



PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

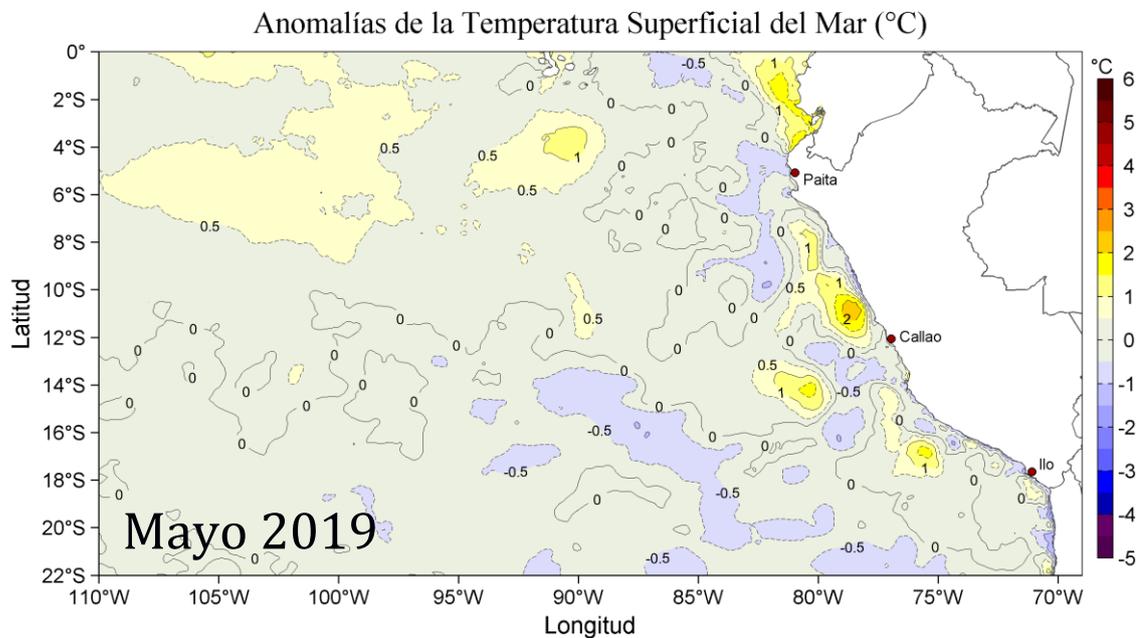
Programa Presupuestal por Resultados N°068

“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 MAYO 2019



Mayo, 2019

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

GRUPO DE TRABAJO INSTITUCIONAL EL NIÑO

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

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

1.1. Aspectos Meteorológicos

1.1.1 Distribución regional del campo de presión a nivel del mar

Se analizó el campo promedio de presión a nivel del mar del 1 al 31 de mayo 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 95,0 °W y 27,5 °S con una intensidad máxima de ~1021 hPa, encontrándose desplazado al noreste de su posición normal y con una intensidad ligeramente mayor que su valor climatológico en 0,1 hPa (Figuras 1 y 2). Así mismo, se observaron anomalías positivas de presión a lo largo del Pacífico Tropical, con un núcleo de +4,0 hPa en el Pacífico tropical occidental-central, y con anomalías positivas de +1,0 hPa en el Pacífico Oriental. Frente a la costa peruana las anomalías de presión no fueron significativas (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 MAM 2019 el IAPS presentó un valor de +1,0 hPa, mayor que su valor anterior (+0,6 hPa), aún dentro del rango neutro del APS. El valor mensual de la anomalía de la presión máxima en mayo fue de +0,1 hPa (Figura 3a). Los índices ILON e ILAT presentaron valores de +4,9 y +1,5 para el trimestre MAM, respectivamente, confirmando que el núcleo del APS ha estado ubicado al noreste de su posición habitual en el último trimestre. Los valores mensuales de las anomalías de posición longitudinal y latitudinal fueron de +1,8 y +3,3 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 hasta 140°W. Al sur de la línea ecuatorial al oeste de los 140°W se observó núcleos de anomalías positivas (Figura 4), indicando condiciones anómalas de subsidencia. La componente zonal del viento en la franja ecuatorial de 5°S a 5°N, mantuvo una dirección predominante de los vientos alisios con velocidades 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 del viento del oeste con valores inferiores a 2 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 durante la primera quincena, y anomalías del este durante la segunda quincena (Figura 5).

1.2. Aspectos oceanográficos

1.2.1. Condiciones superficiales.

En el Pacífico Ecuatorial Oriental, se observó un predominio de condiciones térmicas superficiales neutras. En el Pacífico Central aumentaron en extensión las áreas con anomalías positivas de $+1^{\circ}\text{C}$ (Figura 6). La variación temporal de las anomalías de TSM en las regiones Niño 4, Niño 3.4 y Niño 3, cambiaron a una tendencia ascendente, mientras que en la región Niño 1+2, fluctuaron anomalías positivas y negativas de intensidad débil. El último valor semanal de mayo para las regiones Niño 4, Niño 3.4, Niño 3 y Niño 1+2, fue de $+1,0$; $+1,0$; $+0,8$ y $+0,0^{\circ}\text{C}$ 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), durante la primera quincena de mayo alcanzó anomalías negativas, luego en la segunda quincena cambió hacia anomalías positivas, presentando un promedio mensual de $+0,07^{\circ}\text{C}$ (Figura 8). Esto estuvo asociado a la disminución en extensión de las áreas con anomalías de $+1,0^{\circ}\text{C}$, quedando al oeste de los 120°W y la expansión de las de anomalías negativas, que alcanzaron hasta $-2,0^{\circ}\text{C}$, entre los 120°W y 100°W , encima de los 150 m de profundidad. Debajo de esta capa se presentaron condiciones normales (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 $7,0\text{ m s}^{-1}$ durante todo el mes. En la zona oceánica, el viento varió entre $4,0\text{ m s}^{-1}$ y $8,0\text{ m s}^{-1}$, con máximos valores entre los días 06 y 10, para luego disminuir ligeramente hasta fines del mes (Figura 10). Entre Paita y Pisco se mantuvieron las anomalías positivas de velocidad de viento durante casi todo el mes, pero fuera de esta región se observaron fluctuaciones entre anomalías positivas y negativas. Durante la última semana a lo largo de la costa peruana las anomalías estuvieron próximas a cero, mientras que fuera de la costa se presentaron anomalías negativas con valores de $-4,0\text{ m s}^{-1}$ (Figura 11).

A lo largo de la franja costera de 40 km se presentaron vientos con velocidades entre $3,0\text{ m s}^{-1}$ y $7,0\text{ m s}^{-1}$ (Figura 12), presentándose ligeras anomalías entre $-1,0$ y $1,0\text{ m s}^{-1}$ a lo largo de casi toda la costa, con excepción de Pisco, donde la anomalía positiva se mantuvo en las tres primeras semanas ($\sim 2,0\text{ m s}^{-1}$), disminuyendo durante la última semana (Figura 13). El viento costero continuó mostrando su patrón normal de dirección al sur de Paita, mientras que al norte de Paita las anomalías de viento fueron del norte.

Según la información del esfuerzo de viento sobre superficie, el afloramiento costero persistió en la mayor parte del mes entre Talara y San Juan. El índice de afloramiento costero (IAC) aumentó respecto al mes anterior frente a Talara y Paita, de $300\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}\text{ }100\text{ m}^{-1}$ a más de $450\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}\text{ }100\text{ m}^{-1}$. Al sur de los 5°S durante todo el mes, el IAC se mantuvo inferior a $250\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}\text{ }100\text{ m}^{-1}$. Frente a Pisco y San Juan el IAC exhibió una ligera intensificación en la segunda y tercera semana (Figura 14).

2.2 Aspectos oceanográficos

2.2.1 Anomalía del nivel medio del mar (ANMM)

Frente a la costa peruana, la distribución espacial de ANMM mostró diferencias latitudinales. Frente al norte se presentaron valores alrededor de +5 cm, mientras que frente a la costa central y a más de 100 mn, se detectaron núcleos de +10 cm, asociados a giros anticiclónicos. Frente a la costa sur, se observaron vórtices de menor extensión que en el norte, con giro anticiclónico de +10 cm y vórtices de giro ciclónico con ANMM <+5 cm. En general las zonas con ANMM de +10 cm mostraron una tendencia a atenuarse hacia finales de mes (Figura 15).

En la franja de 60 mn adyacente a la costa, predominaron ANMM alrededor de +5 cm. Sin embargo, a mediados de mes, se detectó un pulso de ANMM de +10 cm que se propagó desde la línea ecuatorial hasta los 12°S (Figura 16). Las ANMM en esta franja se atenuaron luego hacia finales de mes hasta +7 cm, mientras que en Galápagos la ANMM disminuyó de +10 cm a +6 cm, aproximadamente (Figura 17).

Por otro lado, en base a la información de altimetría satelital, se ha evaluado remolinos mediante un algoritmo híbrido de identificación (Halo *et al.*, 2014). Los remolinos de mesoescala transportan calor, energía y masas de agua, así como plancton, materiales bio-génico y nutrientes que provienen del afloramiento, también influye en la distribución de biomasa de fitoplancton, y el sostenimiento de la producción biológica en zonas oligotróficas. En el hemisferio sur, de acuerdo al sentido del giro pueden ser ciclónicos (horario) generando divergencia, y anticiclónicos (anti-horarios) provocando convergencia del fluido. En la zona entre los 70°W – 84°W y 3°S - 18°S, durante los primeros 5 meses del 2019, se detectaron en promedio entre 6 y 9 remolinos por día, siendo abril y mayo los meses con mayor cantidad de remolinos detectados. Los remolinos ciclónicos predominaron levemente sobre los anticiclónicos con un 54,6 % (Figura 18a). La distribución del radio y la energía cinética (EKE) promedio diario, muestran que en promedio los valores han oscilado entre 60 km y 140 cm².s⁻², respectivamente, siendo estos valores ligeramente superiores a lo observado durante abril 2019 (Figura 18 b y c).

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, de acuerdo a la estacionalidad. No obstante, se presentaron en promedio anomalías positivas en la mayoría de los Laboratorios Costeros, exceptuando Paita, Pisco e Ilo donde los valores fueron negativos. La TSM mensual varió entre 16,2°C (Ilo) a 28,2 °C (Tumbes), mientras que su anomalía varió entre -0,15 °C (Ilo) a +1,2 °C (Tumbes) (Tabla 1).

A nivel diario, la anomalía de la TSM presentó predominancia de valores positivos en Tumbes, Chicama, Huacho y Callao, predominancia de valores negativos en Paita y Huanchaco, y la alternancia de anomalías positivas y negativas en San José, Chimbote, Pisco e Ilo. Entre Tumbes y Callao las máximas anomalías de la TSM (+2,8 °C) fueron observadas en Tumbes durante la primera semana del mes, mientras que el mínimo valor (-2,1 °C) fue observado en San José durante la última semana del mes. Al sur del Callao, la mínima (-2,0 °C) y la máxima (+2,0 °C) anomalía de la TSM fueron detectadas en Pisco durante la primera semana del mes (Figura 19).

El índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2016) presentó un valor de +0,24 °C para el trimestre MAM del 2019 y un valor mensual de mayo de +0,33 °C, siendo menor al valor observado durante abril 2019 (+0,48 °C) (Figura 20).

2.2.2.2 Información satelital de TSM y sus anomalías

La TSM frente a la costa centro-norte continuó descendiendo. En la zona norte las aguas con $TSM < 24$ °C se expandieron gradualmente en forma de lengua hasta Galápagos durante el mes. En el sur frente al codo Perú-Chile, la TSM descendió de 22 °C a 20 °C. A lo largo de la costa predominaron aguas menores a 19 °C, haciendo notar que, frente a Pisco, la expansión de aguas frías fue mayor que en el resto de la costa (Figura 21).

Frente a la costa peruana, predominaron condiciones térmicas superficiales neutras, con algunos parches aislados de anomalías negativas y positivas, aunque con tendencia a la expansión del área con anomalías negativas en la zona norte. A mediados de mes, frente a Tumbes y el norte de Piura, se desarrollaron anomalías positivas que alcanzaron +2,0 °C, mientras que en la costa central se observó una celda con anomalías positivas de +3,0 °C, en tanto que en el sur se mantuvieron las condiciones neutras (Figura 22).

En la franja de 60 mn, desde Paita hacia el norte, se mantuvieron las condiciones cálidas, que a mediados de mes alcanzaron +2,0 °C. En el resto de la franja predominaron las condiciones neutras, con una zona entre Huarmey y Callao, que presentó anomalías positivas de hasta +2,0 °C y que se fue atenuando hacia finales de mes (Figura 23).

El Índice Térmico Costero Peruano ITCP (Quispe-Ccalluari et al., 2016), presentó un valor de -0,5 para el trimestre marzo a mayo 2019, indicando una condición fría en la franja costera. El valor de la primera componente principal para el mes de mayo fue 0,0 °C, aumentado respecto al mes anterior (Figura 24).

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), a más de 300 mn de la costa y entre los 2°S a 7°S, se habrían presentado durante el mes aguas de mezcla entre las aguas ecuatoriales superficiales (AES) y las aguas subtropicales superficiales (ASS), con valores de alrededor de 35,0 ups. Cerca de la costa, las aguas con salinidad menor a 34,8 ups (AES), se habrían desplazado hasta los 5°S durante la tercera semana, replegándose luego a la zona de Talara. Las aguas con salinidad menor a 35,1 ups, ubicadas en la costa centro-sur y que corresponden al rango de las aguas costeras frías (ACF) del afloramiento, se expandieron con gran amplitud hasta fuera de las 50 mn de la costa, mostrando frente a Pisco elongaciones que habrían pasado las 100 mn (Figura 25).

2.2.4 Secciones oceanográficas

2.2.4.1 Paita (30-31 de mayo)

La TSM presentó valores entre 18 °C y 19 °C en toda la sección; las isotermas de 18 °C y 19 °C, que no se registraron a finales de abril, se ubicaron a 20 y 30 mn de la costa. Se estimaron anomalías de TSM con valores alrededor de -1,0 °C (Figura 26 a, b, Figura 27 a, b).

Sobre los 100 m de profundidad, las temperaturas variaron de 16 °C a 19 °C con una débil termoclina. La isoterma de 15 °C se presentó entre los 140 y 150 m de profundidad, ligeramente más somera que en abril (Figura 27 d). Sobre los 50 m se registraron anomalías térmicas negativas de -1,0 °C en promedio, y debajo de estas hasta los 200 m se observó ligeras anomalías térmicas positivas con valores de hasta +1,0 °C (Figura 26 b).

La salinidad en los primeros 50 m de profundidad evidenció la presencia de aguas de mezcla entre ASS y ACF dentro de las 40 mn ($S < 35,1$ ups); aunque por fuera de esta franja se observó una mayor influencia de las ASS. En general, en esta capa se determinaron anomalías halinas de hasta +0,05 ups (Figura 27 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, evidenciando un comportamiento de acuerdo a su estacionalidad para ambos casos.

La distribución del oxígeno disuelto (OD) mostró que la iso-oxígena de 1 mL.L⁻¹, asociada a la oxiclina, se superficializó de 170 m a 90 m de profundidad en toda la zona costera, respecto a abril (Figuras 26 e y 27 e). El límite superior de la zona de mínima de oxígeno (ZMO; OD < 0,5 mL.L⁻¹), se detectó a 170 - 200 m de profundidad en toda la sección. Sobre los 300 m a 30 - 100 mn, se estimaron flujos geostroficados hacia el norte con una velocidad de hasta 20 cm.s⁻¹ (Figura 26 e, f).

2.2.4.2 Chicama (29 de mayo)

La TSM presentó la isoterma de 22 °C a 40 mn frente a la costa, la cual se encontraba a 25 mn a fines de abril. La anomalía de TSM mostró valores alrededor de cero cerca a la costa y un núcleo de +2,0 °C a 40 - 80 mn (Figura 28 a, b; Figura 29 a, b). Sobre los 100 m se registraron temperaturas entre 16 °C y 23 °C con una termoclina débil, mientras que la isoterma de 15 °C se presentó a 100 - 120 m de profundidad, en promedio 50 m más somera que en abril (Figura 28 d). Sobre los 70 m y a 30 - 100 mn, se presentaron anomalías térmicas positivas de +2,0 °C en promedio, destacando un núcleo de hasta +4,0 °C a 40 m de profundidad a 60 - 75 mn (Figura 28 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 dentro de las 20 mn, y ASS a 20 - 100 mn, esta última asociada a anomalías halinas de hasta +0,30 ups. Por otra parte, entre los 50 y 150 m de profundidad, se detectaron aguas de mezcla ASS - AESS y AESS (Figura 29 c, Figura 28 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 10 - 80 m de profundidad, en promedio 30 m más superficial que en abril (Figura 29 e). El borde superior de la ZMO se presentó a 80 - 130 m (Figura 28 e). Por otra parte, se estimaron flujos geostroficados con dirección hacia el norte sobre los 200 m de hasta 30 cm s⁻¹, disminuyendo en intensidad y grosor hacia la costa. Asimismo, se estimó un flujo con dirección hacia el sur entre los 50 y 120 m a 25 - 50 mn de la costa y con una velocidad de hasta 5 cm.s⁻¹ (Figura 28 f).

2.2.5 Estaciones fijas costeras

El monitoreo de alta frecuencia de la columna de agua (<100 m) que se realiza en las estaciones fijas mostró que en el último mes para Paita la temperatura varió entre los 16 °C y 19 °C, en Chicama entre 16 °C y 19 °C, en Callao entre 16 °C y 18 °C, en Atico entre 14 °C y 17 °C y en Ilo entre 14 °C y 17 °C. En Paita se detectó una profundización y un ascenso de las isotermas en la primera y en la segunda quincena del mes, respectivamente.

En Chicama se observó una superficialización de las isotermas desde inicios del mes; en Callao se profundizó la isoterma de 16 °C durante el mes de mayo, mientras que en las estaciones fijas de Atico e Ilo se detectó un leve ascenso de la isoterma de 14 °C hacia finales del mes (Figura 30). En Paita, se detectó un pulso con valores de hasta +1,0 °C por debajo de los 40 a quincena del mes y anomalías térmicas cercanas a cero en el resto del mes. En Chicama se observó condiciones térmicas neutras; mientras que en Callao se detectó en promedio anomalías térmicas de +1,0 °C (Figura 31).

En Paita, Chicama y Callao, los registros de salinidad y temperatura evidenciaron la presencia de aguas de mezcla ASS-AES durante todo el mes, aunque en Callao también se observó pequeños núcleos de ASS sobre los 20 m. En Atico e Ilo se observó una aparente transición de ACF a aguas de mezcla ACF-ASS (Figura 32).

En cuanto al OD, en general se detectó una superficialización de las iso-oxígenas en Paita y Chicama, 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 ni en Ilo y se determinó a 60 - 90 m en Chicama, a 20 - 38 m en Callao y a 70 m en Atico durante el mes, en promedio (Figura 33).

2.2.6 Fertilidad y productividad

2.2.6.1. Variabilidad espacio-temporal de los nutrientes

En las estaciones fijas costeras, los nutrientes no exhibieron un comportamiento homogéneo.

Respecto a los nitratos, en Paita la concentración promedio, entre los 0 – 100 m, disminuyó durante la última semana (concentraciones < 10 µmol.L⁻¹) respecto a la primera quincena del mes (10 – 15 µmol.L⁻¹). En Chicama, la concentración promedio encima de los 15 m estuvo entre 5 µmol.L⁻¹ a 10 µmol.L⁻¹, mientras que por debajo de los 35 m se mantuvo alrededor de los 15 µmol.L⁻¹. En Callao, la concentración promedio debajo de los 30 m fue de ~20 µmol.L⁻¹ durante el mes, mayor a lo observado a fines de abril (10 – 15 µmol.L⁻¹). En Ilo, encima de los 40 m, los nitratos disminuyeron de ~13 µmol.L⁻¹ a 10 µmol.L⁻¹ durante la primera semana, y se mantuvieron menores a 10 µmol.L⁻¹ durante el resto del mes (Figura 34).

