



PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

Programa Presupuestal por Resultados N°068

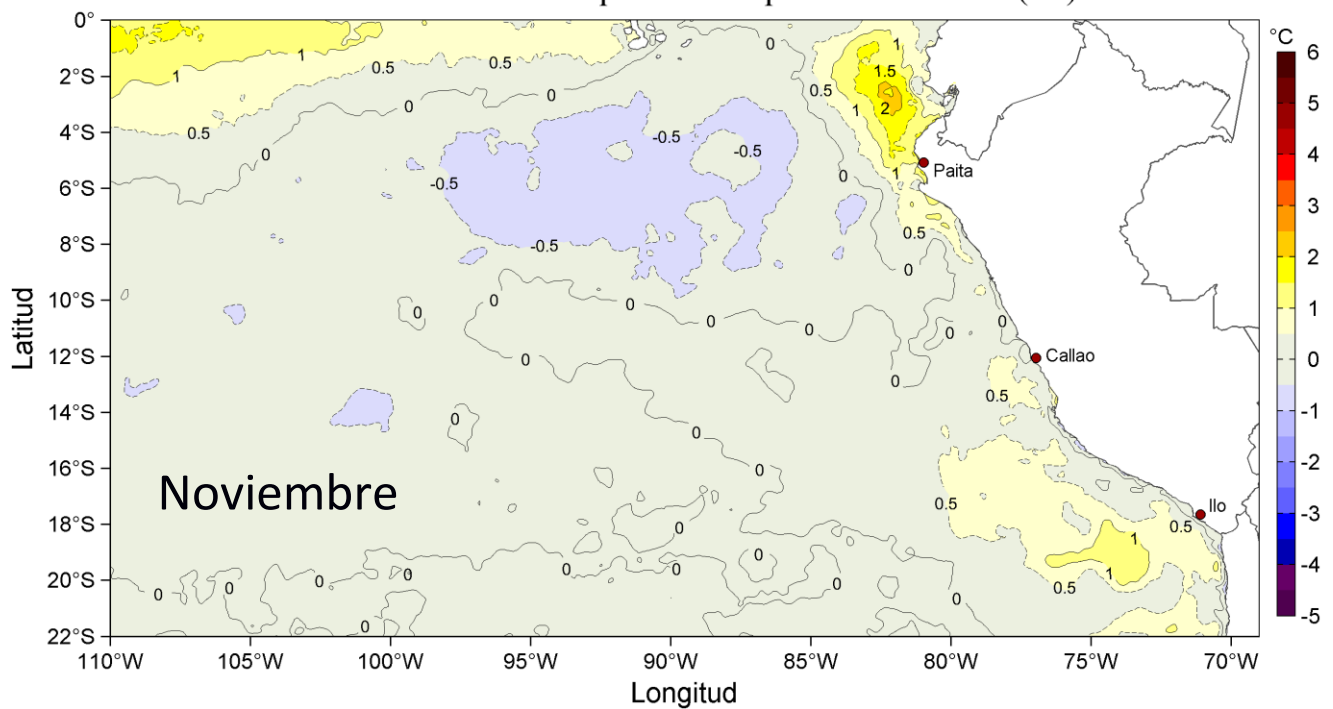
“Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de emergencias por Desastres”

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 NOVIEMBRE 2019

Anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (°C)



Noviembre, 2019

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

GRUPO DE TRABAJO INSTITUCIONAL EL NIÑO

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

TABLA DE CONTENIDO

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

Instituto del Mar del Perú
Grupo de Trabajo Institucional El Niño

Informe de las Condiciones Oceanográficas y Biológico Pesqueras
Noviembre 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 noviembre usando datos de re-análisis NCEP/NOAA (Kalnay *et al.* 1996). Se observó que el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) presentó un núcleo centrado en los 90 °W, 30 °S con una intensidad máxima de ~1023 hPa, encontrándose desplazado al noreste de su posición normal y con una intensidad máxima menor que su valor climatológico en 0,8 hPa (Figuras 1 y 2). Asimismo, se detectaron anomalías negativas de presión en el Pacífico Suroriental a latitudes extra-tropicales con un núcleo entre -1 y -6 hPa. Frente a la costa peruana se presentaron condiciones climatológicas (Figura 2b).

Con el fin de caracterizar la variación temporal de la intensidad del 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 SON 2019 el IAPS presentó un valor de +1,1 hPa, menor que su valor anterior (+1,6 hPa), indicando que la intensidad del APS tendió a ubicarse del rango normal neutro del APS. El valor mensual de la anomalía de la presión máxima en octubre fue de -0,8 hPa (Figura 3a). Los índices ILON e ILAT presentaron valores de +3,6° y -0,1° para el trimestre SON, respectivamente, indicando que el núcleo del APS se encontró ubicado al este de su posición promedio en el último trimestre. Los valores mensuales de las anomalías de posición longitudinal y latitudinal fueron de +7,0° y +2,8° respectivamente (Figuras 3b y c).

1.1.2. Condiciones atmosféricas en el Pacífico Ecuatorial

La radiación de onda larga (OLR, por sus siglas en inglés) presentó valores dentro del rango normal sobre el Pacífico Sureste, así como a lo largo del Pacífico ecuatorial hasta los 140 °W. Las anomalías positivas estuvieron presentes entre la línea de cambio de fecha y 140 °W indicando condiciones de subsidencia (Figura 4). La componente zonal del viento en la franja ecuatorial de 5 °S a 5 °N mantuvo dirección predominante de los vientos alisios con un rango entre 2,0 m s⁻¹ a 7,0 m s⁻¹ en el área comprendida entre 170 °W y 100 °W. En la región entre 150 °W hasta los 80 °W la velocidad zonal presentó condiciones normales o ligeras anomalías del oeste no mayores a 1 m s⁻¹, mientras que, al oeste de los 150 °W, se presentaron anomalías del oeste con valores de hasta 4,0 m s⁻¹ (Figura 5).

1.2. Aspectos oceanográficos

1.2.1. Condiciones superficiales.

En el Pacífico ecuatorial oriental, las anomalías negativas de la temperatura superficial del mar (TSM) se fueron disipando y atenuando, mientras que la zona cerca al Golfo de Ecuador y norte de Perú presentó anomalías positivas de +1 °C que se intensificaron hacia finales de mes. En el Pacífico central permanecieron con amplia distribución las temperaturas con anomalías <+0,5 °C (Figura 6). La variación temporal de anomalías de TSM, mostró que las regiones Niño 4, 3.4 y Niño 3, continuaron variando con anomalías positivas, mientras que en la región Niño 1+2 pasó de la fase de anomalías negativas a positivas. El último valor semanal de octubre en las regiones Niño 4, Niño 3.4, Niño 3 y Niño 1+2 fue de: +0,8 °C; +0,4 °C; +0,4 °C y +0,4 °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), mostró una tendencia descendente desde mediados de octubre, llegando a presentar un promedio mensual para noviembre de +0,3 °C (Figura 8). Esto estuvo asociado a la descarga de calor provocada por la propagación de la onda Kelvin cálida al extremo oriental (este de los 120 °W) y encima de los 100 m, que ocasionó el desplazamiento de las anomalías positivas fuera del Pacífico central, así como a la intensificación de anomalías negativas alrededor de los 140°W y 150 m de profundidad, asociadas al desarrollo de una onda Kelvin fría (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

De acuerdo a información procedente del satélite ASCAT, el viento frente a la costa peruana se presentó con fluctuaciones, particularmente al sur de los 6 °S: durante la primera semana exhibió velocidades superiores a 7 m s⁻¹, disminuyendo a partir de la segunda semana hasta el 25 de noviembre, período en el cual exhibió valores de alrededor de 3 m s⁻¹. Sin embargo, el viento se incrementó en la última semana del mes con valores entre 5 y 7 m s⁻¹. En la zona oceánica, el viento también se presentó fluctuante, superiores a 8 m s⁻¹ para la primera y cuarta semana, mientras que durante la segunda y tercera semana los vientos mostraron valores entre 3 y 7 m s⁻¹ (Figura 10). A lo largo de la costa, durante la primera y cuarta semana predominaron anomalías positivas frente a la costa sur. Entre la segunda semana y hasta el 25 de noviembre se registraron anomalías negativas que alcanzaron -2,5 m s⁻¹ (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). Las velocidades a lo largo de la costa fluctuaron durante casi todo el mes, presentando condiciones entre neutras y con anomalías ligeramente positivas durante la primera semana, seguidas de anomalías negativas hasta el 25 de noviembre. Es así que desde el día 13 hasta el 25 de mes las anomalías negativas fluctuaron entre -1 m s⁻¹ y -3 m s⁻¹ al sur de los 6 °S (Figura 13). El viento costero mostró anomalías del noreste para la segunda y tercera semana, mientras que para la última semana predominaron anomalías del suroeste.

El afloramiento costero, estimado a partir del esfuerzo de viento, frente a Talara y San Juan presentó fluctuaciones en el mes, debilitándose significativamente en la segunda semana al sur de los 6 °S, y de forma moderada frente a Paita durante la segunda y tercera semana. Frente a Talara y Paita el índice de afloramiento (IAC) alcanzó valores entre $450 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ y $500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ durante casi todo el mes, con excepción de la segunda semana donde se observó una disminución. Entre los 6 °S y los 13 °S, el IAC presentó valores por debajo de $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$, cayendo a menos de $50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ y $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$, en la segunda y tercera semana. Frente a Pisco y San Juan el IAC mostró valores inferiores a $150 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ durante la primera y última semana, mientras que durante la segunda y tercera los valores fueron inferiores a $50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ (Figura 14).

2.2 Aspectos oceanográficos

2.2.1 Anomalía del nivel del mar (ANM)

Continuó la propagación de anomalías positivas del nivel del mar, desde la zona ecuatorial hacia la costa centro norte de Perú. Entre la tercera y cuarta semana de noviembre, se presentaron las ANM de mayor magnitud, alcanzando valores mayores a +15 cm frente a Tumbes, mayores a +10 cm entre Paita y Pimentel y, mayores a +5 cm a lo largo de toda la costa y cubriendo gran parte de la zona oceánica ubicada frente a la costa centro norte de Perú. En las zonas oceánicas ubicadas frente al sur de Perú se presentaron condiciones neutras en promedio, con algunos vórtices de anomalía positiva asociados a flujos antihorarios y vórtices de anomalía negativa relacionada a flujos horarios que permanecieron hasta finales de mes (Figura 15).

En la franja de 60 mn adyacente a la costa, se presentaron anomalías positivas mayores a +5 cm. Fue notoria la propagación progresiva de anomalías positivas de mayor intensidad desde la zona ecuatorial hacia la zona norte de Perú, superando los +15 cm frente a Paita (5 °S), +10 cm frente a Pimentel (7 °S), alcanzando hasta Pisco (14 °S) (Figura 16). La ANM mostró una tendencia ascendente desde octubre, que llegó a un umbral en la segunda quincena de noviembre, alcanzando +8 cm en la costa sur, +10 cm en la costa norte y en la zona de Galápagos a +15 cm. Hacia finales de mes se notó el inicio de una tendencia descendente (Figura 17).

Por otro lado, en base a la información de altimetría satelital, se evaluó a los 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, material biogénico y nutrientes que provienen del afloramiento. También influyen en la distribución de biomasa de fitoplancton, y en el sostenimiento de la producción biológica en zonas oligotróficas. En el hemisferio sur de acuerdo al giro pueden ser ciclónicos generando divergencia, y anticiclónicos provocando convergencia del fluido.

Durante el mes. frente a la costa hasta los 84 °W se continuaron detectando entre 3 y 9 remolinos por día, manteniéndose la formación de remolinos de tipo anticiclónico con una mayor preponderancia (65 %) sobre los ciclónicos, aunque con una ligera disminución respecto al mes anterior (Figura 18 a). La distribución promedio del radio y la energía cinética (EKE) presentó un comportamiento similar al mes anterior, con valores que oscilaron entre 58 - 77 km y 61 - 128 cm^2s^{-2} , respectivamente. Los remolinos de mayor tamaño se presentaron entre Huanchaco y Chimbote (100-110 km), donde se detectaron dos remolinos de tipo ciclónico (~50 mn a la costa) y un remolino anticiclónico (~250 mn a la costa). Resaltó, además, un remolino anticiclónico que alcanzó un radio máximo de 118 km localizado frente a Huacho y Callao y que se mantuvo durante los primeros 20 días.

Estos remolinos, sin embargo, no representaron un gran aporte energético, ya que en promedio la energía cinética continuó presentando valores dentro del rango normal ($10 - 100 \text{ cm}^2\text{s}^{-2}$) (Chaigneau *et al.*, 2008) (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 aumentó en su promedio mensual respecto al mes anterior. Entre Tumbes y Chimbote se observaron anomalías positivas, a excepción de San José; a su vez, de Huacho a Pisco se presentaron anomalías negativas y frente Ilo se observaron anomalías positivas en promedio. La TSM mensual varió entre $15,0 \text{ }^\circ\text{C}$ (Callao) y $26,5 \text{ }^\circ\text{C}$ (Tumbes), mientras que las anomalías variaron entre $-0,6 \text{ }^\circ\text{C}$ (San José) y $+1,6 \text{ }^\circ\text{C}$ (Paita) (Tabla 1).

A nivel diario, durante el mes noviembre predominaron anomalías positivas en Tumbes e Ilo. De Paita a Callao se observaron condiciones con anomalías negativas durante las primeras semanas, para luego observarse anomalías positivas durante los últimos días del mes. En Pisco las anomalías fluctuaron de anomalías positivas en la primera quincena a anomalías negativas en la segunda quincena de mes. Las anomalías positivas de mayor intensidad se presentaron en Paita, Chicama y Huanchaco con valores positivos que alcanzaron hasta $\sim +4 \text{ }^\circ\text{C}$ el 20, 25 y 26 del mes, respectivamente. En Pisco se registraron anomalías negativas alrededor de $\sim -2,5 \text{ }^\circ\text{C}$ en la segunda quincena (Figura 19).

El índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2016) presentó un valor de $+0,13 \text{ }^\circ\text{C}$ para el trimestre SON del 2019 y un valor mensual de noviembre de $+0,3 \text{ }^\circ\text{C}$, siendo mayor al valor observado durante agosto 2019 ($0,06 \text{ }^\circ\text{C}$) (Figura 20).

2.2.2.2 Información satelital de TSM y sus anomalías

Tal como fue mencionado por el Comunicado Oficial ENFEN N° 14-2019, emitido el 14 de noviembre, desde fines de octubre e inicios de noviembre se detectaba un efecto de la onda Kelvin cálida en el nivel del mar frente a la costa norte, mas no así en la TSM. Los datos señalan un rápido calentamiento de la TSM frente a la costa norte hacia la quincena de noviembre, comportamiento que se extendió a la costa central desde la última semana del mes, reflejando el arribo de la onda Kelvin cálida. Asimismo, según la información satelital, el máximo calentamiento semanal se produjo en la tercera semana de noviembre, reduciéndose en los últimos días del mes. Es de resaltar, que el calentamiento fue también favorecido por el debilitamiento extendido de los vientos costeros en la segunda y tercera semanas del mes, lo cual redujo el afloramiento de aguas frías en superficie.

La isoterma de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ que se proyectaba a inicios de mes desde la costa hasta unas 200 mn frente al norte de Perú, se replegó a una franja costera $< 50 \text{ mn}$ al sur de Chicama ($08 \text{ }^\circ\text{S}$), debido al desplazamiento desde el norte de aguas cálidas, que a su vez separó las aguas oceánicas $< 20 \text{ }^\circ\text{C}$ de las costeras al sur de los $14 \text{ }^\circ\text{S}$. Asimismo las aguas $< 17 \text{ }^\circ\text{C}$ distribuidas a inicios de mes a lo largo de toda la costa peruana, se replegaron al sur, llegando a observar a finales de mes solo en la zona de Pisco (Figura 21).

Frente a Paita, las anomalías negativas de TSM se disiparon fuera de la costa. En cambio, cerca del Golfo de Guayaquil aparecieron anomalías positivas que se proyectaron al sur por la zona costera hasta llegar a Chicama con anomalías de $+3 \text{ }^\circ\text{C}$ en la última semana de noviembre. Por otro lado, en la costa sur durante la primera semana predominaron condiciones neutras.

En la segunda semana aparecieron anomalías positivas en el codo Perú-Chile, que se expandieron e intensificaron en la tercera semana hasta alcanzar valores de +2 °C (Figura 22), para luego tender a decaer.

Dentro de las 60 mn, la evolución de las anomalías de TSM también reflejó el arribo de la onda Kelvin cálida. Frente a Paita, desde mediados de noviembre se presentaron anomalías positivas, que se intensificaron en las semanas siguientes hasta +3°C en promedio, expandiéndose hacia el sur hasta la zona de Chicama. Así mismo en la costa sur durante la última semana también se presentaron anomalías de +1 °C (Figura 23).

El Índice Térmico Costero Peruano ITCP (Quispe-Ccalluari et al., 2016), presentó un valor de -0,5 °C, para el trimestre setiembre a noviembre 2019, indicando una condición fría en la franja costera. El valor de la primera componente principal para el mes de noviembre fue de -0,2 °C, ascendiendo respecto al mes anterior (Figura 24).

2.2.3 Distribución espacial de la Salinidad Superficial del Mar

2.2.3.1 Información de modelos oceanográficos

Según el modelo HYCOM (HYbrid Coordinate Ocean Model; www.hycom.org; Bleck, 2002), en la zona norte las aguas con salinidad menor a 34,8 ups, relacionadas a aguas ecuatoriales superficiales (AES) habrían fluctuado entre los 5 °S a 6 °S la mayor parte del mes y cerca de la costa, desplazándose en la última semana hasta los 8°S. No obstante, según el modelo MERCATOR (www.marine.copernicus.eu), dicho desplazamiento habría alcanzado los 10 °S a finales del mes. Frente a la costa sur las aguas con salinidad mayor a 35,1 ups se habrían aproximado hacia el codo Perú-Chile, replegando por un lado hacia la costa a las aguas de mezcla procedentes del afloramiento y por otro lado hacia el sur de los 20 °S a las aguas procedentes de la mezcla con aguas intermedias del Pacífico Sur Este (ESPIW, por sus siglas en inglés, Grados *et al.*, 2018) (Figura 25).

2.2.4 Secciones oceanográficas

2.2.4.1 Paita (27-28 de noviembre)

La TSM presentó valores entre 20 °C y 22 °C en toda la sección, con anomalías de TSM dentro de las 100 mn de hasta +2,0 °C (Figura 26 a, b, Figura 27 a, b). Sobre los 100 m de profundidad, las temperaturas variaron de 15 °C a 22 °C con una marcada termoclina a 40 – 50 m. La isoterma de 15 °C se presentó entre los 80 m y 110 m de profundidad, 30 m más profunda respecto a fines de octubre (Figura 27 d). Sobre los 80 m se registraron anomalías térmicas positivas, con núcleos de hasta +3,0 °C entre los 10 y 30 m. Asimismo se observó un núcleo de hasta +1,0 °C dentro de las 40 mn entre los 230 y 310 m (Figura 26 b). En el resto de la sección las condiciones térmicas fueron normales en promedio.

La salinidad indicó la presencia de aguas de AES ($S < 34,8$ ups) en los primeros 70 m de profundidad dentro de las 35 mn y sobre los 40 m a 35 – 100 mn, asociadas a anomalías halinas de hasta -0,9 ups (Figura 27 c, Figura 26 c, d). Por otra parte, entre los 50 m y 100 m los datos sugieren presencia de mezcla entre AES y aguas ecuatoriales sub-superficiales (AESS) dentro de las 40 mn y aguas de mezcla entre ASS y AESS, por fuera de las 50 mn, y a más de 100 m, dominancia de AESS, conforme al patrón estacional.

La distribución del oxígeno disuelto (OD) mostró que la iso-oxígena de 1,0 mL L⁻¹, asociada a la oxiclina, se mantuvo a una profundidad de 140 - 170 m en la zona costera, 15 m más somera respecto a octubre (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 200 - 270 m de profundidad en toda la sección. Dentro de las 100 mn en los primeros 350 m se estimaron flujos geostroficados hacia el sur con una velocidad de hasta 30 cm s⁻¹. Asimismo, se estimaron flujos geostroficados hacia el norte dentro de las 15 mn sobre los 60 m, con velocidades de hasta 10 cm s⁻¹ (Figura 26 e, f).

2.2.4.2 Chicama (26-27 de noviembre)

La TSM presentó valores entre 18 °C y 20 °C en toda la sección. Las condiciones térmicas superficiales mostraron anomalías de hasta +2,0 °C dentro de las 30 mn hasta los 20 m de profundidad. En sub-superficie, entre los 50 y 200 m, se observó condiciones térmicas normales, mientras que entre los 200 y 430 m se observó anomalías de +1,0 °C, en promedio (Figura 28 a, b; Figura 29 a, b). Asimismo, la isoterma de 15 °C se ubicó a 50 - 80 m de profundidad en la zona costera, 40 m por debajo de lo registrado en octubre (Figura 28 d).

En la capa superficial hasta los 20 m de profundidad, la salinidad y las temperaturas indicaron la presencia de AES dentro de las 20 mn y aguas de mezcla entre aguas costeras frías (ACF)-ASS-AES por fuera de las 30 mn, asociadas a anomalías halinas de hasta -0,40 ups. Entre los 20 y 50 m de profundidad, se detectaron aguas de mezcla ACF-AES dentro de las 30 mn, y aguas de mezcla ASS-ACF a 40 - 100 mn; mientras que entre los 50 y 100 m se observó aguas de mezcla ASS - AESS y AESS a mayor profundidad, ambas conformes al patrón estacional (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 iso-oxígena de 1,0 mL L⁻¹ se presentó a 50 - 60 m de profundidad fuera de la costa y a 40 m en la zona costera, en general ligeramente más profunda que en octubre (Figura 29 e). El borde superior de la ZMO se presentó a 40 - 160 m, más somero en la costa (Figura 28 e). Por otra parte, se estimaron flujos geostroficados hacia el sur entre los 30 y 350 m a 65 - 100 mn, con velocidades también de hasta 20 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 15 °C y 20 °C, en Chicama entre 14 °C y 20 °C, en Callao entre 14 °C y 16 °C, en Atico sobre los 14 °C y 16 °C y en Ilo entre 13 °C y 19 °C. En general, las estaciones fijas de Paita, Chicama y Callao evidenciaron una profundización de las isotermas, a partir de la segunda quincena; mientras que en Atico e Ilo mostraron un leve ascenso las isotermas sobre los 20 m y una profundización la isoterma de 14 °C (Figura 30). En Paita y Chicama se detectaron anomalías térmicas de hasta +3,0 °C sobre los 60 y 20 m, respectivamente a finales de noviembre, asociado al arribo de la onda Kelvin cálida. Por otro lado, en Callao las condiciones térmicas fueron ligeramente frías en promedio (-0,5 °C) (Figura 31).

