



PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

Programa Presupuestal por Resultados N°068

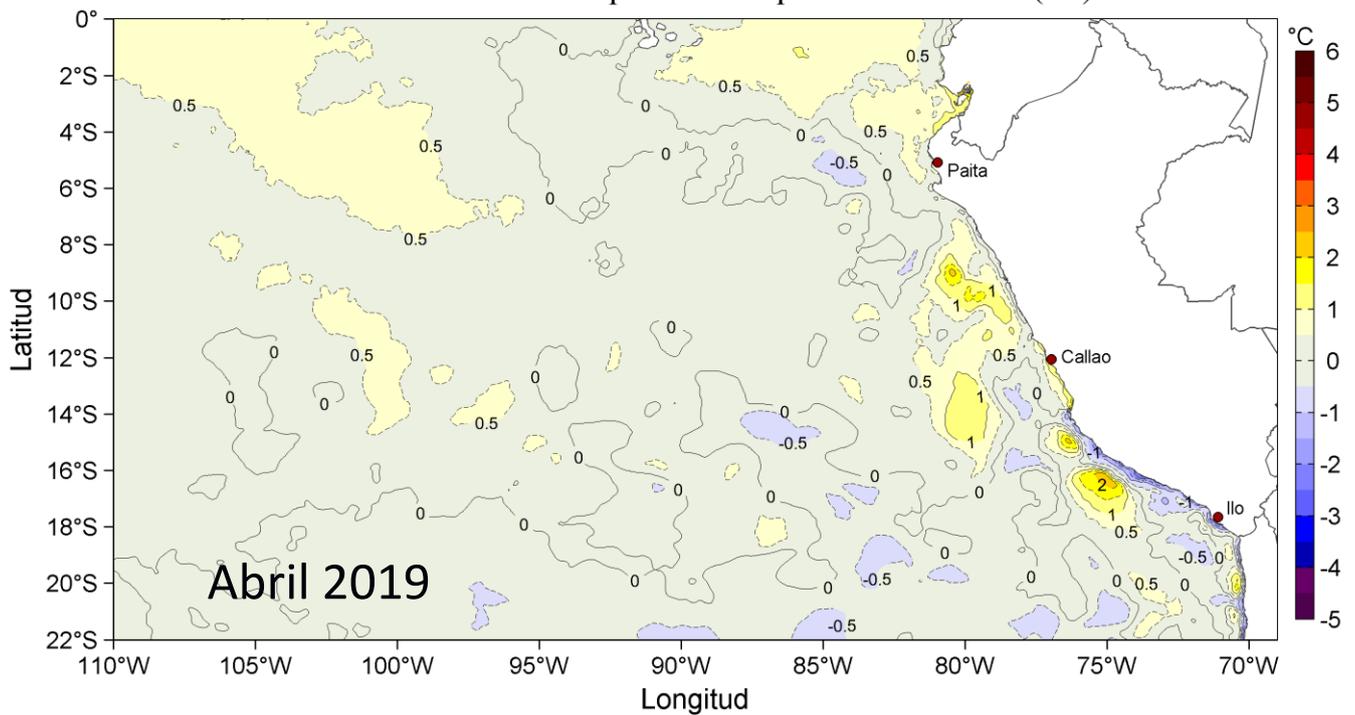
“Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de emergencias por Desastres”

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 ABRIL 2019

Anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (°C)



Abril, 2019

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

GRUPO DE TRABAJO INSTITUCIONAL EL NIÑO

**Informe de las Condiciones Oceanográficas y Biológico Pesqueras
Abril 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 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. Especies Indicadoras**
- 4. PRONÓSTICO DE LAS CONDICIONES DEL PACÍFICO 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
Abril 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 30 de abril 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 ~1021 hPa, encontrándose desplazado al este de su posición normal y con una intensidad mayor que su valor climatológico en 1 hPa (Figuras 1 y 2). Así mismo, se observaron anomalías de presión entre +1 hPa y +3 hPa en el Pacífico occidental y un núcleo de anomalías positivas de presión de +1,0 hPa en el Pacífico este subtropical. Frente a la costa peruana predominaron las ligeras anomalías negativas de presión, inferiores a 1 hPa de magnitud (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 FMA 2019 el IAPS presentó un valor de +0,6 hPa, menor que su valor anterior (+1,6 hPa), aún dentro del rango neutro del APS. El valor mensual de la anomalía de la presión máxima en abril fue de +0,1 hPa (Figura 3a). Los índices ILON e ILAT presentaron valores de +7,7 y -0,3 para el trimestre FMA, respectivamente, confirmando que el núcleo del APS ha estado ubicado al Este de su posición habitual en el último trimestre. Los valores mensuales de las anomalías de posición longitudinal y latitudinal fueron de +4,2 y +0,3 respectivamente (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. En el Pacífico ecuatorial entre 120 °W y 90 °W se presentaron valores positivos (Figura 4), indicando condiciones anómalas de subsidencia. 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 140 °W hasta los 80 °W la velocidad zonal presentó anomalías alrededor de cero y hasta +1 m s⁻¹, mientras que, al oeste de los 150 °W, se presentaron anomalías del oeste con valores superiores a +3,0 m s⁻¹ (Figura 5).

1.2. Aspectos oceanográficos

1.2.1. Condiciones superficiales.

En el Pacífico ecuatorial oriental la intensidad de las anomalías térmicas tendió a disiparse en abril, llegando a presentarse de manera predominante condiciones neutras con débiles anomalías térmicas positivas (Figura 6). Las anomalías de TSM en las regiones Niño 4, Niño 3.4 y Niño 3, exhibieron una tendencia descendente, mientras que en la región Niño 1+2, se observó la fluctuación entre débiles anomalías negativas a débiles anomalías positivas. El último valor de la anomalía semanal de TSM para las regiones Niño 4, Niño 3.4, Niño 3 y Niño 1+2, fue de +0,7 °C, +0,9 °C, +0,9 °C y +0,1 °C, respectivamente (Figura 7).

1.2.2. Condiciones sub-superficiales

El contenido de calor en la capa superior del Pacífico ecuatorial (300 m, entre 180 °W y 100 °W), continuó desde marzo con tendencia decreciente de las anomalías positivas, presentando un promedio mensual de +0,58 °C (Figura 8). Estas condiciones estuvieron asociadas a anomalías positivas menores a +2 °C encima de los 100 m al oeste de 110°W, mientras que al este de 110 °W las anomalías positivas estuvieron encima de los 50 m. Debajo de esta capa, predominaron condiciones normales y anomalías negativas débiles (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 4,0 m s⁻¹ a 7,0 m s⁻¹ durante casi todo el mes. En la zona oceánica, el viento varió entre 4,0 m s⁻¹ y 6,0 m s⁻¹, con máximos valores durante la última semana del mes (Figura 10). A lo largo de la costa entre Paita y Pisco la velocidad del viento presentó predominancia de valores normales, conforme a la climatología. Entre Pisco y San Juan se mantuvieron las anomalías de velocidad de viento positivas a partir de la segunda semana del mes, pero fuera de esta región se observaron anomalías negativas y condiciones normales. Durante la última semana a lo largo de la costa peruana y fuera de la costa la velocidad del viento presentó anomalías positivas con núcleos intensos alrededor de Pisco y al norte de Paita (Figura 11).

A lo largo de la franja costera de 40 km se presentaron vientos con velocidades entre 3,0 m s⁻¹ y 7,0 m s⁻¹ (Figura 12), predominando valores neutros a anomalías positivas de 1 m s⁻¹ a lo largo de la costa y un núcleo de intensas anomalías positivas (+3 m s⁻¹ a +4 m s⁻¹) alrededor de los 15 °S durante todo el mes. Al sur de los 16 °S la velocidad del viento se presentó en el rango normal (Figura 13). La dirección del viento costero fue predominante del sur.

El afloramiento costero se intensificó respecto al mes anterior, persistiendo a lo largo de todo el mes entre Talara y Huacho, así como al sur de Pisco. Frente a Talara y Paita el índice de afloramiento (IAC) se incrementó de 100 m³ s⁻¹ 100m⁻¹ a 450 m³ s⁻¹ 100m⁻¹. Entre los 5 °S y los 13 °S el IAC presentó valores por debajo de 150 m³ s⁻¹ 100m⁻¹. Frente a Pisco y San Juan el IAC mantuvo valores similares al mes anterior (200 m³ s⁻¹ 100m⁻¹) (Figura 14).

2.2 Aspectos oceanográficos

2.2.1 Anomalía del nivel medio del mar (ANMM)

En la costa centro-norte, durante la primera semana de abril, las ANMM de +10 cm alcanzaron una mayor cobertura espacial, extendiéndose hasta zonas oceánicas distantes. En la segunda quincena las ANMM se disiparon en la costa, permaneciendo núcleos de +10 cm fuera de las 150 mn. En la zona central fuera de las 100 mn resaltaron remanentes de vórtices anticiclónicos de +15 cm y por dentro vórtices ciclónicos con ANMM cercanas a cero. En la zona sur permanecieron en mayor proporción vórtices anticiclónicos con ANMM de +15 cm fuera de las 50 mn (Figura 15).

En la franja de 60 mn adyacente a la costa, durante las dos primeras semanas de abril se presentaron ANMM $>+10$ cm desde los 10 °S (Huarney) al norte y en menor medida en la zona central y frente a Ilo. Posteriormente las ANMM disminuyeron a lo largo de la costa, a valores entre +7 cm y +9 cm, alcanzando valores cercanos a cero entre Callao y Pisco en la última semana (Figura 16). En cambio, en Galápagos la tendencia decreciente se registró desde la primera semana, pasando de +19 cm a +7 cm en la última semana (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 Pisco donde se incrementó. Se presentaron en promedio anomalías positivas en la mayoría de los Laboratorios Costeros, exceptuando San José y Chimbote donde los valores fueron negativos. La TSM mensual varió entre 17,4 °C (Huacho y Callao) a 28,8 °C (Tumbes), mientras que su anomalía varió entre -0,5 °C (Chimbote) a +1,3 °C (Tumbes) (Tabla 1).

A nivel diario, la anomalía de la TSM presentó predominancia de valores positivos en Tumbes, el aumento de anomalías negativas (primera quincena) a positivas (segunda quincena) de Paita a Callao, y la alternancia de anomalías positivas y negativas en Pisco e Ilo. Entre Tumbes y Callao las máximas anomalías de la TSM (+3,5 °C) fueron observadas en Callao durante la tercera semana del mes, mientras que el mínimo valor (-2,9 °C) fue observado en San José durante la primera semana del mes. La mínima (-3,1 °C) y la máxima (+3,8 °C) anomalía de la TSM fueron detectadas en Pisco durante la primera semana del mes (Figura 18).

El índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2016) presentó un valor de +0,43 °C para el trimestre FMA del 2019 y un valor mensual de abril de +0,48 °C, siendo mayor al valor observado durante marzo 2019 (-0,09 °C) (Figura 19).

2.2.2.2 Información satelital de TSM y sus anomalías

La TSM frente a la costa centro-norte fue descendiendo. Dentro de las 100 mn, las zonas que a inicios de mes presentaron 25 °C, al finalizar el mes presentaron 23 °C, mostrando un alejamiento de las isotermas cálidas de la costa. En la zona sur frente al codo Perú-Chile, la TSM descendió de 23 °C a 22 °C. Las aguas menores a 20 °C expandieron su cobertura a lo largo de la zona costera. En la zona de Pisco se desarrollaron temperaturas menores a 18 °C en una estrecha franja (Figura 20).

Las ATSM negativas que estuvieron presentes a inicios de mes frente a la costa centro-norte y con mayor intensidad frente a Paita, se disiparon durante la primera quincena de abril, mientras que en la segunda quincena se observó el desarrollo de núcleos de +1 °C, que alcanzaron en celdas aisladas hasta +2 °C y +3 °C. Sin embargo, en la zona de Pisco a Atico, dentro de las 20 mn predominaron anomalías negativas de -1 °C, con tendencia a expandirse hacia finales de mes (Figura 21).

Dentro de la franja de 60 mn a lo largo de la costa norte hasta los 13 °S, las condiciones cambiaron de anomalías negativas débiles a anomalías positivas de +1 °C en la mayor parte de la costa centro-norte y +2 °C en la zona de Huarmey (10 °S). En la zona sur, alternaron anomalías negativas débiles con condiciones neutras y anomalías positivas débiles (Figura 22).

El Índice Térmico Costero Peruano ITCP (Quispe-Ccalluari et al., 2016), presentó un valor de -0,4 para el trimestre febrero a abril 2019, asociado a una condición fría en la franja costera. El valor de la primera componente principal para el mes de abril fue -0,6, atenuándose 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 la zona oceánica frente al norte peruano, la mezcla de aguas ecuatoriales superficiales (AES) y aguas subtropicales superficiales (ASS) se presentó entre las latitudes de 3 °S a 9 °S, con salinidades de 34,8 ups a 35,1 ups. Cerca de la costa, la incursión al sur de aguas con salinidad menor a 34,8 ups (AES) fluctuó entre Punta la Negra y Paita. Las salinidades menores a 35,1 ups, asociadas a procesos de mezcla entre las ASS y las aguas costeras frías (ACF) del afloramiento, estuvieron replegadas a la costa de Huarmey (10°S) y expandidas hasta fuera de las 30 mn entre Callao y Atico, presentando lenguas de mayor extensión frente a Pisco y San Juan (Figura 24).

2.2.4 Secciones oceanográficas

2.2.4.1 Paita (26-27 de abril)

La TSM presentó valores entre 21 °C y 23 °C en toda la sección, la isoterma de 21 °C, que se encontraba a 80 mn a fines de marzo, mostró un acercamiento hacia la costa hasta las 5 mn. Se estimaron anomalías de TSM con valores cercanos a cero (Figura 25 a, b, Figura 26 a, b). Sobre los 100 m de profundidad, las temperaturas variaron de 16 °C a 23 °C con una débil termoclina. La isoterma de 15 °C se presentó entre los 130 m y 170 m de profundidad, unos 30 m más profunda que a fines de marzo (Figura 26 d). Sobre los 250 m se registraron anomalías térmicas positivas de +1,0 °C en promedio, con núcleos de hasta +2,0 °C entre los 20 m y 60 m a 40 – 100 mn, y debajo de los 250 m la temperatura mostró valores alrededor de su estacionalidad (Figura 25 b).

La salinidad en los primeros 40 m de profundidad evidenció la presencia de aguas de mezcla entre ASS y AES, asociada a anomalías halinas de hasta +0,10 ups (Figura 26 c, Figura 25 c, d). Por otra parte, entre los 50 y 100 m se evidenció la presencia de aguas de mezcla entre ASS y aguas ecuatoriales sub-superficiales (AESS), y AESS a mayor profundidad, asociadas a ligeras anomalías positivas de salinidad en ambos casos.

La distribución del oxígeno disuelto (OD) mostró que la iso-oxígena de 1 mL L^{-1} , asociada a la oxiclina, se profundizó de 60 m a 170 m de profundidad en toda la zona costera, respecto a marzo (Figuras 25 e y 26 e). El límite superior de la zona de mínima de oxígeno (ZMO; $\text{OD} < 0,5 \text{ mL L}^{-1}$), se detectó a 180 - 250 m de profundidad en toda la sección. Sobre los 150 m a 10 - 75 mn, se estimaron flujos geostroficados hacia el sur con una velocidad de hasta 20 cm s^{-1} . Asimismo, se calcularon flujos hacia el norte entre los 50 m y 400 m a 80 - 100 mn y sobre los 30 m dentro de las 10 mn, con velocidades de hasta 30 y 20 cm s^{-1} , respectivamente (Figura 25 e, f).

2.2.4.2 Chicama (23 - 24 de abril)

La TSM presentó la isoterma de $22 \text{ }^\circ\text{C}$ a 25 mn frente a la costa, la cual se encontraba a 30 mn a fines de marzo. La anomalía de TSM mostró valores alrededor cero y un núcleo de $+1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ cerca a la costa (Figura 27 a, b; Figura 28 a, b). Sobre los 100 m se registraron temperaturas entre $16 \text{ }^\circ\text{C}$ y $22 \text{ }^\circ\text{C}$ con una termoclina débil, mientras que la isoterma de $15 \text{ }^\circ\text{C}$ se presentó a 120 - 200 m de profundidad, en promedio 45 m más profunda que en marzo (Figura 28 d). Sobre los 350 m, se presentaron anomalías térmicas positivas de $+1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ en promedio, destacando núcleos con anomalías de hasta $+2,0 \text{ }^\circ\text{C}$ sobre los 50 m de profundidad a 20 - 90 mn (Figura 27 a, b).

En la capa superficial hasta los 50 m de profundidad, la salinidad y las temperaturas indicaron la presencia de aguas de mezcla entre ACF y ASS a 0 - 40 mn, y aguas de mezcla entre ASS y AES a 40 - 100 mn, asociadas a anomalías halinas de hasta $+0,05$ y $-0,05$ ups, respectivamente. Por otra parte, entre los 50 y 150 m de profundidad, se detectaron aguas de mezcla ASS - AESS, asociadas a anomalías positivas halinas de hasta $+0,05$ ups (Figura 28 c, Figura 27 c, d).

La distribución del OD exhibió 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 - 100 m de profundidad, en promedio 10 m más profunda que en marzo (Figura 28 e). El borde superior de la ZMO se presentó a 150 - 200 m (Figura 27 e). Por otra parte, se estimaron flujos geostroficados con dirección hacia el sur sobre los 250 m a 60 - 100 mn, con una velocidad máxima de 30 cm s^{-1} . Asimismo, se estimaron flujos con dirección hacia el norte sobre los 40 m y dentro de las 35 mn, con una velocidad de hasta 20 cm s^{-1} (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 $17 \text{ }^\circ\text{C}$ y $20 \text{ }^\circ\text{C}$, en Chicama entre $16 \text{ }^\circ\text{C}$ y $20 \text{ }^\circ\text{C}$, en Callao entre $16 \text{ }^\circ\text{C}$ y $18 \text{ }^\circ\text{C}$, en Atico entre $14 \text{ }^\circ\text{C}$ y $16 \text{ }^\circ\text{C}$ y en Ilo entre $14 \text{ }^\circ\text{C}$ y $17 \text{ }^\circ\text{C}$. En Paita se detectó una profundización de las isotermas en la primera quincena del mes y hacia finales del mes. En Chicama se observó la profundización de las isotermas de $16 \text{ }^\circ\text{C}$ y $17 \text{ }^\circ\text{C}$ desde principios del mes; en Callao se profundizó la isoterma de $16 \text{ }^\circ\text{C}$ hacia finales de abril, mientras que en las estaciones fijas de Atico e Ilo se detectó un ascenso de las isotermas durante todo el mes (Figura 29).

En Paita, se detectó en promedio anomalías térmicas positivas de $+1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ en toda la columna de agua, con un pulso de hasta $+2,0 \text{ }^\circ\text{C}$ por debajo de los 60 m en la primera quincena del mes, asociada al paso de la onda Kelvin cálida (ENFEN, 2019 a). En Chicama y Callao se observó una transición de condiciones térmicas neutras a anomalías ligeramente positivas durante el mes, destacando un pulso de hasta $+1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ por debajo de los 50 m a finales del mes en Chicama (Figura 30).

En Paita, los registros de salinidad y temperatura evidenciaron la presencia de aguas de mezcla ASS-AES a inicios del mes sobre los 60 m, y aguas de mezcla ASS-ACF en el resto de la columna de agua durante el mes. En Chicama se detectó un núcleo de ASS sobre los 40 m en la primera quincena, para luego presentarse aguas de mezcla ASS-ACF. En Callao, durante el mes, hubo predominio de aguas de mezcla ASS – ACF en los primeros 20 m, y aguas de mezcla a más profundidad. En Atico e Ilo se observó predominio de ACF (Figura 31).

