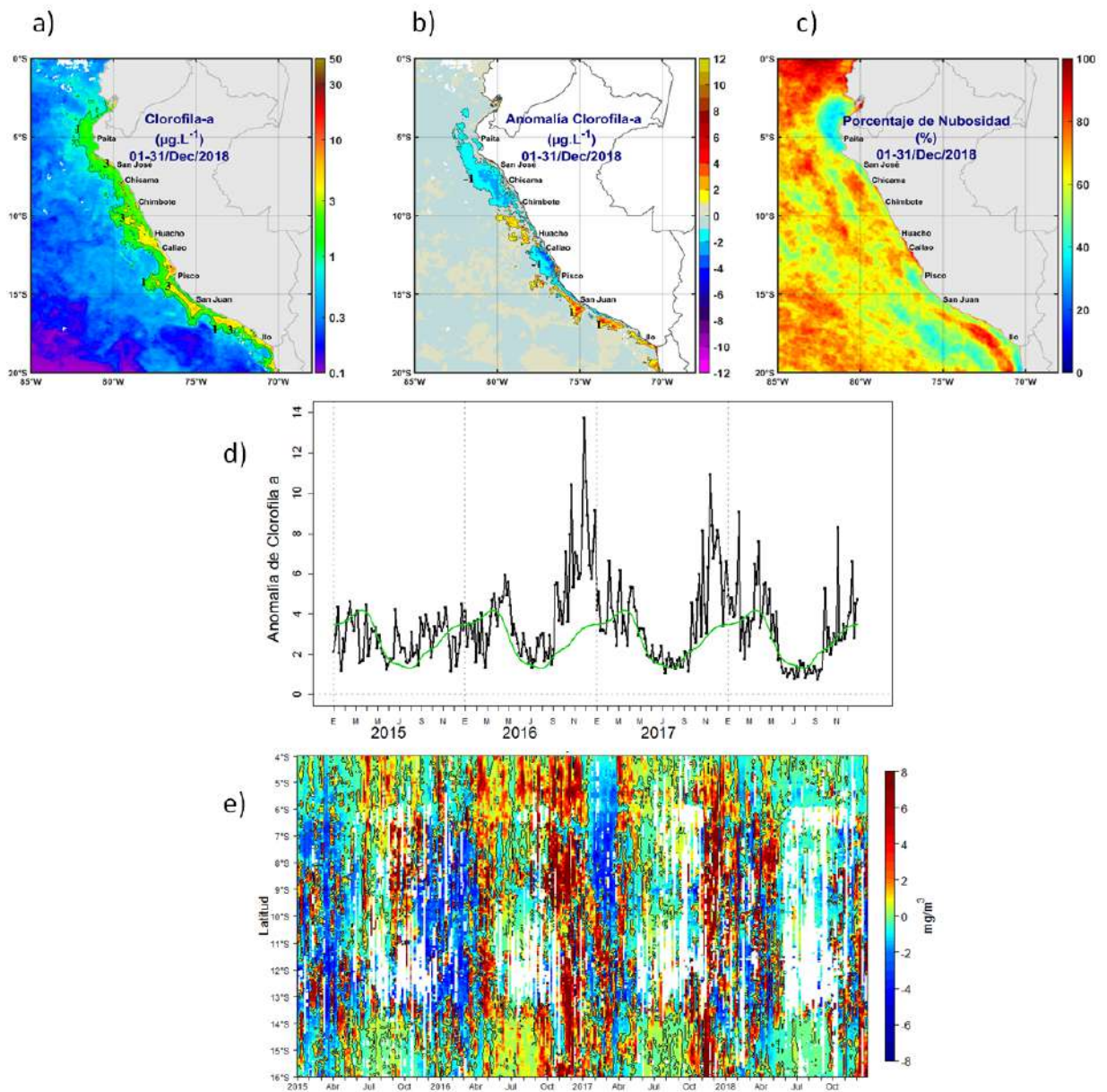


Figura 36. Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de Clorofila-a satelital proveniente de MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante diciembre 2018. Número de días con nubes en (c). Serie de tiempo (d) para 4°S-16°S y dentro de los 100 km de la costa, de las concentraciones de clorofila-a satelital (línea negra) 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.

