



PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

Programa Presupuestal por Resultados N°068

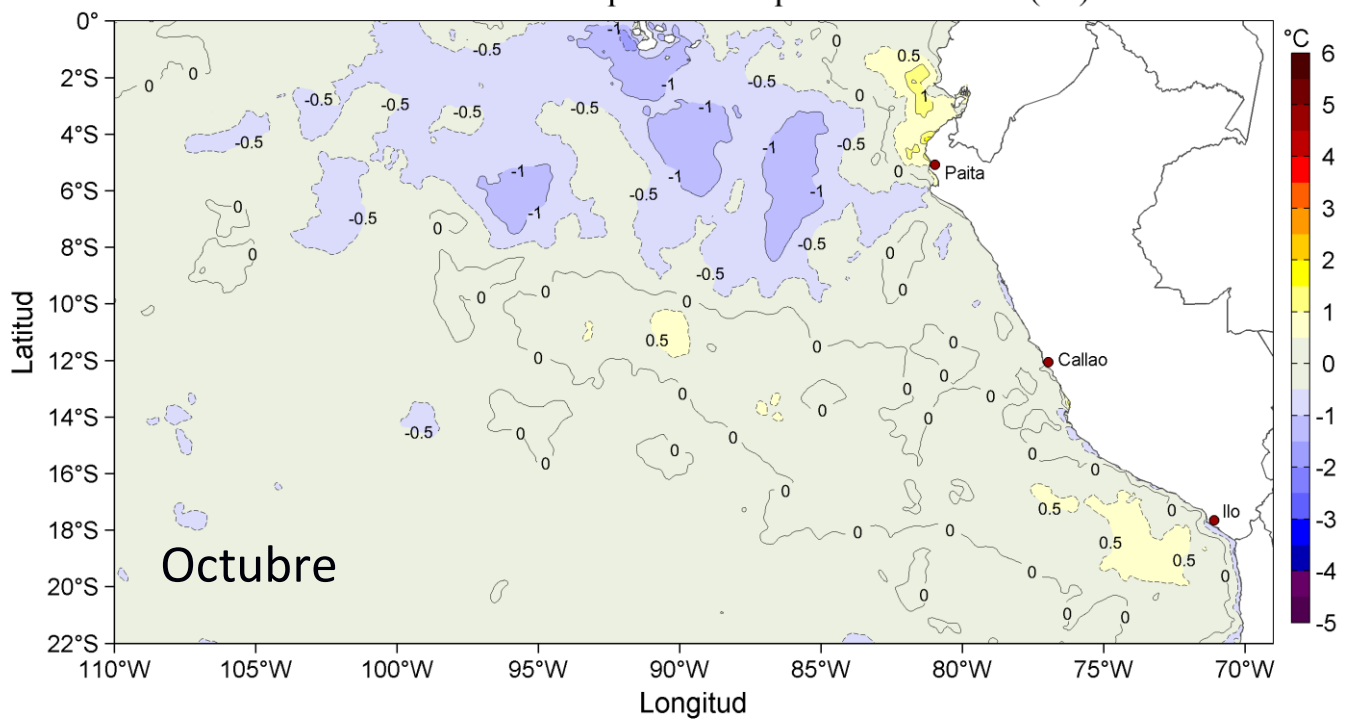
“Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de emergencias por Desastres”

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 OCTUBRE 2019

Anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (°C)



Octubre, 2019

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

GRUPO DE TRABAJO INSTITUCIONAL EL NIÑO

**Informe de las Condiciones Oceanográficas y Biológico Pesqueras
Octubre 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
Octubre 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 octubre 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 ~1024 hPa, encontrándose desplazado al este de su posición normal y con una intensidad ligeramente menor a su valor climatológico en 0,5 hPa (Figuras 1 y 2). Asimismo, se detectaron anomalías negativas de presión en el Pacífico subtropical con un núcleo entre -1 y -2 hPa. Frente a la costa peruana se presentaron anomalías ligeramente positivas (+1 hPa) (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 ASO 2019 el IAPS presentó un valor de +1,6 hPa, menor que su valor anterior (+2,5 hPa), indicando que la intensidad del APS aún estuvo por encima del rango normal neutro del APS. Sin embargo, el valor mensual de la anomalía de la presión máxima en octubre fue de -0,5 hPa (Figura 3a). Los índices ILON e ILAT presentaron valores de +6,0° y -0,9° para el trimestre ASO, 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 +6,1° y +1,8° 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 alcanzar la línea de cambio de fecha. En el Pacífico noreste entre 110 °W y 90 °W se presentaron valores negativos (Figura 4). La componente zonal del viento en la franja ecuatorial de 5 °S a 5 °N, mantuvo la 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 140 °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 180 °W, se presentaron anomalías del oeste con valores inferiores a 4,0 m s⁻¹ (Figura 5).

1.2. Aspectos oceanográficos

1.2.1. Condiciones superficiales.

En el Pacífico ecuatorial oriental, las condiciones térmicas frías se fueron disipando, apareciendo en su lugar condiciones neutras, mientras que en el Pacífico central se expandieron las condiciones cálidas con anomalía positiva débil (Figura 6). En las regiones Niño 4, Niño 3.4 y Niño 3 continuaron las anomalías positivas de la temperatura superficial del mar (TSM), mientras que en la región Niño 1+2 persistieron aún anomalías negativas. El último valor semanal de octubre en las regiones Niño 4, Niño 3.4, Niño 3 y Niño 1+2 fue de: +0,9 °C; +0,7 °C; +0,5 °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) se intensificó llegando a alcanzar un pico de +0,8 °C a mediados de mes, presentando un promedio mensual de +0,7 °C (Figura 8). Esto estuvo asociado a la intensificación de anomalías térmicas positivas encima de los 300 m entre los 135 °W y 90 °W, y por consiguiente, a la disipación de anomalías negativas, observándose un desplazamiento de condiciones cálidas anómalas hacia el Pacífico oriental. (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 (nueva información disponible desde el 24 de agosto), el viento frente a la costa peruana se presentó con fluctuaciones: durante la primera semana exhibió velocidades superiores a 7 m s⁻¹, disminuyendo a partir de la segunda semana a valores entre 1 m s⁻¹ y 2 m s⁻¹, para luego intensificarse ligeramente hasta finales del mes, llegando a presentar valores de 7 m s⁻¹. En la zona oceánica, el viento también se presentó fluctuante, superiores a 8 m s⁻¹ para la primera semana, mientras que, a partir de la segunda semana las velocidades fueron inferiores a 8 m s⁻¹ (Figura 10). Por lo tanto, a lo largo de la costa las anomalías se presentaron fluctuantes, en la primera semana predominaron anomalías positivas, cambiando a anomalías negativas a partir de la semana del 6 hasta el 15 de octubre, estableciéndose nuevamente anomalías ligeramente positivas y condiciones neutras a partir de la tercera semana (Figura 11).

Para el análisis de series de tiempo de los vientos costeros, debido a que ASCAT no estuvo disponible del 03 de marzo al 24 de agosto 2019, la información fue completada durante ese periodo con el producto del proyecto COPERNICUS, previa validación de acuerdo a Correa et al. (2016). A lo largo de la franja costera de 40 km se presentaron vientos con velocidades entre 3,0 m s⁻¹ y 8,0 m s⁻¹ (Figura 12). Los valores de anomalía a lo largo de la costa fluctuaron durante casi todo el mes, presentando anomalías positivas en la primera semana, seguidas de anomalías negativas hasta el 15 de octubre. Desde el día 16 hasta fin de mes las anomalías fluctuaron entre -1 m s⁻¹ y +1 m s⁻¹ (Figura 13). El viento costero mostró anomalías del sureste para la primera semana, mientras que para la segunda semana predominaron anomalías del noroeste. Para la segunda quincena la dirección del viento fue cercana al patrón climatológico.

El afloramiento costero, estimado a partir del esfuerzo de viento, frente a Talara y San Juan presentó fuertes fluctuaciones en el mes, debilitándose significativamente en la segunda semana al sur de Paita, y de forma moderada en la última semana entre Callao y Paita. 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. Entre los 5°S y los 13°S , el IAC presentó valores por debajo de $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$, 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 cuarta semana, respectivamente. Frente a Pisco y San Juan el IAC mostró valores inferiores a $300 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ para casi todo el mes con excepción de la primera semana, donde mostró valores alrededor de $350 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ (Figura 14).

2.2 Aspectos oceanográficos

2.2.1 Anomalía del nivel del mar (ANM)

Durante la primera quincena predominaron las condiciones neutras frente a la costa centro-norte en términos de ANM, evidenciándose flujos geostroficados hacia la costa al norte de Talara. Luego de la quincena del mes se detectó la propagación de anomalías positivas desde la zona ecuatorial hacia la región, que alcanzaron valores de +5 cm en una amplia franja hasta unas 150 mn de la costa frente a Chimbote y Callao, asociados a la formación de vórtices anticiclónicos. Por otro lado, en zonas oceánicas ubicadas frente a la zona sur, las anomalías positivas mayores a +5 cm y los vórtices anticiclónicos se fueron atenuando ligeramente, dando paso a la aparición de débiles anomalías negativas (Figura 15).

En la franja de 60 mn adyacente a la costa, las condiciones neutras del nivel del mar que permanecían a lo largo de la costa fueron desplazadas progresivamente por anomalías positivas que se propagaron desde la zona norte hacia el sur, llegando a mostrar zonas con ANM de +10 cm frente a Tumbes y de +5 cm desde Paita hacia el sur (Figura 16). La variación temporal promedio, muestra una tendencia de incremento de la ANM tanto en la costa peruana, donde alcanzó hasta +6 cm, como en la zona de Galápagos, donde se incrementó de 0 cm a +12 cm, uno de los mayores cambios del año en esta zona (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, 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. Como se ha indicado, en el hemisferio sur de acuerdo al giro pueden ser ciclónicos generando divergencia, y anticiclónicos provocando convergencia del fluido.

Durante octubre en la zona entre los $70^\circ\text{W} - 84^\circ\text{W}$ y $3^\circ\text{S} - 18^\circ\text{S}$ se detectaron entre 3 y 9 remolinos por día, valores por debajo de lo observado en septiembre. Los remolinos anticiclónicos continuaron preponderando sobre los ciclónicos, con un 68 % de la frecuencia total (Figura 18 a). El radio promedio mensual ($\sim 65 \text{ km}$) se mantuvo respecto al mes anterior ($\sim 63 \text{ km}$), mientras que la energía cinética (EKE) diaria, mostró valores alrededor de $100 \text{ cm}^2\text{s}^{-2}$, manteniendo la tendencia a disminuir según lo observado en los últimos meses. El tamaño de los remolinos en función de la latitud indica que el radio presentó sus valores máximos entre $14-15^\circ\text{S}$ ($90-110 \text{ km}$) y frente a Huanchaco ($100-115 \text{ km}$), los cuales no representaron un gran aporte energético, ya que en promedio la energía presentó valores dentro del rango normal ($10 - 100 \text{ cm}^2\text{s}^{-2}$) (Chaigneau *et al.*, 2008) con algunos valores elevados ($> 100 \text{ cm}^2\text{s}^{-2}$) que continúan estando por debajo de lo observado en los meses anteriores (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 mensual varió entre 15,87 °C (Ilo) y 27,53 °C (Tumbes), mostrando un incremento respecto a los meses anteriores, siguiendo su ciclo estacional, Las anomalías promedio mensuales variaron entre -0,03 °C (San José) y +1,63 °C (Paita), siendo mayores a los valores observados en septiembre en la mayoría de los Laboratorios Costeros (Tabla 1).

A nivel diario, la TSM en Tumbes y Chicama mostraron anomalías positivas $< +1$ °C, mientras que en Paita se detectaron 3 pulsos de anomalías positivas, a inicios, mediados y fines del mes, siendo las más intensas las primeras (hasta +4 °C). En San José, Huanchaco, Chimbote y Huacho predominaron anomalías negativas débiles ($< 0,5$ °C), mientras que Callao, Pisco e Ilo exhibieron fluctuaciones entre anomalías negativas y positivas. Las máximas anomalías positivas se registraron en Paita, conforme a lo mencionado, y las más negativas en Callao (última semana) con valores alrededor de -3 °C (Figura 19).

El índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2016) presentó un valor de -0,15 °C para el trimestre JAS del 2019 y un valor mensual de septiembre de +0,06 °C, ligeramente mayor al valor observado durante septiembre 2019 (+0,03 °C) (Figura 20).

2.2.2.2 Información satelital de TSM y sus anomalías

La TSM cambió hacia un proceso de calentamiento propio de la variación estacional, observándose el repliegue de la isoterma de 19 °C desde la zona de Galápagos hasta Paita. Así mismo en la primera quincena se replegaron las aguas menores a 17 °C desde la zona oceánica a una franja costera de 20 mn en la zona central. Frente a Ilo, la celda del codo Perú-Chile, que mostraba una TSM de 17 °C a inicios de mes varió a 19 °C al finalizar el mes (Figura 21).

Las anomalías negativas de TSM ubicadas en zonas oceánicas frente a Paita se fueron atenuando y disipando. A inicios del mes se observó un pequeño núcleo de anomalías que se disiparon rápidamente. En la segunda semana aparecieron anomalías positivas en la zona ecuatorial que se proyectaron por la zona costera hasta Paita, donde alcanzaron valores de hasta +3 °C. Por otro lado, en la zona centro-sur predominaron condiciones térmicas neutras, con aparición de anomalías positivas frente al codo Perú-Chile, que tuvieron corta duración a mediados de mes (Figura 22).

Dentro de las 60 mn, frente a Paita se notó la aparición alternada de condiciones frías y cálidas, mostrando anomalías de -1 °C y hasta +2 °C, las cuales estarían asociadas a la influencia de aguas de procedencia ecuatorial. Así mismo desde Paita hacia el sur en toda la costa predominaron condiciones neutras junto a débiles anomalías negativas (Figura 23).

El Índice Térmico Costero Peruano ITCP (Quispe-Ccalluari et al., 2016), presentó un valor de -0,6 °C, para el trimestre agosto a octubre 2019, indicando una condición fría en la franja costera. El valor de la primera componente principal para el mes de octubre fue de -0,7 °C, manteniéndose similar 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; 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 permanecido fluctuando latitudinalmente cerca de la costa desde la zona de Tumbes hasta Paita, registrando intromisiones hasta Paita a inicios, mediados y fines del mes. En zonas oceánicas las aguas subtropicales superficiales (ASS), se habrían aproximado a unas 100 mn de Punta La Negra a mediados de mes. Por otro lado, las aguas de afloramiento con salinidad menor a 35,0 ups se replegaron gradualmente en la franja costera, quedando en su lugar aguas de mezcla con salinidad menor a 35,1 ups. Al sur de los 20°S, permanecieron las aguas intermedias del Pacífico Sur-Este (ESPIW, por sus siglas en inglés, Grados et al., 2018), generando el predominio de aguas de mezcla de 35,1 ups frente al codo Perú-Chile (Figura 25).

2.2.4 Secciones oceanográficas

2.2.4.1 Paita (29-30 de octubre)

La TSM presentó valores entre 19 °C y 20 °C en toda la sección, con anomalías de TSM positivas dentro de las 70 mn con valores 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 20 °C con una marcada termoclina a 10 – 50 m. La isoterma de 15 °C se presentó entre los 60 m y 70 m de profundidad, 15 m más somera respecto a fines de septiembre (Figura 27 d). Sobre los 50 m y dentro de las 85 mn se registraron núcleos de anomalías térmicas de +2,0 °C sobre los 20 m, y de -0,5 °C entre los 20 y 50 m a 30 – 70 mn. Entre los 50 y 200 m las condiciones térmicas fueron normales, mientras que por debajo de estas se observó un núcleo de hasta +1,0 °C dentro de las 60 mn sobre el talud continental (Figura 26 b).

La salinidad en los primeros 30 m de profundidad dentro de las 70 mn sugirió la presencia de AES ($S < 34,8$ ups), asociadas a anomalías halinas de hasta -0,6 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, aguas de mezcla entre ASS y AESS por fuera de las 60 mn, 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 170 m en la zona costera, 20 m más profunda respecto a septiembre (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 - 250 m de profundidad en toda la sección. Dentro de las 15 mn en los primeros 50 m y a 90 – 100 mn sobre los 200 m se estimaron flujos geostroficados hacia el norte, con una velocidad de hasta 20 y 10 cm s⁻¹, respectivamente. En cambio, a 20 – 85 mn sobre los 420 m, se estimaron flujos geostroficados hacia el sur, con velocidades de hasta 30 cm s⁻¹ (Figura 26 e, f).

2.2.4.2 Chicama (26-27 de octubre)

La TSM presentó valores entre 15 °C y 18 °C en toda la sección. La isoterma de 16 °C se encontró a 20 mn de la costa, similar al mes de septiembre. Las condiciones térmicas superficiales (0 -10 m) mostraron anomalías de hasta -1,0 °C dentro de las 80 mn.

En sub-superficie se observó un núcleo de $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ dentro de las 22 mn, mientras que en el resto de la columna de agua las condiciones térmicas fueron normales, en promedio, aunque con núcleos de $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a 80 - 130 m y a 370 - 490 m (Figura 28 a, b; Figura 29 a, b). Asimismo, la isoterma de $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ se ubicó a 50 - 80 m de profundidad por fuera de las 30 mn, y en la zona costera presentó un ascenso hasta la superficie, aflorando a 5 mn de la costa (Figura 28 d).

En la capa superficial hasta los 50 m de profundidad, la salinidad y las temperaturas indicaron la presencia de aguas costeras frías (ACF) dentro de las 30 mn y aguas de mezcla entre ACF y ASS por fuera de las 30 mn, asociadas a ligeras anomalías halinas de hasta $-0,05$ ups. Por otra parte, entre los 50 y 100 m de profundidad, se detectaron aguas de mezcla ASS – AEES y AEES 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 $1,0\text{ mL L}^{-1}$ se presentó a 40 - 70 m de profundidad fuera de la costa y a 30 m en la zona costera, en general similar al mes de septiembre (Figura 29 e). El borde superior de la ZMO se presentó a 30 - 110 m, más somero en la costa (Figura 28 e). Se estimaron flujos geostroficados con dirección hacia el norte sobre los 100 m y dentro de las 75 mn de hasta 20 cm s^{-1} . Asimismo, se estimaron flujos geostroficados hacia el sur sobre los 250 m y fuera de las 80 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 ($<100\text{ m}$) que se realiza en las estaciones fijas mostró que en el último mes para Paita la temperatura varió entre $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $19\text{ }^{\circ}\text{C}$, en Chicama entre $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $16\text{ }^{\circ}\text{C}$, en Callao entre $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $16\text{ }^{\circ}\text{C}$, en Atico entre $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ y en Ilo, entre $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $19\text{ }^{\circ}\text{C}$. En general, las estaciones fijas de Paita y Chicama evidenciaron un ascenso de las isothermas profundas de $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $14\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que, en Callao, Atico e Ilo las isothermas tendieron a profundizarse, debido a su estacionalidad (Figura 30).

En Paita se detectó dos núcleos con anomalías térmicas de hasta $+2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre los 20 m, a inicios del mes y en la quincena, mientras que por debajo de estas se observó condiciones térmicas neutras y anomalías térmicas ligeramente negativas ($-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$). A finales del mes se intensificaron las anomalías negativas en toda la columna de agua, con valores de hasta $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre los 70 m. Por otro lado, en Chicama y Callao las condiciones térmicas presentaron ligeras anomalías negativas ($-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), (Figura 31).

En Paita, los registros de salinidad y temperatura evidenciaron la presencia de AES sobre los 20 m a inicios y en la quincena del mes, debido a la advección de aguas de baja salinidad desde el norte, y en sub-superficie una transición de aguas de mezcla ASS – ACF a ACF. En Chicama se observó aguas de mezcla entre ASS – ACF, mientras que, en Callao, Atico e Ilo se observó el predominio de ACF (Figura 32).