En cuanto al OD, se detectó una profundización de las iso-oxígenas en la primera quincena del mes y un descenso de la iso-oxígena de 2 mL L⁻¹ a finales del mes en Paita, mientras que en el resto de estaciones fijas las iso-oxígenas mostraron una tendencia a profundizarse durante el mes. La iso-oxígena de 0,5 mL L⁻¹ no se registró en Paita y se determinó a 80 m en Chicama, 20 m en Callao, 60 m en Atico y a 65 m en Ilo durante el mes, en promedio (Figura 32).

2.2.6 Fertilidad y productividad

2.2.6.1. Variabilidad espacio-temporal de los nutrientes

En la mayoría de las estaciones fijas costeras, los nutrientes exhibieron una disminución de sus concentraciones.

Los nitratos mostraron una disminución de sus concentraciones en la columna de agua en la mayoría de estaciones fijas durante marzo, a excepción de Chicama donde aumentaron. En Paita, por encima de los 60 m predominaron concentraciones menores a 10 µmol L⁻¹ durante el mes, llegándose a observar un núcleo de concentraciones menores a 5 µmol L⁻¹ por encima de los 20 m durante la primera quincena del mes. En Chicama, la concentración promedio encima de los 30 m fue de 10 µmol L⁻¹, mientras que por debajo de los 30 m se mantuvo alrededor de los 15 µmol L⁻¹. En Callao, la concentración promedio debajo de los 20 m disminuyó de ~20 µmol L⁻¹ a 15 µmol L⁻¹ en la primera semana, observándose durante el resto del mes concentraciones entre 10 µmol L⁻¹ a 15 µmol L⁻¹. En Ilo, las concentraciones en la columna de agua se mantuvieron alrededor de los 10 µmol L⁻¹ durante el mes (Figura 33).

Las concentraciones de los silicatos mostraron una disminución de sus concentraciones en las estaciones fijas costeras, a excepción de Ilo, donde aumentaron. En Paita, predominaron valores entre 5 µmol L⁻¹ y 10 µmol L⁻¹ por encima de los ~ 45 m. En Chicama, las isolíneas de 10 µmol L⁻¹ y 15 µmol L⁻¹ se profundizaron de 15 m y 55 m hasta 25 m y 80 m, respectivamente. En Callao, todas las isolíneas se profundizaron durante la segunda quincena del mes; es así que la isolínea de 15 µmol L⁻¹ se profundizó de 20 m a ~ 55 m. En Ilo, las concentraciones disminuyeron y aumentaron durante la primera y segunda quincena respectivamente, observándose que la isolínea de 20 µmol L⁻¹ se profundizó de 30 m a 60 m durante la primera quincena y se superficializó de 60 m a ~15 m durante la segunda quincena del mes (Figura 34).

Los fosfatos mostraron una disminución de sus concentraciones en Paita e Ilo. En Paita, por encima de los 100 m, las concentraciones fluctuaron entre 0,5 µmol L⁻¹ a 1,5 µmol L⁻¹, mientras que en el mes anterior alcanzaron 2 µmol L⁻¹. En Chicama, la isolínea de 2 µmol L⁻¹ se superficializó de 100 m a 10 m durante la primera quincena, y luego se profundizó de 10 m a 100 m durante la segunda quincena, pero en promedio, las concentraciones fueron superiores a las registradas en marzo. En Callao, las concentraciones se mantuvieron entre 2 µmol L⁻¹ y 2,5 µmol L⁻¹ entre los 5 m a 100 m durante todo el mes. En Ilo, las concentraciones disminuyeron de 2 µmol L⁻¹ a 1,5 µmol L⁻¹ durante la primera semana y se mantuvieron entre 1,0 µmol L⁻¹ y 1,5 µmol L⁻¹ durante el resto del mes (Figura 35).

2.2.6.2 Clorofila-a satelital

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/), mostró que, de Paita a Huacho y de Pisco a Ilo, se presentó la predominancia de valores de $\sim 1 \mu\text{g L}^{-1}$, de las 60 mn a 90 mn hacia la costa; sin embargo, entre Huacho y Pisco se presentaron concentraciones superiores a $3 \mu\text{g L}^{-1}$ dentro de las 90 mn (Figura 36 a), siendo esta distribución similar a lo observado durante marzo, pero sin presencia de núcleos de $10 \mu\text{g L}^{-1}$ entre Callao y Pisco

En promedio mensual, hubo predominancia de anomalías negativas ($-1 \mu\text{g L}^{-1}$ a $-2 \mu\text{g L}^{-1}$) de Paita a Huacho y de Pisco a San Juan dentro de las 90 mn y 40 mn, respectivamente; mientras que, de Callao a Pisco (dentro de las 90 mn) predominaron anomalías positivas ($+2 \mu\text{g L}^{-1}$ a $+4 \mu\text{g L}^{-1}$) (Figura 36 b). La distribución de anomalías (positivas y negativas) son comparables a lo observado durante marzo, aunque entre Chicama y Chimbote las anomalías negativas fueron menos intensas en abril (marzo: $-4 \mu\text{g L}^{-1}$, abril: $-2 \mu\text{g L}^{-1}$).

A escala diaria se ha utilizado la información de MODIS (Ocean Biology Processing Group, 2003) corregida respecto a SeaWiFS (O'Reilly et al. 1998). A partir de este producto, el promedio pentadal, entre los 6°S – 16°S y dentro de las 60 mn, nos indica que las concentraciones presentaron mayormente anomalías positivas durante el mes de marzo ($\sim +1,5 \mu\text{g L}^{-1}$) (Figura 36 d). Latitudinalmente, las anomalías negativas han predominado entre los 9°S – 11°S y las anomalías positivas han persistido entre los 11°S – 14°S durante el mes (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 San Juan dentro de las 90 mn, existió una cobertura nubosa entre 20 % a 40 % de días nublados, mientras que, al sur de los 16°S la cobertura de nubes ha sido mayor al 60 % (Figura 36 c).

2.2.7 Indicadores biológicos del plancton

2.2.7.1 Indicadores biológicos del fitoplancton.

Paita

Frente a Paita se determinó a *Ceratium breve* var. *parallelum*, especie indicadora de AES, ubicada a 80 mn y 100 mn de la costa y asociada a una TSM de $22,6^{\circ}\text{C}$ y $23,1^{\circ}\text{C}$, respectivamente (Figura 37 a).

Los volúmenes de plancton variaron entre $0,15 \text{ ml m}^{-3}$ y $0,57 \text{ ml m}^{-3}$, registradas a 60 mn y 11 mn de la costa, respectivamente, con un promedio de $0,36 \text{ ml m}^{-3}$ (Figura 37 b). El fitoplancton estuvo mayormente compuesto por diatomeas de afloramiento y neríticas como *Chaetoceros socialis*, *Detonula pumila*, *Guinardia delicatula* y grupo *Pseudonitzschia delicatissima* distribuidas a 11 mn y 40 mn. Estas especies presentaron densidades en la categoría "Muy abundante".

A partir de las 80 mn destacaron diatomeas de aguas cálidas como *Planktoniella sol*, *Rhizosolenia bergonii*, *R. temperei*, *Detonula confervacea*, *Thalassiosira partheneia*, *Chaetoceros coarctatus* y *Proboscia alta* f. *gracillima*. También se determinó una alta riqueza de dinoflagelados termófilos como *Tripos azoricus*, *T. trichoceros*, *Tripos massiliensis*, *Triadinium polyedricum*, *Pyrophacus steinii* y *Protooperidinium grande*, entre otros.

Chicama

En Chicama, se determinó a *Protoberidinium obtusum*, especie indicadora de ACF, que amplió su distribución hasta las 15 mn de la costa, relacionado a una TSM promedio de 20,3 °C (Figura 38 a).

Los volúmenes de plancton variaron entre 0,12 ml m⁻³ y 0,95 ml m⁻³, a 80 mn y 60 mn, respectivamente, con un volumen promedio de 0,49 ml m⁻³ (Figura 38 b). A 5 mn y 60 mn de la costa, se observó un aumento de la abundancia del fitoplancton destacando diatomeas neríticas como las de afloramiento; entre éstas se registraron a *Detonula pumila*, *Chaetoceros socialis*, *Thalassiosira subtilis* y *Thalassiosira partheneia*, Estas especies presentaron densidades en la categoría “Abundante”.

Cabe resaltar que a 60 mn, hubo alta riqueza de diatomeas oceánicas (*Chaetoceros concavicornis*, *Planktoniella sol*, *Ch. peruvianus*, *Rhizosolenia bergonii* y *Proboscia alata f. gracillima*), como de dinoflagelados termófilos (*Protoberidinium murrayi*, *P. quarnerense* Tripos, *macroceros*, *T. azoricus* y *Triadinium. Polyedricum*), entre otros. Asimismo, de los dinoflagelados cosmopolitas se determinaron a *Tripos furca*, *T. dens* y *T. fusus*. Estas especies mostraron densidades en la categoría “Presente”.

2.2.7.2 Indicadores biológicos del zooplancton e ictioplancton

Paita

Frente a Paita, durante el mes de abril, el copépodo indicador de ACF (*C. brachiatus*) se determinó dentro de las 5 mn de la costa con valores de 88 Ind 100m⁻³. Los copépodos *O. conífera* y *A. danae*, especies asociadas a ASS, fueron reportados hasta las 100 mn, siendo *A. danae* la especie más abundante con concentraciones que oscilan entre 1 Ind. 100m⁻³ a 95 Ind 100m⁻³, mientras que *Calocalanus pavo* fue reportado por fuera de las 40 mn con abundancias entre 1 Ind 100m⁻³ y 26 Ind 100m⁻³. Otros indicadores, como *Ischnocalanus plumulosus* y *Mecynocera clausii* alcanzaron concentraciones de 2 Ind 100m⁻³ (Figura 39).

Con relación al ictioplancton se determinaron huevos de anchoveta a 5 mn y 40 mn con abundancias máximas de 27 huevos 100m⁻³ y 2 larvas 100m⁻³. Huevos y larvas de vinciguerría también fueron reportados este mes, siendo encontrados dentro de las 15 mn y por fuera de las 80 mn, con abundancias máximas de 27 huevos 100m⁻³ y 2 larvas 100m⁻³.

Chicama

Frente a Chicama, desde el mes de febrero hasta el mes de abril se determinó la presencia del copépodo *Centropages brachiatus*, especie asociada a ACF dentro de las 80 mn y a 100 mn de la costa, con valores alrededor de 6 Ind 100m⁻³. Los copépodos *Acartia danae*, *Calocalanus pavo* y *Ischnocalanus plumulosus*, especies indicadoras de ASS, se localizaron por fuera de las 80 mn. El copépodo *C. furcatus*, especie indicadora de AES, se localizó a 100 mn con una concentración de 3 Ind 100m⁻³ (Figura 40).

Con relación al ictioplancton, se determinó huevos y larvas de anchoveta a 15 mn de la costa, con valores de 16 746 huevos 100m⁻³ y 91 larvas 100m⁻³, respectivamente.

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 Primera Temporada de Pesca de anchoveta 2019 en la región norte – centro, se inició a partir del 28 abril. En el periodo comprendido entre enero al 30 de abril, la industrial de cerco desembarcó aproximadamente 280 mil toneladas, correspondientes al 13 % de la cuota otorgada (2 100 000 t).

Los desembarques diarios presentaron una tasa de captura de 41 mil toneladas. La anchoveta presentó una distribución hasta las 40 millas de la costa desde Paita (05 °S) hasta San Juan de Marcona (15 °S), con las mayores capturas frente a Chimbote y Huacho. La estructura de tallas de la anchoveta presentó un rango entre 7,5 – 18,0 cm de longitud total (LT), con modas en 13,0 y 15, 0 cm LT y presencia de ejemplares <12,0 cm alrededor del 23 %.

Indicadores reproductivos y somáticos de la anchoveta

Los indicadores reproductivos de la anchoveta peruana del stock norte-centro, índice gonadosomático (IGS) y Fracción Desovante (FD) mostraron que el recurso presentó una disminución en la actividad desovante (Figura 41), aunque por encima de su patrón histórico.

3.2. Especies Indicadoras

Al igual que durante el mes de marzo, *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 y Pisco (Figura 42 a).

En la pesca dirigida a la anchoveta se registró como captura incidental a caballa (*Scomber japonicus*), múnida (*Pleurocondes monodon*) y calamar, dentro de las 30 mn (Figura 42 b), asociado a ACF.

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, indican condiciones débiles de El Niño durante invierno e inicios de primavera (trimestre JAS) en la región Niño 3.4 con una TSM promedio entre +0,5 °C y 1,0 °C (IRI, abril 2019) (Figura 43 y 44).

Especialmente, para el trimestre JAS 2019, los modelos ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts model) y CFS (Coupled Forecast System model de la NOAA) pronostican anomalías de la TSM entre +0,5 °C a +2 °C, entre los 180 °W a 110 °W; mientras que, el modelo NMME (North American Multi-Model Ensemble model de la NOAA) pronostica valores entre +0,5 °C a +1 °C en la misma región (Figura 44).

En la región El Niño 1+2, los modelos ECMWF indica una condición cálida débil para invierno e inicios de primavera, mientras que los modelos CFS y NMME indican una condición neutra para el mismo periodo (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), se espera la llegada de una onda Kelvin fría de modo 1 a la costa norte de Perú entre fines de mayo e inicios de junio del 2019. La onda fría podría contribuir a la disminución de la TSM y del nivel medio del mar frente al mar peruano (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), pronosticó una condición cálida débil entre mayo y julio del 2019, mientras que el modelo estadístico basado en el volumen de agua cálida ecuatorial (Matellini et al., 2007) y APS, pronosticó condiciones cálidas para mayo 2019 y condiciones neutras para junio y julio del 2019 (Figuras 47 y 48).

5. CONCLUSIONES

- En el Pacífico ecuatorial las anomalías positivas de TSM se atenuaron y continuaron con una tendencia decreciente en las regiones Niño 4, Niño 3.4 y Niño 3. En la región Niño 1+2 fluctuaron alrededor o ligeramente por encima de las condiciones neutras. El núcleo del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se presentó desplazado al este de su posición normal con una intensidad dentro del rango climatológico. El campo de presión a nivel del mar frente a la costa peruana presentó entre condiciones normales a ligeras anomalías negativas (-1 hPa).
- El afloramiento costero se intensificó respecto al mes anterior, persistiendo a lo largo de todo el mes entre Talara y Huacho, así como al sur de Pisco. Frente a Talara y Paita el índice de afloramiento (IAC) se incrementó significativamente.
- Dentro de las 60 mn a lo largo de la costa norte hasta los 13 °S se presentaron anomalías de TSM de +1 °C, con algunos núcleos que tendieron a intensificarse a partir de la segunda semana. Por otro lado, al sur de Pisco los valores de la TSM estuvieron en su rango climatológico.
- A fines de abril, frente a Paita, sobre los 250 m se detectaron anomalías térmicas promedio de +1,0 °C, con un núcleo de +2 °C sobre los 70 m, así como la profundización de la isoterma de 15 °C y de la iso-oxigena de 1,0 mL L⁻¹ respecto a marzo, asociados al arribo de la onda Kelvin cálida. Sobre los 40 m predominaron aguas de mezcla (ASS - AES) y por debajo de estas hasta los 250 m, aguas de mezcla (ASS-AESS), lo que indica una mayor influencia de aguas oceánicas. Por otro lado, frente a Chicama, destacaron núcleos de +2,0 °C sobre los 50 m entre las 20 y 90 mn, asociados a la presencia de aguas de mezcla (ASS-AES), así como un flujo hacia el sur, indicando la advección de las aguas más cálidas y menos salinas desde el norte.

- Las estaciones fijas costeras mostraron en promedio anomalías térmicas positivas a neutras en la columna de agua (<100 m), de +1,0 °C en Paita mientras que en Chicama y Callao se observó una transición de condiciones neutras a anomalías ligeramente positivas a finales del mes, consistentes con el paso de una onda Kelvin cálida, originada en el Pacífico ecuatorial central, debido a anomalías de viento del oeste entre 160 °E y 170 °W, y pronosticada anteriormente en el mes de febrero (ENFEN, 2019 b).
- En las estaciones fijas de Paita, Chicama y Callao se registró una influencia mayor de las aguas de mezcla ASS-ACF, con pulsos de aguas de mezcla ASS-AES, ASS y ACF en Paita, Chicama y Callao, respectivamente. Por otro lado, en Atico e Ilo predominó la presencia de ACF, asociado a un mayor afloramiento.
- La concentración de la clorofila-a (satelital) al sur de Paita presentó predominancia de valores de $\sim 1 \mu\text{g L}^{-1}$, dentro de las 90 mn, con excepción de Huacho a Pisco, donde se presentaron concentraciones de $3 \mu\text{g L}^{-1}$ en la misma franja. Predominaron las anomalías negativas ($-1 \mu\text{g L}^{-1}$ a $-2 \mu\text{g L}^{-1}$) de Paita a Huacho y de Pisco a San Juan dentro de las 90 mn y 40 mn, respectivamente. De Callao a Pisco (dentro de las 90 mn) predominaron anomalías positivas ($+2 \mu\text{g L}^{-1}$ a $+4 \mu\text{g L}^{-1}$).
- La anchoveta en la región norte - centro, presentó una distribución hasta las 40 mn desde Paita (05 °S) hasta San Juan de Marcona (15 °S), con las mayores capturas frente a Chimbote y Huacho. Los indicadores reproductivos de la anchoveta peruana del stock norte-centro, mostraron que el recurso disminuyó su actividad desovante.
- Según el modelo de propagación de ondas aplicado en el IMARPE se espera la llegada de una onda Kelvin fría (modo1) entre fines de mayo e inicios de junio 2019 a la costa norte del Perú, la cual contribuiría a la disminución de la TSM y del nivel medio del mar frente al litoral peruano
- Para el invierno e inicios de primavera 2019, los modelos climáticos internacionales pronostican en promedio condiciones de El Niño débiles en la región Niño 3.4 con un valor promedio entre +0,5 °C y +1,0 °C en promedio. Para el mismo periodo, frente a la costa peruana el modelo ECMWF indica una condición cálida débil para invierno e inicios de primavera 2019, mientras que, los modelos CFS y NMME indican condiciones neutras. A su vez, los pronósticos estadístico y dinámico del ITCP indican condiciones cálidas débiles o neutras para el trimestre MJJ del 2019, respectivamente.

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°.07 -2019, abril de 2019.

ENFEN, 2019 b. Comunicado Oficial ENFEN, N°.04 -2019, febrero 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]

O’Reilly J E, Maritorena S, Mitchell B G, Siegel D A, Carder K L, Garver S A, Kharu M, McClain C. 1998. Ocean color chlorophyll algorithms for SeaWiFS. J. Geophys. Res., 103, C11, 24,937-24,953, doi:10.1029/98JC02160.

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 - abril 2019.

