

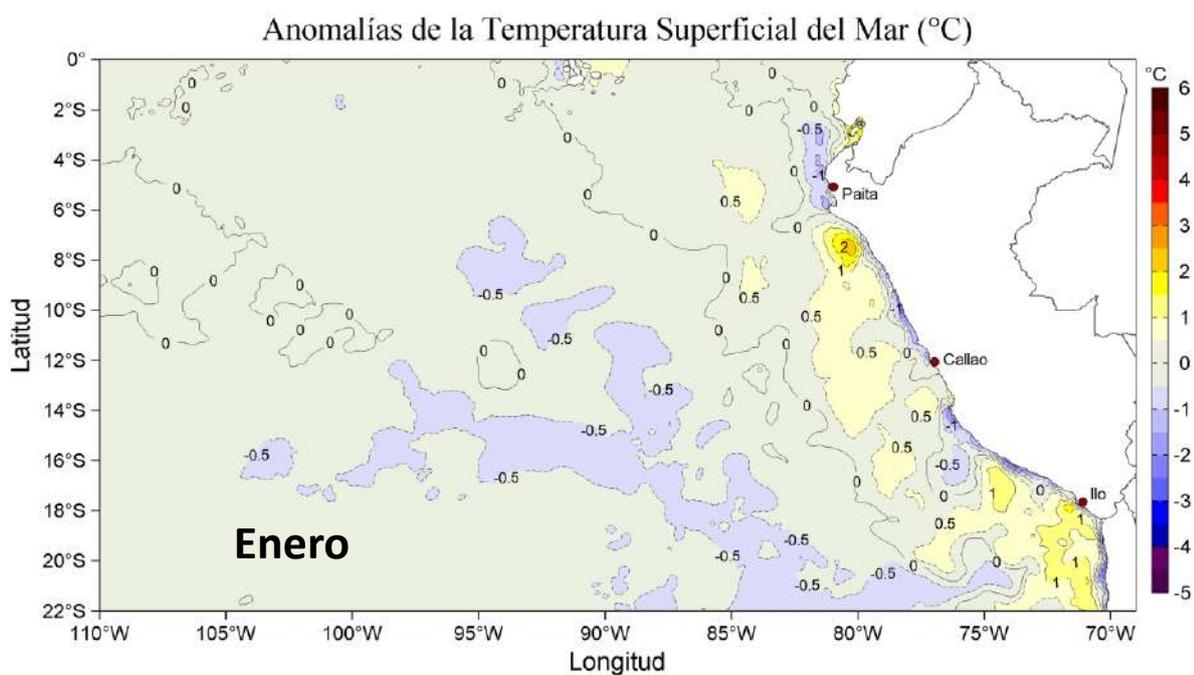
Presupuestal por Resultados N°068

“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 ENERO 2020**



Enero, 2020

# **INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ**

## **GRUPO DE TRABAJO INSTITUCIONAL EL NIÑO**

### **Informe de las Condiciones Oceanográficas y Biológico Pesqueras Enero 2020**

#### **1. CONDICIONES FÍSICAS EN EL PACÍFICO ECUATORIAL Y SUDORIENTAL**

##### **1.1. Aspectos Meteorológicos**

**1.1.1. Distribución del campo de presión a nivel del mar**

**1.1.2. Radiación de onda larga y Vientos en el Pacífico ecuatorial**

##### **1.2. Aspectos oceanográficos**

**1.2.1. Condiciones Térmicas superficiales**

**1.2.2. Temperatura en la columna de Agua**

#### **2. CONDICIONES FRENTE A LA COSTA PERUANA**

##### **2.1. Aspectos meteorológicos**

**2.1.1. Velocidad del viento en la costa peruana**

##### **2.2. Aspectos oceanográficos físicos**

**2.2.1. Temperatura superficial del mar**

**2.2.2. Salinidad superficial del mar**

**2.2.3. Nivel del mar**

**2.2.4. Secciones oceanográficas**

**2.2.5. Estaciones fijas costeras**

**2.2.6. Otras observaciones**

##### **2.3. Aspectos biogeoquímicos y de productividad**

**2.3.1. Oxígeno**

**2.3.2. Fertilidad**

**2.3.3. Productividad**

#### **3. INDICADORES ECOLÓGICOS Y BIOLÓGICO-PESQUEROS**

**3.1. Indicadores de masas de agua, volumen y composición del plancton**

**3.1.1. Fitoplancton**

**3.1.2. Zooplancton**

**3.2. Condiciones biológico – pesqueras de los recursos pelágicos**

**3.2.1. Anchoveta**

**3.2.1.1. Distribución, capturas, tallas**

**3.2.1.2. Indicadores reproductivos y somáticos**

**3.2.2. Jurel y Caballa**

**3.3. Condiciones biológico – pesqueras de los recursos demersales y litorales**

**3.3.1. Merluza**

**3.3.2. Invertebrados**

**3.3.3. Otros recursos**

**3.4. Indicadores ecológicos**

**3.4.1. Especies indicadoras en la actividad pesquera**

**3.4.2. Depredadores superiores**

**3.4.2.1. Aves**

**3.4.3. Otros indicadores**

**3.4.3.1. Bentos**

**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. RECONOCIMIENTOS**

**8. TABLAS**

**9. FIGURAS**

# Informe de las Condiciones Oceanográficas y Biológico Pesqueras Enero 2020

## 1. CONDICIONES FÍSICAS EN EL PACÍFICO ECUATORIAL Y SUDORIENTAL

### 1.1. Aspectos Meteorológicos

#### 1.1.1. Distribución del campo de presión a nivel del mar

En el Pacífico Sudoriental, se observó que el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) presentó en promedio para enero 2020 un núcleo centrado en los 95 °W y 35 °S con una intensidad máxima de ~1026 hPa, encontrándose desplazado al sudeste de su posición normal con una intensidad máxima mayor que su valor climatológico en +3,3 hPa. Asimismo, se observó la presencia de un núcleo de alta presión alrededor de los 165 °W y 35 °S (Figuras 1 y 2 a). El campo de anomalías de presión mensual presenta un núcleo de anomalías positivas de presión de +4 hPa en la región extra tropical del Pacífico sudoriental y anomalías de presión menores a 2 hPa en el Pacífico tropical. Frente a la costa peruana se presentaron condiciones climatológicas de la presión a nivel del mar (Figura 2 b).

Los índices de intensidad (IAPS) y posición (ILON, ILAT) del APS presentaron valores de +1,1 hPa, +7,7° y +0,9° respectivamente, para el trimestre NDE 2019-2020, indicando una intensidad normal del APS (Figura 3 a) y un núcleo desplazado al este de su posición climatológica. El valor mensual de la anomalía de la presión máxima en enero 2020 fue de +3,3 hPa, mientras que los valores mensuales de los desplazamientos longitudinal y latitudinal del APS fueron de +6,0° y -1,5° respectivamente (Figuras 3 b y c).

#### 1.1.2. Radiación de onda larga y Vientos en el Pacífico ecuatorial

La radiación de onda larga (OLR, por sus siglas en inglés) presentó valores dentro del rango normal sobre el Pacífico Sudeste así como a lo largo del Pacífico Ecuatorial hasta los 140 °W. Al sur de la línea Ecuatorial, aproximadamente entre 140 °W y 120 °W, se observaron anomalías positivas que indicaron una zona de subsidencia, mientras que al norte entre 160 °W y 130 °W y alrededor de la línea del cambio de fecha se observó anomalías negativas relacionadas a la convección (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<sup>-1</sup> a 7,0 m s<sup>-1</sup> en el área comprendida entre 170 °W y 100 °W. En la región entre 160 °W hasta los 90 °W la velocidad zonal presentó ligeras anomalías del oeste alrededor de 1 m s<sup>-1</sup>, mientras que, al oeste de los 170 °W, se presentaron anomalías del oeste con valores superiores a 4,0 m s<sup>-1</sup> (Figura 5).

### 1.2. Aspectos oceanográficos

#### 1.2.1. Condiciones térmicas superficiales

En enero del 2020, la temperatura superficial del mar (TSM) en el Pacífico ecuatorial y suroriental, obtenida de OSTIA (Donlon, et al., 2012) y base climatológica del 2007-2016, mostró una condición cálida, con anomalías positivas de +0,5 °C dentro de la región Niño 3.4 y de +1 °C al norte de esa región, mientras que, en el lado oriental predominaron condiciones neutras. Cerca de Sudamérica predominaron anomalías de +0,5 °C, mientras que la zona oceánica frente a Perú presentó condiciones neutras a frías débiles (Figura 6).

La variación semanal de las anomalías de TSM en las regiones Niño (OISST.v2), (<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>) (Figura 7), continuó mostrando una tendencia descendente en las regiones Niño 1+2 y Niño 3, con un pulso de anomalías negativas a mediados de mes, mientras que en las regiones Niño 3.4 y Niño 4, las anomalías de TSM se mantuvieron más o menos constantes. El último valor semanal de las regiones Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 y Niño 4, fueron de +0,2 °C, +0,2 °C, +0,8 °C y +1,1 °C, respectivamente. Las condiciones térmicas de acuerdo a ERSST.v5 (<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/ersst5.nino.mth.81-10.ascii>) presentaron para la región Niño 1+2, anomalías con un promedio mensual de -0,34 °C, y para la región Niño 3.4, +0,59 °C; consecuentemente en el trimestre NDE en la región Niño 1+2 la anomalía promedio fue -0,2 °C, dentro del rango neutro, mientras que en la región Niño 3.4 fue +0,6 °C, indicando una condición cálida débil.

### **1.2.2. Temperatura en la columna de agua**

Las condiciones térmicas a nivel sub-superficial están relacionadas a las condiciones térmicas de superficie y por ende al ENOS (Izumo, et al., 2019). El contenido de calor en la capa superior del Pacífico ecuatorial (0-300 m, entre 180 °W y 100 °W), registrado por las boyas TAO/TRITON (<https://www.pmel.noaa.gov/tao/drupal/disdell/>) (Figura 8), durante los primeros días de enero 2020 presentó anomalías positivas mayores a +1 °C encima de los 150 m; luego se fragmentó llegando a mostrar dos núcleos de mayor intensidad, uno entre 170 °W a 180 °W que alcanzó hasta +4 °C, y el otro alrededor de los 110 °W que llegó hasta +2 °C. A mediados de mes se notó una mayor presencia de anomalías negativas, por un lado, las que se mantuvieron al oeste de los 170 °W cuyo núcleo entre 100 y 200 m superó los -2 °C, y por otro lado, la aparición de anomalías negativas alrededor de los 130 °W entre los 100 y 200 m de profundidad, que tendió a expandirse hacia estratos superficiales. También a mediados de mes se percibió una delgada capa de anomalías negativas cerca de Sudamérica al este de los 120 °W que no presentó mayor persistencia.

En promedio, el contenido de calor en la capa de los primeros 300 m a lo largo de la línea ecuatorial continuó aumentando, alcanzando una anomalía mensual de +0,5 °C ([https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ocean/index/heat\\_content\\_index.txt](https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ocean/index/heat_content_index.txt)) (Figura 9).

La evolución temporal de las anomalías térmicas de la capa de 300 m (TAO/TRITON), mostró a los 95 °W el arribo de anomalías positivas de hasta +1 °C, procedente del Pacífico central. En cambio, se detectaron anomalías negativas entre 140 °W a 120 °W, que estarían en proceso de expansión (Figura 10).

## **2. CONDICIONES FRENTE A LA COSTA PERUANA**

### **2.1. Aspectos meteorológicos**

#### **2.1.1. Velocidad del viento en la costa peruana**

En general, vientos débiles ( $< 4,1 \text{ m s}^{-1}$ ) se presentaron principalmente al norte de Lambayeque, Chicama – Callao y al sur de San Juan de Marcona, mientras que en la zona oceánica predominaron vientos moderados, sin anomalías significativas. Sin embargo, entre el 6 y 15 enero se presentaron vientos fuertes ( $> 6,8 \text{ m s}^{-1}$ ) con anomalías positivas ( $> +1,0 \text{ m s}^{-1}$ ), mientras que entre el 21 y 30 de enero, se presentaron vientos débiles ( $< 4,1 \text{ m s}^{-1}$ ) frente a la mayor parte de la costa, con anomalías negativas ( $< -1,0 \text{ m s}^{-1}$ ) (Figuras 11 y 12).

A lo largo de la franja costera dentro de los 100 km se presentaron vientos con velocidades entre  $2,0 \text{ m s}^{-1}$  y  $6,8 \text{ m s}^{-1}$ . En la segunda quincena se detectó un debilitamiento significativo del viento costero, principalmente entre Chimbote y San Juan de Marcona, aunque se detectó persistencia de un núcleo más intenso frente a Lambayeque (Figura 13). Al sur de Chimbote, la anomalía de la velocidad del viento (VV) en la segunda quincena alcanzó un valor promedio de  $-2,0 \text{ m s}^{-1}$  (Figura 14).

El índice de afloramiento costero (IAC), estimado a partir del esfuerzo de viento, presentó valores mayores a  $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ , entre el 5 y 15 de enero, principalmente al norte de Paíta, entre Lambayeque – Chimbote y Callao – San Juan de Marcona (Figura 15), para luego disminuir significativamente en la segunda quincena a lo largo de la mayor parte de la costa.

## **2.2. Aspectos oceanográficos físicos**

### **2.2.1. Temperatura superficial del mar**

La TSM en el Pacífico tropical oriental presentó valores de temperatura entre  $28 \text{ }^\circ\text{C}$  en el extremo norte de la Cuenca Pacífica Colombiana (CPC) y  $19 \text{ }^\circ\text{C}$  (en la celda de afloramiento de Pisco-San Juan). En enero 2020 se reconfiguró el escenario térmico con respecto a diciembre 2019, notándose un gradiente con 5 isotermas ( $22\text{-}26 \text{ }^\circ\text{C}$ ) con un límite en Paíta, mientras que hacia el oeste ocurrió el desplazamiento hacia el sur de isotermas como la de  $27 \text{ }^\circ\text{C}$  (120 mn), la de  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  (600 mn) desde el ecuador geográfico hasta  $10 \text{ }^\circ\text{S}$ , la de  $24 \text{ }^\circ\text{C}$  (720 mn) desde  $2 \text{ }^\circ\text{S}$  (en promedio) hasta  $14 \text{ }^\circ\text{S}$ ; además, la TSM frente al sur del Perú y norte de Chile se incrementó en  $2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

El sector costero peruano se caracterizó por temperaturas menores de  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  alcanzando un mayor contraste térmico frente a la caleta San José como al sur de Pisco, debido al mayor enfriamiento frente a  $15 \text{ }^\circ\text{S}$  y al acercamiento de aguas cálidas de  $23 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $24 \text{ }^\circ\text{C}$  al sur de Atico (Figura 16 a). En términos de anomalías (Figura 16 b), la franja adyacente a la costa hasta  $4 \text{ }^\circ\text{S}$  mantuvo condiciones de normales a levemente frías. Por fuera de este sector el calentamiento osciló entre  $\pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$  con núcleos de hasta  $+ 2 \text{ }^\circ\text{C}$  frente a San José y de  $+ 1 \text{ }^\circ\text{C}$  al sur de San Juan de Marcona.

Las variaciones de la TSM en una frecuencia pentadal (Figura 17) indicaron una configuración zonal de las isotermas superiores a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  las cuales se desplazaron lentamente hacia el sur con un límite en la línea ecuatorial en los primeros diez días. A partir de la tercera década (Figura 17 c) el desplazamiento hacia el sur de las isotermas fue persistente. Al término del mes fue significativo el acercamiento de las isotermas de  $24 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  hacia la costa de San José como de Ilo.

La Figura 18 indica la presencia de condiciones predominantemente frías ( $+1 \text{ }^\circ\text{C}$ ) en una franja muy costera en las primeras 4 pentadas, ampliando su cobertura como intensidad en la tercera y, especialmente, en la cuarta pentada para luego disminuir y presentar una condición casi normal. Áreas cálidas leves persistieron por fuera de la franja levemente fría; frente a San José persistieron condiciones cálidas durante casi todo el mes, igualmente frente a Ilo, aunque con menor intensidad. Por fuera de las 200 mn – 250 mn el escenario térmico presentó condiciones de normales a levemente frías.

Las variaciones latitudinales de la TSM en la franja de 60 mn adyacente a la costa indicaron el progresivo calentamiento del mar peruano durante el mes, siendo este más significativo en los últimos días cuando se proyectaron aguas de  $24 \text{ }^\circ\text{C}$  hacia el sur (Figura 19 a).

La Figura 19 b indica que el calentamiento asociado con la llegada de la onda Kelvin cálida que arribó a mediados de noviembre habría concluido en la primera semana de enero persistiendo núcleos cálidos anómalos focalizados frente a San José y frete al sur del Perú.

En el litoral, los valores promedio mensuales de la TSM en los muelles costeros de IMARPE (Tabla 1) variaron entre 27,8 °C (Tumbes) y 16,8 °C (Callao), presentando anomalías positivas en todos los casos, excepto en Pisco. Las mayores anomalías positivas se registraron en Chicama (+ 2,0 °C) y Huanchaco (+ 2,2 °C). A escala diaria, el calentamiento del mar se mantuvo todo el mes en las estaciones de Chicama y Huanchaco, seguidos de las estaciones de Paita y San José en los últimos diez días del mes (Figura 20).

Los índices climáticos basados en la TSM como el LABCOS (Quispe & Vásquez, 2015) y el Índice Térmico Costero Peruano (ITCP; Quispe-Ccalluari et al., 2016) continuaron presentando una tendencia positiva. En el primer caso (Figura 21), el valor preliminar de enero (+ 0,55 °C) estuvo precedido por los valores de diciembre (+0,48 °C), +0,32 °C (noviembre), +0,13 °C (octubre) y -0,05 °C (setiembre). Los valores del índice LABCOS para diciembre y el valor preliminar de enero indican el desarrollo de condiciones térmicas cálidas de categoría débil en el litoral peruano. En el segundo caso, el ITCP (Figura 22) también presentó una tendencia a incremento en los últimos meses, aunque dentro del rango neutro; los últimos valores estimados fueron -0,3 para enero 2020, -0,1 para diciembre 2019, -0,2 para noviembre y -0,5 para octubre 2019.

### **2.2.2. Salinidad superficial del mar**

La salinidad superficial del mar (SSM) para el mes de enero según el producto Mercator Océan (<https://www.mercator-ocean.fr/>) se caracterizó por el repliegue de las aguas ecuatoriales superficiales (AES) de baja salinidad (SSM < 34,8 ups) hacia el norte de Punta Falsa, predominando así, aguas de mezcla de AES, aguas costeras frías (ACF) y aguas subtropicales superficiales (ASS) en gran parte de la franja costera entre Punta Falsa y Chimbote; ACF y ASS desde Chimbote hasta San Juan de Marcona, así como ACF (34,8 < SSM < 35,1 ups) al sur de los 16 °S. Asimismo, las ASS se desplazaron hacia la costa presentando un mayor acercamiento entre Huarney y los 16 °S (Figura 23).

A nivel pentadal, el repliegue paulatino de las AES hacia el norte se produjo durante la primera semana de enero, permitiendo el acercamiento hacia la costa de las ASS hacia mediados de mes, desplazándose hasta las costas de La Libertad durante la última semana del mes (Figura 24). Las AES dentro de la franja de 60 mn adyacente a la costa, mantuvieron un desplazamiento hacia el norte hasta la tercera semana; sin embargo, hacia la cuarta semana se acercaron nuevamente hacia la costa norte llegando hasta los 6 °S, esta información derivada del producto Mercator Océan, si bien es referencial, es congruente con las observaciones *in situ* de la estación Fija Paita (Figuras 25 y 40 a).

A nivel de microescala, la red de laboratorios costeros registró valores de salinidad promedio de 33,852 ups a 35,117 ups entre Tumbes y Chicama, respectivamente. El repliegue de las AES hacia el norte de la costa peruana influyó en la tendencia positiva de las anomalías halinas en los muelles de Tumbes a Chicama durante enero 2020, respecto a diciembre 2019. Las demás estaciones costeras registraron valores propios de ACF, a excepción de Chimbote (34,6 ups) y Pisco (34,74 ups) (Tabla 2).

La Figura 26 muestra la distribución promedio diaria de las anomalías de la SSM (ASSM), caracterizada por presentar un incremento de la salinidad de hasta +1 ups y +0,3 ups en las estaciones de Tumbes y Paita, respectivamente, debido al repliegue de las AES hacia el norte (Figuras 27 y 28); mientras que, en San José predominaron valores por debajo de su valor climatológico. En Chicama, el incremento de las ASSM ( $< +0,3$  ups), registrado durante los primeros 10 días, fue seguido por una disminución hasta alcanzar valores negativos de -0,2 ups en los siguientes 10 días, para luego aumentar a anomalías positivas en lo que restaba del mes, posiblemente debido a un nuevo acercamiento a la costa de las ASS, lo cual es congruente con lo observado en la estación fija de Chicama durante la última semana (Figura 40 b). Hacia el sur, las estaciones mostraron un comportamiento variable, oscilando en promedio entre +0,2 ups y -0,15 ups; sin embargo, en Pisco e Ilo alcanzan valores de hasta -1,4 ups y -0,6 ups, asociados a la descarga de ríos, lo cual es normal para la época por la temporada de lluvia.

### 2.2.3. Nivel del mar

En comparación a diciembre, este mes se observó un aumento sustancial de las anomalías del nivel del mar (ANM) a lo largo de toda la costa peruana, presentando sus mayores valores (entre +10 cm y +13 cm) entre Punta Falsa y los 15 °S, mientras que, hacia el sur predominaron valores entre +7 cm y +10 cm (Figura 29).

A escala pentadal se observaron dos escenarios característicos; el primero al norte de los 15 °S, donde se presentó un incremento progresivo de las ANM entre la segunda (Figura 30 b) y última pentada (Figura 30 f) entre Punta Falsa y los 15 °S, alcanzando valores de hasta +13 cm frente a las costas de Lambayeque y Callao, asociados a dos vórtices anticiclónicos presente hasta el término del mes. El segundo escenario al sur de los 15 °S, se caracterizó por un predominio de ANM positivas entre +7 cm y +10 cm dentro de la zona costera, mientras que, mar afuera continuaron predominando ANM entre +5 cm y -5 cm, asociadas a la presencia de vórtices anticiclónicos y ciclónicos, respectivamente (Figura 30).

En la franja de 60 mn (111 km) adyacente a la costa entre el ecuador geográfico y 22 °S se registró un incremento de las ANM (entre +10 cm y +13 cm) desde la zona ecuatorial hacia la costa norte-centro durante la primera quincena de enero, llegando hasta los 13 °S. Sin embargo, durante la segunda quincena de enero se registró una disminución de las ANM desde la zona ecuatorial hasta Paita y entre Huarmey y el extremo sur del litoral, asociados al arribo de una onda Kelvin fría, predominado así valores entre +6 cm y +9 cm. Este comportamiento no se mantuvo al norte de Talara, debido a un nuevo incremento de las ANM en los últimos diez días, alcanzando un valor de hasta +12 cm (Figura 31).