En cuanto al OD, se detectó un aumento de su concentración en Paita sobre los 40 m, asociado a las anomalías térmicas positivas y presencia de AES. En Chicama se observó un ascenso de las iso-oxígenas, mientras que, en Callao, en Atico y en Ilo las iso-oxígenas no variaron de manera significativa en profundidad respecto a septiembre. La iso-oxígena de $0,5\text{ mL L}^{-1}$ no se registró en Paita, y se determinó a 20 - 60 m en Chicama, a 20 - 25 m en Callao, a 95 m en Atico y a 25 - 40 m en Ilo durante el mes, en promedio (Figura 33).

2.2.6 Fertilidad y productividad

2.2.6.1 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 a lo largo de la costa dentro de las 60 mn, predominaron valores de $\sim 1 \mu\text{g L}^{-1}$. Sin embargo, entre Callao y Pisco y frente a Ilo (dentro de las 60 mn) se observaron valores alrededor de $3 \mu\text{g L}^{-1}$ (Figura 34 a). En términos de anomalía, el promedio mensual mostró que en el sistema costero predominaron anomalías negativas entre Paita y San Juan ($-1 \mu\text{g L}^{-1}$), con presencia de pequeñas zonas con anomalías positivas (entre $+1 \mu\text{g L}^{-1}$ y $+3 \mu\text{g L}^{-1}$) entre Callao a Pisco (dentro de las 20 mn) y entre San Juan a Ilo (hasta las 100 mn) (Figura 34 b).

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 dentro de las 60 mn y entre 6°S a 16°S , presentó alternancia de anomalías positivas y negativas ($-0,5 \mu\text{g L}^{-1}$ y $+2,0 \mu\text{g L}^{-1}$, Figura 34 d). Latitudinalmente, en la franja costera predominaron condiciones normales con ausencia de información en diferentes latitudes al largo de la costa debido a la alta presencia de nubes; sin embargo, se observaron anomalías positivas ($>+2 \mu\text{g L}^{-1}$) a lo largo de la costa durante la última semana del mes (Figura 34 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, dentro de las 60 mn, estuvo alrededor de 80 % a 60% entre San José y Callao y al sur de los 16°S , mientras que, frente a Paita, y entre Pisco y San Juan la cobertura nubosa fue menor al 60 % (Figura 34 c).

2.2.7 Indicadores biológicos del plancton

2.2.7.1 Indicadores biológicos del fitoplancton.

Paita

Frente a Paita se determinó a *Ceratium breve* var. *parallelum*, especie indicadora de AES, distribuida entre las 5 mn y 60 mn, y a las 100 mn de la costa, relacionada a una TSM en un rango de variación entre $18,1^{\circ}\text{C}$ y $21,2^{\circ}\text{C}$ (Figura 35).

Los volúmenes de plancton fluctuaron entre $0,09 \text{ mL m}^{-3}$ (Est. 5) y $0,45 \text{ mL m}^{-3}$ (Est. 4) asociados a TSM de $21,2^{\circ}\text{C}$ y $20,7^{\circ}\text{C}$, respectivamente, siendo el promedio mensual $0,24 \text{ mL m}^{-3}$ (Figura 36). En toda la sección la predominancia fue del zooplancton. La comunidad de fitoplancton estuvo conformada principalmente por dinoflagelados termófilos como *Triplos azoricus*, *T. macroceros*, *T. massiliensis*, *T. seta* y *T. trichoceros*. Del grupo de las diatomeas fueron frecuentes *Coscinodiscus perforatus*, *Achnanthes longipes* y *Licmophora abbreviata*; todas estas especies presentaron abundancias relativas de la categoría "Presente". Cabe resaltar que, a 100 mn de la costa se registró a *Rhizosolenia styliformis*, diatomea oceánica cuya abundancia relativa fue de la categoría "Abundante" y una alta riqueza de dinoflagelados termófilos (*Goniodoma polyedricum*, *Protoperidinium quarnerense*, *P. pallidum*, *P. excentricum* y *Triplos trichoceros*, entre otros).

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 ACF, que se distribuyó entre las 5 mn y 45 mn de la costa, relacionada a un rango de TSM entre 14,9 °C y 17,4 °C (Figura 37).

Para octubre, los volúmenes de plancton fluctuaron entre 0,27 mL m⁻³ (Est. 1) y 0,53 mL m⁻³ (Est. 3) relacionados a una TSM de 14,9 °C y 16,9 °C, respectivamente (Figura 38). El volumen promedio mensual fue de 0.37 mL m⁻³. El fitoplancton fue predominante hasta las 45 mn y estuvo conformado por diatomeas neríticas y de afloramiento entre las que destacaron *C. perforatus*, *C. radiatus*, *C. concinnus*, *Lithodesmium undulatum*, *Detonula pumila*, *Thalassiosira subtilis anguste-lineata*, *C. granii*, *Lauderia annulata*, *Chaetoceros debilis*, y *Skeletonema costatum*, que presentaron abundancias relativas de las categorías “Muy Abundante” y “Abundante”. Entre las 60 mn y 100 mn de la costa se apreció alta diversidad de especies termófilas. Asimismo, se presentaron dinoflagelados de distribución cosmopolita con similar composición y abundancia relativa que en Paita.

2.2.7.2 Indicadores biológicos del zooplancton e ictioplancton

Paita

Frente a Paita el copépodo *C. brachiatus*, indicador de ACF, se determinó dentro de las 45 mn, con valores entre 1 Ind. 100m³ y 168 Ind. 100m³, mientras que los copépodos *Acartia danae*, *Calocalanus pavo*, *Inschnocalanus plumulosus* y *O. confiera*, especies indicadoras de ASS, y el copépodo *C. furcatus*, especie indicadora de AES, se observaron en casi toda el área evaluada con densidades entre 2 Ind. 100m⁻³ y 97 Ind. 100m⁻³ y entre 6 Ind. 100m⁻³ y 3125 Ind. 100m⁻³, respectivamente (Figura 39).

Con relación al ictioplancton, frente a Paita los huevos y larvas de anchoveta se localizaron dentro de las 30 mn y 45 mn de la costa, respectivamente, con valores entre 2 huevos 100m⁻³ y 3010 huevos 100m⁻³ y entre 7 larvas 100m³ y 63 larvas 100m³.

Chicama

Frente a Chicama se determinó en toda el área evaluada la presencia del copépodo *Centropages brachiatus*, especie indicadora de ACF, con abundancias entre 8 Ind. 100m⁻³ y 79545 Ind. 100m⁻³. Cabe señalar que para este periodo no se detectaron especies indicadoras de ASS y AES (Figura 40).

Con relación al ictioplancton frente a Chicama se determinó huevos y larvas de anchoveta. Los huevos estuvieron distribuidos dentro de las 80 mn con concentraciones entre 20 huevos 100m⁻³ y 298 810 huevos 100m⁻³, mientras que las larvas solo se determinaron a 30 mn, 45 mn y 100 mn de la costa con abundancias entre 9 larvas 100m⁻³ y 2 981 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

En la segunda temporada de pesca 2019 en la zona sur del mar peruano, iniciada el 31 de julio, se registraron capturas, principalmente, frente a Mollendo, alcanzando un desembarque de 1 800 toneladas (t). En la región norte – centro, se continuó desarrollando el Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos pelágicos 1909-11, donde se registró anchoveta adulta en la zona costera del área evaluada, relacionada a la presencia de ACF. Entre Punta La Negra y Pimentel (6°S), se presentaron reclutas en zonas de aguas de mezcla entre ACF y ASS, principalmente en los frentes halinos. Al sur de Chicama (7°S), fuera de las 50 mn de la costa, con presencia de aguas de mezcla y ASS, se observó la presencia de ejemplares reclutas, juveniles y adultos de anchoveta (Figura 41).

Indicadores reproductivos y somáticos de la anchoveta

Los índices reproductivos de la anchoveta *Engraulis ringens* del stock norte-centro mostraron la disminución del proceso reproductivo, aunque aún continúan procesos de maduración gonadal y desove en parte de la población (Figura 42). Así, en el área evaluada por el crucero, se registraron agrupaciones de anchoveta adulta desovando frente a Paita (5°S), Chicama (7°S) y Chimbote (9°S)

3.2. Especies Indicadoras

Luego de la re-apertura de la pesca industrial de jurel y caballa (el 21 de setiembre), con una cuota de 12 500 t adicional a la pesca de jurel, la extracción de los recursos se realizó del 2 al 26 de octubre, periodo en el cual se desembarcó el 108 % de la cuota adicional establecida para jurel, mientras que la caballa con un desembarque de 1 127 t, alcanzó el 20 % de su cuota anual establecida (135 mil t). El jurel y la caballa fueron capturados por fuera de las 50 mn de Pisco. El jurel presentó una mayor presencia en la zona sur, registrándose desde Atico (6 °S) hacia el extremo sur (Figura 43). La distribución de ambas especies transzonales, se encontró relacionada a las zonas de frentes térmicos, entre ACF y ASS.

3.3. Avistamiento de aves marinas

Como parte del monitoreo bio-oceanográfico, la componente biológica realizó avistamientos de aves marinas a bordo de la embarcación IMARPE V. La mayor abundancia de aves se registró dentro de las 15 millas (mn) de la costa entre Paita y Chimbote, con mayor número de observaciones dentro de las 40 mn entre Salaverry y Chimbote (Figura 44), zona con presencia de ACF y aguas de mezcla. Las aves guaneras (piquero, pelícano y guanay), el zarcillo y la pardela gris, mostraron una mayor asociación con las ACF, en áreas con una TSM promedio de 17,3 °C. También se incrementaron los avistamientos del Albatros de Galápagos desde Paita a Salaverry, posiblemente asociados a la intromisión de aguas cálidas ecuatoriales y oceánicas, mientras que el Petrel de Barba Blanca se evidenció al sur de Chicama.

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

4.1 Pronósticos a gran escala de las agencias internacionales

La mayoría de los modelos dinámicos y estadísticos de predicción de ENOS (Niño 3.4) de las agencias internacionales (IRI, octubre 2019), pronostican condición neutra del ENOS y persistiría durante el verano austral 2020 (Figuras 45 y 46).

Espacialmente, para el trimestre DEF 2019-2020, 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 condiciones neutras para la región 3.4. Para la región 1+2 y en particular el norte de la costa peruana, todos los modelos también indican condiciones neutras, aunque con presencia de TSM entre +0,25 °C y +0,5 °C en los modelos ECMWF y CFSv2 (Figura 46).

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), reprodujo la llegada de una onda Kelvin cálida (modo 1) a las costas de Sudamérica en octubre. Se espera que otra onda Kelvin cálida (modo 2), generada en el Pacífico central, arribe a las costas de Sudamérica en noviembre 2019 (Figura 47). Esta onda Kelvin cálida influirá en el incremento del nivel del mar, de la TSM y la profundización de la termoclina.

Por otro lado, dos ondas Kelvin frías, de modo 1 y modo 2 fueron generadas en el Pacífico Central (~ 160 °W) debido a las anomalías de vientos del este en octubre, proyectándose su arribo a la costa sudamericana en diciembre 2019 y en enero 2020, respectivamente. Estas ondas podrían contribuir a la disminución del nivel del mar y de la TSM, así como a la superficialización de la termoclina. Finalmente, cabe señalar que otra onda Kelvin cálida (modo 1) se habría generado, entre fines de octubre e inicios de noviembre, como una reflexión de una onda Rossby en el extremo del Pacífico ecuatorial occidental (~ 140 °E), por lo cual, de predominar condiciones climatológicas de los vientos alisios, llegaría en enero 2020 a la región.

4.3 Pronósticos de la TSM frente a la costa del Perú

Para el ITCP, tanto el modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia del Pacífico tropical ecuatorial (Dewitte *et al.*, 2002; Gushchina et al., 2000), como el modelo estadístico basado en el volumen de agua cálida ecuatorial (Matellini *et al.*, 2007) y APS, pronosticaron valores negativos dentro del rango de condiciones neutras entre noviembre 2019 y febrero del 2020 (Figuras 48 y 49).

5. CONCLUSIONES

- En el Pacífico oriental se atenuaron las anomalías térmicas negativas, mientras que en el Pacífico central se expandieron las condiciones cálidas con anomalías positivas débiles de TSM. En la capa sub-superficial del Pacífico ecuatorial (300 m), el contenido de calor se incrementó, presentando una anomalía positiva promedio de +0,7 °C.
- El núcleo del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se presentó ubicado al este de su posición normal con una intensidad ligeramente menor a su valor climatológico en 0,5 hPa. El campo de presión a nivel del mar frente a la costa peruana presentó anomalías alrededor de +1 hPa, mientras que en el Pacífico subtropical anomalías negativas entre -1 y -2 hPa.
- El viento costero del sureste presentó una mayor intensidad al sur de Paita para la primera semana, mientras que para la segunda semana exhibió un notable debilitamiento y anomalías del noroeste. Del mismo modo, las anomalías de la velocidad del viento a lo largo de la costa fluctuaron entre positivas para la primera semana y muy negativas para la segunda semana, llegando a observarse valores mínimos de -4 m s⁻¹, mientras que para la segunda quincena las anomalías variaron entre +1 m s⁻¹ y -1 m s⁻¹, estas últimas al final del mes y entre Paita y Callao.
- El afloramiento costero, estimado a partir del esfuerzo de viento (IAC), alcanzó valores entre 450 m³ s⁻¹ 100m⁻¹ y 500 m³ s⁻¹ 100m⁻¹ durante casi todo el mes frente a Talara y Paita, persistiendo en esta zona, al igual que frente a Pisco y San Juan, la mayor parte del mes. Entre Paita y Callao, el afloramiento solo estuvo activo en la primera y tercera semanas; el IAC presentó valores por debajo de 200 m³ s⁻¹ 100m⁻¹, cayendo a menos de 50 m³ s⁻¹ 100m⁻¹ y 100 m³ s⁻¹ 100m⁻¹, en la segunda y cuarta semana, respectivamente.
- La actividad de mesoescala se caracterizó por la disminución de la cantidad de remolinos detectados con respecto al mes anterior y una preponderancia de los remolinos anticiclónicos (68 %) sobre los ciclónicos. En cuanto al tamaño y energía promedio de los remolinos detectados, el radio promedio (~65 km) se mantuvo respecto al mes anterior; mientras que, la energía cinética presentó en promedio un valor de 100 cm²s⁻², que está por debajo de lo observado durante los meses anteriores.
- En la zona costera dentro de las 60 mn se notó la aparición alternada de condiciones frías y cálidas en la superficie frente a Paita, debido a la influencia de aguas de procedencia ecuatorial, mientras que de Paita hacia el sur predominaron condiciones neutras, con débiles anomalías negativas de TSM.
- En las secciones oceanográficas, al final del mes, frente a Paita se registraron en promedio anomalías térmicas positivas de +1,0 °C sobre los 30 m y dentro de las 70 mn, asociadas a la presencia de AES y una ligera profundización de la iso-oxígena de 1 mL L⁻¹, mientras que entre los 300 y 500 m de profundidad se detectaron anomalías térmicas de hasta +1,0 °C, asociadas a flujos geostroficados hacia el sur. Frente a Chicama, sobre los 50 m se registraron ligeras anomalías térmicas negativas (ca. -0,5 °C), asociadas a la mayor presencia de ACF para la época y a un predominio de flujos geostroficados hacia el norte.

Además, se evidenció una ligera superficialización de la isoterma de 15°C y de la iso-oxígena de 1,0 mL L⁻¹, respecto a septiembre dentro de las 75 mn.

- Las estaciones fijas costeras de Paita y Chicama tendieron a mostrar un ascenso de las isotermas profundas, aunque en Paita se observó episodios de anomalías térmicas positivas sobre los 30 m, asociadas a la intromisión de AES ricas en OD. En Chicama y Callao se observó la persistencia de condiciones neutras y/o de anomalías térmicas negativas (~ 0,5 °C) en la columna de agua (<100 m) durante el mes.
- La concentración de clorofila-a satelital a lo largo de la costa fue de ~1 µg L⁻¹ en promedio dentro de las 60 mn; sin embargo, entre Callao y Pisco y frente a Ilo, se observaron valores de ~3 µg L⁻¹. A lo largo de la costa, predominaron anomalías negativas entre Paita y San Juan (-1 µg L⁻¹), con presencia de pequeñas zonas con anomalías positivas (entre +1 µg L⁻¹ y +3 µg L⁻¹) entre Callao a Pisco y entre San Juan a Ilo.
- Los índices reproductivos de la anchoveta del stock norte-centro, mostraron la disminución del proceso reproductivo, aunque aún continúan procesos de maduración gonadal y desove en parte de la población. Los recursos transzonales jurel y caballa se registraron en zonas de frentes térmicos entre ACF y ASS.
- Según el modelo de propagación de ondas aplicado en el IMARPE una onda Kelvin cálida generada en el Pacífico central llegaría frente a las costas de Sudamérica en noviembre 2019. Además, dos ondas Kelvin frías generadas en el Pacífico central llegarían frente a las costas de Sudamérica en diciembre y en enero 2020, respectivamente. Por último, una nueva onda Kelvin cálida se habría generado a fines de octubre en el extremo del Pacífico ecuatorial occidental y podría llegar al Pacífico ecuatorial oriental en enero 2020.
- Para el trimestre DEF 2019-2020, los modelos climáticos internacionales pronostican el predominio de condiciones neutras en la región Niño 3.4 y Niño 1+2, aunque para la región Niño 1+2 y el norte de la costa peruana se proyectan anomalías de TSM entre +0,25 °C a +0,5 °C. Los pronósticos del ITCP en base al modelo estadístico y al modelo acoplado de complejidad intermedia que aplica el IMARPE anticipan condiciones neutras entre noviembre 2019 a febrero 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 Gisolme 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 - octubre 2019.