Respecto a los silicatos, en Paita la isolínea de 15 µmol.L⁻¹ se superficializó durante la primera quincena de 40 m a 5 m, mientras que durante la segunda quincena del mes se profundizó de 5 m a ~ 60 m. En Chicama, encima de los 20 m, predominaron concentraciones menores a 10 µmol.L⁻¹, mientras que la isolínea de 15 µmol.L⁻¹ se superficializó de 80 m a 40 m entre el inicio y fin de mes. En Callao, las concentraciones se mantuvieron durante el mes, con valores menores a 10 µmol.L⁻¹ encima de los 25 m y con un promedio de 20 µmol.L⁻¹ entre los 45 m y 100 m. En Ilo, los valores disminuyeron ligeramente, observándose la profundización de la isolínea de 20 µmol.L⁻¹ de ~18 m a 40 m entre la primera y la última semana, alcanzando su máxima profundidad a mediados del mes (~80 m) (Figura 35).

Respecto a los de fosfatos, se observó un aumento de las concentraciones durante el mes, superficializándose la isolínea de 1,5 µmol.L⁻¹ de 100 m a 15 m entre la primera y última semana. En Chicama, debajo de los 20 m, las concentraciones fluctuaron entre 1,5 µmol.L⁻¹ a 2 µmol.L⁻¹, durante todo el mes. En Callao, debajo de los 20 m las concentraciones disminuyeron, observándose concentraciones de 2,5 µmol.L⁻¹ en la primera semana y concentraciones de 2 µmol.L⁻¹ durante la segunda y última semana del mes. En Ilo, debajo de los 15 m, las concentraciones aumentaron de 1,5 µmol.L⁻¹ a 2 µmol.L⁻¹ durante la primera semana y se mantuvieron entre 2 µmol.L⁻¹ y 2,5 µmol.L⁻¹ durante el resto del mes (Figura 36).

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 a lo largo de la costa se presentó la predominancia de valores de $1 \mu\text{g.L}^{-1}$ a $3 \mu\text{g.L}^{-1}$ a 60 – 90 mn hacia la costa; sin embargo, se presentaron núcleos mayores a $3 \mu\text{g.L}^{-1}$ entre San José y Chicama, Callao y Pisco, y frente a Ilo dentro de las 40 mn (Figura 37 a), siendo esta distribución similar a lo observado durante abril, pero con una menor extensión del núcleo frente a Callao – Pisco. En promedio mensual, hubo predominancia de anomalías negativas ($-1 \mu\text{g.L}^{-1}$ a $-2 \mu\text{g.L}^{-1}$) de San José a San Juan dentro de las 90 mn; mientras que, frente a Tumbes (a las 60 mn) y frente a Ilo (dentro de las 30 mn) predominaron anomalías positivas ($\sim +1 \mu\text{g.L}^{-1}$) (Figura 37 b). La distribución de anomalías (positivas y negativas) son comparables a lo observado durante abril, aunque sin la presencia de anomalías positivas entre Callao y Pisco ($> +1 \mu\text{g.L}^{-1}$).

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 una disminución de sus concentraciones siguiendo su ciclo anual (Figura 37 d). Latitudinalmente, las anomalías negativas han predominado entre los 10°S – 12°S a lo largo del mes y las anomalías positivas han persistido al norte de los 10°S y entre los 13°S – 15°S , principalmente durante la segunda quincena del mes (Figura 37 e).

Un factor clave para el crecimiento fitoplanctónico es la cantidad de luz incidente, la cual es afectada por la presencia de nubes. Entre Chicama y Callao, existió una cobertura nubosa alta (80 % a 90 % de días nublados), mientras que, frente a Paita y entre Pisco y San Juan la cobertura de nubes fue menor al 40 % dentro de las 60 mn (Figura 37 c).

2.2.7 Indicadores biológicos del plancton

2.2.7.1 Indicadores biológicos del fitoplancton.

Paita

Frente a Paita se determinó a *Triplos praelongus* (*Ceratium praeelongum*), especie indicadora de ASS, a 100 mn de la costa, asociada a una TSM de $19,6^{\circ}\text{C}$ (Figura 38).

La abundancia del fitoplancton estuvo representada por diatomeas de afloramiento y neríticas destacando *Leptocylindrus danicus* y *Detonula pumila* a 40 mn de la costa que alcanzaron la categoría "Abundante" de abundancias relativas. Se observó alta riqueza de diatomeas con frecuencia de *Guinardia delicatula*, Grupo *Pseudo-nitzschia delicatissima*, *Chaetoceros affinis*, *Ch. lorenzianus*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira angulata* y *Lithodesmium undulatum*. Entre las 80 mn y 100 mn se determinaron diatomeas y dinoflagelados de aguas cálidas como *Chaetoceros coarctatus*, *Planktoniella sol*, *Thalassiosira partheneia*, *Triplos azoricus*, *T. trichoceros*, *Triplos massiliensis*, *Triadinium polyedricum* y *Dinophysis rapa*, entre otros.

Chicama

En Chicama, se determinó a *Protoperdinium obtusum*, especie indicadora de ACF, que se distribuyó dentro de las 15 mn de la costa, relacionada a una TSM promedio de $17,9^{\circ}\text{C}$. Además, se apreció a *Ceratium breve* var. *parallelum*, especie indicadora de AES, a 40 mn de la línea de costa, asociada a una TSM de $20,7^{\circ}\text{C}$ (Figura 39).

Dentro de las 30 mn de la costa se observó un incremento de la abundancia relativa del fitoplancton destacando las diatomeas de afloramientos y oceánicas. Entre éstas se determinaron a *Chaetoceros debilis*, *Ch. lorenzianus* (especies de afloramiento) y *Thalassiosira partheneia* (especie oceánica), que alcanzaron la categoría “Abundante” y “Muy Abundante”, relacionadas a un rango de TSM de 17,0 y 18,3 °C.

Entre las 40 y 100 mn resaltaron las diatomeas oceánicas (*Thalassiosira partheneia*, *Chaetoceros convolutus*, *Planktoniella sol*, *Rhizosolenia bergonii*, *R. acuminata* y *Lioloma delicatulum*) y los dinoflagelados termófilos (*Protoperidinium murrayi*, *P. elegans*, *Tripos macroceros*, *T. azoricus*, *T. carriense*, *T. concilians*, *Protoperidinium grande* y *Triadinium polyedricum*), entre otros. Así mismo, de los dinoflagelados cosmopolitas se determinaron a *Tripos furca*, *T. dens* y *T. fusus*. Todas estas especies presentaron bajas abundancias relativas, en la categoría “Presente”.

2.2.7.2 Indicadores biológicos del zooplancton e ictioplancton

Paita

Durante mayo, se determinó la presencia del copépodo *Centropages brachiatus*, especie asociada a ACF, ubicada dentro de las 60 mn frente Paita. Los copépodos *Acartia danae*, *Calocalanus pavo* e *Inschnocalanus plumulusus*, especies indicadoras de ASS, se localizaron entre las 40 mn y 60 mn de la costa (Figura 40).

Chicama

Se determinó la presencia del copépodo *Centropages brachiatus*, especie asociada a ACF, ubicada dentro de las 15 mn y a 60 mn. Los copépodos *Acartia danae*, *Calocalanus pavo* e *Inschnocalanus plumulusus*, especies indicadoras ASS, se localizaron a 15 mn y entre 60 y 80 mn de la costa (Figura 41).

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 7 de junio del 2019, la flota industrial de cerco desembarcó aproximadamente 1 360,000 mil toneladas, correspondientes al 64,7% de la cuota otorgada (2 100 000 t).

Los desembarques diarios durante mayo presentaron una tasa de captura promedio de 37 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 LT, con modas en 13,0 y presencia de ejemplares <12,0 cm alrededor del 20.3%.

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), en el mes de mayo, indicaron que la anchoveta presentó una disminución de la actividad desovante (Figura 42).

3.2. Especies Indicadoras

En la pesca dirigida a la anchoveta, en la primera semana de mayo se registró como captura incidental a caballa (*Scomber japonicus*), especie transzonal asociada a aguas cálidas; además, también se registró múnida (*Pleurocondes monodon*) y calamar dentro de las 30 mn (Figura 43), especies asociadas 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 fines de invierno e inicios de primavera (trimestre ASO) en la región Niño 3.4 con una TSM promedio entre +0,5 °C y 1,0 °C (IRI, mayo 2019) (Figura 44 y 45).

Espacialmente, para el trimestre ASO 2019, los modelos ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts model), CFSv2 (Coupled Forecast System model de la NOAA) y NMME (North American Multi-Model Ensemble model de la NOAA) pronostican valores entre +0,5 °C a +1 °C entre los 180°W a 110°W (Figura 45).

En la región El Niño 1+2, los modelos ECMWF, CFS y NMME indican una condición neutra para fin de invierno e inicios de primavera (Figura 45).

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), una onda Kelvin cálida de modo 1 se generó en mayo 2019, debido a los pulsos de vientos del oeste observados en el Océano Pacífico ecuatorial occidental, y se espera su llegada hacia fines de julio 2019. Sin embargo, su intensidad llegaría reducida frente a las costas de Sudamérica debido a las anomalías de vientos del este observadas recientemente en el Pacífico ecuatorial central (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), y el modelo estadístico basado en el volumen de agua cálida ecuatorial (Matellini *et al.*, 2007) y APS, pronosticaron condiciones neutras para julio, agosto y setiembre del 2019 (Figuras 47 y 48).

5. CONCLUSIONES

- En el Pacífico ecuatorial oriental, las anomalías térmicas continuaron en condición neutra, mientras que en el Pacífico central se intensificaron ligeramente, cambiando a una tendencia creciente en las regiones Niño 4, Niño 3.4 y Niño 3. El núcleo del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se presentó desplazado ligeramente al noreste de su posición normal con una intensidad dentro de rango climatológico. El campo de presión a nivel del mar frente a la costa peruana presentó condiciones normales.
- En la capa sub-superficial del Pacífico ecuatorial (300 m), las anomalías del contenido de calor descendieron hasta valores negativos y luego cambiaron a valores positivos, con una media mensual de +0,07°C.

- El viento costero continuó mostrando su patrón normal de dirección al sur de Paita, mientras que al norte de Paita exhibió anomalías del norte. Durante casi todo el mes las anomalías fluctuaron entre $-1,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ y $1,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a lo largo del litoral, excepto en la región frente a Pisco, donde una anomalía positiva se mantuvo alrededor de $2,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
- El afloramiento costero se intensificó respecto al mes anterior frente a la costa norte (Talara y Paita), en comparación al mes anterior mostrando valores por encima de los $450 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}\cdot 100\text{m}^{-1}$). Frente a Pisco y San Juan el afloramiento costero exhibió una ligera intensificación en la segunda y tercera semana.
- En la zona costera dentro de las 60 mn predominaron condiciones neutras de temperatura superficial del mar a lo largo de la costa, con zonas de anomalía positiva de hasta $+2 \text{ }^\circ\text{C}$, al norte de Paita y desde Huarmey a Callao, principalmente fuera de las 20 mn.
- A fines de mayo, frente a Paita, sobre los 50 m se detectaron anomalías térmicas promedio de $-1,0 \text{ }^\circ\text{C}$, asociado a una intensificación de los vientos costeros y por ende al afloramiento de aguas costeras (ENFEN, 2019), y entre los 50 y 200 m, ligeras anomalías positivas. También se observó una superficialización de la isoterma de $15 \text{ }^\circ\text{C}$ y de la iso-oxigena de $1,0 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$, respecto a abril, asociado a un predominio de flujos geostróficos hacia el norte en toda la sección.
- Por otro lado, frente a Chicama, se observó anomalías térmicas de $+2,0 \text{ }^\circ\text{C}$ en promedio sobre los 70 m entre las 30 y 100 mn, asociados a la presencia de un núcleo de ASS con anomalías halinas positivas, lo que indica una mayor influencia de aguas oceánicas; mientras que en la zona costera se observaron condiciones térmicas neutras asociado a aguas de mezcla ASS-ACF, siendo normal para la época. Además, se observó una superficialización de la isoterma de $15 \text{ }^\circ\text{C}$ y de la iso-oxigena de $1,0 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$, respecto a abril, asociados a flujos dominantes hacia el norte.
- Las estaciones fijas costeras mostraron en promedio anomalías térmicas positivas o condiciones neutras en la columna de agua ($<100 \text{ m}$), de $+1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ en Paita por debajo de los 40 m a quincena del mes, de $+1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ en promedio en Callao, mientras que en Chicama se observó condiciones neutras. En las estaciones fijas de Paita, Chicama y Callao se registró la presencia de aguas de mezcla ASS-ACF, con núcleos ASS en Callao, lo que explicaría las anomalías térmicas positivas. Por otro lado, en Atico e Ilo se observó una transición de ACF a aguas de mezcla ASS-ACF, indicando un acercamiento de aguas oceánicas hacia la costa.
- La concentración de clorofila-a a lo largo de la costa presentó la predominancia de valores de $1 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ a $3 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ entre las 60 mn y 90 mn hacia la costa; sin embargo, se presentaron núcleos de altas concentraciones ($> 3 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$) entre San José y Chicama, Callao y Pisco, y frente a Ilo dentro de las 40 mn. Además, predominaron anomalías negativas ($-1 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ a $-2 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$) de San José a San Juan dentro de las 90 mn; mientras que, frente a Tumbes (a las 60 mn) y frente a Ilo (dentro de las 30 mn) predominaron anomalías positivas ($\sim +1 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$).
- La anchoveta en la región norte - centro, presentó una distribución hasta las 40 mn de la costa, siendo la principal área de pesca frente a Chicama y Supe-Huacho. Los indicadores reproductivos de la anchoveta peruana del stock norte-centro indican que el recurso presentó una disminución de su actividad desovante.

- Según el modelo de propagación de ondas aplicado en el IMARPE se espera la llegada de una onda Kelvin cálida de modo1 de baja intensidad durante fines de julio 2019 a la costa norte del Perú, aunque esta podría debilitarse aún más en su paso hacia el este, antes de arribar.
- Para el fin de 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. Para el mismo periodo, frente a la costa peruana el modelo ECMWF, CFSv2 y NMME indica una condición neutra. A su vez, el ITCP proveniente de los pronósticos de modelo estadístico y acoplado indicaron condiciones neutras en el trimestre JAS 2019.

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.

Correa D., G. Luque, C. Grados, D. Quispe, C. Paulino (2016). Vigilancia y Pronóstico a Corto Plazo del Viento Frente al Litoral Peruano en Base a Información Satelital y el Modelo GFS. Poster CONCIMAR 2016.

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°.09 -2019, junio de 2019.

Halo, I., P. Penven, B. Backeberg, I. Ansorge, F. Shillington and R. Roman, 2014, Mesoscale eddy variability in the southern extension of the East Madagascar Current: Seasonal cycle, energy conversion terms, and eddy mean properties, J. Geophys. Res. Oceans, 119, 7324 – 7356, doi:10.1002/2014JC009820.

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 - mayo 2019.

Estación	TSM Abr. (°C)	TSM May. (°C)	ATSM May. (°C)
Tumbes	28,8	28,2	1,20
Paita	20,9	18,9	-0,11
San José	20,1	19,9	0,09
Chicama	18,6	18,4	0,86
Huanchaco	18,5	18,2	0,72
Chimbote	20,6	19,9	0,04
Huacho	17,4	17,4	0,69
Callao	17,4	17,2	0,59
Pisco	23,2	21,1	-0,02
Ilo	16,9	16,2	-0,15

8. FIGURAS

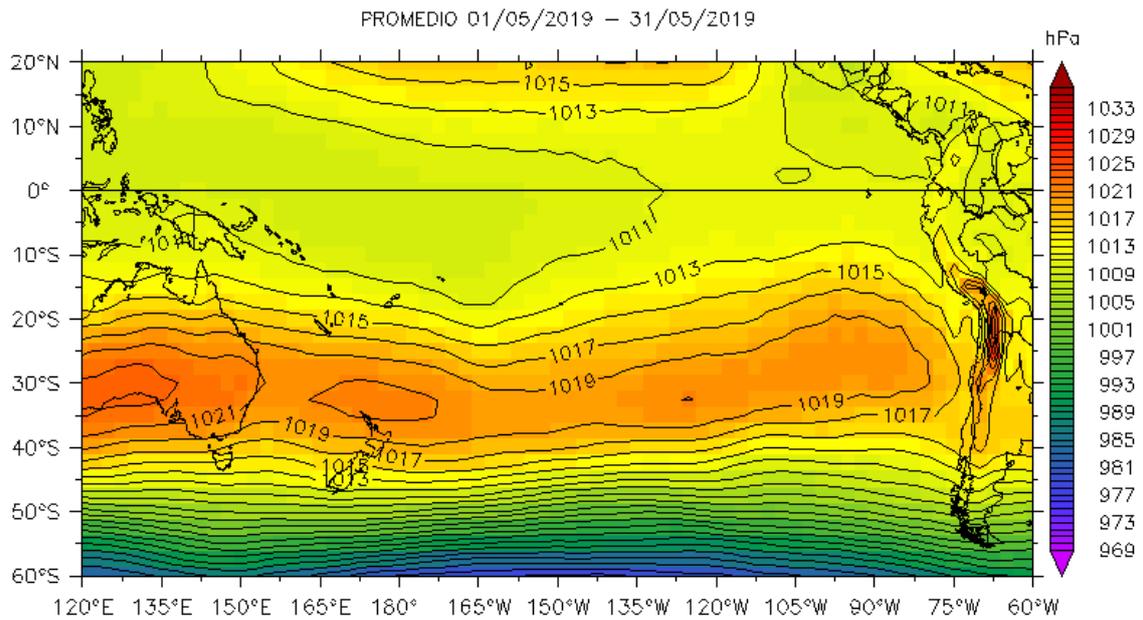
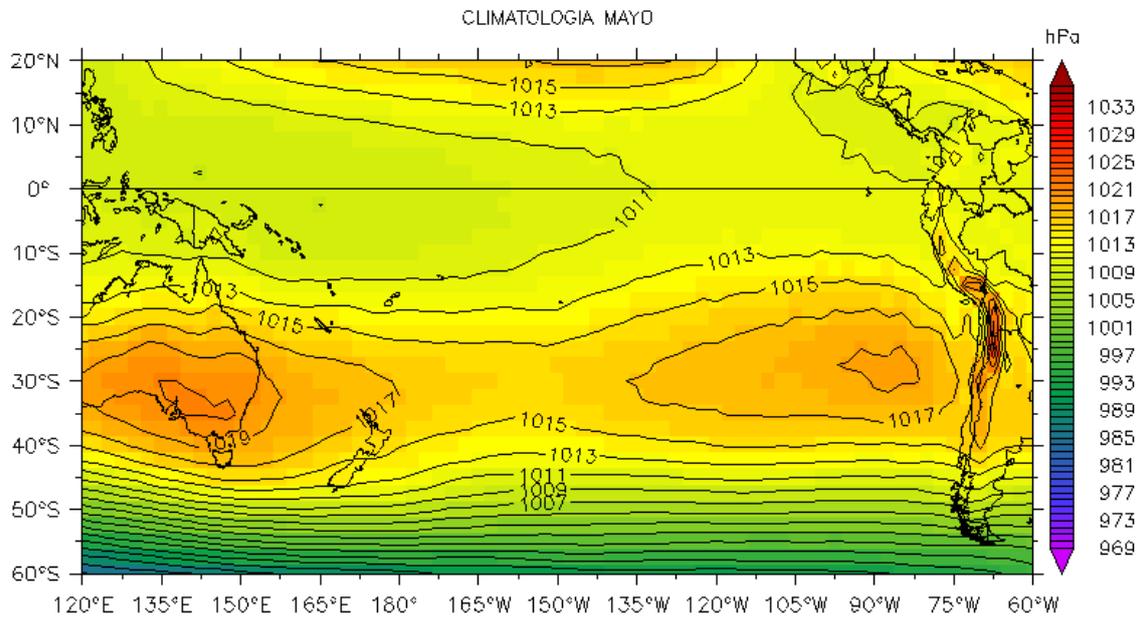