En Paita y Chicama, los registros de salinidad y temperatura evidenciaron la presencia de AES sobre los 60 y 10 m a finales del mes, debido a la advección de aguas de baja salinidad desde norte. En Callao, Atico e Ilo se observó el predominio de ACF (Figura 32).

En cuanto al OD, se detectó una profundización de las iso-oxigenas en Paita, a finales del mes, asociada a las anomalías térmicas positivas y a la intromisión de AES. Por otro lado, en Chicama se observó un aumento de la concentración de OD en la segunda quincena del mes sobre los 10 m, posiblemente también asociado a la intromisión de AES. En Callao, Atico e Ilo las iso-oxigenas se presentaron a una profundidad similar a octubre. La iso-oxígeno de $0,5 \text{ mL L}^{-1}$ no se registró en Paita ni en Atico, y se determinó a 20 - 40 m en Chicama, a 20 - 30 m en Callao, a 95 m en Atico y a 35 - 40 m en Ilo durante el mes, en promedio (Figura 33).

2.2.6. Información oceanográfica complementaria

Información proporcionada por la empresa COPEINCA indicó que la advección de AES hacia el sur alcanzó Casma como una delgada capa de $< 5 \text{ m}$ dentro de las 30 millas a inicios de diciembre (Figura 34), confirmando los datos del modelo MERCATOR.

Por otro lado, las secciones oceanográficas realizadas en el Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos (fines de noviembre) frente a San Juan y línea Callao (inicios de diciembre) mostraron núcleos de anomalía térmica de hasta $+2 \text{ }^\circ\text{C}$ entre los 250 m y 350 m dentro de las 30 millas (Figura 35).

2.2.7 Fertilidad y productividad

2.2.7.1 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 entre San José y Callao (dentro de las 60 mn) y entre San Juan e Ilo (dentro de las 40 mn), predominaron valores de $\sim 3 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$; mientras que, entre Callao y Pisco se llegaron a alcanzar valores de $\sim 10 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ (Figura 36 a). En términos de anomalía, entre Paita y San José predominaron anomalías negativas ($\sim -1 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$) y al sur de San José predominaron anomalías positivas (entre $+1 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ y $+3 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$) dentro de las 60 mn, con un núcleo altamente productivo de valores $> +8 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ entre Callao y Pisco hasta las 80 mn (Figura 36 b).

A escala diaria se ha utilizado la información de MODIS (Ocean Biology Processing Group, 2003) pero corregida respecto a SeaWIFS (O'Reilly *et al.* 1998). A partir de este producto, el promedio pentadal dentro de las 60 mn y entre 6°S a 16°S , se presentaron anomalías negativas débiles a la mitad del mes y durante los últimos días de noviembre ($\sim -0,75 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$); sin embargo, durante el resto del mes predominaron anomalías positivas ($+2,5 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$) (Figura 36 d). Latitudinalmente, en la franja costera predominaron anomalías positivas al sur de los 9°S durante la primera y última semana del mes ($+2,0 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ a $+6,0 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$); mientras que, entre los 6°S y 9°S se presentaron anomalías negativas entre $-0,5 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ y $-2 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ (Figura 36 e).

La cantidad de luz incidente que varía por la presencia de nubes influye en el crecimiento de fitoplancton y la producción de clorofila-a. La media mensual del porcentaje de nubosidad para este mes estuvo alrededor de 70 %, en gran parte de la costa, menor a lo observado durante octubre. Frente a Paita (dentro de las 60 mn), entre Pisco y San Juan (dentro de las 30 mn) y frente a Ilo la cobertura nubosa fue menor de 60 %; mientras que, entre San José y Huacho (dentro de las 50 mn) se observaron valores alrededor de 80% (Figura 36 c).

2.2.8. Indicadores biológicos del plancton

2.2.8.1 Indicadores biológicos del fitoplancton.

Paita

Frente a Paita se determinó a *Ceratium breve* var. *parallelum* especie indicadora de AES distribuido desde las 40 mn hasta las 80 mn de la costa, relacionado a una TSM con un rango de variación entre 21,5 y 22,3 °C. También se registró a *Tripos praelongus*, especie indicadora de ASS, a 100 mn de la costa asociado a una TSM de 22,4 °C (Figura 37).

Los volúmenes de plancton fluctuaron entre 0,06 mL.m⁻³ (Est. 7) y 0,27 mL.m⁻³ (Est. 1) asociados a TSM de 20,3 °C y 22,4 °C, respectivamente, siendo el promedio mensual de 0,15 mL.m⁻³ (Figura 38). La comunidad de fitoplancton estuvo conformada principalmente por dinoflagelados termófilos como *Goniodoma polyedricum*, *Podolampas bipes*, *Amplisolenia bidentata*, *Tripos azoricus*, *T. macroceros*, *T. massiliensis*, *T. seta* y *T. trichoceros*. De las diatomeas se apreciaron aquellas típicas de aguas cálidas siendo frecuentes *Rhizosolenia castracanei*, *R. temperei* y *Achnanthes longipes*. Todas estas especies alcanzaron abundancias relativas de la categoría "Presente". Entre los dinoflagelados de distribución cosmopolita se determinaron a *Tripos dens*, *T. fusus*, *T. furca*, *Protoperidinium depressum* y *P. conicum*, con abundancias relativas de la categoría "Presente".

Chicama

En la sección Chicama, se registró a *Protoperidinium obtusum*, especie indicadora de aguas costeras frías (ACF) a 5 mn de la costa, relacionado a una TSM de 19,2 °C (Figura 39). Para noviembre, el volumen de plancton obtuvo una variación entre 0,06 mL m⁻³ (Est. 5) y 4,20 mL.m⁻³ (Est. 1), ambos valores relacionados a una TSM de 19,2 °C (Figura 40). El volumen promedio mensual fue de 0,75 mL m⁻³. El fitoplancton fue predominante a 5 mn y representado por diatomeas de afloramiento y neríticas entre las que destacaron *Chaetoceros lauderi*, *Ch. affinis*, *Ch. compressus* *Ch. lorenzianus* *C. perforatus*, por alcanzar abundancias relativas de la categoría "Abundante". En toda la zona de estudio se encontró dinoflagelados de distribución cosmopolita con una composición similar a Paita; además, se observaron otros dinoflagelados termófilos como *Tripos vultur*, *Tripos gibberum* var. *dispar*, *Protoperidinium murrayi*, con abundancias relativas de la categoría "Presente".

2.2.8.2 Indicadores biológicos del zooplancton e ictioplancton

Paita

Frente a Paita el copépodo indicador de ACF (*E. inermis*) se determinó a las 60 y 80 mn con valores de 2 y 1 Ind.100m⁻³, mientras que los copépodos *Acartia danae*, *Calocalanus pavo*, *Inschnocalanus plumulosus* y *O. conífera*, especies indicadoras de ASS, se localizaron en toda el área evaluada con densidades entre 2 y 84 Ind.100m⁻³, en tanto que el copépodo *Centropages furcatus*, especie indicadora de AES, fue registrado por fuera de las 15 mn de la costa con abundancias entre 5 y 516 Ind.100m⁻³ (Figura 41).

Con relación al ictioplancton frente a Paita los huevos y larvas de anchoveta no se registraron para este periodo.

Chicama

Frente a Chicama se determinó la presencia del copépodo *Centropages brachiatus*, especie indicadora de ACF, distribuido en casi toda el área evaluada, con abundancias entre 24 y 3391 Ind.100m⁻³, mientras que los copépodos *A. danae* y *C. furcatus*, especies asociadas a ASS y AES, respectivamente, fueron observados dentro de las 15 mn de la costa con valores de 3 y 32 Ind.100m⁻³ y de 26 y 189 Ind.100m⁻³, respectivamente (Figura 42).

Con relación al ictioplancton, se determinó huevos y larvas de anchoveta dentro de las 45 mn de la costa, con valores entre 2 y 7642 huevos.100m⁻³ y entre 2 y 56 larvas.100m⁻³.

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 segunda temporada de pesca 2019 de anchoveta en la región norte-centro del litoral peruano se inició con una Pesca Exploratoria entre 06 al 15 de noviembre. Durante el mes el desembarque de anchoveta alcanzó aproximadamente 711 814 toneladas (t). La principal zona de pesca de anchoveta estuvo entre Salaverry (08 °S) y Chimbote (09 °S), dentro de las 40 millas de la costa (Figura 43). A nivel vertical, se evidenció la profundización de los cardúmenes de anchoveta en la zona norte entre los 07° - 08 °S, debido a la llegada de la onda Kelvin (Figura 44).

Indicadores reproductivos y somáticos de la anchoveta

Los índices reproductivos de la anchoveta *Engraulis ringens* del stock norte-centro mostraron a partir de la primera quincena de noviembre la disminución de los procesos de madurez gonadal y desove, iniciando así la declinación del periodo principal de desove de acuerdo al patrón histórico (Figura 45).

3.2. Especies Indicadoras

El desembarque de jurel durante el periodo 01 enero – 30 noviembre, alcanzó alrededor de 138 mil t, y el de la caballa, aproximadamente 29 mil t. En noviembre el jurel y la caballa, fueron capturados por la pesca artesanal principalmente desde Punta San Juan (15 °S) hasta el sur de Atico (16 °S), entre las 30 a 40 millas.

3.3. Avistamiento de aves marinas

Durante el Crucero de Evaluación de Recursos Pelágicos 1909-11 se registró aves guaneras durante lances de comprobación y registros acústicos con presencia de anchoveta. Además, las aves guaneras, principalmente la especie *Phalacrocorax bougainvillii* “guanay”, presentaron una distribución replegada a las zonas costeras (hasta las 20 mn de distancia a la costa), lo que coincide con la presencia de ACF; y la mayor densidad de aves guaneras fue observada en las cercanías de sus zonas de reproducción (Figura 46).

Los análisis de la dieta de guanay, como indicador indirecto de la distribución de anchoveta, realizados desde isla Macabi (08 °S) hasta Punta Coles (18 °S), mostraron que la alimentación del guanay tuvo como principal ítem a la anchoveta, adulta y juvenil (Figura 47).

Por otro lado, como parte del monitoreo bio-oceanográfico la componente biológica realizó avistamientos de aves marinas a bordo de la embarcación BIC Flores. La mayor abundancia de aves guaneras se registró dentro de las 15 mn de la costa entre Paita y Chimbote, con mayores observaciones dentro de las 40 mn entre Salaverry y Chimbote, zona con presencia de ACF y aguas de mezcla (Figura 48).

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

4.1 Pronósticos a gran escala de las agencias internacionales

En octubre e inicios de noviembre 2019, las anomalías de TSM en el Pacífico ecuatorial central mostraron valores positivos y alrededor del umbral de una condición El Niño débil, sin embargo, durante noviembre las anomalías de TSM han disminuido, por lo que a la condición actual del ENOS es neutra. La mayoría de los modelos dinámicos y estadísticos de predicción de ENOS (Niño 3.4) de las agencias internacionales (IRI, noviembre 2019), pronostican que esta condición neutra del ENOS persistiría durante el verano y otoño austral 2020 (Figura 49).

Espacialmente, para el trimestre EFM 2020, en el Pacífico Ecuatorial Central 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) indican una mayor cobertura de anomalías de TSM alrededor de +0,5°C para la región 3.4. Así mismo, para la región 1+2 (y el norte de la costa peruana), todos los modelos indican anomalías de TSM alrededor de +0,5°C (Figura 50).

4.2 Propagación de ondas Kelvin

La simulación del modelo de propagación de ondas aplicado en el IMARPE (Illig *et al.*, 2004; Dewitte *et al.*, 2002), forzada hasta el 6 de diciembre, reprodujo la llegada de la onda Kelvin cálida (modo 2) a las costas de Sudamérica en noviembre. Por otro lado, dos ondas Kelvin frías (modo 1 y modo 2) generadas en octubre 2019, llegarían al extremo del Pacífico ecuatorial oriental: una en diciembre 2019 y la otra en enero 2020. Cabe señalar que ambas ondas frías han reducido su intensidad debido a las anomalías de vientos del oeste observadas en noviembre en el Pacífico ecuatorial central (Figura 51).

Finalmente, una onda Kelvin cálida (modo 1) fue generada como reflexión de una onda Rossby en el Pacífico ecuatorial occidental a inicios de noviembre. Esta onda habría sido reforzada debido las anomalías de vientos del oeste observadas durante el mes en el Pacífico ecuatorial occidental-central y llegaría a la costa sudamericana en enero 2020.

4.3 Pronósticos de la TSM frente a la costa del Perú

Tanto 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 valores negativos del ITCP, aunque dentro del rango de condiciones neutras, entre diciembre 2019 y marzo del 2020 (Figuras 52 y 53).

5. CONCLUSIONES

- En el Pacífico central persistieron anomalías positivas débiles ($< +0,5$ °C) de la temperatura superficial del mar (TSM). En la región Niño 1+2, en promedio, se atenuaron las anomalías térmicas negativas respecto al mes de octubre. Cerca de la costa del Golfo de Guayaquil y el norte de Perú se desarrollaron anomalías positivas de $+1$ °C que se intensificaron en la última semana. En la capa subsuperficial del Pacífico Ecuatorial (300 m), el contenido de calor disminuyó a una anomalía mensual de $+0,3$ °C.
- El núcleo del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se presentó al noreste de su posición normal con una intensidad ligeramente menor a su valor climatológico en 0,8 hPa. El campo de presión a nivel del mar frente a la costa peruana presentó condiciones normales.
- Frente a Talara y a Paita la intensidad del viento varió entre 4 m s^{-1} y 7 m s^{-1} . Al sur de los 06 °S el viento costero exhibió un notable debilitamiento (a valores $< 3 \text{ m s}^{-1}$) y anomalías del noroeste para la segunda y tercera semana. Las anomalías de la velocidad del viento a lo largo de la costa fluctuaron entre neutras y ligeramente positivas para la primera semana y muy negativas para la segunda y tercera semana (de hasta -4 m s^{-1}), mientras que para la última semana las anomalías fueron positivas superiores a 2 m s^{-1} .
- El afloramiento costero, estimado a partir del esfuerzo de viento (IAC), alcanzó valores entre $450 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ y $500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ durante casi todo el mes frente a Talara y Paita. Entre los 06 °S y 13 °S, el afloramiento costero solo estuvo activo en la primera y última semana; el IAC presentó valores por debajo de $150 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$, cayendo a menos de $50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ y $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$, en la segunda y tercera semana, respectivamente.
- La actividad de mesoescala presentó remolinos de tipo anticiclónico con una mayor preponderancia (65%) sobre los ciclónicos. En tamaño variaron con radios de 58 a 77 km y energía cinética de 61 a $128 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$. Los remolinos de mayor tamaño se presentaron entre Huanchaco y Chimbote.
- Se detectó la propagación de anomalías positivas del nivel del mar, desde la zona ecuatorial hacia la costa centro norte de Perú, iniciada a fines de octubre. Entre la tercera y cuarta semana del mes se presentaron las ANM de mayor magnitud, alcanzando valores mayores a $+15$ cm frente a Tumbes, mayores a $+10$ cm entre Paita y Pimentel y, mayores a $+5$ cm a lo largo de toda la costa.
- Se registró un rápido calentamiento de la TSM frente a la costa norte hacia la quincena de noviembre, comportamiento que se extendió a la costa central desde la última semana del mes, reflejando el arribo de la onda Kelvin cálida.

Asimismo, según la información satelital, el máximo calentamiento semanal se produjo en la tercera semana de noviembre, reduciéndose significativamente en los últimos días. En el litoral, las anomalías positivas de mayor intensidad se presentaron en Paita, Chicama y Huanchaco con valores positivos que alcanzaron hasta $\sim +4$ °C el 20, 25 y 26 del mes, respectivamente.

- En las secciones oceanográficas realizadas a fines del mes, frente a Paita se registraron anomalías térmicas positivas sobre los 80 m en toda la sección, con núcleos de hasta +3,0 °C, asociadas a la intromisión de AES, altas concentraciones de OD y flujos geostróficos hacia el sur. En Chicama se observó anomalías térmicas de hasta +2,0 °C dentro de las 80 mn, también asociadas a la presencia atípica de AES y una mayor concentración de OD. Por otro lado, en sub-superficie, por debajo de los 200 m, en Paita y Chicama se observaron núcleos de hasta +1,0 °C, asociados a una intensificación de flujos geostróficos hacia el sur. Hacia el sur, este núcleo se ha detectado frente a Callao y a San Juan, este último alcanzando +2 °C entre los 250 y 350 m dentro de las 30 millas de la costa.
- Asimismo, en las estaciones fijas costeras (< 100 m), se desarrollaron anomalías térmicas cálidas en la columna de agua desde la tercera semana de noviembre, frente a Paita y a Chicama, alcanzando valores de +3 °C en la capa superficial, mientras que frente a Callao las condiciones térmicas no exhibieron anomalías significativas.
- La concentración de clorofila-a satelital a lo largo de la costa fue de ~3 $\mu\text{g L}^{-1}$ en promedio; sin embargo, entre Callao y Pisco se llegaron a alcanzar valores de ~10 $\mu\text{g L}^{-1}$. En términos de anomalía, solo entre Paita y San José (05 - 07 °S) predominaron anomalías negativas (~-1 $\mu\text{g L}^{-1}$), mientras que al sur de San José predominaron anomalías entre +1 $\mu\text{g L}^{-1}$ y +3 $\mu\text{g L}^{-1}$, con un núcleo altamente productivo con valores >+8 $\mu\text{g L}^{-1}$ entre Callao y Pisco.
- Los índices reproductivos de la anchoveta del stock norte-centro, en el mes de noviembre, mostraron a partir de la primera quincena la disminución de los procesos de madurez gonadal y desove, iniciando así la declinación del periodo principal de desove de acuerdo al patrón histórico.
- La dieta del guanay como indicador indirecto de la anchoveta, estuvo compuesta principalmente por anchoveta adulta. Durante el monitoreo bio-oceanográfico se observó mayor presencia de aves guaneras dentro de las 40 millas entre Salaverry y Chimbote.
- Según el modelo de propagación de ondas aplicado en el IMARPE, dos ondas Kelvin frías generadas en octubre 2019, llegarían al extremo del Pacífico Ecuatorial Oriental: una en diciembre 2019 y la otra en enero 2020. La onda Kelvin cálida (modo 1) en el Pacífico Ecuatorial Occidental generada a inicios de noviembre 2019 ha sido reforzada, incrementando su intensidad, y llegará al extremo del Pacífico Ecuatorial Oriental en enero 2020.
- Para el trimestre EFM 2020, los modelos climáticos internacionales pronostican una mayor cobertura de anomalías de TSM alrededor de +0,5°C para las regiones de El Niño 3.4 y El Niño 1+2, incluyendo la costa norte del Perú.
- Los pronósticos del ITCP en base al modelo estadístico y al modelo acoplado aplicados por el IMARPE, indican valores negativos dentro del rango de condición neutra entre diciembre 2019 a marzo del 2020.

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.

Bleck, R., 2002: An oceanic general circulation model framed in hybrid isopycnic-Cartesian coordinates. *Ocean Modeling*, 4, 55-88.

Chaigneau, A., G. Arnaud Gizolme and C. Grados (2008), Mesoscale eddies off Peru in altimeter records: Identification algorithms and eddy spatio-temporal patterns, *Prog. Oceanogr.*, 79, 106-119, doi:10.1016/j.pocean.2008.10.013.

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.

Grados, C., Chaigneau, A., Echevin, V., Dominguez, N. 2018. Upper ocean hydrology of the Northern Humboldt Current System at seasonal, interannual and interdecadal scales. *Progress in Oceanography* 165 (2018) 123–144.

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 - noviembre 2019.