Estación	TSM Set. (°C)	TSM Oct. (°C)	ATSM Oct. (°C)
Tumbes	25,28	27,53	1,63
Paita	17,41	17,64	-0,56
San José	17,99	18,47	-0,73
Chicama	16,19	17,28	0,08
Huanchaco	16,19	17,24	0,04
Chimbote	17,74	18,88	-0,32
Huacho	14,68	16,64	-0,06
Callao	14,89	16,70	0,30
Pisco	19,26	20,05	0,65
Ilo	14,34	15,87	-0,03

8. FIGURAS

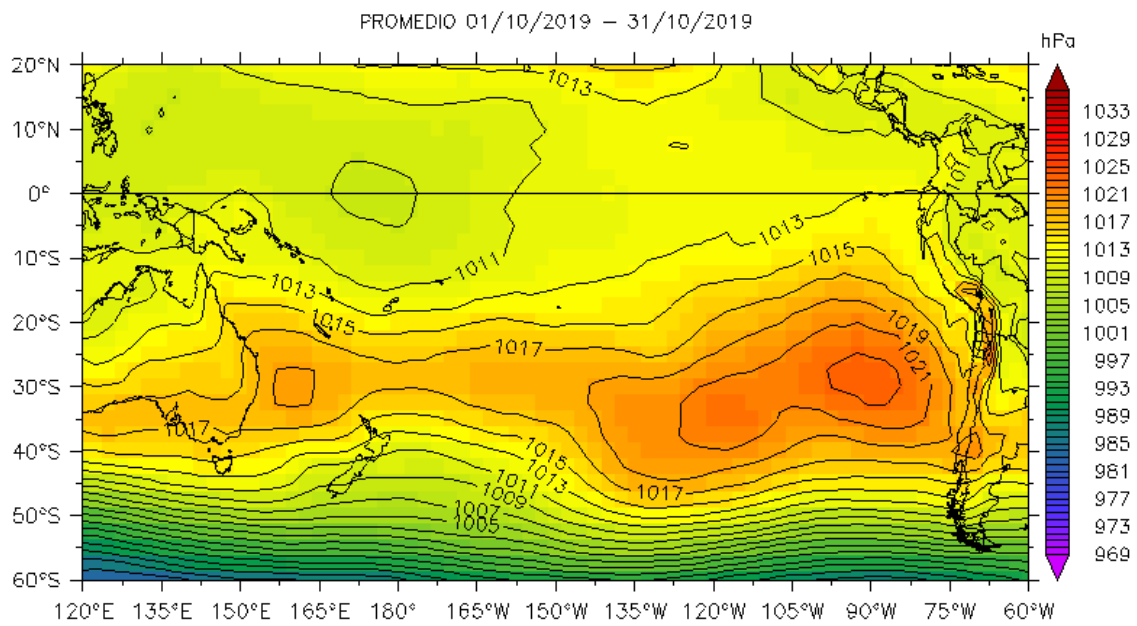


Figura 1. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, promedio 1-31 octubre, Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

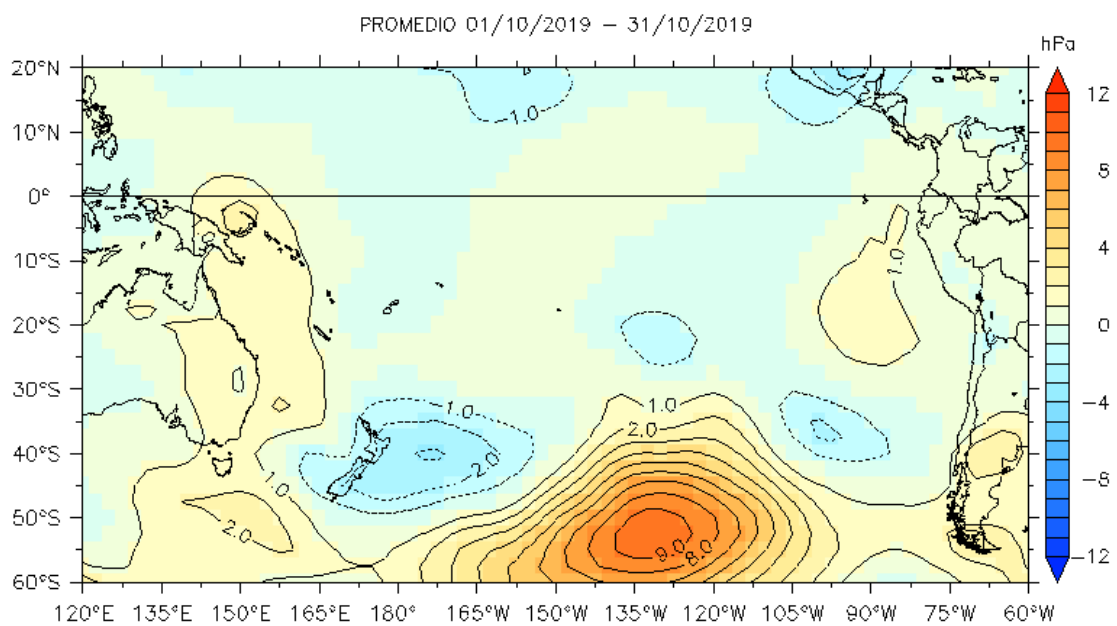
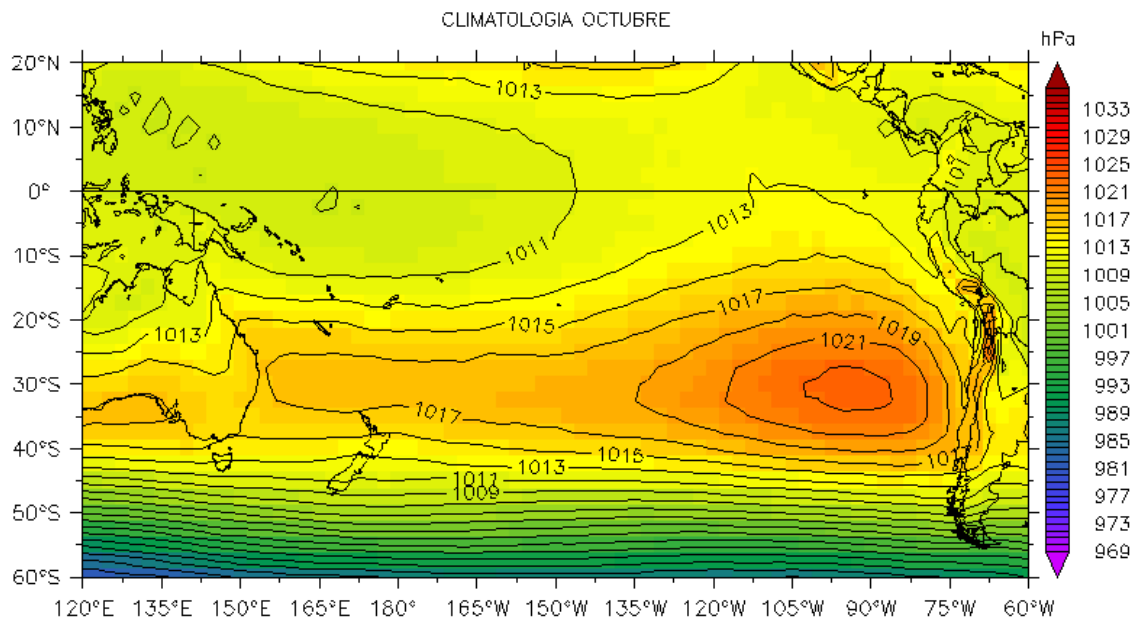


Figura 2. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, climatología (a) y anomalías promedio (b) de octubre 2019. Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

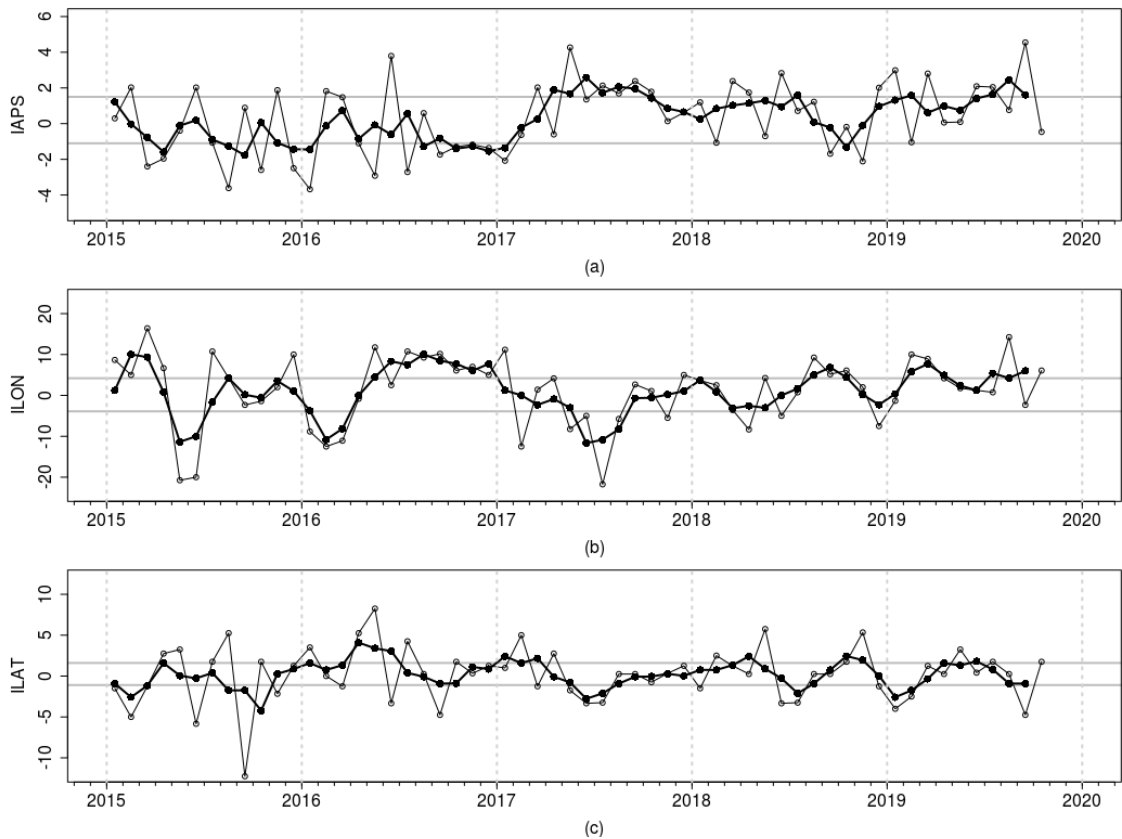


Figura 3. Variación temporal de los índices del APS: a) índice de intensidad (IAPS) e índices de posición b) longitudinal (ILON) y c) latitudinal (ILAT) hasta el trimestre ASO 2019 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2015 – octubre 2019.

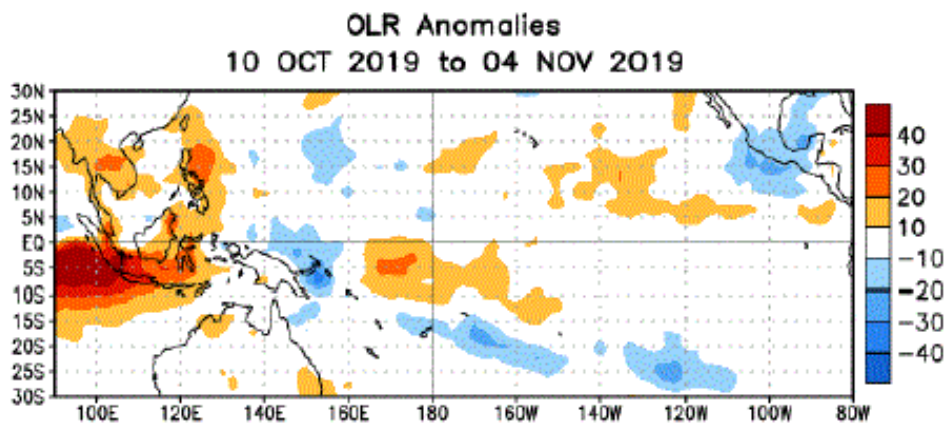


Figura 4. Anomalías del promedio de la radiación de onda larga emitida (OLR, por sus siglas en inglés) (W/m^2) durante el mes de octubre de 2019. Las anomalías de OLR se calculan como desviaciones de los penta-promedios del período base de 1981-2010.

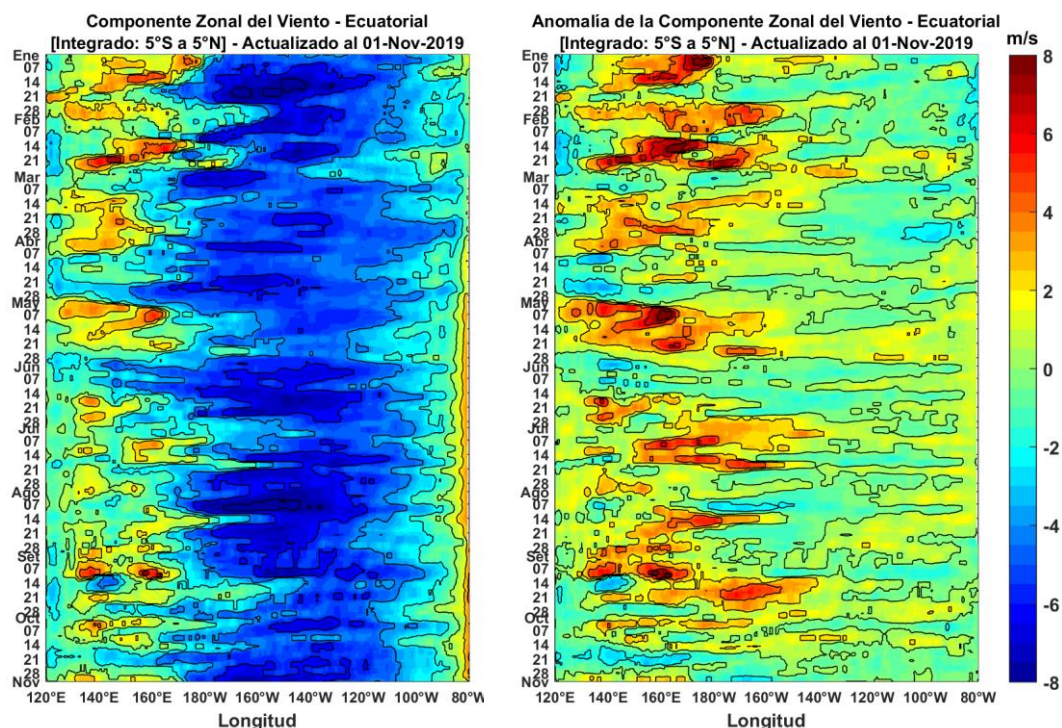


Figura 5. Viento Satelital (integrado en el Ecuador): a) Componente Zonal del viento (m/s), b) Anomalía de la Componente zonal del viento (m/s), durante el último año (Fuente: Satélite ASCAT y modelo GSF, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 01/11/2019.

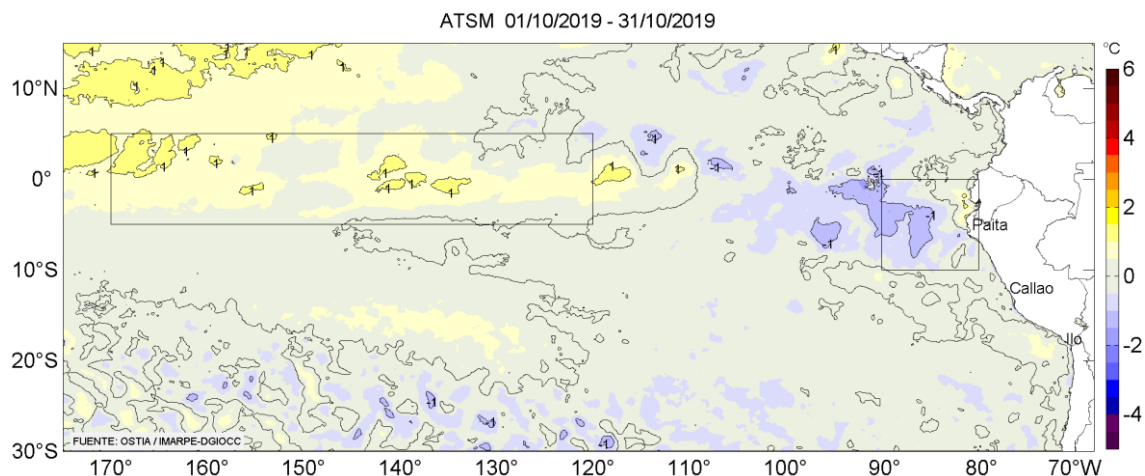


Figura 6. Anomalías promedio de la temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$) para el mes de octubre 2019. Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

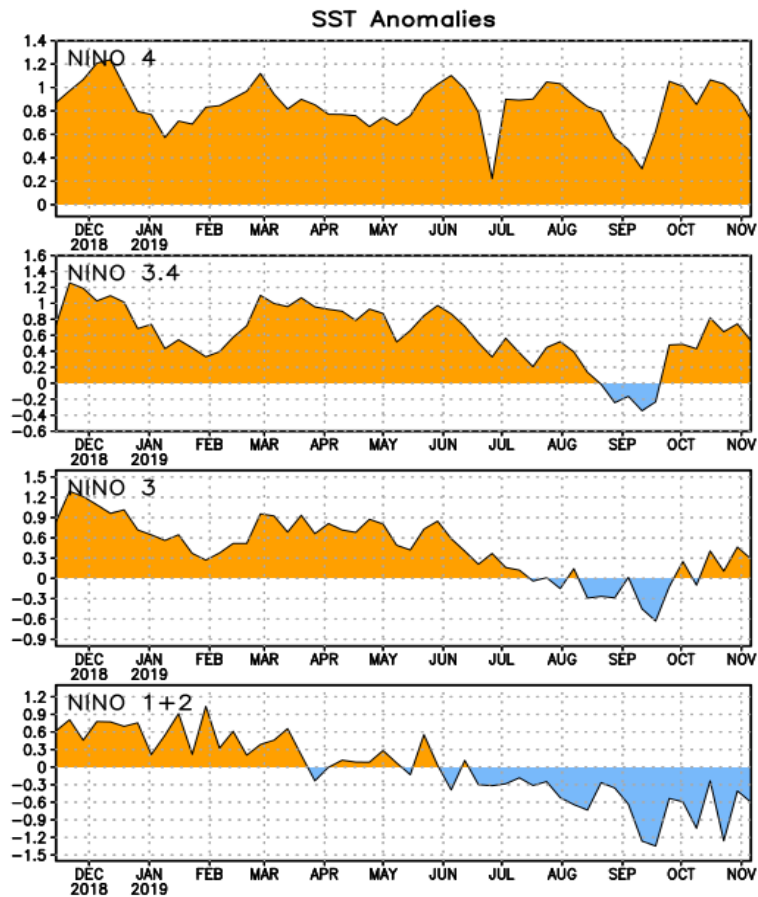


Figura 7. Anomalías semanales promedio de la temperatura superficial del mar (°C) durante un año, hasta fines de octubre del 2019. Fuente CPC/NOAA.

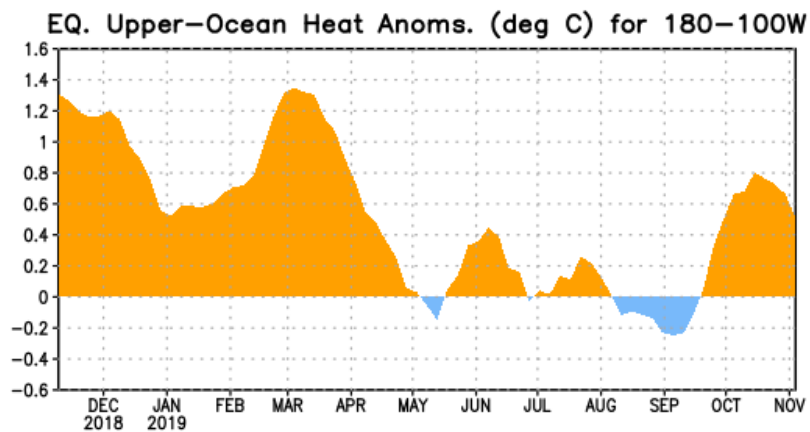


Figura 8. Anomalías del contenido de calor (en °C) en el área promediada del Pacífico ecuatorial (5°N-5°S, 180°-100°W). Las anomalías en el contenido calórico son calculadas como las desviaciones de los promedios por pentadas del período base de 1981-2010. Fuente CPC/NOAA.

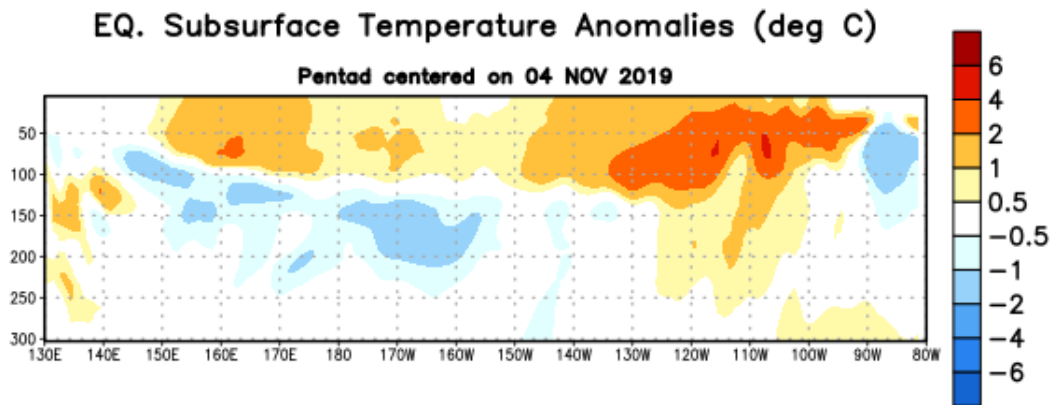


Figura 9: Anomalías de temperatura (en °C) en un transecto de profundidad-longitudinal (0-300 m) en la parte superior del Océano Pacífico ecuatorial, centradas en la semana del 04 de noviembre del 2019. Las anomalías son promediadas entre 5°N-5°S. Las anomalías son variaciones a partir de los promedios por pentadas durante el periodo base de 1981-2010. Fuente CPC/NOAA.