Figura 1. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, promedio 1-31 mayo, Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

a)



b)

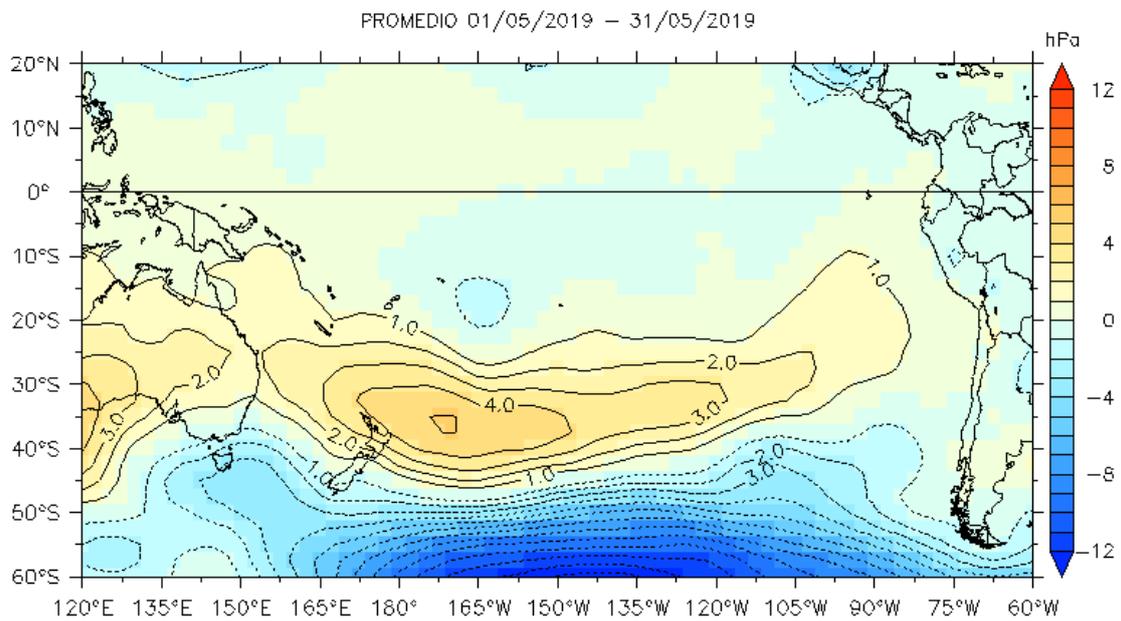


Figura 2. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, climatología (a) y anomalías promedio (b) de mayo 2019. Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

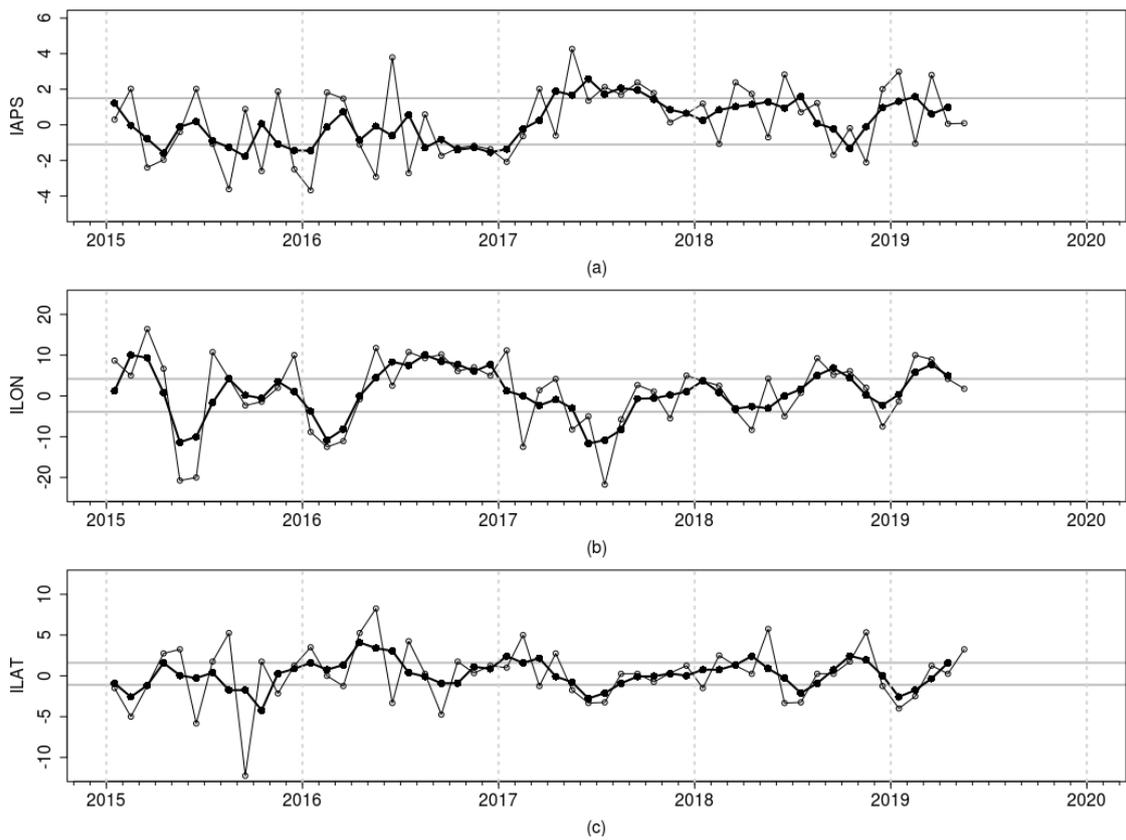


Figura 3. Variación temporal de los índices del APS: a) índice de intensidad (IAPS) e índices de posición b) longitudinal (ILON) y c) latitudinal (ILAT) hasta el trimestre MAM 2019 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2015 – mayo 2019.

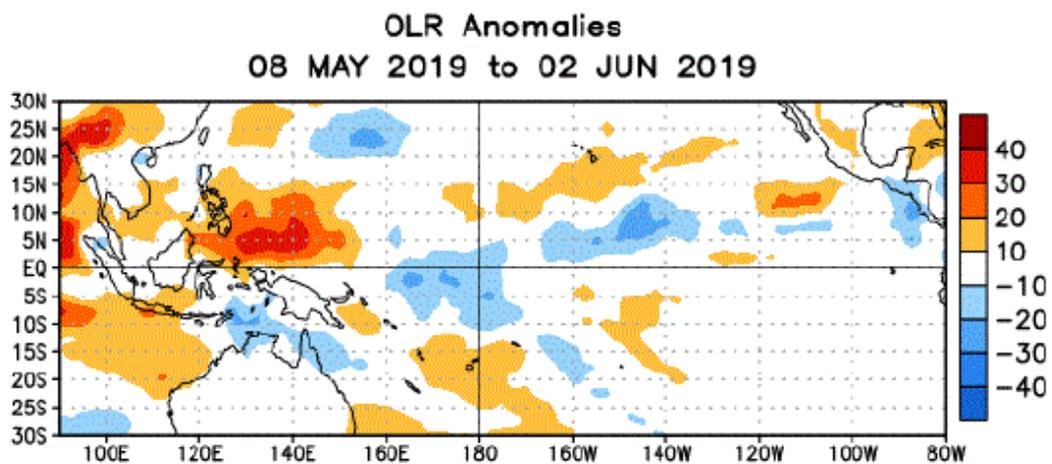


Figura 4. Anomalías del promedio de la radiación de onda larga emitida (OLR, por sus siglas en inglés) (W/m^2) durante el mes de mayo de 2019. Las anomalías de OLR se calculan como desviaciones de los penta-promedios del período base de 1981-2010.

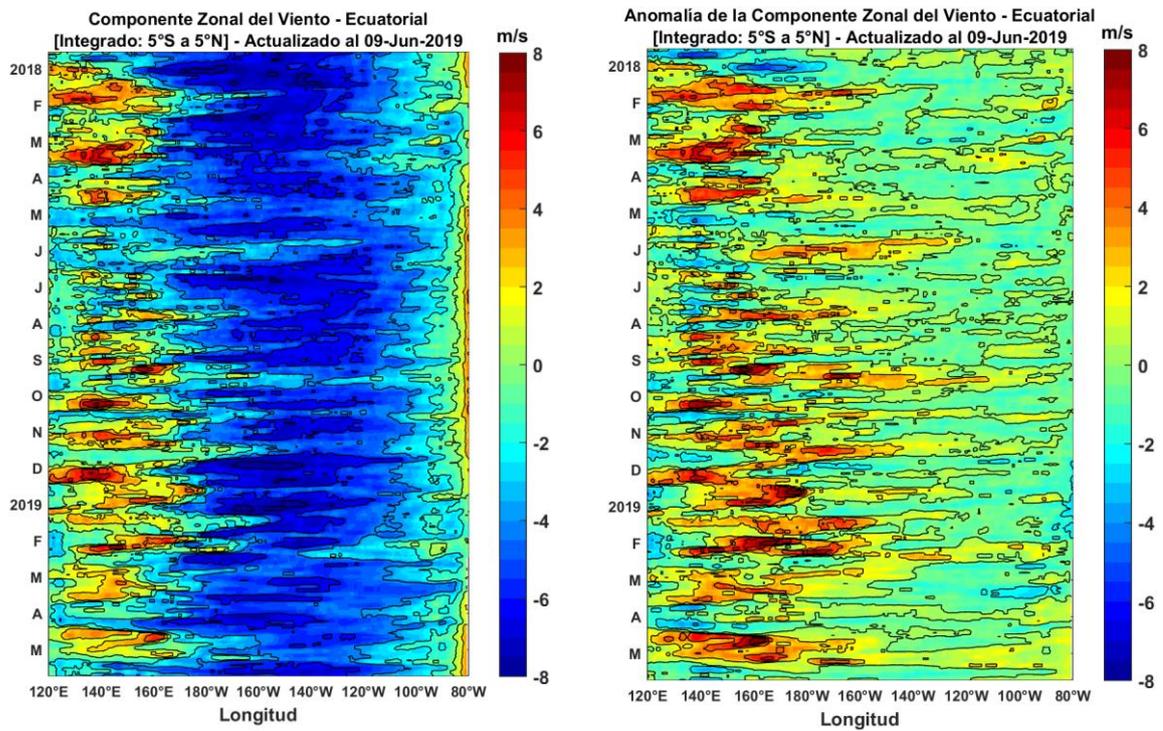


Figura 5. Viento satelital (integrado en el Ecuador): a) Componente zonal del viento (m/s), b) Anomalia de la componente zonal del viento (m/s), durante el último año (Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 09/06/2019.

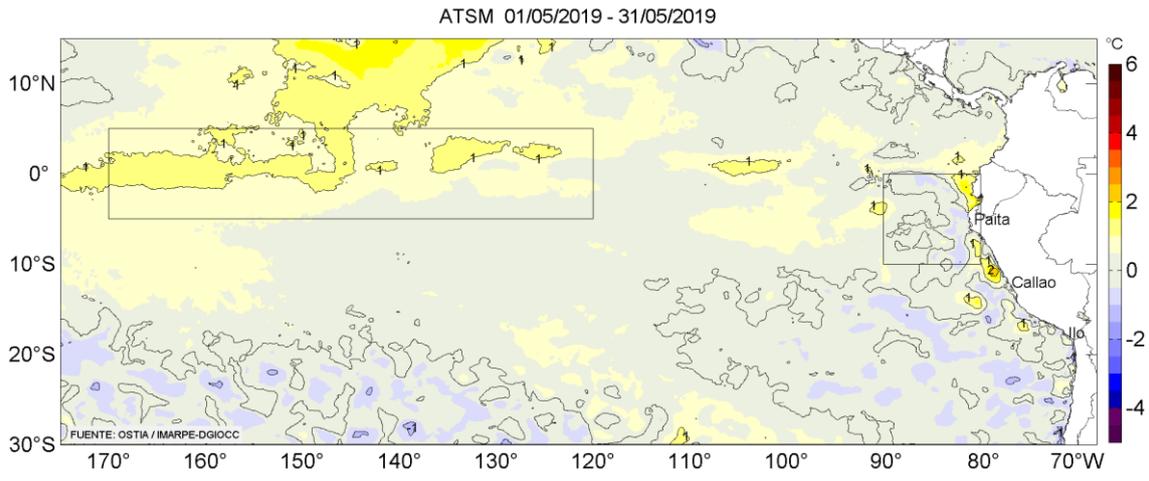


Figura 6. Anomalías promedio de la temperatura superficial del mar (°C) para el mes de mayo 2019. Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

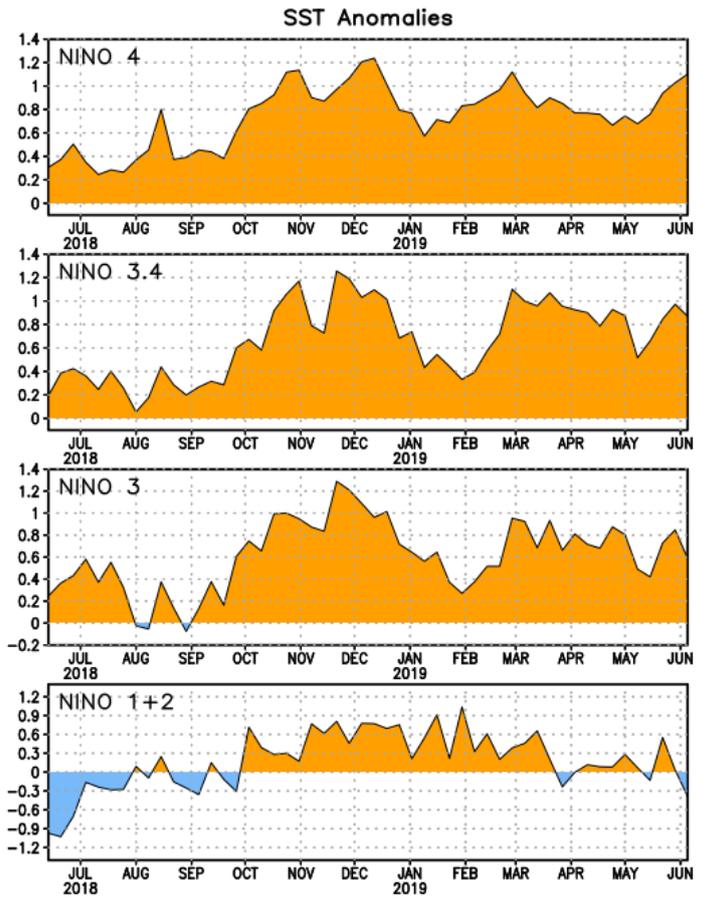


Figura 7. Anomalías semanales promedio de la temperatura superficial del mar (°C) durante un año, hasta fines de mayo del 2019. Fuente CPC/NOAA.

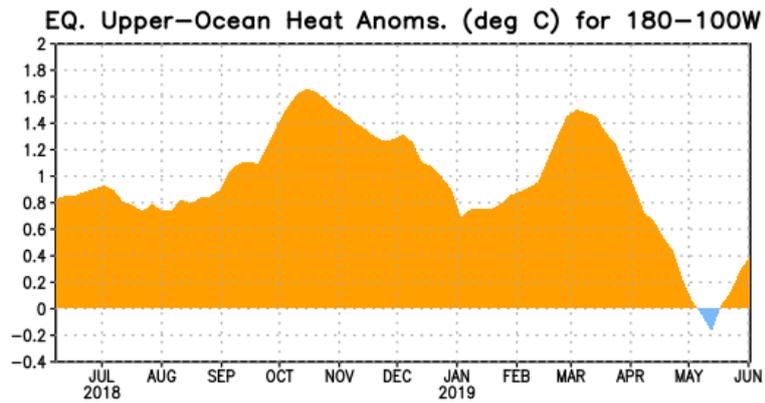


Figura 8. Anomalías del contenido de calor (en °C) en el área promediada del Pacífico ecuatorial (5°N-5°S, 180°-100°W). Las anomalías en el contenido calórico son calculadas como las desviaciones de los promedios por pentadas del período base de 1981-2010. Fuente CPC/NOAA.

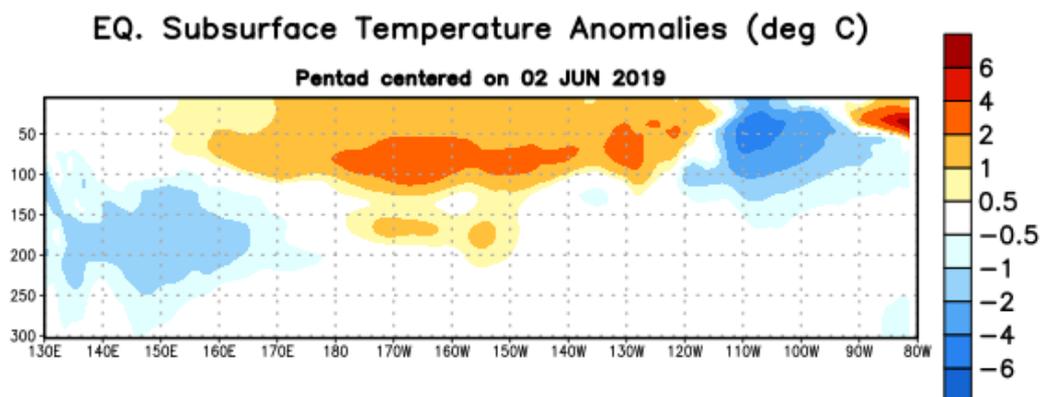


Figura 9: Anomalías de temperatura (en °C) en un transecto de profundidad-longitudinal (0-300 m) en la parte superior del Océano Pacífico Ecuatorial, centradas en la semana del 2 de junio del 2019. Las anomalías son promediadas entre 5°N-5°S. Las anomalías son variaciones a partir de los promedios por pentadas durante el periodo base de 1981-2010. Fuente CPC/NOAA.