Estación	TSM Oct. (°C)	TSM Nov. (°C)	ATSM Nov. (°C)
Tumbes	26,13	26,45	0,35
Paita	17,56	19,55	1,55
San José	17,95	18,86	-0,64
Chicama	16,17	17,06	0,86
Huanchaco	16,12	17,09	0,89
Chimbote	18,05	19,50	0,00
Huacho	14,88	15,63	-0,17
Callao	14,95	14,97	-0,13
Pisco	19,12	19,88	-0,22
Ilo	15,18	16,04	0,14

8. FIGURAS

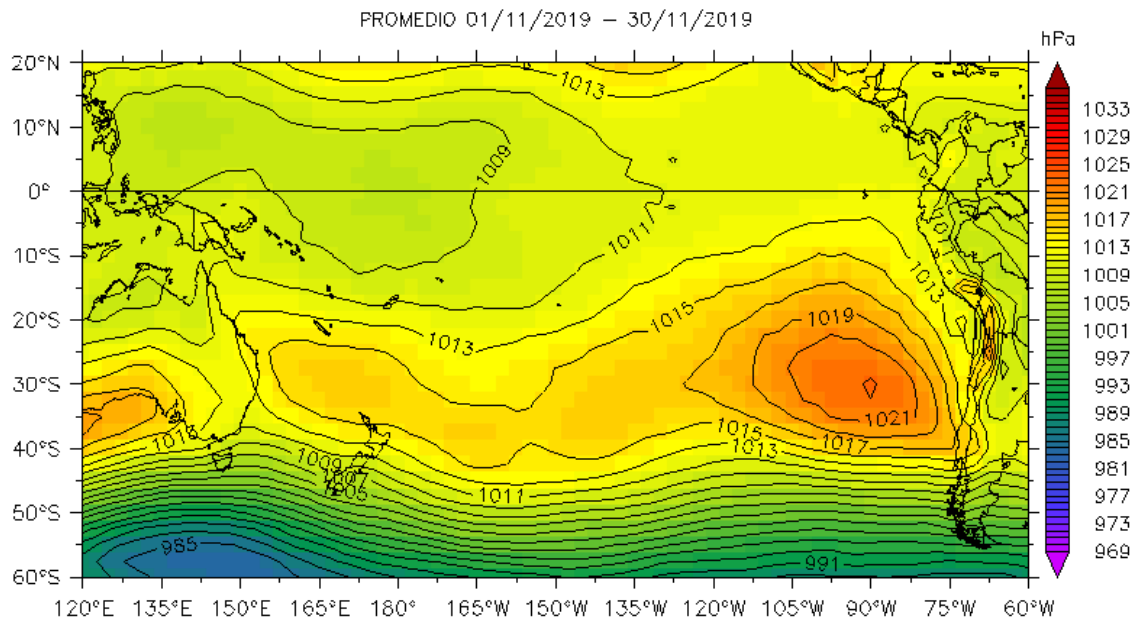


Figura 1. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, promedio 1-30 noviembre, Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

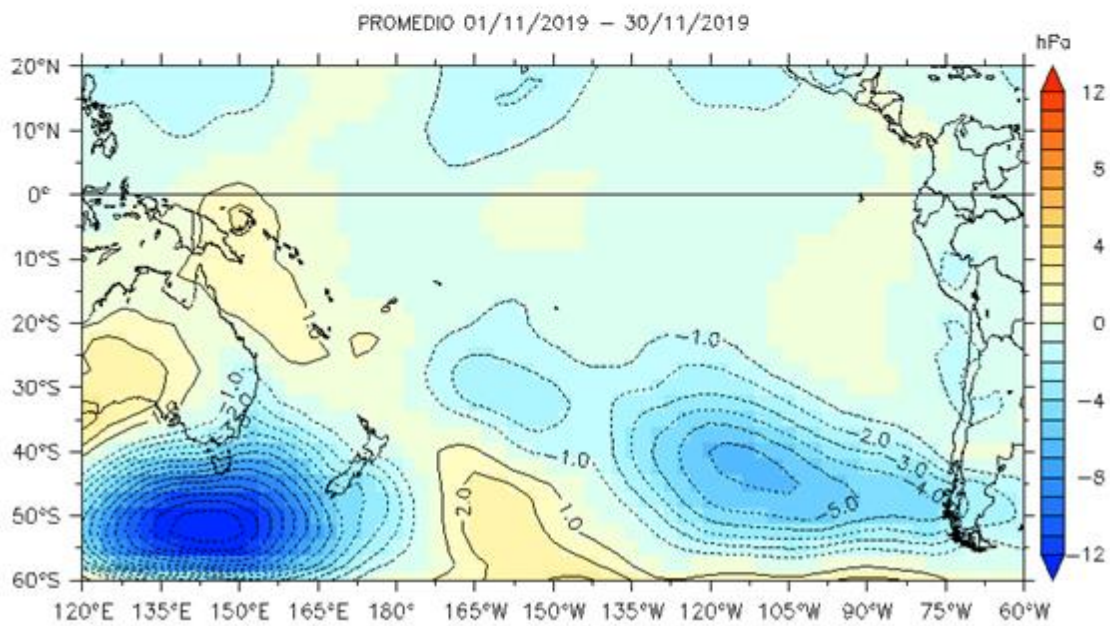
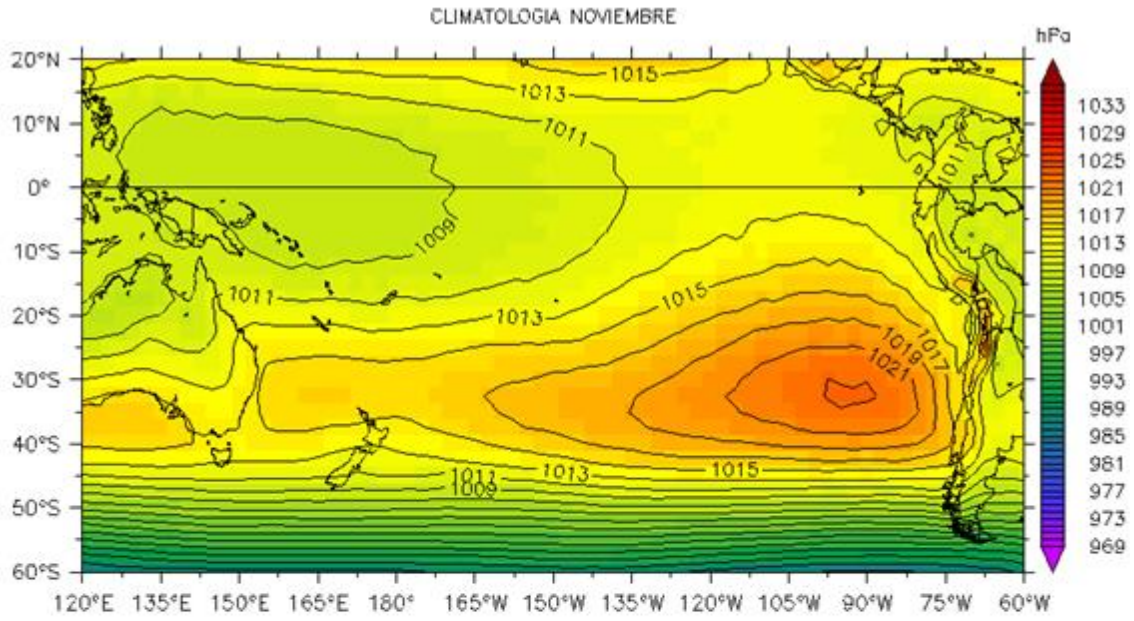


Figura 2. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, climatología (a) y anomalías promedio (b) de noviembre 2019. Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

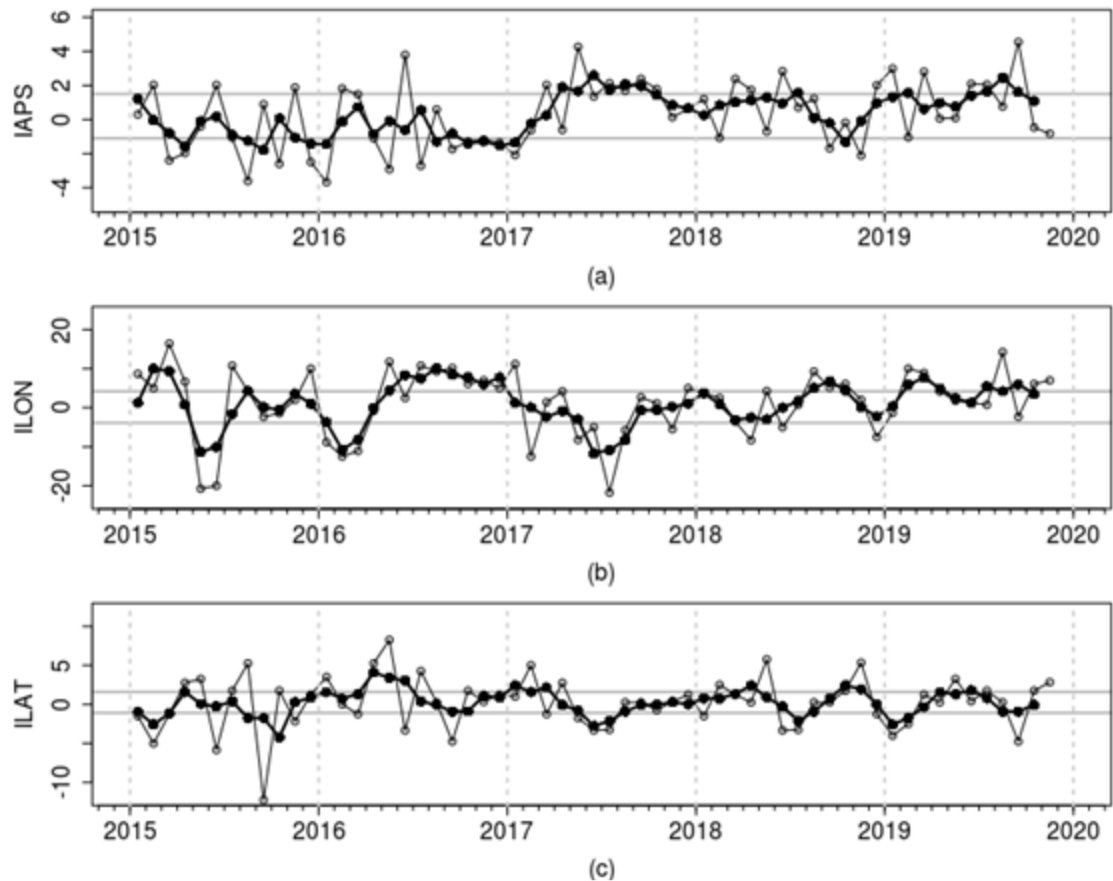


Figura 3. Variación temporal de los índices del APS: a) índice de intensidad (IAPS) e índices de posición b) longitudinal (ILON) y c) latitudinal (ILAT) hasta el trimestre SON 2019 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2015 – noviembre 2019.

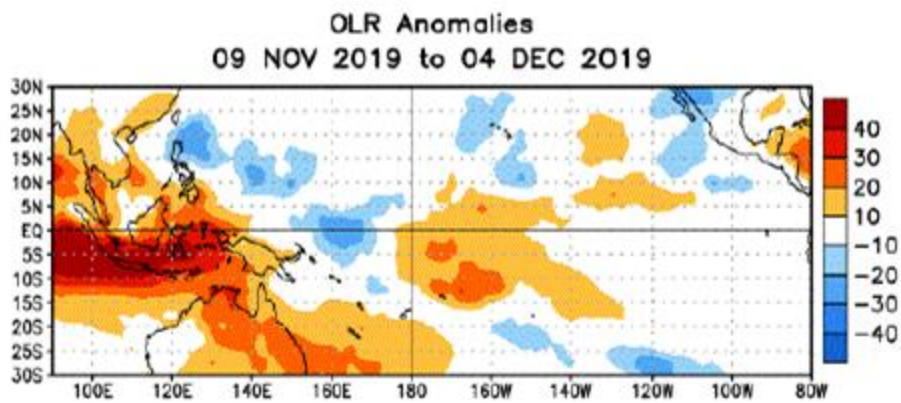


Figura 4. Anomalías del promedio de la radiación de onda larga emitida (OLR, por sus siglas en inglés) (W/m^2) durante el mes de noviembre de 2019. Las anomalías de OLR se calculan como desviaciones de los penta-promedios del período base de 1981-2010.

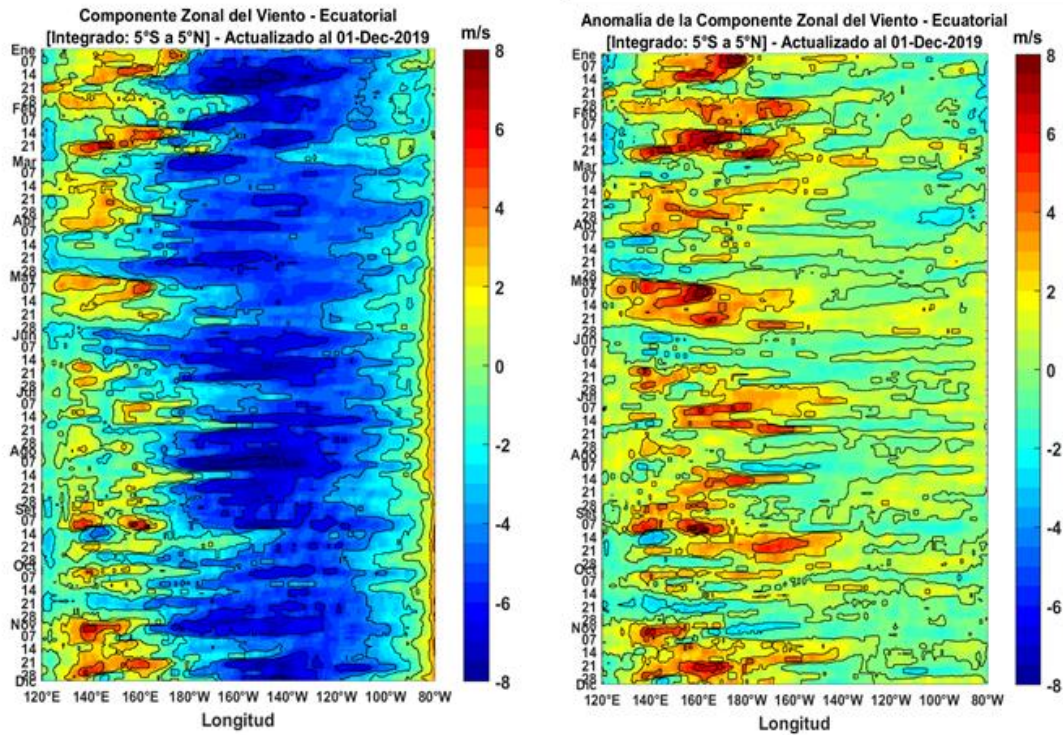


Figura 5. Viento satelital (integrado en el Ecuador): a) Componente zonal del viento (m/s), b) Anomalia de la componente zonal del viento (m/s), durante el último año (Fuente: Satélite ASCAT y modelo GSF, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 01/12/2019.

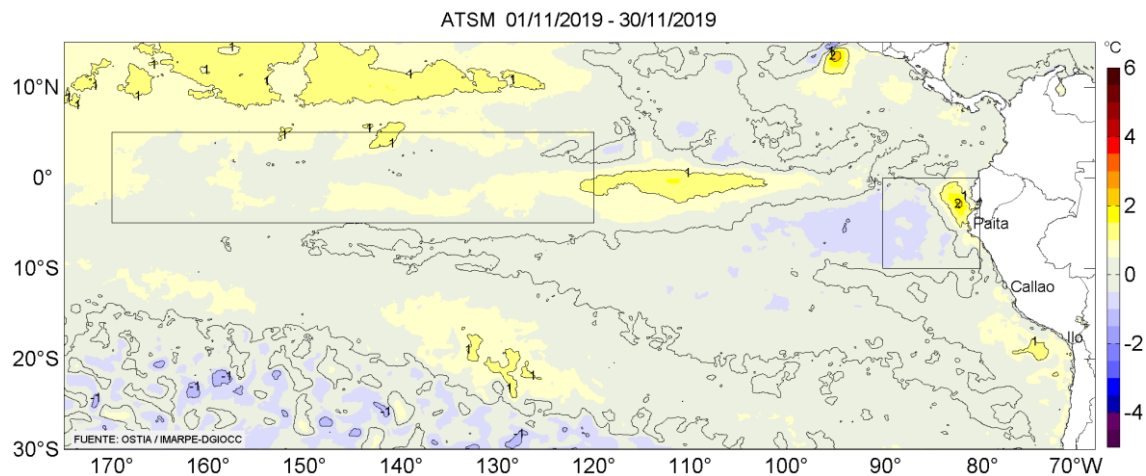


Figura 6. Anomalías promedio de la temperatura superficial del mar (°C) para el mes de noviembre 2019. Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

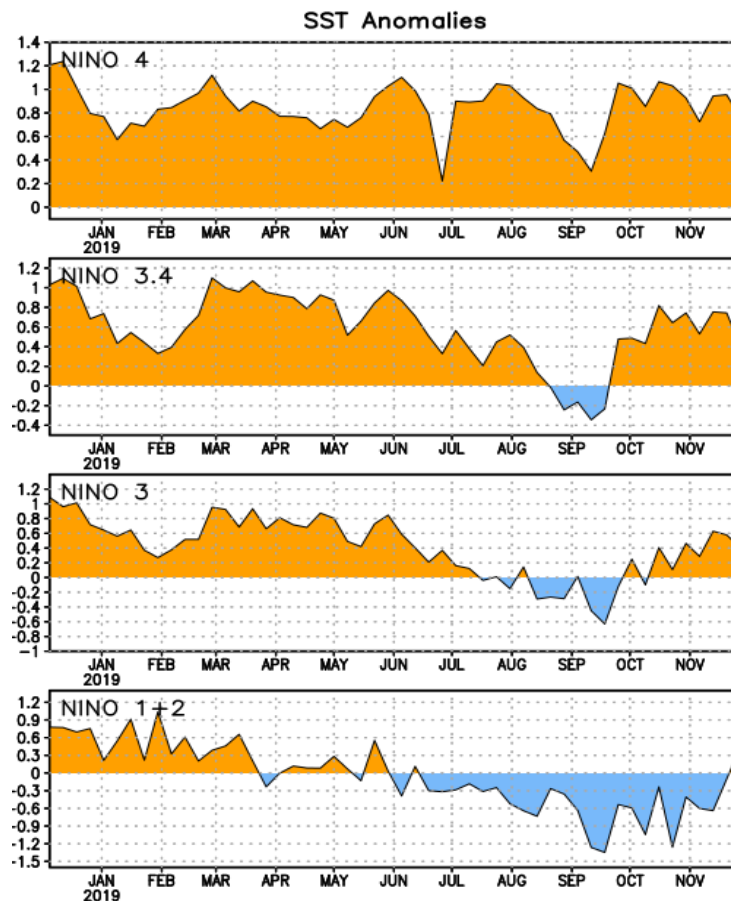


Figura 7. Anomalías semanales promedio de la temperatura superficial del mar (°C) durante un año, hasta fines de noviembre del 2019. Fuente CPC/NOAA.

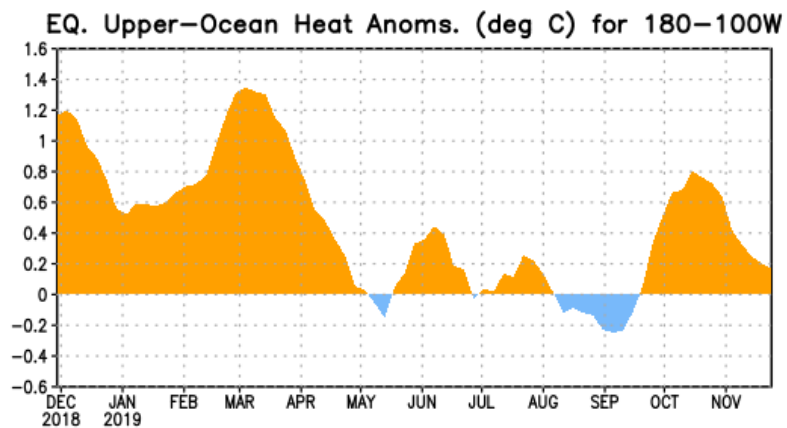


Figura 8. Anomalías del contenido de calor (en °C) en el área promediada del Pacífico ecuatorial (5°N-5°S, 180°-100°W). Las anomalías en el contenido calórico son calculadas como las desviaciones de los promedios por pentadas del período base de 1981-2010. Fuente CPC/NOAA.

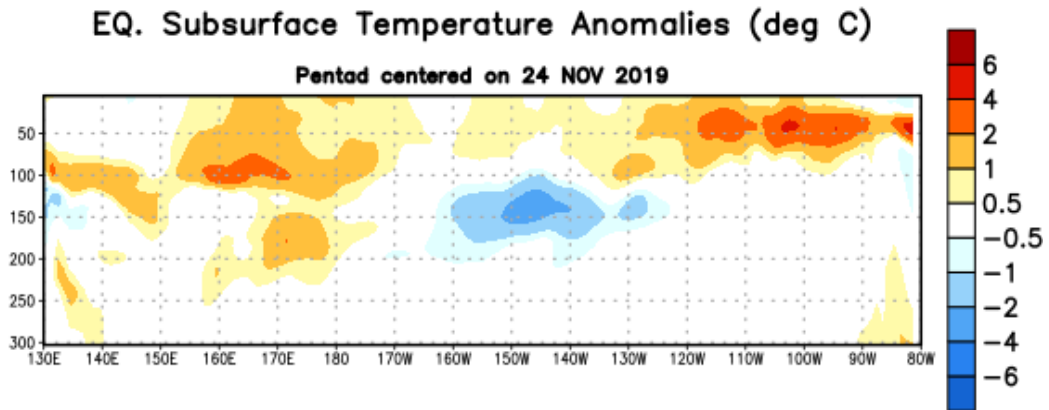


Figura 9: Anomalías de temperatura (en °C) en un transecto de profundidad-longitudinal (0-300 m) en la parte superior del Océano Pacífico Ecuatorial, centradas en la semana del 24 de noviembre del 2019. Las anomalías son promediadas entre 5°N-5°S. Las anomalías son variaciones a partir de los promedios por pentadas durante el periodo base de 1981-2010. Fuente CPC/NOAA.

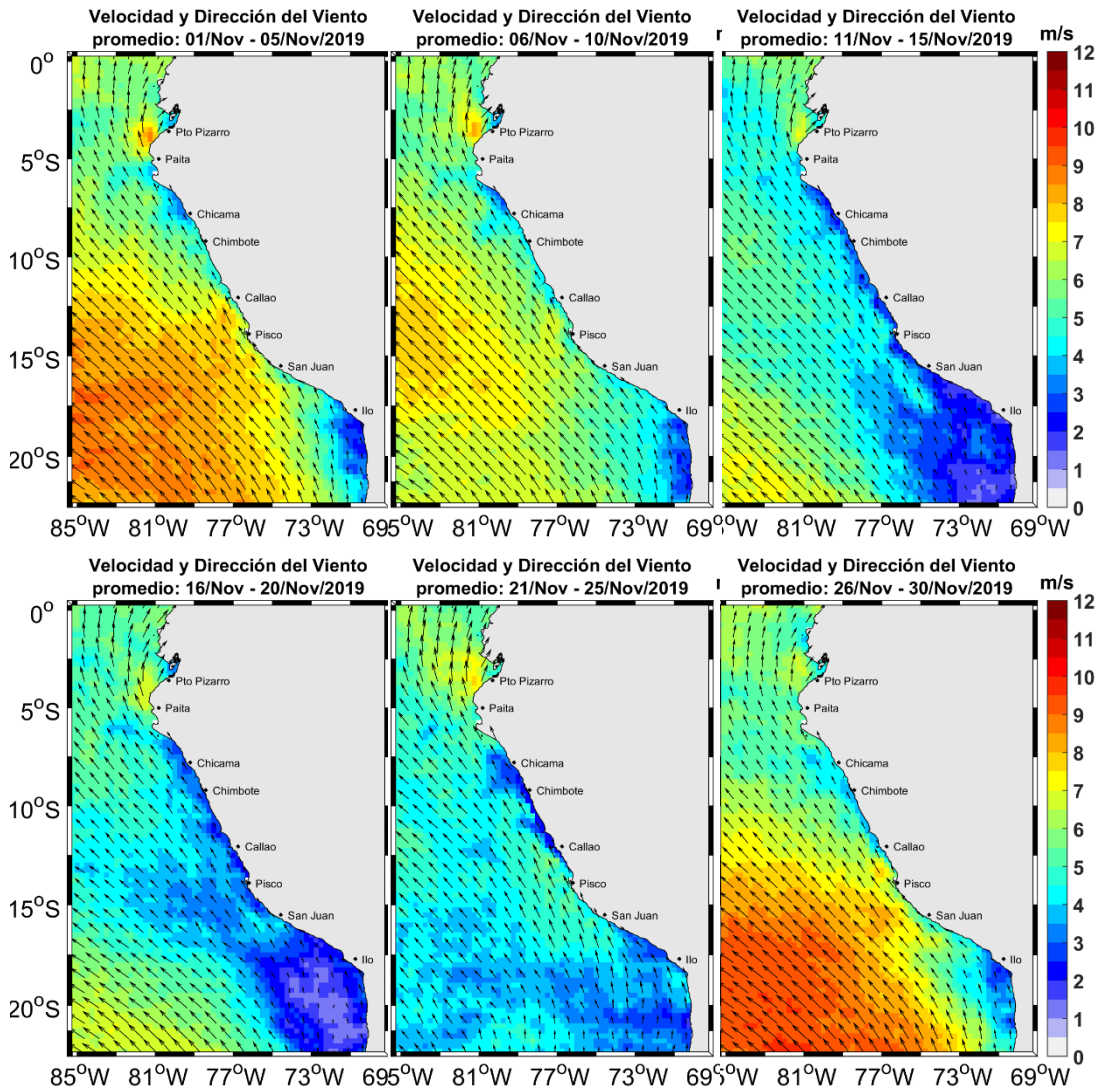


Figura 10. Mapas de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de noviembre del 2019 (*Fuente: Satélite ASCAT*). *Procesamiento: Laboratorio de Hidrofísica Marina, IMARPE*. Actualizada hasta el 30/10/2019.