Estación	TSM Feb. (°C)	TSM Mar. (°C)	ATSM Mar. (°C)
Tumbes	28,96	28,83	1,33
Paita	22,28	20,9	0,6
San José	20,75	20,13	-0,47
Chicama	19,26	18,63	0,63
Huanchaco	19,07	18,51	0,51
Chimbote	21,37	20,56	-0,54
Huacho	17,96	17,4	0,1
Callao	17,57	17,4	0,2
Pisco	22,52	23,17	0,87
Ilo	17,45	16,92	0,22

8. FIGURAS

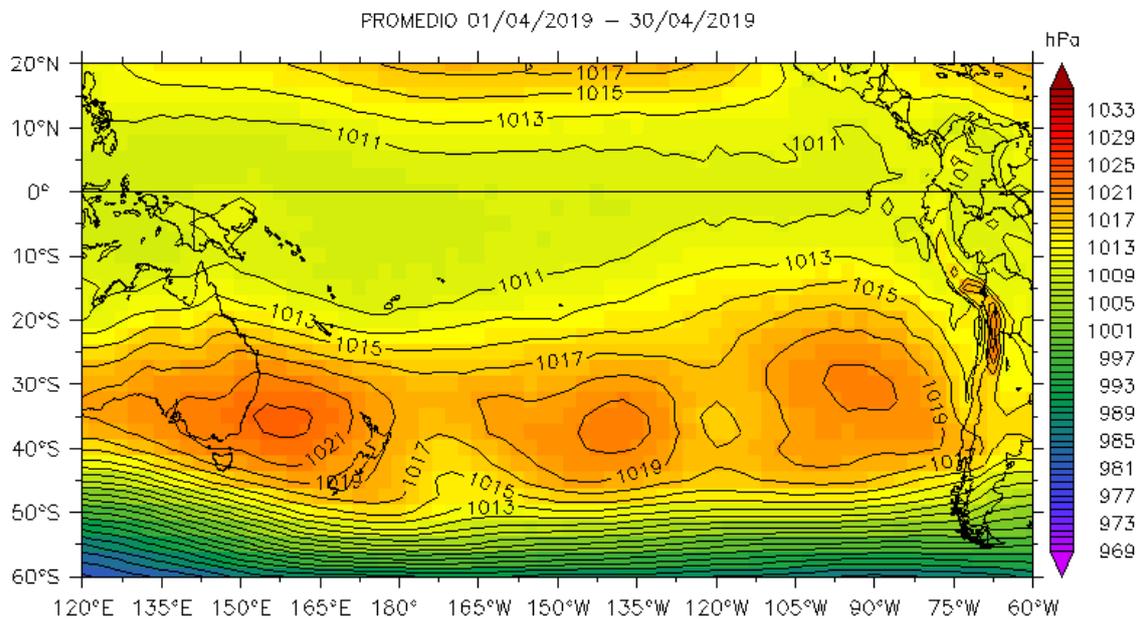
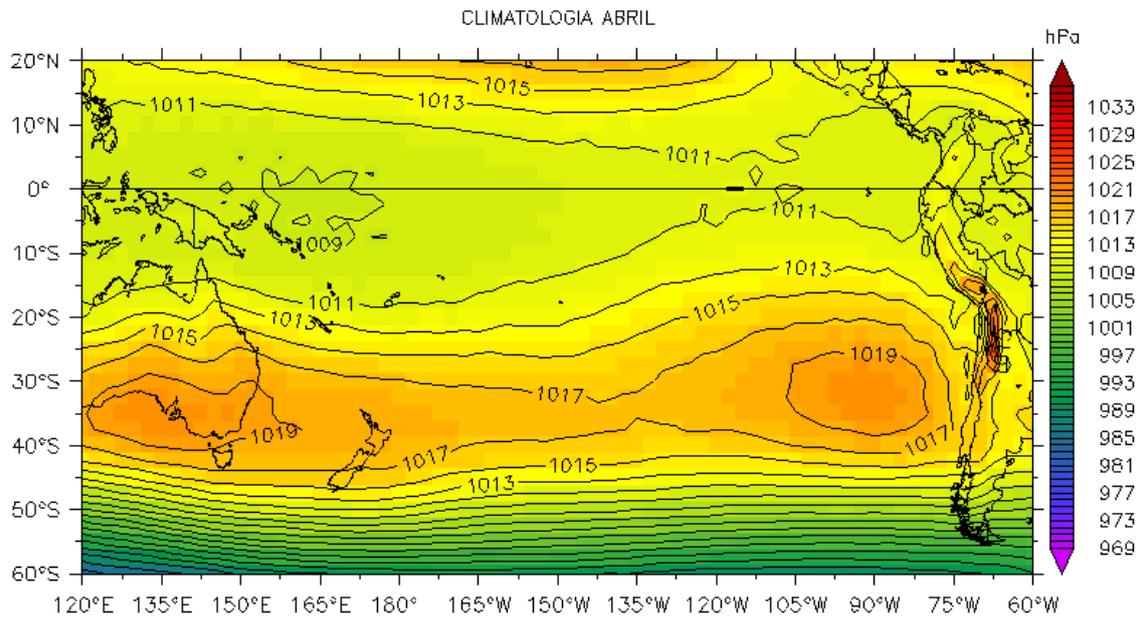


Figura 1. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, promedio 1-30 abril, Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

a)



b)

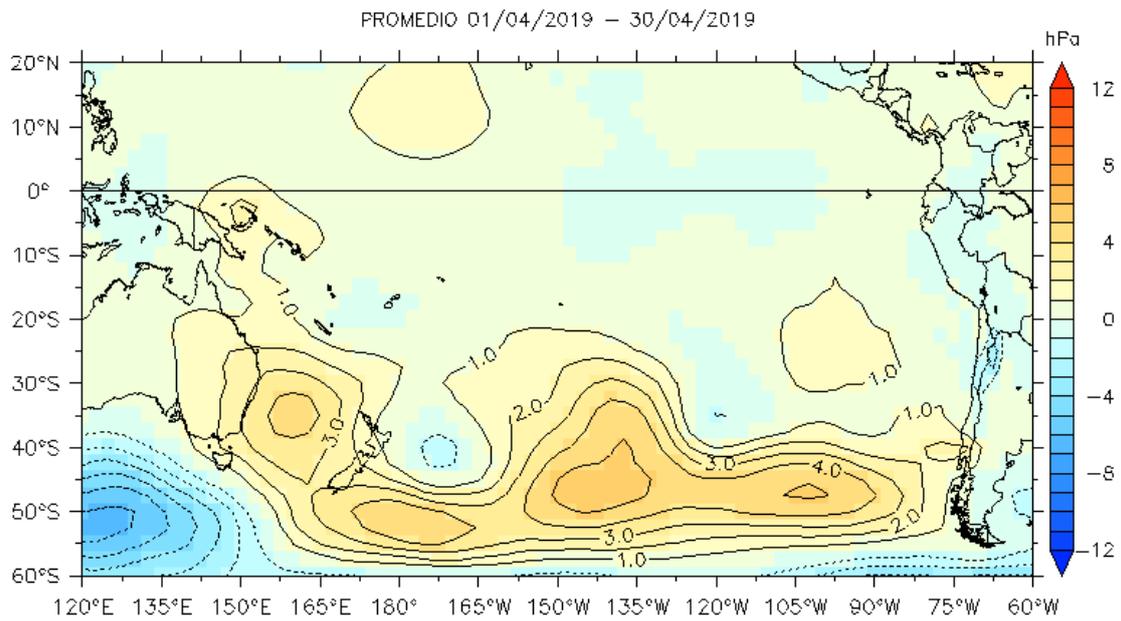


Figura 2. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, climatología (a) y anomalías promedio (b) de marzo 2019. Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

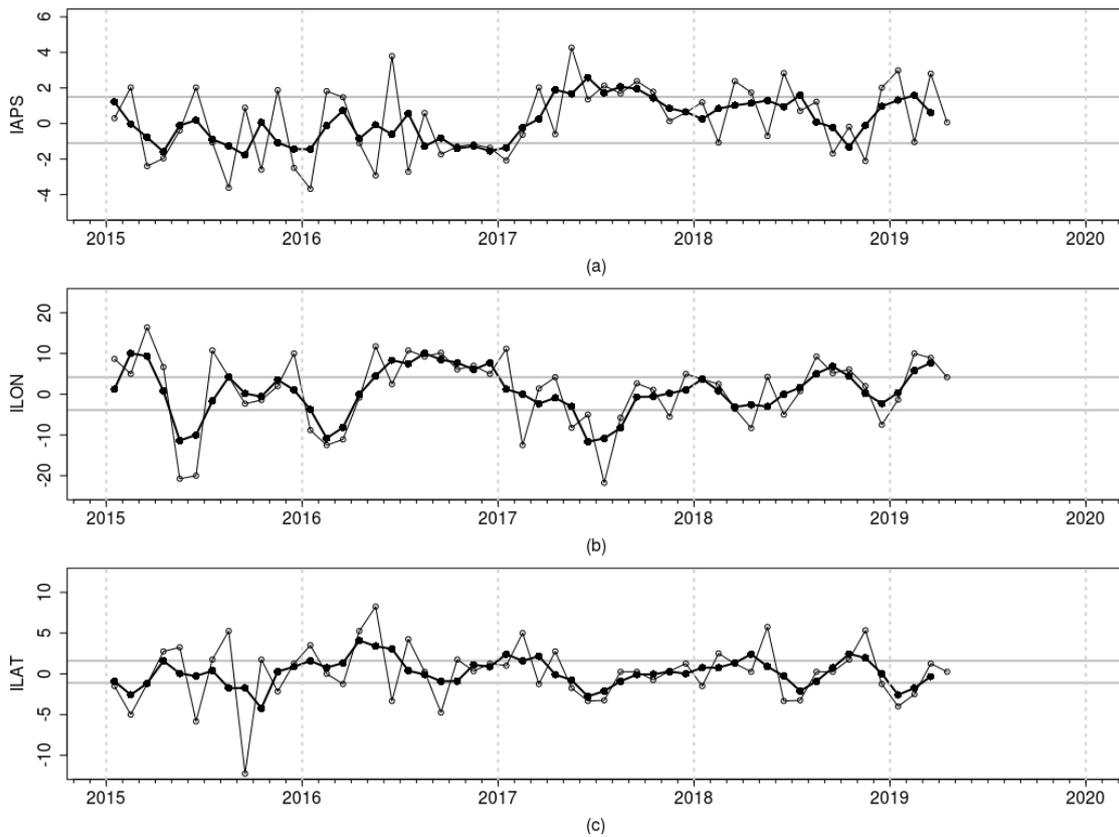


Figura 3. Variación temporal de los índices del APS: a) índice de intensidad (IAPS) e índices de posición b) longitudinal (ILON) y c) latitudinal (ILAT) hasta el trimestre DEF 2019 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2015 – abril 2019.

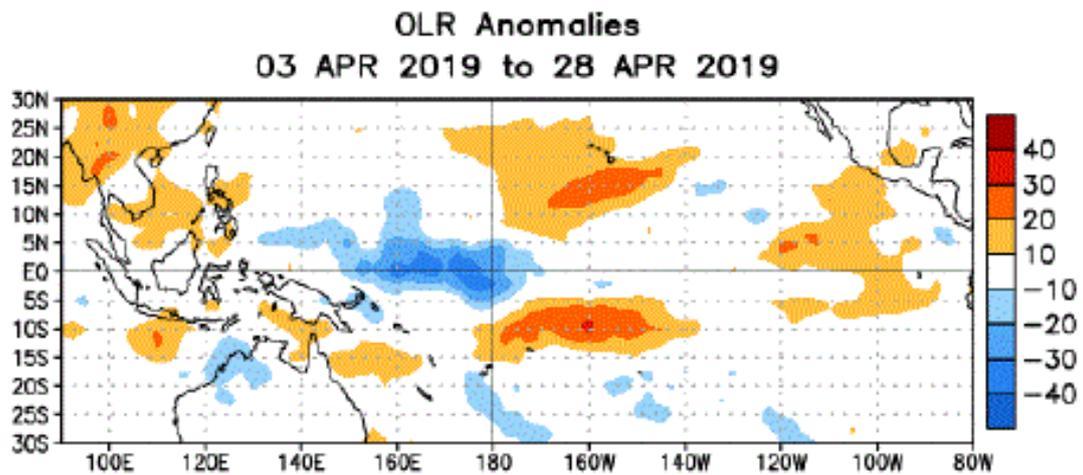


Figura 4. Anomalías del promedio de la radiación de onda larga emitida (OLR, por sus siglas en inglés) (W/m^2) durante el mes de abril de 2019. Las anomalías de OLR se calculan como desviaciones de los penta-promedios del período base de 1981-2010.

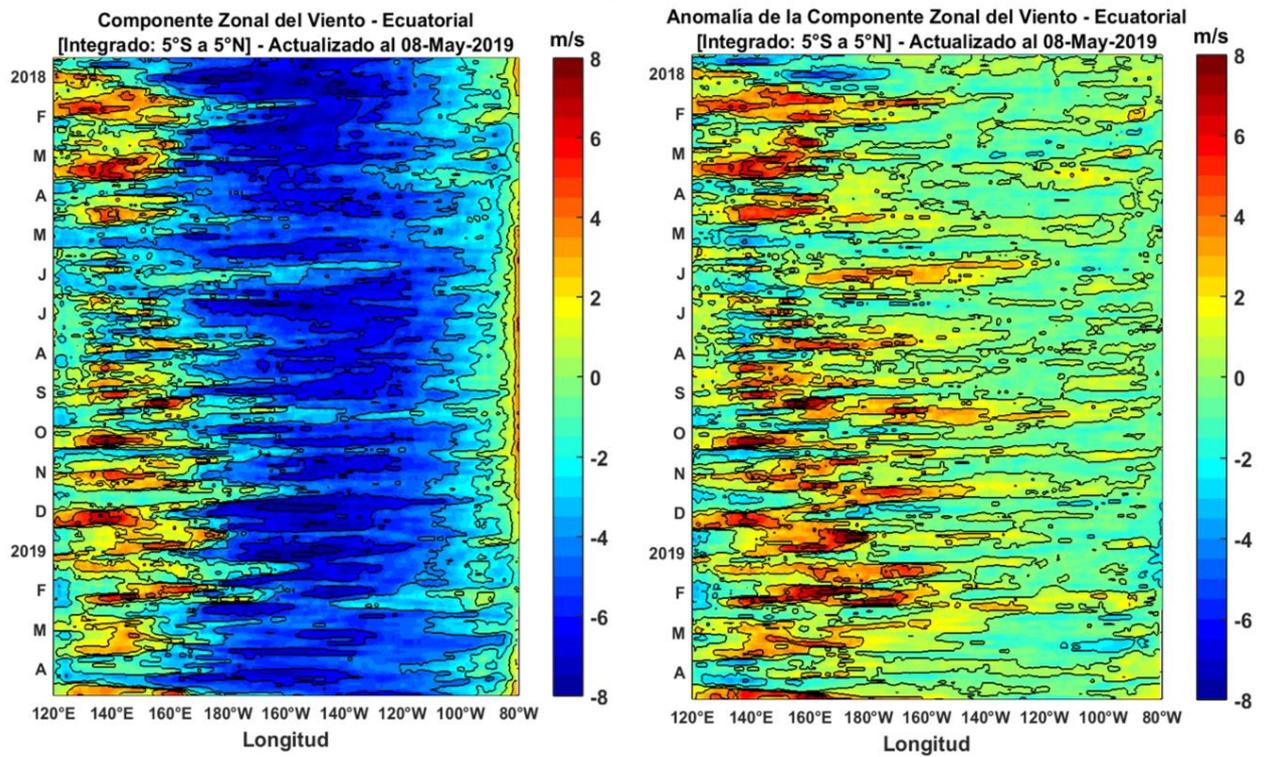


Figura 5. Viento satelital (integrado en el Ecuador): a) Componente zonal del viento (m/s), b) Anomalia de la componente zonal del viento (m/s), durante el último año (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 08/05/2019.

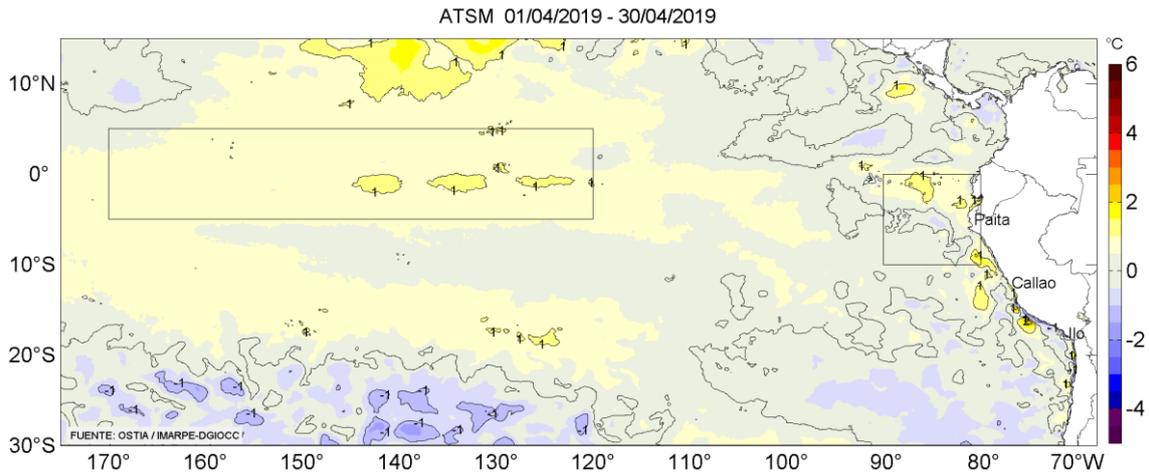


Figura 6. Anomalías promedio de la temperatura superficial del mar (°C) para el mes de abril 2019. Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

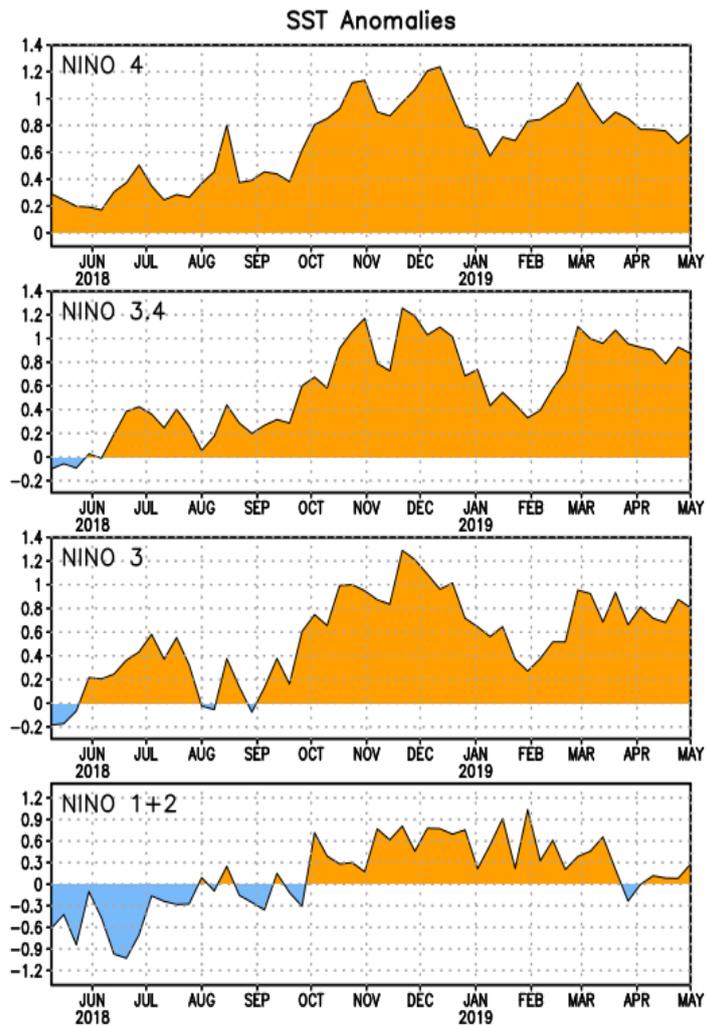


Figura 7. Anomalías semanales promedio de la temperatura superficial del mar (°C) durante un año, hasta fines de abril del 2019. Fuente CPC/NOAA.

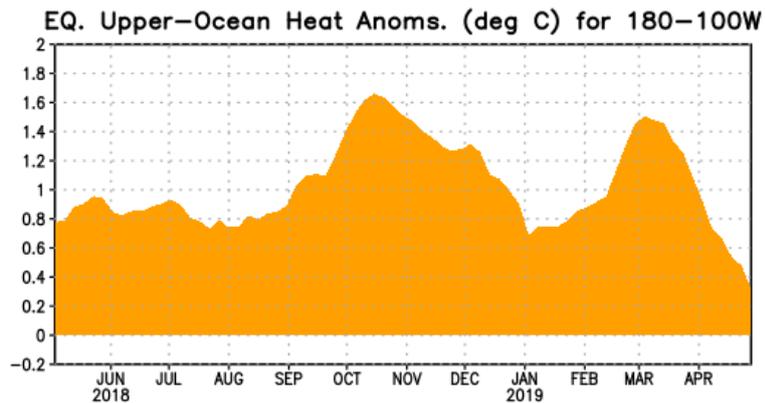


Figura 8. Anomalías del contenido de calor (en °C) en el área promediada del Pacífico ecuatorial (5°N-5°S, 180°-100°W). Las anomalías en el contenido calórico son calculadas como las desviaciones de los promedios por pentadas del período base de 1981-2010. Fuente CPC/NOAA.