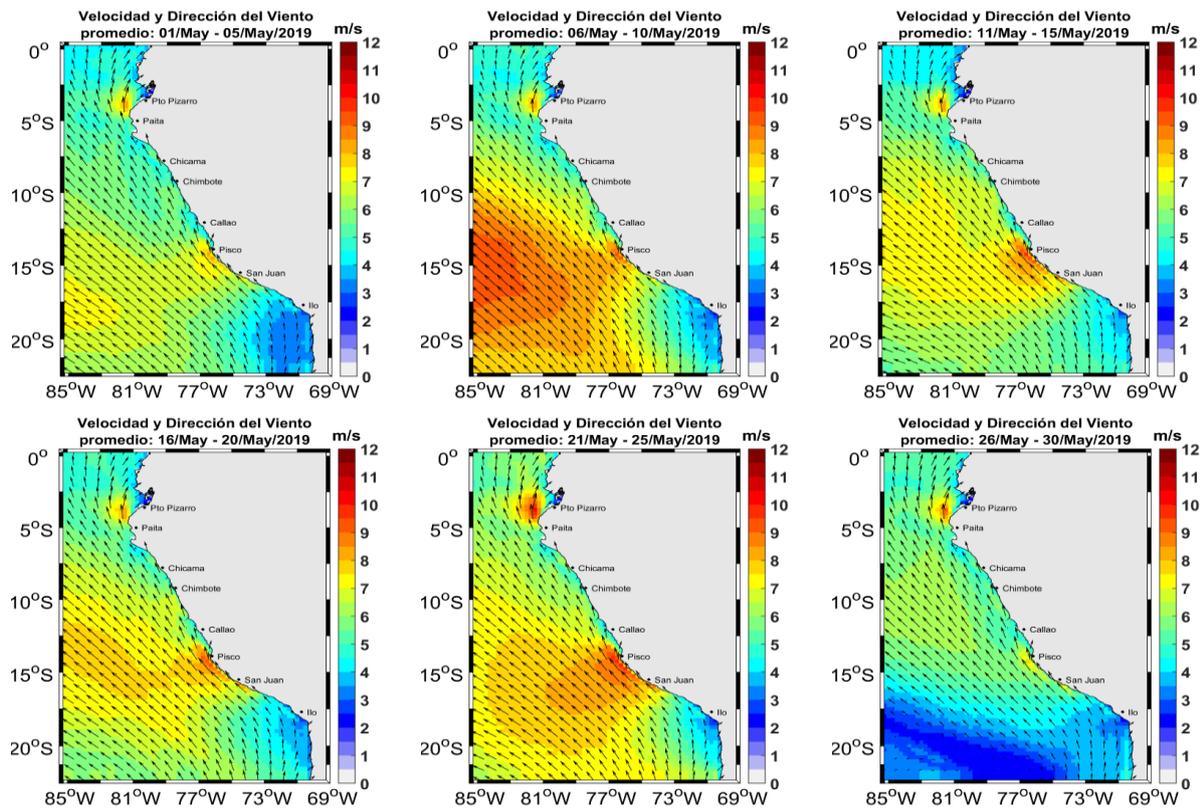


Figura 10. Mapas de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de mayo del 2019 (Fuente: Satélite ASCAT y productos del modelo GFS (ASCAT disponible hasta el 03 de marzo del 2019 por lo cual la información fue completada con el producto del modelo GFS, previa validación de acuerdo a Correa et al. 2016). Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/05/2019.

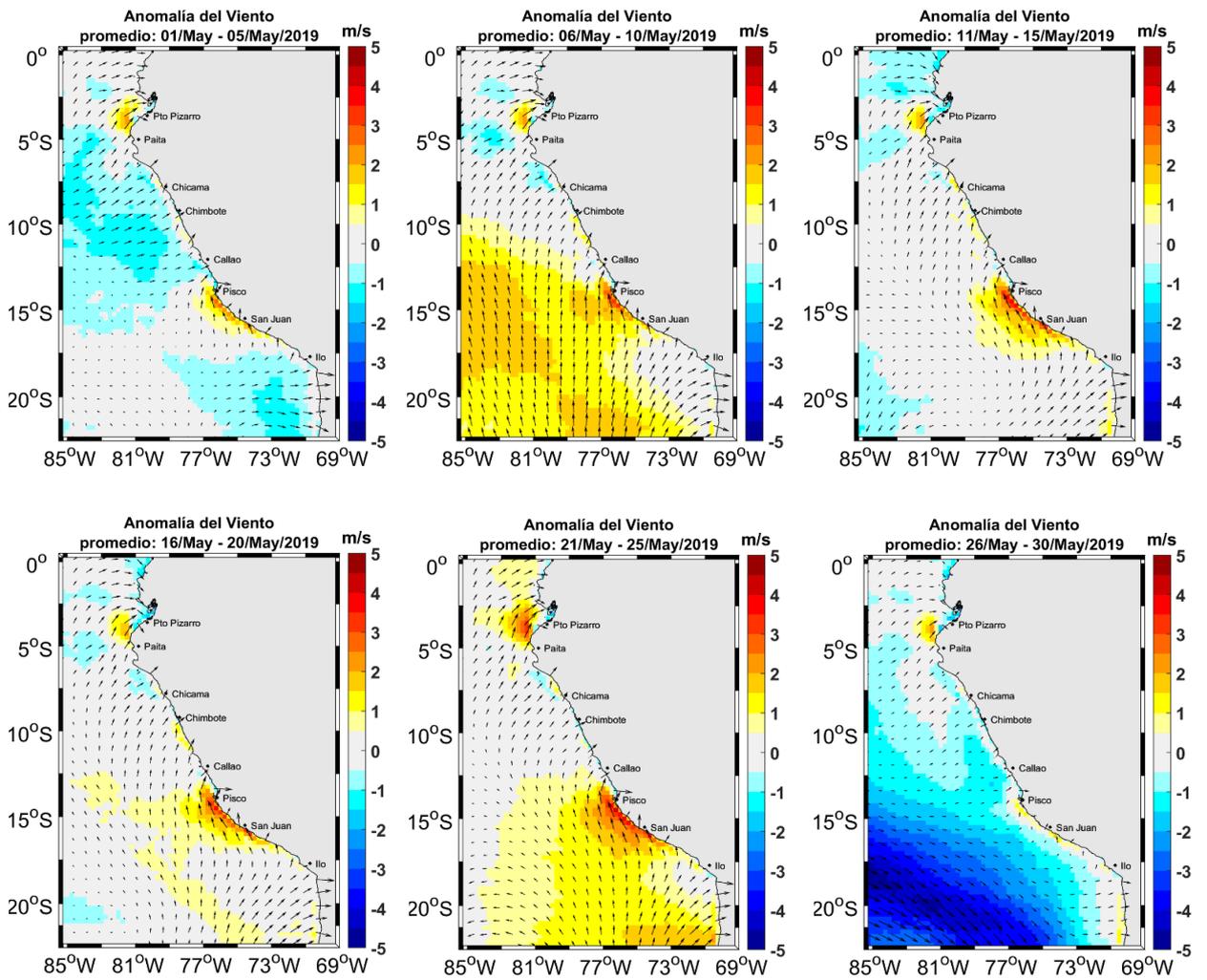


Figura 11. Mapas de anomalía de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de mayo del 2019 (Fuente: Satélite ASCAT y productos del modelo GFS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/05/2019.

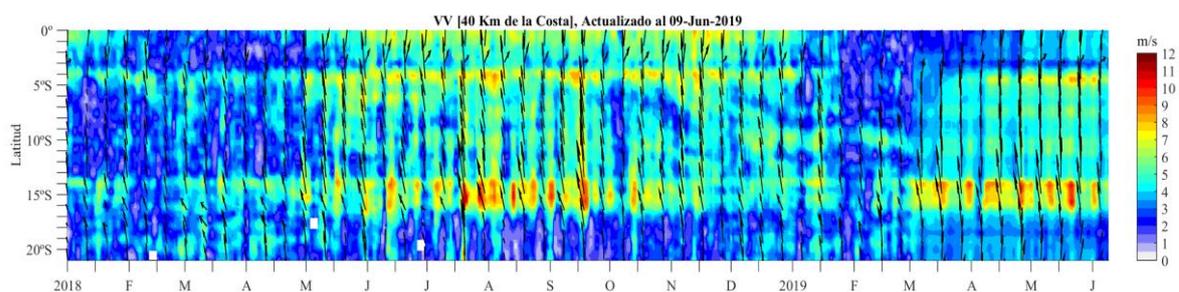


Figura 12. Diagrama Hovmöller de la velocidad del viento a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT y productos del modelo GFS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 09/06/2019.

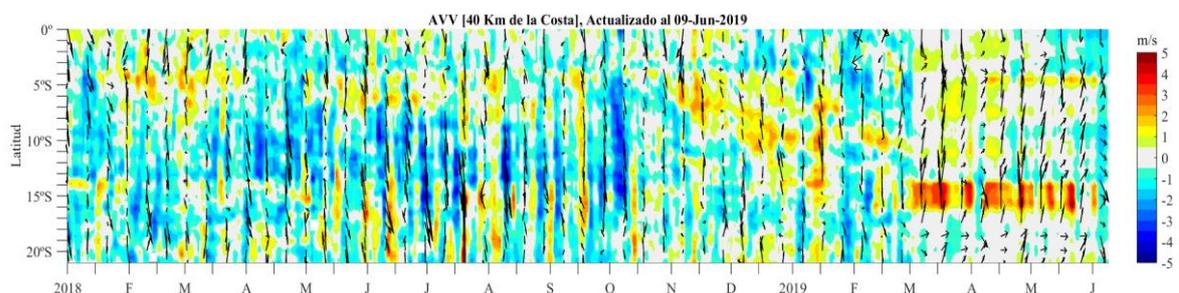


Figura 13. Diagrama Hovmöller de la anomalía del viento a lo largo de la costa peruana meses (Fuente: Satélite ASCAT y productos del modelo GFS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 09/06/2019.

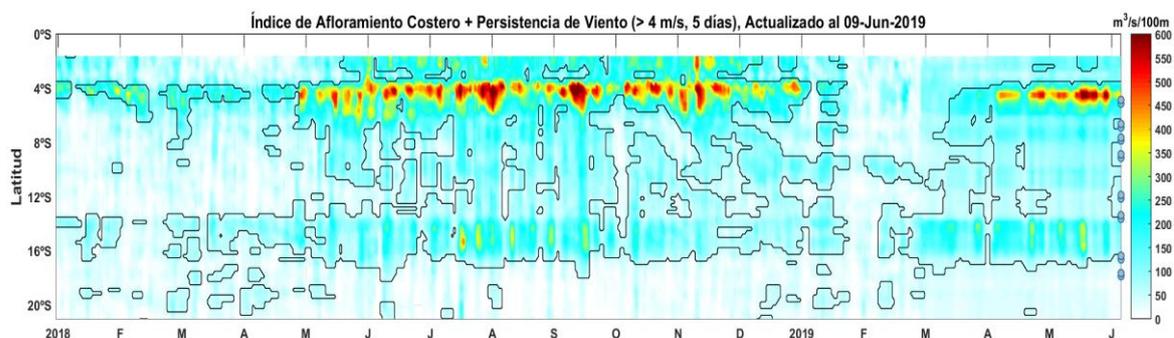


Figura 14. Diagrama de Hovmöller del Índice de afloramiento costero ($\text{m}^3/\text{s} \times 100\text{m}$), calculado a partir del viento satelital ASCAT y productos del modelo GFS a 40 Km frente a la costa del Perú. Los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad diciembre a 4 m/s durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 09/06/2019.

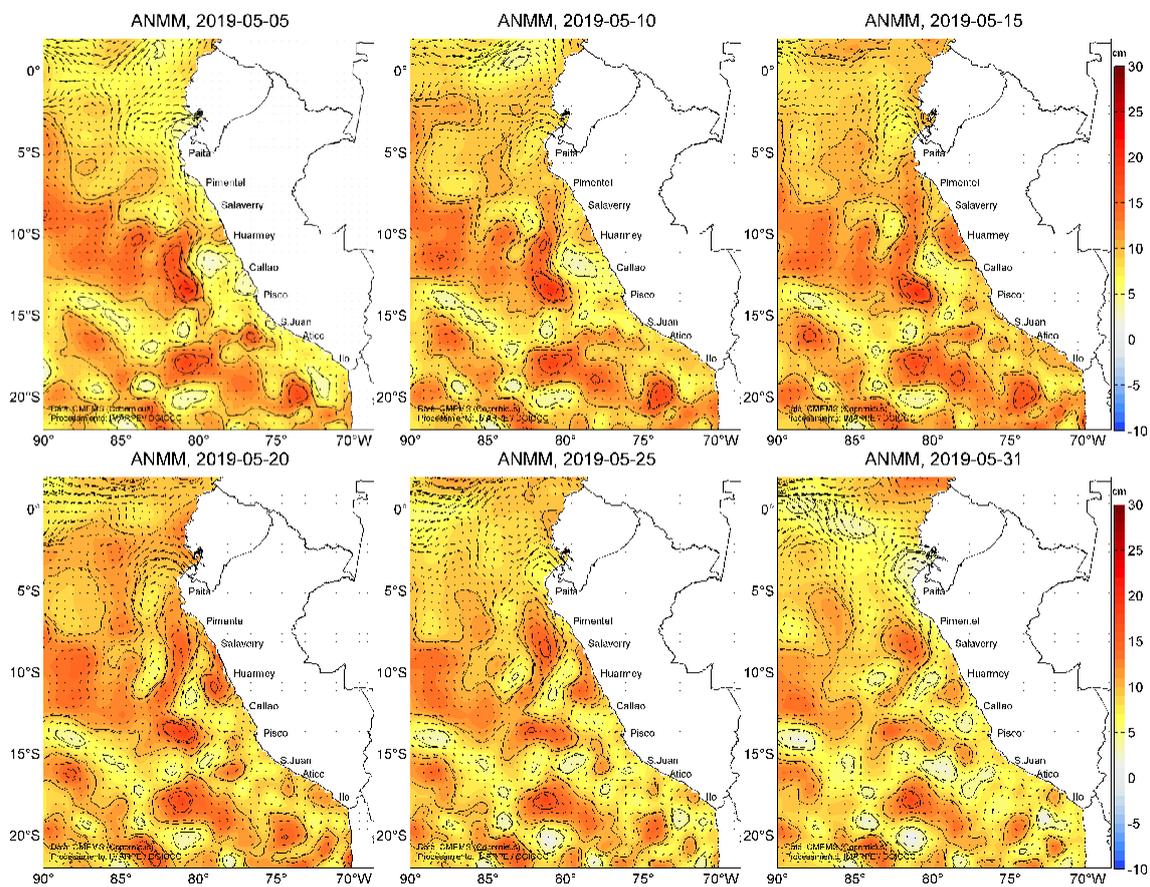


Figura 15. Anomalia de altura del nivel medio del mar (cm) y flujos geostroficas, cada cinco días para el mes de mayo de 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

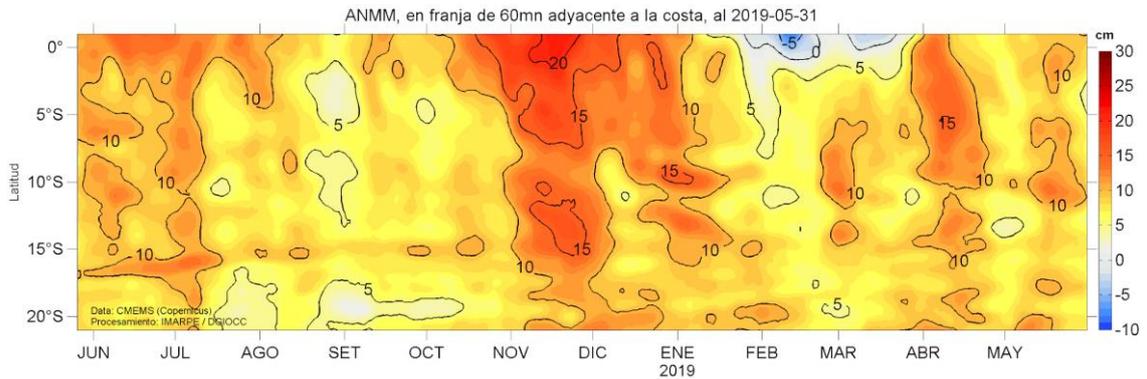


Figura 16. Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel medio del mar (cm), durante un año hasta el 31 de mayo del 2019, para la franja de 60mn adyacente a la costa. Fuente: CMEMS, Procesamiento IMARPE.

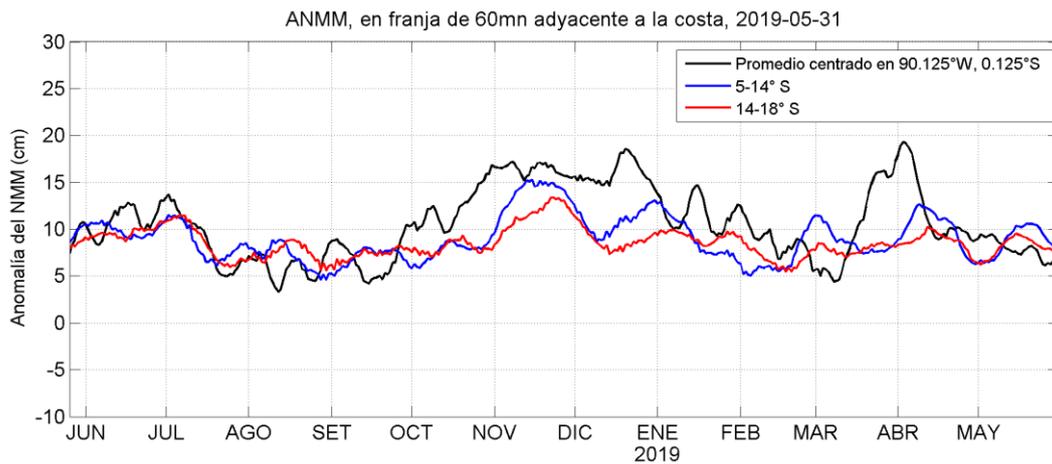


Figura 17. Variación temporal de la ANMM, dentro de las 60 mn de la costa y en la zona de Galápagos, durante un año hasta el 31 de mayo del 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

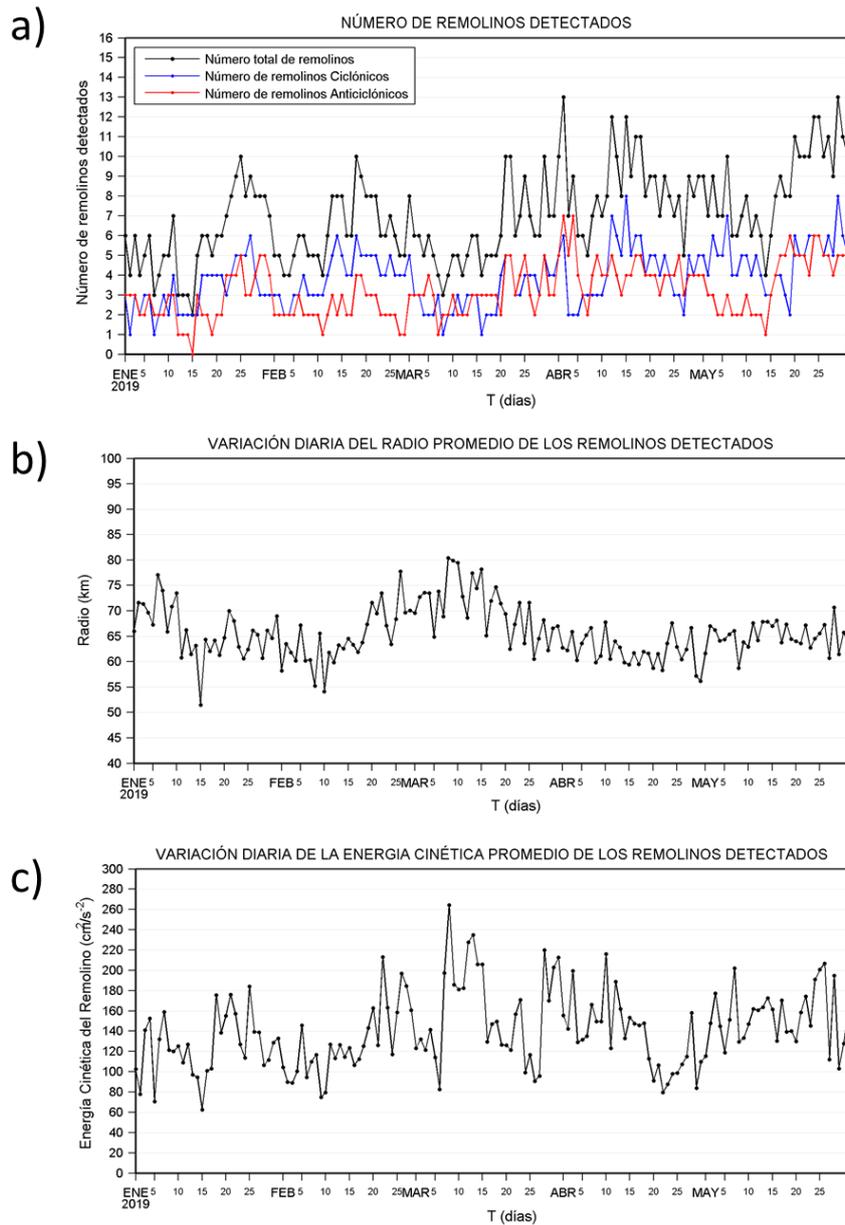


Figura 18. Serie temporal diaria del número de remolinos detectados (a) en la zona costera del Perú (70°W - 84°W , 3°S - 18°S). Variación diaria del radio promedio (b) y la energía cinética promedio (c) de los remolinos detectados, desde enero hasta mayo del 2019 Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