La variación temporal de las ANM para tres áreas promedio localizadas en 0,125 °S y 90,125 °W (próxima a las islas Galápagos), entre 5 °S y 14 °S y entre 14 °S y 18 °S para una banda promedio de 60 mn adyacente al litoral peruano de acuerdo al producto CMEMS v3.0 indicaron una tendencia a la disminución de las ANM al este de las islas Galápagos entre la segunda y tercera semana de enero, alcanzando su cota mínima (+8 cm) el 18 de enero, asociada al paso de la onda Kelvin fría. No obstante, esta tendencia cambió, manteniendo un incremento hasta el término del mes alcanzando un valor máximo de +16 cm (cota máxima del mes de enero). En cambio, a lo largo de la costa peruana la variabilidad de las ANM fue muy limitada. Durante los primeros 10 días se observó una tendencia al aumento pasando de valores de +7 cm hasta +9 cm (14 °S – 18 °S) y +12 cm (5 °S - 14 °S), para luego disminuir ligeramente y mantenerse dentro de los +8 cm y +11 cm, hasta el término del mes (Figura 32).

Por otro lado, las estructuras de mesoescala se evaluaron con información de altimetría satelital para una región comprendida entre 70 °W y 84 °W y entre 3 °S y 18 °S aplicando un algoritmo híbrido de identificación (Halo et al., 2014). La Figura 33 (a) indica que, en promedio, se detectaron entre 3 y 8 remolinos por día, con un ligero aumento de los remolinos del tipo ciclónico, generando una disminución de la proporción de remolinos anticiclónicos sobre los ciclónicos, alcanzando los primeros una dominancia de 54 %. El radio de estas estructuras en promedio fue de 72 km, influenciado por la presencia de dos remolinos de gran tamaño (~ 100 km) frente a las costas de Lambayeque y Callao y que se mantuvieron durante casi todo el mes (Figura 33 b). La energía cinética promedio de los remolinos detectados (Figura 33 c) osciló entre 60 cm<sup>2</sup> s<sup>-2</sup> y 220 cm<sup>2</sup> s<sup>-2</sup>, valores que coinciden con el incremento registrado en la distribución de las ANM y el radio de los remolinos detectados, frente a la costa peruana.

Los remolinos de mayor tamaño (≥ 100 km) y con mayor aproximación hacia la costa se localizaron entre Chicama – Huanchaco (40 km - 100 km a la costa) y entre Callao – Pisco (100-200 km a la costa), del tipo anticiclónico, mientras que, por fuera de los 80 °W se detectó un remolino ciclónico (~90 km) entre Huacho-Callao que se mantuvo durante gran parte del mes (Figura 30).

#### **2.2.4. Secciones oceanográficas**

En enero la TSM en Paita varió de 20 °C a 23 °C, originando condiciones frías con anomalías de -1 °C (Figuras 34 a, d y 35 a, b). Los valores de salinidad en la capa superficial sugieren mezcla de ASS, AES (masa de agua presente desde agosto del 2019) y ACF (Figuras 34 b, e y 35 c, d).

En sub-superficie, la sección Paita, presentó la termoclina sobre los 50 m, compuesta por 8 isotermas de 16 °C a 22 °C, siendo intensa por fuera de las 40 mn debido a un flujo de sur a norte (Figura 34 a). En el estrato de 60 m y dentro de las 60 mn se detectaron anomalías térmicas frías de -2 °C (Figura 34 d). La isoterma de 15 °C, se ubicó entre los 60 m y 100 m de profundidad, siendo estos valores típicos para la estación (Figura 35 e). Las salinidades halladas sobre los 50 m variaron de 34,9 ups a 35,0 ups (Figura 34 b). Las anomalías de salinidad, presentó núcleos de +0,1 ups entre 20 y 40 mn y de -0,1 ups en sub-superficie entre las 30 mn y 80 mn (Figura 34 e), posiblemente debido a procesos de mezcla entre ASS, AES y ACF.

Entre las 10 mn y 30 mn se detectó un flujo de norte a sur con velocidades de hasta 10 cm s<sup>-1</sup>, especialmente en la capa superior de 100 m. Entre las 30 mn a 60 mn y sobre los 50 m se presentaron flujos de sur a norte con velocidades de 10 cm s<sup>-1</sup> a 20 cm s<sup>-1</sup>; asimismo, por fuera de las 80 mn se detectaron flujos del mismo sentido hasta los 400 m de profundidad. En cambio, un pequeño núcleo de flujos al sur (10 cm s<sup>-1</sup>) fue determinado entre las 60 mn y 80 mn a 50 m. Estas observaciones indican un debilitamiento de la Extensión Sur Corriente de Cromwell (ESCC) (Figura 34 f), lo cual también se refleja en la ausencia de anomalías térmicas positivas significativas en la capa sub-superficial sobre el talud continental.

En la sección Chicama la TSM varió de 20 °C a 24 °C, observándose condiciones neutras dentro de las 40 mn y cálidas por fuera de las 40 mn con anomalías de +2 °C (Figuras 36 a, d y 37 a, b). Las condiciones cálidas estuvieron ligadas a la presencia o influencia de AES, especialmente fuera de las 70 mn (Figuras 36 b, e y 37 c, d).

En la capa de 0 a 100 m, los valores de temperatura variaron de 16 °C a 24 °C. La termoclina (16 °C a 24 °C), se ubicó por encima de los 50 m, siendo más intensa fuera de las 60 mn y tendiendo a desaparecer dentro de las 20 mn (Figura 36 a). La isoterma de 15°C se presentó entre los 100 m y 130 m de profundidad, ascendiendo 20 m respecto a diciembre 2019 sobre la plataforma continental; su anomalía en profundidad fue de ~+10 m dentro de las 20 mn y de ~ -10 m entre las 20 a 40 mn (Figura 37 e). Dentro de las 30 mn y sobre la plataforma se presentaron anomalías térmicas de hasta + 1 °C. Entre las 40 mn y 100 mn se observaron anomalías de hasta +6° C en la capa sobre los 60 m de profundidad; mientras que, sobre el talud continental, por debajo de los 100 m, no se detectaron anomalías térmicas significativas (Figura 36 d).

La salinidad indicó condiciones de mezcla entre AES y ASS en la sección, las primeras con presencia sobre los 30 m entre las 70 mn y 100 mn; y las segundas con un núcleo dentro de las 30 mn de la costa (Figura 36 b). Las anomalías halinas fueron correspondientes con las masas de aguas presentes, es decir, positivas (+0.05 ups) por la presencia de las ASS en costa y negativas (-0,1 ups a -0,3 ups) entre las 70 mn y 100 mn por las AES (Figura 36 e).

Dentro de las 70 mn y sobre los 50 m de profundidad se observaron flujos de sur a norte con velocidades de hasta 20 cm s<sup>-1</sup>, asociados a la Corriente Costera Peruana (CCP). Por fuera de las 70 mn y en la misma capa se detectaron flujos de norte a sur. Asimismo, solo entre las 30 mn y 40 mn y a 50 m – 100 m se presentaron flujos al sur, indicando el debilitamiento de la ESCC sobre el talud continental (Figura 36 f).

### **2.2.5. Estaciones fijas costeras**

El monitoreo de alta frecuencia de la columna de agua (<100 m) que se realiza en estaciones fijas mostró que en el último mes para Paita y Chicama la temperatura varió entre 16 °C y 22 °C, en Callao entre 15 °C y 19 °C, en Atico sobre los 14 °C y 18 °C y en Ilo entre 14 °C y 22 °C. La estación fija Paita evidenció un ascenso de las isotermas a inicios del mes y una profundización a partir de la segunda semana de enero; Chicama y Callao mostraron un ascenso de las isotermas durante la segunda semana de enero. Mientras que en Atico e Ilo se observó una profundización de las isotermas a finales del mes (Figura 38).

En Paita se detectaron anomalías térmicas negativas, con valores de hasta -1,0 °C sobre los 40 m entre la primera y tercera semana de enero, mientras que hacia finales del mes se observó un núcleo de +1,0 °C sobre los 20 m. En Chicama a inicios de enero se detectó anomalías de +1,0 °C, luego en la segunda semana se detectaron anomalías térmicas de -0,5 °C sobre los 15 m de profundidad; posteriormente se registraron condiciones neutras a ligeramente cálidas (< +0,5 °C) en la columna de agua. Por otro lado, en Callao las condiciones térmicas fueron normales, en promedio. La presencia de anomalías térmicas negativas en la primera quincena en Paita y Chicama obedece al arribo de una onda Kelvin de afloramiento (fría) entre fines de diciembre de 2019 e inicios de enero de 2020, mientras que las anomalías positivas a finales del mes indican el arribo de una onda Kelvin cálida (Figura 39).

En Paita, los registros de salinidad y temperatura evidenciaron la presencia de aguas de mezcla entre ACF y ASS durante la primera quincena del mes luego se detectó AES sobre los 25 m durante la segunda quincena del mes. En Chicama se observó un predominio de aguas mezcla, posiblemente entre ACF y ASS. En Callao se continuó observando aguas de mezcla (ACF-ASS), mientras que en Atico se observó una transición de ACF a aguas de mezcla (ACF-ASS) y en Ilo un predominio de ACF con un núcleo de ASS en superficie a mediados de enero (Figura 40).

## 2.2.6. Otras observaciones

Entre el 04 y 12 de enero del 2020 se realizó la “Prospección Biológico-Pesquera de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona comprendida entre Isla Lobos de Tierra e Ilo”, a bordo del BIC FLORES, el IMARPE IV e IMARPE V.

La TSM en el área de estudio presentó valores de temperatura que fluctuaron entre 16,2 °C a 25,5 °C. Los valores más altos de la TSM (> 23 °C) se observaron en la zona costera entre Punta Bombón e Ilo, y los más bajos (<18°C) al sur de Paracas. Los valores de la ATSM variaron entre -3,96 °C a +5,05 °C. Su distribución indicó un predominio de condiciones neutras al norte de Cerro Azul (13 °S), con un núcleo frío anómalo frente a Chicama y núcleos cálidos anómalos frente a Supe y Salaverry. En cambio, al sur de Cerro Azul la condición térmica fue bastante variable, presentando una condición cálida anómala entre Cerro Azul y Pisco, frente a San Juan y al sur de Punta Bombón; y una condición fría anómala entre Pisco y Punta Caballas, y frente a Atico y Quilca (Figuras 41 a, b).

Las concentraciones halinas variaron de 34,88 ups a 35,39 ups. Se observaron ASS frente a Chicama, entre Chimbote y Supe, frente a Cerro Azul, San Juan y al sur de Punta Bombón. Aguas con salinidades de 34,8 ups - 35,0 ups, asociadas a ACF se presentaron en la zona costera de Morropé a Chicama, de Callao a San Juan y de Atico a Quilca. Asimismo, resaltan amplias zonas de mezcla entre las ASS y ACF. Sin embargo, no se evidenció la presencia de agua continental (ríos). Las anomalías de salinidad alcanzaron un máximo de +0,35 ups frente a Punta Bermejo debido a la advección de las ASS hacia la costa, y anomalías negativas se presentaron al norte de Pacasmayo y Cerro Azul-San Juan (Figura 41 c, d).

Respecto a las condiciones en la columna de agua, en la sección Chicama se presentaron en promedio anomalías mayores de +1 °C, con un máximo de +3 °C a 30 mn de la costa, asociadas a la presencia de ASS hasta los 100 m de profundidad. Frente a Callao, las anomalías térmicas variaron entre -0,5 °C a +0,5°C; mientras que, en Pisco, sobre los 50 m se presentó una condición fría (-1 °C) y debajo de los 80 m, una condición cálida (+1 °C). Además, tanto en Callao y Pisco se presentó una distribución homogénea con ACF en toda la columna, indicando una condición neutra. En San Juan, se presentó una capa fría (-1,0 °C) entre los 20 m a 45 m y una capa neutra sobre los 20 m y debajo de los 45 m. La sección Ilo, presentó un fuerte gradiente térmico sobre los 40 m de profundidad, con anomalías térmicas mayores a +1 °C, asociado a ASS y aguas de mezcla.

## 2.3. Aspectos biogeoquímicos y de productividad

### 2.3.1. Oxígeno

En la “Prospección Biológico-Pesquera de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona comprendida entre Isla Lobos de Tierra e Ilo”, las concentraciones superficiales de oxígeno disuelto (OD) estuvieron en un rango de 1,90 mL L<sup>-1</sup> a 7,28 mL L<sup>-1</sup>. Cerca de la costa se observaron núcleos con valores menores a 5,0 mL L<sup>-1</sup> de OD frente a Supe, Callao y hacia el sur entre Pisco y Bahía Independencia, los cuales indican celdas de afloramiento activas. Por otro lado, concentraciones superiores a 6,0 mL L<sup>-1</sup> se registraron pegadas a la costa, al sur de Callao hasta Pucusana. La iso-oxígena de 7,0 mL L<sup>-1</sup> en superficie se presentó alrededor de las 40 mn de la costa y estaría asociada a la alta actividad fotosintética (Figura 42).

La sección Paita, realizada el 21 – 22 de enero, presentó concentraciones de oxígeno disuelto (OD) de 2,0 mL L<sup>-1</sup> a 5,0 mL L<sup>-1</sup> sobre la capa de los 50 m. El afloramiento costero se presentó dentro de las 50 mn, evidenciando por concentraciones de OD de ~ 4,0 mL L<sup>-1</sup> en la superficie del mar y un acercamiento a la superficie de las iso-oxígenas de 2,0 mL L<sup>-1</sup> y 3,0 mL L<sup>-1</sup>. El límite superior de la Zona Mínima de Oxígeno (ZMO, 0,5 mL L<sup>-1</sup>) se ubicó desde los 150 m cerca de la plataforma, hasta los 200 m de profundidad en la zona oceánica (Figura 34 c). Respecto a diciembre 2019, la anomalía de la profundidad de la iso-oxígena de 1 mL L<sup>-1</sup> (proxi de la oxiclina) se mantuvo en -20 m dentro de las 50 mn, mientras que en la parte oceánica tendió hacia la superficie se respecto al mes anterior, exhibiendo una anomalía de -20 m (Figura 35 f).

En la sección de Chicama (19 - 20 de enero), el OD registró concentraciones de 1,0 mL L<sup>-1</sup> a 5,0 mL L<sup>-1</sup> en la capa superficial. Por fuera de las 60 mn y dentro de las 30 mn se observaron concentraciones de alrededor de 4,0 mL L<sup>-1</sup>, mientras que los máximos valores fueron determinados a 40 mn, indicando un núcleo de alta productividad. Dentro de las 40 mn se evidenció el afloramiento hacia la superficie del mar de las iso-oxígenas de 3,0 mL L<sup>-1</sup> y 4,0 mL L<sup>-1</sup> (Figura 36 c). El límite superior de la ZMO se ubicó entre los 60 m a 100 m de profundidad. La iso-oxígena de 1 mL L<sup>-1</sup> tendió hacia la superficie respecto al mes anterior dentro de las 50 mn, presentando una anomalía de -20 m en su profundidad (Figura 37 f).

En las estaciones Fijas de Paita y Chicama se evidenció un ascenso de la iso-oxígena de 2,0 mL L<sup>-1</sup>, entre fines de diciembre 2019 y en la primera quincena de enero, de 80 m a 20 m (Paita) y de 30 m a 20 m (Chicama) (Figuras 43 a y b). La menor oxigenación en la columna de agua y el ascenso de las iso-oxígenas en Paita y Chicama son consistentes con el arribo de la onda Kelvin fría en la primera quincena del mes. Sin embargo, en la segunda quincena se observó una profundización de las iso-oxígenas en Paita. En Callao, las iso-oxígenas se mostraron cerca de la superficie, ubicándose la iso-oxígena de 1 mL L<sup>-1</sup> a los 20 m, mientras que, en Atico e Ilo se observó una mayor oxigenación en la segunda quincena del mes (Figuras 43 c-e)

### **2.3.2. Fertilidad**

En la sección Paita, los nutrientes mostraron concentraciones relativamente bajas sobre el nivel de los 25 m con valores de alrededor de 1,0 µM de fosfatos y silicatos – nitratos cercanos a 5,0 µM; mientras que, dentro de las 60 mn y debajo de los 50 m, se observaron concentraciones en promedio de 1,5 µM para fosfatos y entre 15 µM a 25 µM para silicatos - nitratos (Figura 44 a). En la sección Chicama, los nutrientes mostraron concentraciones asociadas a la surgencia dentro de las 30 mn sobre los 50 m, con fosfatos entre 1,5 µM a 2,0 µM y silicatos – nitratos de 10 µM; mientras que, debajo de los 50 m, en promedio las concentraciones de los fosfatos fueron de 1,5 µM a 2 µM, de los silicatos de 15 µM a 30 µM y de los nitratos de 15 µM a 20 µM (Figura 44 b). Las concentraciones en la sección Paita y Chicama, respecto a la segunda mitad de diciembre 2019, representaron una disminución de todos los nutrientes en la columna de agua.

En las estaciones fijas, los nutrientes presentaron un incremento de sus concentraciones durante las primeras semanas respecto al mes anterior; sin embargo, disminuyeron durante la última semana en Paita y Chicama, y se mantuvieron en Callao e Ilo.

En la estación fija Paita se observó un acercamiento a la superficie de la isolínea de 15 µM de nitratos y silicatos, de 100 m a 20 m y de 60 m a 20 m, respectivamente; y de la isolínea de 1,5 µM de fosfatos, desde los 20 m a la superficie, entre fines de diciembre 2019 y las primeras semanas de enero 2020.

Sin embargo, a fines del mes se observó una profundización de las isoclinas de los nutrientes, asociadas a la aparición de anomalías térmicas positivas, y por encima de los 30 m se registraron valores de 5,0  $\mu\text{M}$  de silicatos – nitratos (Figuras 45 a y 46 a) y de 1,0  $\mu\text{M}$  de fosfatos (Figura 47 a). En la estación fija Callao también se observó una recuperación de las concentraciones de los nutrientes a comparación de diciembre 2019, con valores de fosfatos de 2,5  $\mu\text{M}$  a 3,0  $\mu\text{M}$  y de silicatos - nitratos de 10  $\mu\text{M}$  a 15  $\mu\text{M}$  (Figuras 45 c, 46 c y 47 c). En la estación fija Ilo también se observó un incremento de los nitratos y fosfatos durante el mes, con concentraciones de 15  $\mu\text{M}$  y 2  $\mu\text{M}$  respectivamente (Figuras 45 d y 47 d); sin embargo, los silicatos se mantuvieron en valores similares respecto al mes anterior, con concentraciones entre 20  $\mu\text{M}$  y 30  $\mu\text{M}$  debajo de los 40 m (Figura 46 d).

### 2.3.3. Productividad

La concentración de clorofila-a satelital mensual proveniente del satélite MODIS (Ocean Biology Processing Group, 2003) mostró que entre los 6 °S a 16 °S (dentro de las 60 mn) predominaron valores de 3  $\mu\text{g L}^{-1}$  a 10  $\mu\text{g L}^{-1}$ ; mientras que, al sur de San Juan esta franja productiva se redujo hasta dentro de las 10 mn (Figura 48 a). En términos de anomalía, se observaron anomalías positivas (entre +1  $\mu\text{g L}^{-1}$  a +10  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) entre San José y Chimbote, dentro de las 40 mn, y entre Callao a San Juan dentro de las 60 mn. Además, también se observaron anomalías negativas (de -1  $\mu\text{g L}^{-1}$  a -3  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) entre Huacho y Callao dentro de las 60 mn (Figura 48 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 positivas en las tres primeras semanas del mes ( $\sim +2 \mu\text{g L}^{-1}$ ), similares a las observadas el mes anterior; sin embargo, en la última semana se presentaron anomalías negativas ( $\sim -1,5 \mu\text{g L}^{-1}$ ) (Figura 48 d). Latitudinalmente, en la franja costera predominaron anomalías positivas hasta la tercera semana del mes entre 6 °S y 10 °S y entre los 12 °S y 15 °S (entre los +2  $\mu\text{g L}^{-1}$  y +4  $\mu\text{g L}^{-1}$ ); sin embargo, en la última semana predominaron condiciones entre neutras y de anomalías negativas (hasta las -2  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) a lo largo de la costa (Figura 48 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 20 % frente a Paita dentro de las 80 mn, 40 % entre San José y Huacho, dentro de las 60 mn y entre 60 % y 80 % al sur de Huacho, dentro de las 60 mn (Figura 48 c).

Las anomalías positivas a inicios del mes podrían estar relacionadas al paso de una onda Kelvin fría que hace más superficial a la nutriclina. Por otro lado, las anomalías negativas a lo largo de la costa durante la última semana de enero 2020, estarían relacionadas al paso de una onda Kelvin cálida que habría profundizado la nutriclina; mientras que, al sur de Huacho, la limitación por luz, evidenciada por una nubosidad mayor al 60 % en esa región, podría también haber influenciado en la presencia de una baja productividad.

### 3. INDICADORES ECOLÓGICOS Y BIOLÓGICO-PESQUEROS

#### 3.1. Indicadores de masas de agua, volumen y composición del plancton

##### 3.1.1. Fitoplancton

###### Paita

A lo largo de la sección Paita del mes de enero no se determinaron especies indicadoras de masas de agua (Figura 49). El volumen de plancton fluctuó entre 0,121 mL m<sup>-3</sup> (60 mn y 100 mn) y 0,679 mL m<sup>-3</sup> (40 mn) asociados a una TSM de 22,9 °C y 21,6 °C, respectivamente (Figura 50).

El promedio mensual del volumen de plancton fue de 0,248 mL m<sup>-3</sup>. El fitoplancton fue abundante (99 % del volumen total) solo a 5 mn, destacando diatomeas neríticas como *Lauderia annulata* que alcanzó una abundancia relativa de categoría "Muy Abundante". Además, se observaron a las diatomeas *Detonula pumila* y *Leptocylindrus danicus*, que alcanzaron abundancias relativas de la categoría "Abundante". Entre las 60 mn y 100 mn se observó una alta riqueza de diatomeas de aguas cálidas (*Rhizosolenia castracanei*, *R. temperei*, *Planktoniella sol*, *Proboscia alata f. gracillima* y *Detonula confervacea*) y dinoflagelados termófilos (*Goniodoma polyedricum*, *Tripos vultur*, *T. karstenii*, *T. azoricus*, *T. gibberum* var. *dispar*, *Protoperidinium murrayi*, *P. quarnerense*, *Pyrocystis noctiluca* y *P. fusiformis*) cuyas abundancias relativas correspondieron a la categoría "Presente".