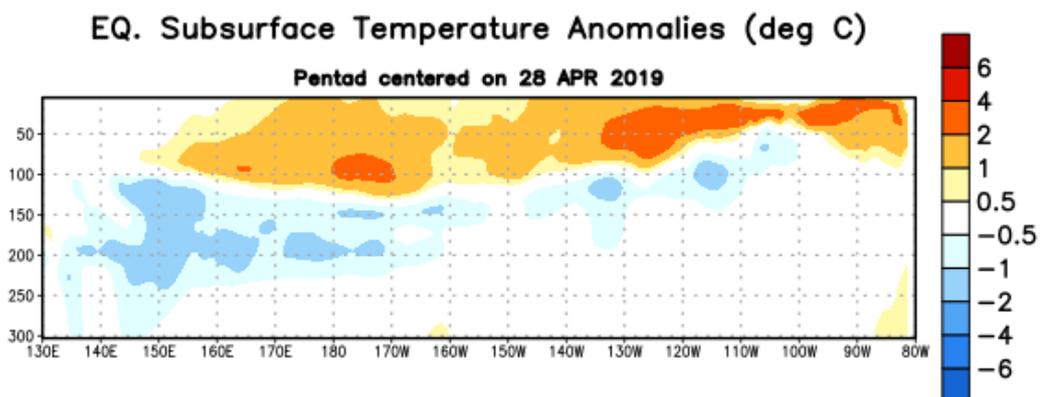


Figura 9: Anomalías de temperatura (en °C) en un transecto de profundidad-longitudinal (0-300 m) en la parte superior del océano Pacífico ecuatorial, centradas en la semana del 28 de abril de 2019. Las anomalías son promediadas entre 5°N-5°S. Las anomalías son variaciones a partir de los promedios por pentadas durante el periodo base de 1981-2010. Fuente CPC/NOAA.

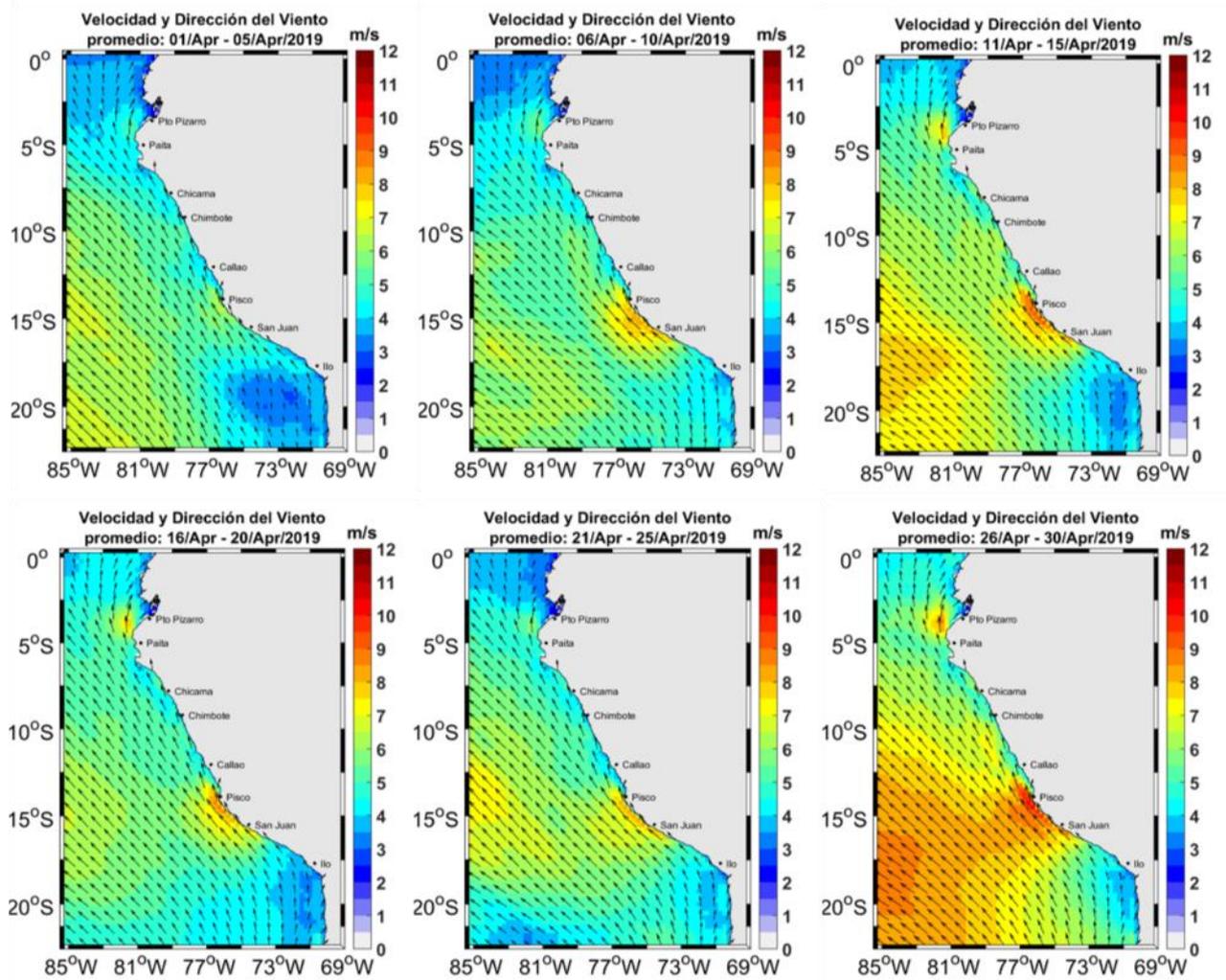


Figura 10. Mapas de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de abril del 2019 (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/04/2019.

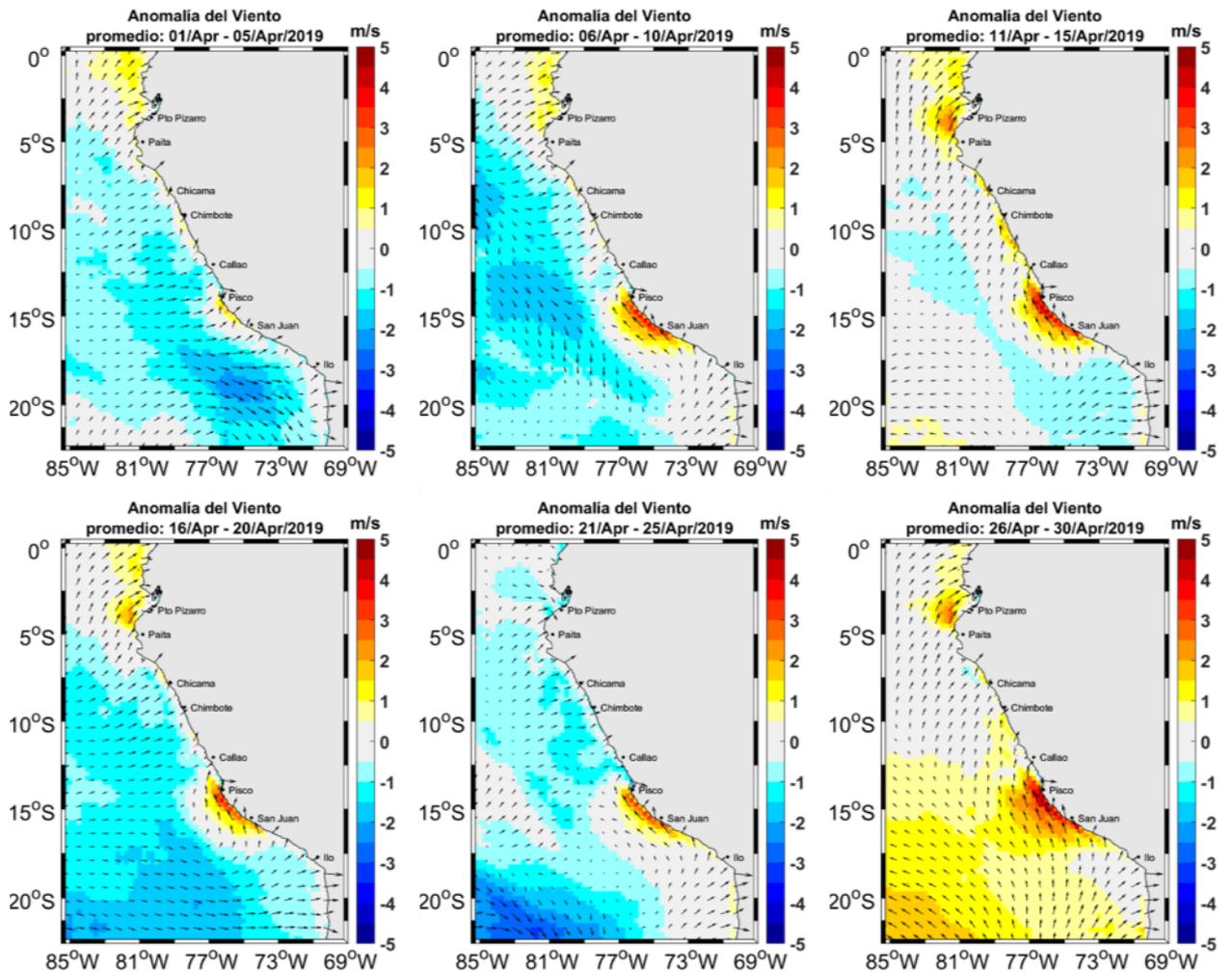


Figura 11. Mapas de anomalía de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de abril del 2019 (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/04/2019.

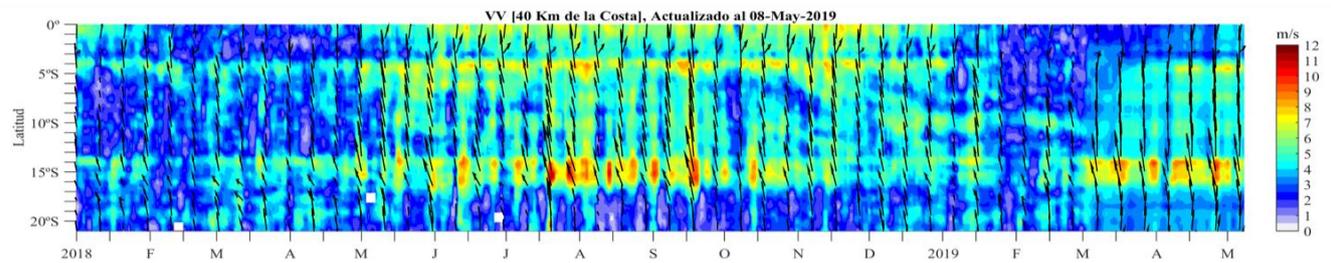


Figura 12. Diagrama Hovmöller de la Velocidad del Viento a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 08/05/2019.

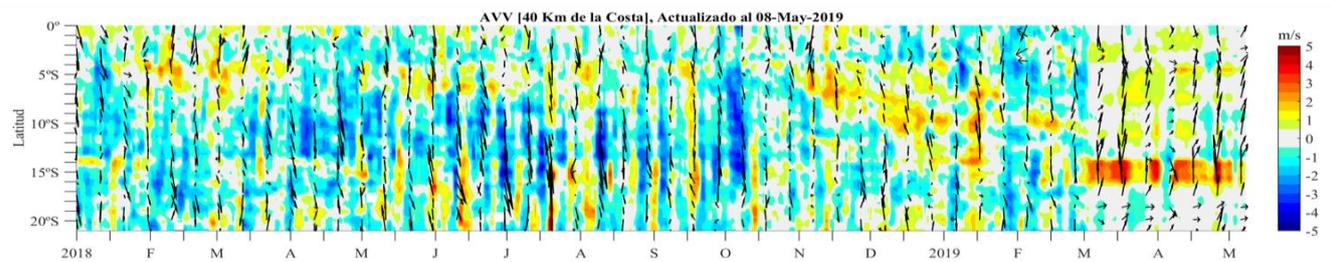


Figura 13. Diagrama Hovmöller de la anomalía del viento a lo largo de la costa peruana meses (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 08/05/2019.

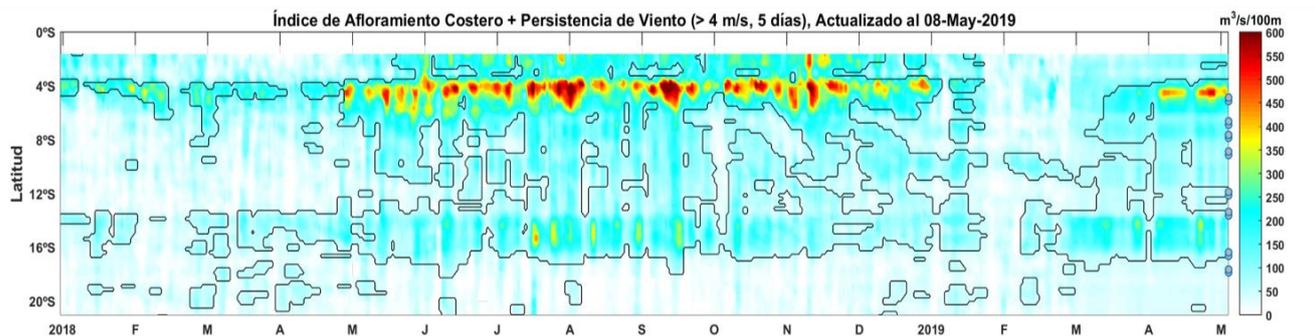


Figura 14. Diagrama de Hovmöller del índice de afloramiento costero ($\text{m}^3/\text{s} \cdot 100\text{m}$), calculado a partir del viento satelital ASCAT a 40 Km frente a la costa del Perú. Los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad a 4 m/s durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 08/05/2019.

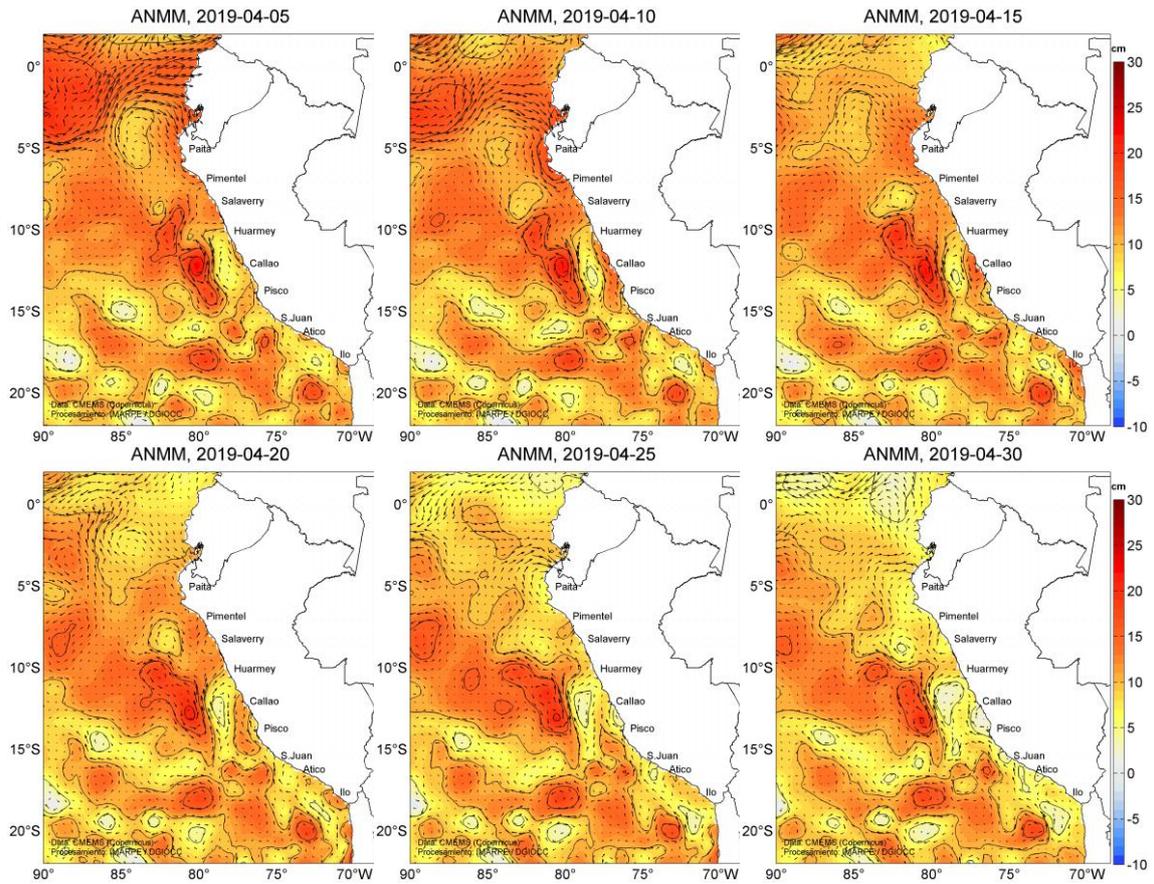


Figura 15. Anomalia de altura del nivel medio del mar (cm) y corrientes geostróficas, cada cinco días para el mes de abril de 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

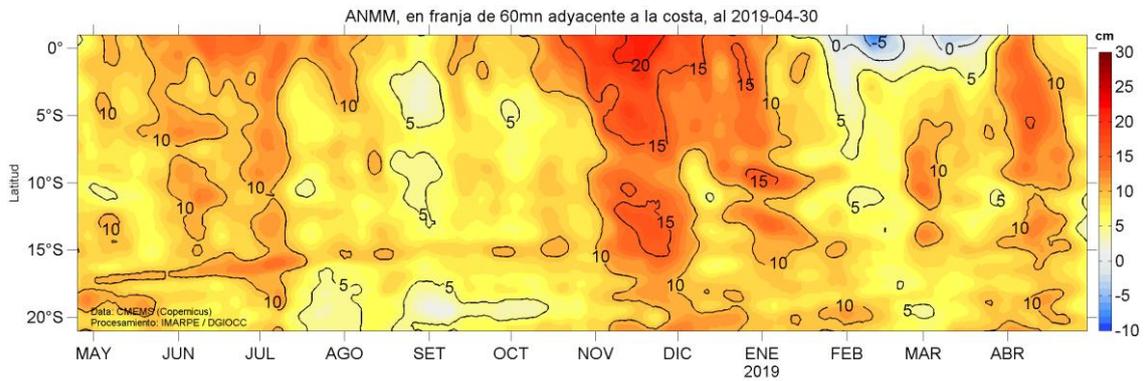


Figura 16. Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel medio del mar (cm), durante un año hasta el 30 de abril del 2019, para la franja de 60 mn adyacente a la costa. Fuente: CMEMS, Procesamiento IMARPE.