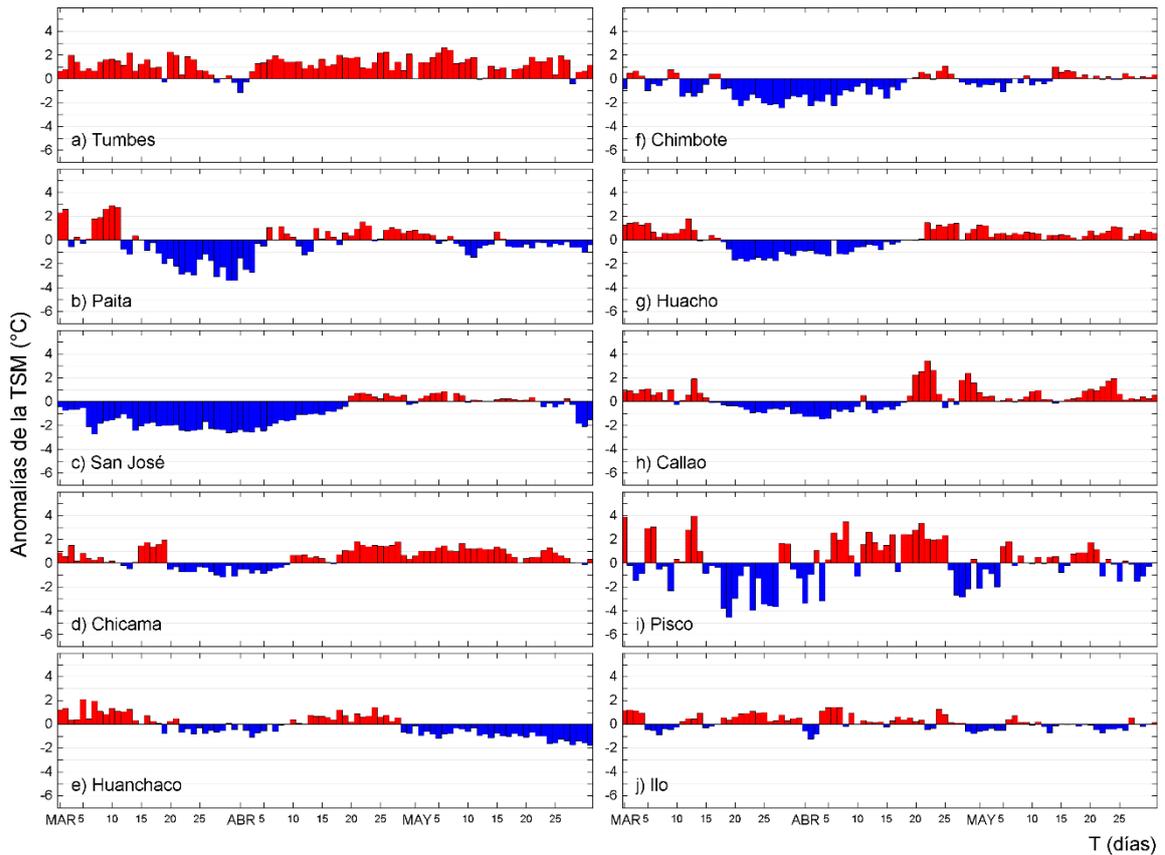


Figura 19. Series temporales del promedio diario de las anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en la red de estaciones costeras de IMARPE durante el último trimestre. Datos y procesamiento: IMARPE.

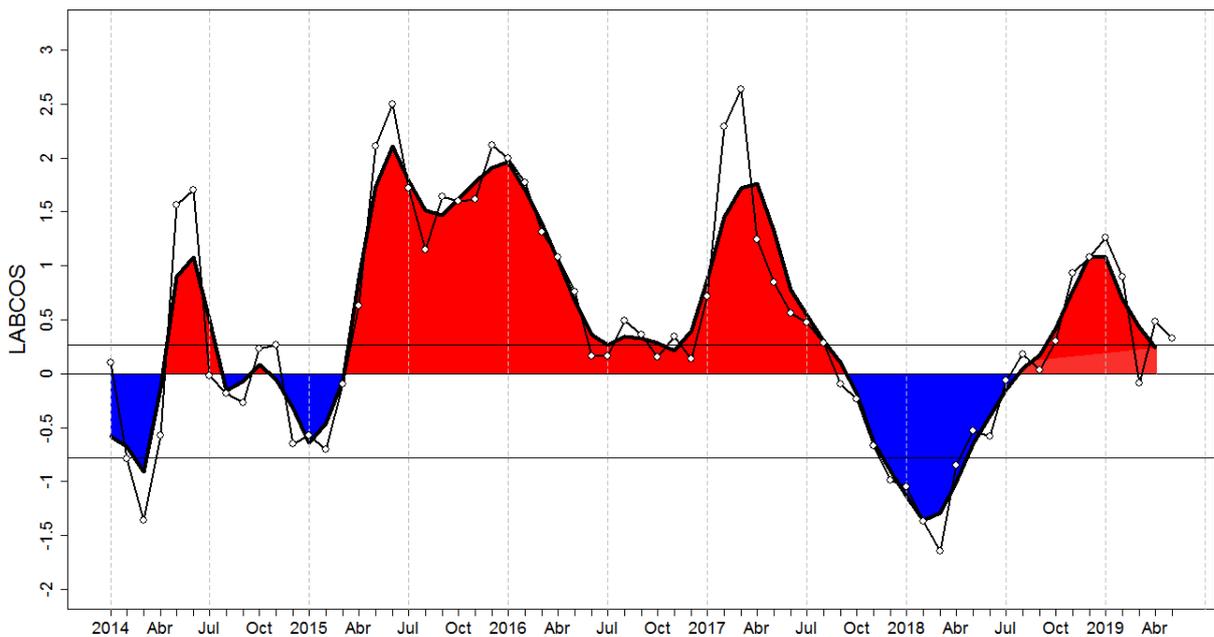


Figura 20. Índice LABCOS (área sombreada) y valor mensual (círculos); periodo enero 2014 - mayo 2019. Datos: IMARPE, DHN; procesamiento: IMARPE

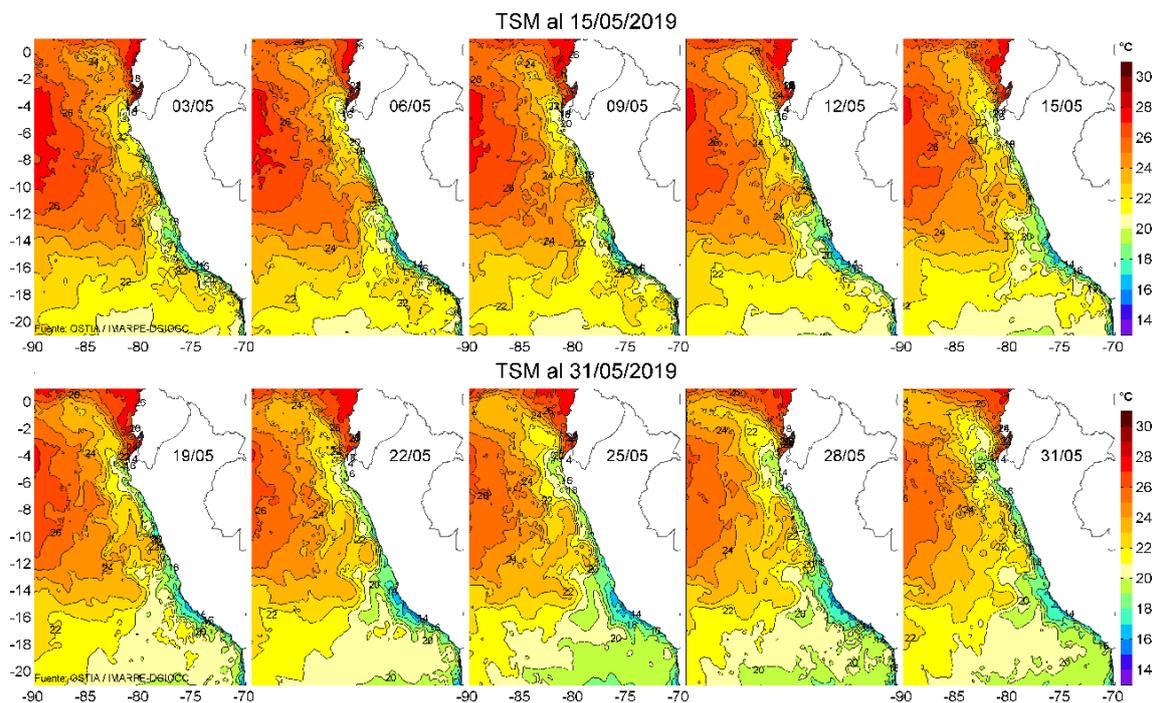


Figura 21. Temperatura superficial del agua (°C) en el mar peruano, cada tres días durante mayo del 2019. Fuente PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

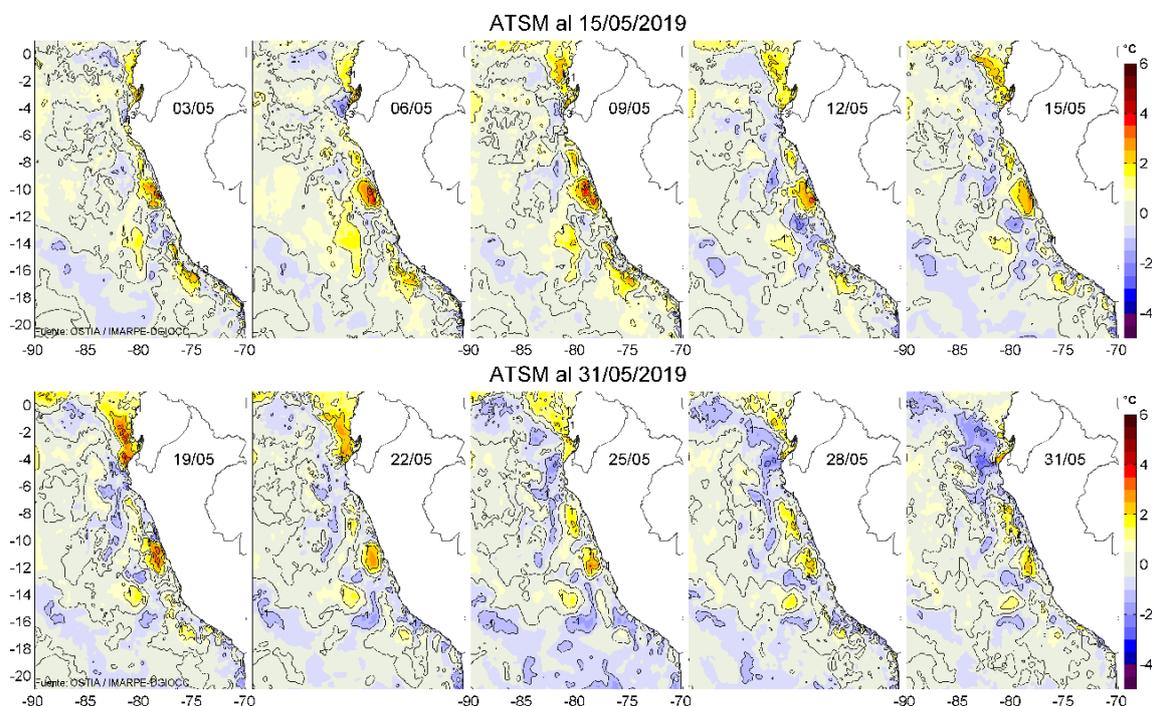


Figura 22. Anomalías de temperatura superficial del mar (ATSM) frente a Perú, cada tres días durante mayo del 2019, (periodo climatológico 2007-2016). Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

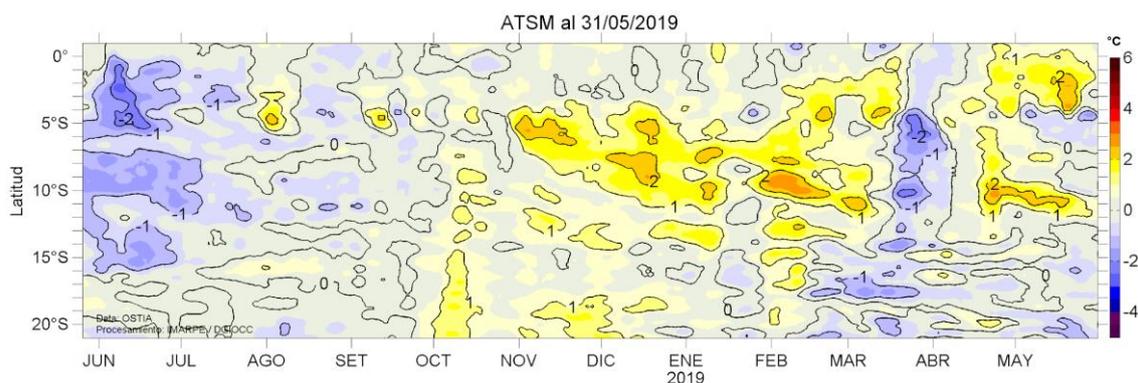


Figura 23. Evolución de las anomalías de temperatura superficial del mar (ATSM), dentro de las 60 mn de la costa, durante un año hasta el 31 de mayo del 2019, (periodo climatológico 2007-2016). Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

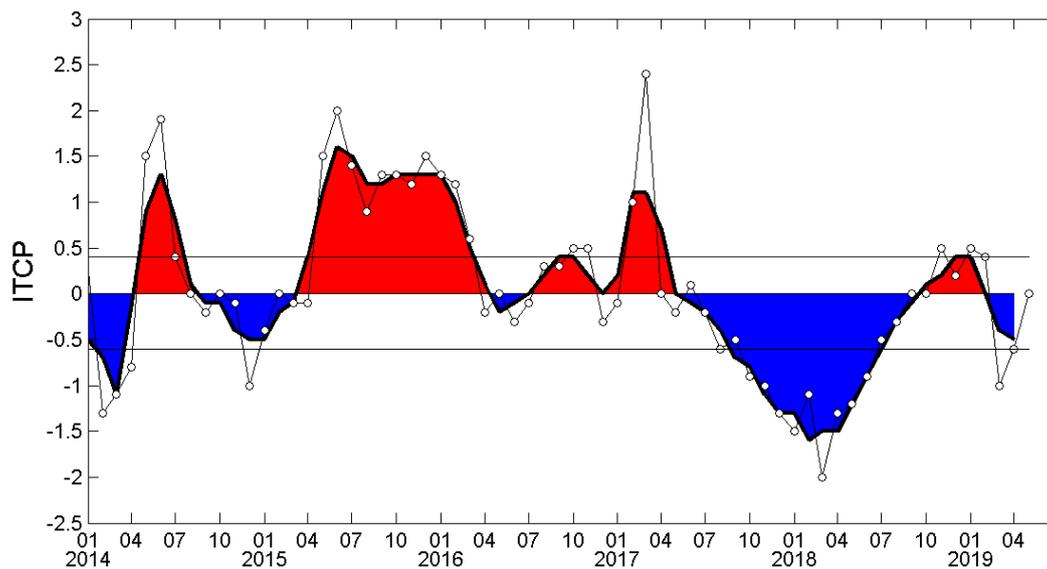


Figura 24. Variación temporal del ITCP hasta el trimestre MAM 2019. La variación temporal del ITCP trimestral (área sombreada) y la serie de tiempo mensual del primer componente principal de la ATSM (círculo blanco). Fuente: IMARPE.

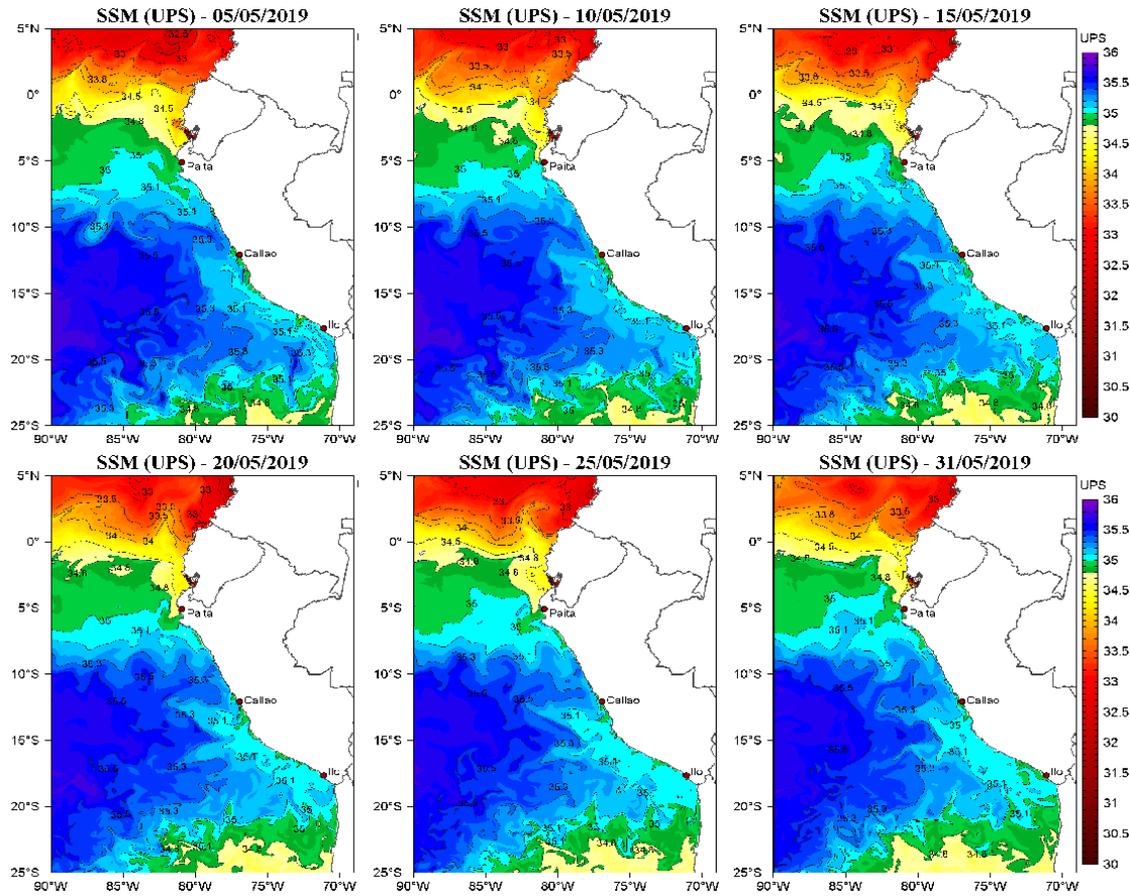


Figura 25. Distribución espacial de salinidad superficial del mar (SSM), durante los días 05, 10, 15, 20, 25 y 31 de mayo del 2019. Fuente: HYCOM, Procesamiento: DGIOCC-IMARPE.