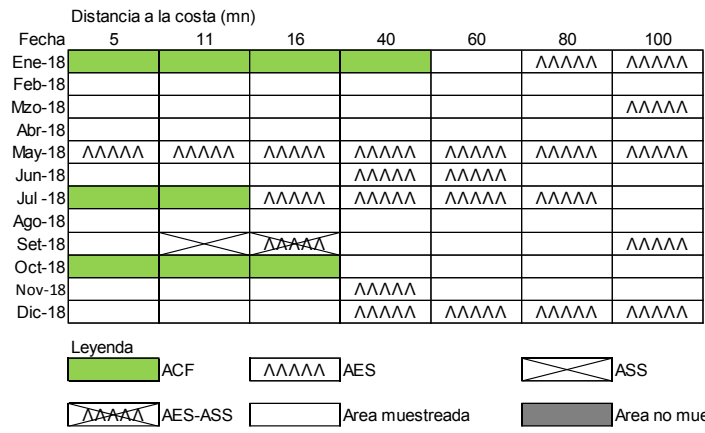


Figura 37. Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton en la sección Paita 1812.

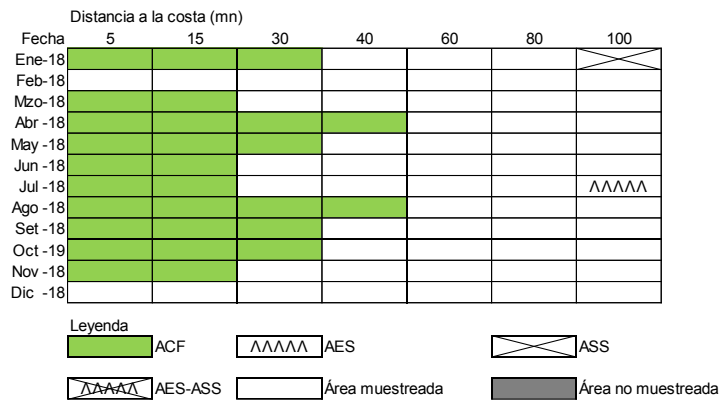


Figura 38. Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton en la sección Chicama 1812.

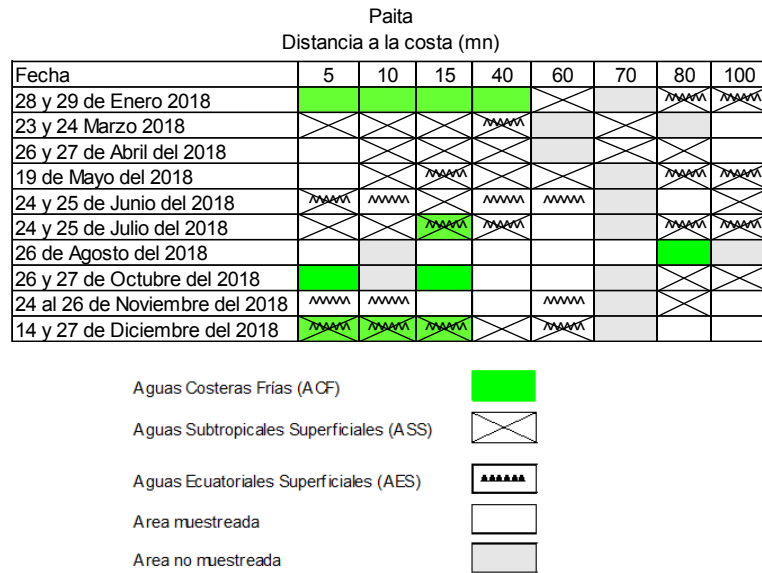


Figura 39. Distribución de Indicadores biológicos de zooplancton en la sección Paita 1812.