###### Chicama

En la sección Chicama se registró a *Protoperidinium obtusum*, especie indicadora de ACF a 5 mn de la costa, relacionada a una TSM de 18,7 °C (Figura 51). Para enero, el volumen de plancton fluctuó entre 0,075 mL m<sup>-3</sup> (80 mn y 100 mn) y 1,177 mL m<sup>-3</sup> (40 mn) asociados a valores de TSM de 23,1 °C y 21,1 °C, respectivamente (Figura 52).

El promedio mensual del volumen fue de 0,697 mL m<sup>-3</sup>. La abundancia del fitoplancton se registró a 5 mn con un 99 % de predominancia, destacando principalmente diatomeas neríticas como *Thalassionema nitzschioides* y *Coscinodiscus perforatus*, con abundancias relativas correspondientes a la categoría "Muy Abundante" y "Abundante", respectivamente. También se registró a diatomeas típicas de afloramiento como *Chaetoceros curvisetus*, *Ch. lorenzianus* y *Skeletonema costatum*, que obtuvieron abundancias relativas dentro de la categoría "Presente". A partir de las 45 mn hasta las 100 mn se apreció a dinoflagelados termófilos (*Tripos massiliensis*, *T. macroceros*, *T. azoricus*, *Goniodoma polyedricum*, *Protoperidinium quarnerense*, *Dinophysis tripos*, *T. karstenii* y *T. trichoceros*, entre otros, todos con abundancias relativas correspondientes a la categoría "Presente".

##### 3.1.2. Zooplancton

###### Paita

Se determinó al copépodo *Centropages brachiatus*, indicador de ACF, localizado a 40 mn de la costa, mientras que copépodos indicadores de ASS (*A. danae* y *O. conífera*) estuvieron distribuidos entre las 60 mn y 80 mn de la costa. *Centropages furcatus*, copépodo indicador de AES, se registró a 15 mn de la costa (Figura 53).

## **Chicama**

En la sección Chicama se determinó la presencia del copépodo *Centropages brachiatus*, especie indicadora de ACF, distribuida dentro de las 45 mn de la costa. Otros copépodos indicadores de ASS que se observaron fueron *Acartia danae* y *Oncaea conifera*, los cuales se localizaron a 60 mn. Asimismo, se determinó la presencia de *Centropages furcatus*, indicador de AES, ubicado a 80 mn de costa (Figura 54).

### **3.2. Condiciones biológico – pesqueras de los recursos pelágicos**

#### **3.2.1. Anchoveta**

##### **3.2.1.1. Distribución, capturas, tallas**

En enero la actividad extractiva de anchoveta, por parte de la flota de cerco industrial, se realizó en el norte del litoral durante los primeros días del mes (1 al 4). Las principales zonas de pesca se localizaron frente a Bayovar y entre Pimentel – Huanchaco, dentro de las 15 millas de la costa (Figura 55).

Durante el mes de enero, se presentaron cambios en las condiciones oceanográficas, debido al debilitamiento de los vientos costeros que aunado a la intromisión de las AES en el norte y de las ASS en la zona central, concentraron a los individuos juveniles en zonas muy costeras del litoral, siendo más disponibles a la flota. Asimismo, estas condiciones oceanográficas propiciaron la dispersión de los individuos adultos, disminuyendo sus densidades.

Ante la persistencia de la alta incidencia de individuos juveniles de anchoveta, que se venían observando desde diciembre del 2019 en las actividades extractivas en la región Norte-Centro, se suspendieron estas actividades partir del 1 de enero del 2020, entre los 8°S - 15°S dentro de las 30 mn de la costa (R. M. N° 552-2019-PRODUCE).

Entre el 1 al 4 de enero, la incidencia de juveniles continuó siendo elevada frente a Chicama (7 °S) dentro de las 20 mn y entre el 4 y 12 enero del 2020 se realizó una Prospección Biológica - Pesquera de anchoveta entre Isla Lobos de Tierra e Ilo; cuyos resultados mostraron la continuidad de juveniles de anchoveta, por lo que se recomendó el término de la Segunda Temporada de Pesca 2019 del recurso anchoveta en la Zona Norte – Centro, lo cual se concretó el día 15 de enero (R. M. N° 015-2020-PRODUCE) (Figura 56).

La estructura de tallas del recurso a lo largo del litoral fue principalmente juvenil, con un rango de tallas desde los 5 cm a los 15 cm de longitud total (LT), con la moda en 7,5 cm; la incidencia de juveniles alcanzó el 89 %. Sólo en la zona frente a Bayovar (5°30´S), se presentó un núcleo de adultos con moda en 14,0 cm LT (Figuras 55 y 56).

##### **3.2.1.2. Indicadores reproductivos y somáticos**

Los índices reproductivos de la anchoveta del stock norte-centro en el mes de enero, mostraron que la actividad desovante del recurso fue baja, relacionada principalmente con las condiciones oceanográficas anómalas frente a la costa peruana. En la última semana de enero, se detectó un incremento del desove entre Salaverry y Chimbote, asociado a la presencia de aguas de mezcla relativamente frías que se extendieron hasta las 50 millas de la costa (Figura 57).

### **3.2.2. Jurel y Caballa**

La pesquería de los recursos jurel y caballa se inició después de la quincena de enero 2020 (R.M. 025-2020-PRODUCE), estableciéndose la cuota de estos recursos para el año 2020: en el caso del jurel en 100 mil toneladas y para caballa en 94 mil toneladas. Las capturas de jurel y caballa alcanzaron en enero aproximadamente las 24 mil toneladas, de las cuales 66,4 % correspondieron a jurel y el 33,6 % restante a la caballa.

El jurel presentó una distribución latitudinal centro – sur, entre San Juan de Marcona (15 °S) y extremo sur, hasta 100 mn de la costa. Las capturas de la flota industrial se localizaron frente a San Juan de Marcona, mientras que la flota artesanal pescó más al sur, entre Ilo y Morro Sama dentro de las 30 mn. La caballa fue capturada incidentalmente en la pesquería de jurel frente a San Juan de Marcona por la flota industrial; y entre Ilo y Morro Sama por la flota artesanal. Por otro lado, la caballa se presentó latitudinalmente más costera dentro de las 30 mn desde Parachique hasta Pisco, siendo capturada por la flota artesanal (Figura 58).

### **3.3. Condiciones biológico – pesqueras de los recursos demersales y litorales**

#### **3.3.1. Merluza**

La distribución de la flota dirigida a la merluza estuvo ubicada principalmente al norte de Punta la Negra (6° S) hasta la primera semana de febrero (Figura 59), con una tendencia a la disminución en sus capturas del porcentaje de ejemplares por debajo de 28 cm de LT (Figura 60).

Desde el mes de noviembre se ha observado un ligero incremento de los flujos hacia el sur de la ESCC, la cual se ha reflejado en el aumento de la profundidad de la isoterma de 15 °C frente a Paita. Este evento, ha repercutido en cierta medida sobre la distribución del recurso merluza, la cual se ha concentrado y mantenido en latitudes más cercanas al límite norte del mar peruano, lo cual se observa a través de la disminución de la longitud media de merluza capturada por la flota industrial de arrastre (Figura 60).

#### **3.3.2. Invertebrados**

##### **Calamar gigante (*Dosidicus gigas*)**

En enero 2020, los desembarques de calamar gigante efectuados por la flota artesanal fueron 1258 t. En comparación con el mes precedente éstos disminuyeron en 64,3 % y, se incrementaron en 82,4 % con respecto a septiembre 2018 (Figura 61 a). Las mayores concentraciones se registraron entre Pucusana e Ilo, principalmente entre las 14 mn y 100 mn de costa, a diferencia del año pasado (de junio a diciembre 2019) donde las mayores concentraciones se observaron en la zona norte (Figura 62).

##### **Concha de abanico (*Argopecten purpuratus*)**

La concha de abanico presentó desembarques de 375 t en total. En comparación con el mes precedente se registró una disminución de 88,6 % (Figura 61 b). Los mayores desembarques se registraron en la bahía de Sechura (81,7%) y en menor porcentaje en Callao (16,1 %), entre otros.

### **Pulpo (*Octopus mimus*)**

El pulpo desembarcado por la flota artesanal fue 19 t, en comparación con el mes precedente, mostró disminución de 17,0 % (Figura 61 c). Los mayores porcentajes de desembarque se registraron en Piura (40,9 %), Chimbote (12,5 %) y Callao (20,8 %).

### **Calamar común (*Doryteuthis gahi*)**

El calamar común presentó desembarques preliminares de 37 t, mayor respecto al mes anterior (diciembre 2019, ~ 36 t) y un incremento del 32,0 % con lo registrado en el mismo periodo de 2019 (Figura 61 d). Los mayores desembarques se registraron en el litoral centro (Chimbote, 100 %).

### **3.3.3. Otros recursos**

En la zona norte, en Tumbes la principal especie desembarcada durante la primera quincena de enero fue el falso volador, a pesar de que el volumen de desembarque disminuyó respecto a la quincena anterior (250 t), algo poco usual debido a la alta disponibilidad del recurso en el mes de diciembre 2019. En Piura, las principales especies desembarcadas fueron la caballa, el perico y la concha de abanico; este último recurso ha venido registrando un decrecimiento en sus volúmenes debido a que las concesiones decidieron no comercializarlo por su bajo precio en el mercado. En Lambayeque, el bonito registró su mayor volumen (200 t) de desembarque de los últimos dos meses. En La Libertad, la lisa (200 t) siguió siendo la especie más importante en relación a los volúmenes de desembarque.

Por otro lado, en la región centro, en Áncash el principal desembarque correspondió al perico, el cual desde la primera quincena de diciembre viene registrando volúmenes de descarga por encima de las 200 t. En Lima, predominaron el perico, el bonito y la pota; este último recurso registró en el mes de enero un alto volumen de desembarque debido a que su disponibilidad estuvo entre los 12°S y 13°S y la flota norteña dirigida a este recurso desembarcó en Lima. En Ica, la caballa y el bonito presentaron las mayores descargas, observándose que el volumen de desembarque de caballa aumentó significativamente respecto al mes anterior, debido a que en enero 2020 se abrió la temporada de pesca de este recurso a la flota artesanal de menor escala.

Finalmente, en la zona sur, en Arequipa los principales recursos desembarcados en la primera quincena de enero 2020, fueron perico, pota, bonito y ovas de volador. Todas estas especies registraron una ligera disminución en sus volúmenes de desembarque, respecto al mes anterior, con excepción del bonito que pasó de 800 t en la segunda quincena de diciembre 2019 a aproximadamente 400 t en la primera quincena de enero 2020. En Moquegua, el jurel fue el que registró el mayor volumen de descarga, seguido del bonito; a diferencia de lo registrado en diciembre de 2019, el bonito disminuyó y el jurel aumentó significativamente debido a que en enero 2020 se abrió la temporada de pesca de este recurso a la flota artesanal de menor escala. En Tacna, el jurel y el bonito fueron los recursos que presentaron los mayores desembarques: se observó una tendencia negativa para el desembarque del bonito, y una positiva para el del jurel debido a que, como ya se señaló, se abrió la temporada de pesca de este recurso a la flota artesanal de menor escala en enero,

### **3.4. Indicadores ecológicos**

#### **3.4.1. Especies indicadoras en la actividad pesquera**

Se analizó información proveniente de los Laboratorios Costeros de IMARPE, referida a las observaciones de especies atípicas de la región o el lugar. Esta información fue contrastada con las distribuciones conocidas de las especies indicadas en la bibliografía especializada (Chirichigno & Cornejo, 2001; Moscoso, 2012)

Durante el mes de enero se observó la presencia de algunas especies de aguas cálidas en el centro y norte de Perú. En Lambayeque se registraron ejemplares de “Langosta Titi”, “Jurel Fino” y “Bereche Brillante”, cuyos límites de distribución sur se encuentran entre Tumbes y Piura. En La Libertad se registró a “Langosta Común” y “Falso Volador”, que presentan su límite de distribución sur, en Piura. En Lima se registró a las especies “Chiri Lomo Negro”, “Peje Blanco”, “Barracuda”, “Coche”, “Ofensivo” y “Lenguado Boca Chica”, ubicándose su límite de distribución sur al norte de Lobos de Tierra, a excepción de la especie “Coche” que se puede encontrar hasta la Bahía de Samanco (Ancash). En Ica se registró a las especies “Zorro” y “Barbudo Azul”, siendo su límite sur en Huacho y Paita, respectivamente (Figura 63 y Tabla 3).

Cabe mencionar que esta información es referencial y se viene trabajando en la actualización del límite sur de la distribución de algunas especies indicadoras, ya que, en los últimos años, algunas especies podrían haber extendido su rango hacia el sur, producto de cambios en el ambiente, principalmente eventos El Niño.

#### **3.4.2. Depredadores superiores**

Las aves y mamíferos marinos son indicadoras del ecosistema y expresan los cambios ocurridos a diferentes niveles tróficos por lo que son utilizados como indicadores indirectos de los cambios en la distribución y disponibilidad de presas, así como de cambios en el medio marino.

##### **3.4.2.1. Aves**

La composición general de la dieta del guanay para el mes de enero, presentó como presa predominante a la anchoveta *Engraulis ringens* (82,7 %), y como presas secundarias a otros peces (samasa, pejerrey y mojarrilla), con el 17,3 %. Del total de anchoveta ingerida, aproximadamente el 87,4 % fue juvenil (peladilla). La proporción de peladilla registrada en la dieta del guanay es similar a lo observado en diciembre 2019; sin embargo, durante octubre y noviembre 2019, la anchoveta juvenil solo representó el ~20 % (Figura 64).

#### **3.4.3. Otros indicadores**

##### **3.4.3.1. Bentos**

En enero de 2020, frente a Callao, no se observó presencia de organismos macrobentónicos, a diferencia de diciembre 2019. En Paita, se registró un aumento en la abundancia y biomasa con valores promedio de 960 ind m<sup>-2</sup> y 7,32 g m<sup>-2</sup> respectivamente, los cuales representaron un incremento significativo respecto a diciembre 2020, en tanto que el número taxones determinados fue en promedio de 23, más del doble de lo observado en diciembre 2019.

Frente a Chicama, la abundancia y biomasa promedio disminuyó (1400 ind m<sup>-2</sup> y 5275 g m<sup>-2</sup> respectivamente), con las mayores contribuciones numéricas de los poliquetos *Ampelisca araucana* y *Magelona phyllisae*; y en peso húmedo de nemertinos, pequeños crustáceos y los poliquetos *Nephtys ferruginea* y *M. phyllisae* (Tabla 4).

La diversidad específica y el índice de Shannon siguieron mostrando una tendencia creciente de sur a norte. Es así que, respecto a diciembre 2019, los valores frente a Paita aumentaron, en Chicama disminuyeron; mientras que, en Callao el valor fue de cero. En las tres áreas, las condiciones observadas en enero 2020 fueron similares a noviembre de 2019. Por otro lado, la biomasa húmeda del bacteriobentos filamentoso en Chicama y Callao continuó disminuyendo, registrándose valores menores a 1 g m<sup>-2</sup> (Figura 65).

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

##### **4.1 Pronósticos a gran escala de las agencias internacionales**

Entre diciembre 2019 y enero 2020, las anomalías de TSM en el Pacífico ecuatorial central mostraron valores positivos alrededor del umbral de una condición El Niño débil; sin embargo, los patrones de las variables atmosféricas se mantienen en condiciones neutras. La mayoría de los modelos dinámicos y estadísticos de predicción de ENOS (Niño 3.4) de las agencias internacionales (IRI, enero 2020) (Figura 66), pronostican que las anomalías de TSM en Pacífico ecuatorial central estarán alrededor del umbral cálido (+0.5°C) durante febrero 2020, pero posteriormente disminuirán, manteniéndose dentro del rango de las condiciones neutras durante el otoño austral 2020.

Espacialmente, para el trimestre MAM 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 menor cobertura de ATSM positivas menores de +0,5°C para la región 3.4. Con respecto a la región 1+2 para el trimestre MAM 2020, los modelos ECMWF y NMME pronostica valores promedio entre -0,2 °C y +0,2 °C, mientras que, el modelo CFSv2 pronostica valores entre -0,5 °C y +0 °C. Frente a la costa peruana, para el mismo periodo, los modelos ECMWF y NMME pronostican condiciones neutras (entre -0,25 °C a +0,25 °C); mientras que, en el modelo CFSv2 predominan condiciones negativas (de -1 °C a -0,25 °C) (Figura 67).

##### **4.2 Propagación de ondas Kelvin**

Según la simulación del modelo de propagación de ondas aplicado en el IMARPE (Illig et al., 2004; Dewitte et al., 2002), forzada hasta el 7 de febrero (Figura 68), la onda Kelvin cálida (modo 2) generada en diciembre 2019, llegaría al extremo del Pacífico ecuatorial oriental en marzo 2020.

Por otro lado, debido a que los pulsos de vientos del oeste persistieron hasta fines de enero 2020 e inicios del febrero en el extremo del Pacífico ecuatorial occidental, las dos ondas Kelvin (modo 1 y modo 2) generadas en enero 2020, incrementaron ligeramente su intensidad y llegarían al extremo del Pacífico ecuatorial oriental entre fines de febrero e inicios de marzo 2020 (onda Kelvin cálida modo 1) y la otra en abril 2020 (onda Kelvin cálida modo 2).

Cabe señalar, que una onda Kelvin fría (modo 1) se habría generado debido a la reflexión de una onda Rossby fría en el extremo del Pacífico ecuatorial occidental y de no haber pulsos de vientos del oeste llegaría al extremo del Pacífico ecuatorial oriental en abril 2020.

#### 4.3 Pronósticos de la TSM frente a la costa del Perú

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 una condición neutra de las condiciones térmicas costeras entre febrero y mayo 2020, en base a los valores esperados del ITCP (Figuras 69 y 70).

#### 5. CONCLUSIONES

- El núcleo del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se presentó ubicado al sudeste de su posición normal con una intensidad mayor que su valor climatológico en +3,3 hPa. El campo de presión a nivel del mar frente a la costa peruana presentó condiciones climatológicas, mientras que en el Pacífico oriental subtropical presentó anomalías positivas entre +1 hPa y +4 hPa.
- Los índices climáticos de la TSM del Pacífico ecuatorial indicaron para enero anomalías de condición cálida débil (+0,59 °C) en la región Niño 3.4 y de condición neutra (-0,34 °C) en la región Niño 1+2. En la capa de 0-300 m del Pacífico ecuatorial, la anomalía del contenido de calor se elevó a un promedio mensual de +0,5 °C. La evolución temporal del promedio de anomalías térmicas de la capa de 300 m, mostró en los 95 °W el arribo de anomalías positivas de hasta +1 °C, mientras que entre los 140 °W y 120 °W se expandieron áreas de anomalía negativa débil.
- El afloramiento costero, estimado a partir del esfuerzo de viento frente a la costa peruana se debilitó entre la segunda y tercera semana de enero, asociado a vientos débiles tanto en la franja costera como oceánica.
- Información instrumental como satelital coinciden en señalar que a inicios de enero 2020 concluyeron los efectos de la onda Kelvin cálida que impactó en la costa peruana a mediados de noviembre. Una franja costera muy angosta mantuvo condiciones de normales a levemente frías. Por fuera de este sector prevalecieron condiciones cálidas frente a San José y Chicama así como en el extremo sur del Perú.
- La TSM en los muelles costeros de IMARPE a lo largo del litoral peruano varió entre 27,8 °C (Tumbes) y 16,8 °C (Callao), registrándose anomalías positivas en casi todos los casos, siendo los muelles de Chicama y Huanchaco los que presentaron el mayor calentamiento anómalo, de hasta +2,2 °C. Los índices climáticos LABCOS y el Índice Térmico Costero Peruano continuaron presentando una tendencia positiva. Los valores preliminares de enero para el índice LABCOS (+0,55) como para el ITCP (-0,3) indicaron el desarrollo de condiciones térmicas cálidas de categoría débil en el litoral peruano en el primer caso y una condición normal (neutral) para la zona de afloramiento del mar peruano en el segundo caso.
- La SSM se caracterizó por el repliegue de las AES hacia el norte, predominando aguas de mezcla de AES, ACF y ASS en gran parte de la franja costera entre Punta Falsa y Chimbote; así como aguas de mezcla (ACF+ASS) entre Chimbote y San Juan de Marcona, debido a la expansión y el acercamiento hacia la costa de las ASS; mientras que, al sur de los 16 °S predominaron las ACF.

- En comparación a diciembre 2019, durante la primera semana de enero 2020 se observó un aumento de las ANM a lo largo de toda la costa peruana, principalmente al norte de los 14 °S (de +10 cm a +13 cm). El resto del mes, estas anomalías positivas se mantuvieron y presentaron poca variabilidad entre los 6 °S a 10 °S (~ +10 cm) y al sur de los 10 °S (~ +7 cm); sin embargo, al norte de los 6°S, a mitad del mes la ANM disminuyó (+ 7 cm) producto del arribo de la onda Kelvin fría, para luego aumentar durante la última semana (> +10 cm).
- Las estaciones fijas costeras frente a Paita y Chicama presentaron anomalías térmicas de -1,0 °C (Paita) y -0,5 °C (Chicama), localizados sobre 40 m y 15 m de profundidad, respectivamente en la primera quincena de enero, asociado al arribo de la onda Kelvin fría a fines de diciembre e inicios de enero. Hacia fines de enero ambas estaciones registraron anomalías positivas (+1,0 °C en Paita y +0,5 °C en Chicama), indicando el posible arribo de una nueva onda Kelvin cálida.
- La concentración de nutrientes en la columna de agua registró un aumento durante las primeras semanas del mes principalmente en Paita y Chicama; sin embargo, en las últimas semanas se evidenció con la profundización de las isolíneas, evidenciando una disminución de las concentraciones. En Callao e Ilo se observó un incremento de los nutrientes respecto al mes anterior, y se mantuvieron hasta fines del mes.
- A lo largo de la costa se registró una superficialización de las iso-oxígenas durante la primera quincena del mes; sin embargo, en la segunda quincena se observó una oxigenación en la columna de agua, a excepción de Callao donde se mantuvo una posición somera de la oxiclina.
- La concentración de clorofila-a satelital presentó entre los 6 °S a 16 °S (dentro de las 60 mn) valores de 3 µg L<sup>-1</sup> a 10 µg L<sup>-1</sup>; mientras que, al sur de San Juan esta franja productiva se redujo hasta dentro de las 10 mn. En términos de anomalías, entre los 6 °S a 16 °S dentro de los 100 km a la costa, se presentaron anomalías positivas en las tres primeras semanas del mes (~+2 µg L<sup>-1</sup>), similares a las observadas el mes anterior; sin embargo, en la última semana se presentaron anomalías negativas (~-1,5 µg L<sup>-1</sup>).
- En cuanto al fitoplancton, frente a Paita no se determinaron indicadores biológicos de masas de agua; mientras que, frente a Chicama se registró a *Protoperdinium obtusum*, especie indicadora de ACF, a 5 mn de la costa. En el zooplancton se determinaron indicadores de ACF en Paita y Chicama dentro de las 50 mn; mientras que, en la zona oceánica se observaron indicadores de ASS.
- Las zonas de pesca de la anchoveta se localizaron entre Bayovar (05°30´S) y Huanchaco (08°00´S) dentro de las 15 millas de la costa. La composición por tallas de anchoveta fue predominantemente juvenil. La evaluación de la dieta del guanay corroboró la presencia de juveniles de anchoveta a lo largo del litoral. Por otro lado, los índices reproductivos de la anchoveta peruana del stock norte-centro mostraron que la actividad desovante fue baja, incrementándose en la última semana de enero entre Salaverry – Chimbote.
- El área de pesca de jurel se localizó entre San Juan (15 °S) y el extremo sur del dominio marítimo, hasta las 100 mn de la costa. Por su parte, la caballa fue capturada incidentalmente en la pesquería industrial del jurel.