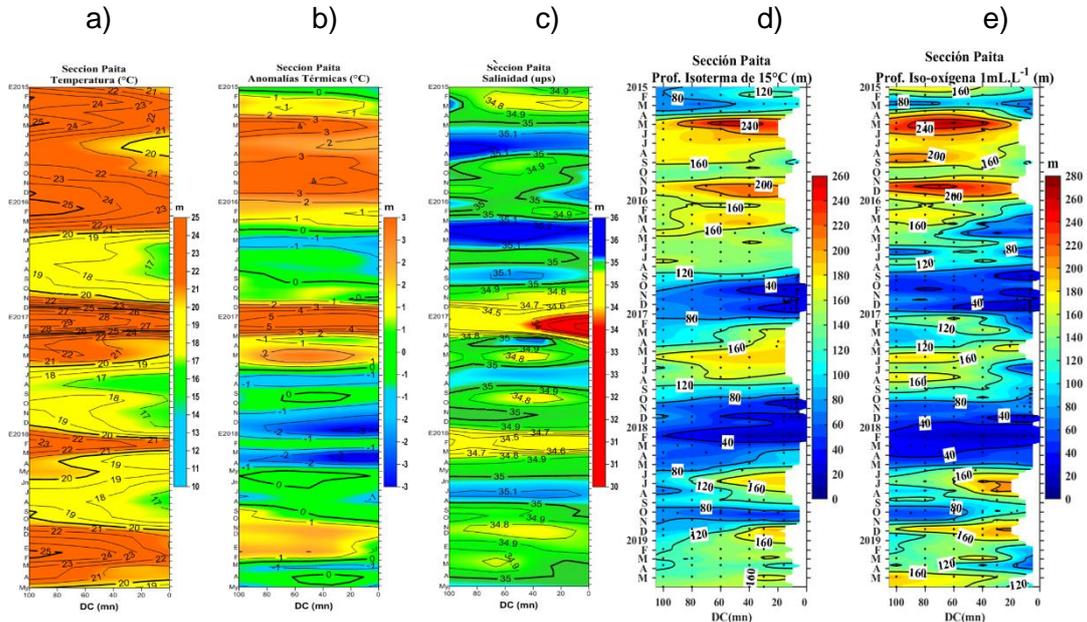


Figura 26. Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) Profundidad de la isoterma de 15°C (m) y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L⁻¹ (m) de las secciones verticales frente a Paita, registrado desde enero del 2015 hasta mayo del 2019.

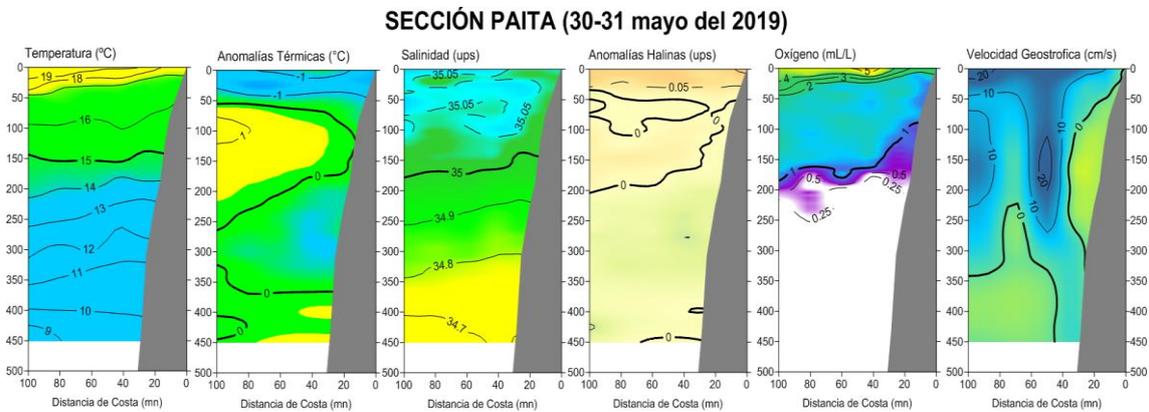


Figura 27. Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups), e) oxígeno (mL.L⁻¹) y f) velocidad geostrofica (cm/s) frente a Paita, realizada durante el 30 y 31 de mayo de 2019. Fuente: IMARPE.

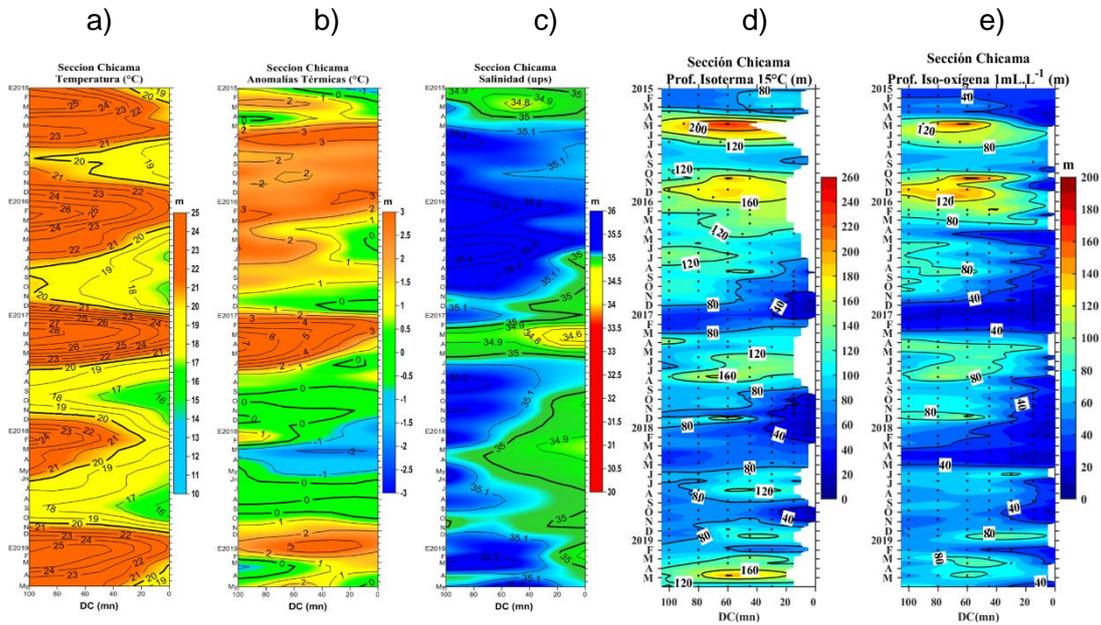


Figura 28. Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) Profundidad de la isoterma de 15°C (m) y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L⁻¹ (m) de las secciones verticales frente a Chicama, registrado desde enero del 2015 hasta mayo de 2019.

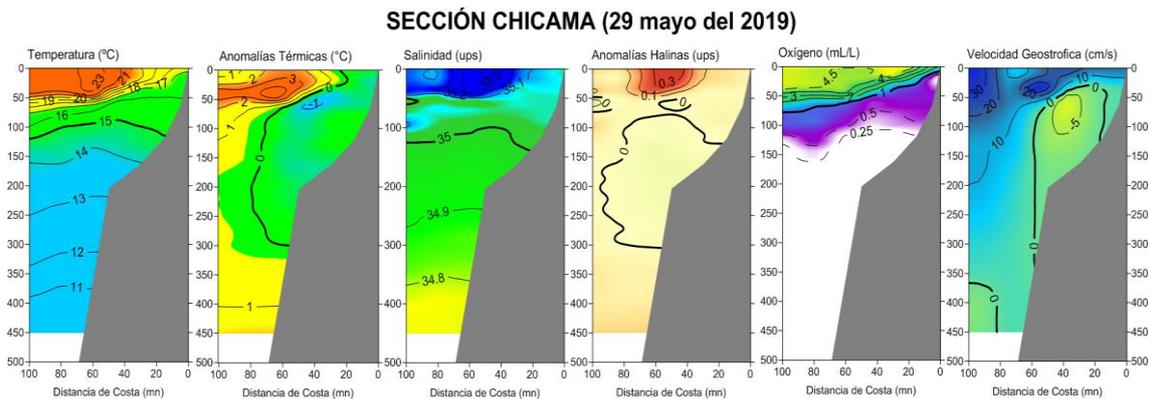


Figura 29. Distribución vertical de: a) Temperatura superficial del mar (°C), b) Anomalia de temperatura superficial del mar (°C), c) Salinidad superficial del mar (ups), d) Anomalia de salinidad superficial del mar (ups), e) Oxígeno (mL.L⁻¹) y f) Velocidad geostrofica (cm/s) frente a Chicama, realizada durante el 29 de mayo de 2019. Fuente: IMARPE.

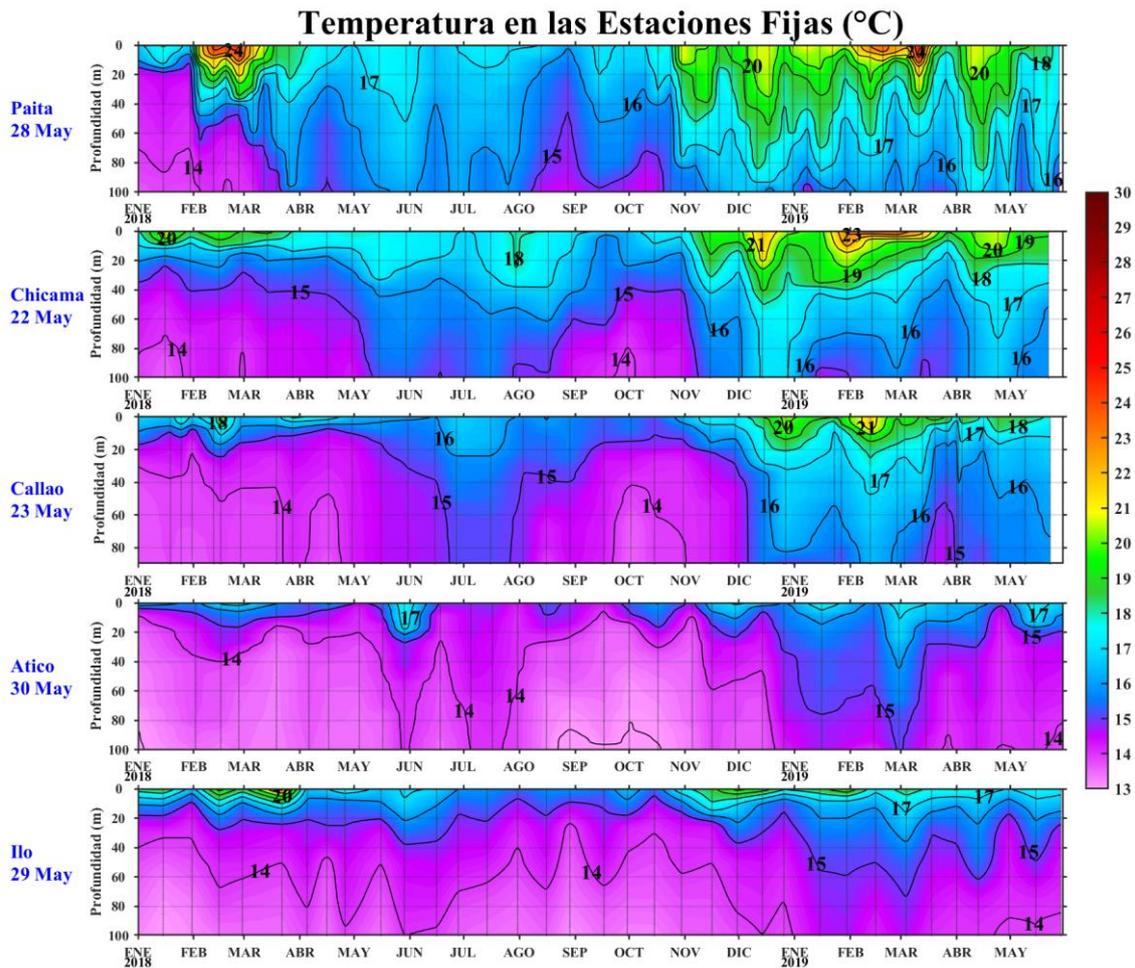


Figura 30. Series de tiempo de la estructura térmica (°C) en las Estaciones Fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico, e) Ilo de enero de 2018 a mayo de 2019.

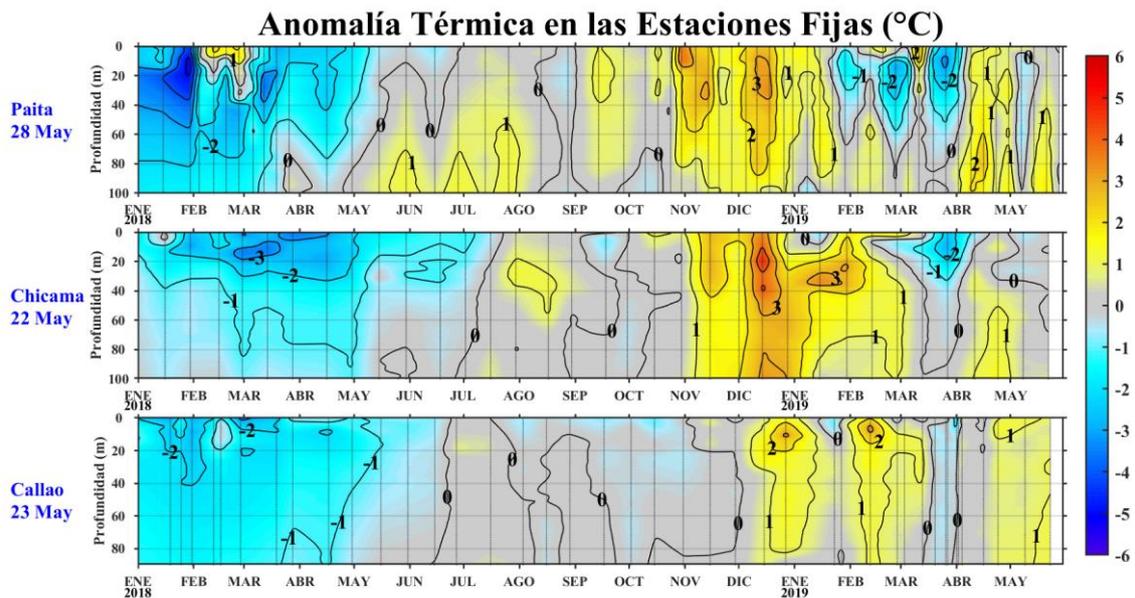


Figura 31. Series de tiempo de la anomalía térmica (°C) en las Estaciones Fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao de enero de 2018 a mayo de 2019.

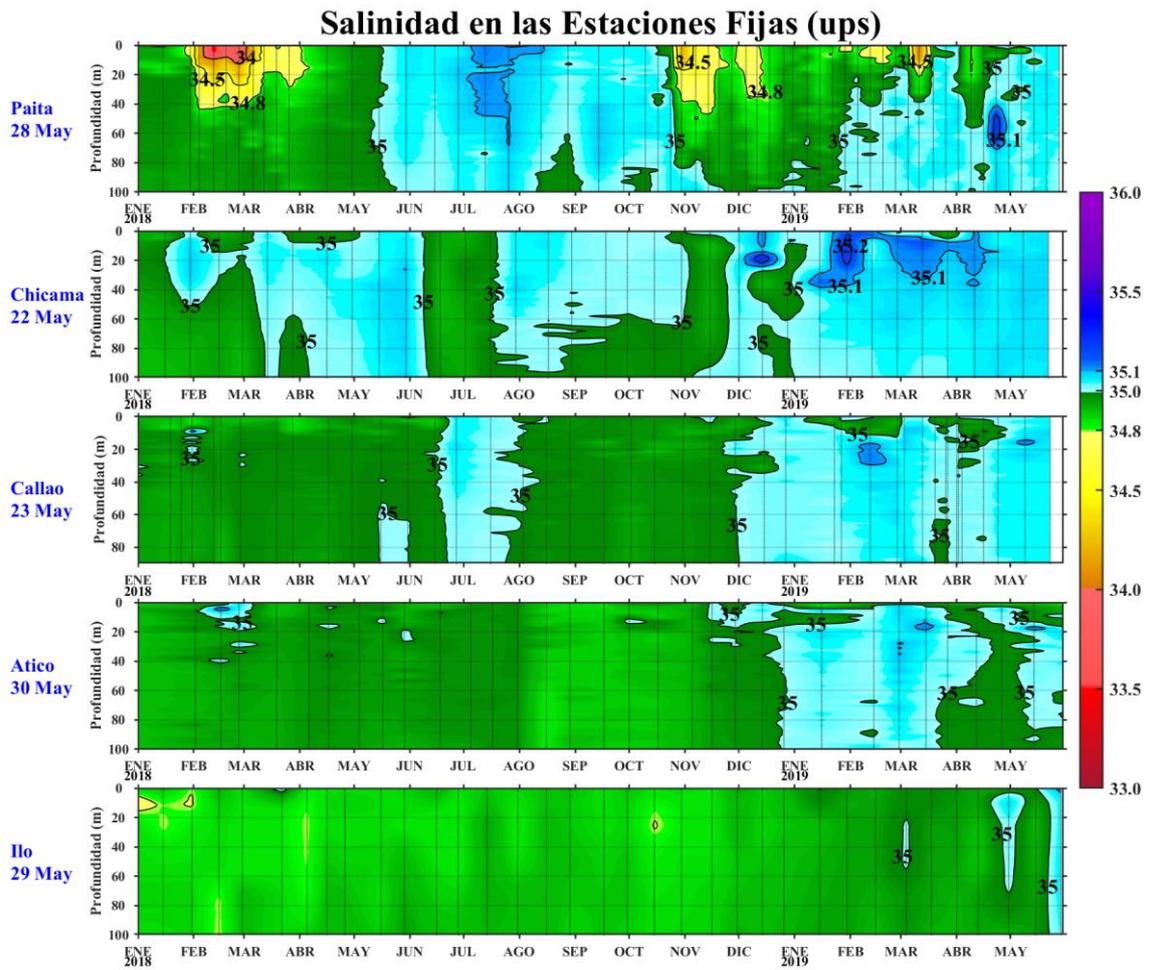


Figura 32. Series de tiempo de la salinidad del agua de mar (ups) en las Estaciones Fijas de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo de enero de 2018 a mayo de 2019.