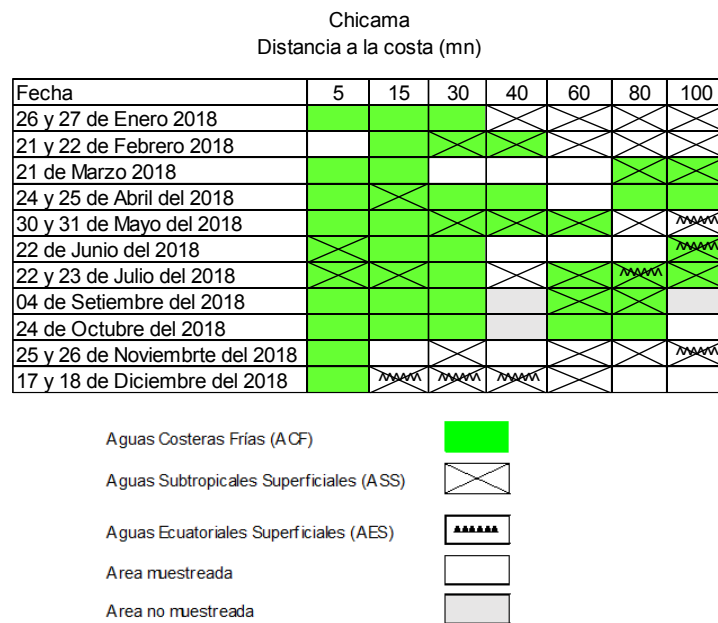


Figura 40. Distribución de Indicadores biológicos de zooplancton en la sección Chicama 1812.

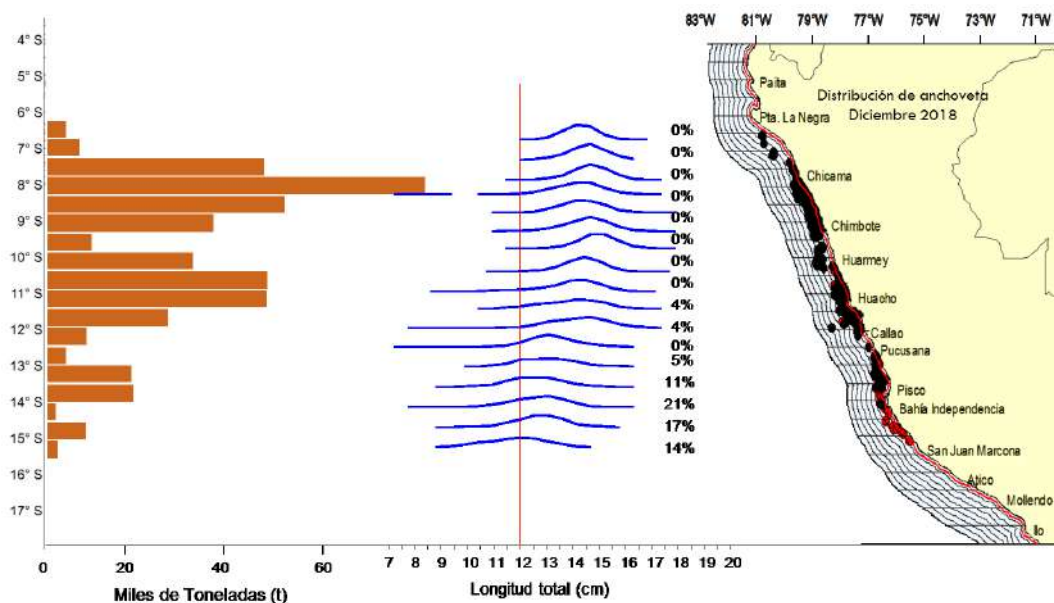


Figura 41. a) Desembarque (t) y b) puntos de pesca de anchoveta en el mar peruano. Diciembre 2018. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