- La flota pesquera de arrastre industrial de merluza limitó sus actividades de pesca al norte de Punta Falsa, principalmente y las tallas medias en las capturas de merluza, estuvieron por debajo de 28 cm de longitud total. Este comportamiento estuvo asociado al debilitamiento de la ESCC, especialmente en enero, y que se observa desde noviembre 2019.
- Se observaron algunas especies indicadoras de aguas cálidas en la pesca artesanal, tales como “Langosta Titi”, “Jurel Fino” y “Bereche Brillante” en Lambayeque; “Langosta Común” y “Falso Volador” en La Libertad; “Chiri Lomo Negro”, “Peje Blanco”, “Barracuda”, “Coche”, “Ofensivo” y “Lenguado Boca Chica” en Lima; y “Zorro” y “Barbudo Azul” en Ica.
- La onda Kelvin cálida (modo 2) generada en diciembre 2019, llegaría al extremo del Pacífico ecuatorial oriental en marzo 2020. Por otro lado, dos ondas Kelvin (modo 1 y modo 2) generadas en enero 2020, incrementaron ligeramente su intensidad y llegarían al extremo del Pacífico ecuatorial oriental entre fines de febrero e inicios de marzo 2020 (onda Kelvin cálida modo 1) y la otra en abril 2020 (onda Kelvin cálida modo 2). Además, una onda Kelvin fría (modo 1) que se habría generado debido a la reflexión de una onda Rossby fría en el extremo del Pacífico ecuatorial occidental, de no haber pulsos de vientos del oeste, llegaría al extremo del Pacífico ecuatorial oriental en abril 2020.
- La mayoría de los modelos dinámicos y estadísticos de predicción de ENOS de las agencias internacionales, pronostican que las anomalías de TSM en el Pacífico ecuatorial central estarán alrededor del umbral cálido (+0,5°C) durante febrero 2020, pero posteriormente disminuirán, manteniéndose dentro del rango de las condiciones neutras durante el otoño austral 2020. Para las condiciones térmicas costeras, el modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia del Pacífico tropical ecuatorial, y el modelo estadístico, pronosticaron una condición neutra entre febrero y mayo 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. En: Boletín Trimestral Oceanográfico, Volumen 1, Números 1- 4, pp.: 8-10.

Chirichigno, F., & Cornejo, U. 2001. Catálogo comentado de los peces marinos del Perú.

Domínguez Obregón et al. Climatología termohalina frente a las costas del Perú. Periodo: 1981-2010. Informe IMARPE 44(1), 2017 p.5-13.

Donlon, C. J, M. Martin, J. Stark, J. Roberts-Jones, E. Fiedler, W. Wimmer, 2012. The Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis (OSTIA) system. Remote Sen. Env., 116, 140-158.

ENFEN, 2019. Comunicado Oficial ENFEN, N°.13 -2019, octubre de 2019.

García Díaz, Walter. Monitoreo Bio-Oceanográfico frente a Chicama-Paita 1912, PpR 068 – El Niño. BIC Luis Flores Portugal, 16-24 de diciembre, 2019. Informe interno.

Quispe Ccallauri, C, J. Tam, H. Demarcq, C. Romero, D. Espinoza, A. Chamorro, J. Ramos, R. Oliveros, 2016. El Índice Térmico Costero Peruano. En: Boletín Trimestral Oceanográfico, Volumen 2, Número 1, pp: 7-11.

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.

Moscoso, V. 2012. Catálogo de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. *Bol Inst Mar Perú* 27(1-2), 2012, 209 p.

Quispe, J. y L. Vásquez, 2015. 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.

Takahashi, K, K. Mosquera y J. Reupo, 2014. El Índice Costero El Niño (ICEN): historia y actualización. *Boletín Técnico - Vol. 1 Nro. 2*, Febrero del 2014.

UK Met Office, 2012. GHRSSST Level 4 OSTIA Global Foundation Sea Surface Temperature Analysis (GDS version 2). Ver. 2.0. PO.DAAC, CA, USA. Dataset accessed [YYYY-MM-DD] at <http://dx.doi.org/10.5067/GHOST-4FK02>.

Lellouche, J.-M., Le Galloudec, O., Drévilion, M., Régnier, C., Greiner, E., Garric, G., Ferry, N., Desportes, C., Testut, C.-E., Bricaud, C., Bourdallé-Badie, R., Tranchant, B., Benkiran, M., Drillet, Y., Daudin, A., and De Nicola, C.: Evaluation of global monitoring and forecasting systems at Mercator Océan, *Ocean Sci.*, 9, 57-81, 2013.

Halo, I., B. Backeberg, P. Penven, I. Ansorge, C. Reason, and J. E. Ullgren (2014), Eddy properties in the Mozambique Channel: A comparison between observations and two numerical ocean circulation models, *Deep Sea Res., Part II*, 100, 38– 53, doi:10.1016/j.dsr2.2013.10.015.

- Izumo, T., M. Lengaigne, J. Vialard, I. Suresh, and Y. Planton, 2019: On the physical interpretation of the lead relation between Warm Water Volume and the El Niño Southern Oscillation. *Clim. Dyn.* 52: 2923-2942. <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4313-1>.

## 7. RECONOCIMIENTOS

The Group for High Resolution Sea Surface Temperature (GHRSSST) Multi-scale Ultra-high Resolution (MUR) Level 4 OSTIA Global Foundation Sea Surface Temperature Analysis (GDS version 2). Ver. 2.0 data were obtained from the NASA EOSDIS Physical Oceanography Distributed Active Archive Center (PO.DAAC) at the Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, CA (<http://dx.doi.org/10.5067/GHGMR-4FJ01>).

IFREMER/CERSAT. 2005. ERS-1 Level 3 Gridded Mean Wind Fields (IFREMER). Ver.1.PO.DAAC, CA, USA (<ftp://anonymous@ftp.ifremer.fr/ifremer/cersat/products/gridded/mwf-ers1>).

The Ssalto/Duacs altimeter products were produced and distributed by the Copernicus Marine and Environment Monitoring Service (CMEMS) (<http://www.marine.copernicus.eu>).

The products from the MERCATOR OCEAN system are distributed through the Marine Copernicus Service (<http://www.marine.copernicus.eu>).

## 8. TABLAS

Tabla 1. Valores promedio mensuales de la TSM (°C) y las ATSM (°C) para los meses de setiembre 2019 a enero 2020 en los laboratorios costeros de IMARPE.

Muelle costero	Lat, °S	TSM, °C					ATSM, °C				
		2019				2020	2019				2020
		SET	OCT	NOV	DIC	ENE	SET	OCT	NOV	DIC	ENE
<b>Tumbes</b>	3.66	25.3	26.1	26.4	26.8	27.8	0.2	0.3	0.3	0.0	0.4
<b>Paíta</b>	5.01	17.4	17.6	19.6	20.3	20.9	0.8	0.2	1.6	1.5	0.3
<b>San José</b>	6.77	18.0	17.9	18.9	21.3	21.4	-0.9	-1.1	-0.6	1.1	0.6
<b>Chicama</b>	7.84	16.2	16.2	17.1	19.3	19.4	0.3	0.4	0.9	2.5	2.0
<b>Huanchaco</b>	8.08	16.2	16.1	17.1	19.2	19.6	0.3	0.3	0.9	2.4	2.2
<b>Chimbote</b>	9.09	17.7	18.0	19.5	21.7	22.2	-0.7	-0.8	0.0	1.2	0.9
<b>Huacho</b>	11.11	14.7	14.9	15.6	16.9	17.8	-0.7	-0.3	-0.2	0.4	0.5
<b>Callao</b>	12.06	14.9	14.9	15.0	16.0	16.8	-0.2	0.0	-0.1	0.2	0.5
<b>Pisco</b>	13.71	19.3	19.1	19.9	21.2	21.0	0.5	-0.7	-0.2	-0.4	-1.7
<b>Atico</b>	16.21	14.6	15.1	16.0	17.0	17.4					
<b>Matarani</b>	17.02	14.3	14.3	15.1	16.3	16.9					
<b>Ilo</b>	17.63	14.3	15.2	16.0	16.4	17.7	-0.6	0.1	0.1	-0.3	0.5

Tabla 2. Valores promedio mensuales de la SSM (ups) y las anomalías de SSM (ups) para los meses de setiembre 2019 a enero 2020 en los laboratorios costeros de IMARPE.

Muelle costero	Lat, °S	SSM, UPS					ASSM, UPS				
		2019				2020	2019				2020
		SET	OCT	NOV	DIC	ENE	SET	OCT	NOV	DIC	ENE
<b>Tumbes</b>	3.66	33.909	33.781	33.563	33.671	33.848	0.08	-0.01	0.08	0.21	0.79
<b>Paita</b>	5.01	34.877	34.905	34.568	34.653	34.900	-0.16	-0.06	-0.37	-0.25	0.24
<b>San José</b>	6.77	34.985	34.998	34.731	34.584	34.816	-0.06	-0.03	-0.28	-0.40	-0.13
<b>Chicama</b>	7.84	35.125	35.296	35.153	35.058	35.121	0.09	0.26	0.10	0.02	0.06
<b>Huanchaco</b>	8.08	34.908	35.123	35.058	34.994	34.970	0.03	0.24	0.20	0.14	0.09
<b>Chimbote</b>	9.09	34.353	34.525	34.710	34.561	34.603	-0.11	0.01	0.19	0.06	0.01
<b>Huacho</b>	11.11	34.921	34.876	34.870	34.880	34.806	0.06	-0.02	-0.04	0.03	0.04
<b>Callao</b>	12.06	35.034	35.004	34.981	34.990	35.016	0.04	0.03	0.01	-0.01	0.00
<b>Pisco</b>	13.71	34.897	34.957	34.908	34.765	34.440	-0.06	0.01	-0.03	0.03	-0.03
<b>Atico</b>	16.21	34.942	34.923	34.949	34.999	35.039					
<b>Matarani</b>	17.02	34.847	34.862	34.782	34.874	34.911					
<b>Ilo</b>	17.63	34.891	34.882	34.853	34.867	34.789	0.08	0.06	0.02	0.06	-0.06

Tabla 3. Especies de aguas cálidas cuyo límite sur de su distribución típica varió en las costas de Perú durante el mes de enero 2020.

Especie	Área registrada	N° de ejemplares	Captura (kg)	Talla LT (cm)	Distribución típica (límite sur)	Observaciones
LANGOSTA TITI <i>Xiphopenaeus kroyeri</i>	Lambayeque	S/R	5	S/R	Paita, Piura	
JUREL FINO <i>Decapterus macrosoma</i>	Lambayeque	S/R	80	S/R	Islas Lobos de Afuera	Ocasionalmente hasta el norte de Chile
BERECHE BRILLANTE <i>Larimus effulgens</i>	Lambayeque	S/R	36	S/R	Puerto Pizarro, Tumbes	
LANGOSTA <i>Panulirus gracilis</i>	La Libertad	S/R	S/R	S/R	Paita, Piura	
FALSO VOLADOR <i>Prionotus stephanophrys</i>	La Libertad	S/R	S/R	S/R	Islas Lobos de Afuera	Ocasionalmente hasta Ilo
CHIRI LOMO NEGRO <i>Peprilus snyderi</i>	Lima	4	0,416-0,472	22-25	Norte del Perú	Durante la pesca de lorna y lisa
PEJE BLANCO <i>Caulolatilus affinis</i>	Lima	1	0,200	21	Isla Lobos de Tierra, Chimbote	Durante la pesca de caballa, pintadilla y lorna
BARRACUDA <i>Sphyrna ensis</i>	Lima	2	0,680 y 0,975	65 y 70	Islas Lobos de Afuera	Ocasionalmente hasta Ancón
COCHE <i>Balistes polylepis</i>	Lima	1	1	40	Bahía Samanco, Ancash	Ocasionalmente hasta Bahía Independencia, Ica
OFENSIVO <i>Conodon serrifer</i>	Lima	1	0,032	14	Paita, Piura	Durante la pesca de lorna
LENGUADO BOCA CHICA <i>Etropus crossetus</i>	Lima	1	0,036	17	Norte del Perú	Durante la pesca de chita
ZORRO <i>Albula vulpes</i>	Ica	S/R	6	S/R	Huacho, Lima	Ocasionalmente hasta norte de Chile
BARBUDO AZUL <i>Polydactylus approximans</i>	Ica	S/R	1	S/R	Paita, Piura	Durante la pesca de mis mis

S/R: sin registro  
LT: longitud total

Tabla 4. Condiciones de las comunidades macrobentónicas; por réplica y promedio, enero de 2020. Como referencia se indica el número de especies y el promedio del índice de Shannon (H') obtenidos en el mes de diciembre 2020.

Localidad	estación	réplica	especies N°/0,05m <sup>2</sup>	abundancia ind./m <sup>2</sup>	biomasa g/m <sup>2</sup>	Bacteriobentos g/m <sup>2</sup>	diversidad H'(log <sub>2</sub> )		
<b>por réplica</b>									
CaE2R1	Callao - 94 m (12°S)	R1	0	0	0	0,5656	0		
CaE2R2		R2	0	0	0	1,3820	0		
CaE2R3		R3	0	0	0	0,3435	0		
ChiE2R1	Chicama - 102 m (07°49'S)	R1	6	1240	3,0700	0,0026	1,628		
ChiE2R2		R2	7	1560	7,4800	0,0000	1,179		
PaE3R1	Paita - 120 m (05°S)	R1	13	820	9,0480	-	2,961		
PaE3R2		R2	18	1100	5,6520	-	3,488		
<b>promedio</b>									
	Callao	E2	0	dic. 3	0	0,7637	dic. 9,581	0,000	dic. 1,177
	Chicama	E2	7	10	1400	5,2750	2,075	1,444	2,075
	Paita	E3	23	11	960	7,3500	2,409	3,591	2,409

## 9. FIGURAS

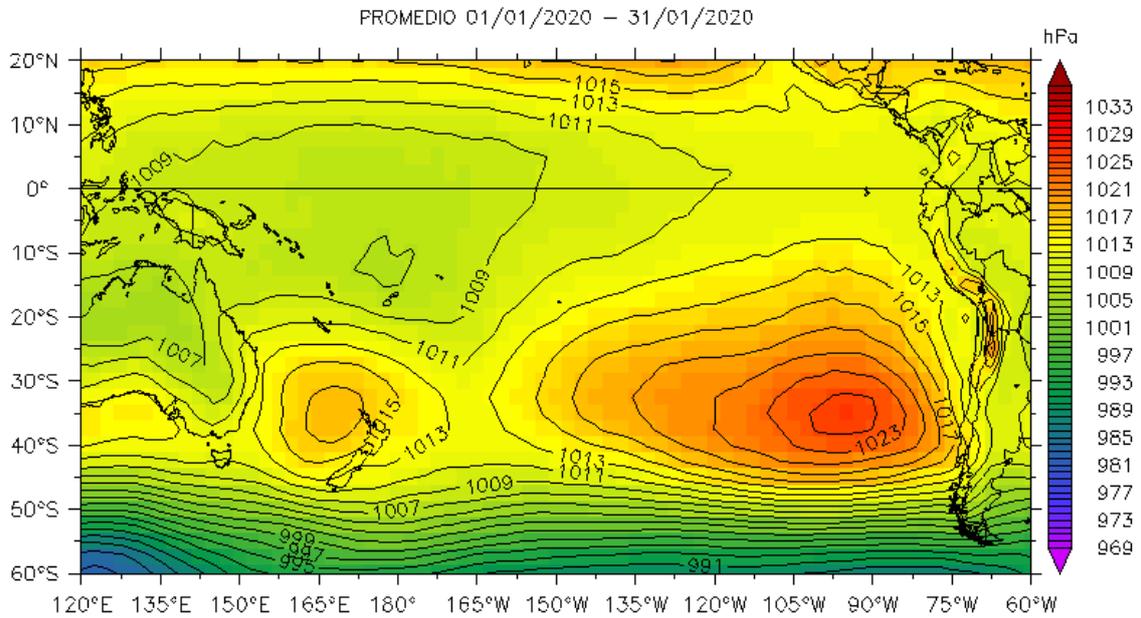


Figura 1. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, promedio 1-31 enero 2020, Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

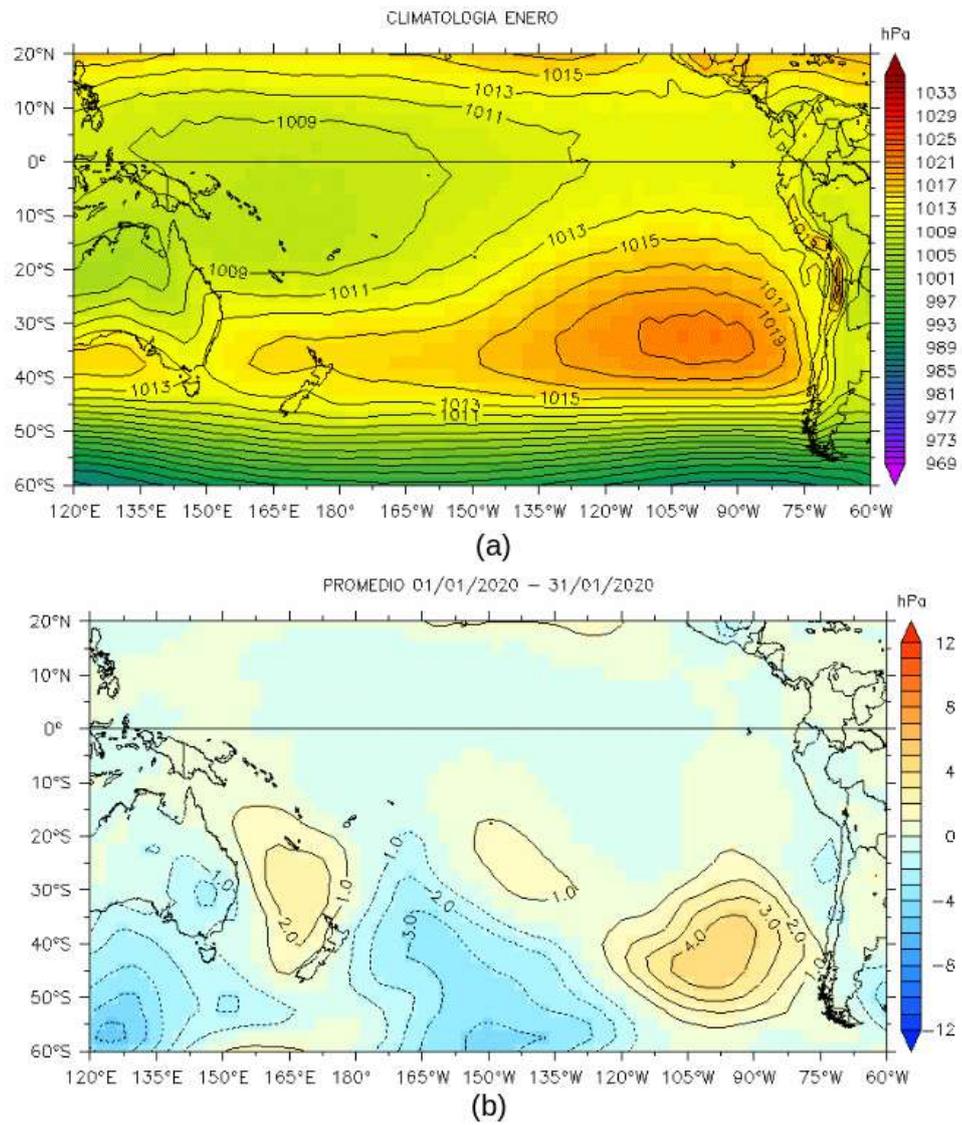


Figura 2. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, climatología (a) y anomalías promedio (b) de enero 2020. Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

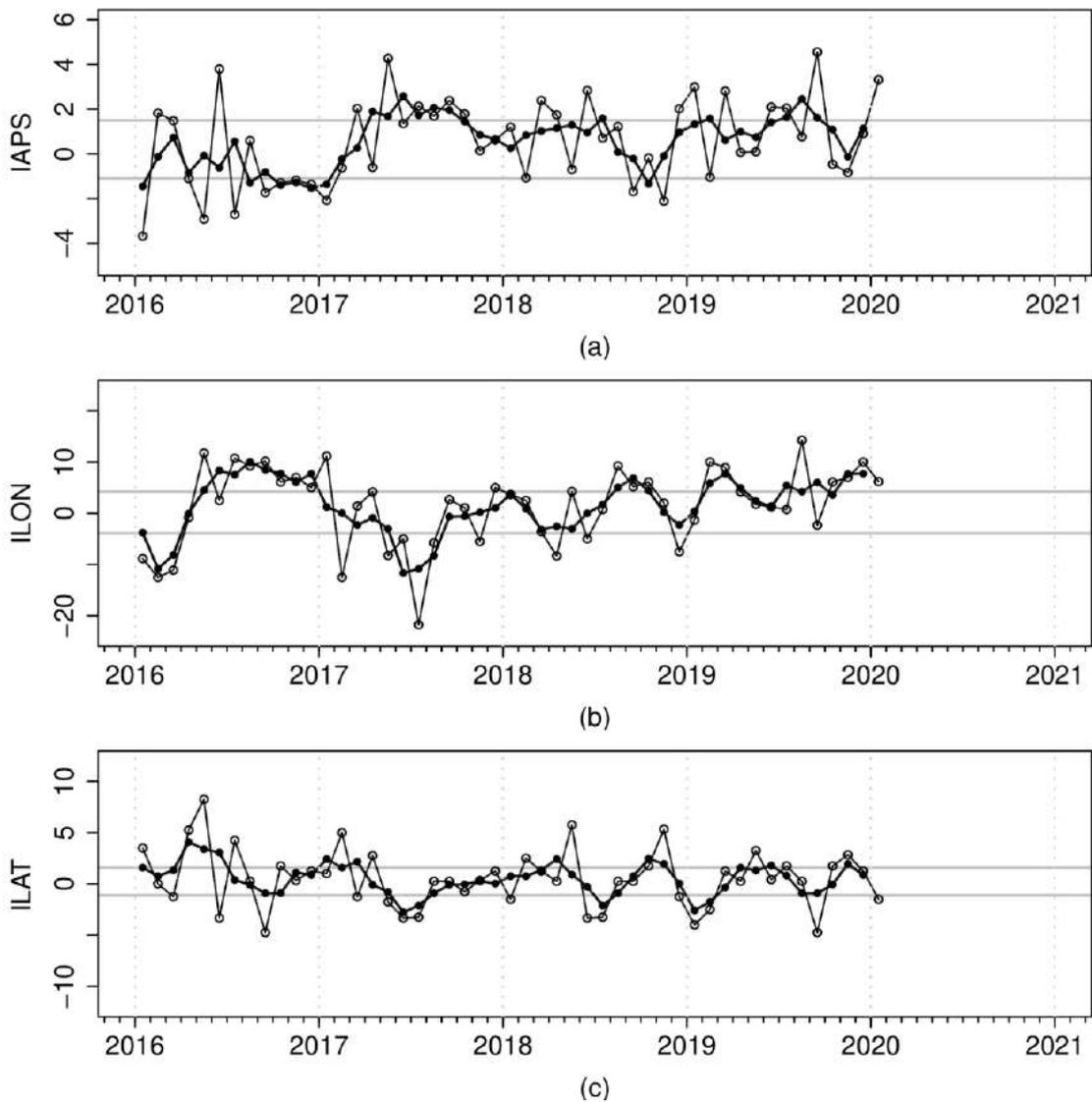


Figura 3. Variación temporal de los índices del APS: a) índice de intensidad (IAPS) e índices de posición b) longitudinal (ILON) y c) latitudinal (ILAT) hasta el trimestre NDE 2019-2020 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2016 – enero 2020.