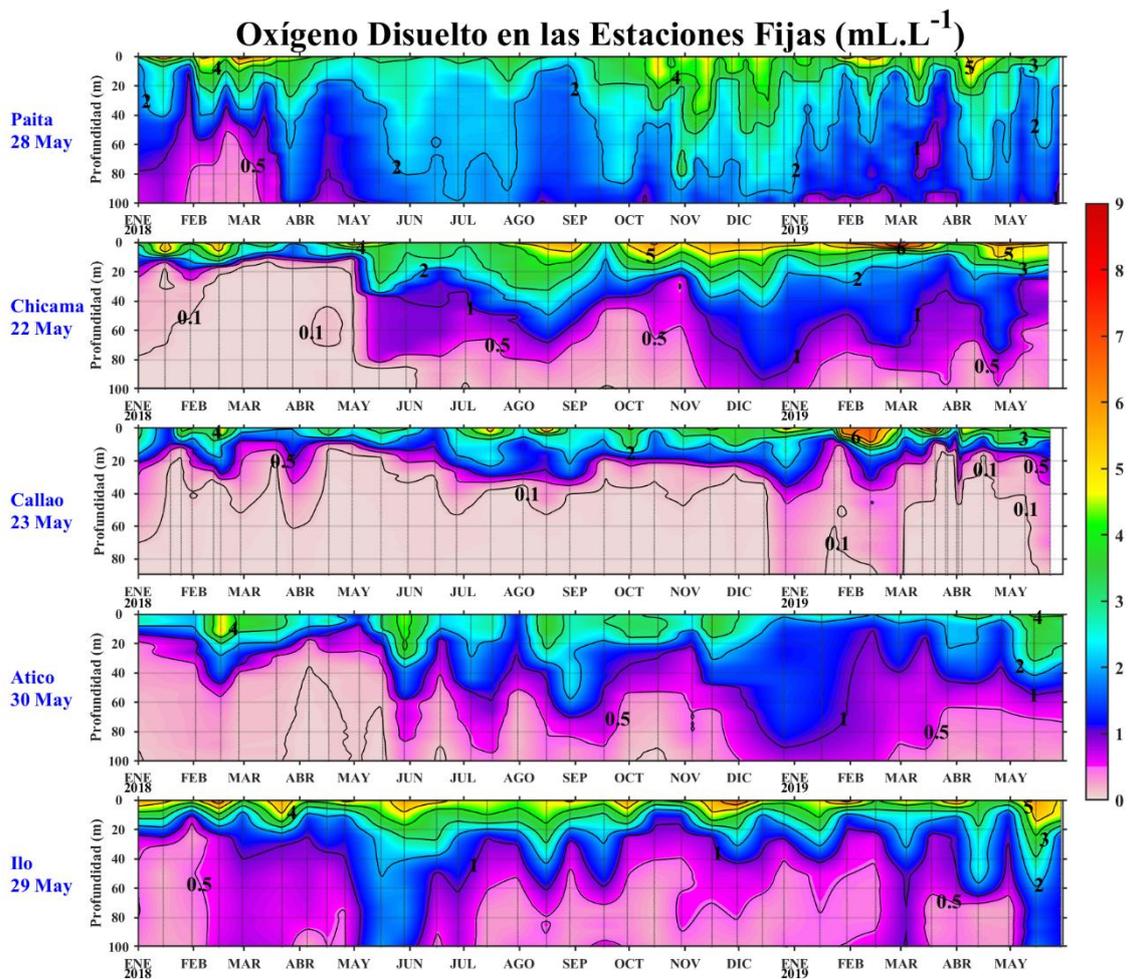


Figura 33. Series de tiempo de la concentración de oxígeno disuelto (mL.L⁻¹) en las Estaciones Fijas de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo de enero de 2018 a mayo de 2019.

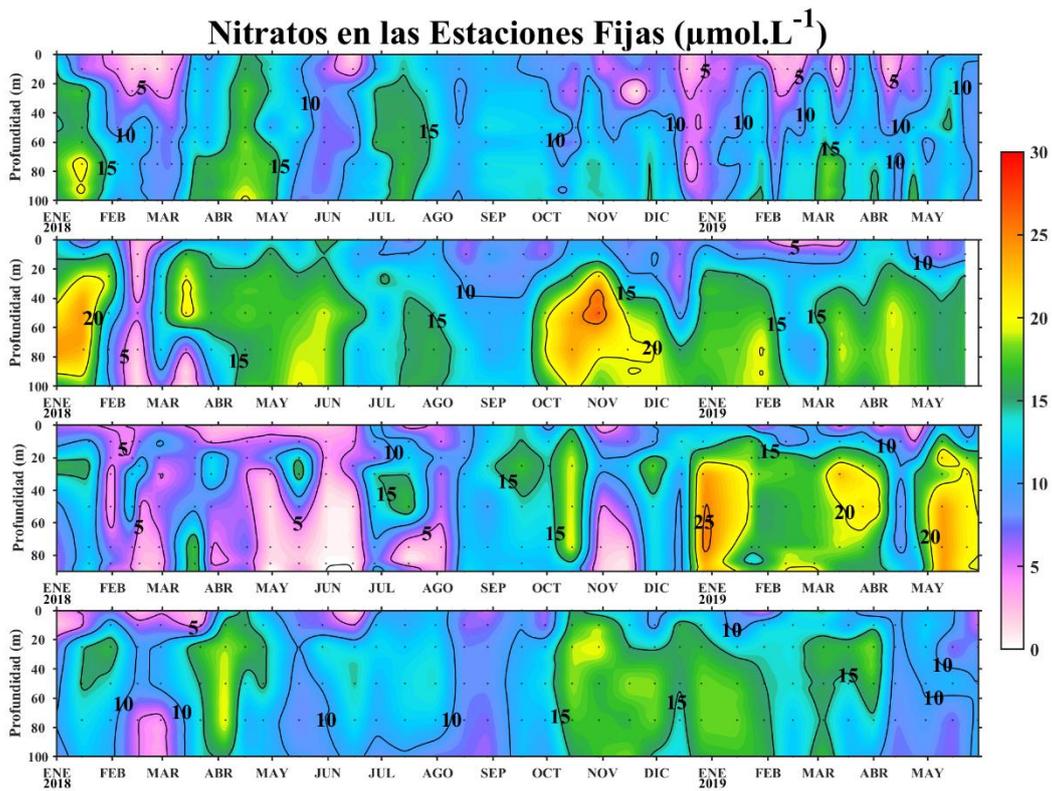


Figura 34. Concentración de nitratos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas de Paita, Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a mayo 2019.

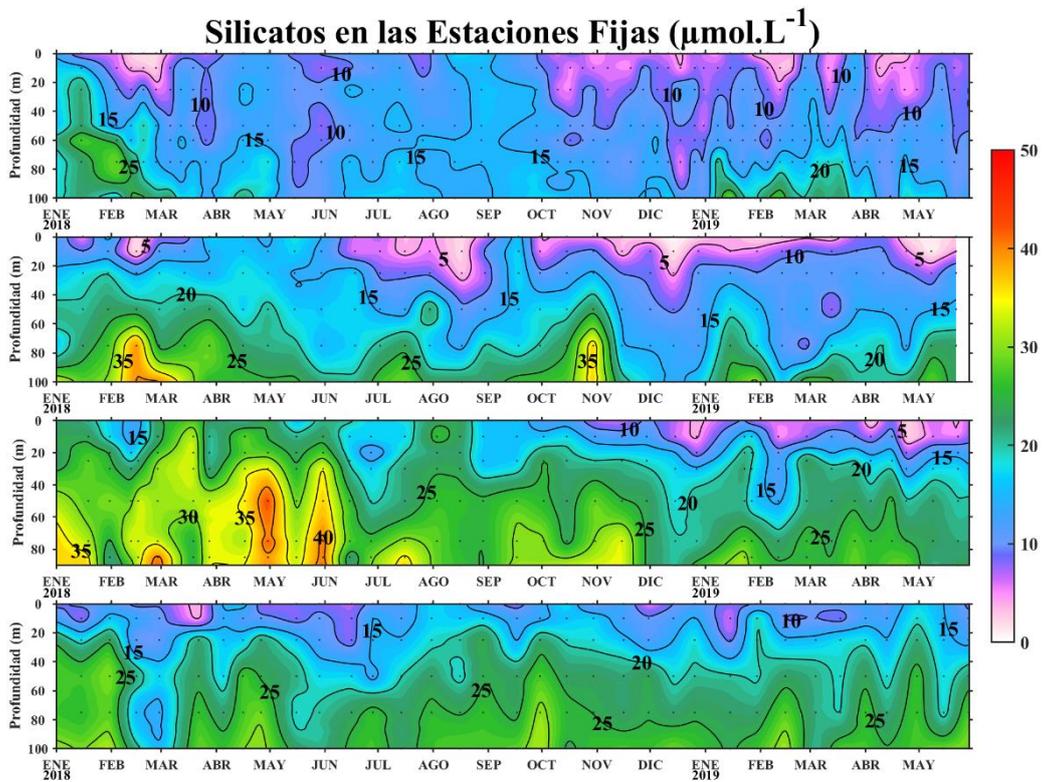


Figura 35. Concentración de silicatos en $\mu\text{mol L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas de Paita, Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a mayo 2019.

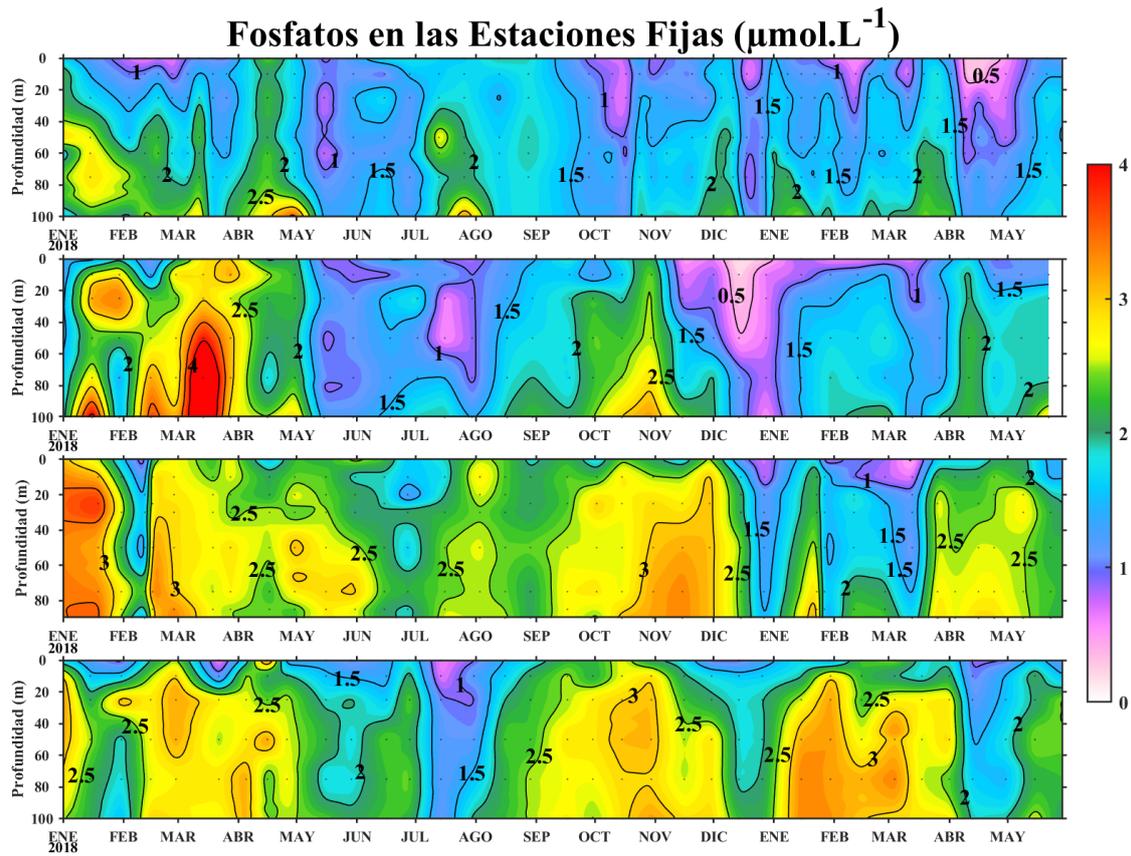


Figura 36. Concentración de fosfatos en $\mu\text{mol.L}^{-1}$ en las Estaciones Fijas de Paita, Chicama, Callao e Ilo de IMARPE entre enero 2018 a mayo 2019.

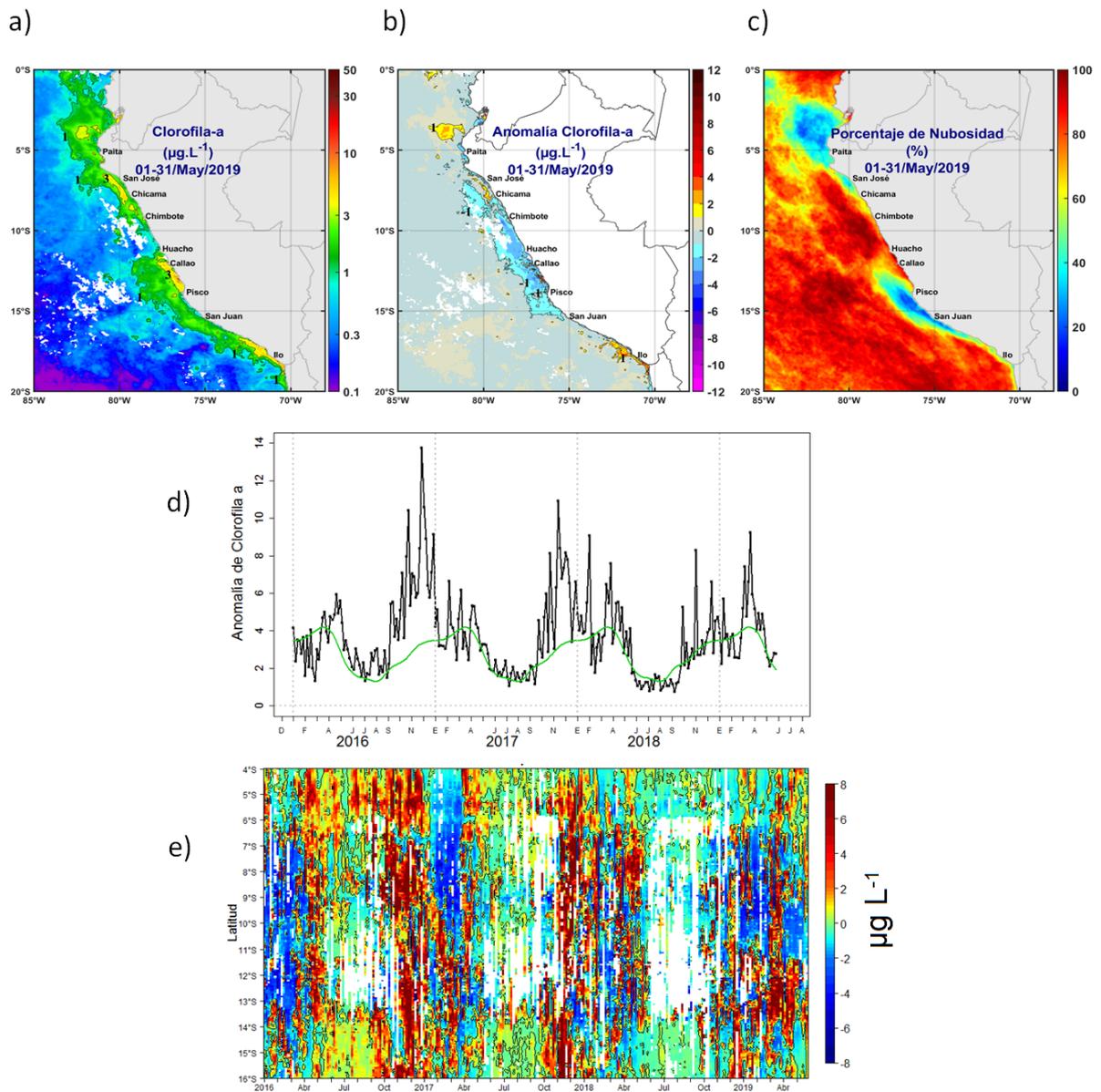


Figura 37. Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de clorofila-a satelital proveniente de MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante mayo 2019 (en $\mu\text{g.L}^{-1}$). Número de días con nubes en (c). Serie de tiempo (d) para 4°S-16°S y dentro de los 100 km de la costa, de las concentraciones de clorofila-a 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.

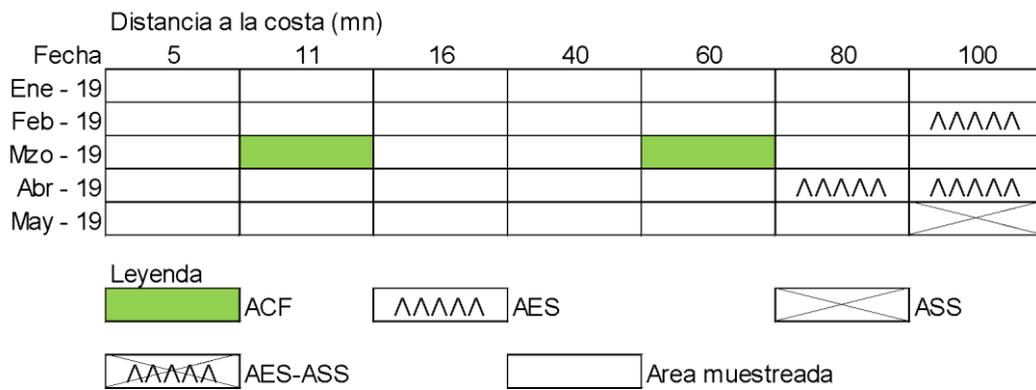


Figura 38. Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton en la sección Paita 1904.

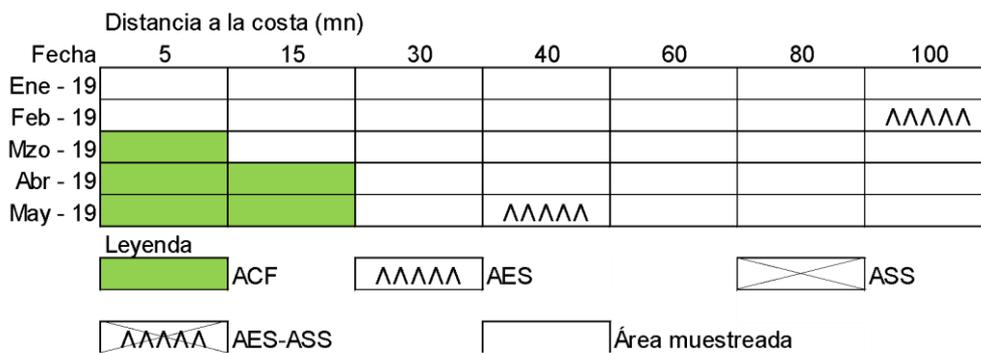


Figura 39. Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton en la sección Chicama 1904.

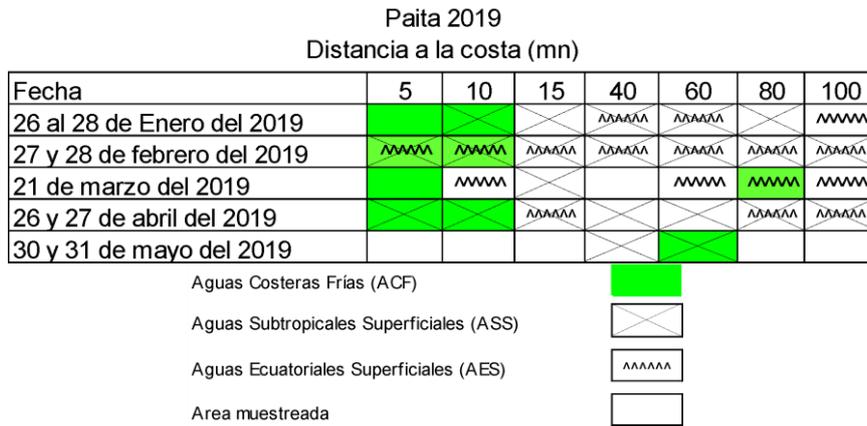


Figura 40. Distribución de Indicadores biológicos de zooplancton en la sección Paita 1905.

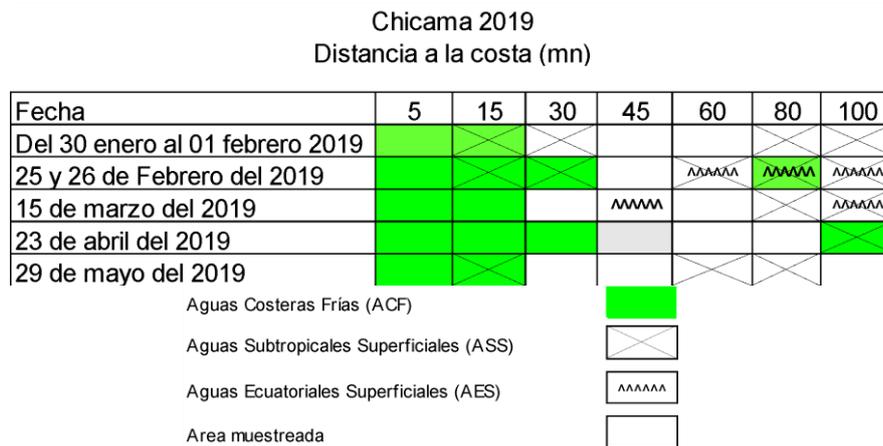


Figura 41. Distribución de Indicadores biológicos de zooplancton en la sección Chicama 1905.