Índice gonadosomático



Fracción desovante

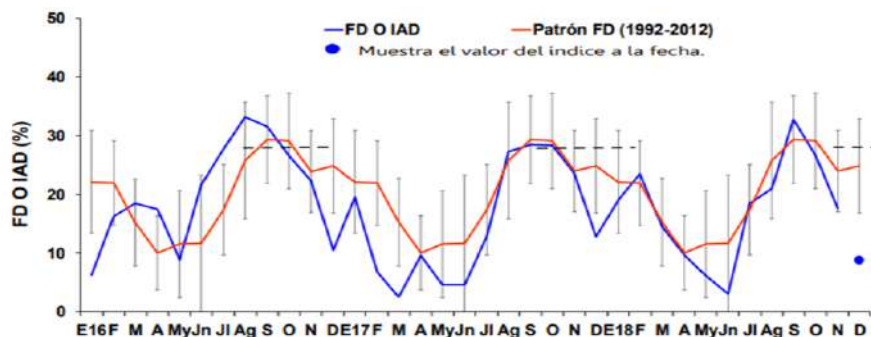


Figura 42. Indicadores reproductivos, a) Índice Gonadosomático (IGS) y b) Fracción Desovante (FD) del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: enero 2015 – diciembre 2018. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.



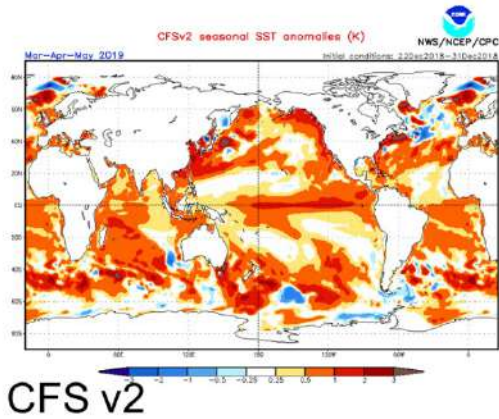
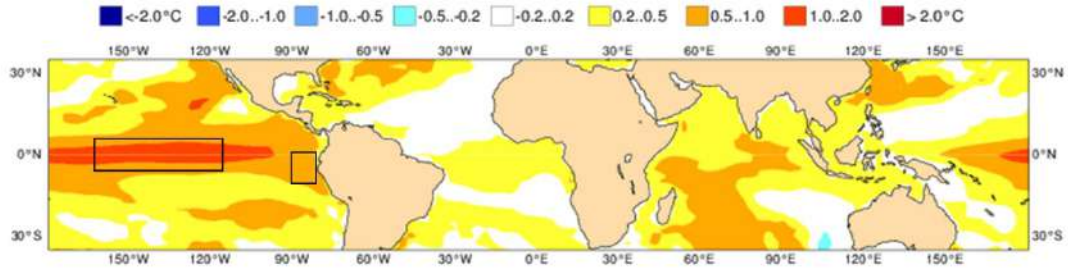
Figura 43. Presencia de especies indicadoras de aguas frías y cálidas durante diciembre 2018.

EUROSIP multi-model seasonal forecast
 Mean forecast SST anomaly
 Forecast start reference is 01/12/18
 Variance-standardized mean

ECMWF/Met Office/Meteo-France/NCEP/JMA
 MAM 2019

MAM 2019

ECMWF



CFS v2

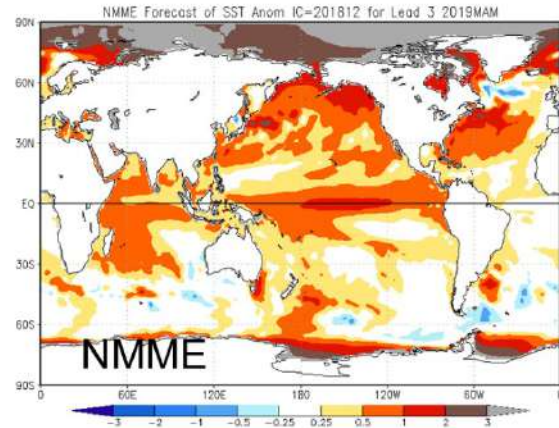


Figura 44. Pronóstico de la SST para el trimestre DEF 2018-2019 del modelo ECMWF (condiciones iniciales diciembre 2018), CFSv2 (condiciones iniciales noviembre 2018), y NMME (condiciones iniciales octubre 2018). Los recuadros indican la región El Niño 3.4 y 1+2. Fuente: IRI/CPC.