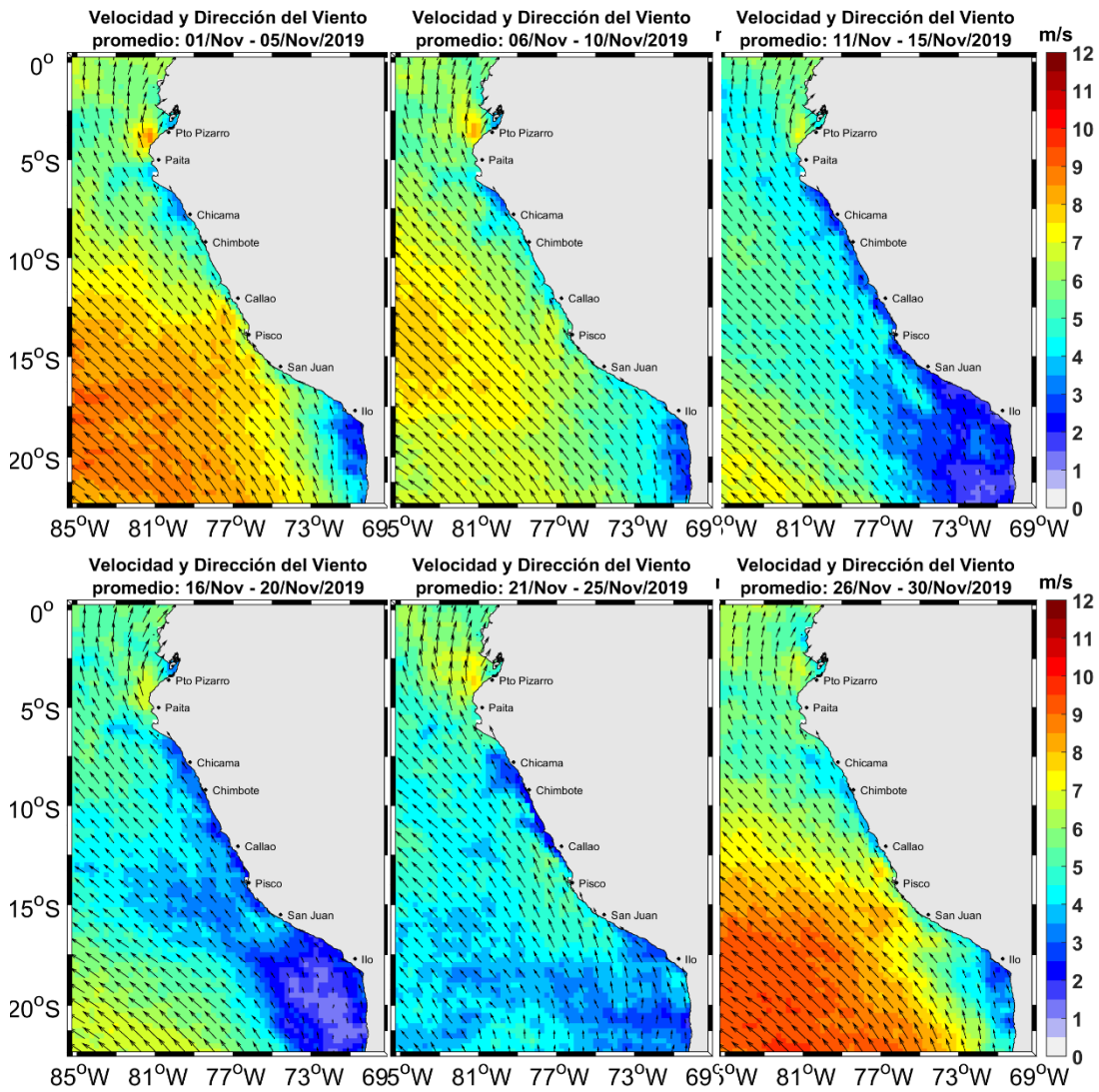


Figura 11. Mapas de anomalía de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de noviembre del 2019 (*Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE*). Actualizada hasta el 30/10/2019.

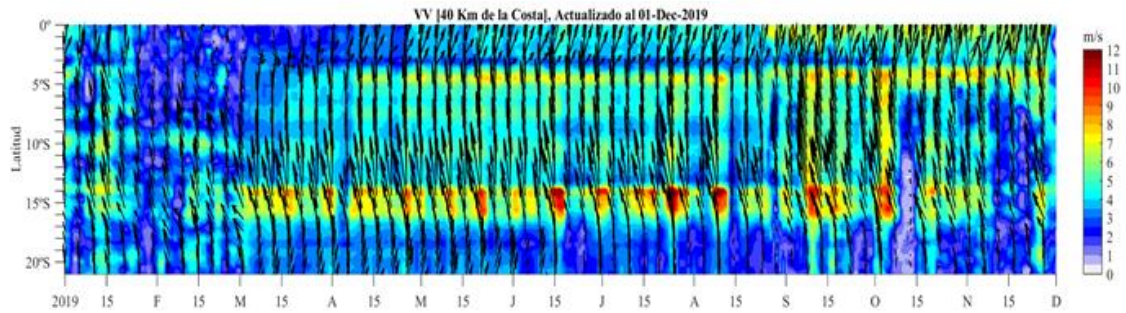


Figura 12. Diagrama Hovmöller de la velocidad del viento a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT y productos del proyecto COPERNICUS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 01/12/2019. Se utilizó COPERNICUS del 03 de marzo al 24 de agosto 2019, previa validación de acuerdo a Correa et al. (2016), debido a que ASCAT no estuvo disponible ese periodo.

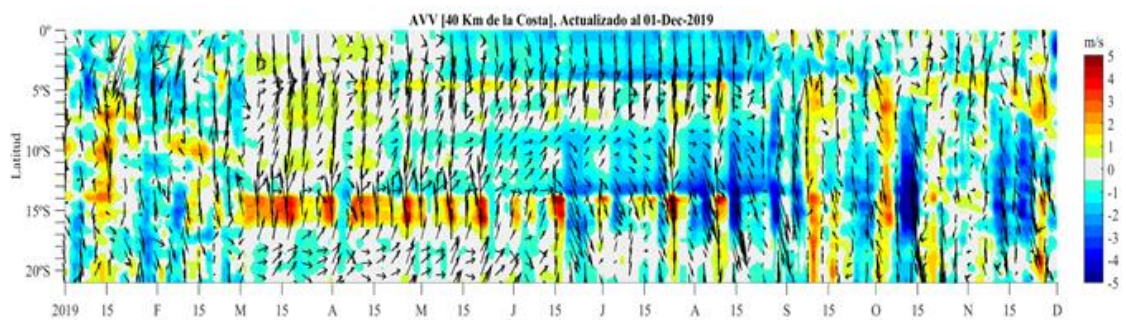


Figura 13. Diagrama Hovmöller de la anomalía del viento a lo largo de la costa peruana meses (Fuente: Satélite ASCAT y productos del producto COPERNICUS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 01/12/2019. Se utilizó COPERNICUS del 03 de marzo al 24 de agosto 2019, previa validación de acuerdo a Correa et al. (2016), debido a que ASCAT no estuvo disponible ese periodo.

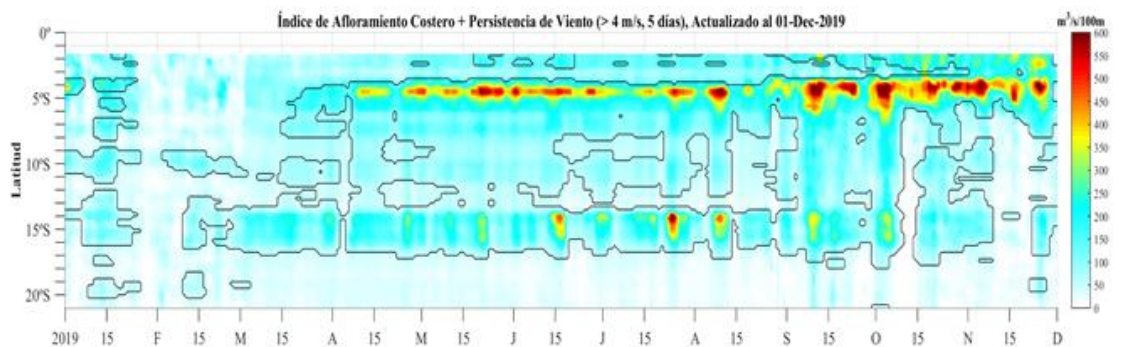


Figura 14. Diagrama de Hovmöller del Índice de Afloramiento Costero ($m^3/s \times 100m$), calculado a partir del viento satelital ASCAT y productos del proyecto COPERNICUS a 40 Km frente a la costa del Perú. Los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad diciembre a 4 m/s durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 01/12/2019. Se utilizó COPERNICUS del 03 de marzo al 24 de agosto 2019, previa validación de acuerdo a Correa et al. (2016), debido a que ASCAT no estuvo disponible ese periodo.

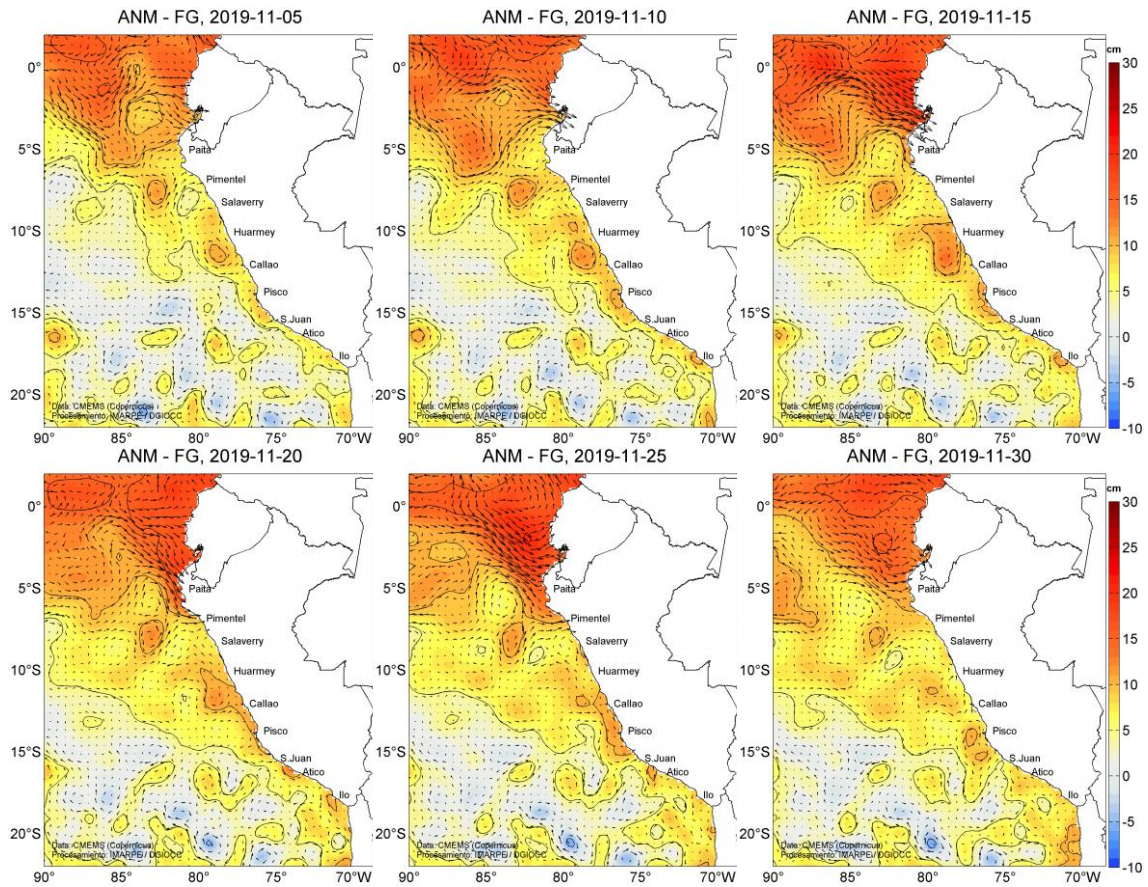


Figura 15. Anomalías del nivel del mar (cm) y flujos geostróficos, cada cinco días para el mes de noviembre de 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

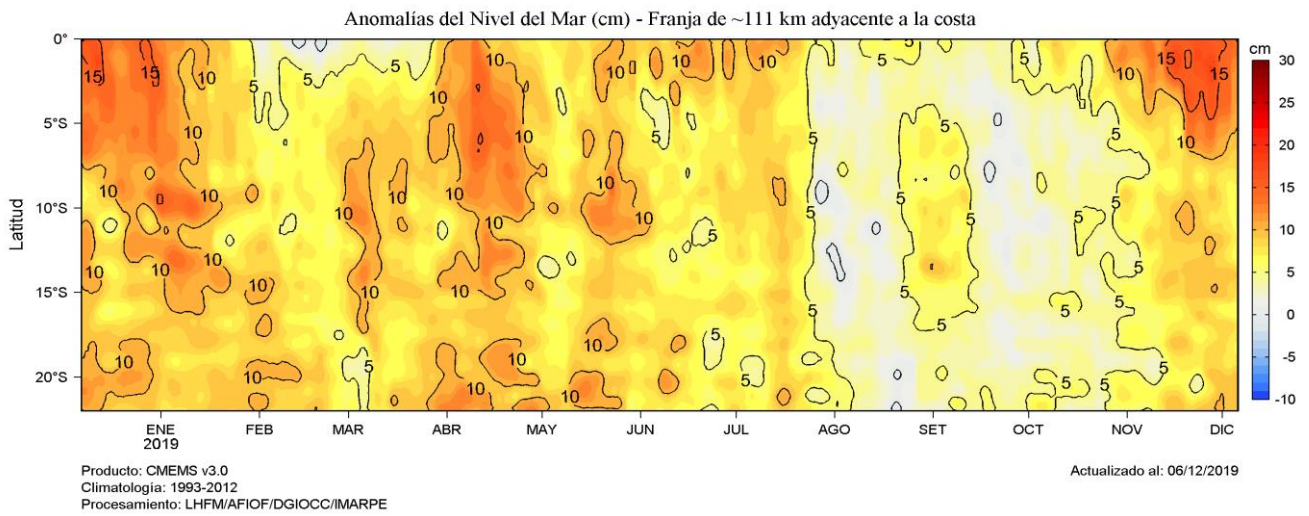


Figura 16. Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel del mar (cm), durante un año hasta el 30 de noviembre del 2019, para la franja de 60mn adyacente a la costa. Fuente: CMEMS, Procesamiento IMARPE.

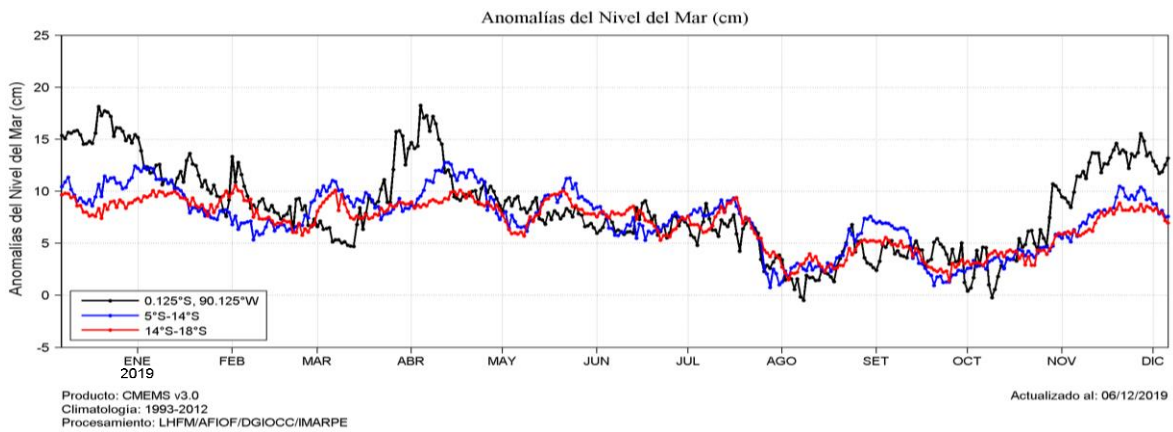


Figura 17. Variación temporal de las anomalías del nivel del mar, dentro de las 60 mn de la costa y en la zona de Galápagos, durante un año hasta el 30 de noviembre del 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

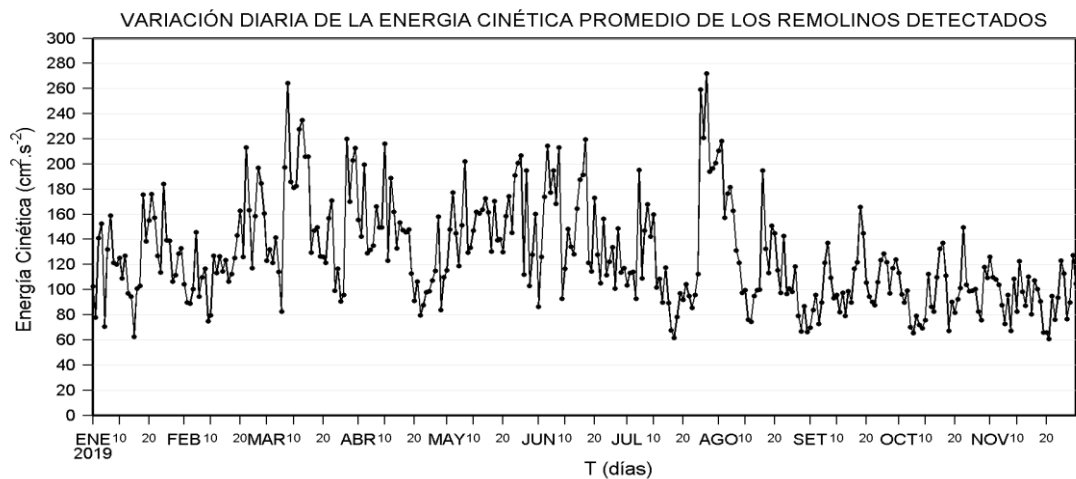
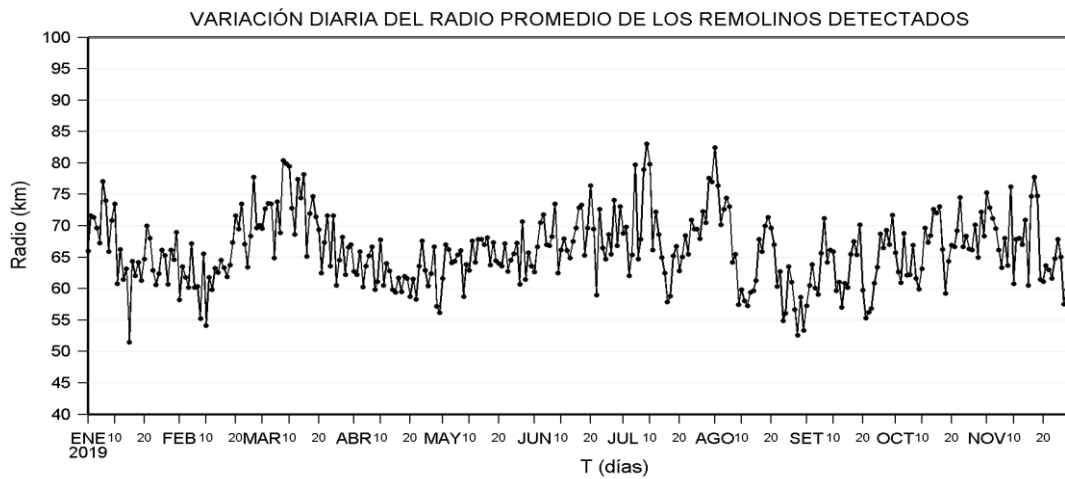
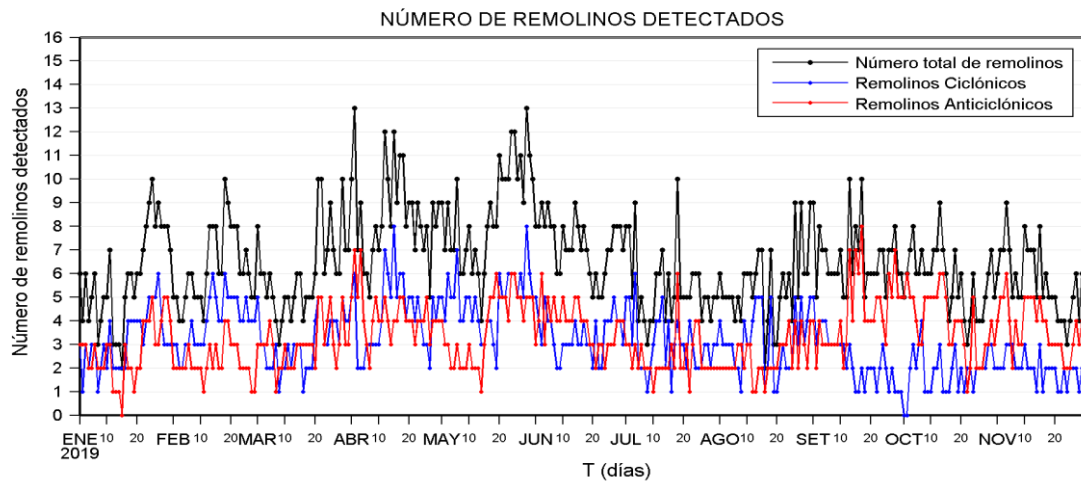