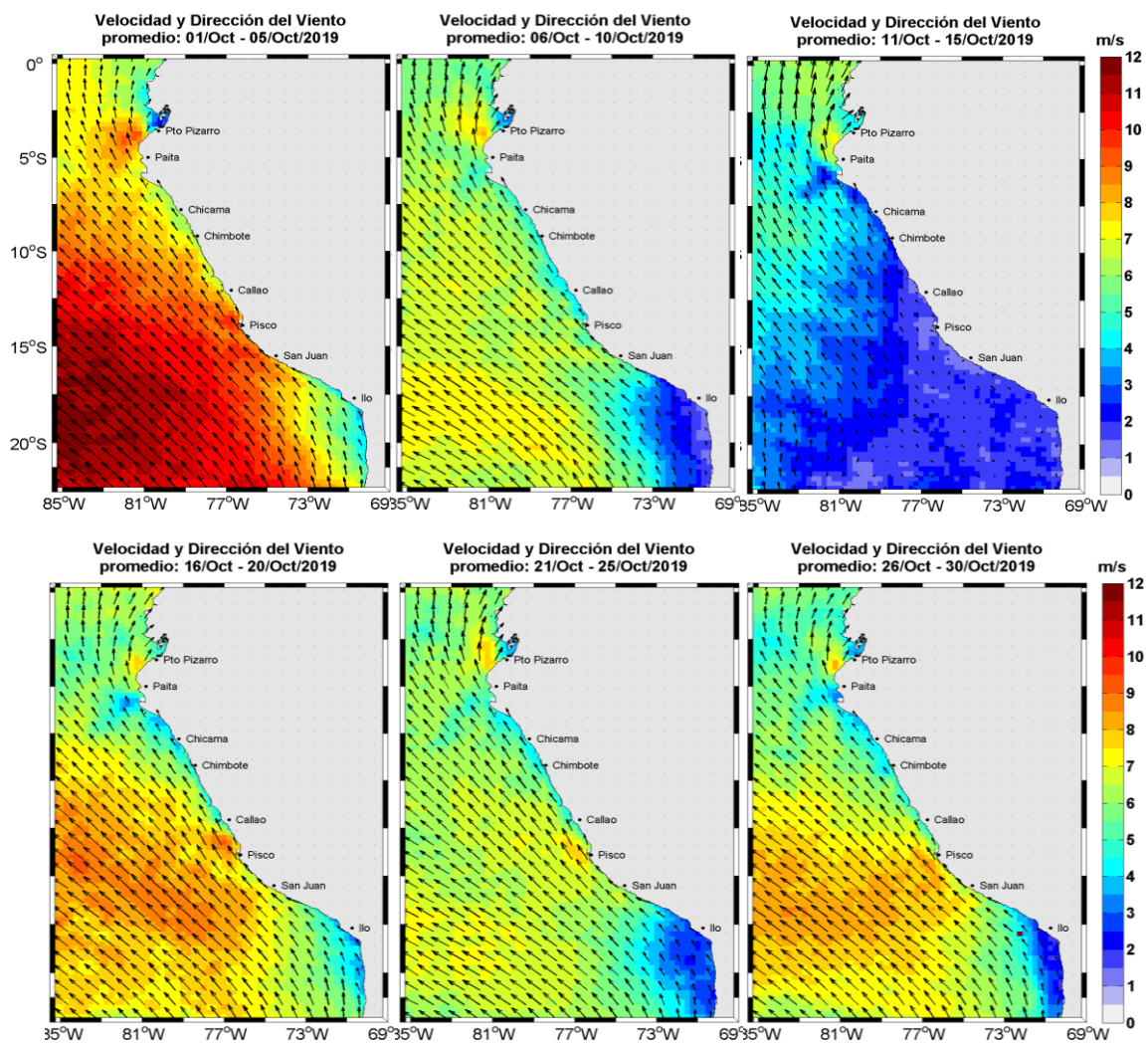


Figura 10. Mapas de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de octubre del 2019 (Fuente: Satélite ASCAT). Procesamiento: Laboratorio de Hidrofísica Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/10/2019.

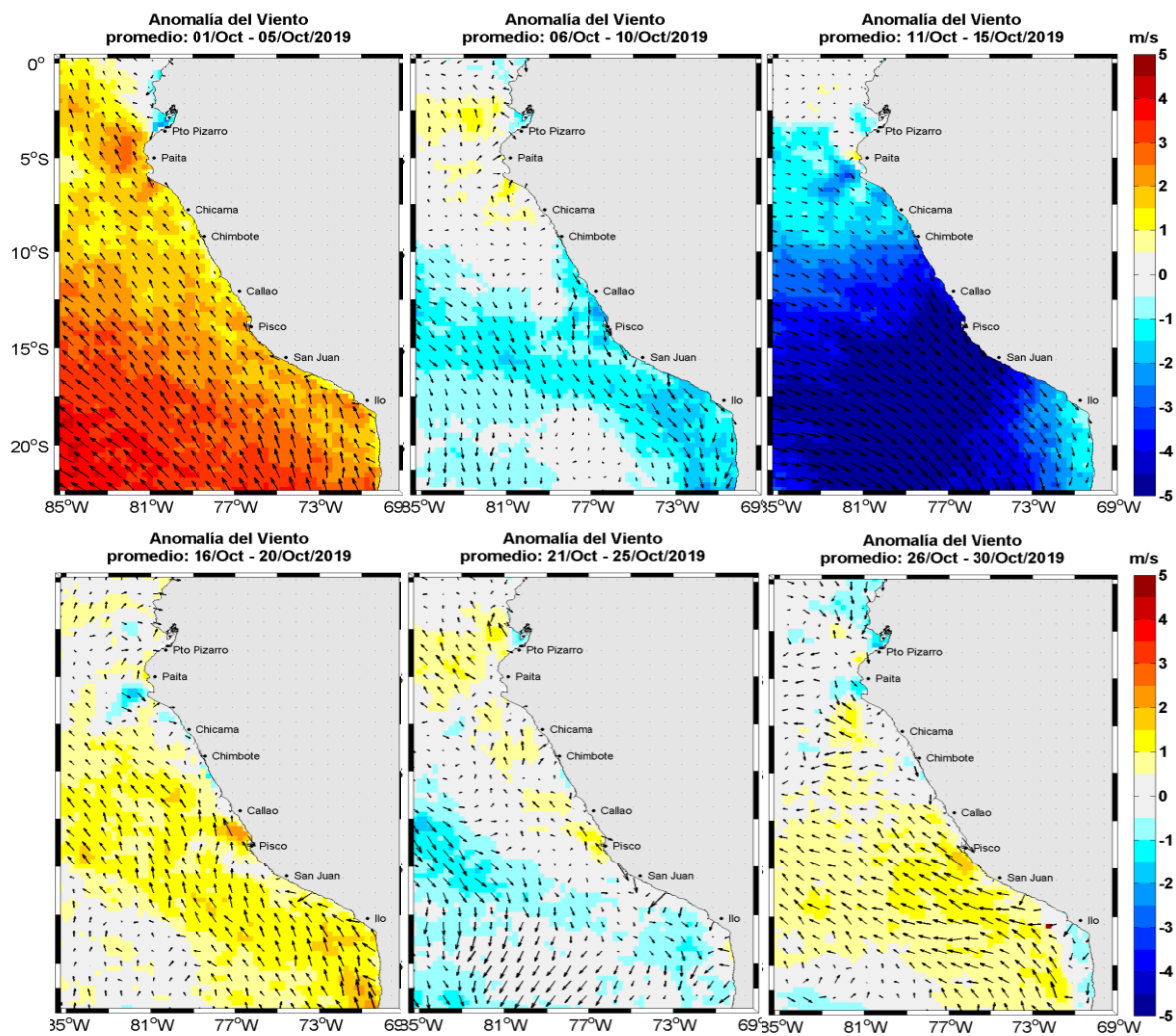


Figura 11. Mapas de anomalía de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de octubre del 2019 (Fuente: Satélite ASCAT), Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/10/2019.

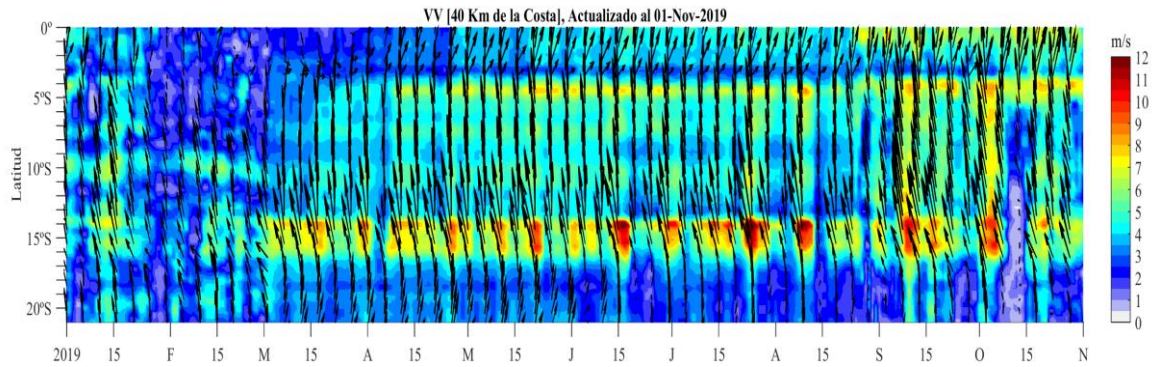


Figura 12. Diagrama Hovmöller de la velocidad del viento a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT y productos del proyecto COPERNICUS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 01/11/2019.

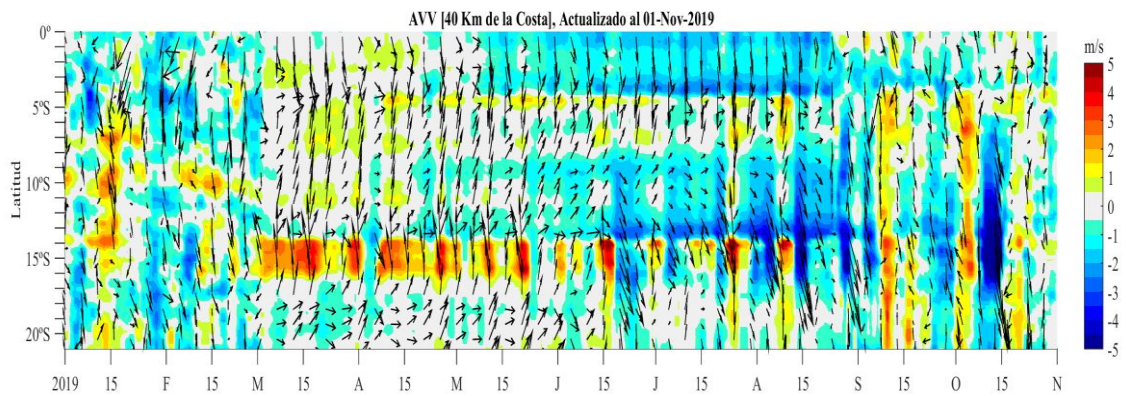


Figura 13. Diagrama Hovmöller de la anomalía del viento a lo largo de la costa peruana meses (Fuente: Satélite ASCAT y productos del producto COPERNICUS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 01/11/2019.

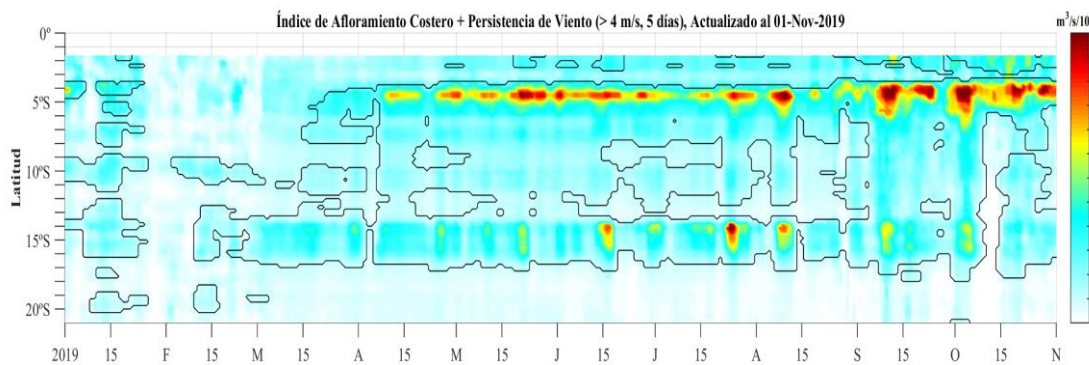


Figura 14. Diagrama de Hovmöller del Índice de Afloramiento Costero ($m^3/s \times 100m$), calculado a partir del viento satelital ASCAT y productos del proyecto COPERNICUS a 40 Km frente a la costa del Perú. Los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad diciembre a 4 m/s durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 01/11/2019.

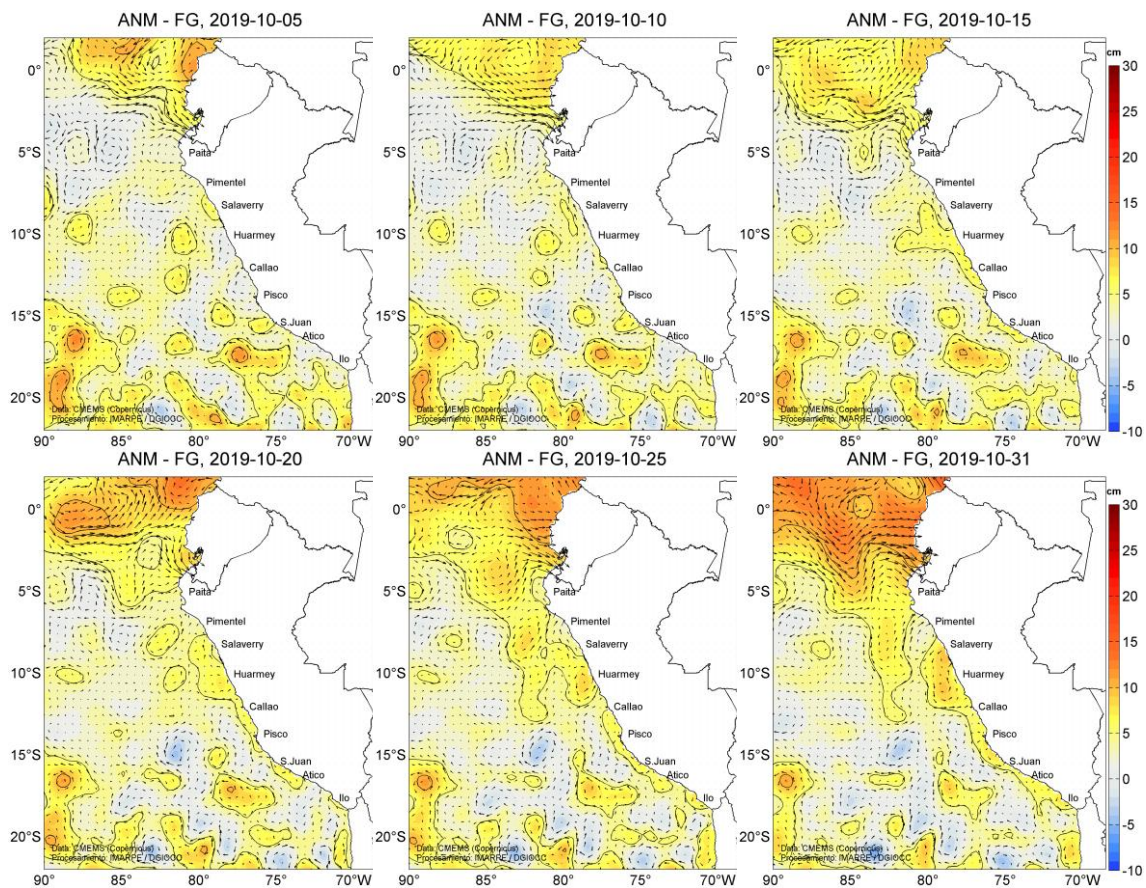


Figura 15. Anomalías del nivel del mar (cm) y flujos geostróficos, cada cinco días para el mes de octubre de 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

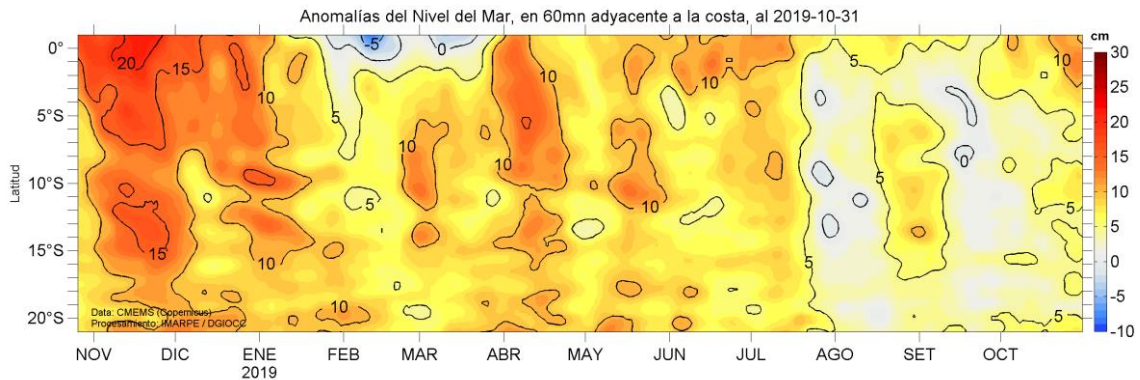


Figura 16. Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel del mar (cm), durante un año hasta el 31 de octubre del 2019, para la franja de 60 mn adyacente a la costa. Fuente: CMEMS, Procesamiento IMARPE.

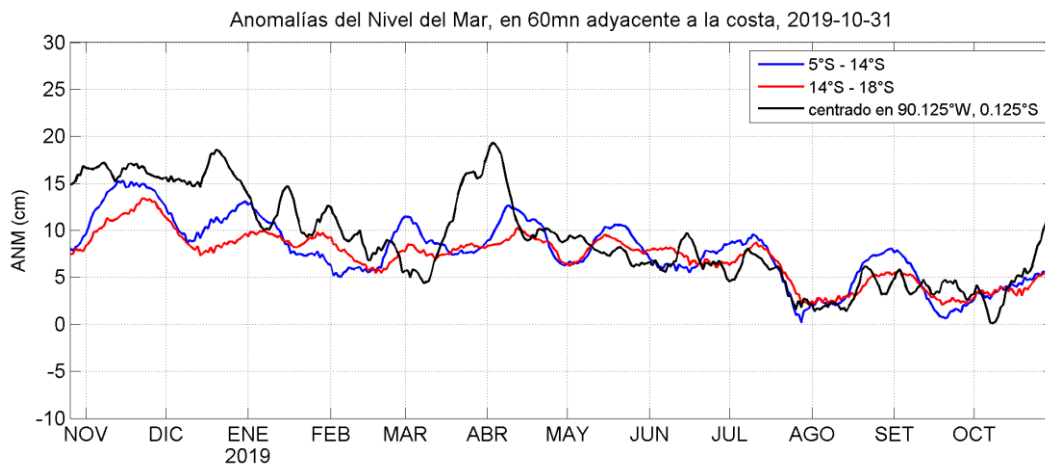


Figura 17. Variación temporal de las anomalías del nivel del mar, dentro de las 60 mn de la costa y en la zona de Galápagos, durante un año hasta el 31 de octubre del 2019. Fuente: CMEMS, Procesamiento: IMARPE.