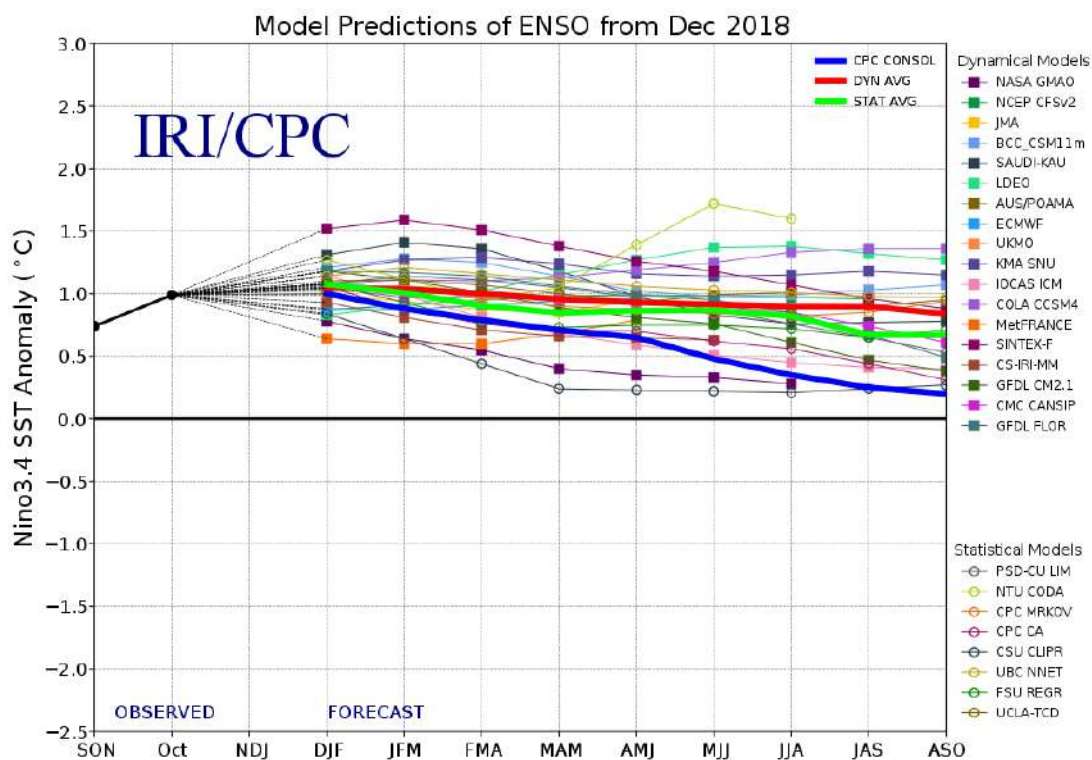


Figura 45. Pronóstico del índice Niño 3.4 mediante modelos climáticos estadístico y dinámico. Fuente: IRI/CPC, diciembre 2018.