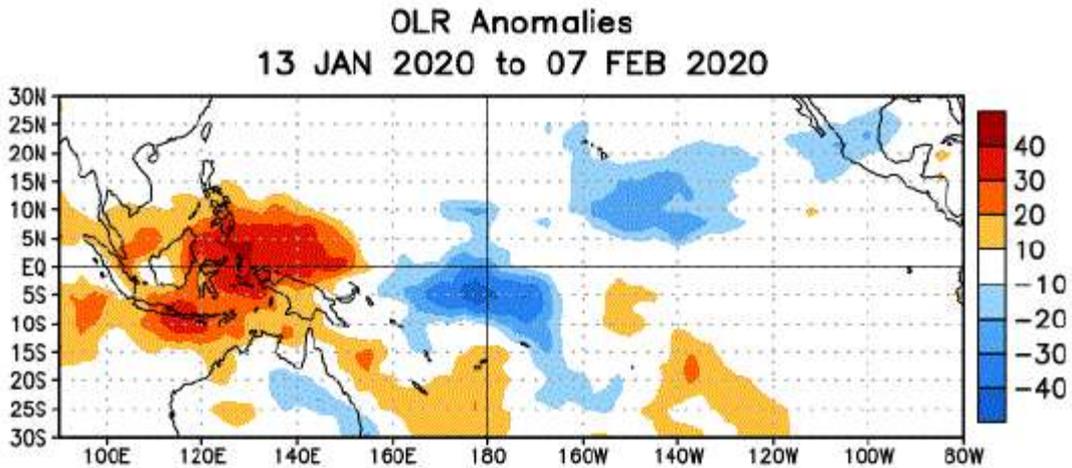


Figura 4. Anomalías del promedio de la radiación de onda larga emitida (OLR, por sus siglas en inglés) ( $W/m^2$ ) durante el mes de enero 2020. Las anomalías de OLR se calculan como desviaciones de los penta-promedios del período base de 1981-2010 (Fuente NOAA).

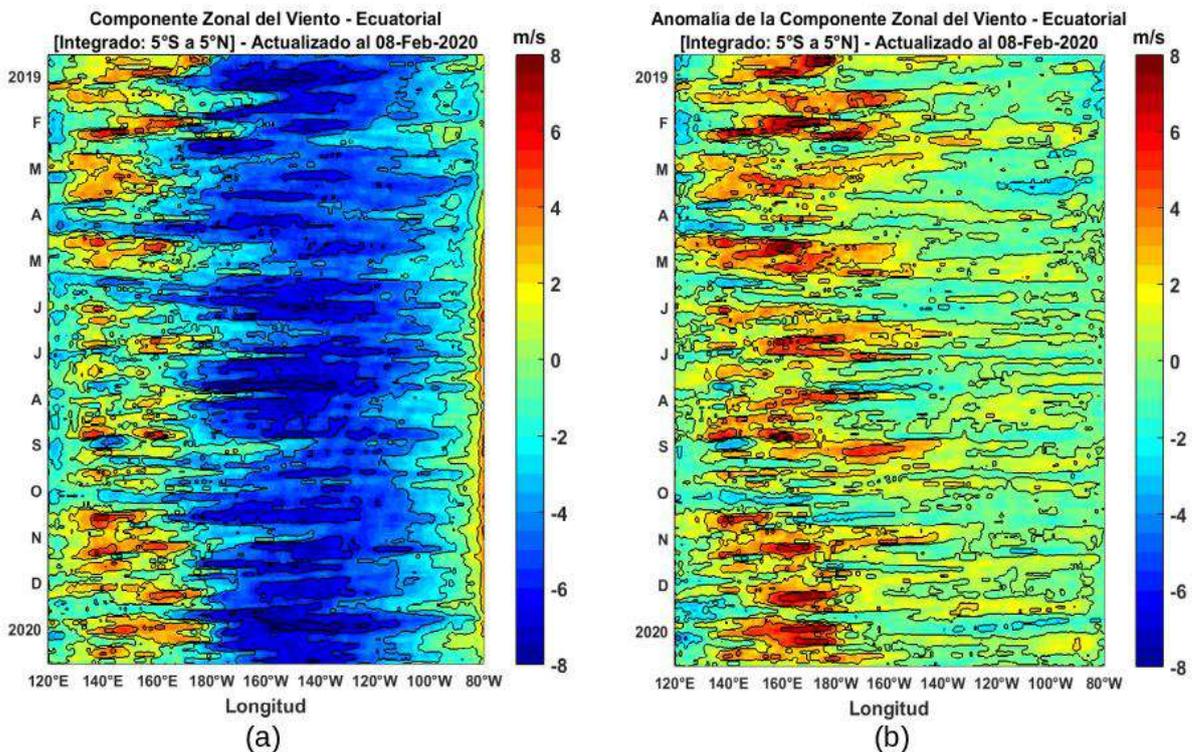


Figura 5. Viento satelital (integrado en el Ecuador): a) Componente zonal del viento ( $m s^{-1}$ ), b) Anomalia de la componente zonal del viento ( $m s^{-1}$ ), durante el último año (Fuente: Satélite ASCAT y modelo GSF, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 08/02/2020.

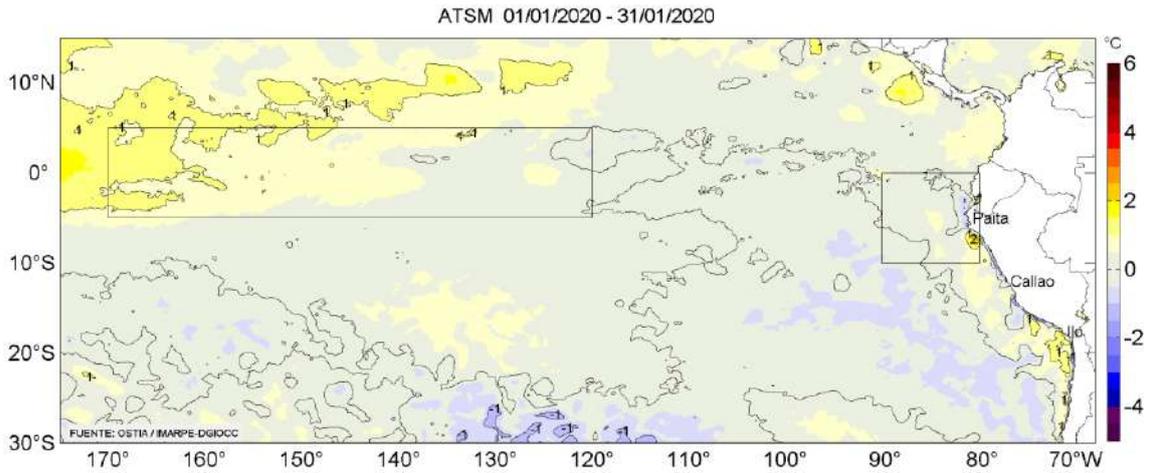


Figura 6. Anomalías promedio de la temperatura superficial del mar (°C) para el mes de enero 2020. Periodo base de 2007-2016. Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

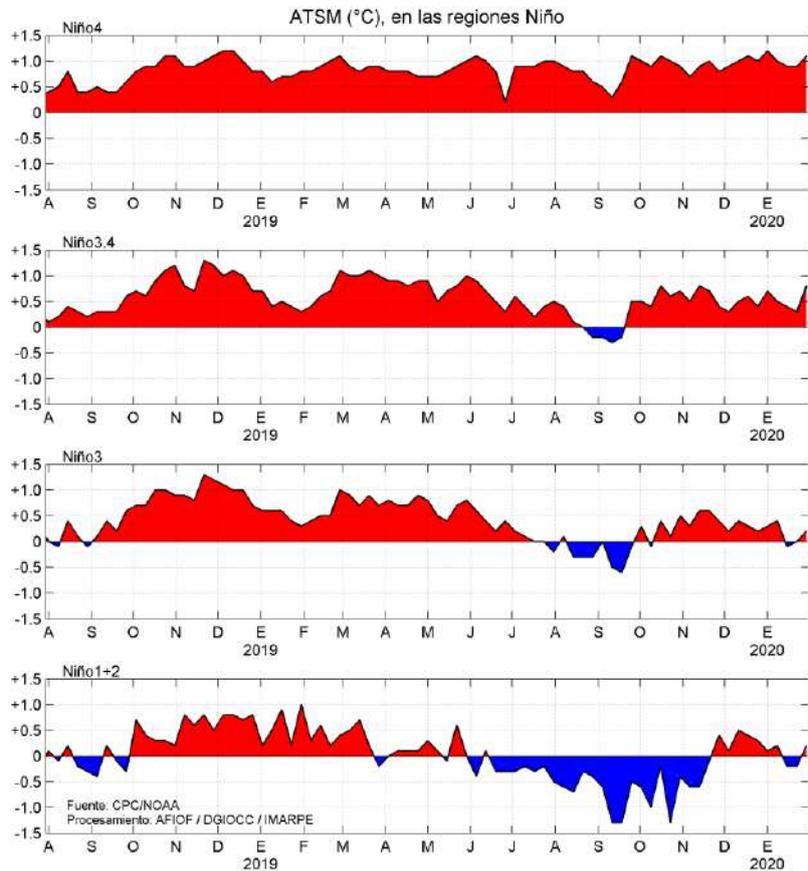


Figura 7. Anomalías semanales promedio de la temperatura superficial del mar (°C) durante dieciocho meses, hasta fines de enero del 2020. Fuente CPC/NOAA, Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

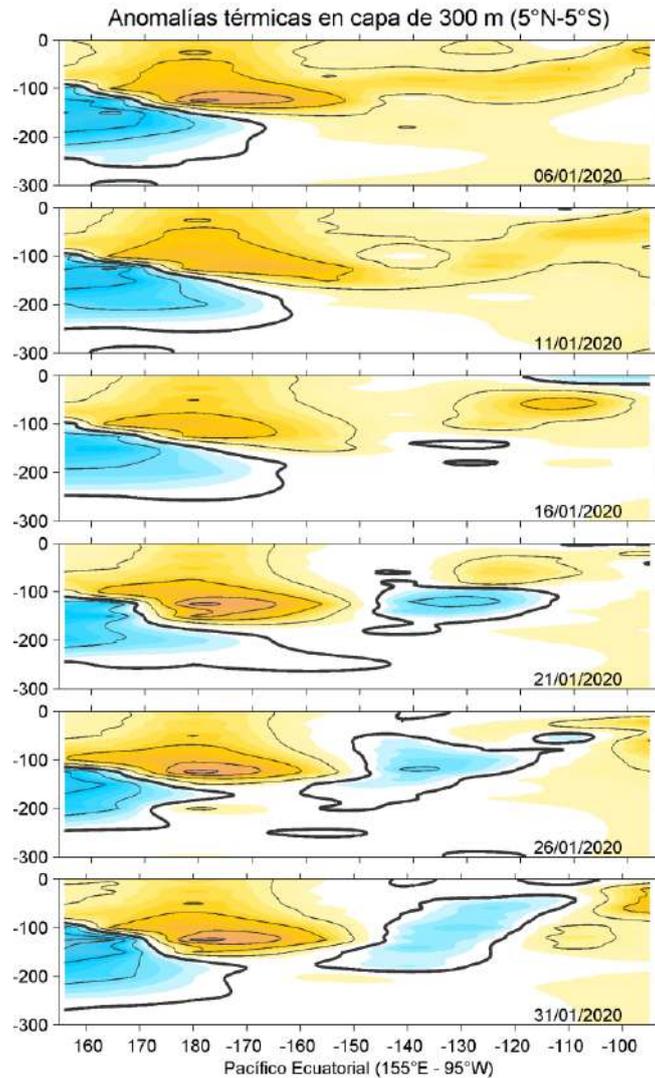


Figura 8. Anomalías de temperatura (°C) en la capa superior (0-300 m) del Pacífico ecuatorial (5 °N – 5 °S), en promedios de cinco días durante enero de 2020 (las fechas indican el último día). Periodo base 1981-2010. Fuente CPC/NOAA, Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

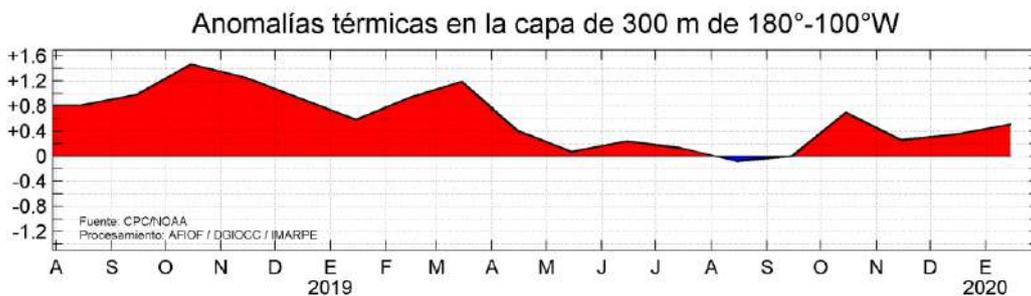


Figura 9. Anomalías del contenido de calor promediado en la capa de 0–300 m del Pacífico ecuatorial (5 °N – 5 °S y 180 °W – 100 °W). Periodo base de 1981-2010. Fuente CPC/NOAA, Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

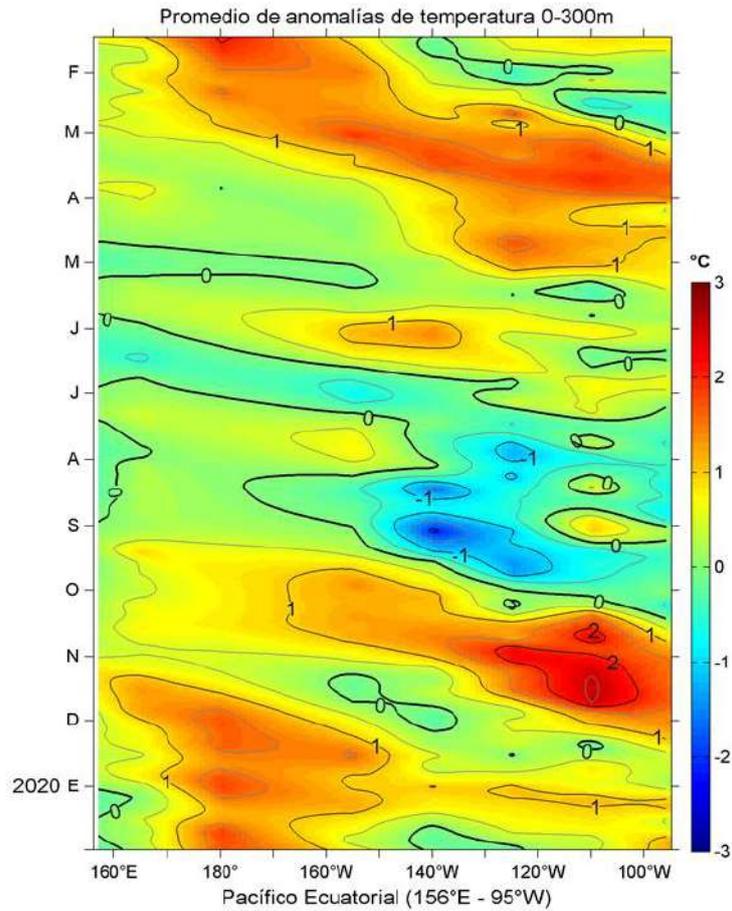


Figura 10. Variación espacio-temporal del promedio de las anomalías de temperatura en la capa de 0-300 m en el Pacífico ecuatorial (156 °E a 95 °W), en el periodo de un año, hasta fines de enero del 2020. Fuente: TAO-TRITON/PMEL/NOAA. Procesamiento: AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

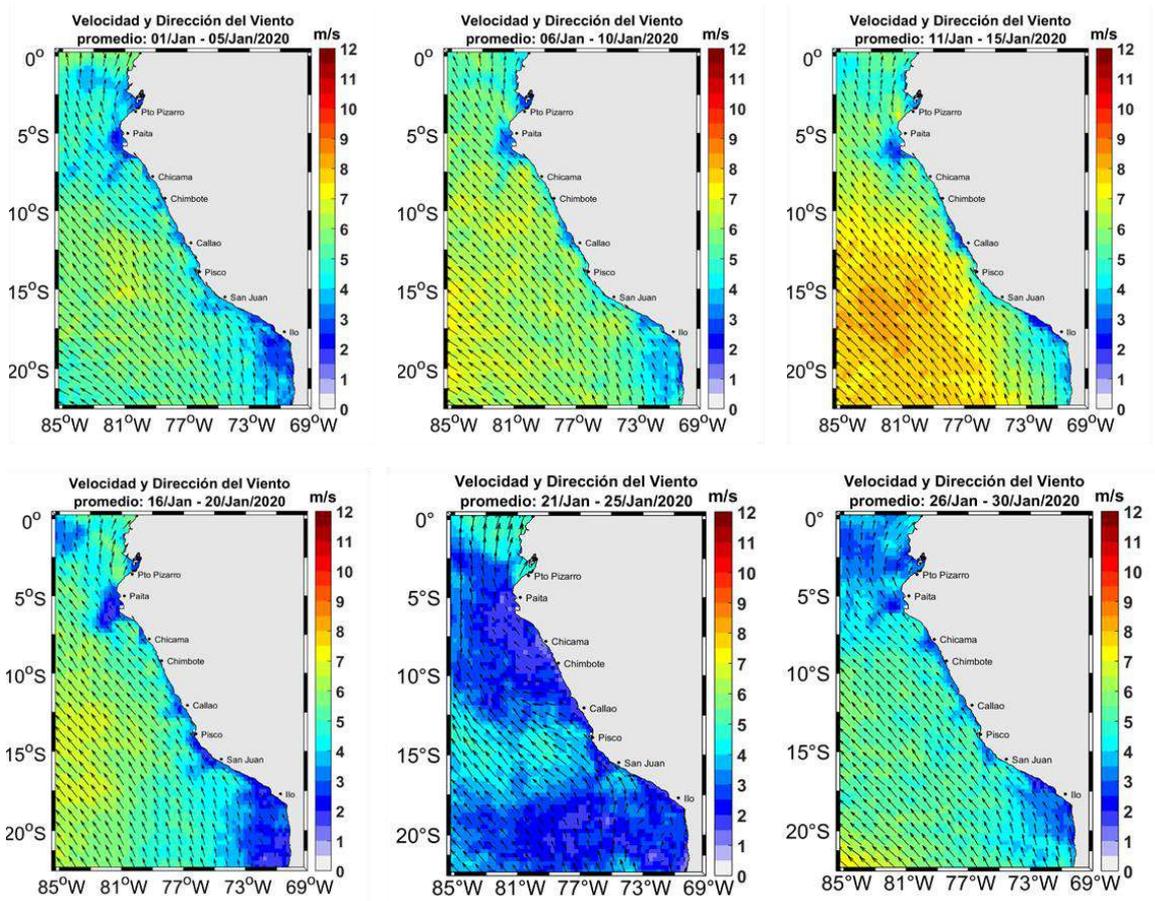


Figura 11. Mapas de la velocidad y dirección del viento frente a la costa peruana, durante el mes de enero del 2020 (Fuente: Satélite ASCAT). Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/01/2020.

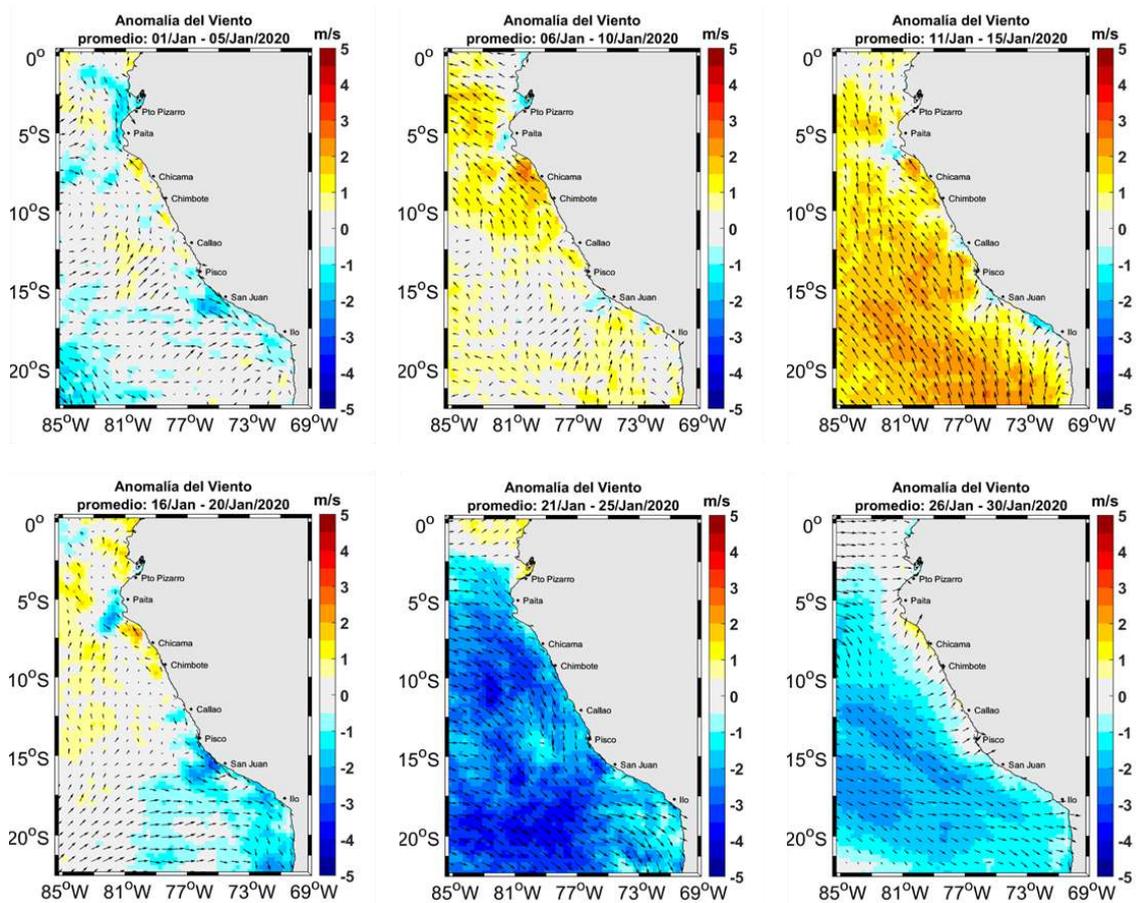


Figura 12. Mapas de anomalía de la velocidad y dirección del viento frente a la costa peruana, durante el mes de enero del 2020 (Fuente: Satélite ASCAT), Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/01/2020.