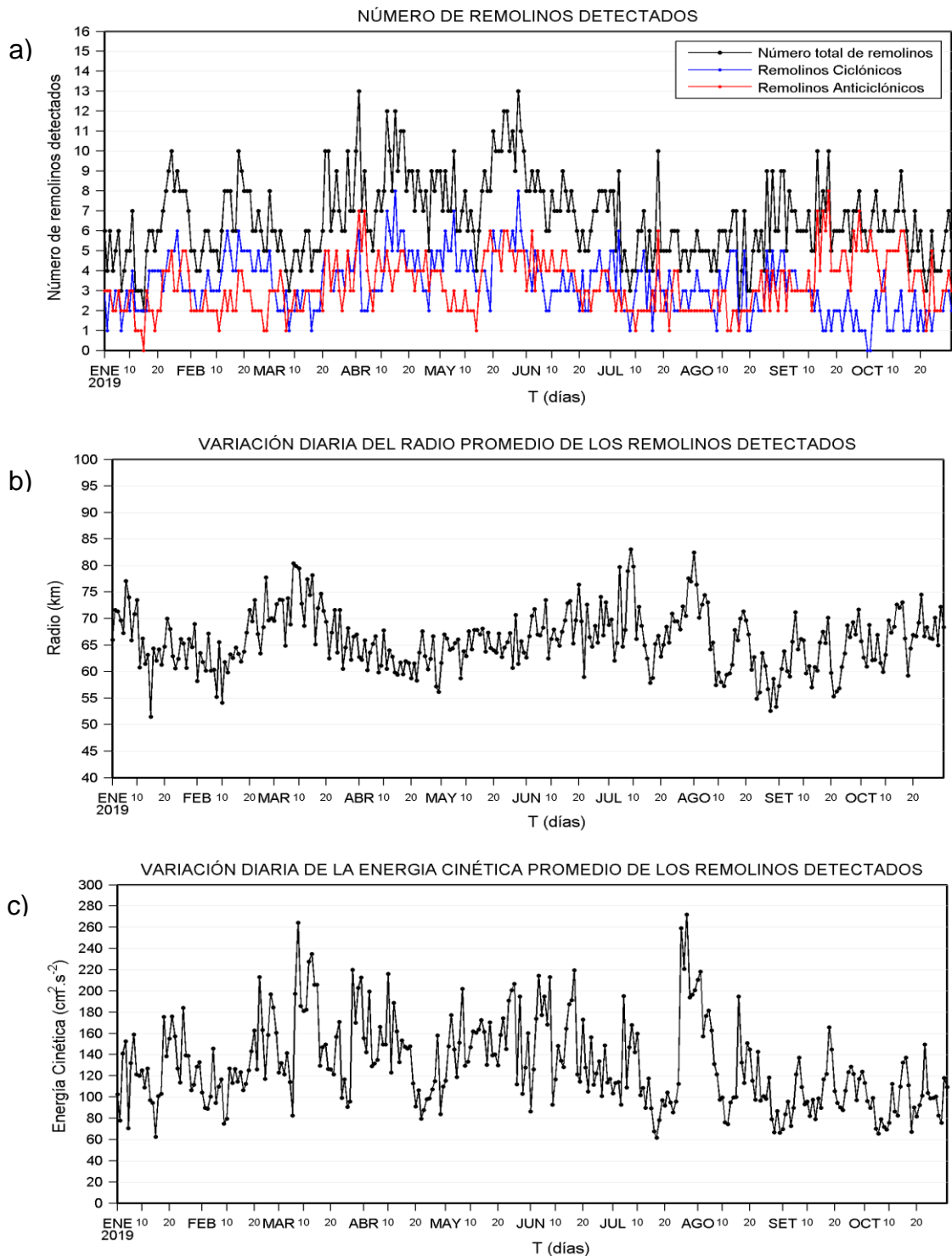


Figura 18. Variación diaria del a) número de remolinos detectados, b) radio promedio y c) la energía cinética promedio, en la zona costera del Perú [70°-84°W, 3°-18°S], desde enero hasta octubre del 2019. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

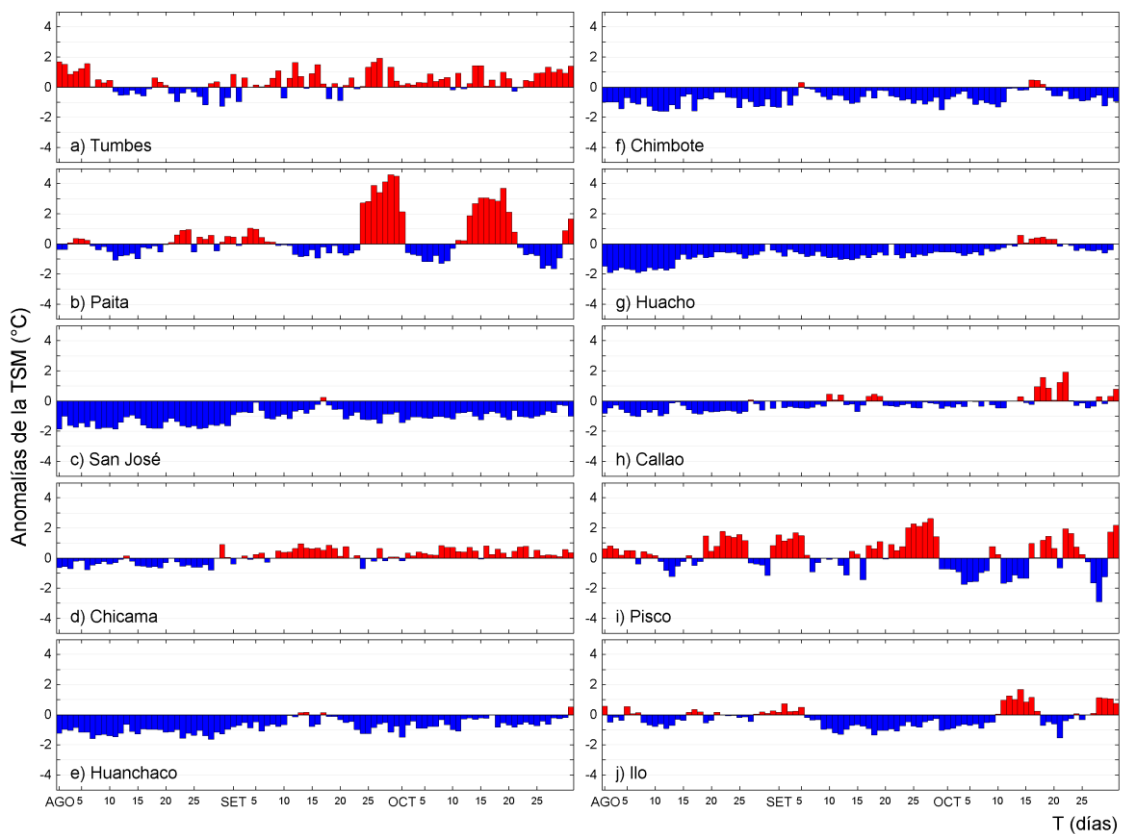


Figura 19. Series temporales del promedio diario de las anomalías de la temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$) en la red de estaciones costeras de IMARPE durante el último trimestre. Datos y procesamiento: IMARPE.

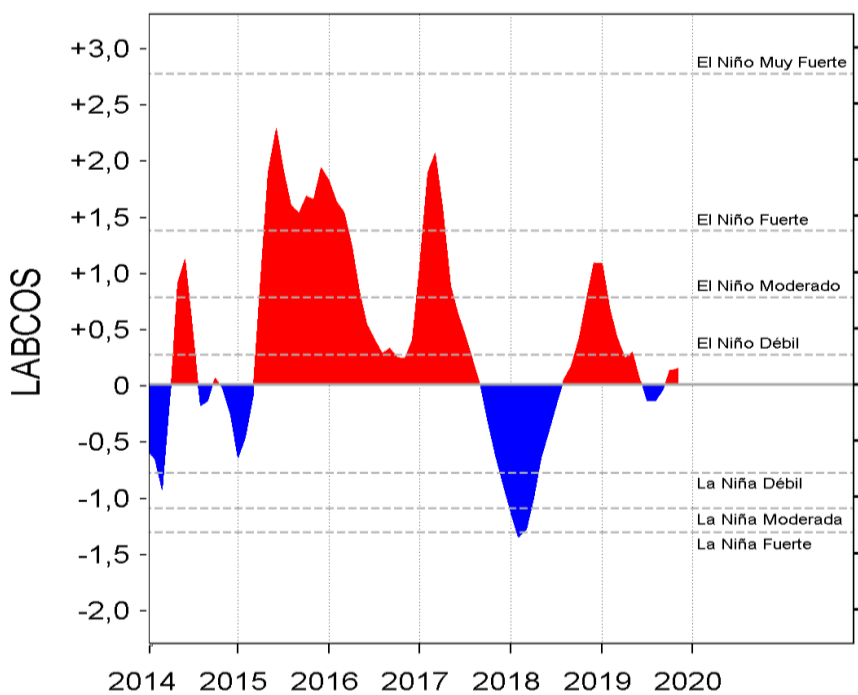


Figura 20. Índice LABCOS (área sombreada) y valor mensual (círculos); periodo enero 2014 - octubre 2019. Datos: IMARPE, DHN; procesamiento: IMARPE

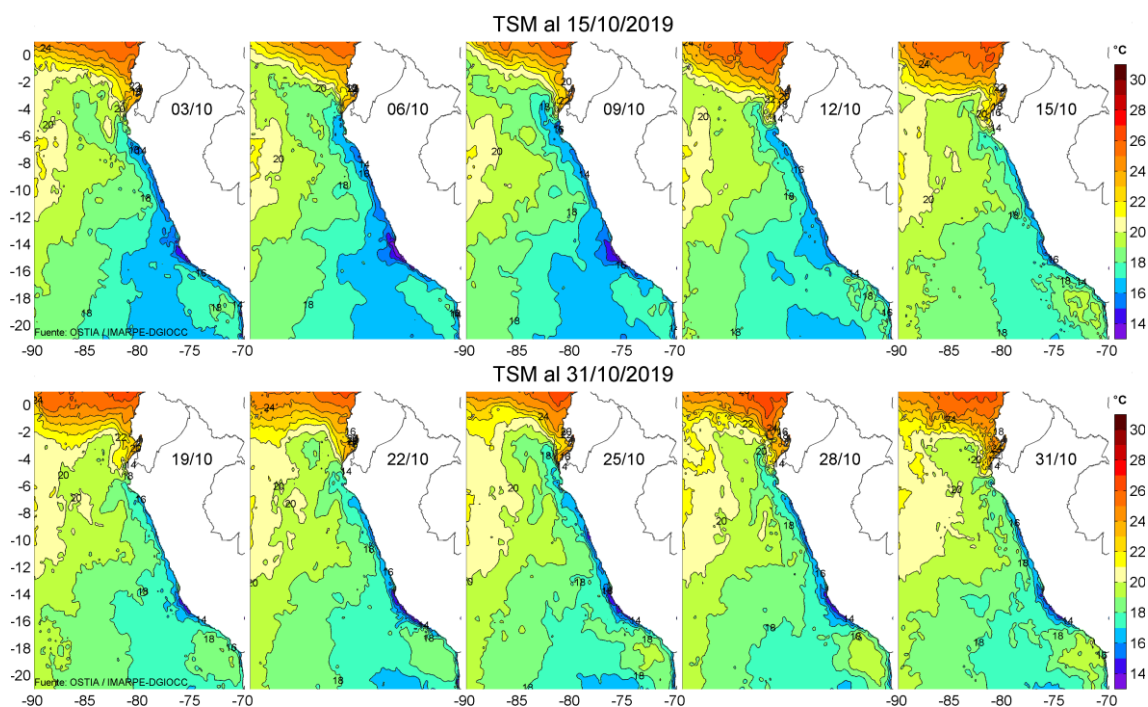


Figura 21. Temperatura superficial del agua (°C) en el mar peruano, cada tres días durante octubre del 2019. Fuente PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

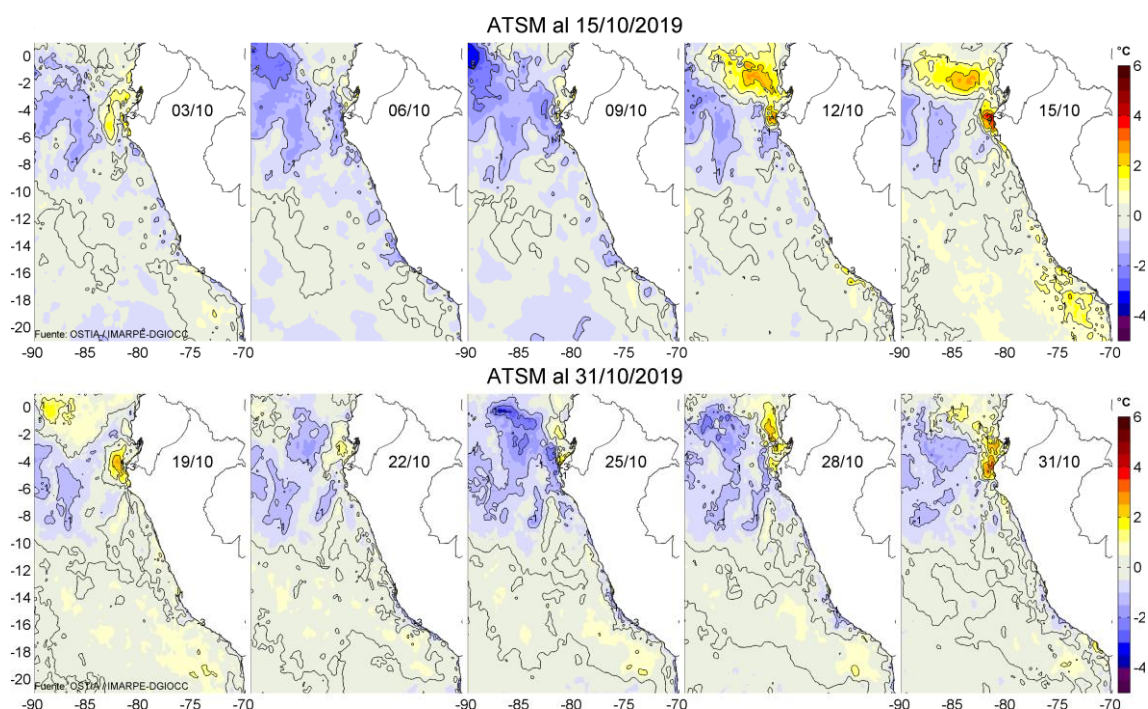


Figura 22. Anomalías de temperatura superficial del mar (ATSM) frente a Perú, cada tres días durante octubre del 2019, (periodo climatológico 2007-2016). Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

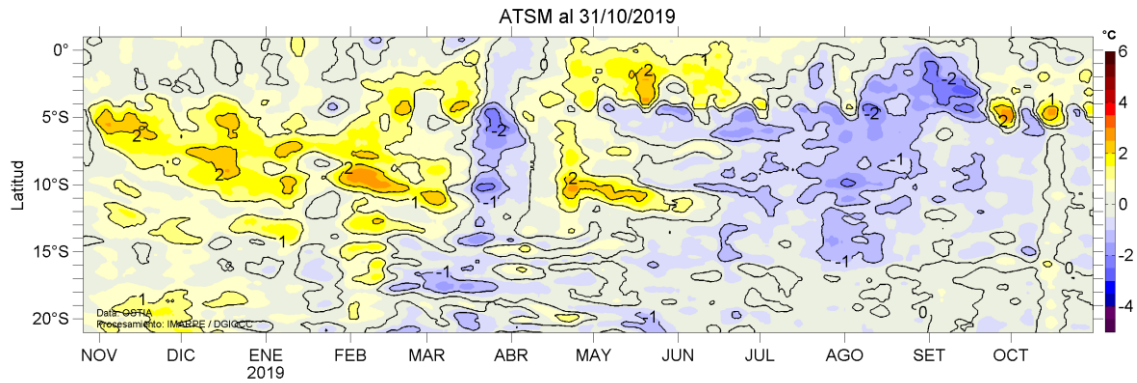


Figura 23. Evolución de las anomalías de temperatura superficial del mar (ATSM), dentro de las 60 mn de la costa, durante un año hasta el 31 de octubre del 2019, (periodo climatológico 2007-2016). Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento: IMARPE.

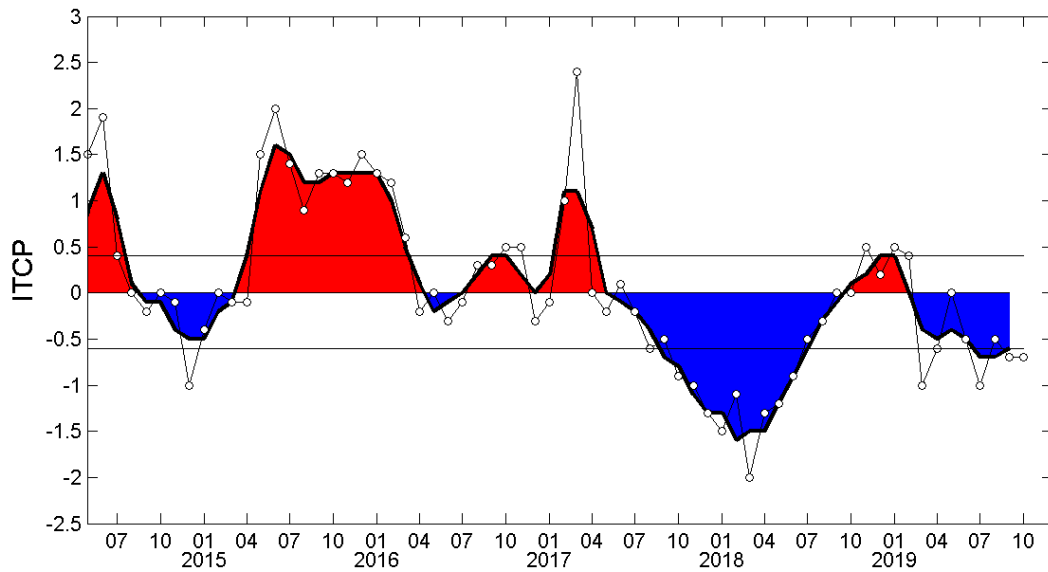


Figura 24. Variación temporal del ITCP hasta el trimestre ASO 2019. La variación temporal del ITCP trimestral (área sombreada) y la serie de tiempo mensual del primer componente principal de la ATSM (círculo blanco). Fuente: IMARPE.