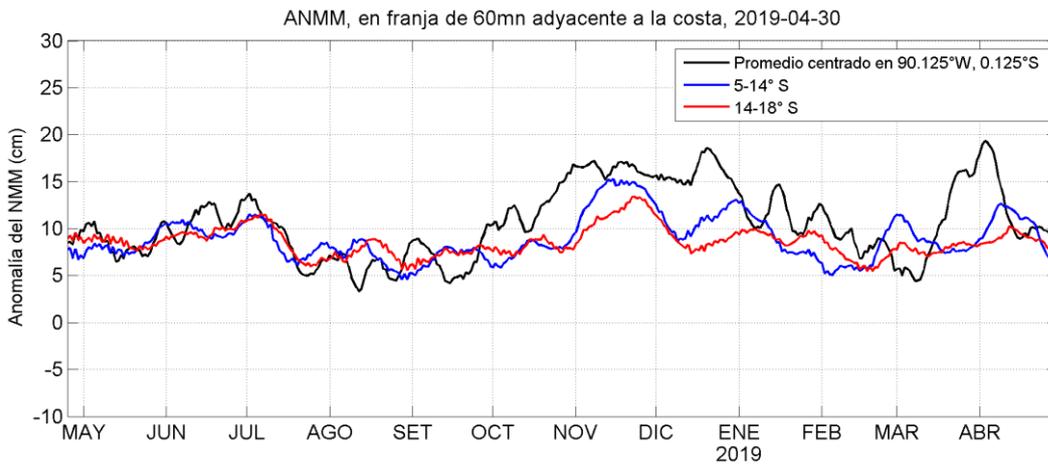


Figura 17. Variación temporal de la ANMM, dentro de las 60 mn de la costa y en la zona de Galápagos, durante un año hasta el 30 de abril del 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

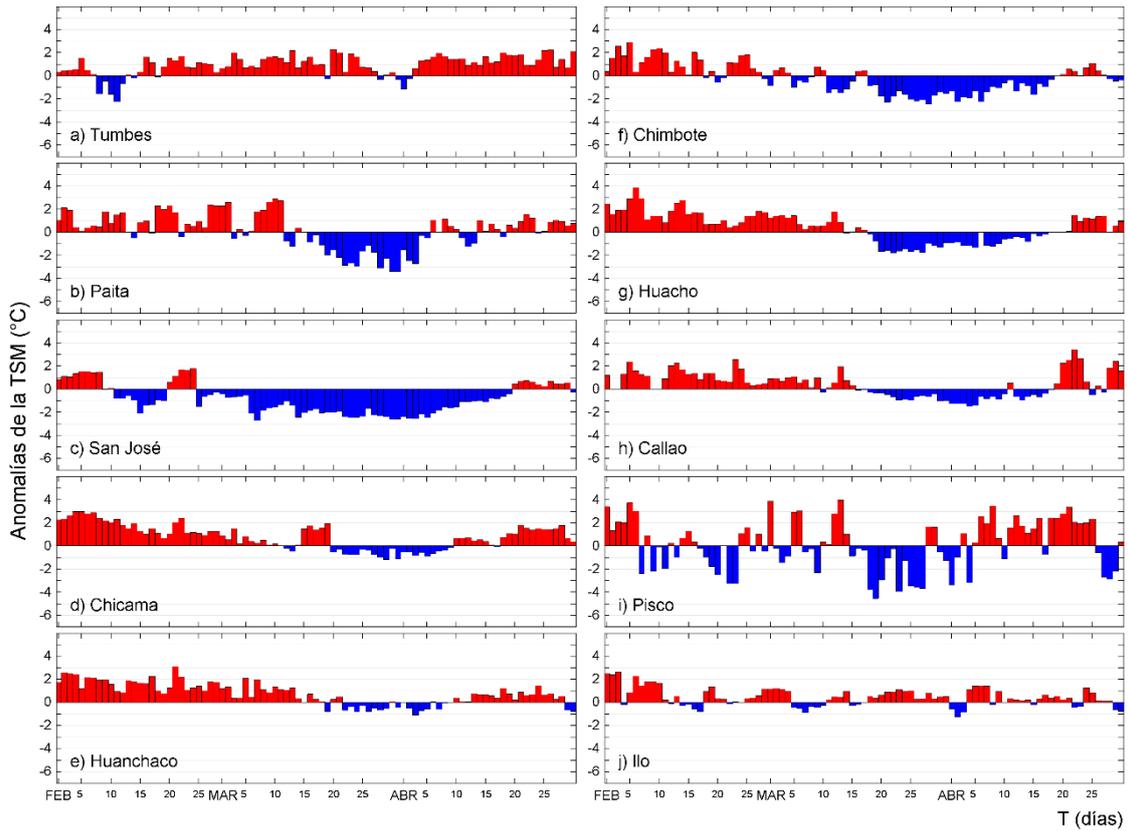


Figura 18. Series temporales del promedio diario de las anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en la red de estaciones costeras de IMARPE durante el último trimestre. Datos y procesamiento: IMARPE.

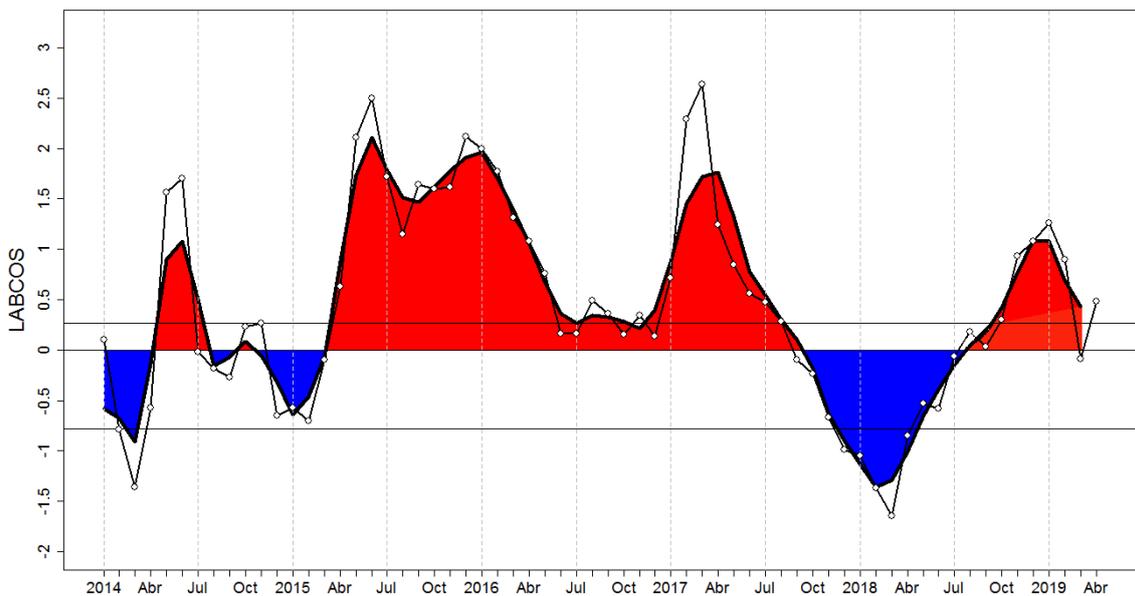


Figura 19. Índice LABCOS (área sombreada) y valor mensual (círculos); periodo enero 2014 - abril 2019. Datos: IMARPE, DHN; procesamiento: IMARPE

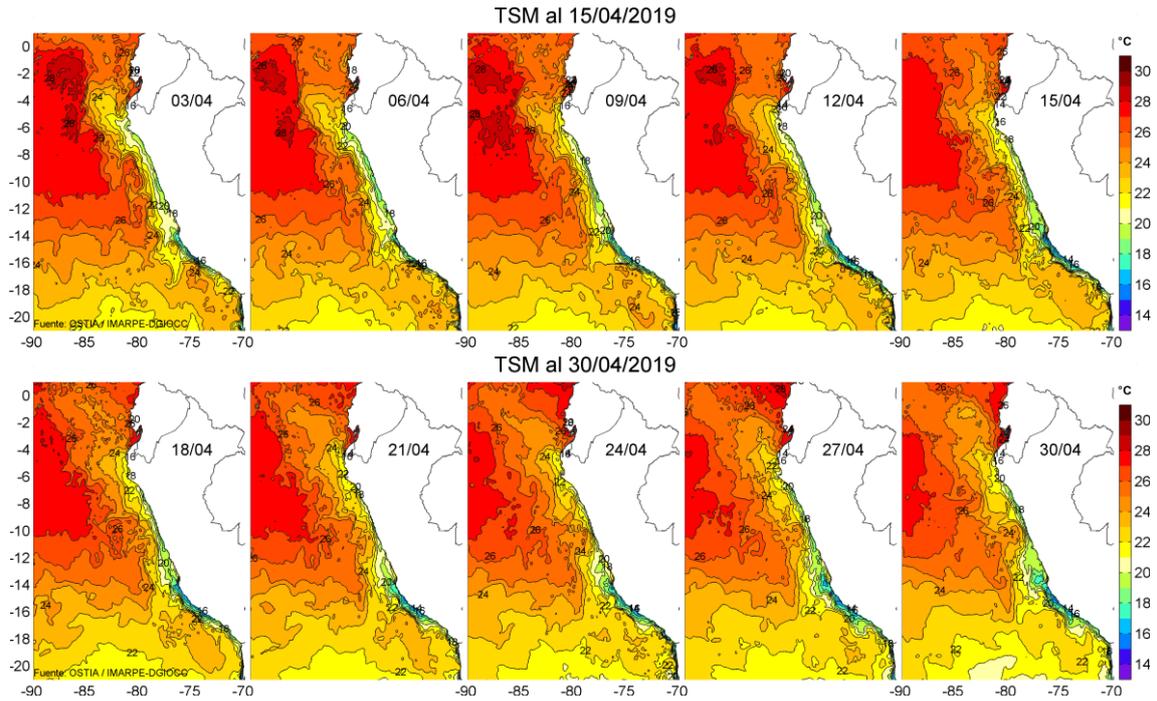


Figura 20. Temperatura superficial del agua (°C) en el mar peruano, cada tres días durante abril del 2019. Fuente PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

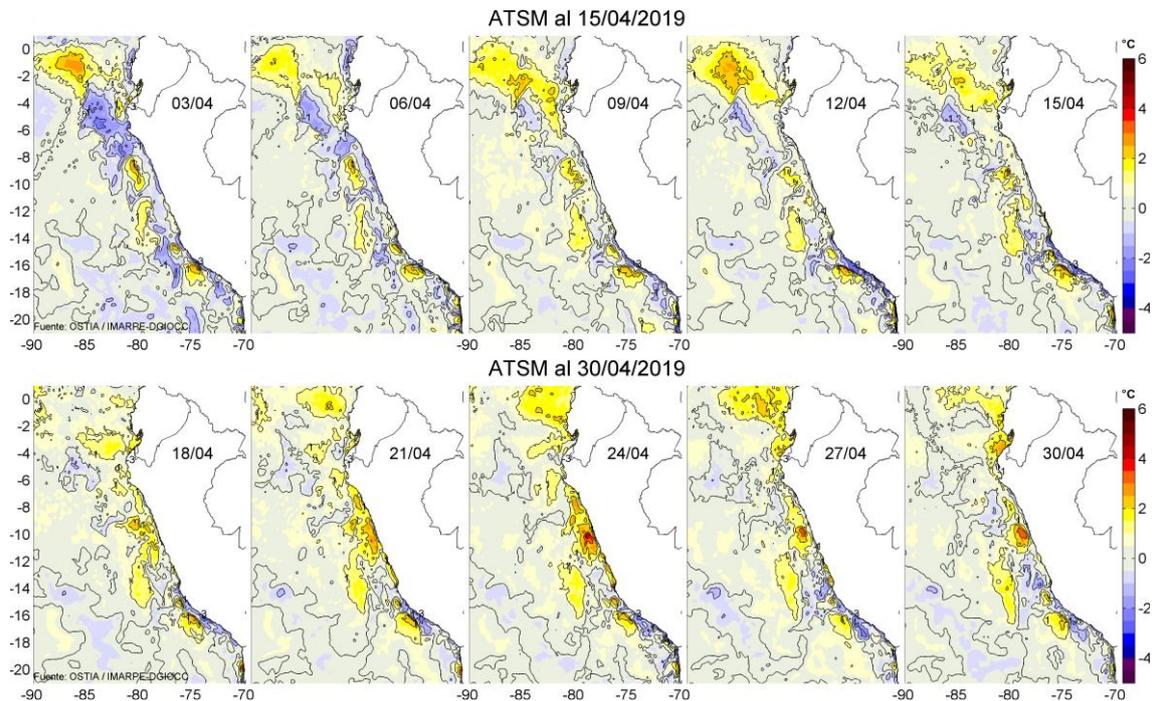


Figura 21. Anomalías de temperatura superficial del mar (ATSM) frente a Perú, cada tres días durante abril del 2019, (periodo climatológico 2007-2016). Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

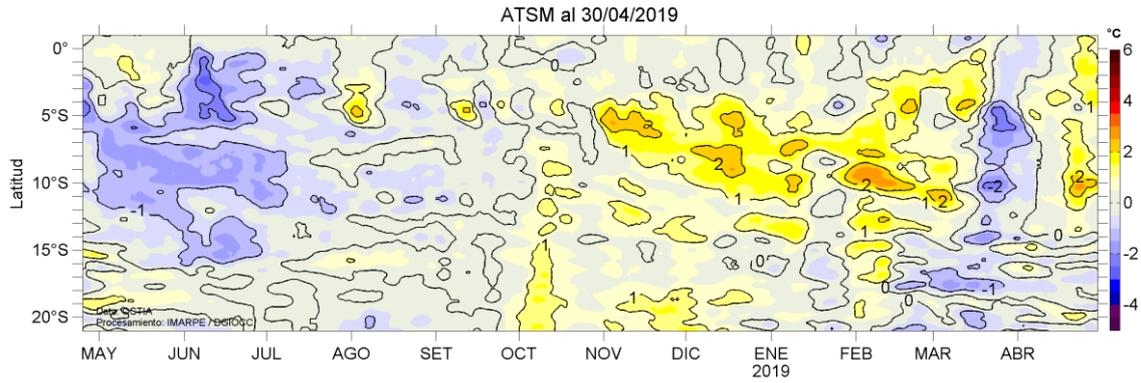


Figura 22. Evolución de las anomalías de temperatura superficial del mar (ATSM), dentro de las 60 mn de la costa, durante un año hasta el 30 de abril del 2019, (periodo climatológico 2007-2016). Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

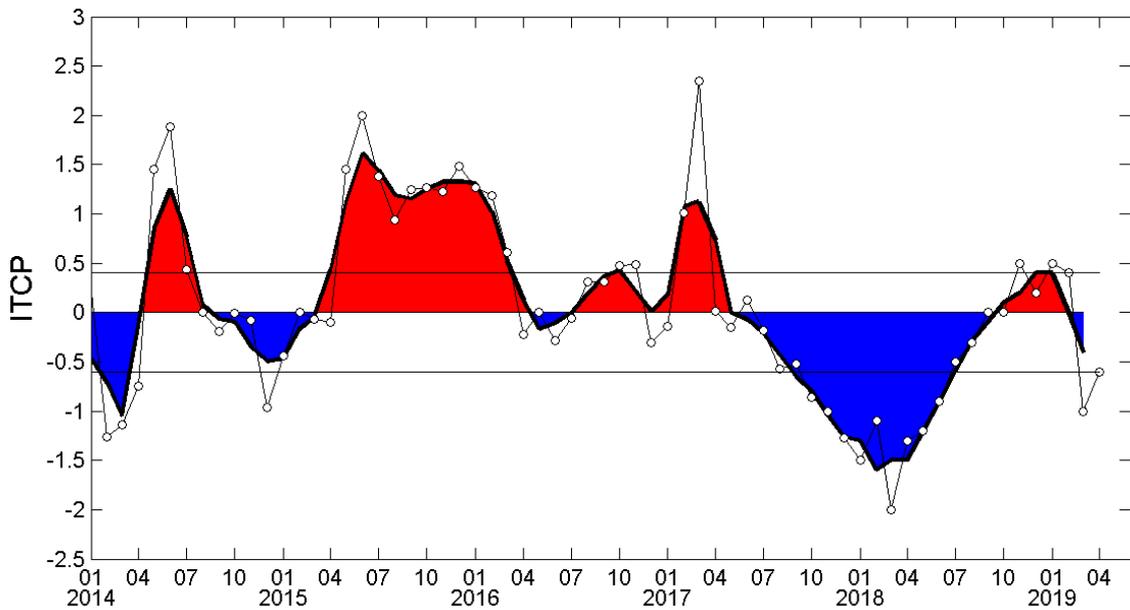


Figura 23. Variación temporal del ITCP hasta el trimestre FMA 2018-2019. La variación temporal del ITCP trimestral (área sombreada) y la serie de tiempo mensual del primer componente principal de la ATSM (círculo blanco). Fuente: IMARPE.

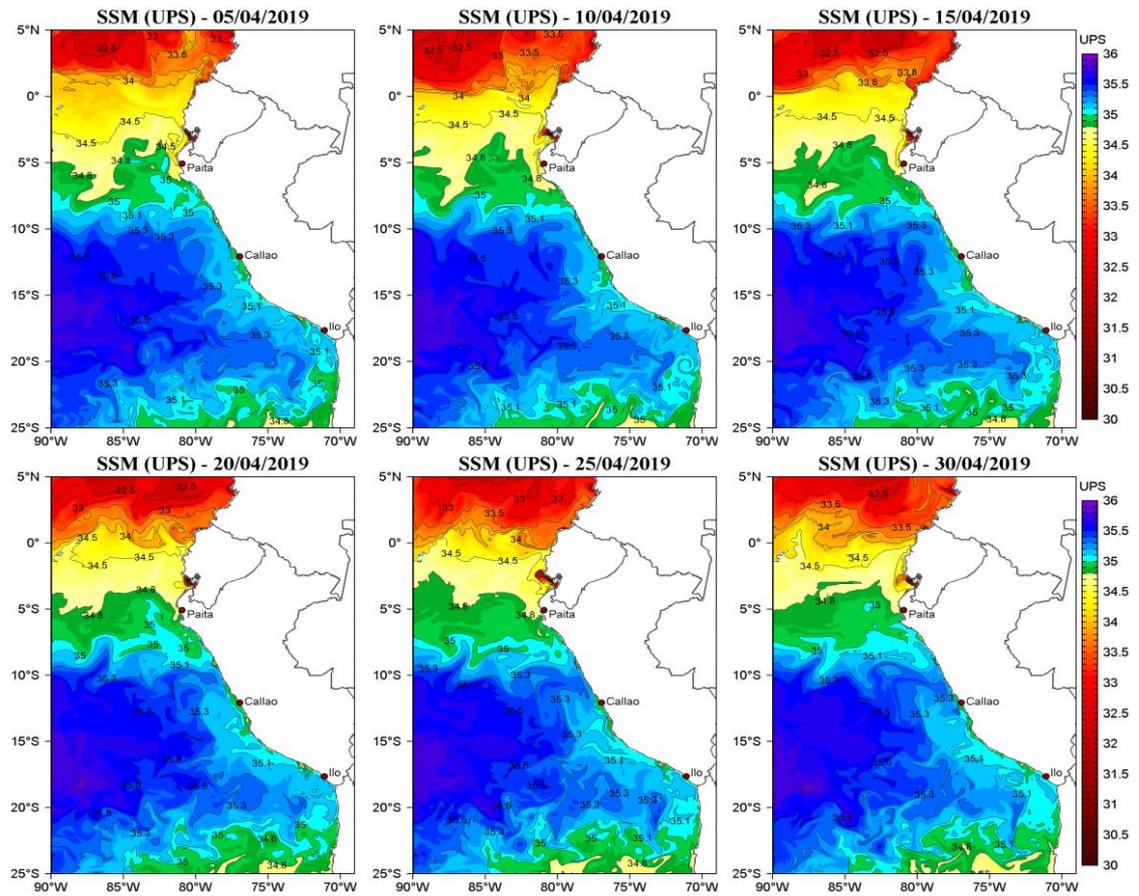


Figura 24. Distribución espacial de salinidad superficial del mar (SSM), durante los días 05, 10, 15, 20, 25 y 30 de abril del 2019. Fuente: HYCOM, Procesamiento: DGIOCC-IMARPE.