Figura 18. Variación diaria del a) número de remolinos detectados, b) radio promedio y c) la energía cinética promedio, en la zona costera del Perú [70°-84°W, 3°-18°S], desde enero hasta noviembre del 2019 Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

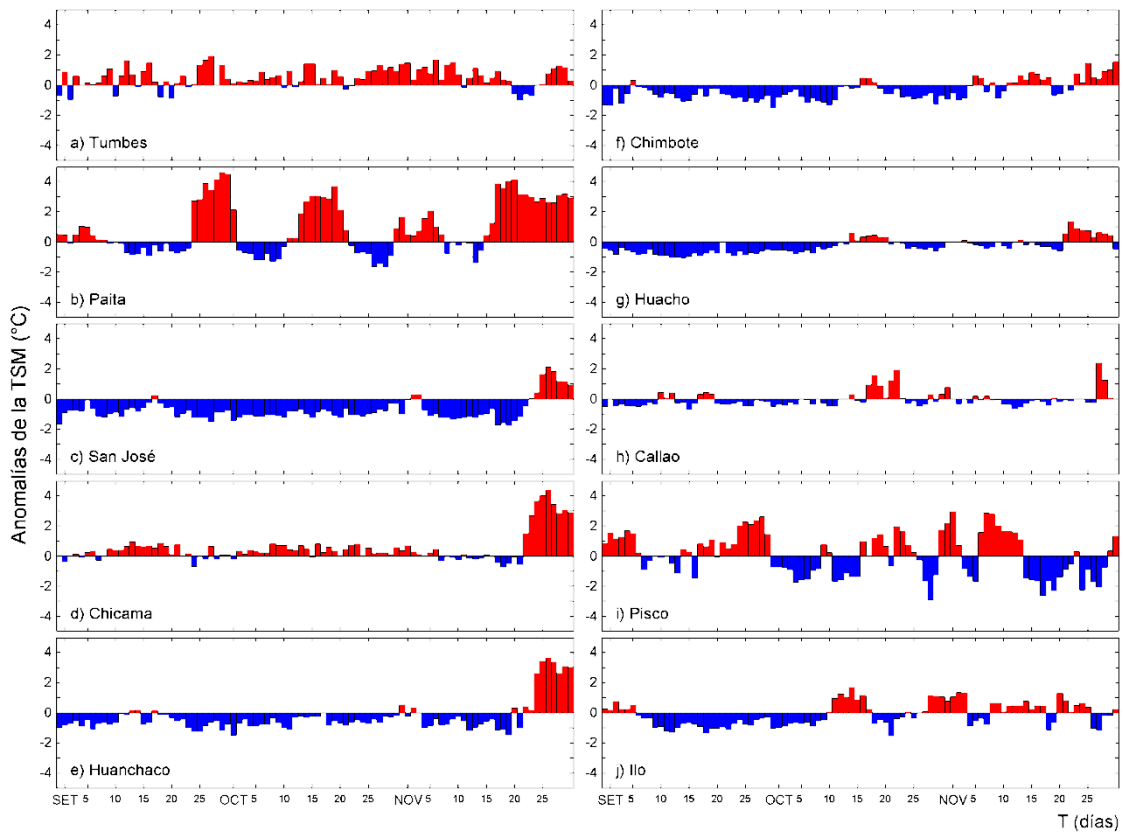


Figura 19. Series temporales del promedio diario de las anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en la red de estaciones costeras de IMARPE durante el último trimestre. Datos y procesamiento: IMARPE.

Índice Laboratorios Costeros (LABCOS)

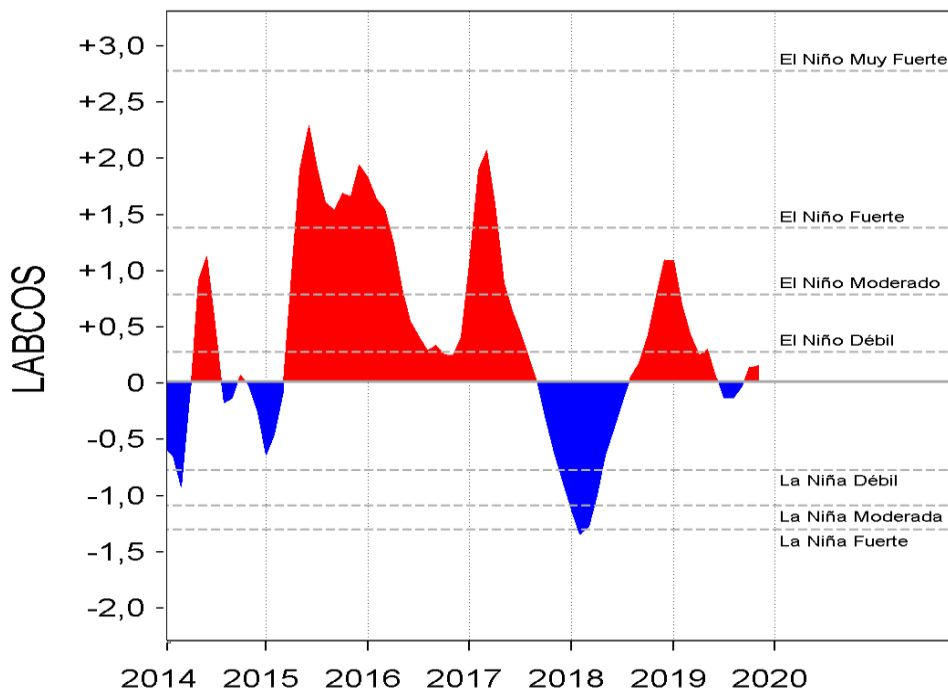


Figura 20. Índice LABCOS (área sombreada) y valor mensual (círculos); periodo enero 2014 - noviembre 2019. Datos: IMARPE, DHN; procesamiento: IMARPE

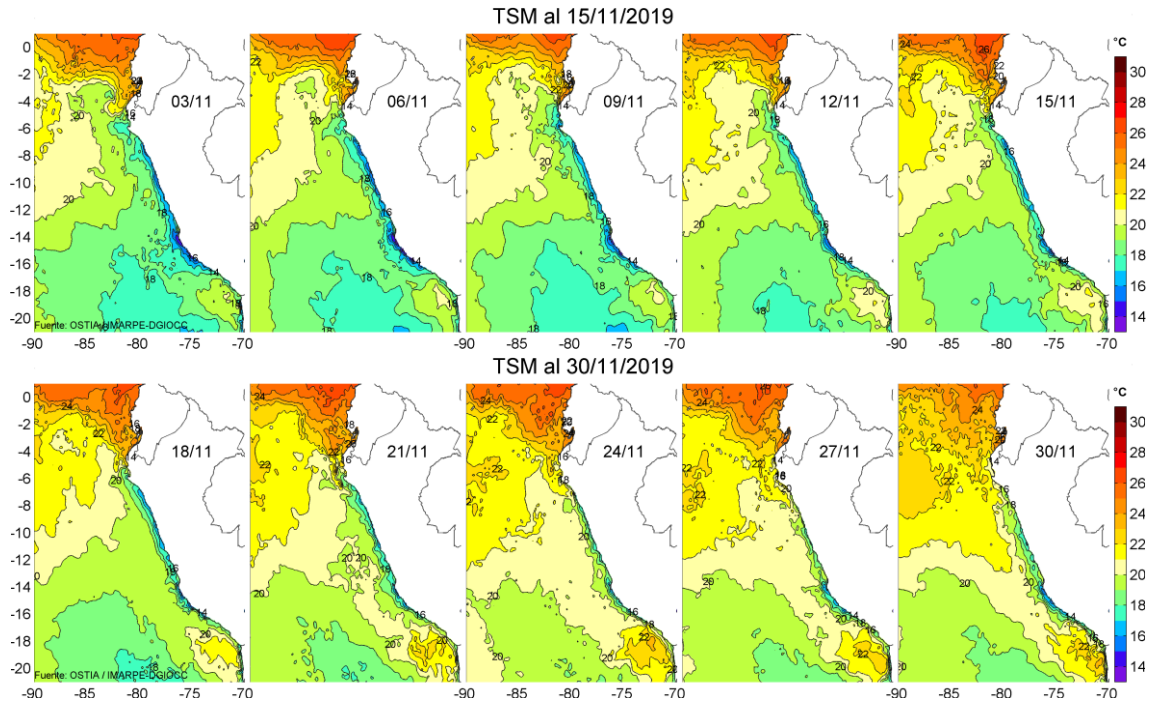


Figura 21. Temperatura superficial del agua (°C) en el mar peruano, cada tres días durante noviembre del 2019. Fuente PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

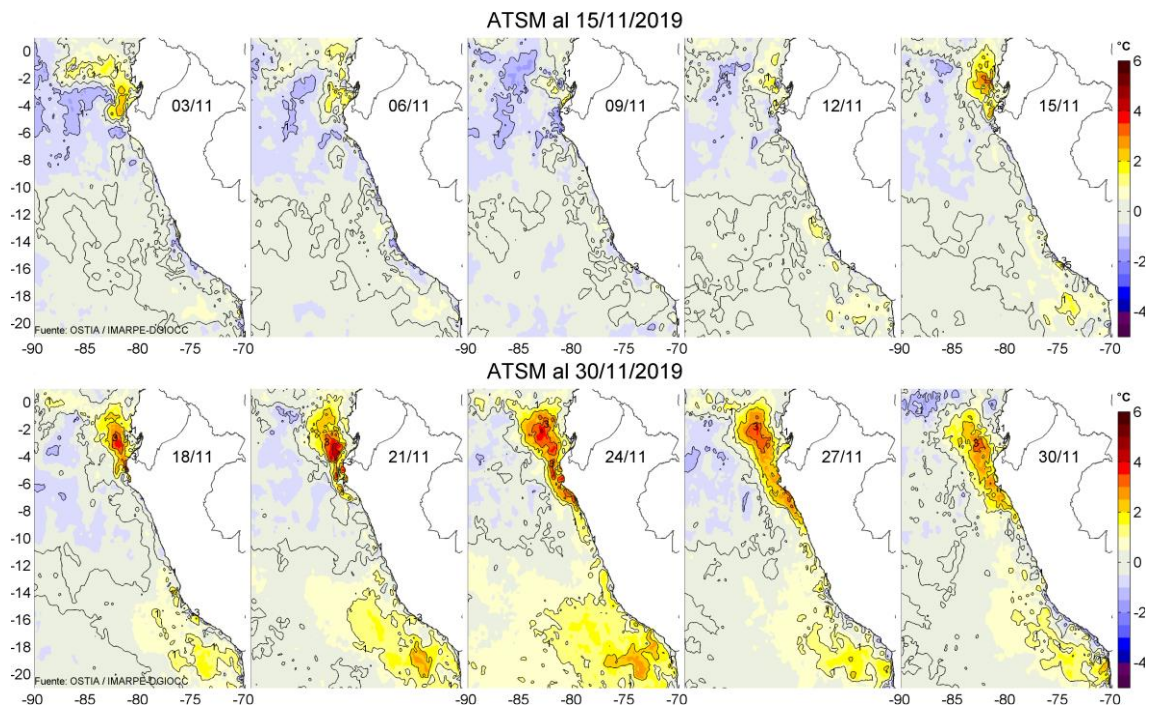


Figura 22. Anomalías de temperatura superficial del mar (ATSM) frente a Perú, cada tres días durante noviembre del 2019, (periodo climatológico 2007-2016). Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

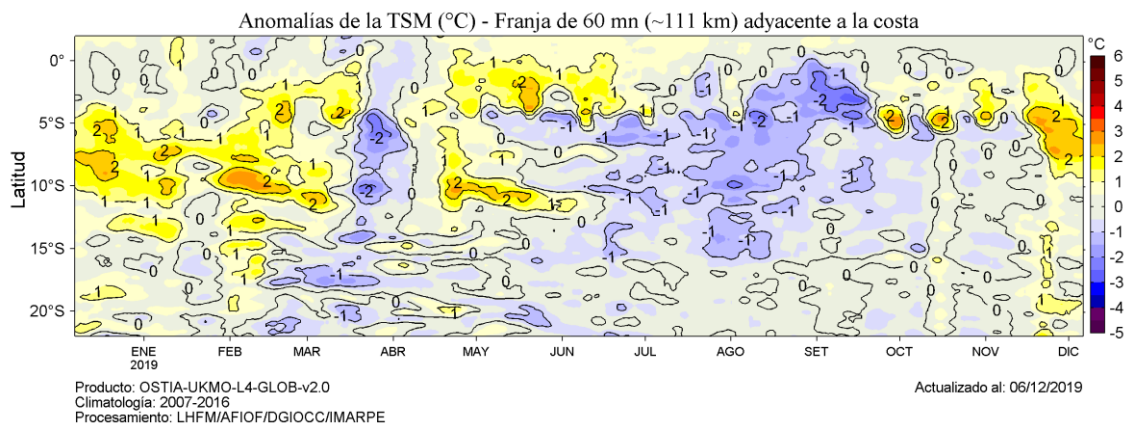


Figura 23. Evolución de las Anomalías de Temperatura Superficial del Mar (ATSM), dentro de las 60 mn de la costa, durante un año hasta el 30 de noviembre del 2019, (periodo climatológico 2007-2016). Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

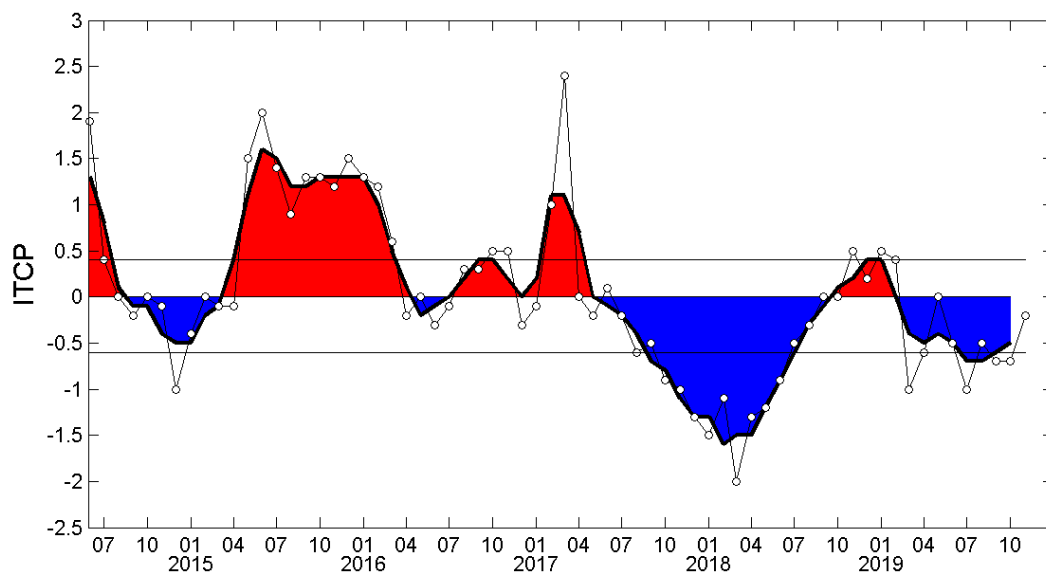


Figura 24. Variación temporal del ITCP hasta el trimestre SON 2019. La variación temporal del ITCP trimestral (área sombreada) y la serie de tiempo mensual del primer componente principal de la ATSM (círculo blanco). Fuente: IMARPE.

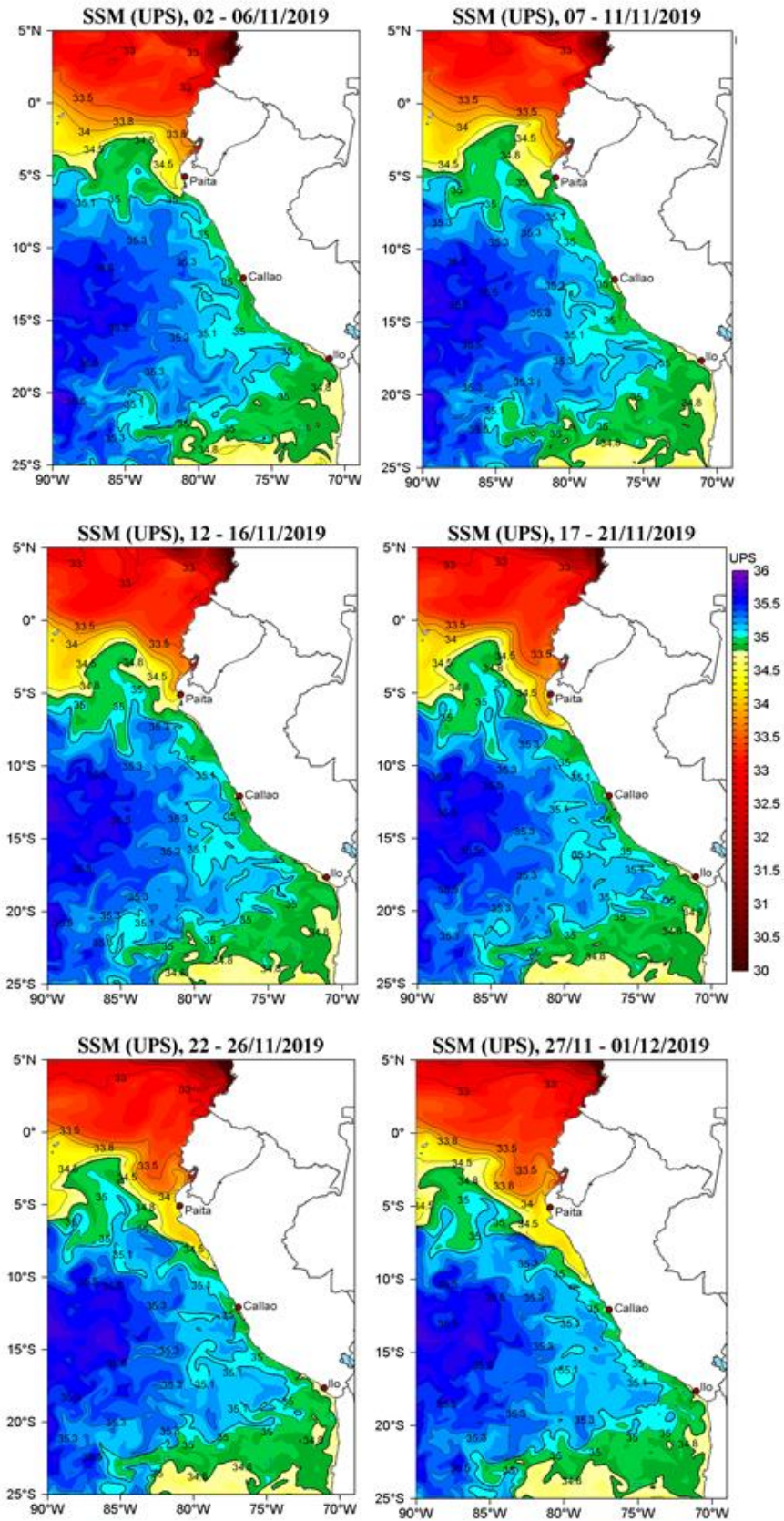


Figura 25. Distribución pentadal de la salinidad superficial del mar (UPS) en el Pacífico Sudeste, durante el mes de noviembre hasta el 01 de diciembre de 2019. Fuente: MERCATOR. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

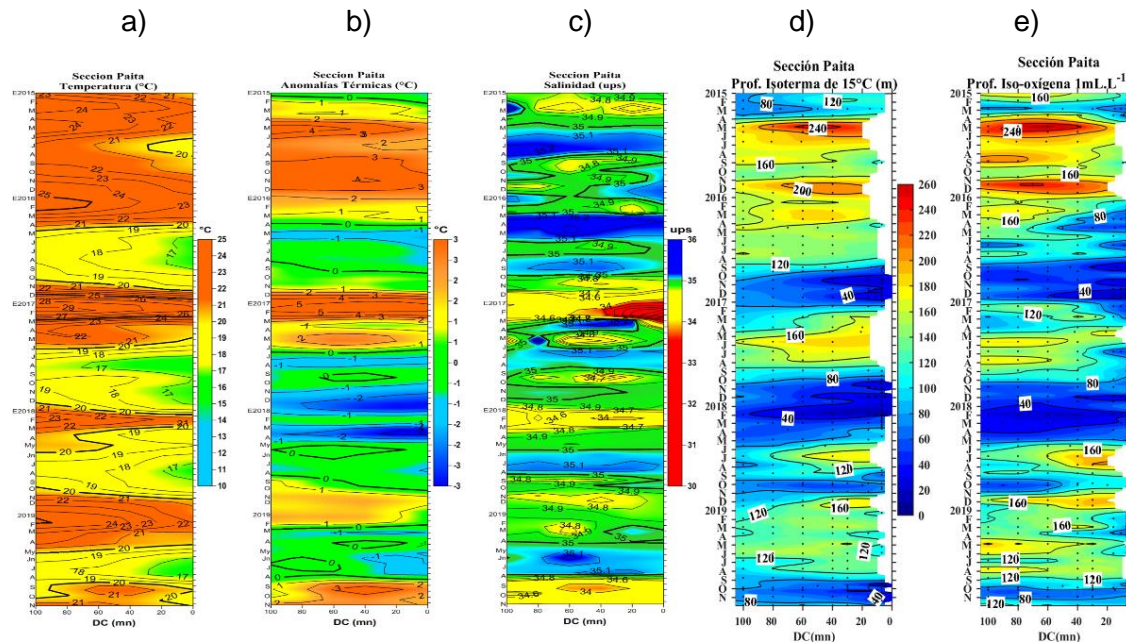


Figura 26. Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) Profundidad de la isoterma de 15°C (m) y e) Profundidad de la iso-oxigena 1 mL.L⁻¹ (m) de las secciones verticales frente a Paita, registrado desde enero del 2015 hasta noviembre del 2019.