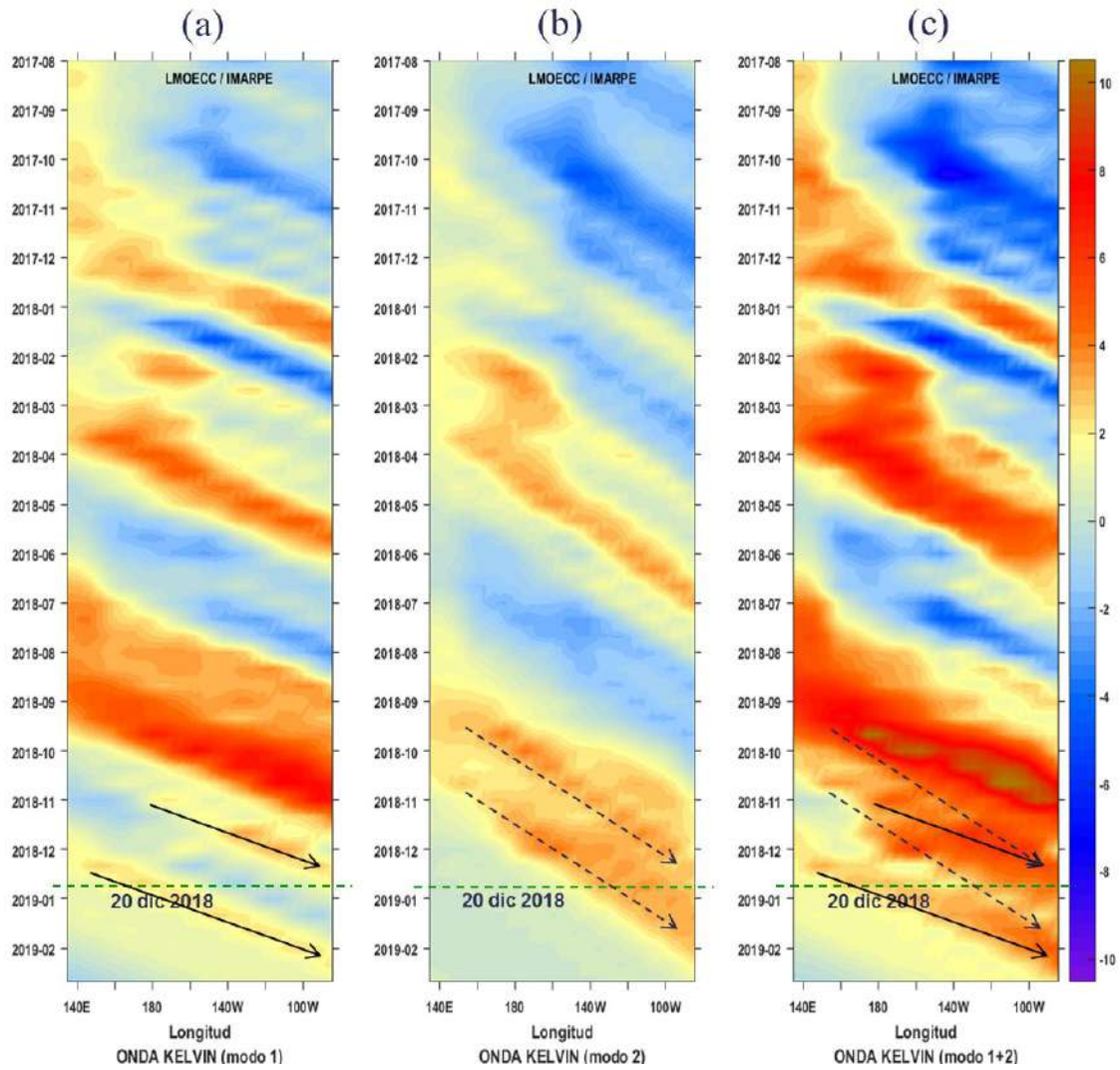


Figura 46. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).