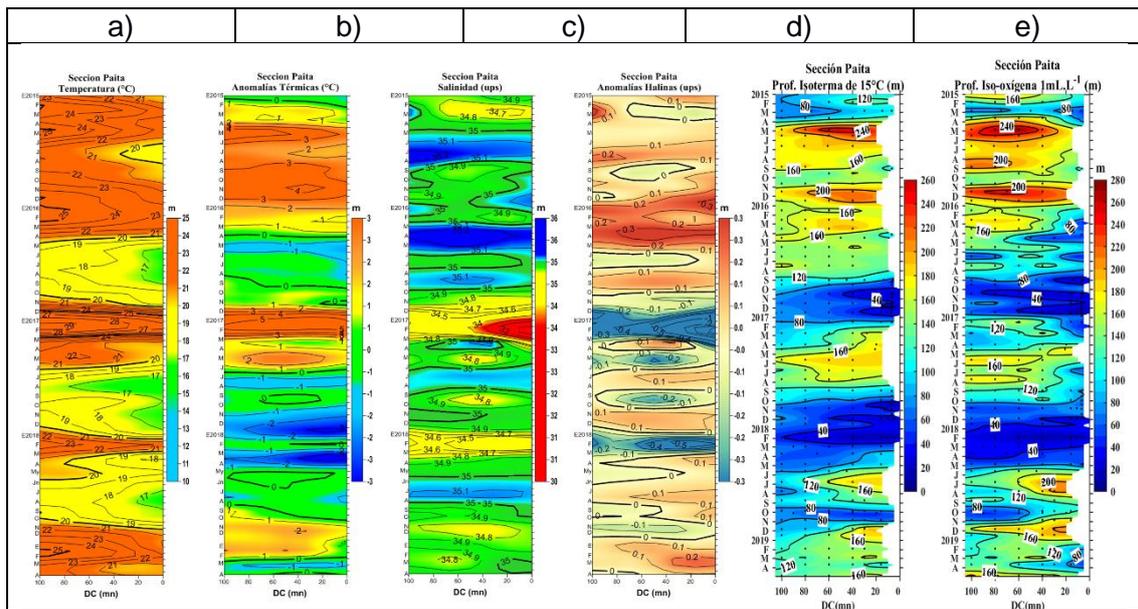


Figura 25. Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) Profundidad de la isoterma de 15 °C (m) y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L⁻¹ (m) de las secciones verticales frente a Paita, registrado desde enero del 2015 hasta abril del 2019.

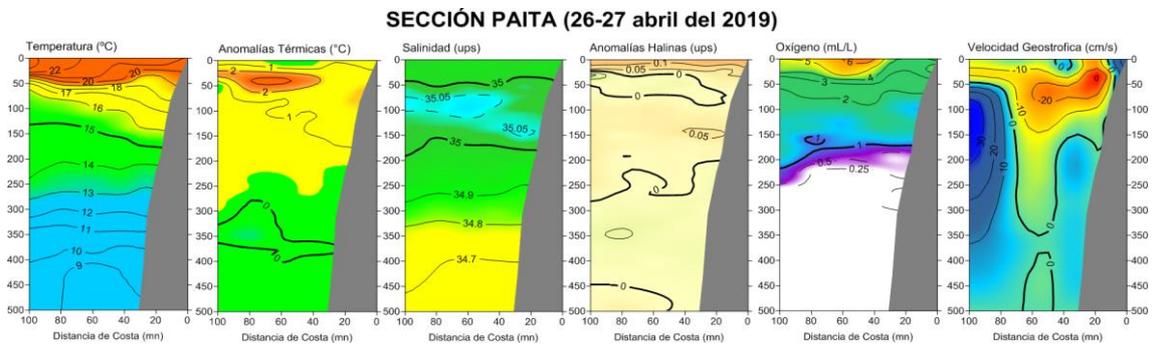


Figura 26. Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (‰), d) anomalía de salinidad (‰), e) oxígeno (mL.L⁻¹) y f) velocidad geostrofica (cm/s) frente a Paita, realizada durante el 26 y 27 de abril de 2019. Fuente: IMARPE.

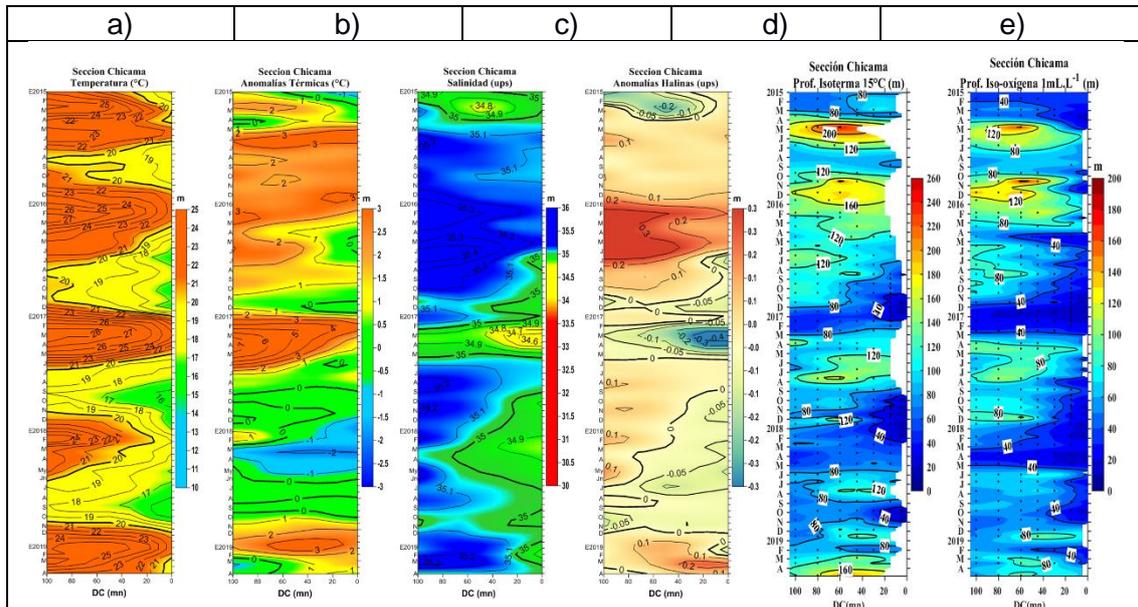


Figura 27. Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) Profundidad de la isoterma de 15 °C (m) y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L⁻¹ (m) de las secciones verticales frente a Chicama, registrado desde enero del 2015 hasta abril de 2019.

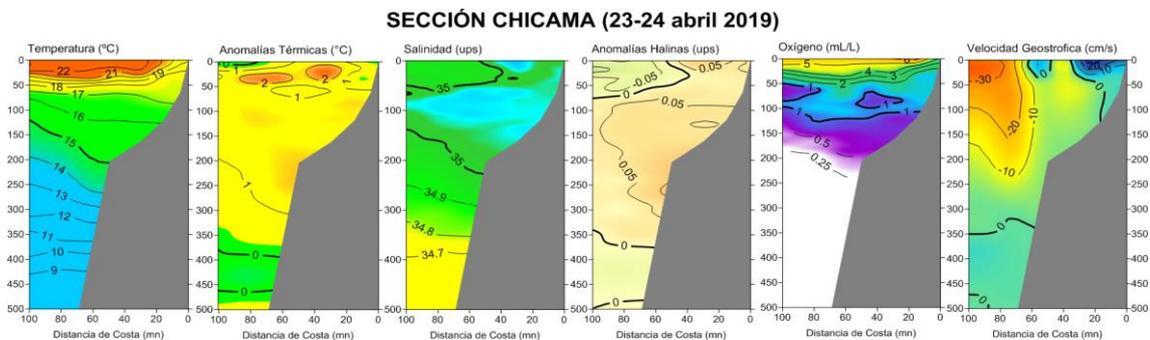


Figura 28. Distribución vertical de: a) Temperatura superficial del mar (°C), b) Anomalia de temperatura superficial del mar (°C), c) Salinidad superficial del mar (ups), d) Anomalia de salinidad superficial del mar (ups), e) Oxígeno (mL.L⁻¹) y f) Velocidad geostrofica (cm/s) frente a Chicama, realizada durante el 23 y 24 de abril de 2019. Fuente: IMARPE.

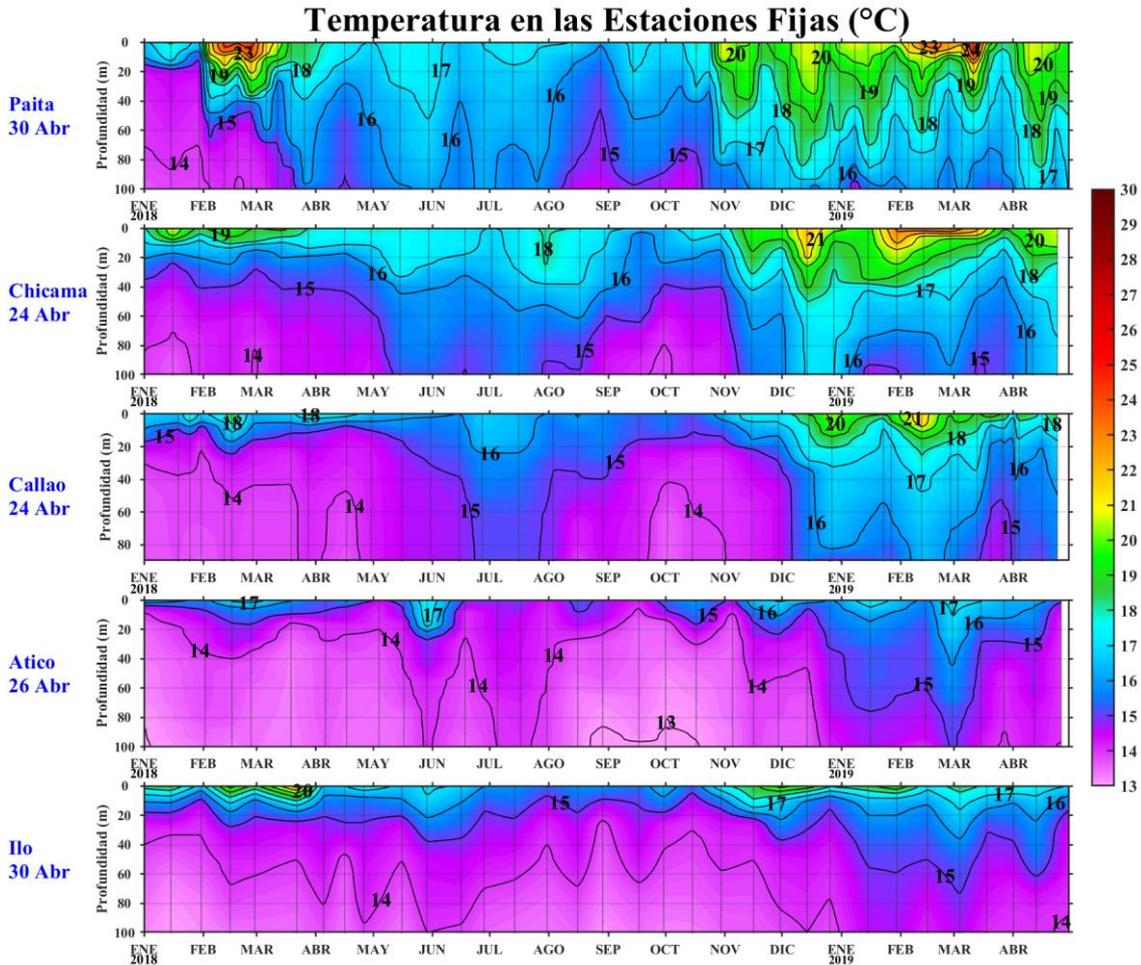


Figura 29. Series de tiempo de la estructura térmica (°C) en las estaciones fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico, e) Ilo de enero de 2018 a abril de 2019.

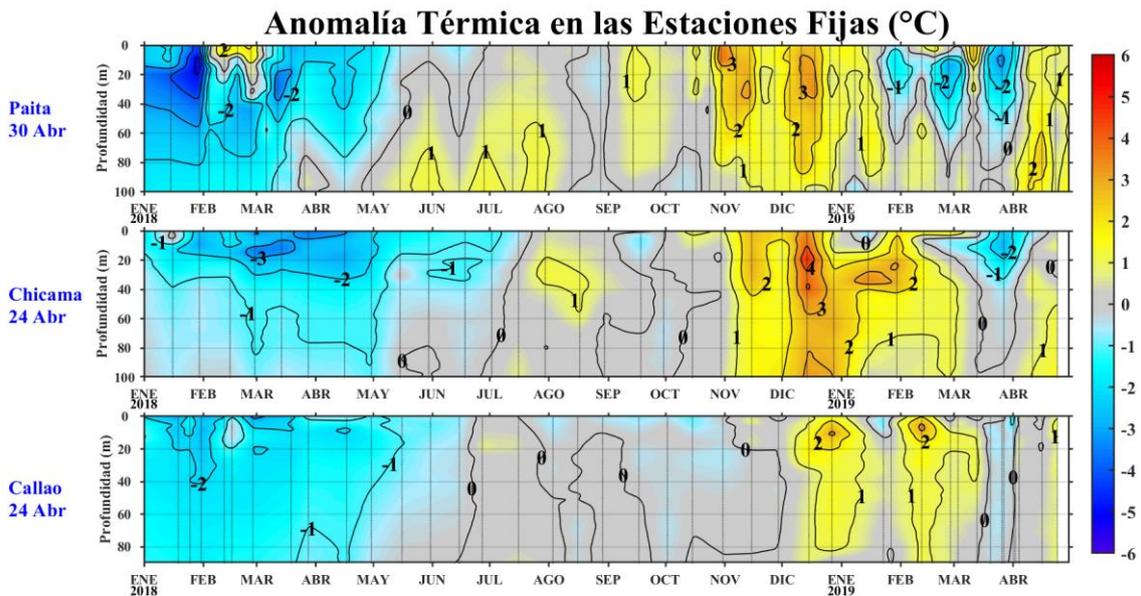


Figura 30. Series de tiempo de la anomalía térmica (°C) en las estaciones fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao de enero de 2018 a abril de 2019.

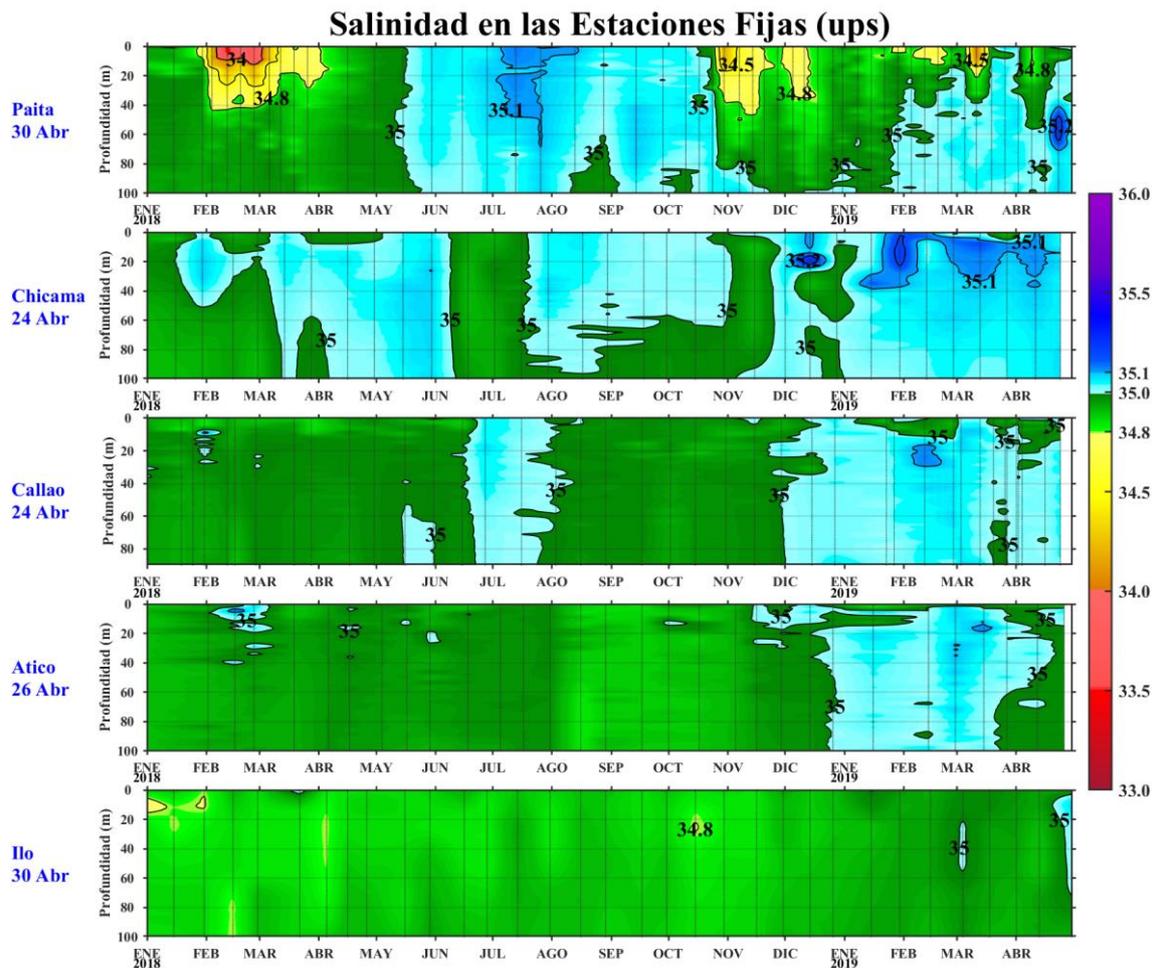


Figura 31. Series de tiempo de la salinidad del agua de mar (ups) en los Estaciones Fijas de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo de enero de 2018 a abril de 2019.

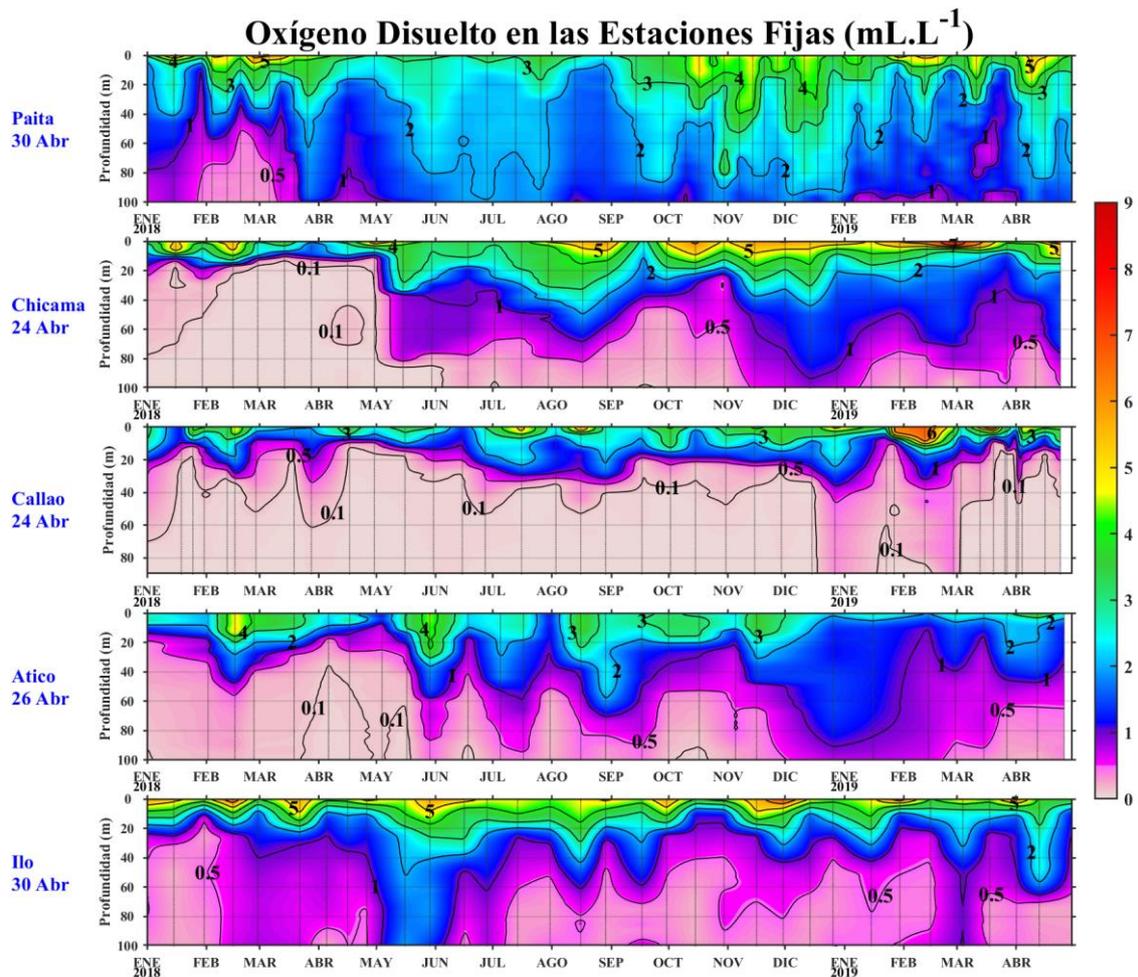


Figura 32. Series de tiempo de la concentración de oxígeno disuelto (mL.L⁻¹) en las Estaciones Fijas de Paíta, Chicama, Callao, Atico e Ilo de enero de 2018 a abril de 2019.