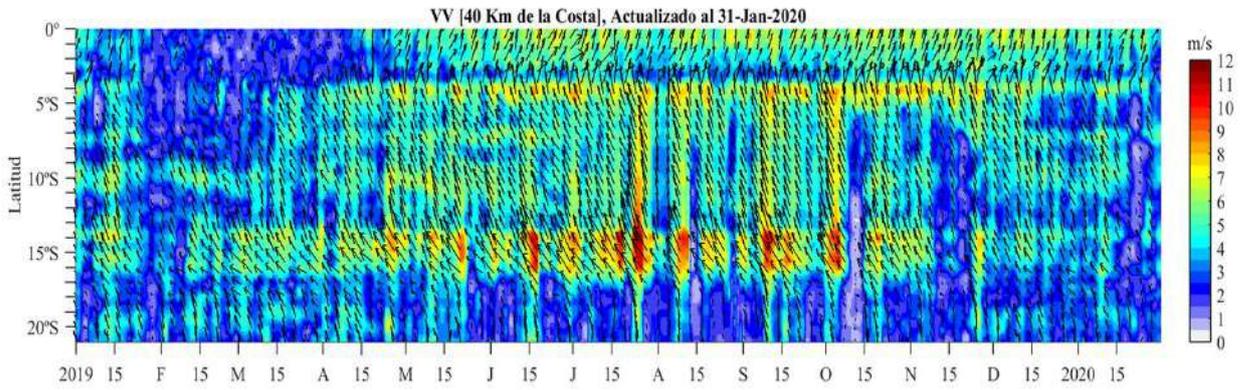


Figura 13. Diagrama Hovmöller de la velocidad del viento a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT y productos del proyecto COPERNICUS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 31/01/2020.

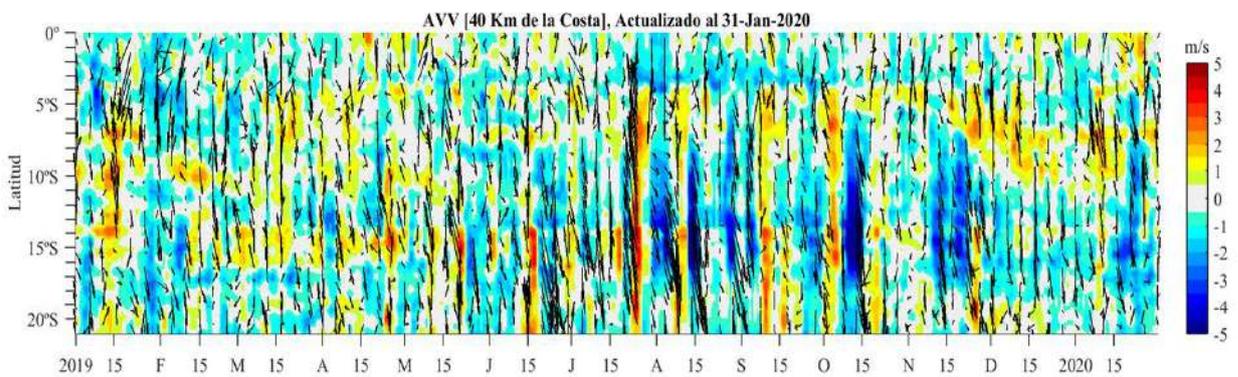


Figura 14. Diagrama Hovmöller de la anomalía del viento a lo largo de la costa peruana meses (Fuente: Satélite ASCAT y productos del producto COPERNICUS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 31/01/2020.

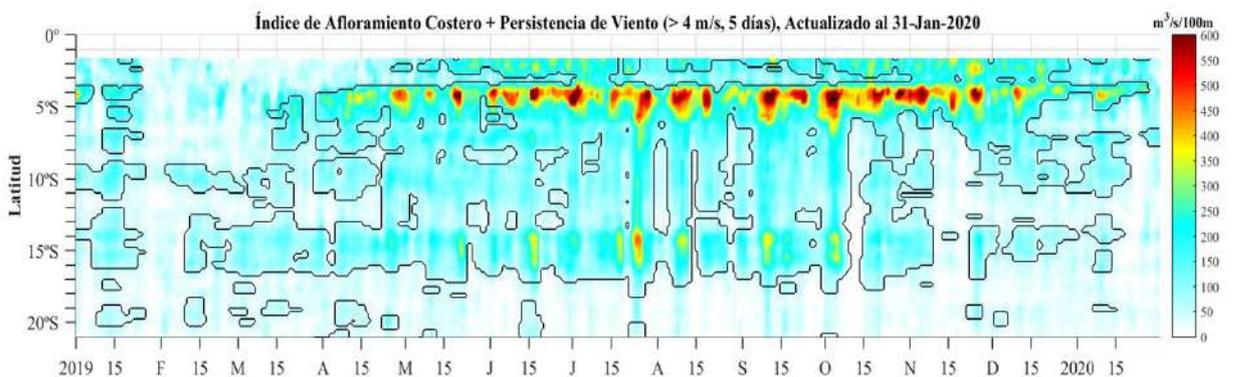


Figura 15. Diagrama de Hovmöller del índice de afloramiento costero ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1} \times 100\text{m}$ ), calculado a partir del viento satelital ASCAT y productos del proyecto COPERNICUS a 40 km frente a la costa del Perú. Los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad  $> 4 \text{ m s}^{-1}$  durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 31/01/2020.

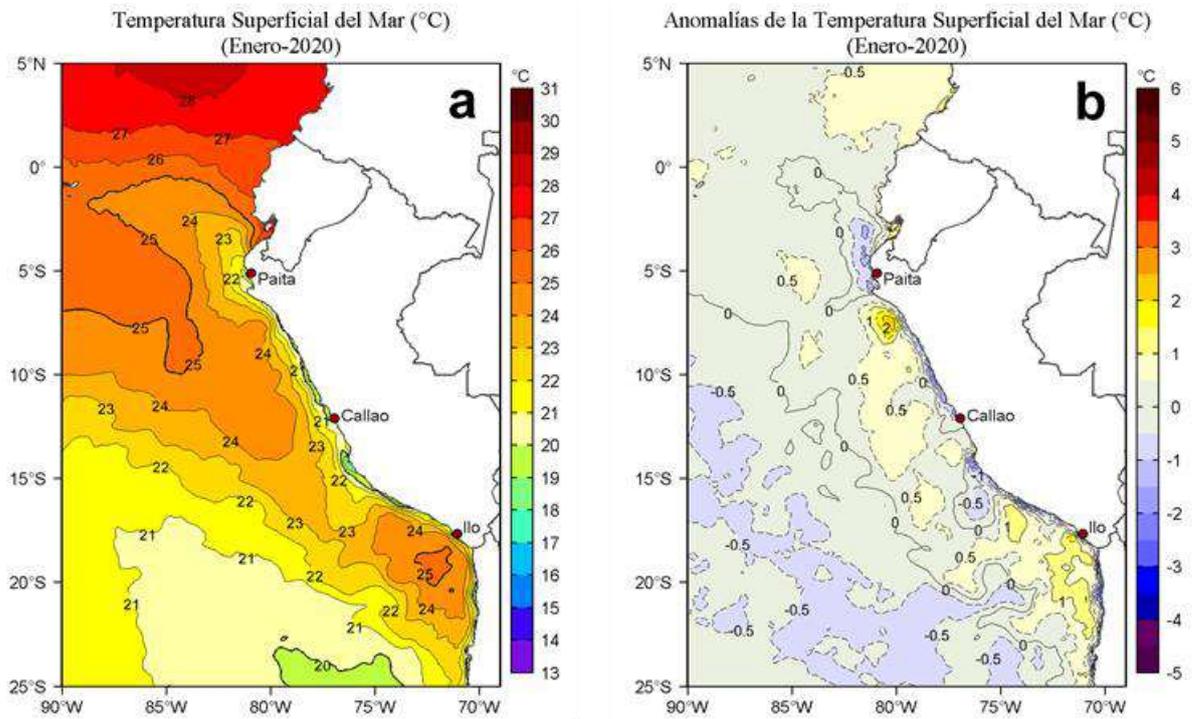


Figura 16. Distribución espacial promedio mensual de: a) Temperatura superficial del mar (TSM, °C) y b) Anomalía de la temperatura superficial del mar (ATSM, °C) para el mes de enero de 2020 en el océano Pacífico tropical oriental. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). Las escalas de colores de la TSM como de la ATSM se presentan a la derecha de cada gráfico. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

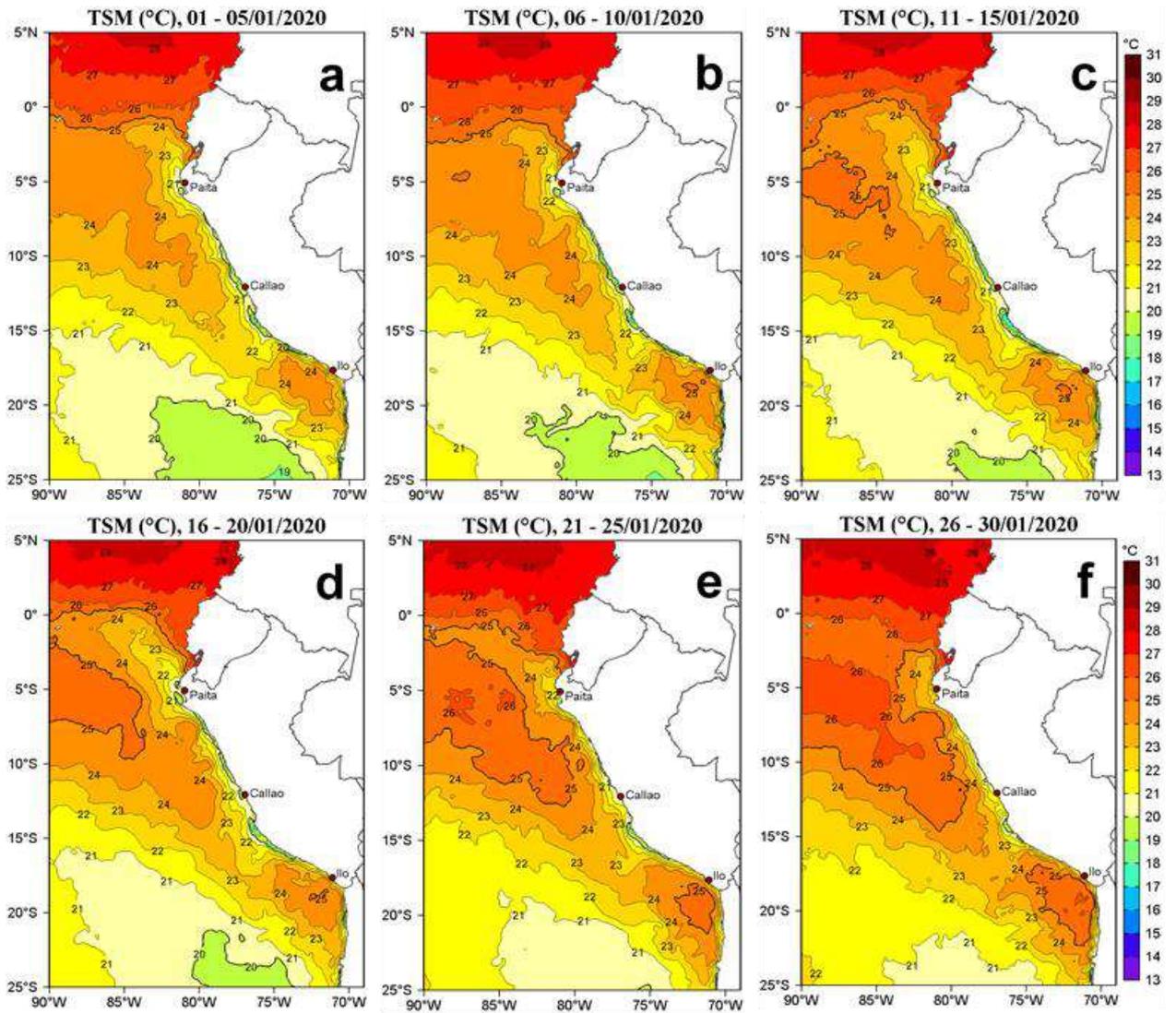


Figura 17. Distribución espacial promedio pentadal de la temperatura superficial del mar (TSM, °C) para el mes de enero de 2020 en el océano Pacífico tropical oriental. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). La escala de colores de la TSM se presenta a la derecha. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

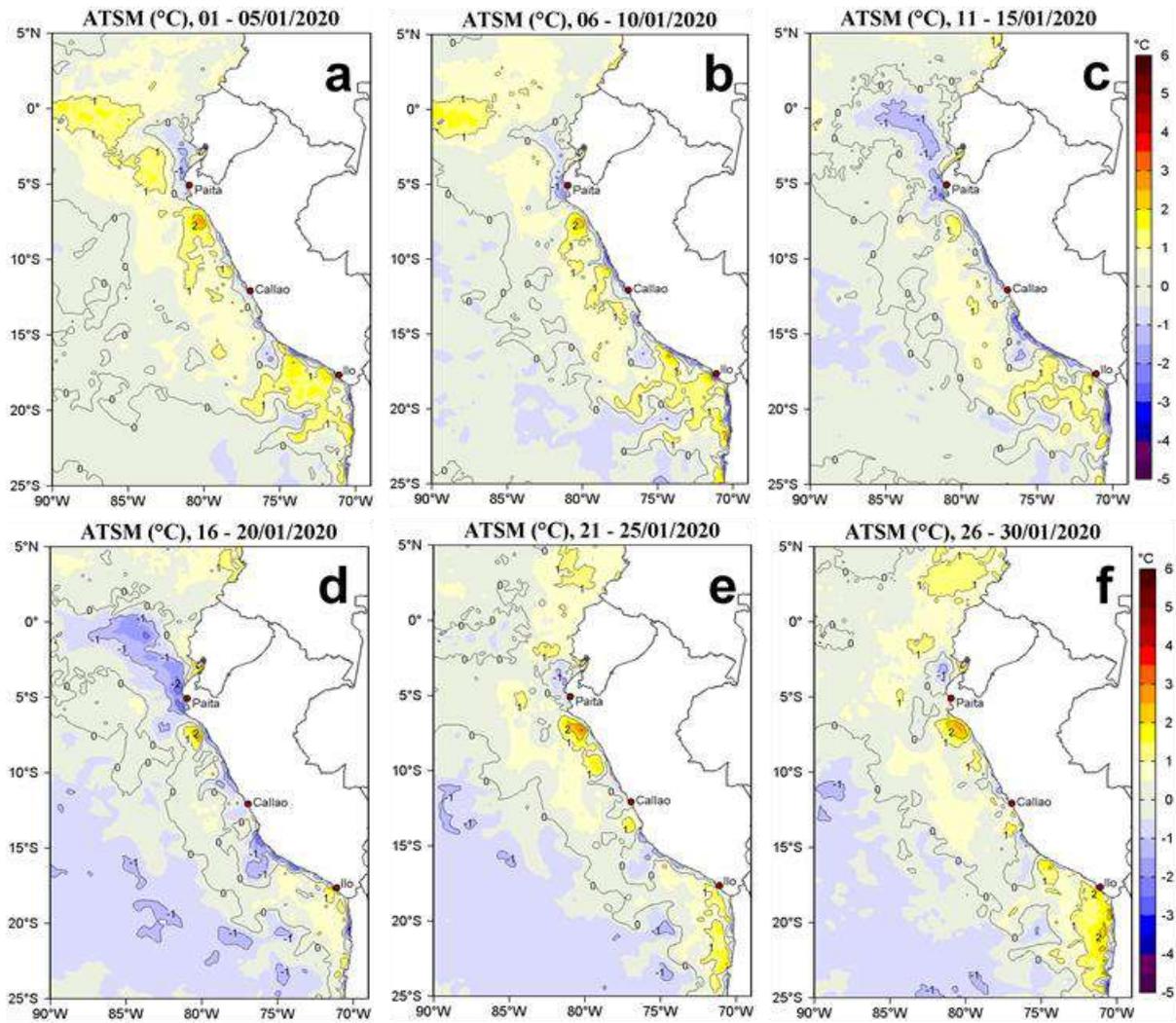


Figura 18. Distribución espacial promedio pentadal de las anomalías de temperatura superficial del mar (TSM, °C) para el mes de enero de 2020 en el océano Pacífico tropical oriental. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). La escala de colores de la TSM se presenta a la derecha. Procesamiento: LHF/AFIO/DGIOCC/IMARPE.

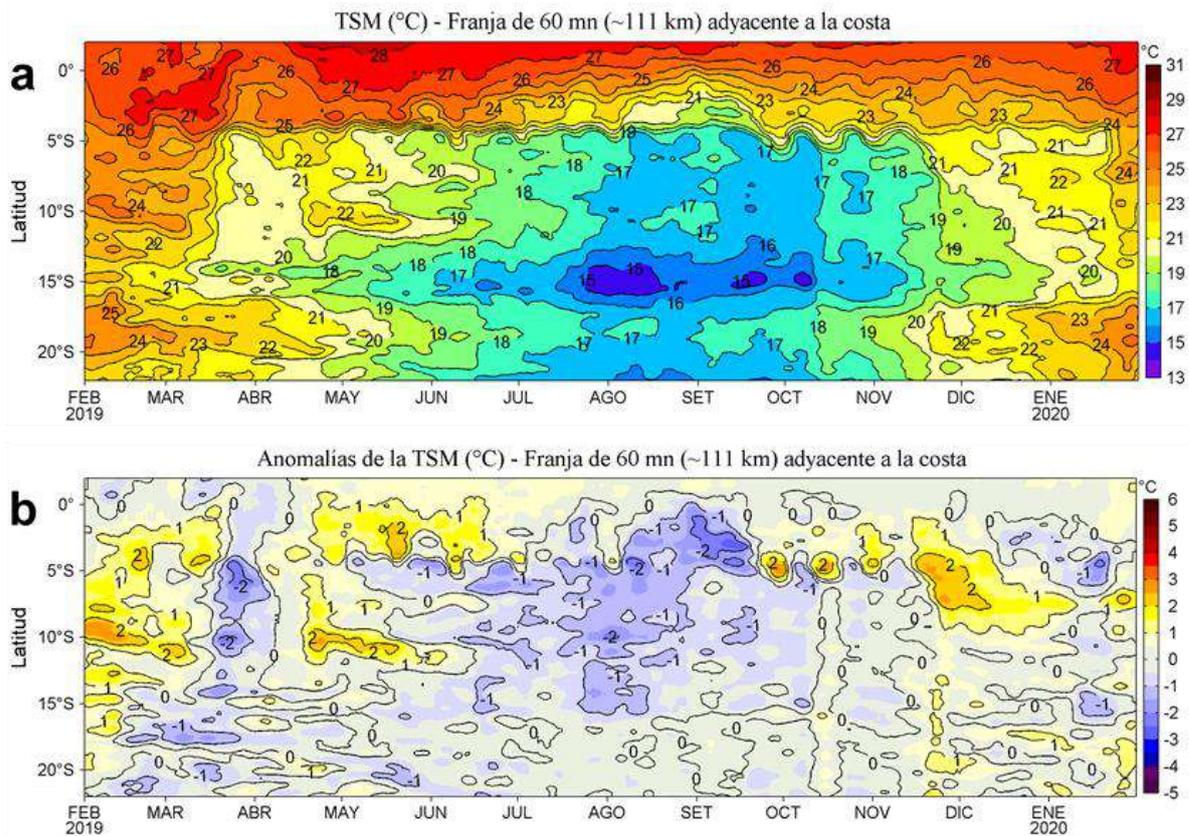


Figura 19. Evolución diaria de: a) Temperatura superficial del mar (°C) y b) Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) de febrero de 2019 a enero de 2020 para una franja de 111 km adyacente a la costa entre el ecuador geográfico y 22 °S. Los promedios climatológicos de referencia consideran los años del 2007 al 2016. La barra de colores a la derecha muestra la escala de la temperatura y las anomalías, respectivamente. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC /IMARPE.