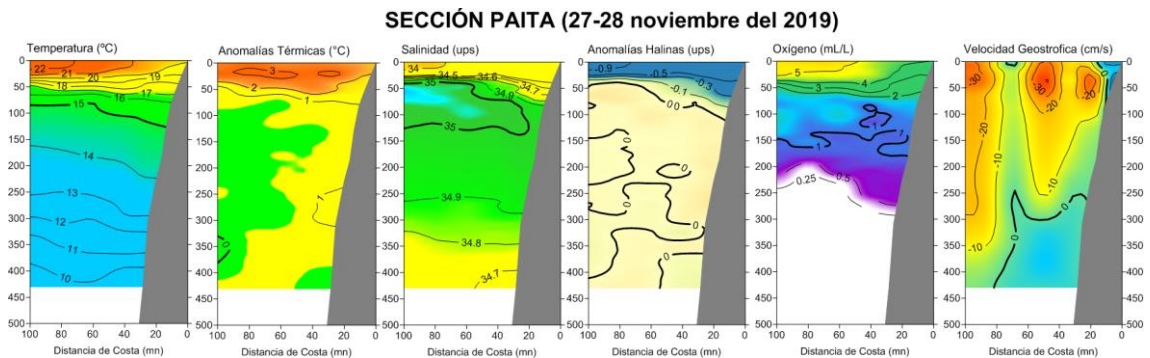


Figura 27. Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups), e) oxígeno (mL.L⁻¹) y f) velocidad geostrófica (cm s⁻¹) frente a Paita, realizada durante el 27 - 38 de noviembre de 2019. Fuente: IMARPE.

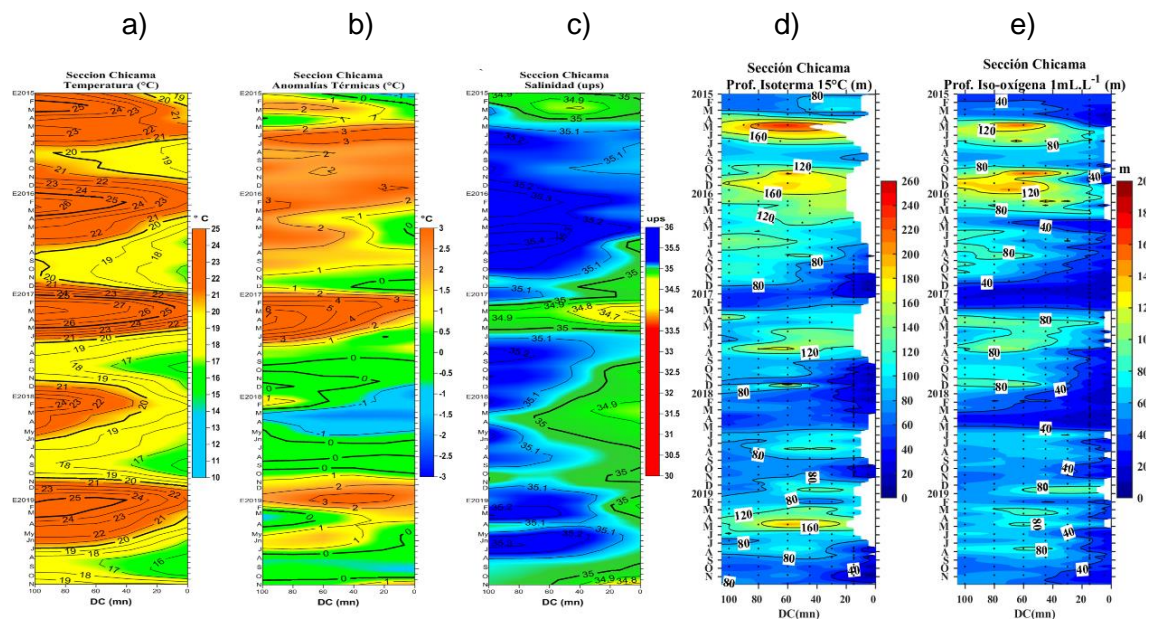


Figura 28. Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) Profundidad de la isoterma de 15°C (m) y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L⁻¹ (m) de las secciones verticales frente a Chicama, registrado desde enero del 2015 hasta noviembre de 2019.

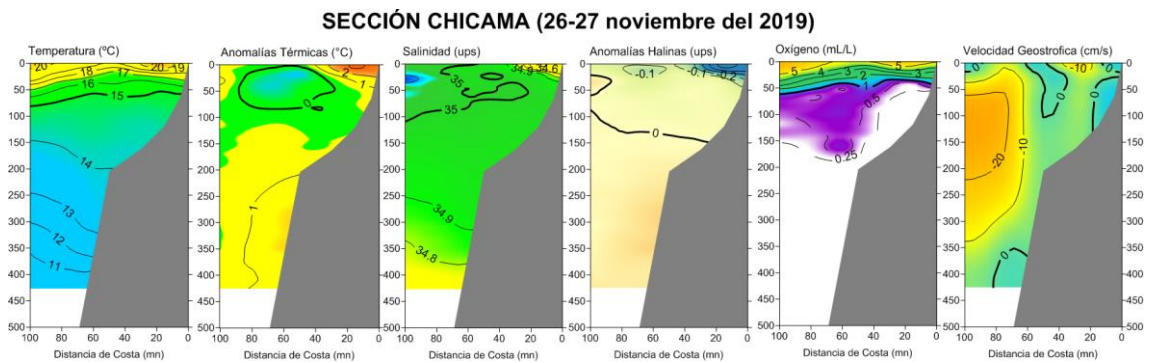


Figura 29. Distribución vertical de: a) Temperatura (°C), b) Anomalía de temperatura (°C), c) Salinidad (ups), d) Anomalía de salinidad (ups), e) Oxígeno (mL.L⁻¹) y f) Velocidad geostrofica (cm s⁻¹) frente a Chicama, realizada durante el 26 - 27 de noviembre de 2019. Fuente: IMARPE.

Temperatura en las Estaciones Fijas (°C)

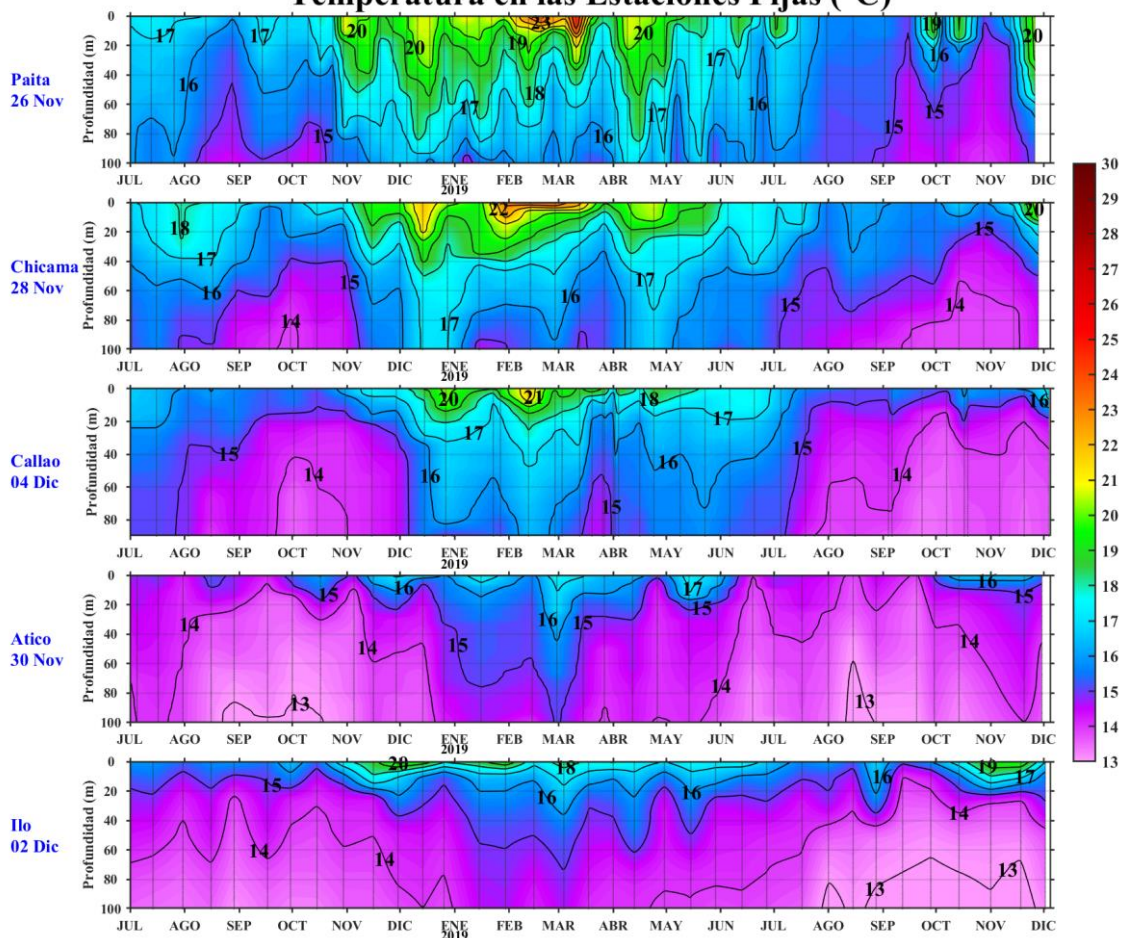


Figura 30. Series de tiempo de la estructura térmica (°C) en las Estaciones Fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico, e) Ilo de enero de 2018 a noviembre-diciembre de 2019.

Anomalia Térmica en las Estaciones Fijas (°C)

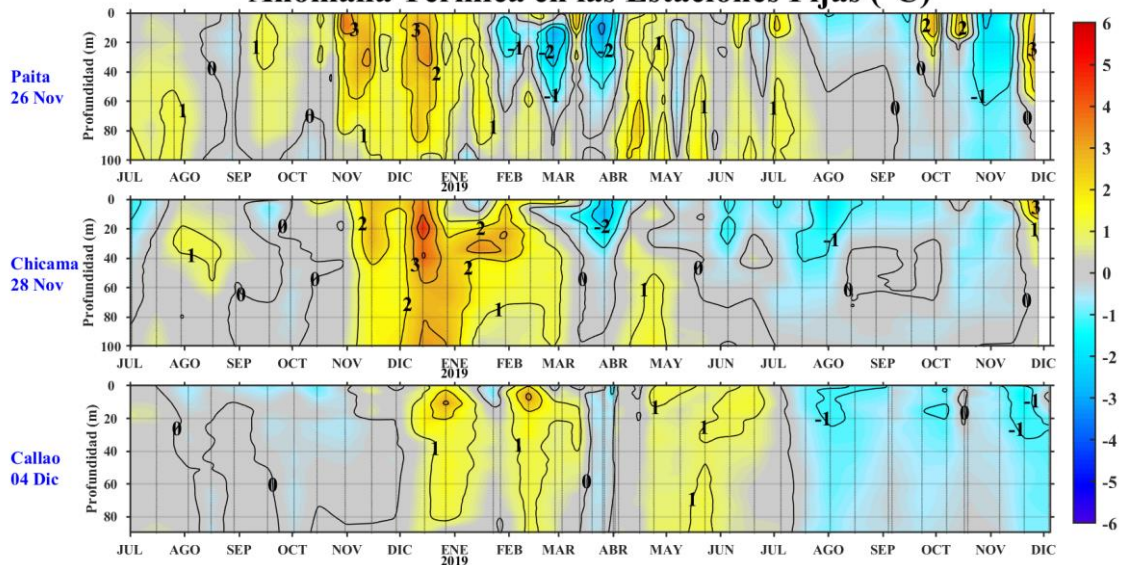


Figura 31. Series de tiempo de la anomalía térmica (°C) en las Estaciones Fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao de julio de 2018 a noviembre-diciembre de 2019.

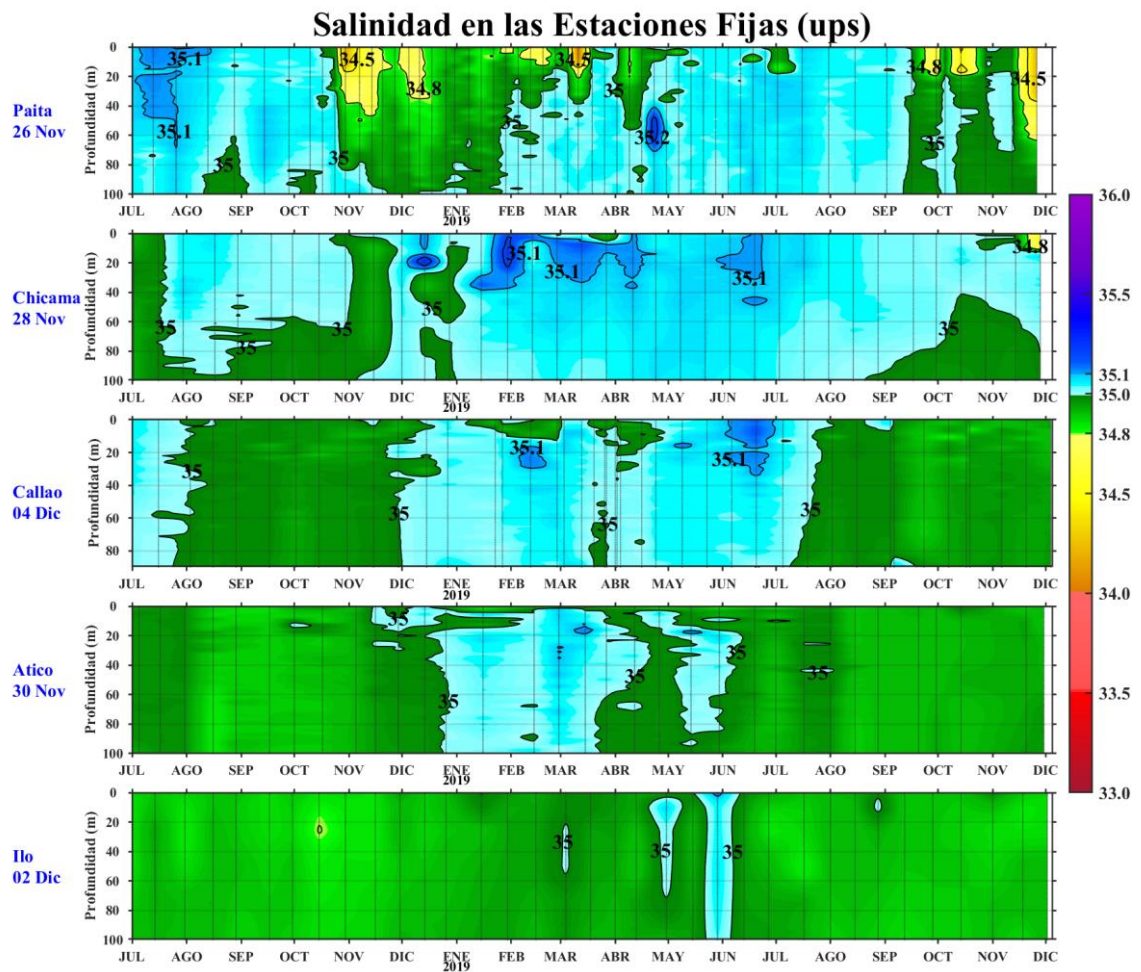


Figura 32. Series de tiempo de la salinidad del agua de mar (ups) en las Estaciones Fijas de Paita, Chicama, Callao, Atico e Ilo de julio de 2018 a noviembre-diciembre de 2019.

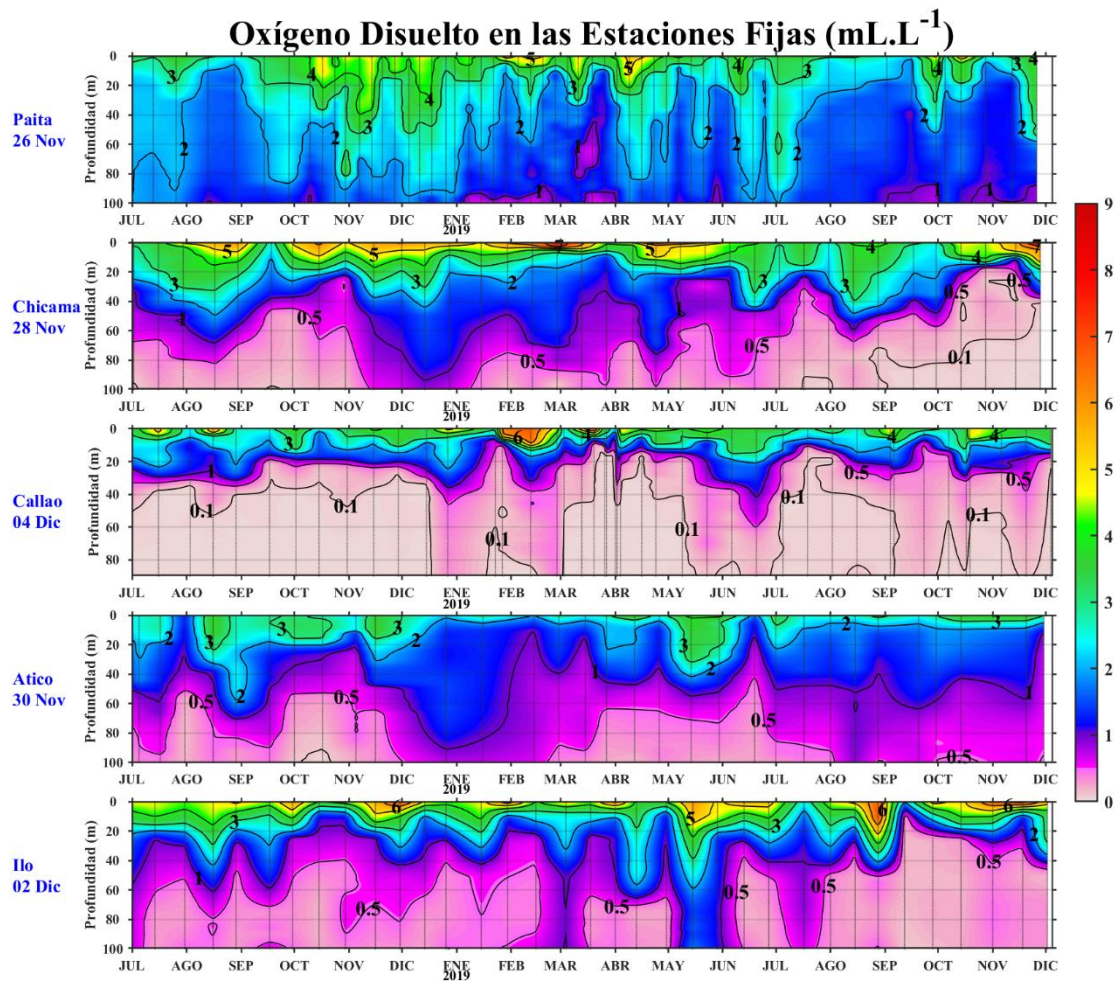


Figura 33. Series de tiempo de la concentración de oxígeno disuelto (mL.L⁻¹) en las Estaciones Fijas de Paíta, Chicama, Callao, Atico e Ilo de julio de 2018 a noviembre-diciembre de 2019.