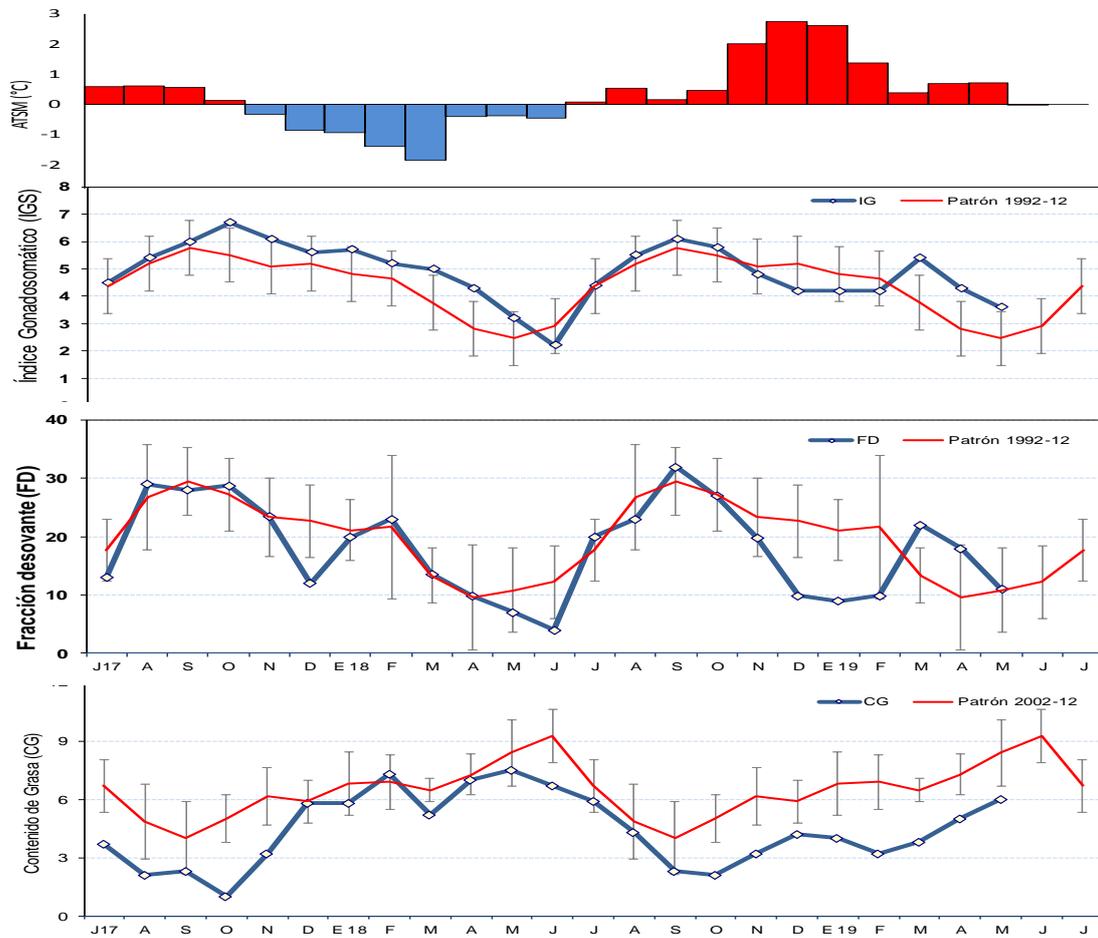
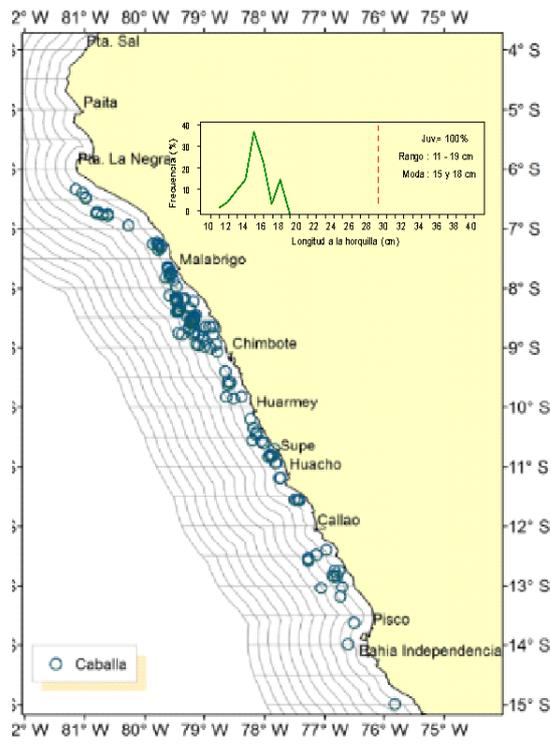


Figura 42. a) Anomalía de la TSM (°C) de Chicama. Indicadores reproductivos, a) Índice Gonadosomático (IGS), b) Fracción Desovante (FD) y c) contenido graso del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: julio 2017 – mayo 2019. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

a)



b)

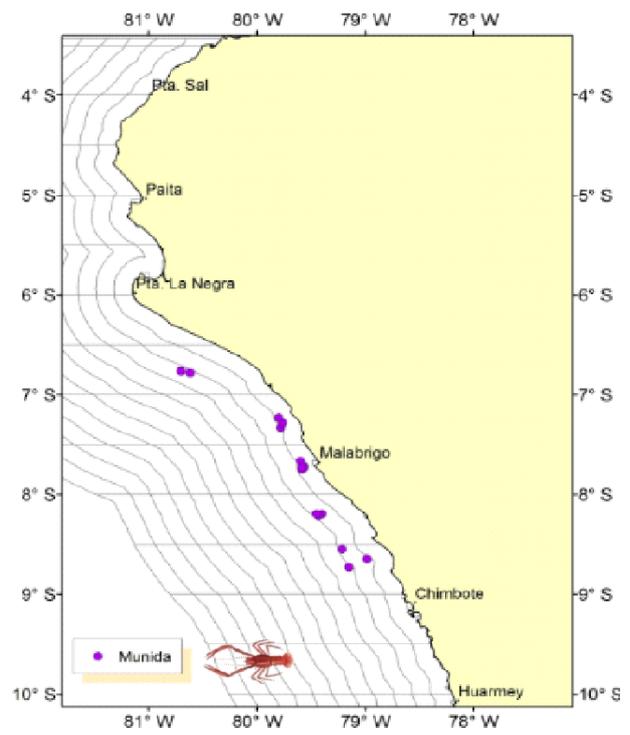


Figura 43. Distribución de caballa durante 28 de abril al 5 de mayo de 2019 (a). Distribución de munida durante 28 de abril al 5 de mayo de 2019 (b). Fuente: PBP/ADPERP/DGIRP/IMARPE

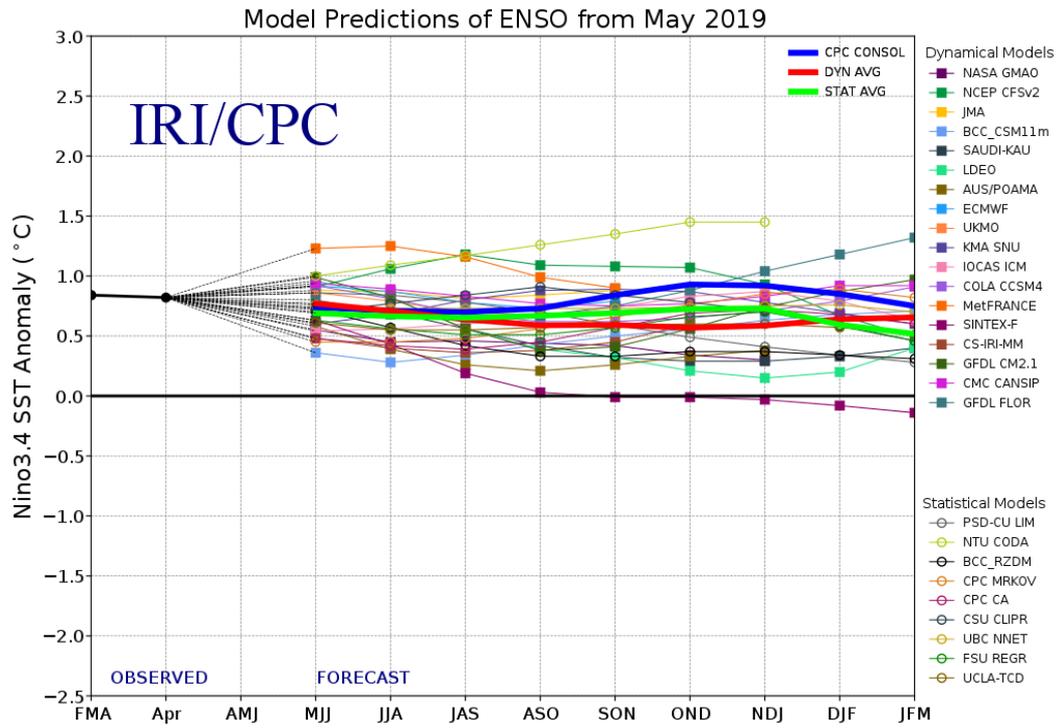


Figura 44. Pronóstico del índice Niño 3.4 mediante modelos climáticos estadístico y dinámico. Fuente: IRI/CPC, mayo 2019.

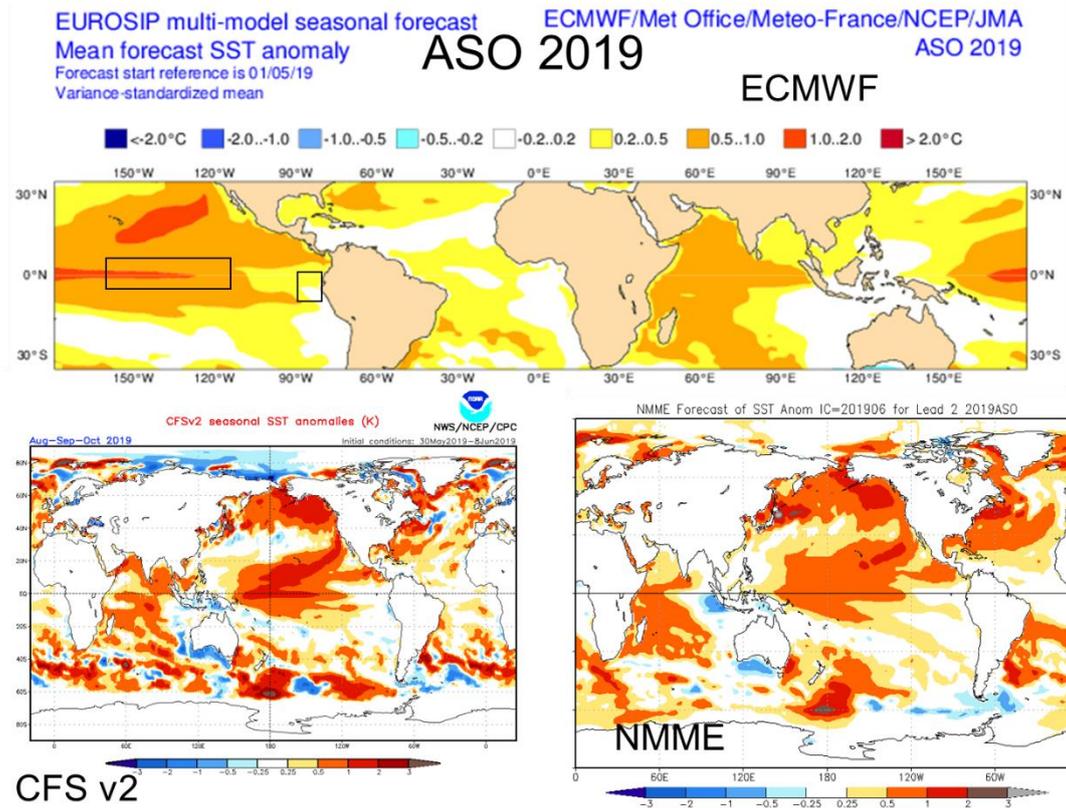


Figura 45. Pronóstico de la TSM para el trimestre ASO 2019 del modelo ECMWF, CFSv2, y NMME (condiciones iniciales mayo 2019). Los recuadros indican la región El Niño 3.4 y 1+2. Fuente: IRI/CPC.

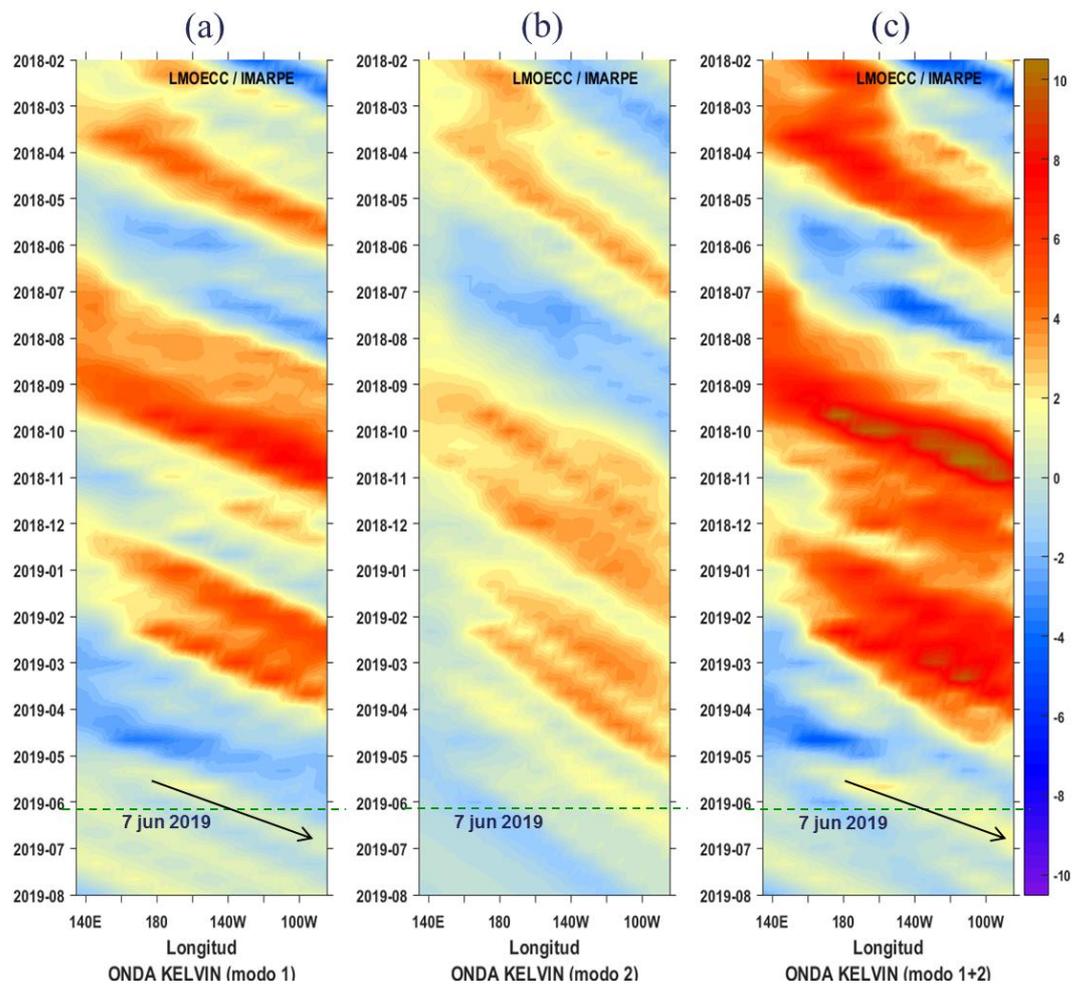


Figura 46. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras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

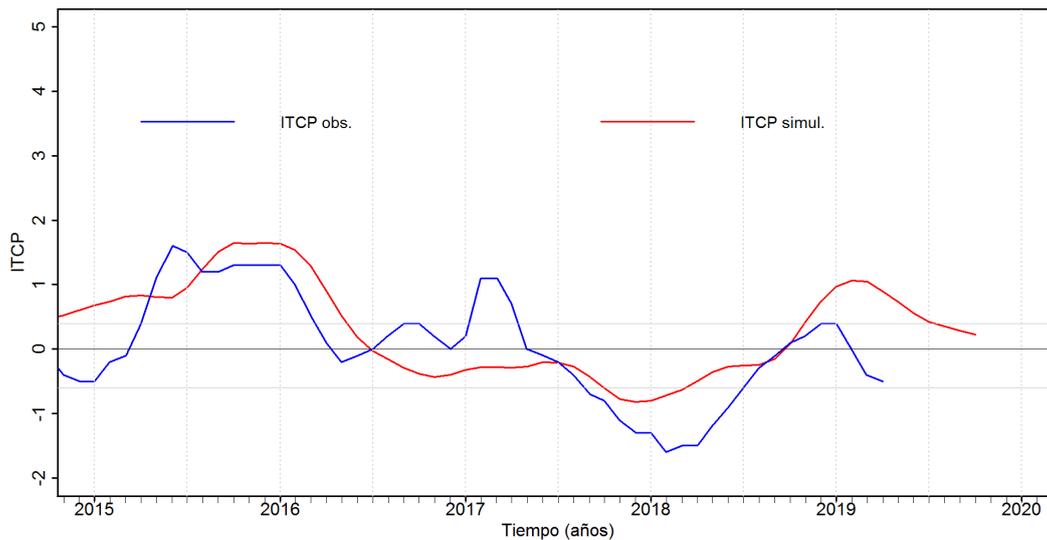


Figura 47. Pronóstico del ITCP mediante un modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia. Fuente: IMARPE.

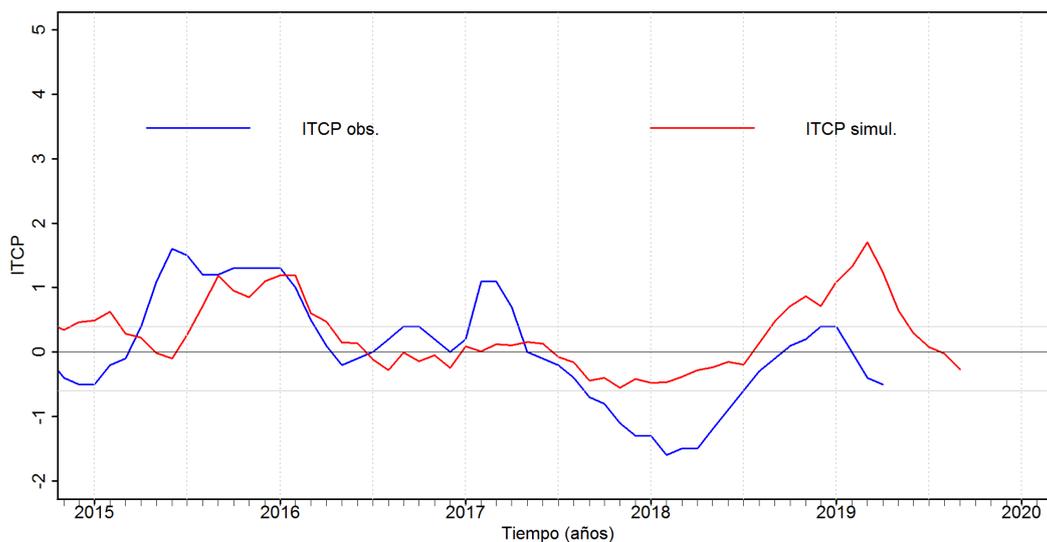


Figura 48. Pronóstico del ITCP mediante un modelo estadístico. Fuente: IMARPE.