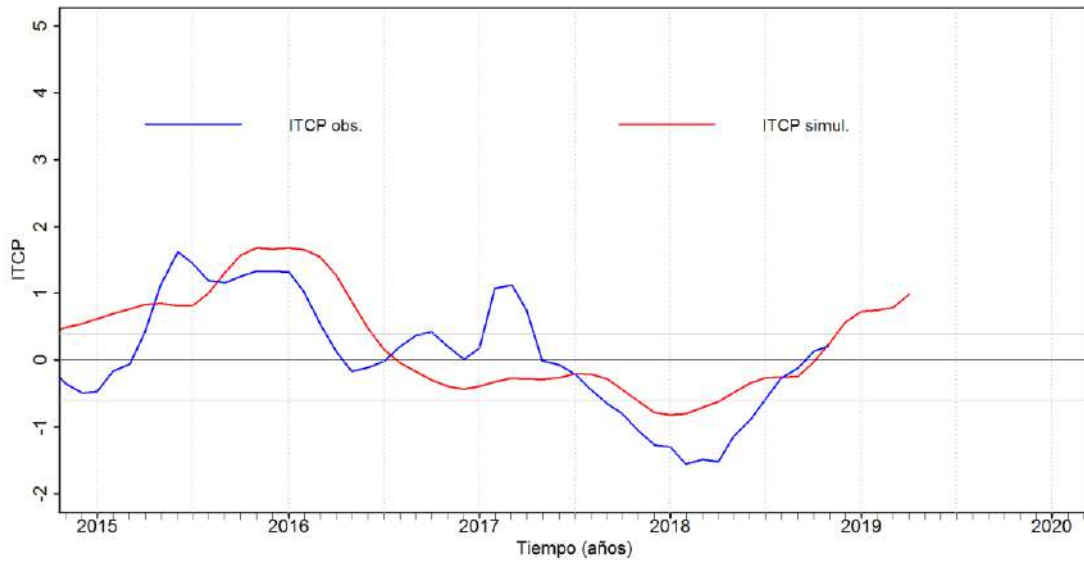


Figura 47. Pronóstico del ITCP mediante un modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia (Dewitte et al., 2002; Gushchina et al., 2000). Fuente: IMARPE.

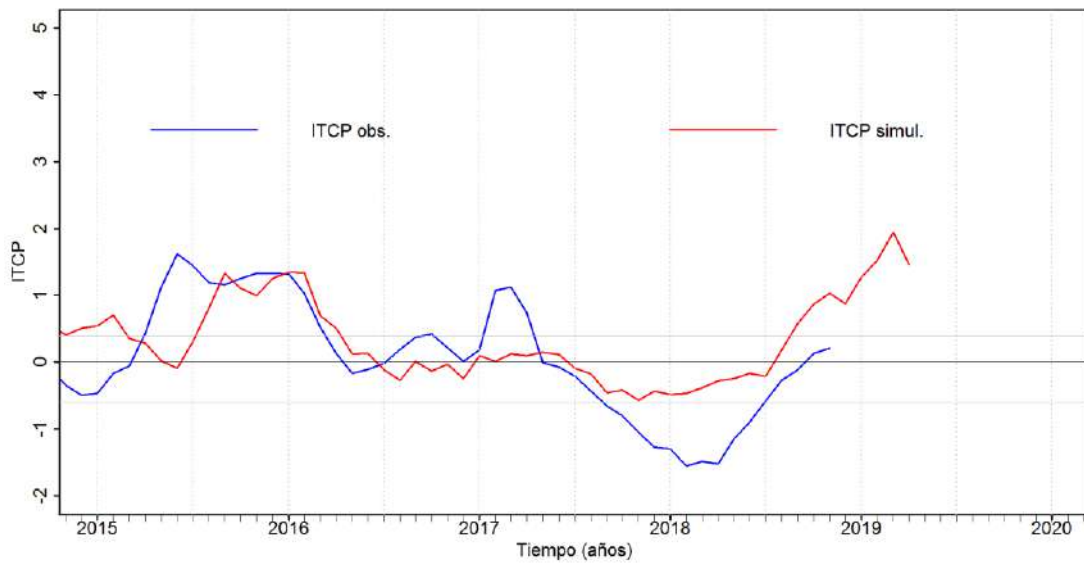


Figura 48. Pronóstico del ITCP mediante un modelo estadístico (Matellini et al., 2007). Fuente: IMARPE.