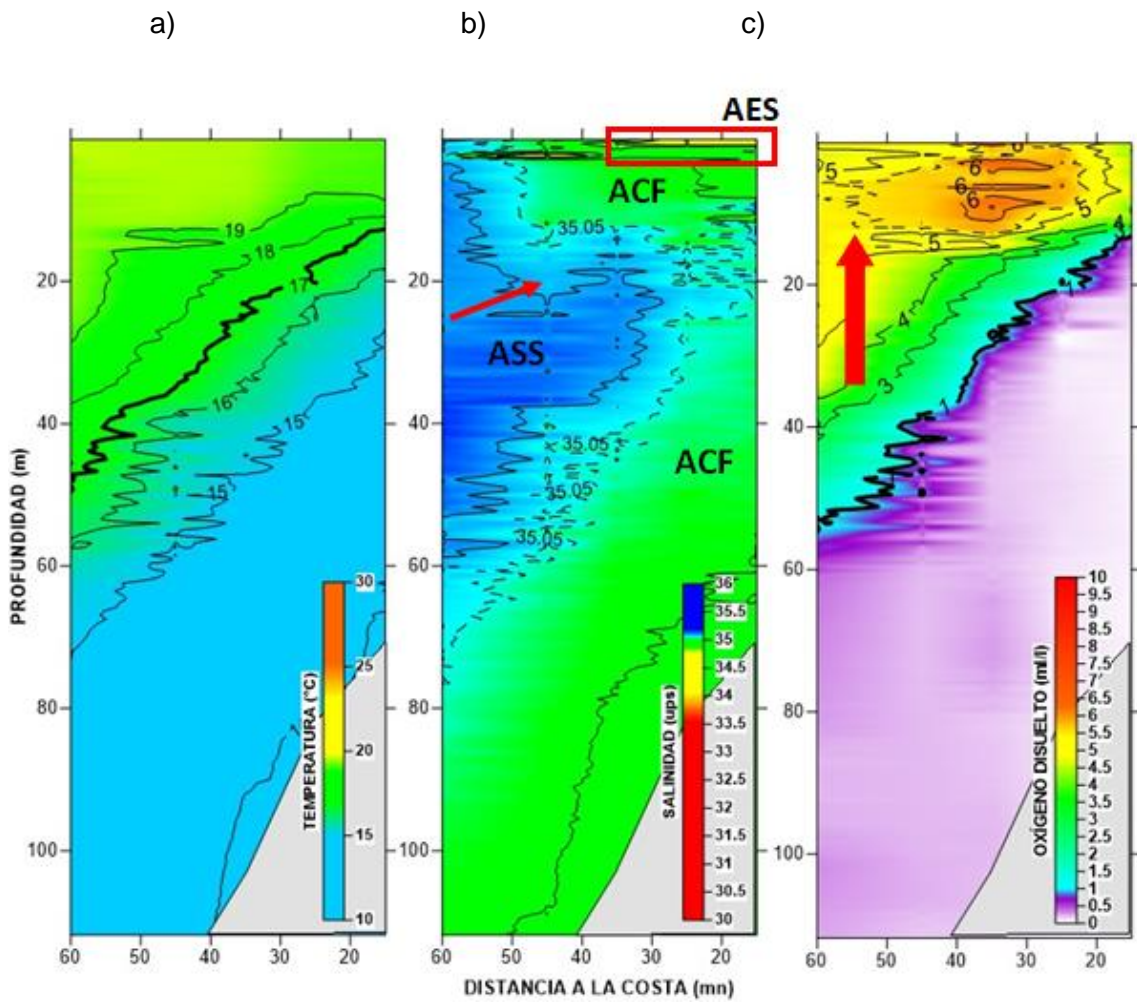
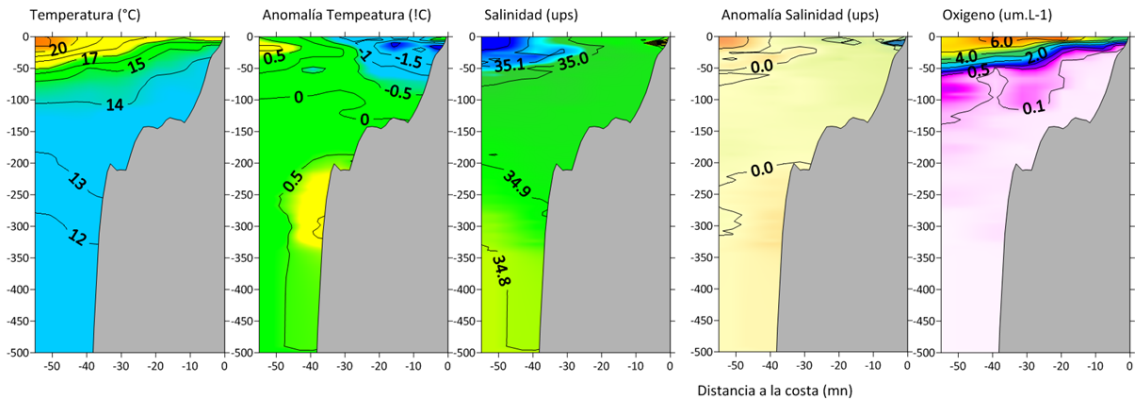


Figura 34. Distribución vertical de: a) Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) Salinidad (ups) y c) Oxígeno ($\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$) a Casma, realizada durante el 02 de diciembre de 2019. Fuente: COPEINCA.

a)

Sección Callao (04 - 05 diciembre 2019)



b)

SECCION SAN JUAN (28-29 de Noviembre del 2019)

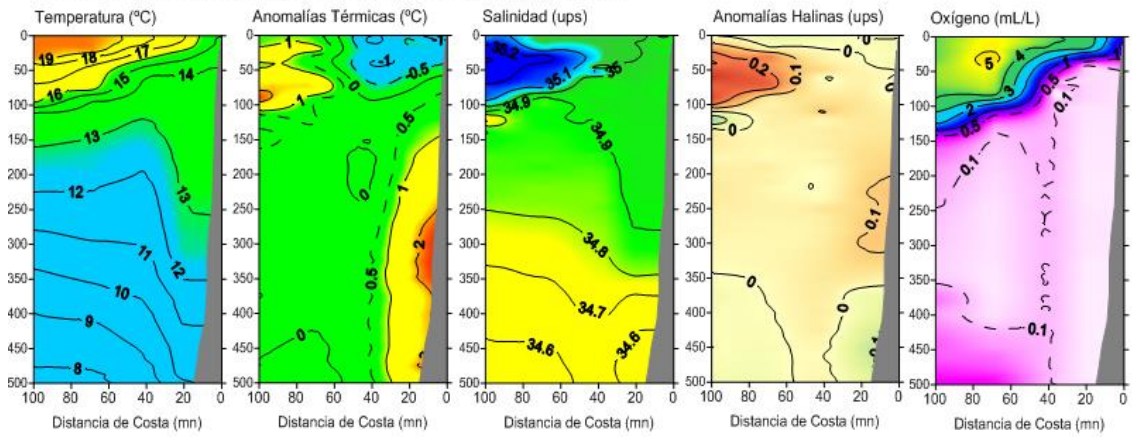


Figura 35. Sección de temperatura (°C), anomalía de temperatura (°C), salinidad (ups), anomalía de salinidad (ups) y oxígeno (mL L⁻¹) frente a Callao durante inicios de diciembre (a) y frente San Juan a fines de noviembre en el Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos 1909-11 (b).

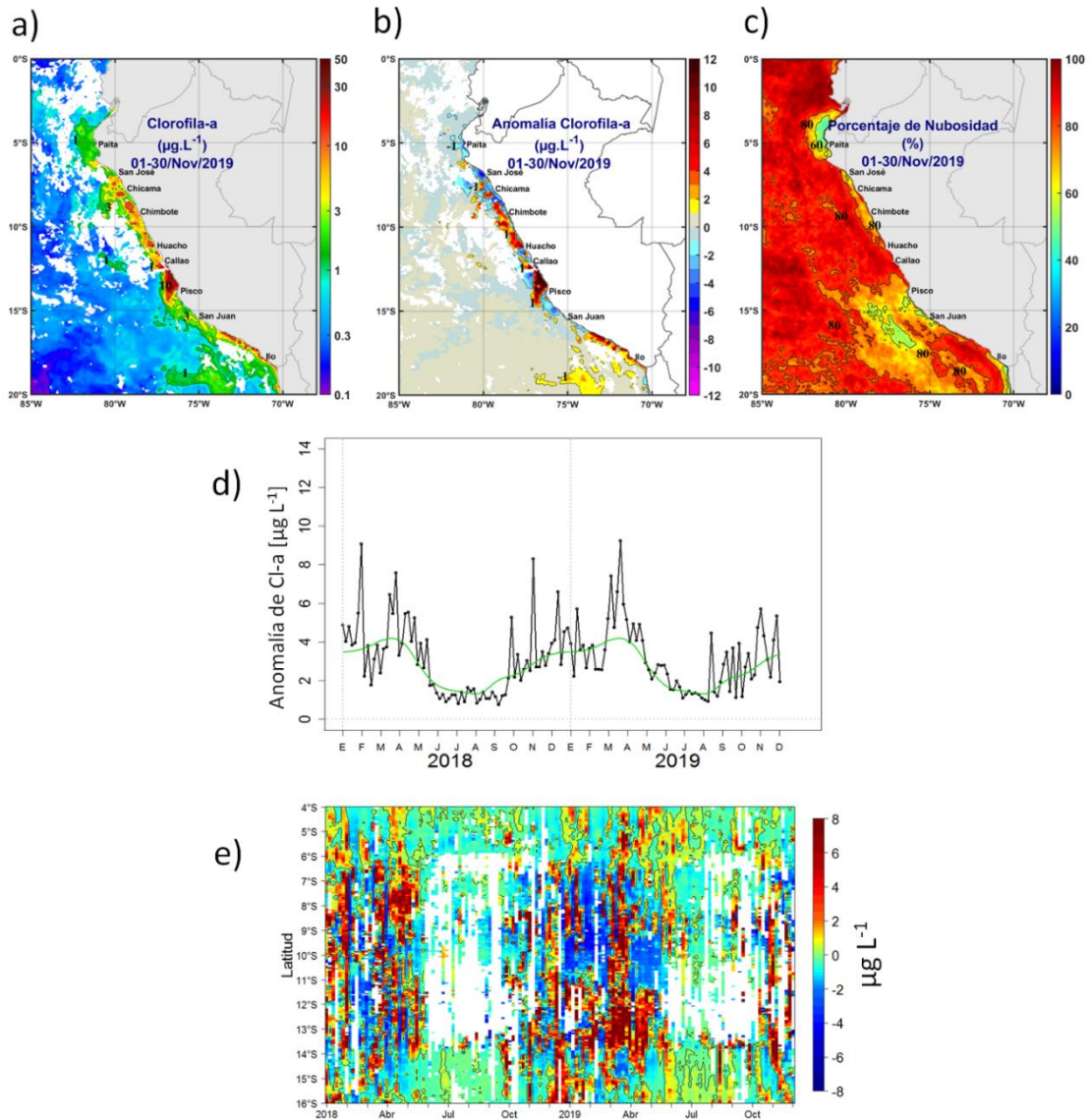


Figura 36. Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de clorofila-a satelital proveniente de MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante noviembre 2019 (en $\mu\text{g L}^{-1}$). Número de días con nubes en (c). Serie de tiempo (d) para 4°S-16°S y dentro de los 100 km de la costa, de las concentraciones de clorofila-a 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.

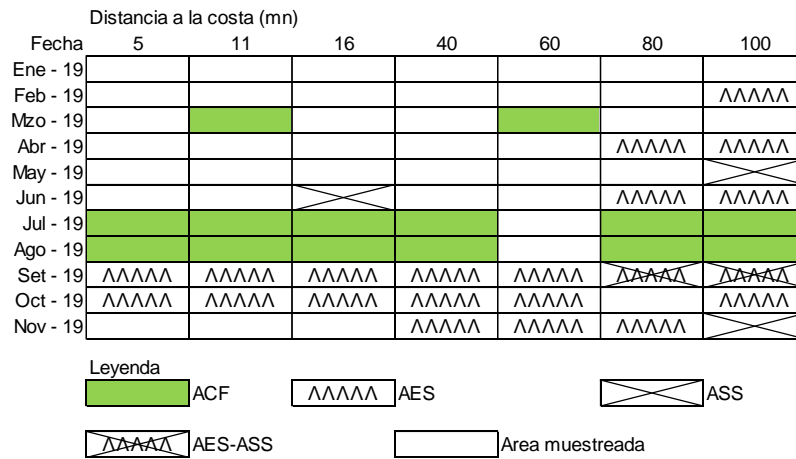


Figura 37. Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton en la sección Paita 1911.

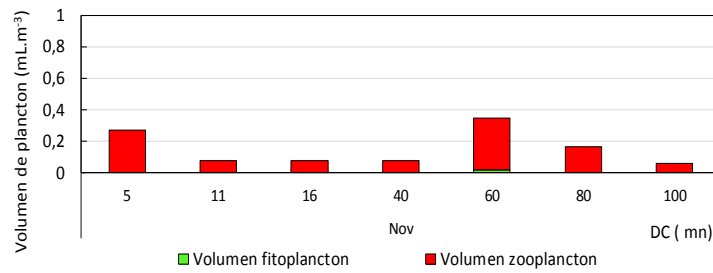


Figura 38. Variación de volúmenes de plancton en la sección Paita 1911.

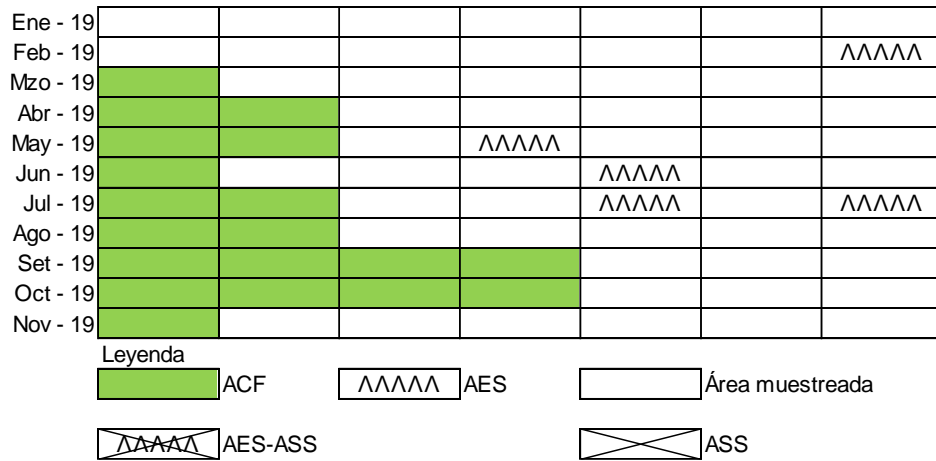


Figura 39. Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton en la sección Chicama 1911.

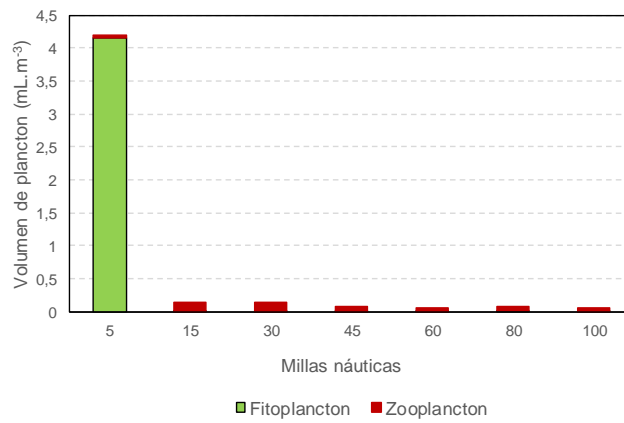


Figura 40. Variación de volúmenes de plancton en la sección Chicama 1911.

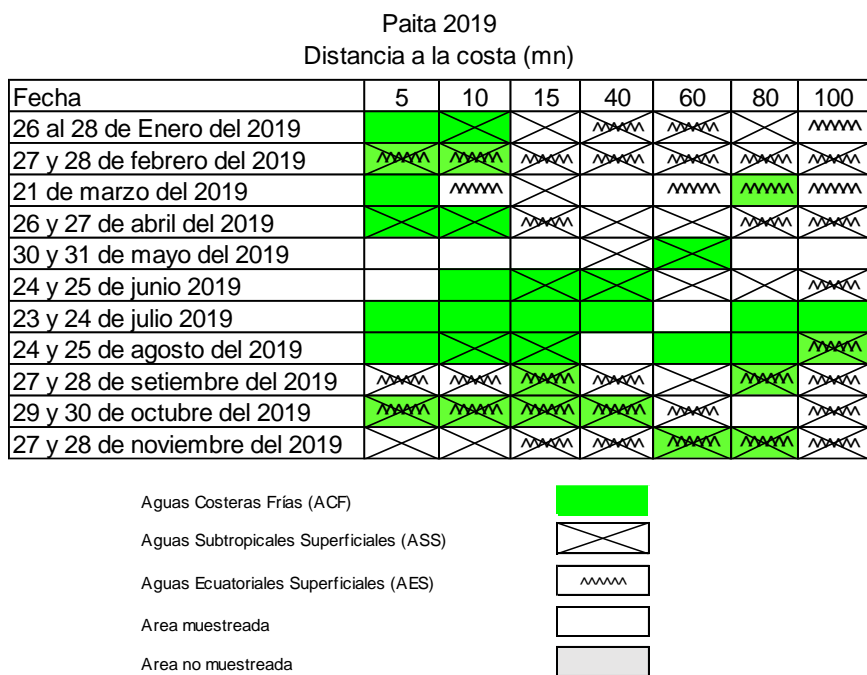


Figura 41. Distribución de Indicadores biológicos de zooplancton en la sección Paíta 1911.

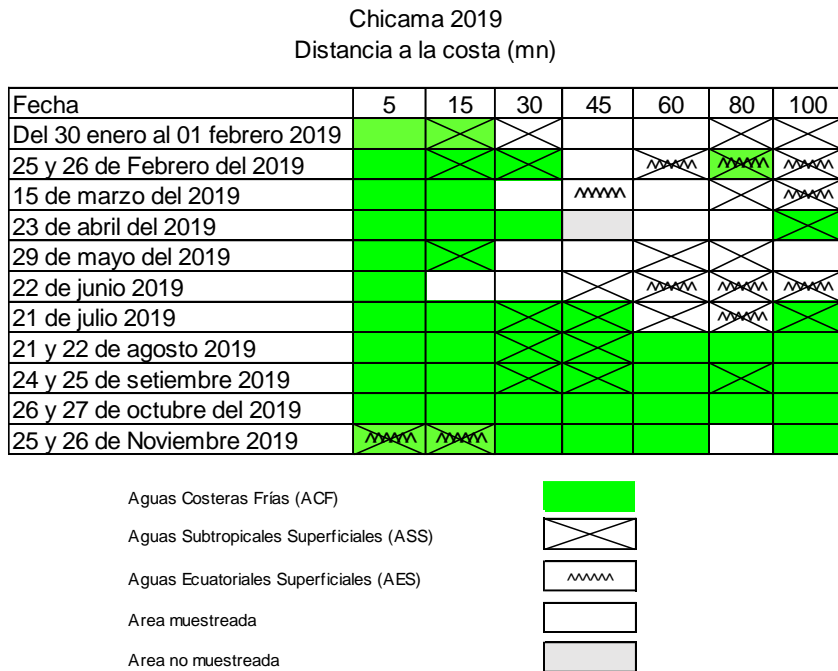


Figura 42. Distribución de Indicadores biológicos de zooplancton en la sección Chicama 1911.

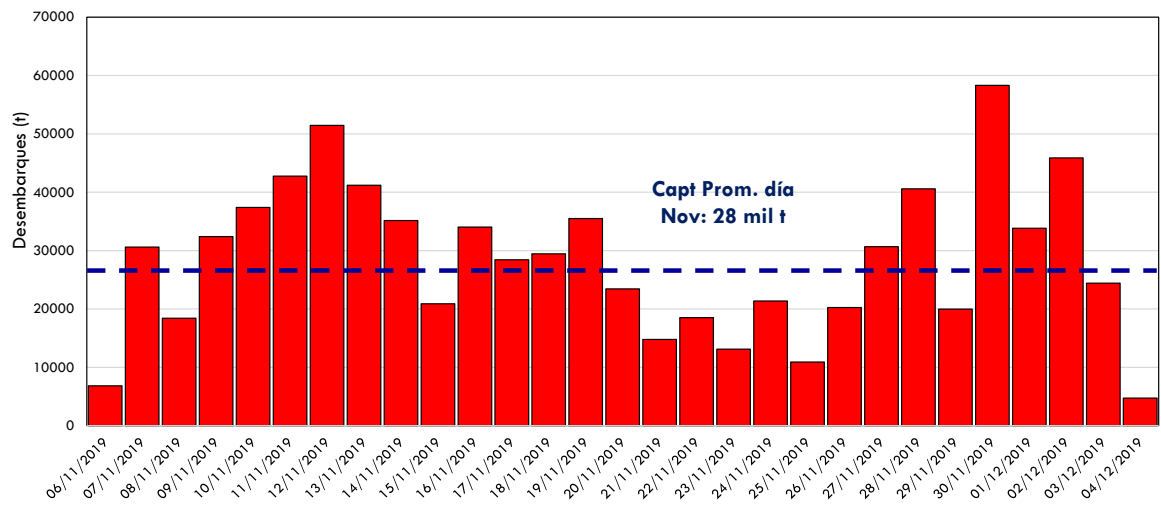


Figura 43. Desembarque (t) de anchoveta durante la segunda temporada de la pesca hasta el 4 de diciembre 2019 en la región norte – centro. Fuente: DGIRP/IMARPE.

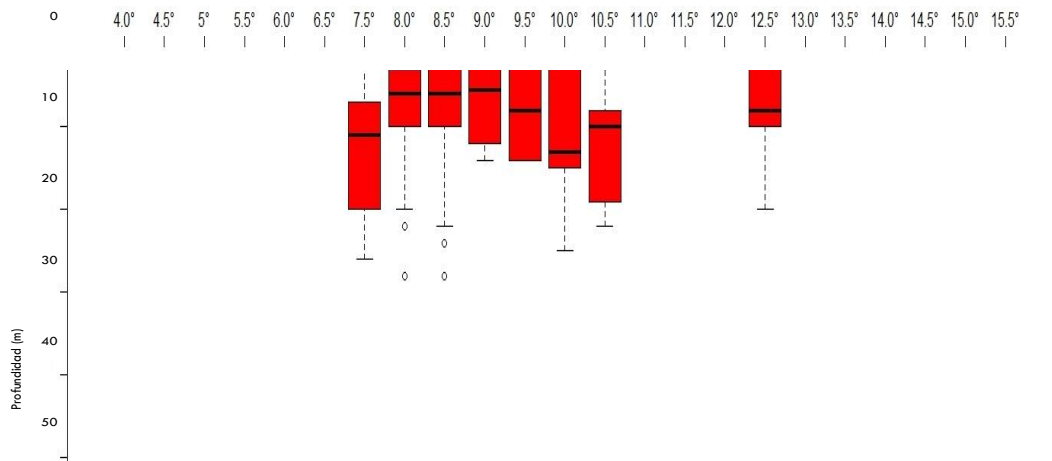


Figura 44. Distribucion vertical de cardumenes de anchoveta durante la segunda temporada de pesca hasta el 04 de diciembre 2019 en la región norte – centro. Fuente: DGIRP/IMARPE

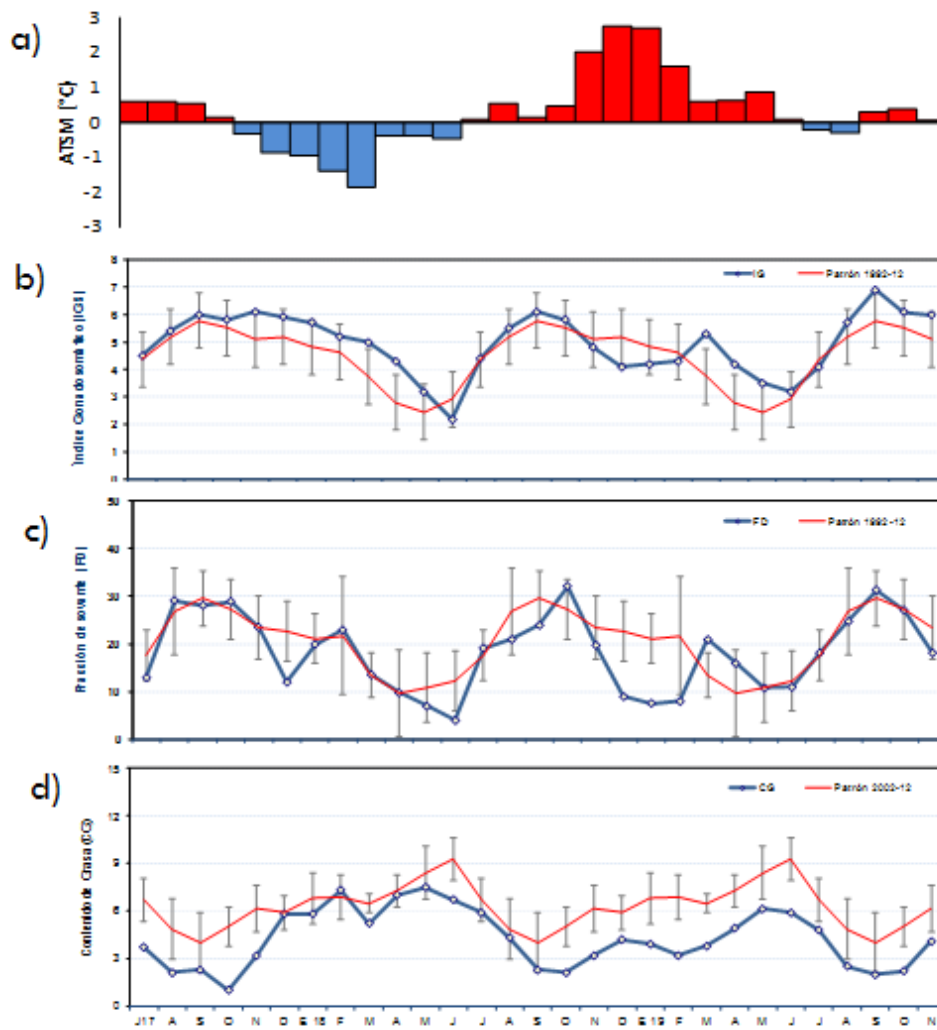


Figura 45. a) Anomalía de la TSM (°C) de Chicama. Indicadores reproductivos, b) Índice Gonadosomático (IG), c) Fracción Desovante (FD) y d) contenido grasa del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: julio 2017 – noviembre 2019. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