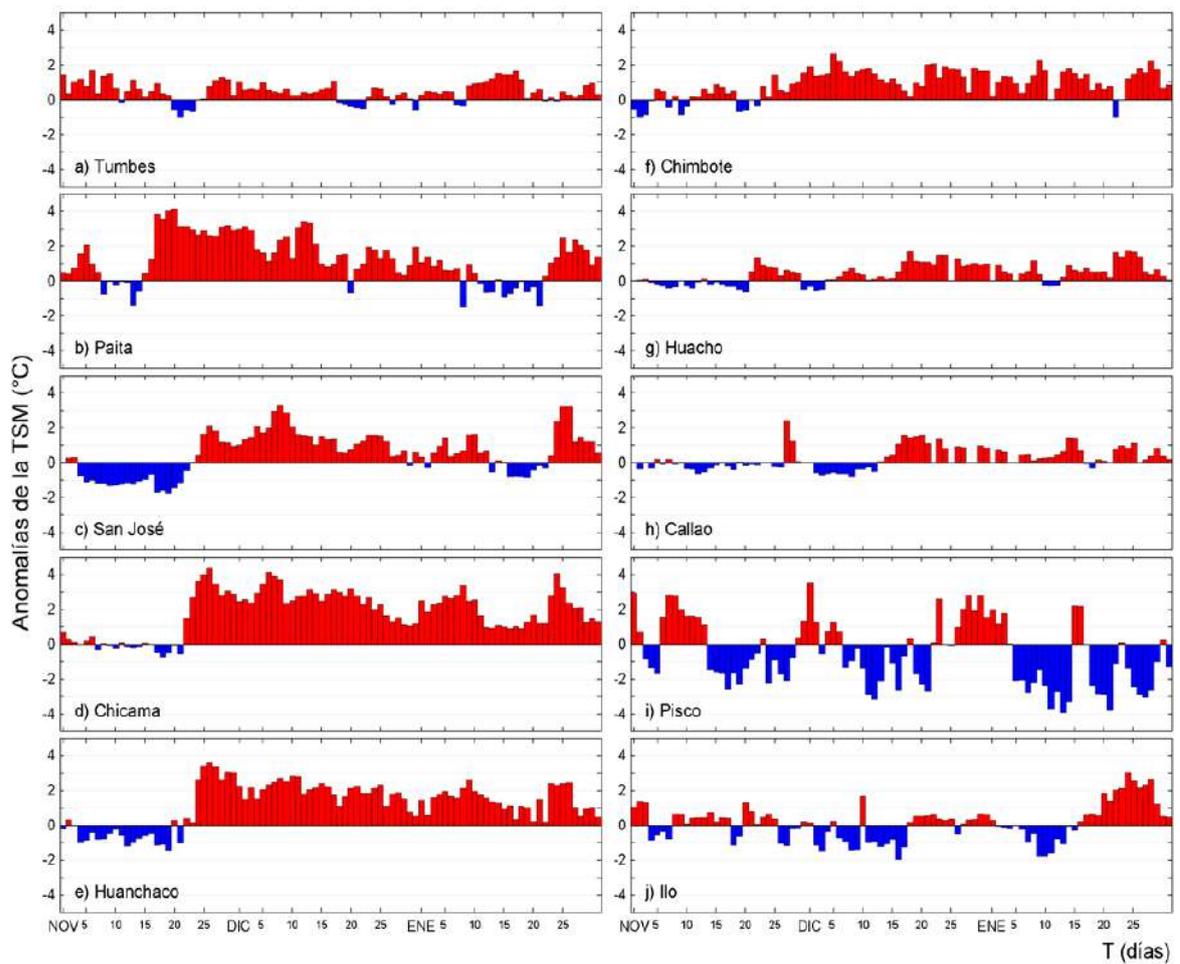


Figura 20. Series de tiempo del promedio diario de las anomalías de la temperatura superficial del mar (ATSM, °C) en la red de muelles costeros que administra IMARPE en el litoral peruano de noviembre de 2019 a enero de 2020. Las anomalías se calcularon respecto del promedio climatológico pentadal. Datos y procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

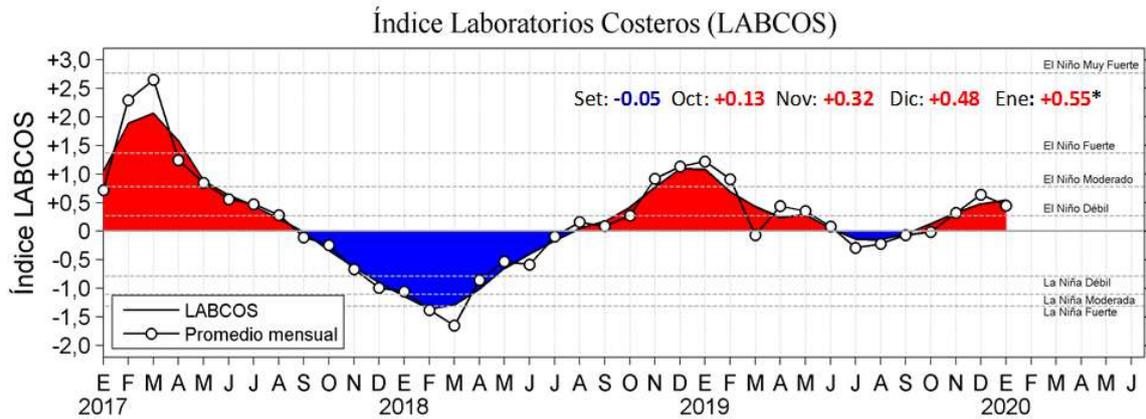


Figura 21. Serie de tiempo mensual del índice LABCOS (área sombreada) y el promedio mensual de las anomalías de TSM (en círculos) para el periodo de enero de 2017 a enero de 2020. El índice LABCOS se estimó de acuerdo a Quispe y Vásquez (2015). Datos: TSM diaria de siete laboratorios costeros de IMARPE y de la estación Punta San Juan de la DHN. Climatología: 1976-2015. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

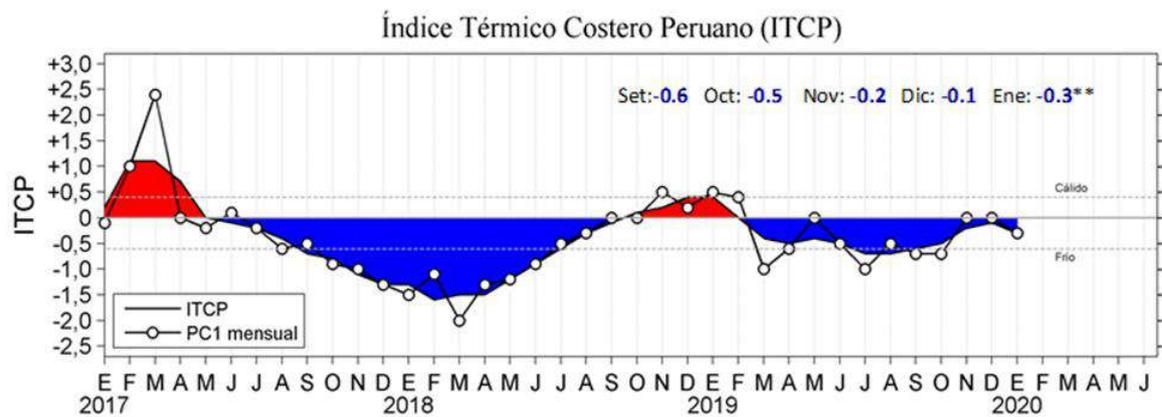


Figura 22. Serie de tiempo mensual del Índice Térmico Costero Peruano (ITCP) y la primera componente principal (PC1) para el periodo de enero 2017 a enero 2020. El ITCP (área sombreada en color azul o rojo) se estimó de acuerdo a Quispe et al (2016). Datos: NOAA NCDC OISST v2. Climatología: 1982-2014 (Reynolds et al., 2007). Procesamiento: AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

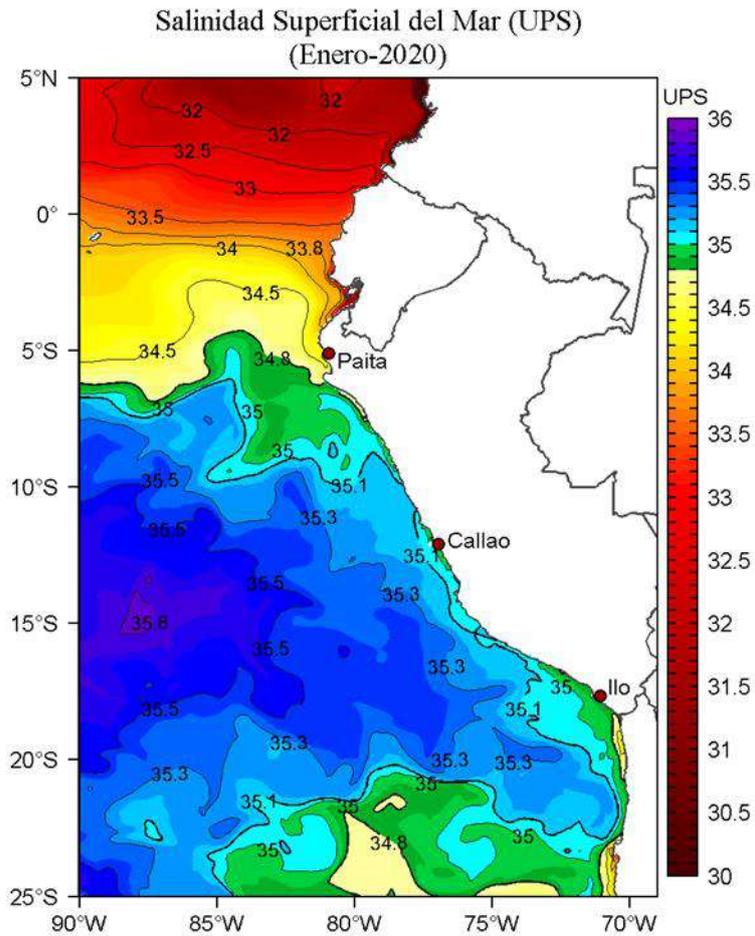


Figura 23. Distribución mensual de la salinidad superficial del mar (SSM, ups) en el Pacífico Sudeste durante el mes de enero de 2020. Datos: GLOBAL\_ANALYSIS\_FORECAST\_PHY\_001\_024 (Lellouche, J.-M. et al, 2013) disponible en <http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/>. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

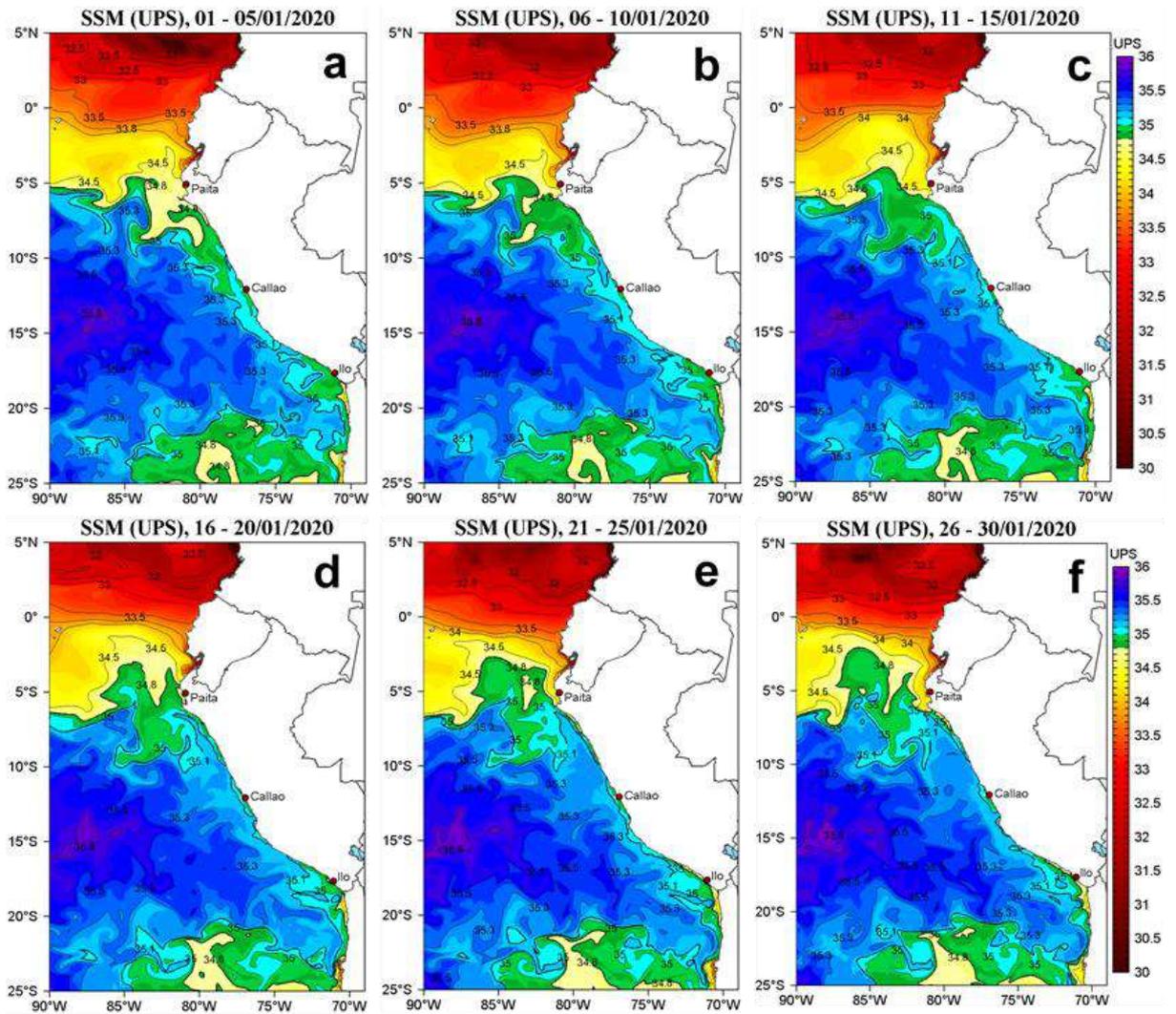


Figura 24. Distribución pentadal de la salinidad superficial del mar (SSM, ups) en el Pacífico Sudeste, durante el mes de enero del 2020. Datos: GLOBAL\_ANALYSIS\_FORECAST\_PHY\_001\_024 (Lellouche, J.-M. et al, 2013) disponible en <http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/>. Procesamiento: LHFMAFIOF/DGIOCC/IMARPE.

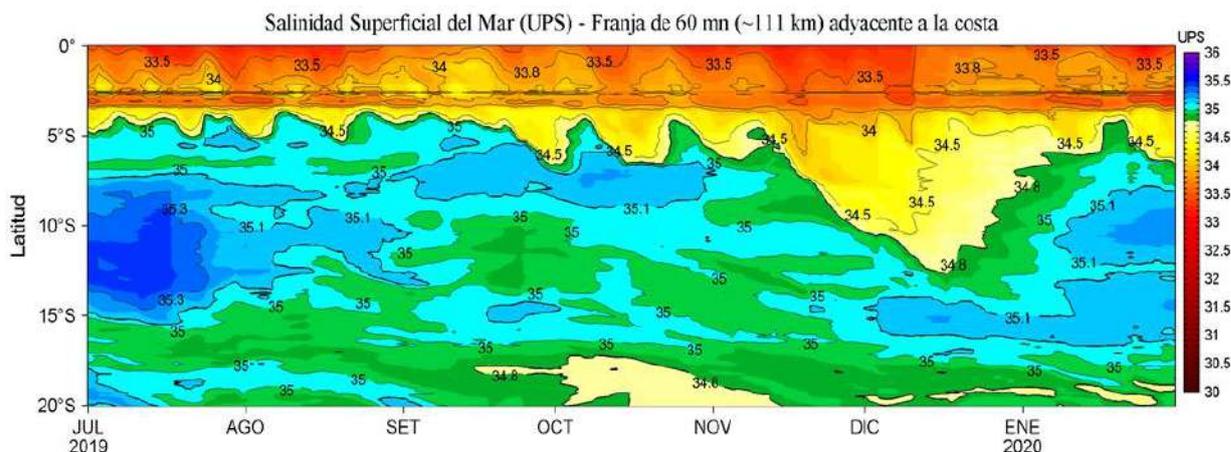


Figura 25. Evolución diaria de la salinidad superficial del mar (SSM, ups) para la franja de 60 mn (~111 km) adyacente al litoral peruano de julio 2019 a enero 2020. Datos: GLOBAL\_ANALYSIS\_FORECAST\_PHY\_001\_024 (Lellouche et al, 2013) disponible en <http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/>. Procesamiento: LHFM/AFIOF/ DGIOCC /IMARPE.

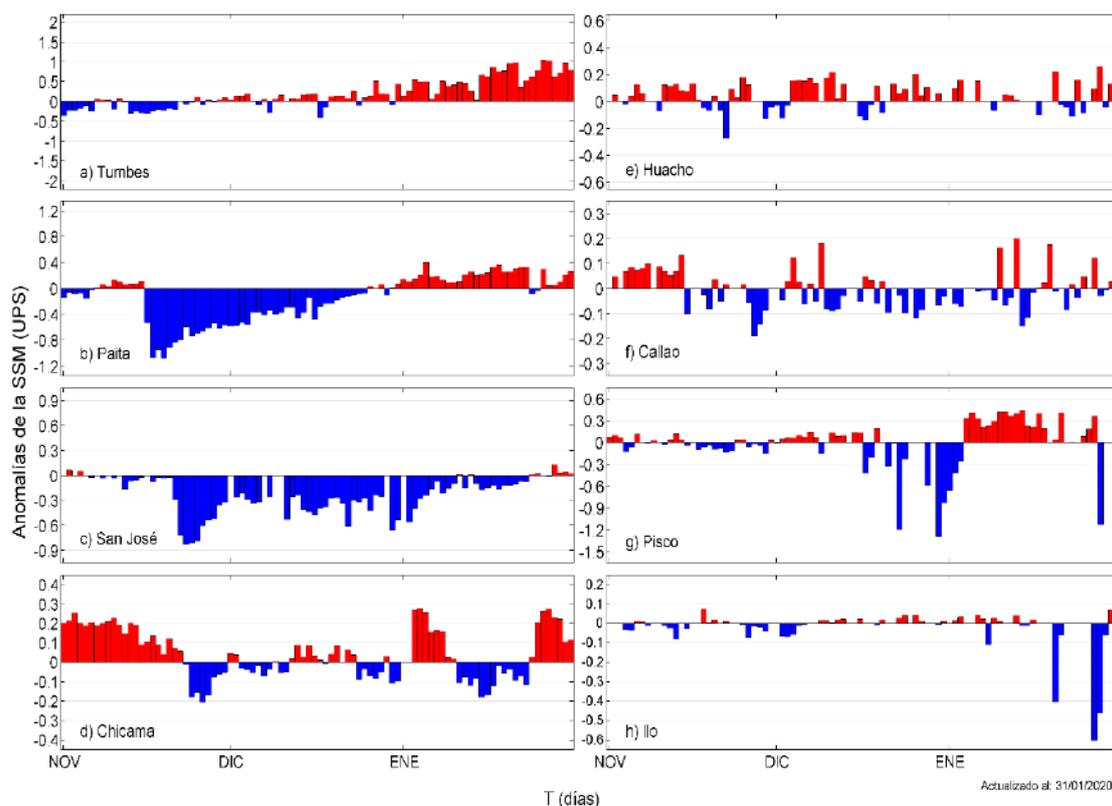


Figura 26. Series de tiempo del promedio diario de las anomalías de la salinidad superficial del mar (ASSM, ups) en la red de muelles costeros que administra IMARPE en el litoral peruano de noviembre 2019 a enero de 2020. Las anomalías se calcularon respecto del promedio climatológico pentadal (período: 2000 - 2014). Datos y procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

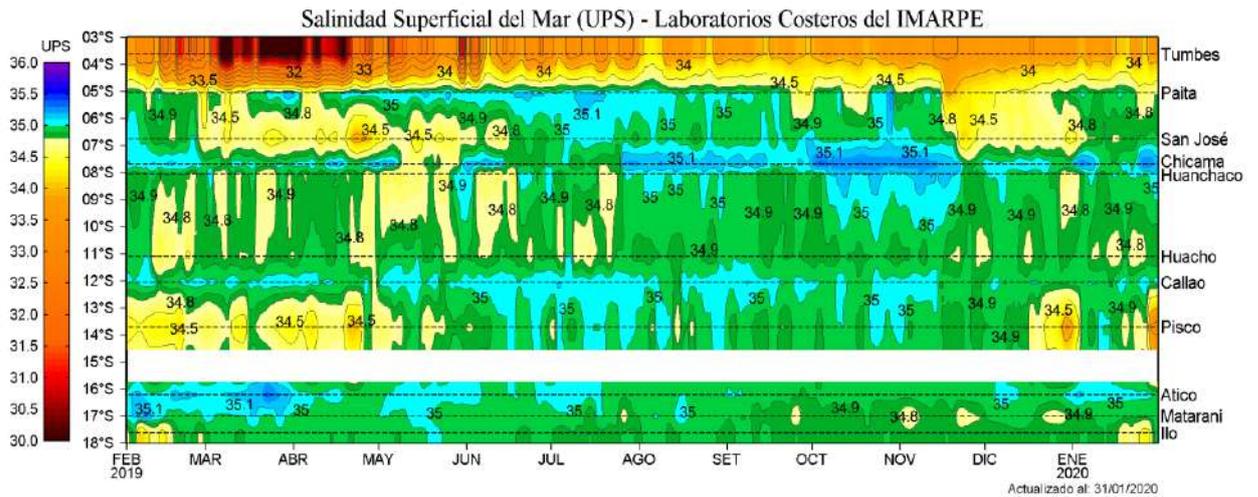


Figura 27. Diagrama Hovmöller de la evolución diaria de la salinidad superficial del mar (SSM, ups) en los muelles costeros que administra IMARPE en el litoral peruano de febrero 2019 a enero 2020. Procesamiento: LHF/M/AFIOF/ DGIOCC /IMARPE.