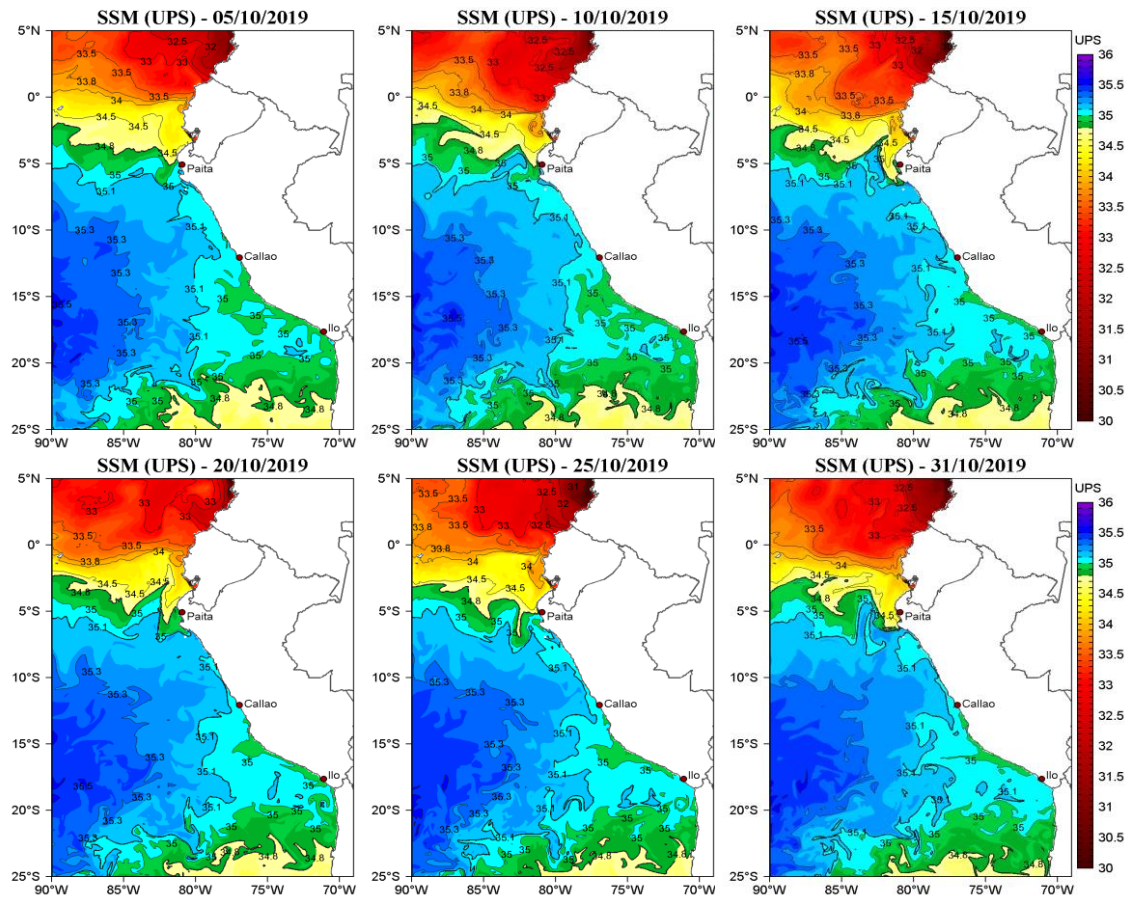


Figura 25. Distribución espacial de salinidad superficial del mar (SSM), durante los días 05, 10, 15, 20, 25 y 31 de octubre del 2019. Fuente: HYCOM, Procesamiento: DGIOCC-IMARPE.

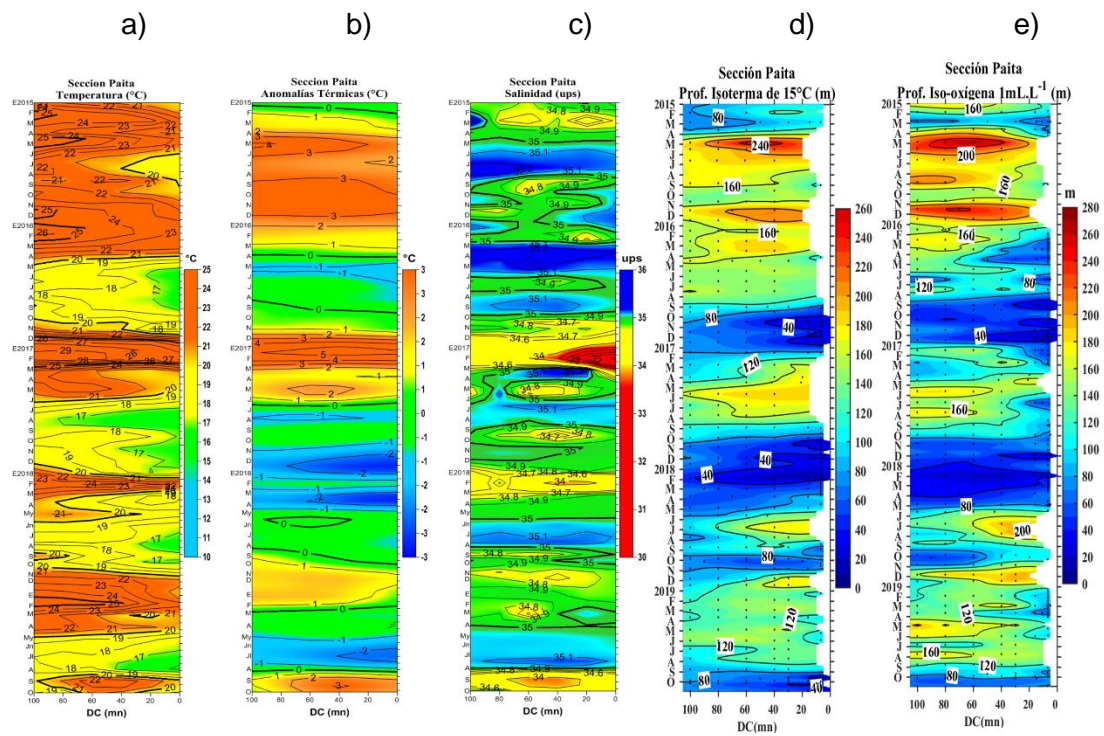


Figura 26. Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) Profundidad de la isoterma de 15°C (m) y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L⁻¹ (m) de las secciones verticales frente a Paita, registrado desde enero del 2015 hasta octubre del 2019.

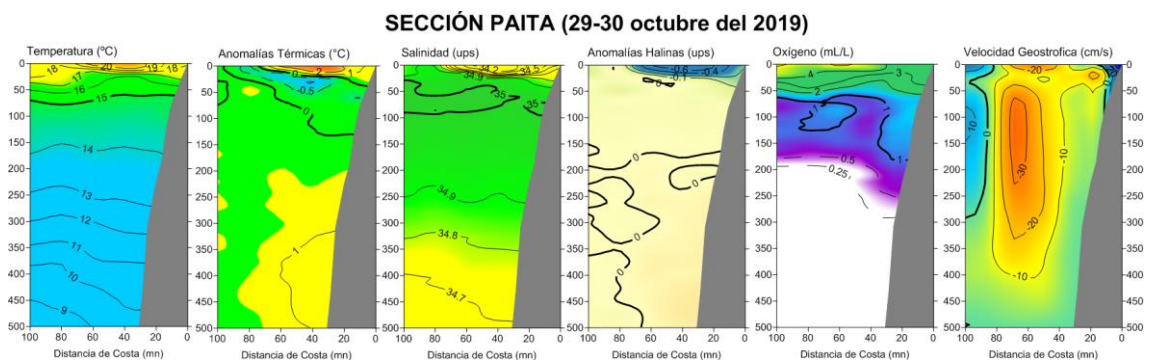


Figura 27. Distribución vertical de: a) temperatura (°C), b) anomalía de temperatura (°C), c) salinidad (ups), d) anomalía de salinidad (ups), e) oxígeno (mL.L⁻¹) y f) velocidad geostrofica (cm s⁻¹) frente a Paita, realizada durante el 29 - 30 de octubre de 2019. Fuente: IMARPE.

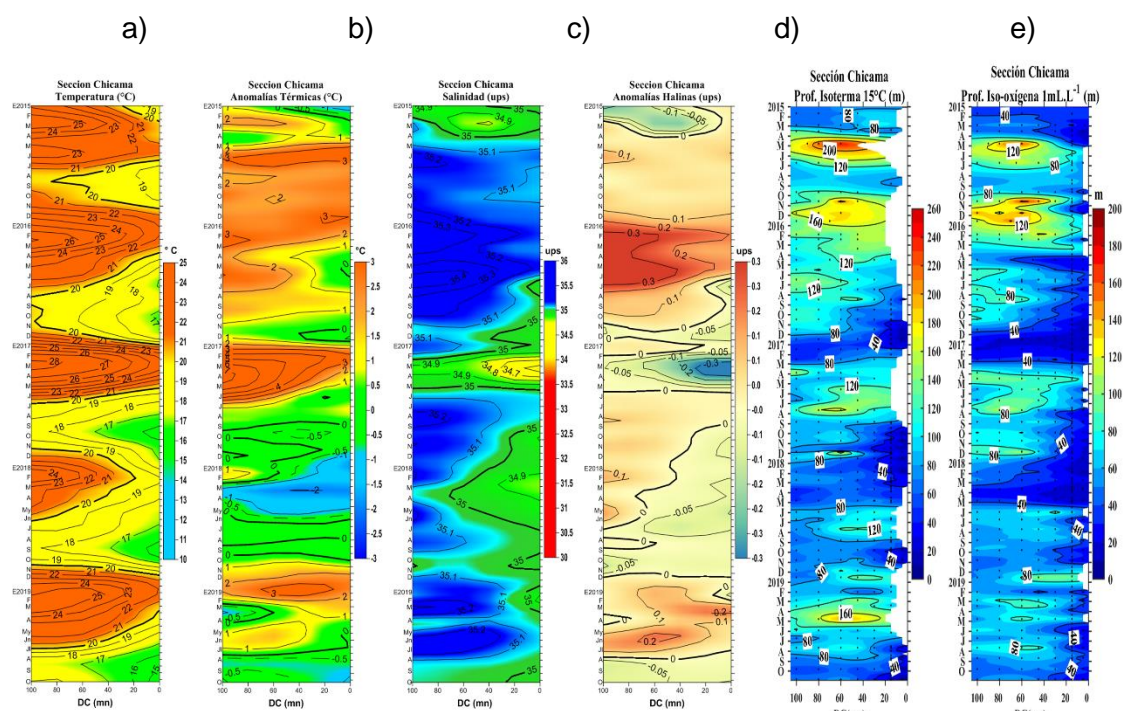


Figura 28. Diagrama Hovmöller de a) TSM, b) ATSM, c) SSM, d) Profundidad de la isoterma de 15°C (m) y e) Profundidad de la iso-oxigena de 1 mL.L⁻¹ (m) de las secciones verticales frente a Chicama, registrado desde enero del 2015 hasta septiembre de 2019.

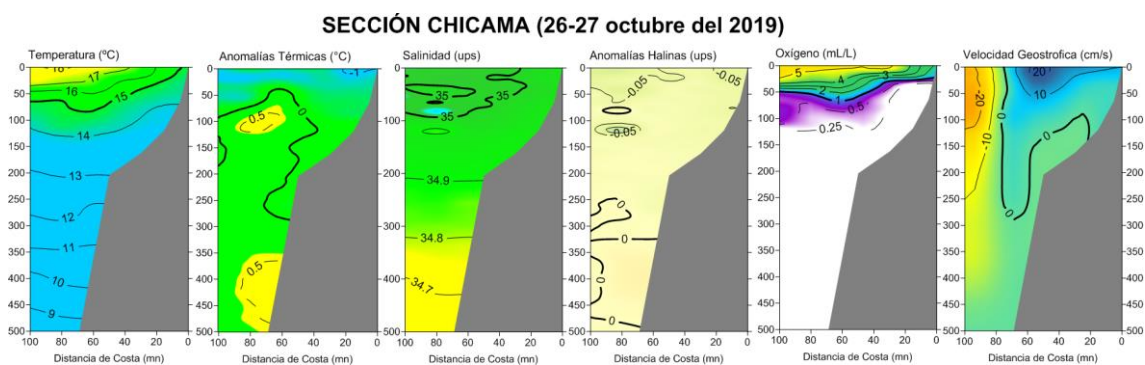


Figura 29. Distribución vertical de: a) Temperatura superficial del mar (°C), b) Anomalia de temperatura superficial del mar (°C), c) Salinidad superficial del mar (ups), d) Anomalia de salinidad superficial del mar (ups), e) Oxígeno (mL.L⁻¹) y f) Velocidad geostrofica (cm s⁻¹) frente a Chicama, realizada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

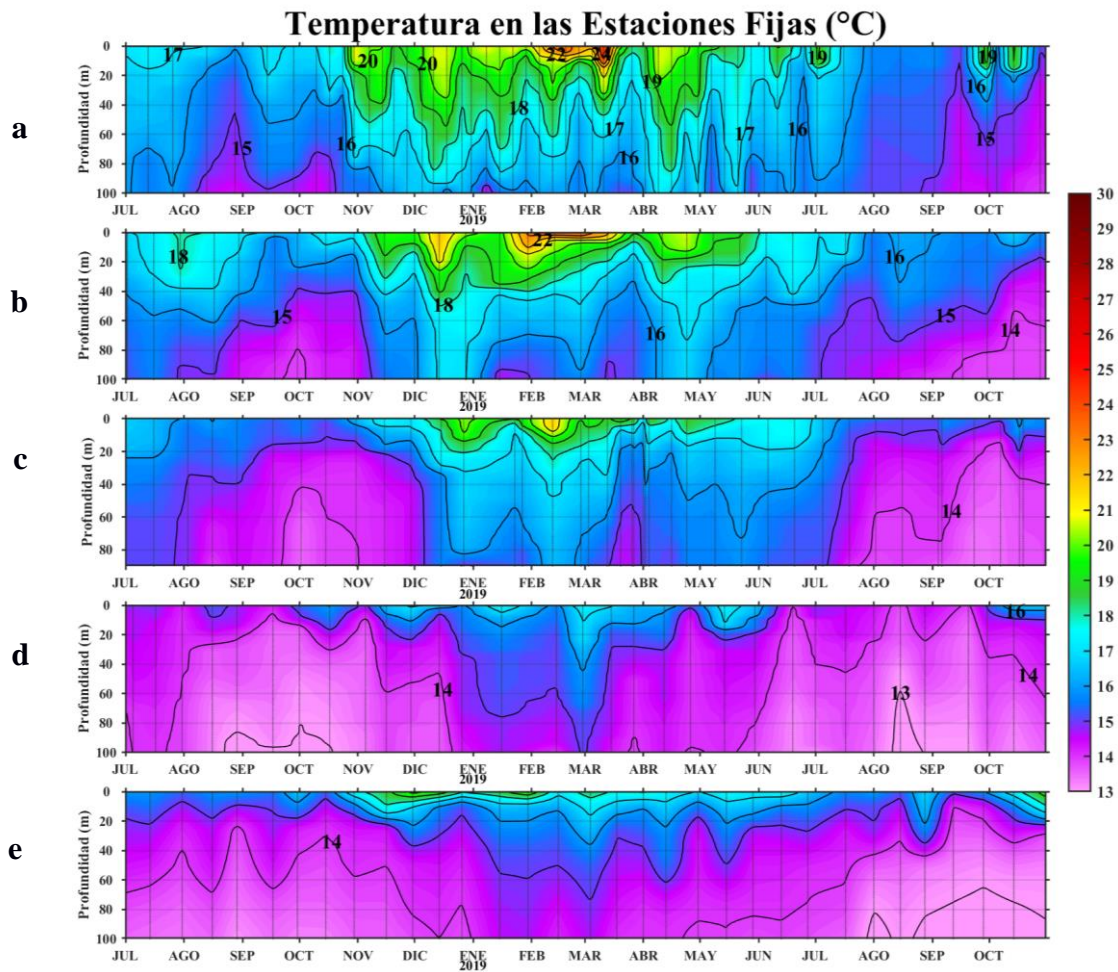


Figura 30. Series de tiempo de la estructura térmica (°C) en las Estaciones Fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico; y e) Ilo de enero de 2018 a octubre de 2019.

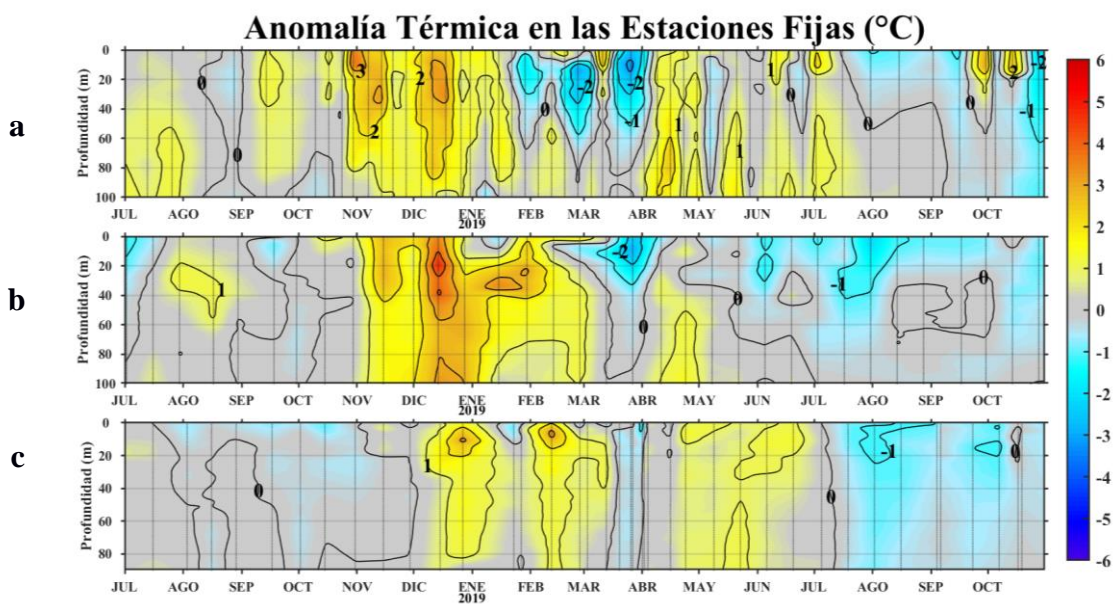


Figura 31. Series de tiempo de la anomalía térmica (°C) en las Estaciones Fijas de: a) Paita; b) Chicama; y c) Callao de enero de 2018 a octubre de 2019.

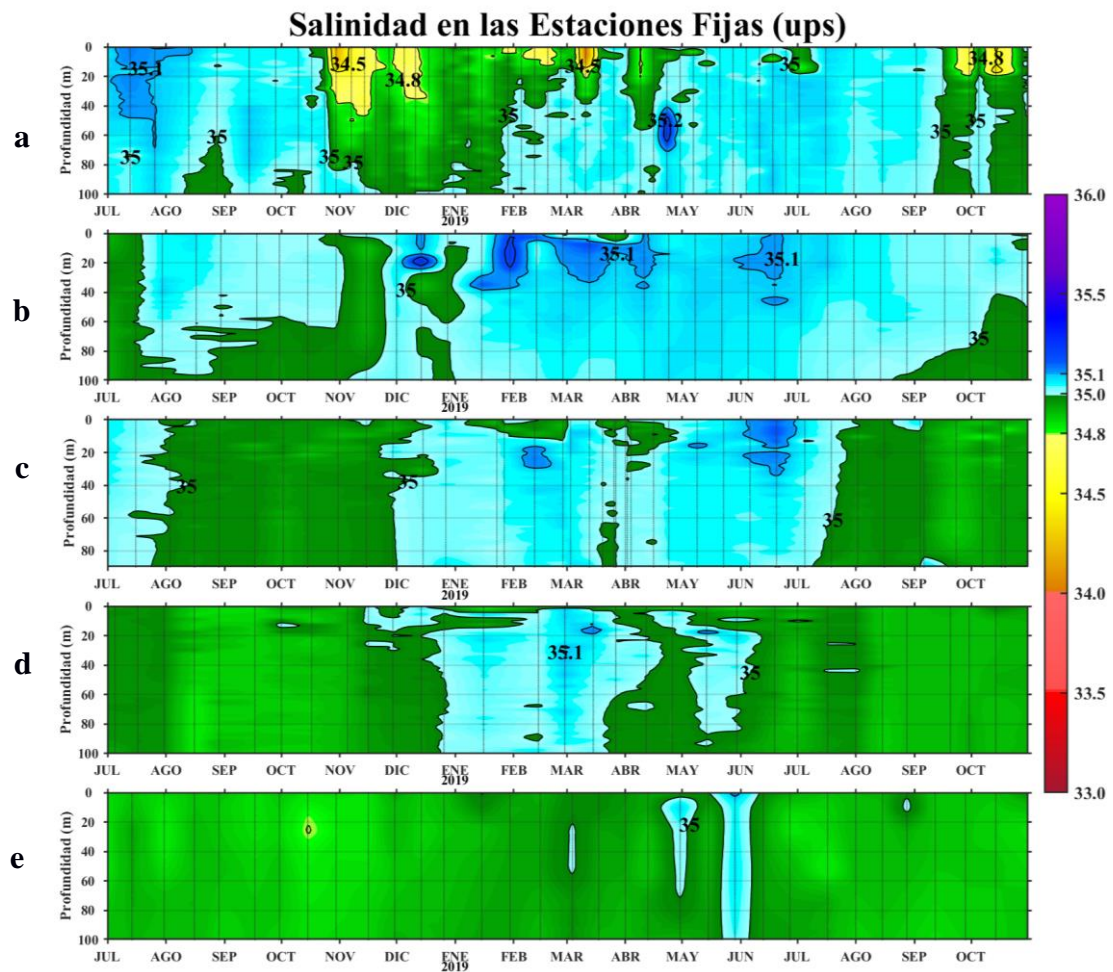


Figura 32. Series de tiempo de la salinidad del agua de mar (ups) en las Estaciones Fijas de a) Paita; b) Chicama; c) Callao; d) Atico; y e) Ilo, de enero de 2018 a octubre de 2019.