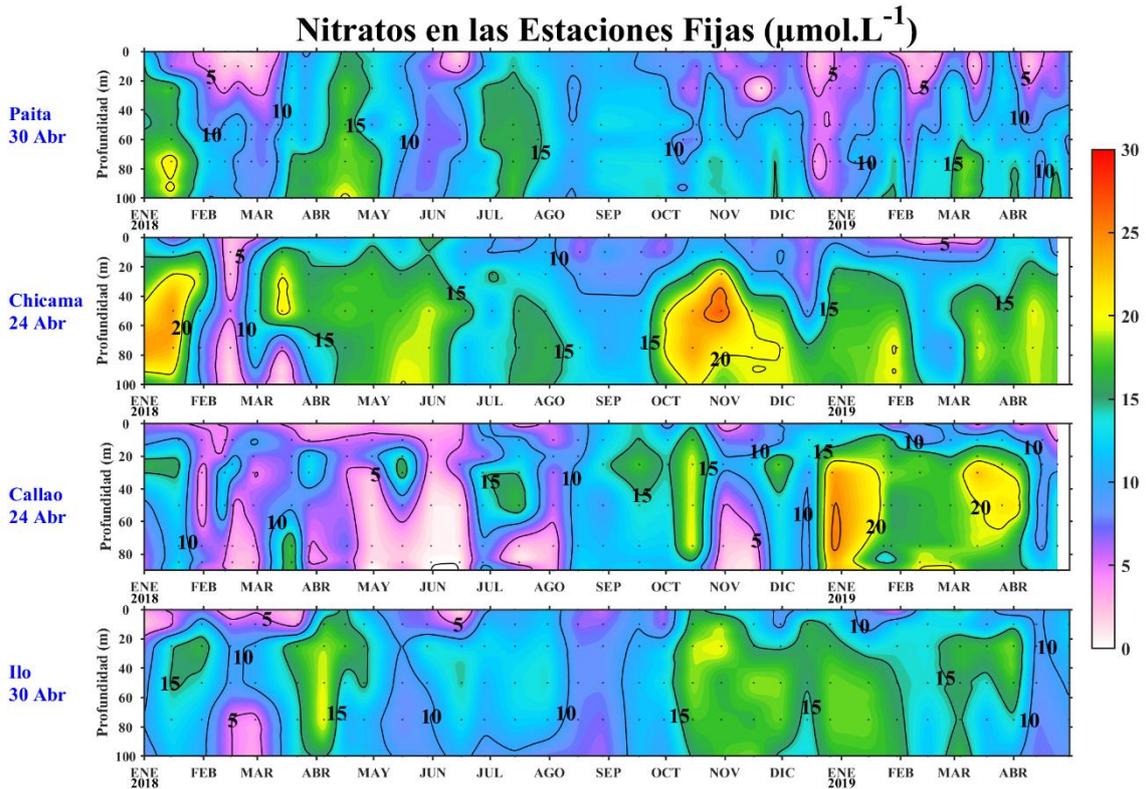


Figura 33. Concentración de nitratos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas de Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a abril 2019.

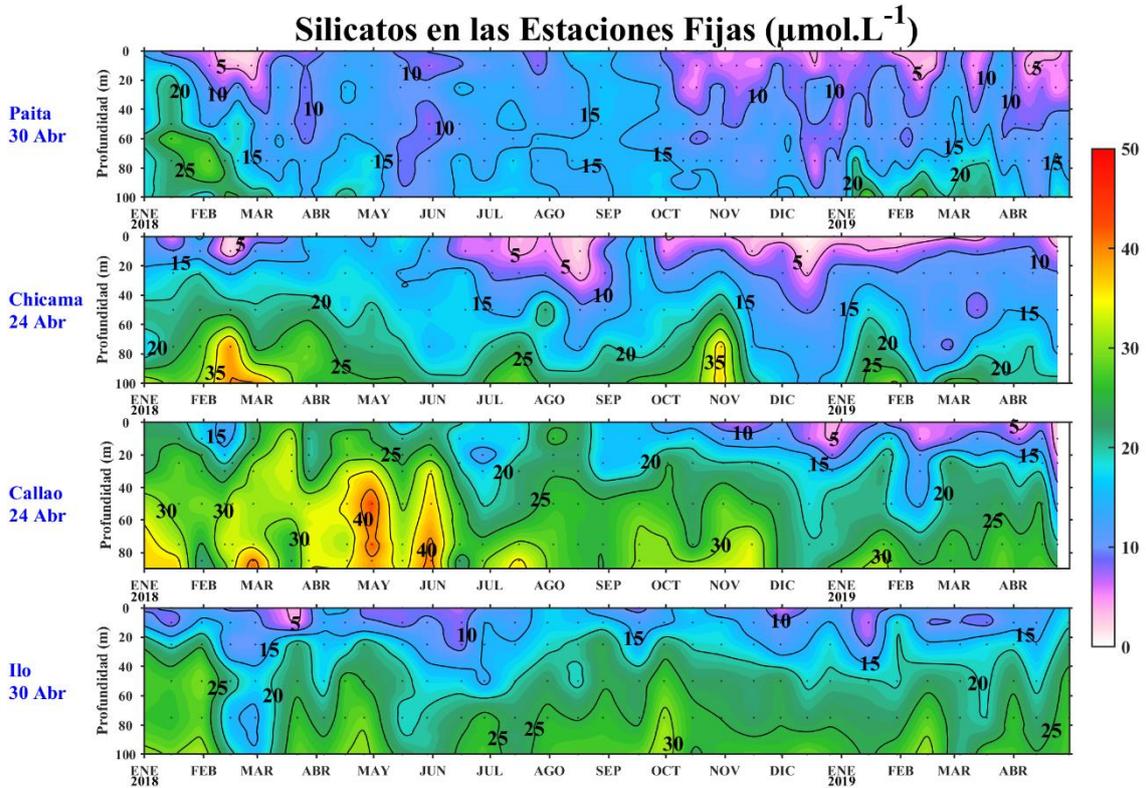


Figura 34. Concentración de silicatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas de Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a abril 2019.

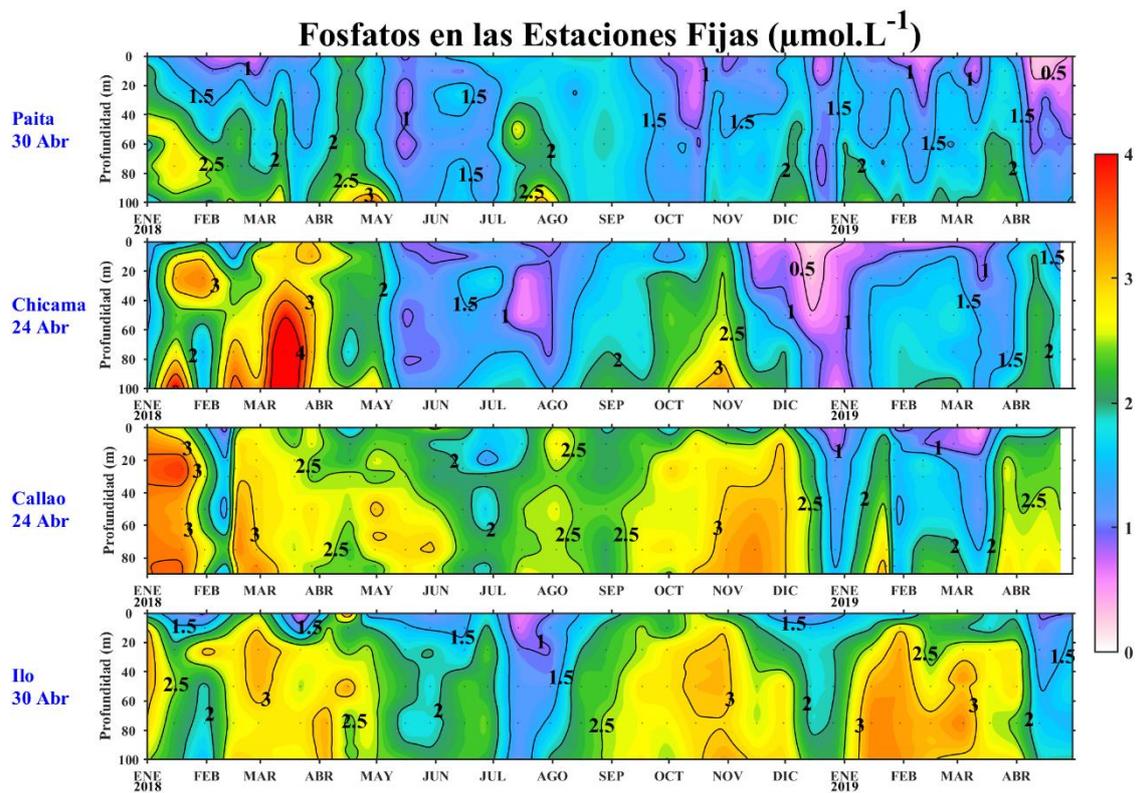


Figura 35. Concentración de fosfatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas de Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a abril 2019.

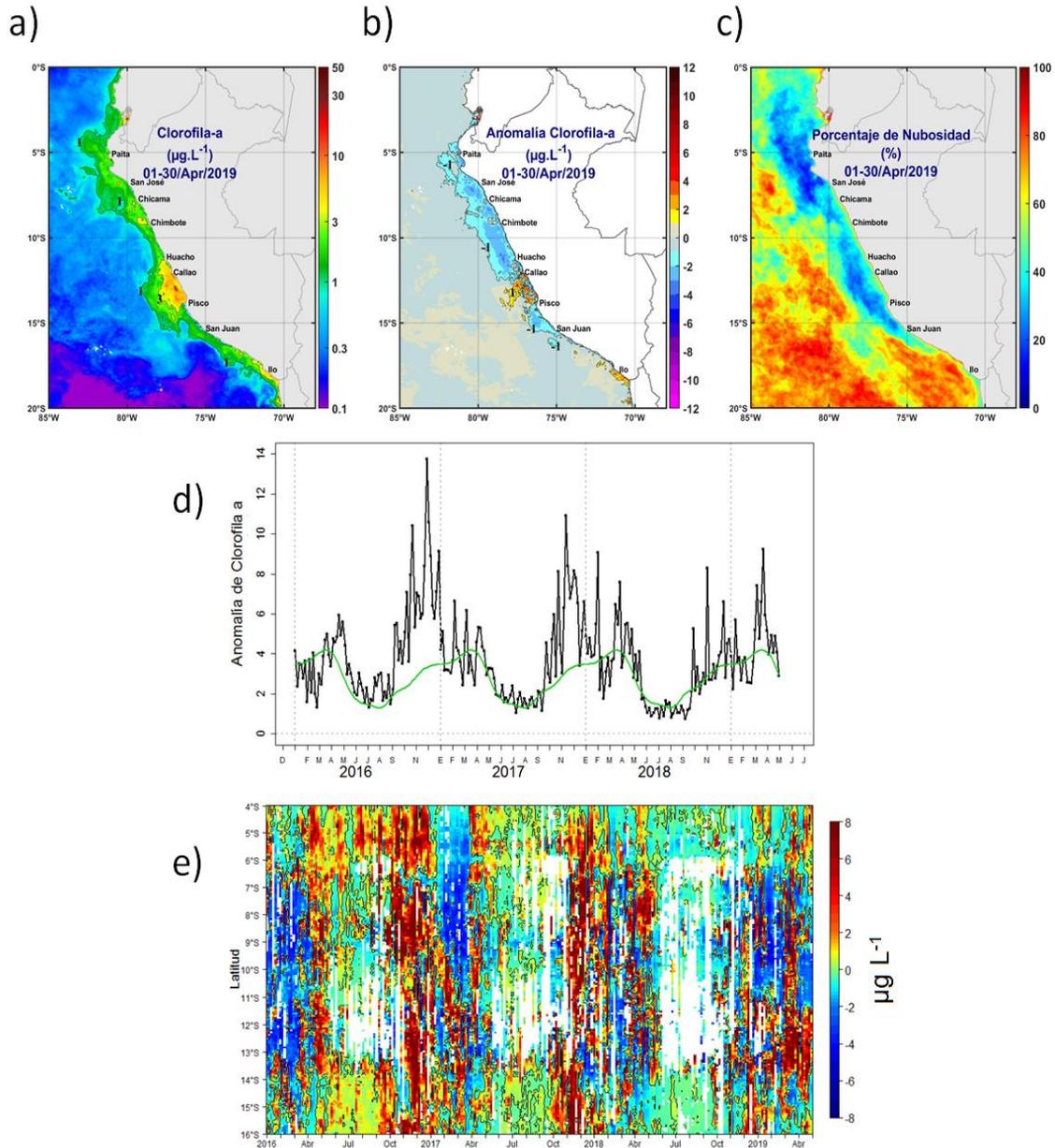


Figura 36. Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de clorofila-a satelital proveniente de MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante abril 2019. Número de días con nubes en (c). Serie de tiempo (d) para 4 °S-16 °S y dentro de los 100 km de la costa, de las concentraciones de clorofila-a satelital (línea negra) 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.

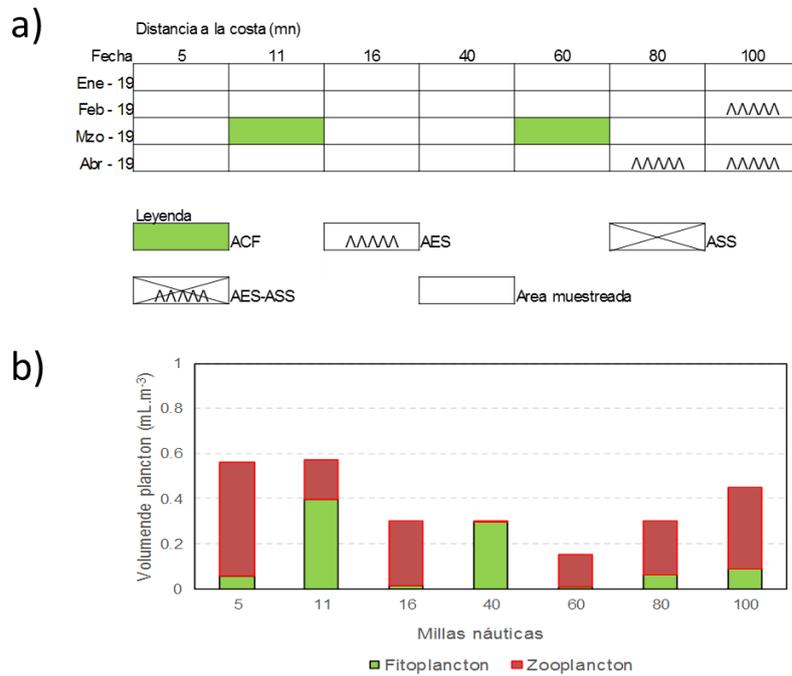


Figura 37. Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton en la sección Paita 1904 (a). Variación de los volúmenes de plancton en la sección Paita 1904 (b).

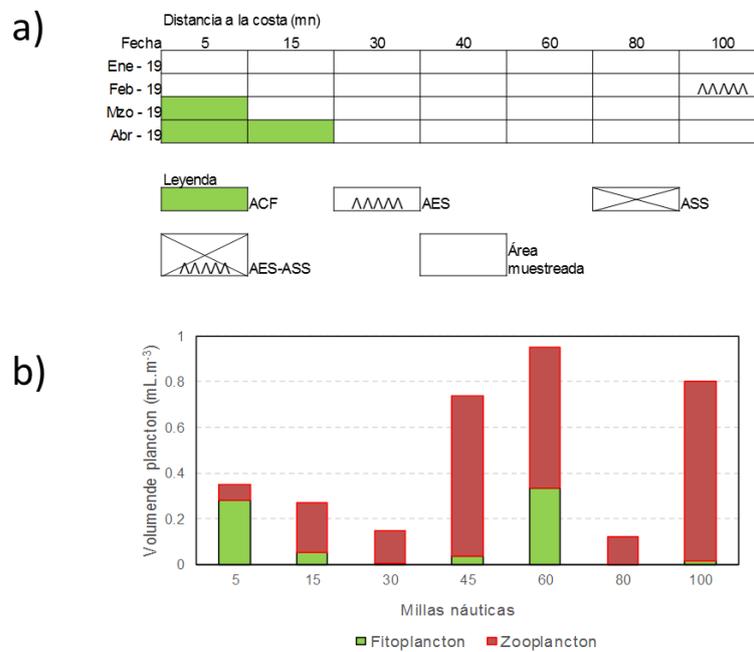


Figura 38. Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton en la sección Chicama 1904 (a). Variación de los volúmenes de plancton en la sección Chicama 1904 (b).

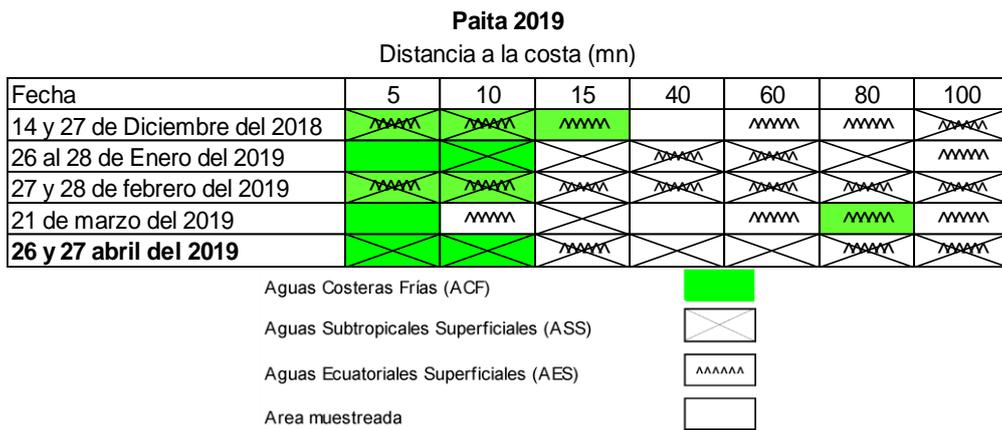


Figura 39. Distribución de Indicadores biológicos de zooplancton en la sección Paíta 1904.

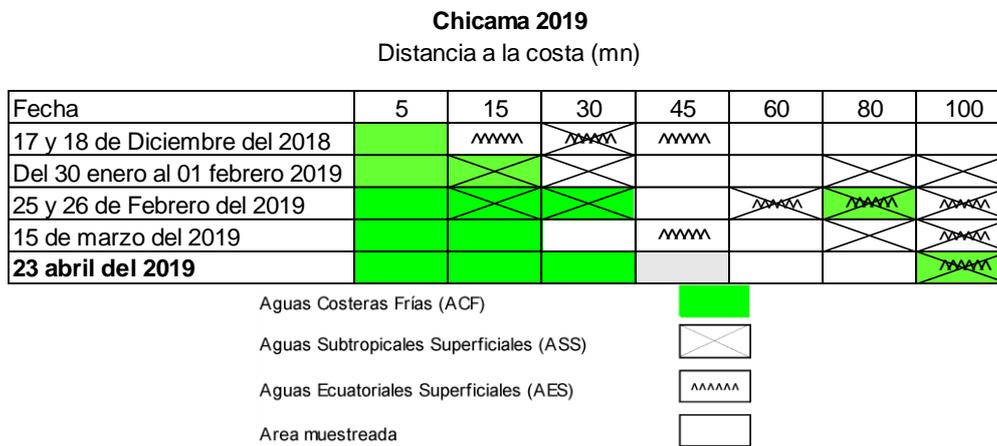


Figura 40. Distribución de Indicadores biológicos de zooplancton en la sección Chicama 1904.