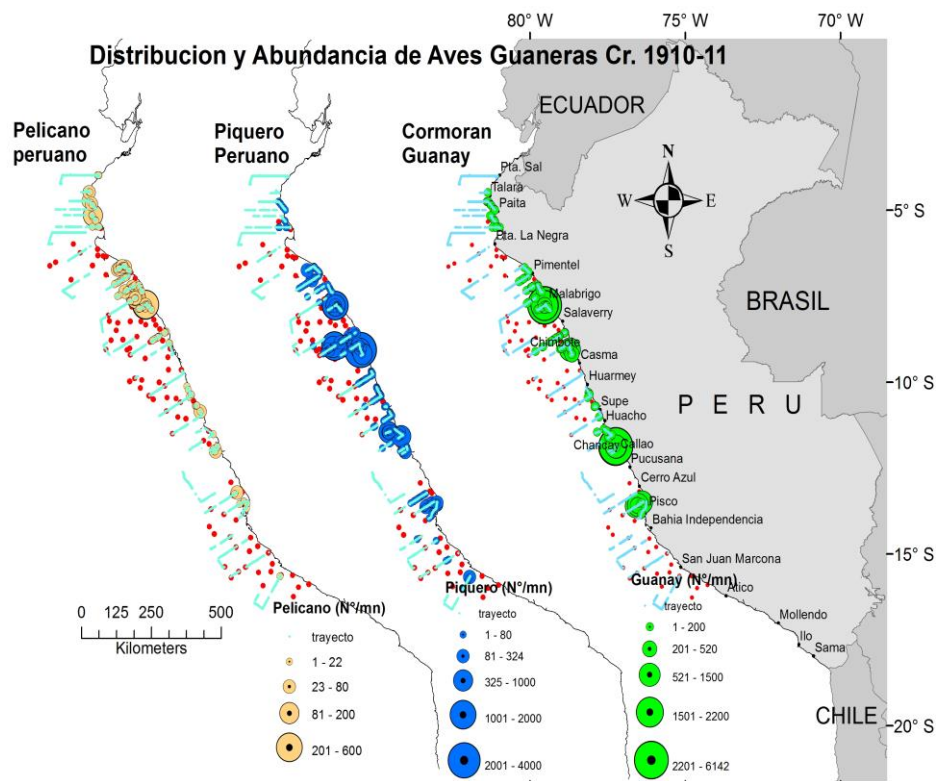


Figura 46. Distribución de la abundancia de aves guaneras en el Cr. 1910-11, desde Punta Sal (Tumbes) hasta Los Palos (Tacna). Fuente: DGIRP/IMARPE.

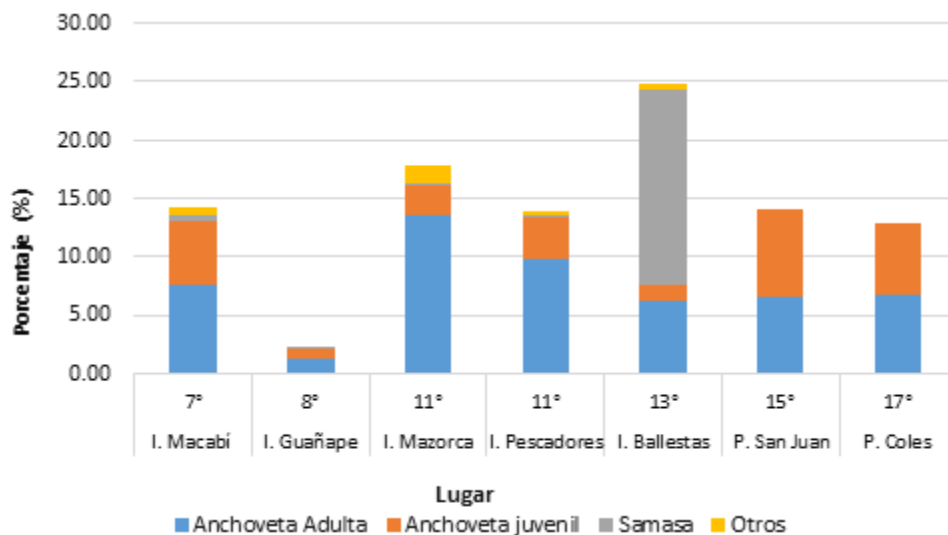


Figura 47. Variación latitudinal de la composición por especies de la dieta del guanay a lo largo de la costa en noviembre del 2019. (Los lugares están ordenados latitudinalmente de norte a sur). Fuente: DGIRP/IMARPE.

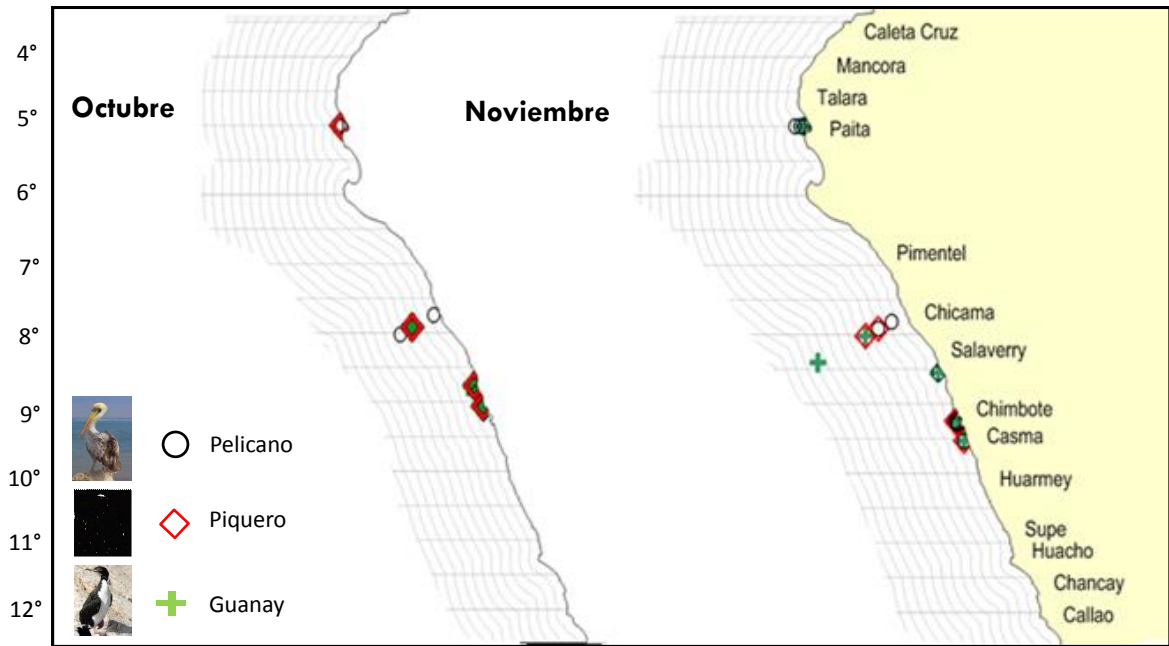


Figura 48. Distribución espacial de aves guaneras según meses durante la Prospección de Monitoreo Oceanográfico Líneas Paíta – Chicama.

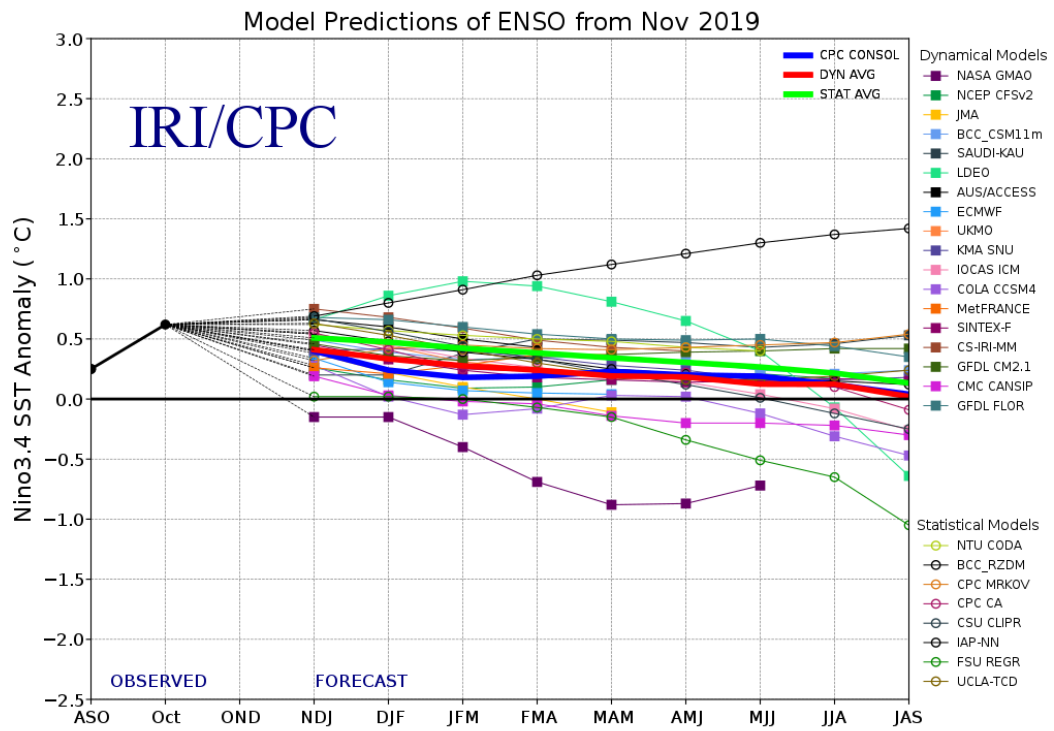


Figura 49. Pronóstico del índice Niño 3.4 mediante modelos climáticos estadístico y dinámico. Fuente: IRI/CPC, noviembre 2019.

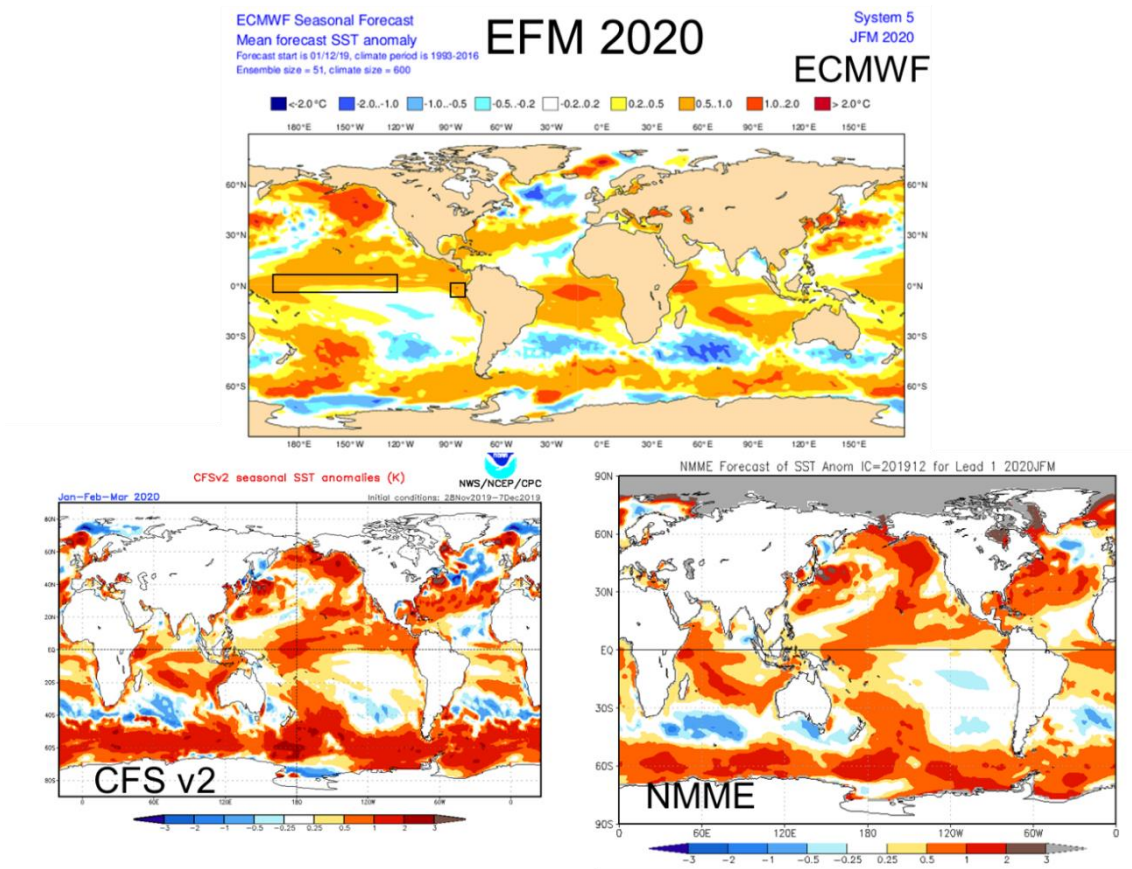


Figura 50. Pronóstico de la TSM para el trimestre DEF 2019 del modelo ECMWF, CFSv2, y NMME (condiciones iniciales: inicios de diciembre 2019). Los recuadros indican la región El Niño 3.4 y 1+2. Fuente: IRI/CPC.

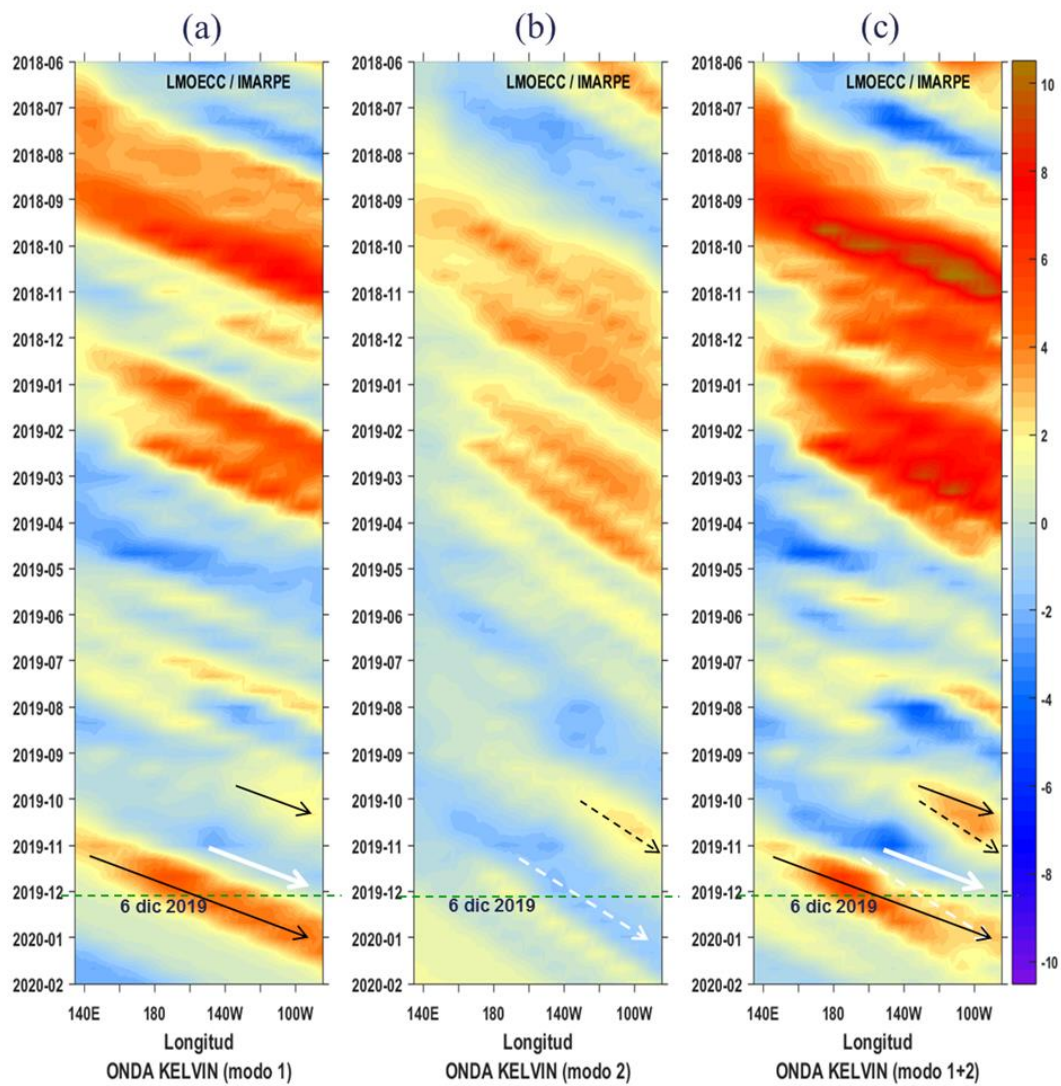


Figura 51. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).

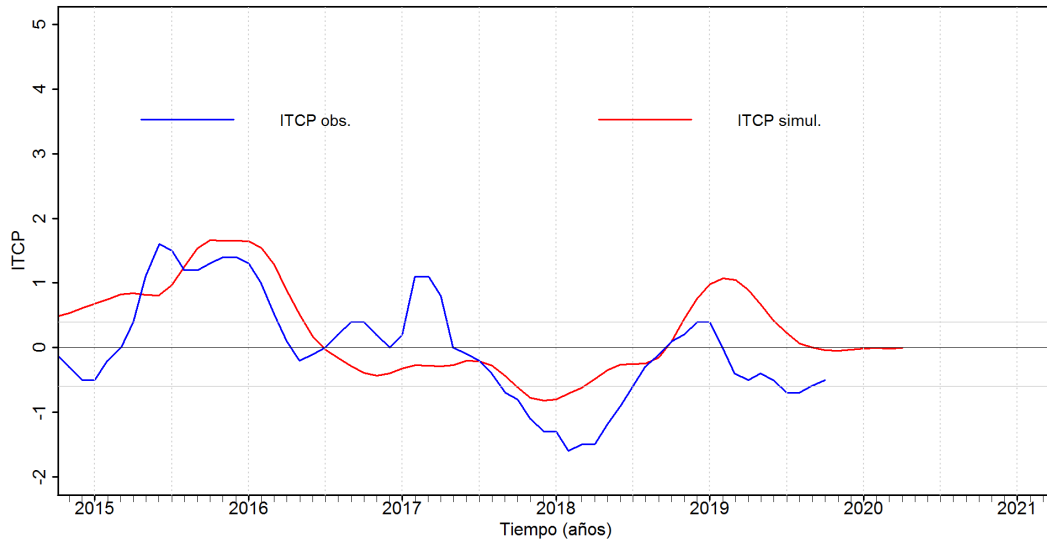


Figura 52. Pronóstico del ITCP mediante un modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia, con datos actualizados hasta el mes de noviembre 2019. Fuente: IMARPE.

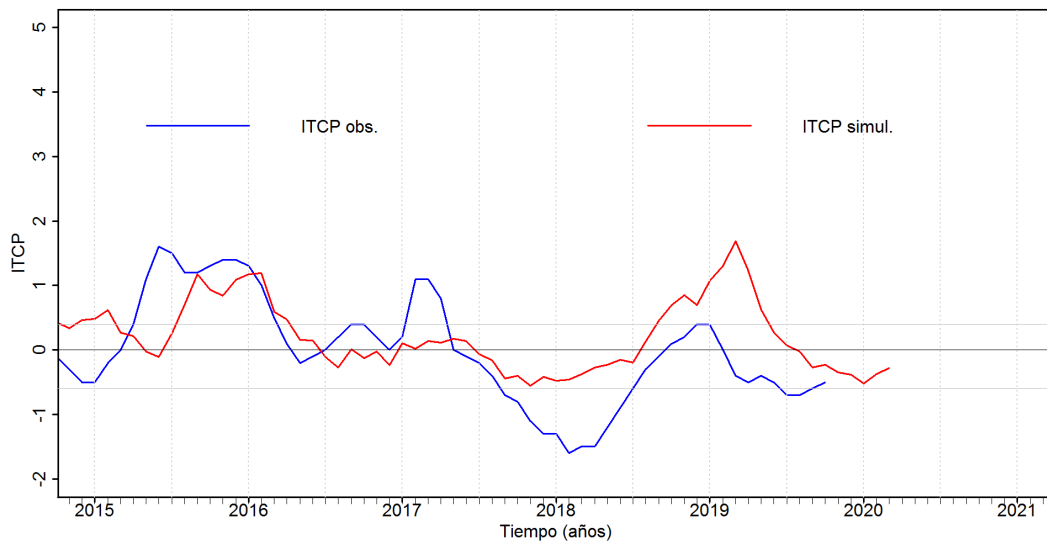


Figura 53. Pronóstico del ITCP mediante un modelo estadístico, con datos actualizados hasta el mes de noviembre 2019. Fuente: IMARPE.