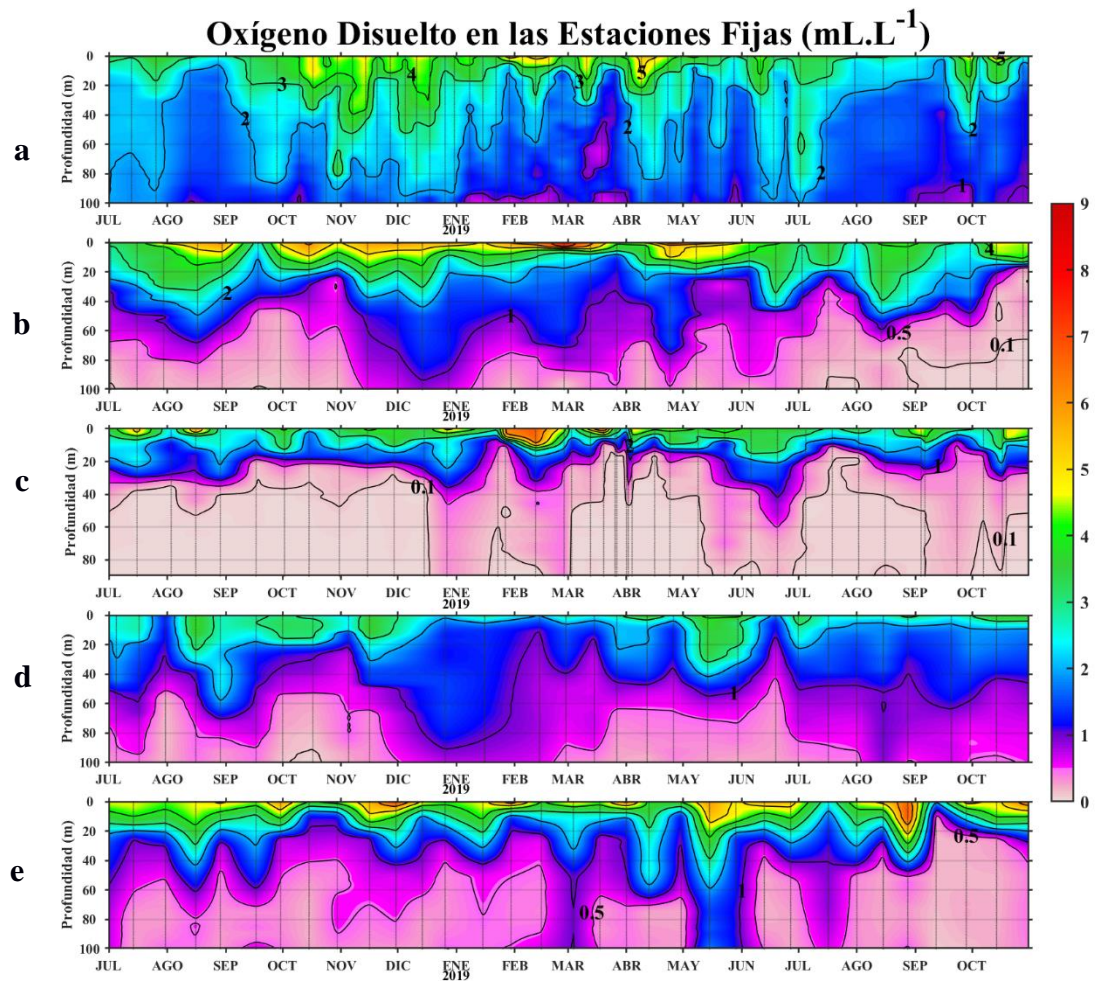


Figura 33. Series de tiempo de la concentración de oxígeno disuelto (mL.L⁻¹) en las Estaciones Fijas de a) Paita; b) Chicama; c) Callao; d) Atico; y e) Ilo, de enero de 2018 a octubre de 2019.

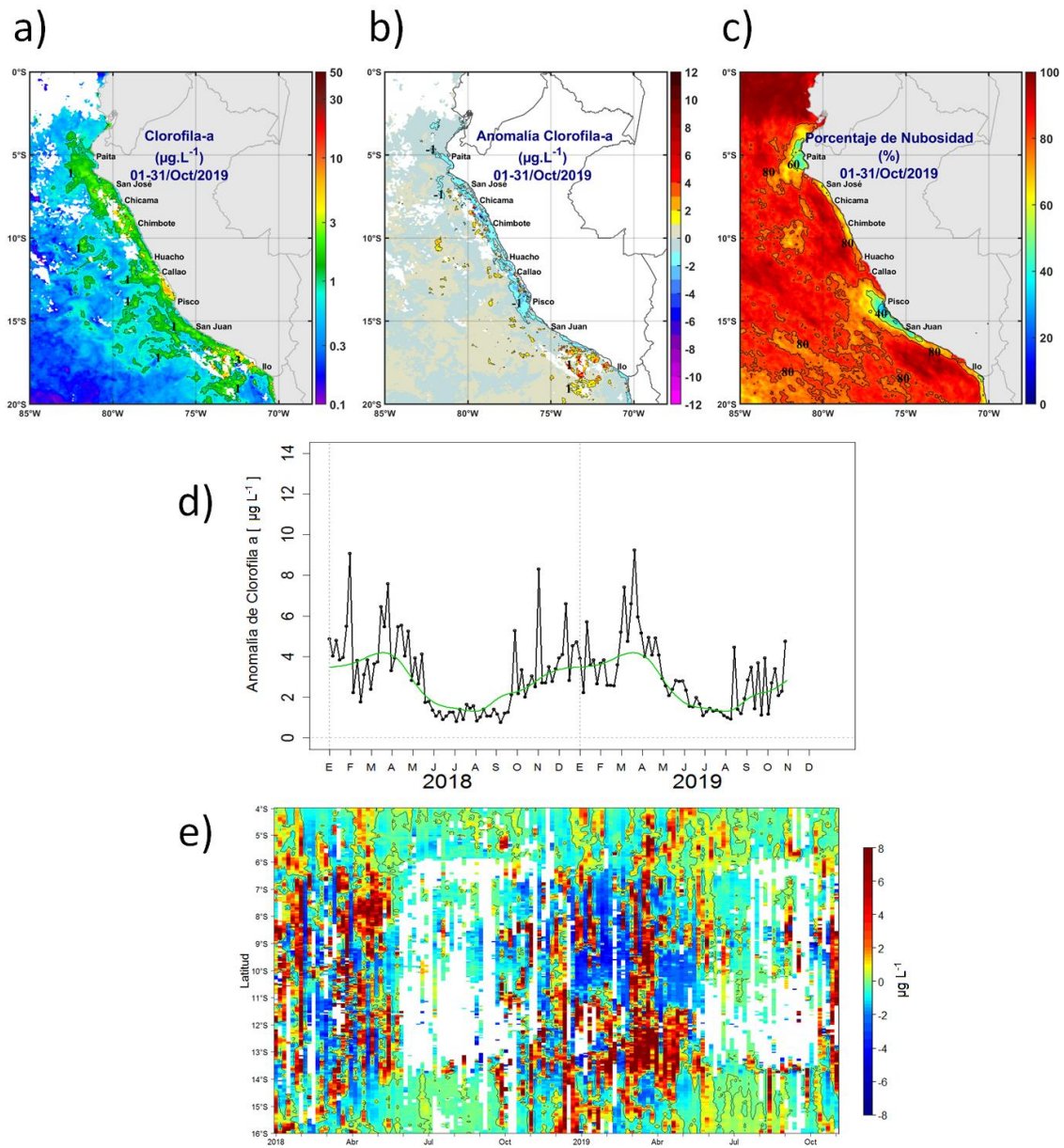


Figura 34. Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de clorofila-a satelital proveniente de MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante octubre 2019 (en $\mu\text{g L}^{-1}$). Número de días con nubes en (c). Serie de tiempo (d) para 4°S-16°S y dentro de los 100 km de la costa, de las concentraciones de clorofila-a 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.

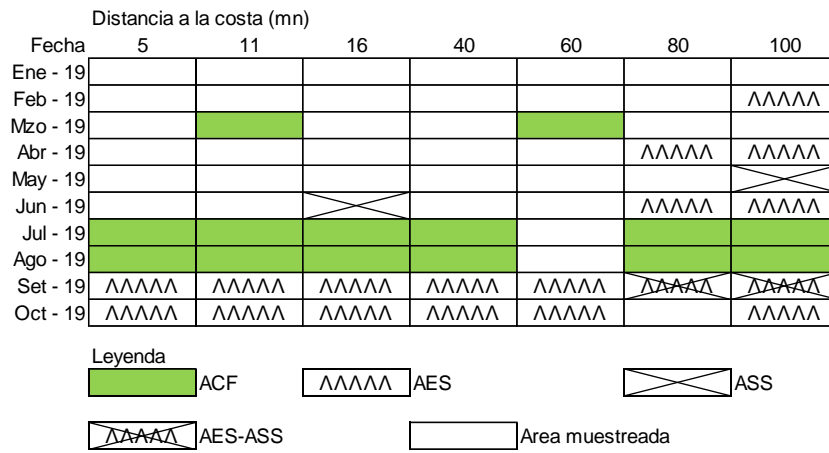


Figura 35. Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton en la sección Paita 1910.

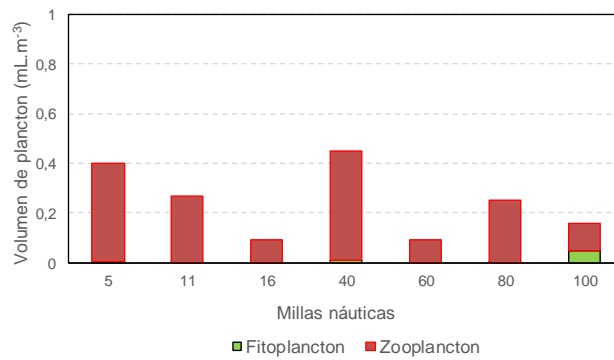


Figura 36. Variación de volúmenes de plancton en la sección Paita 1910.

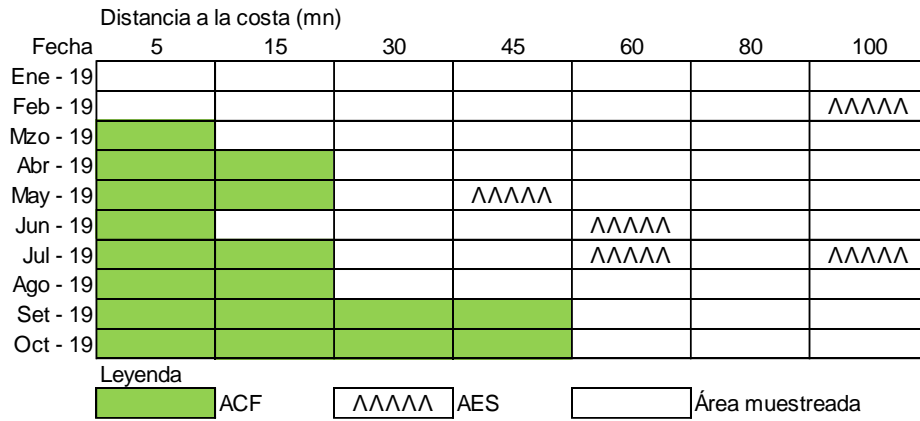


Figura 37. Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton en la sección Chicama 1910.

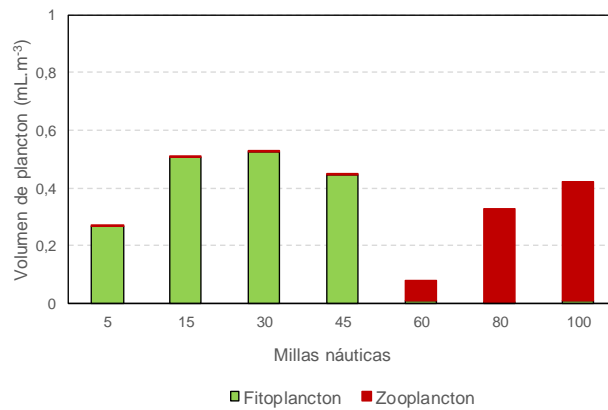


Figura 38. Variación de volúmenes de plancton en la sección Chicama 1910.

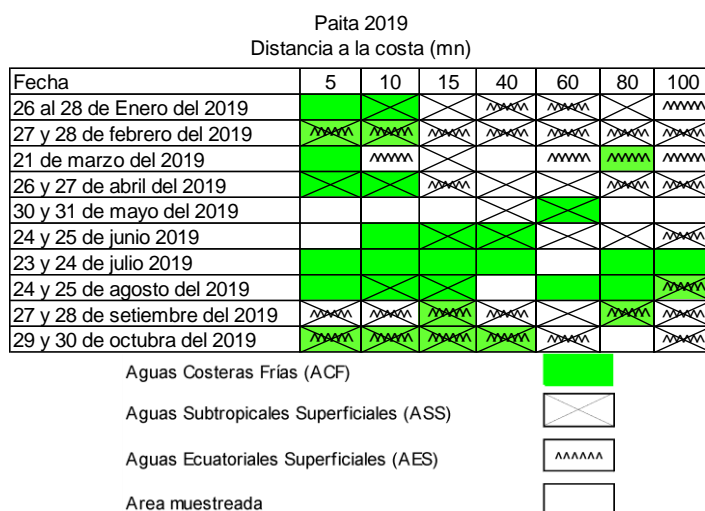


Figura 39. Distribución de Indicadores biológicos de zooplancton en la sección Paita 1910.

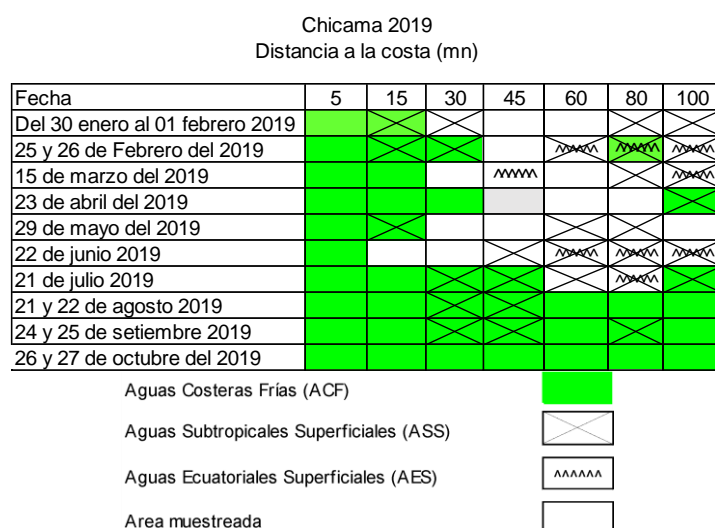


Figura 40. Distribución de Indicadores biológicos de zooplancton en la sección Chicama 1910.

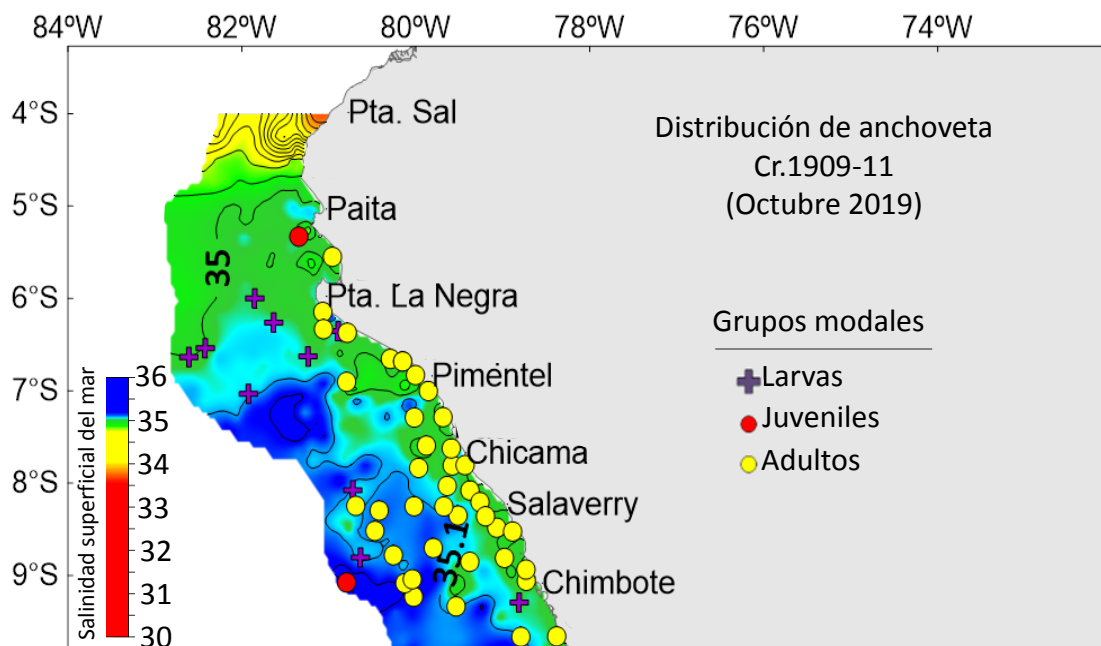


Figura 41. Distribución de la salinidad y anchoveta durante el Crucero de estimación de la biomasa desovante de la anchoveta mediante el Método de Producción de Huevos (Cr. 1908-09) Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