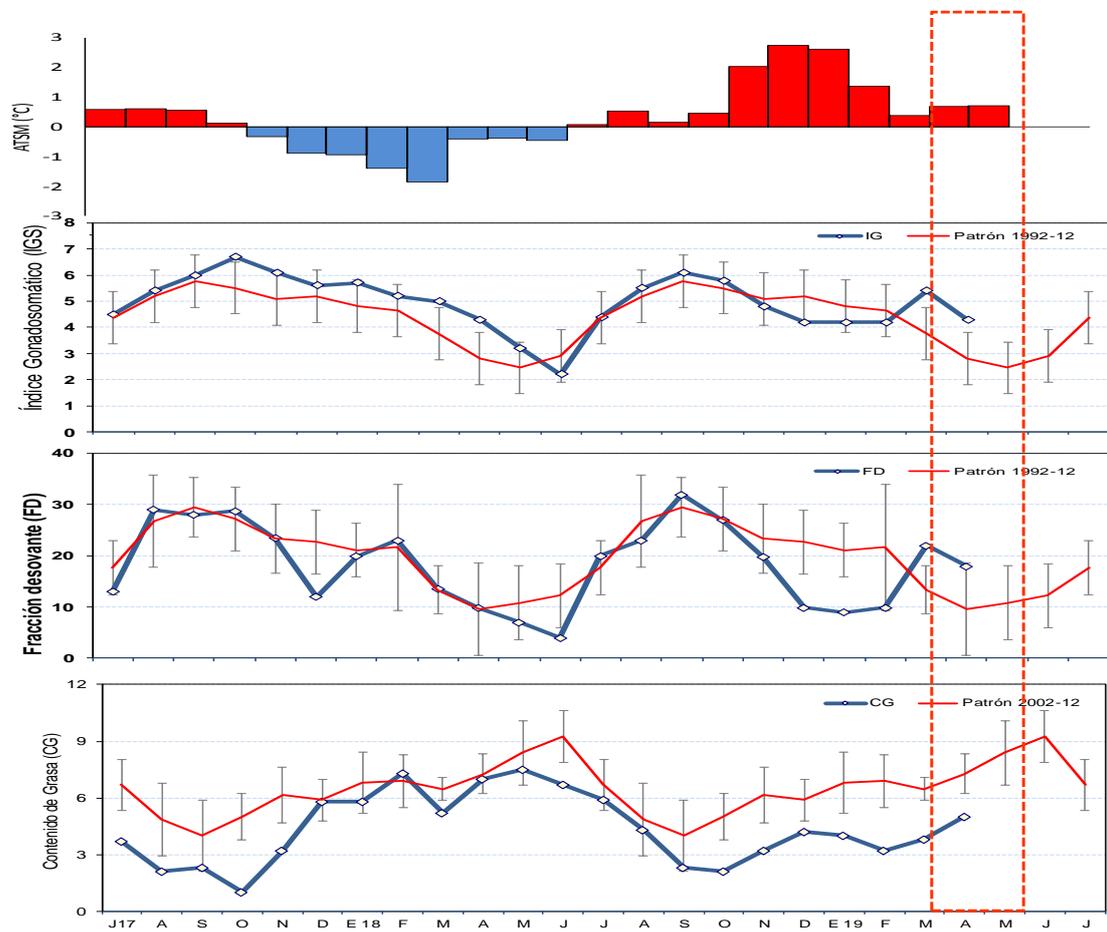


Figura 41. a) Anomalía de la TSM (°C) de Chicama. Indicadores reproductivos, a) Índice Gonadosomático (IGS), b) Fracción Desovante (FD) y c) Contenido graso del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: julio 2017 – abril 2019. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

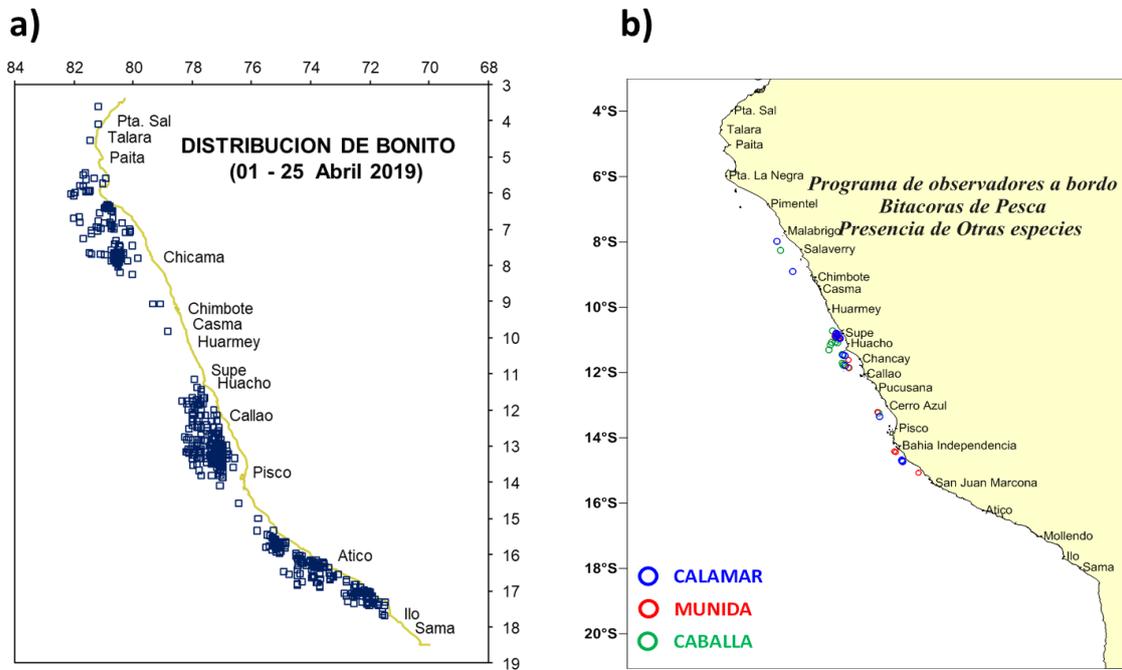


Figura 42. Distribución de bonito durante abril 2019 (a). Distribución de peces incidentales en la pesca de anchoveta durante 28 al 30 de abril 2019 (b). Fuente: PBP/ADPERP/DGIRP/IMARPE

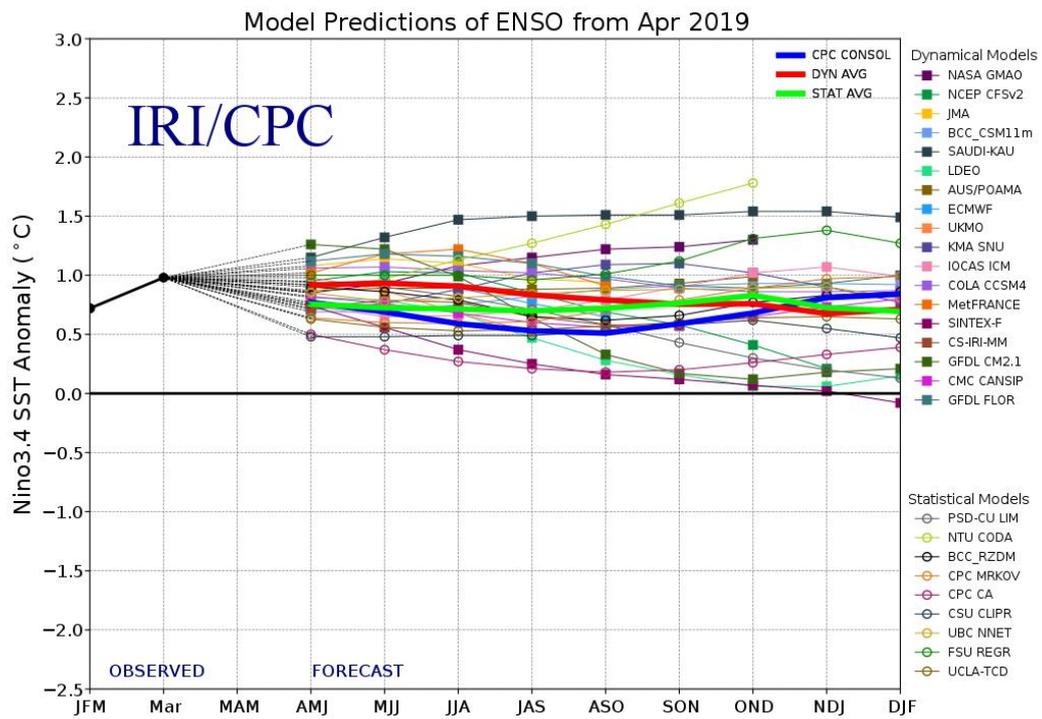
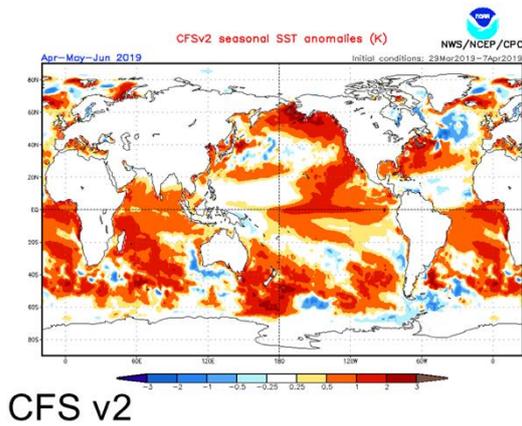
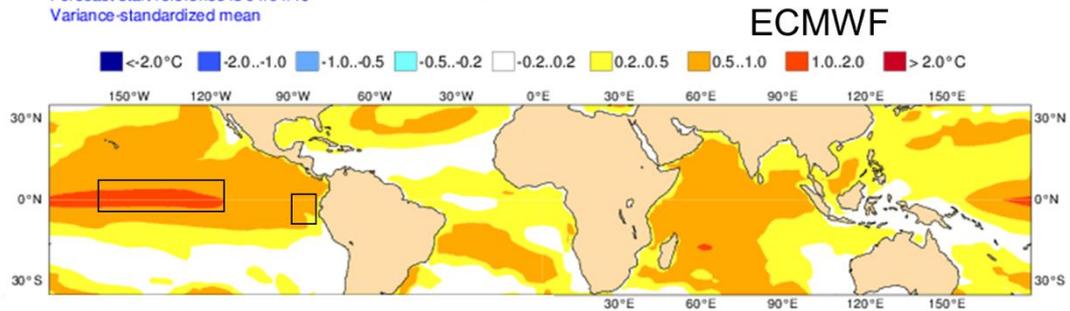


Figura 43. Pronóstico del índice Niño 3.4 mediante modelos climáticos estadístico y dinámico. Fuente: IRI/CPC, abril 2019.

EUROSIP multi-model seasonal forecast
Mean forecast SST anomaly
Forecast start reference is 01/04/19
Variance-standardized mean

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



CFS v2

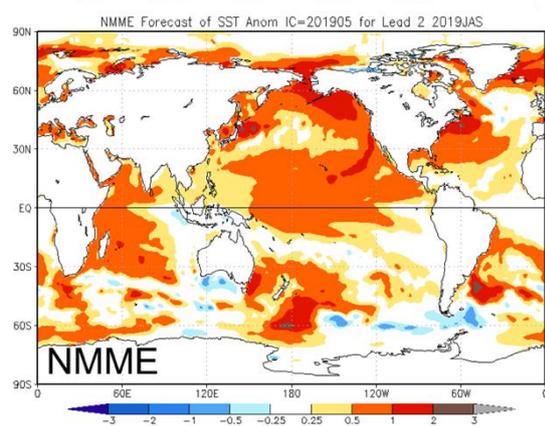


Figura 44. Pronóstico de la TSM para el trimestre MJJ 2019 del modelo ECMWF, CFSv2, y NMME (condiciones iniciales abril 2019). Los recuadros indican la región El Niño 3.4 y 1+2. Fuente: IRI/CPC.

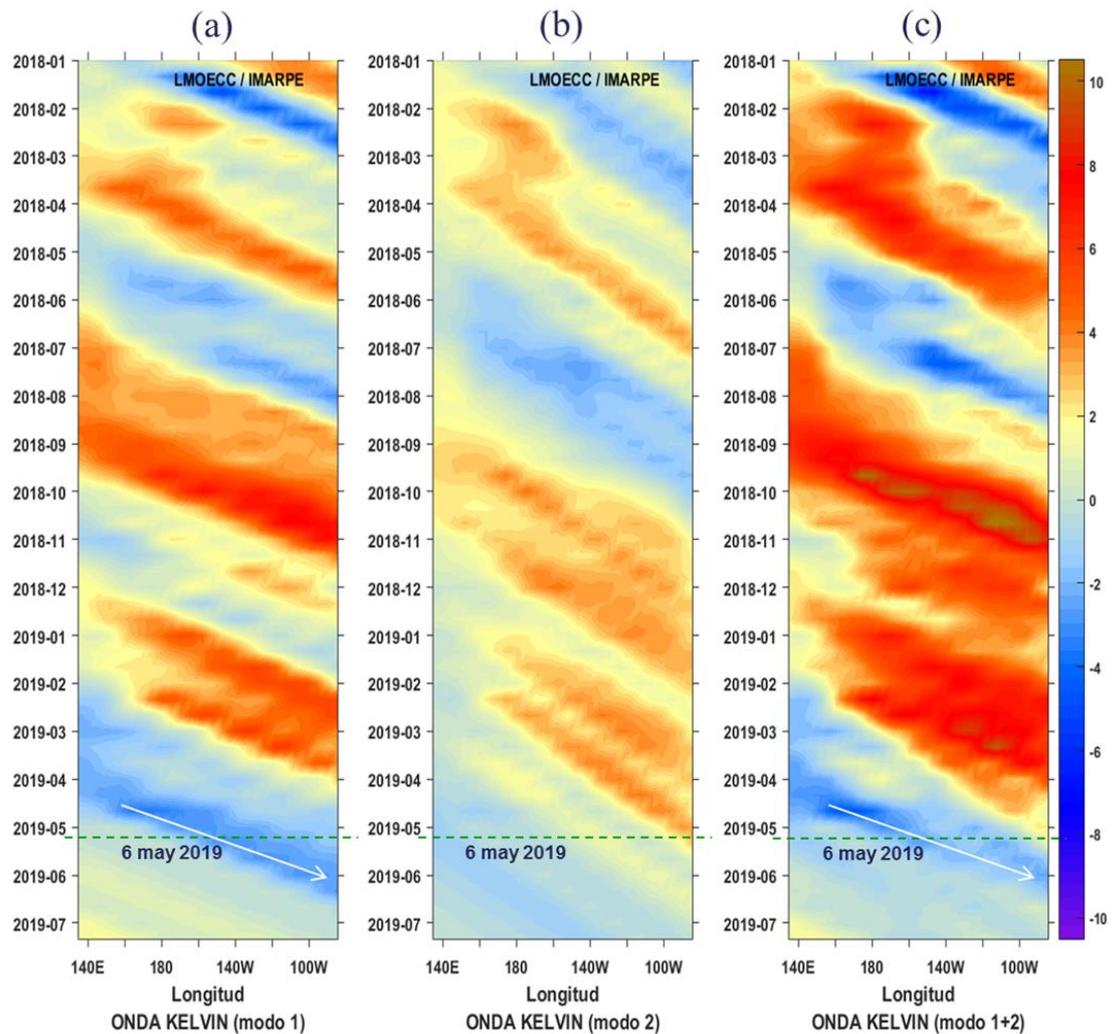


Figura 45. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0 °N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras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

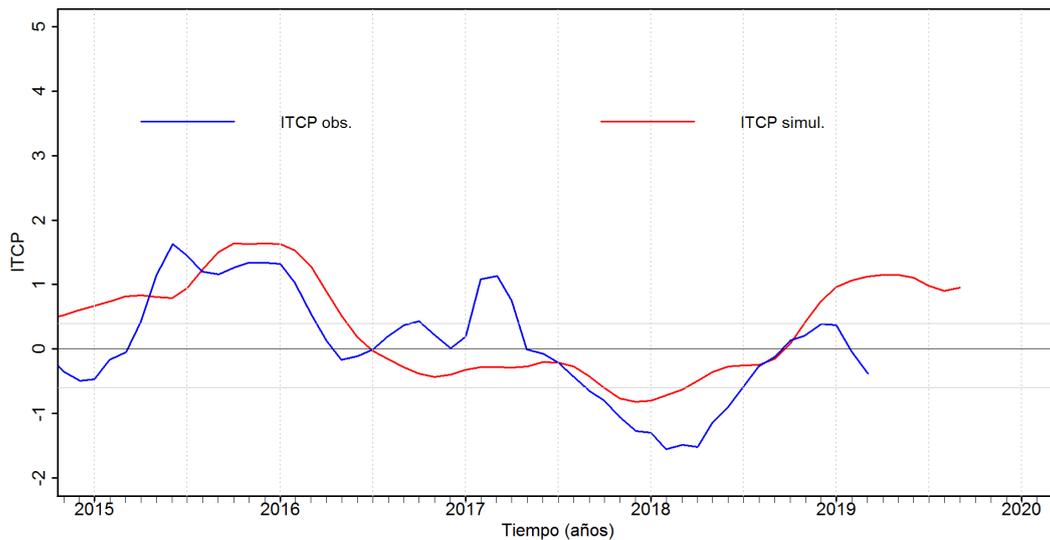


Figura 46. Pronóstico del ITCP mediante un modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia. Fuente: IMARPE.

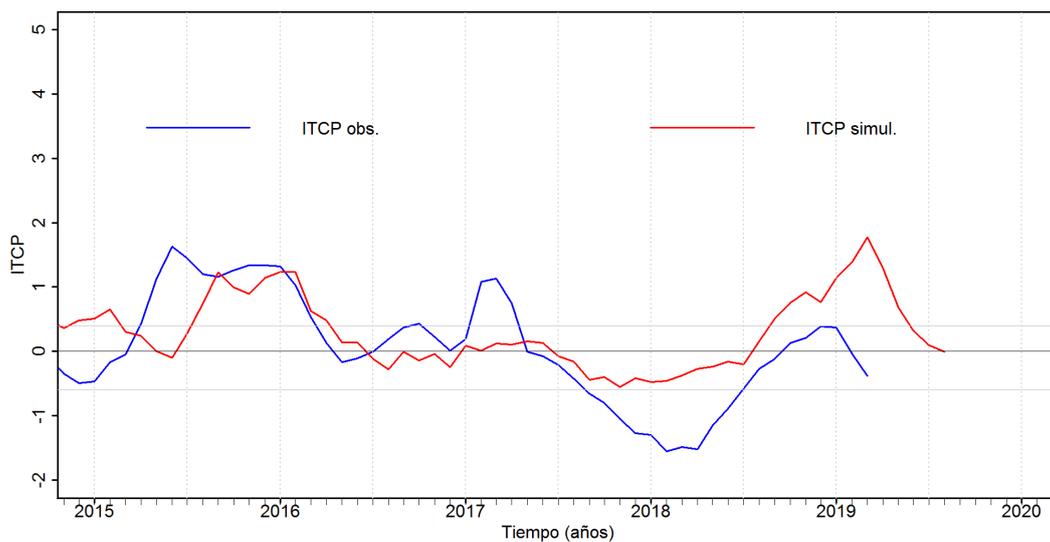


Figura 47. Pronóstico del ITCP mediante un modelo estadístico. Fuente: IMARPE.