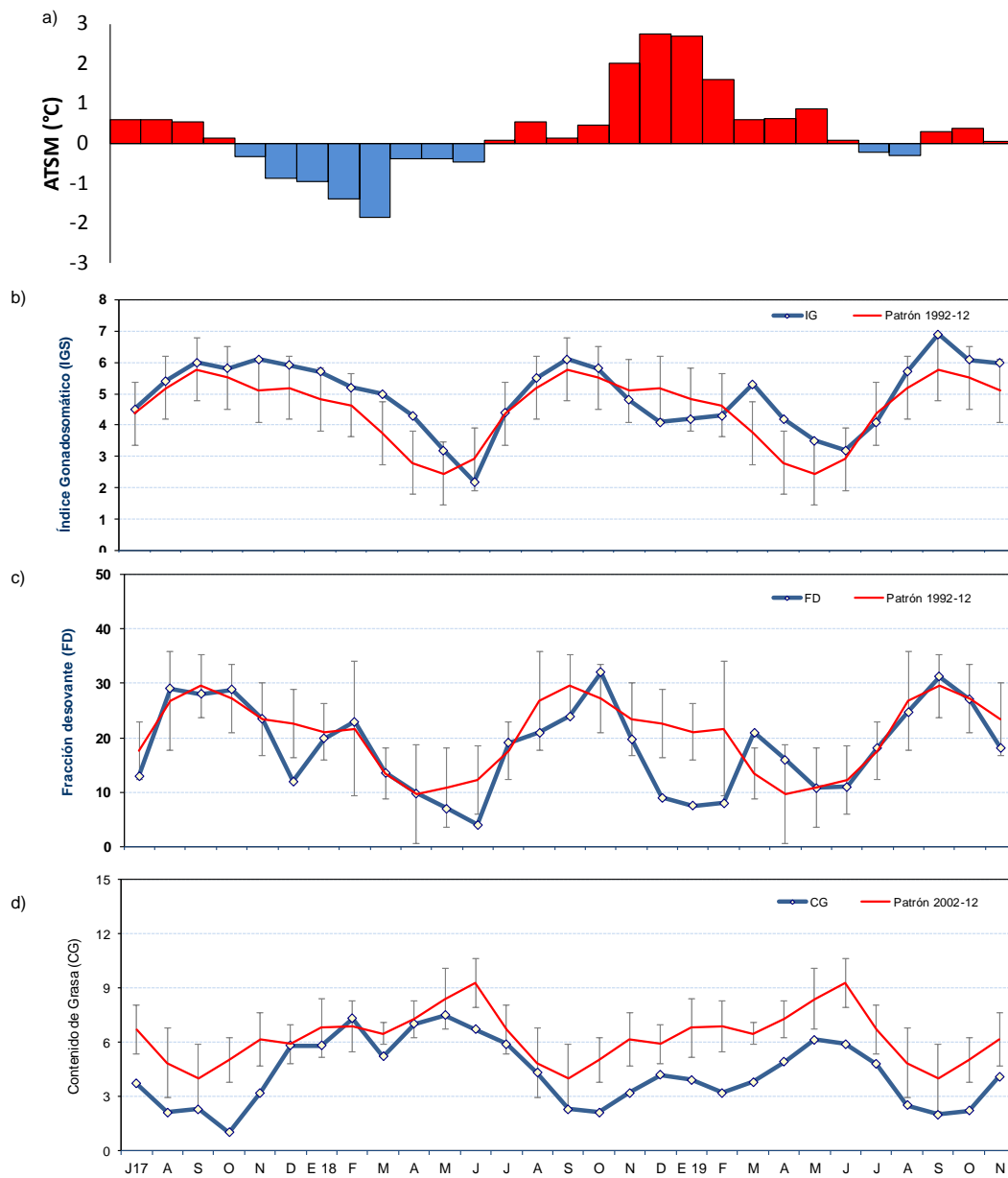


Figura 42. a) Anomalía de la TSM (°C) de Chicama. Indicadores reproductivos, b) Índice Gonadosomático (IGS), c) Fracción Desovante (FD) y d) contenido graso del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: junio 2017 – noviembre 2019. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

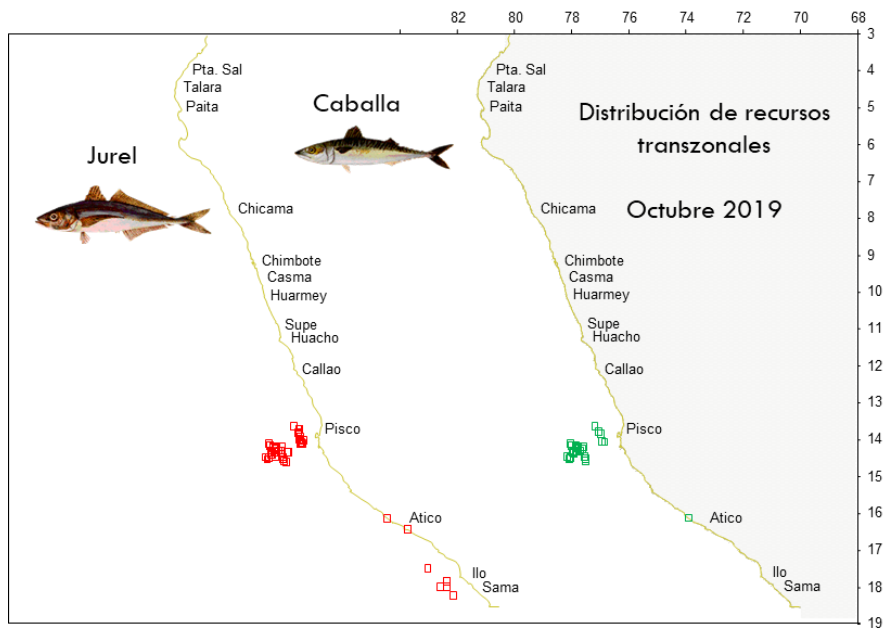


Figura 43. Distribución de pesca de Jurel durante octubre 2019. Fuente: PBP/AFRTAM/DGIRP/IMARPE.

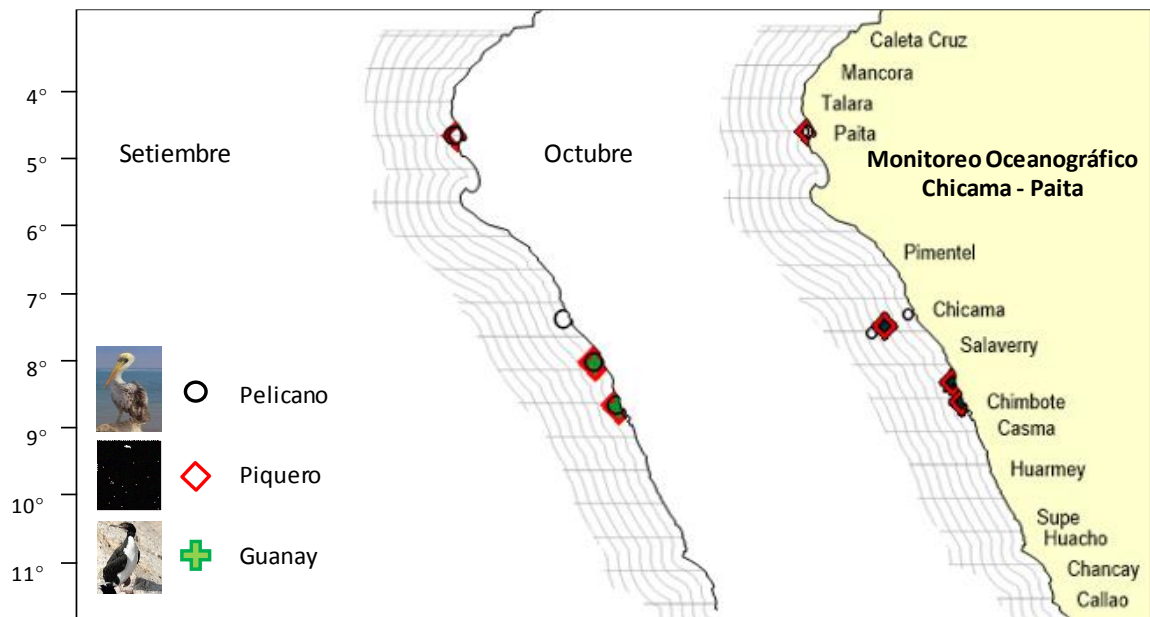


Figura 44. Distribución espacial de aves guaneras según meses durante la Prospección de Monitoreo Oceanográfico Líneas Paita – Chicama.

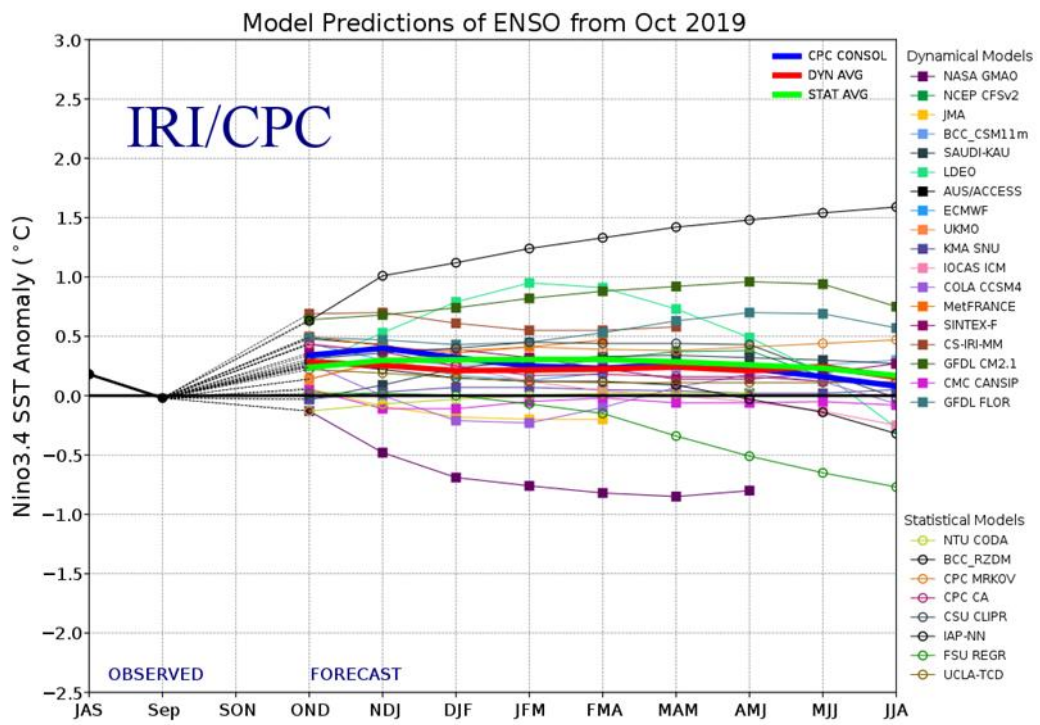


Figura 45. Pronóstico del índice Niño 3.4 mediante modelos climáticos estadístico y dinámico. Fuente: IRI/CPC, octubre 2019.

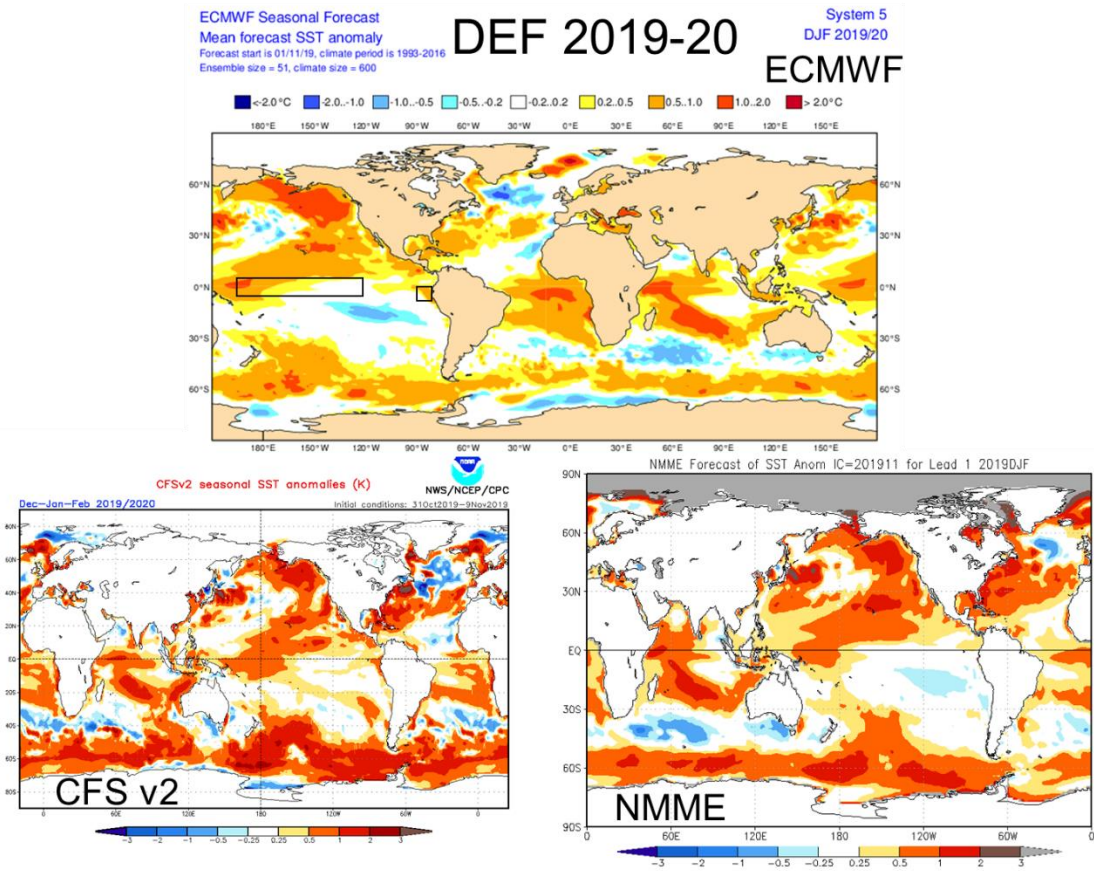


Figura 46. Pronóstico de la TSM para el trimestre DEF 2019 del modelo ECMWF, CFSv2, y NMME (condiciones iniciales: inicios de noviembre 2019). Los recuadros indican la región El Niño 3.4 y 1+2. Fuente: IRI/CPC.

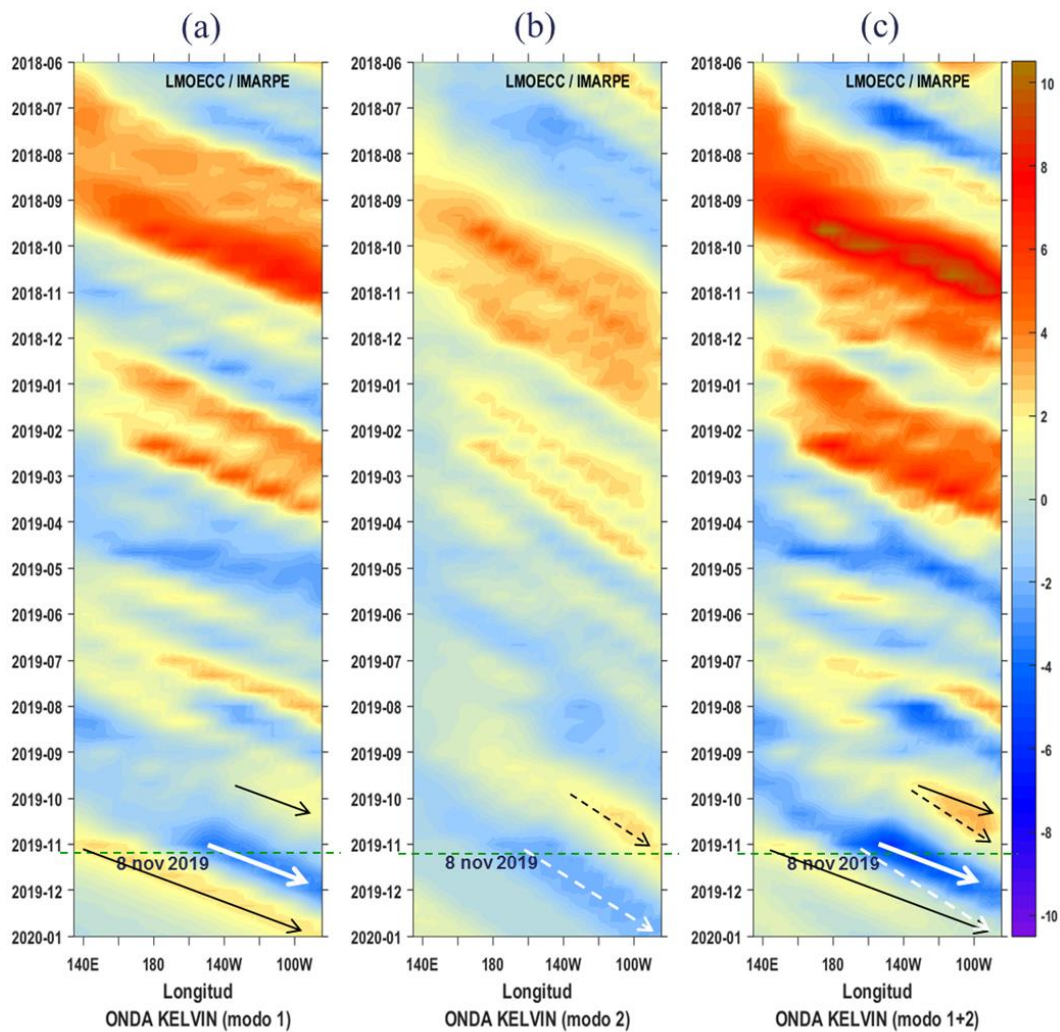


Figura 47. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. La simulación ha sido forzada hasta el 8 de noviembre. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).

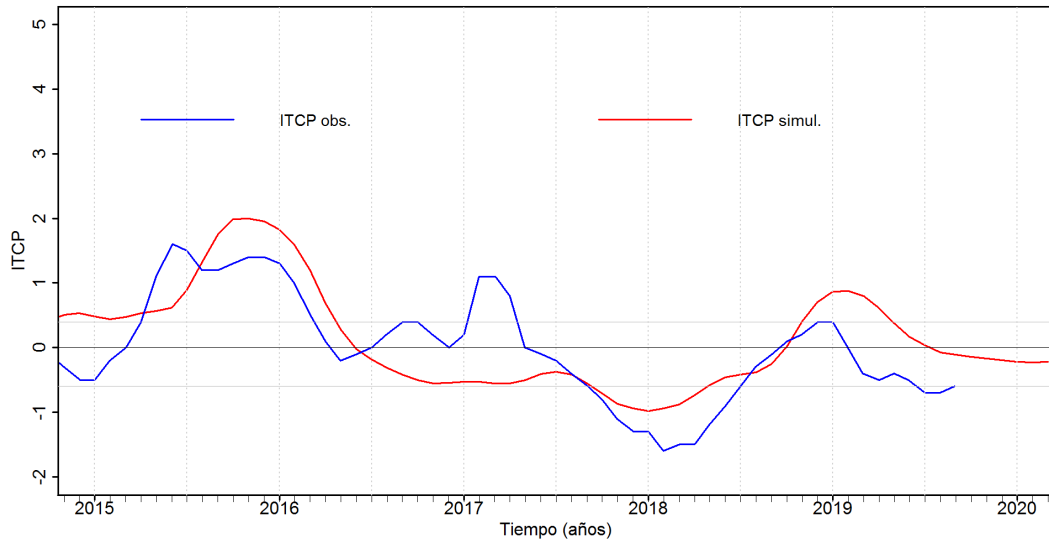


Figura 48. Pronóstico del ITCP mediante un modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia. Fuente: IMARPE.

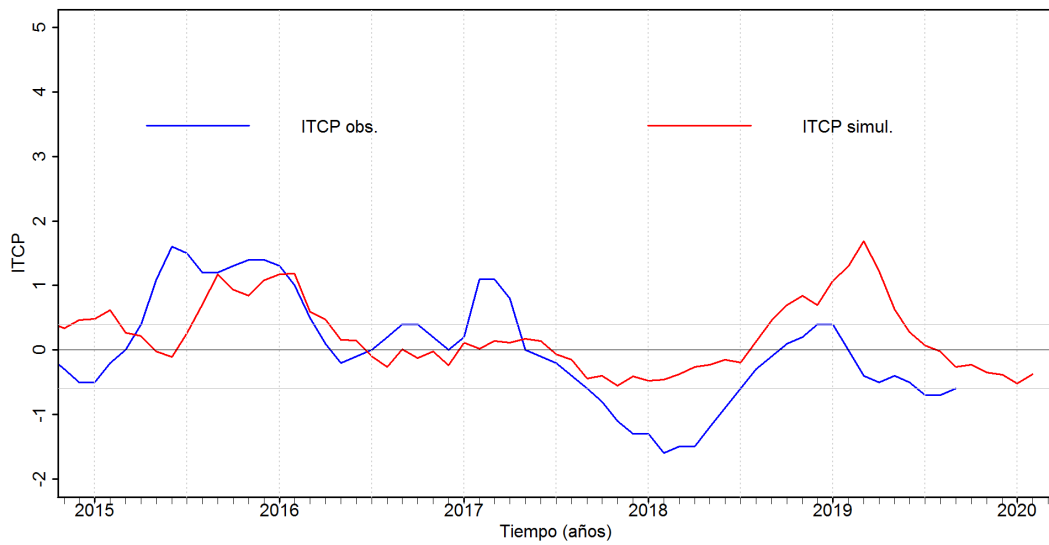


Figura 49. Pronóstico del ITCP mediante un modelo estadístico. Fuente: IMARPE.