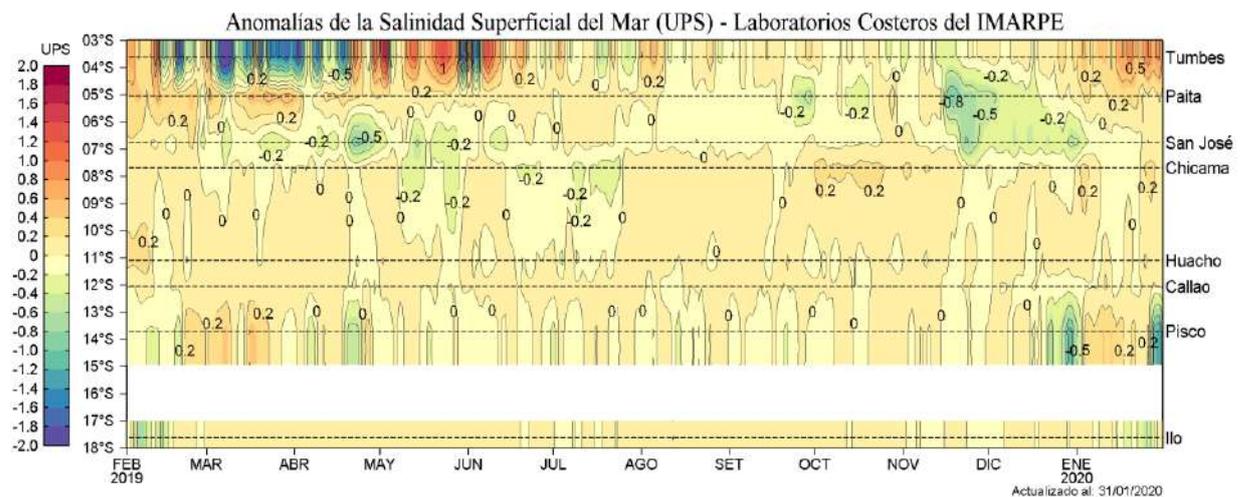


Figura 28. Diagrama Hovmöller de las anomalías de la salinidad superficial del mar (ASSM, ups) en los muelles costeros que administra IMARPE en el litoral peruano de febrero 2019 a enero de 2020. Las anomalías se calcularon respecto del promedio climatológico pentadal (período: 2000 - 2014). Datos y procesamiento: LHF/M/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

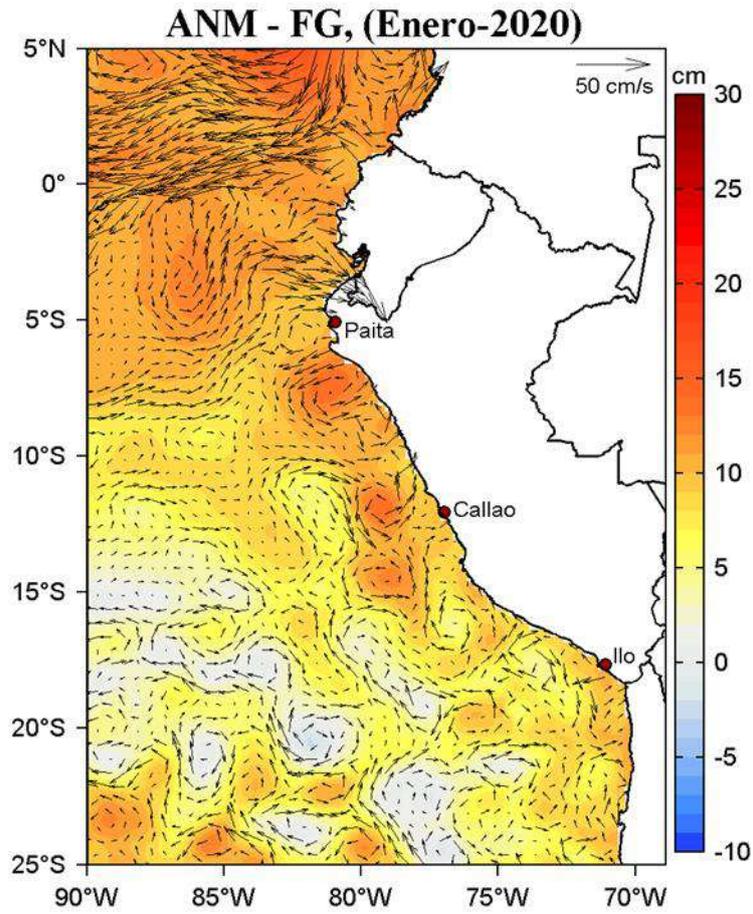


Figura 29. Distribución mensual de las anomalías del nivel del mar (ANM, cm) y los flujos geostróficos (FG,  $\text{cm s}^{-1}$ ) en el Pacífico Sudeste en enero de 2020. Fuente: CMEMS v3.0 ([ftp://nrt.cmemsdu.eu/Core/SEALEVEL\\_GLO\\_PHY\\_L4\\_NRT\\_OBSERVATIONS\\_008\\_046/datas-et-duacs-nrt-global-merged-allsat-phy-l4/](ftp://nrt.cmemsdu.eu/Core/SEALEVEL_GLO_PHY_L4_NRT_OBSERVATIONS_008_046/datas-et-duacs-nrt-global-merged-allsat-phy-l4/)). Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

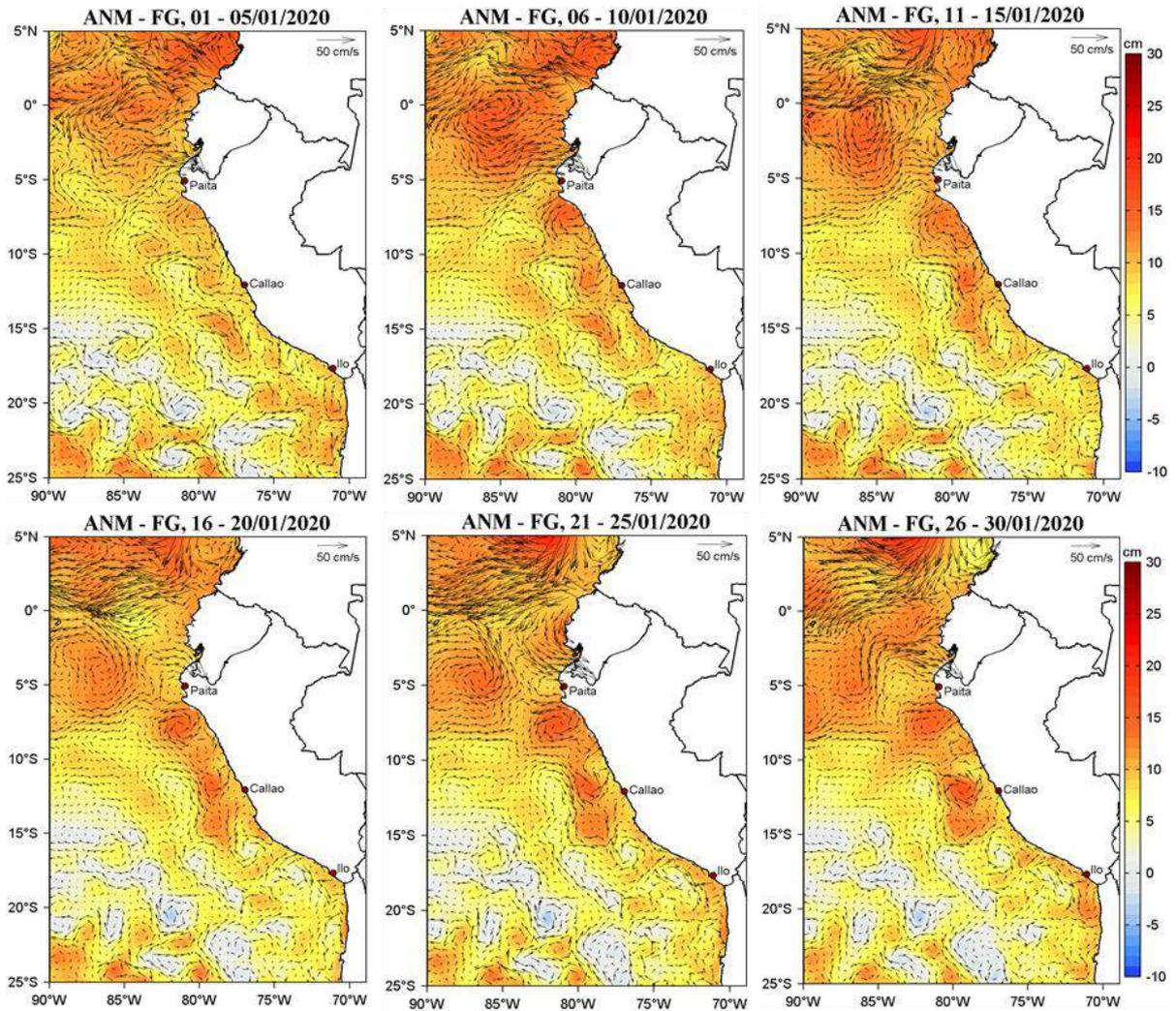


Figura 30. Distribución pentadal de las anomalías del nivel del mar (ANM, cm) y los flujos geostroficados (FG,  $\text{cm s}^{-1}$ ) en el Pacífico Sudeste durante el mes de enero de 2020. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

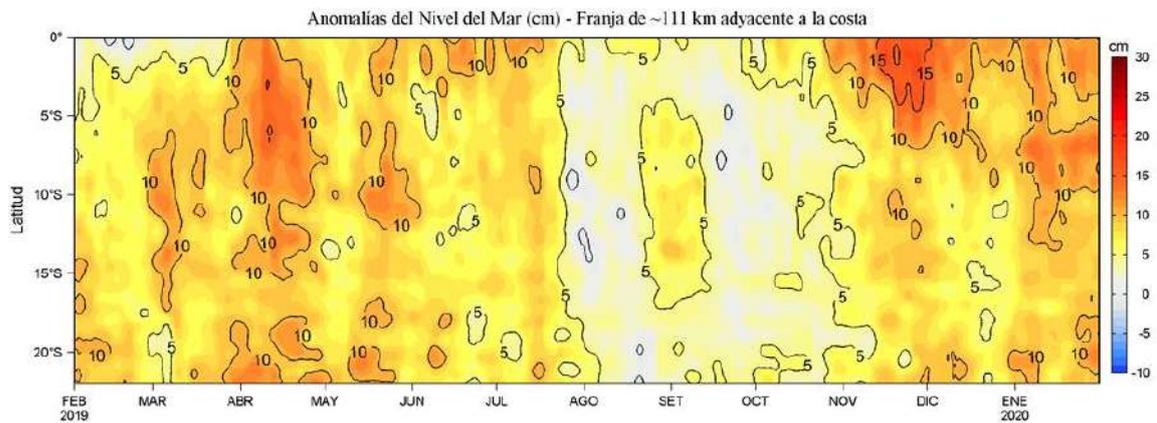


Figura 31. Evolución de las anomalías diarias del nivel del mar (cm) calculadas para una franja de 111 km adyacente a la costa entre el ecuador geográfico y 22°S de enero a diciembre de 2019. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

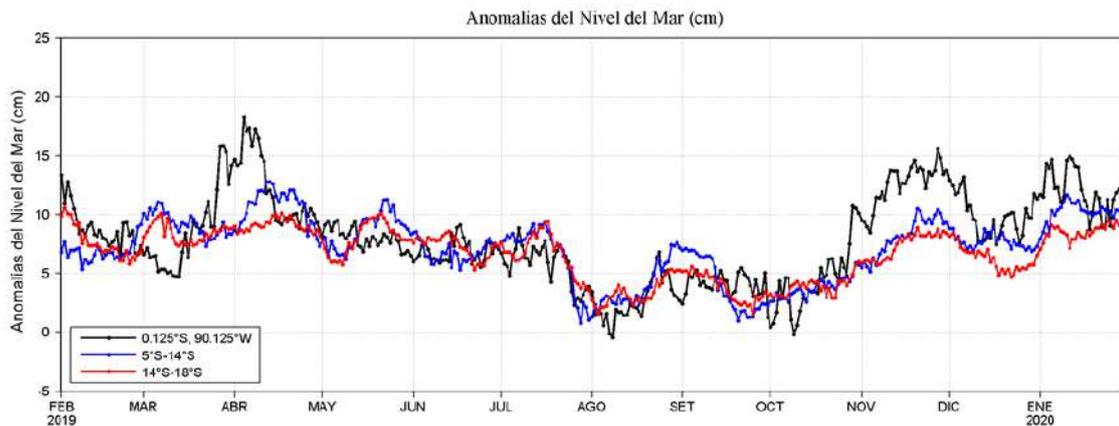


Figura 32. Variación temporal de las anomalías del nivel del mar (cm) en tres áreas del promedio del Pacífico Sudeste: i) área de 75 km centrada en 0,125°S y 90,125°W, y áreas promedio de 60 mn (~111 km) entre ii) 5°S - 14°S y iii) 14°S - 18°S. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

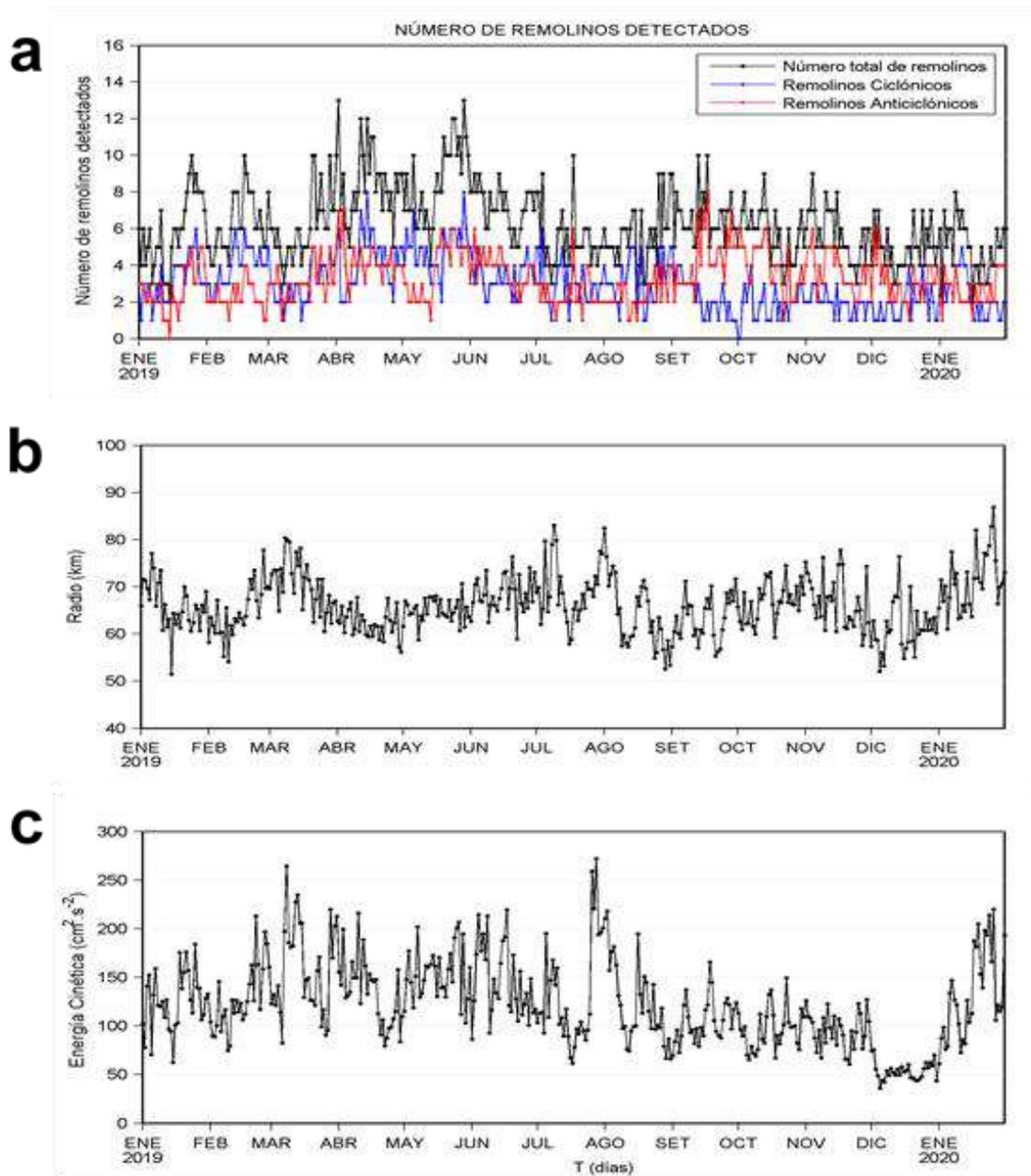


Figura 33. Variación diaria de: a) número de remolinos detectados, b) radio promedio (km) y c) la energía cinética promedio ( $\text{cm}^2 \text{s}^{-2}$ ) de los remolinos entre  $3^\circ \text{S}$  y  $18^\circ \text{S}$  y de  $70^\circ \text{W}$  a  $84^\circ \text{W}$  de enero de 2019 a enero de 2020. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

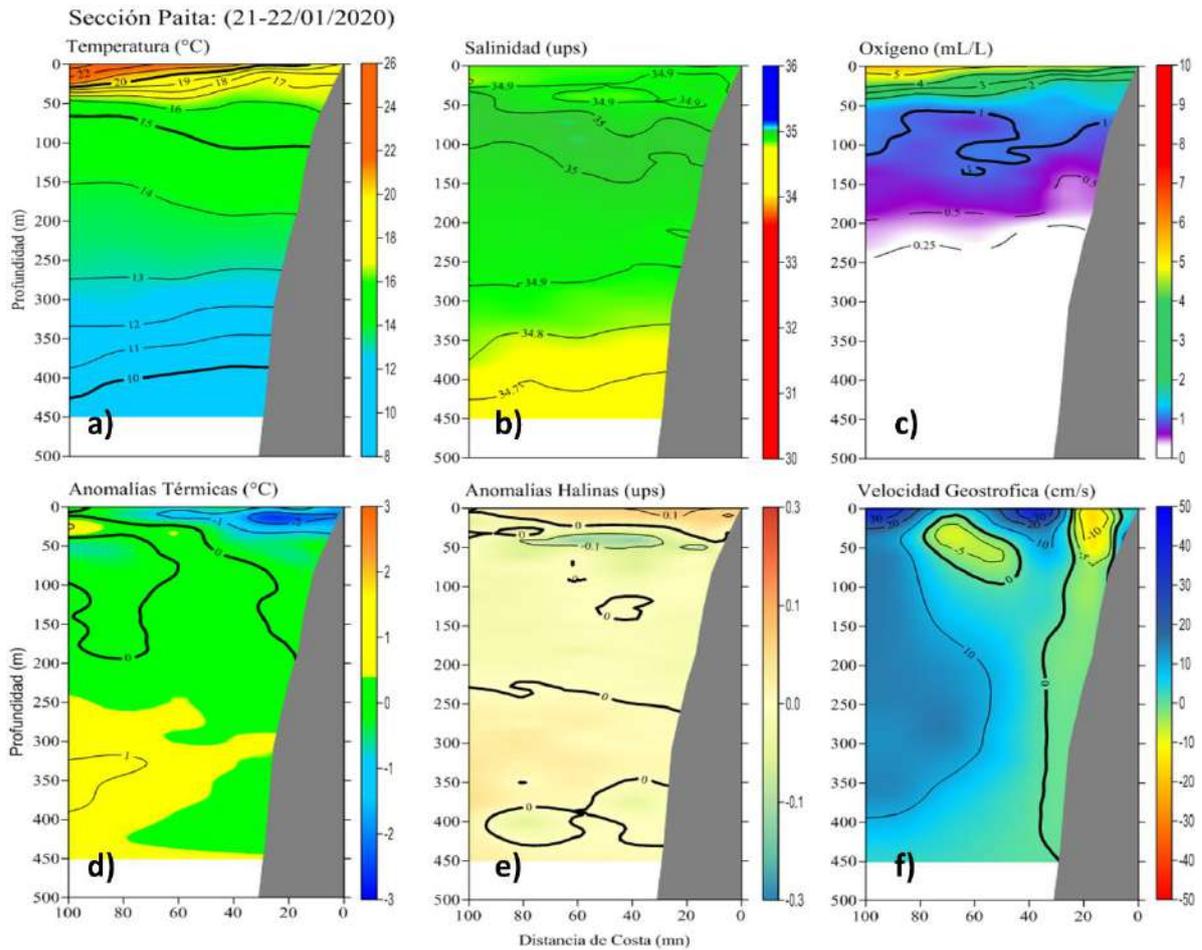


Figura 34. Estructura de a) Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) Anomalías térmicas ( $^{\circ}\text{C}$ ), c) Salinidad (ups), d) Anomalías halinas (ups), e) Oxígeno ( $\text{mL L}^{-1}$ ) y f) Velocidad Geostrofica ( $\text{cm s}^{-1}$ ) frente a Paita durante el “Monitoreo Bio-Oceanográfico frente a Chicama y Paita 2001/PPR-068” realizado del 21 al 22 de enero del 2020 a bordo del BIC Luis Flores Portugal. Las anomalías están calculadas con respecto al periodo 1981-2010 (Domínguez, et al; 2017).

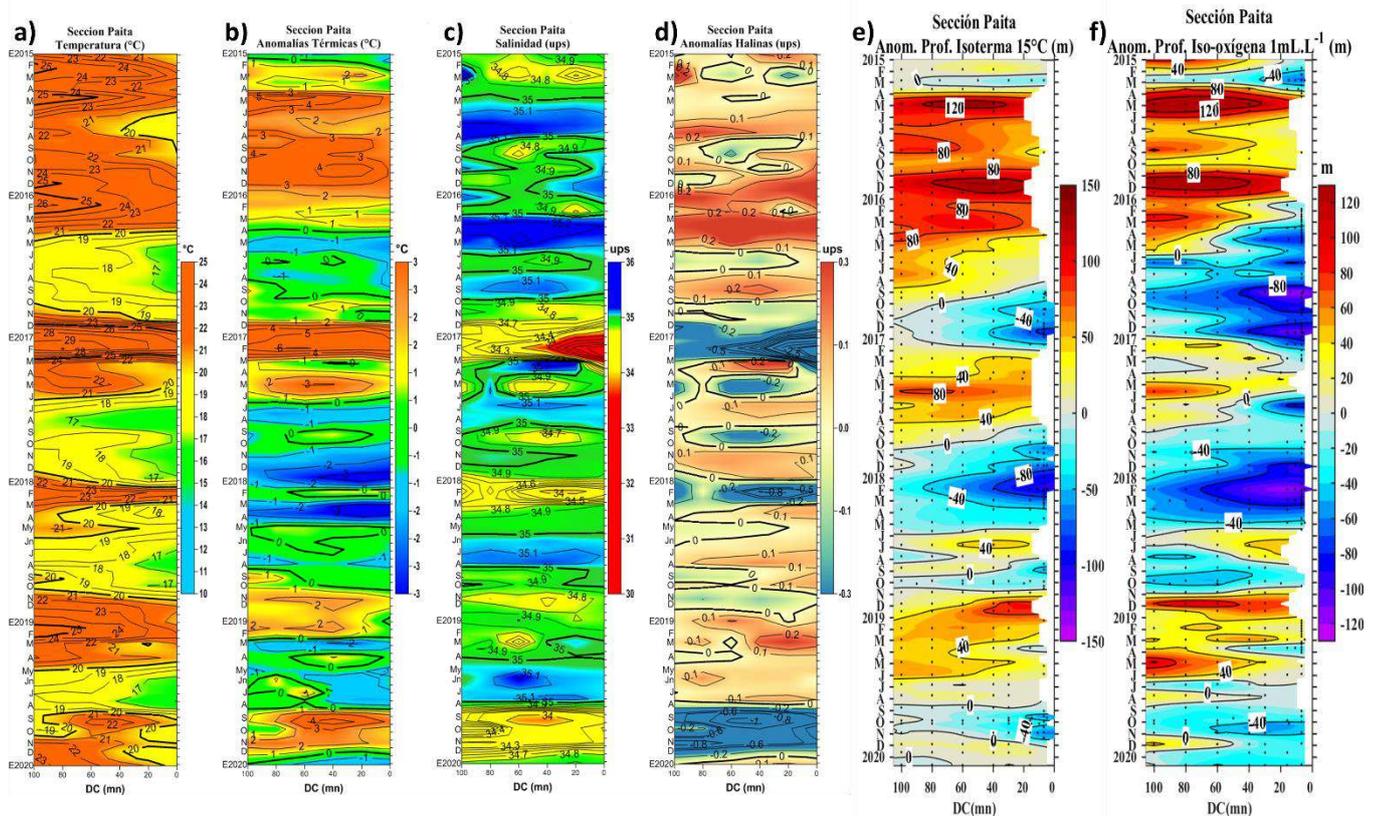


Figura 35. Diagrama Hovmöller de: a) temperatura (°C), b) anomalías térmicas (°C), c) salinidad (ups), d) anomalías de salinidad (ups), e) anomalías de la profundidad (m) de la isoterma de 15 °C, y f) anomalías de la profundidad (m) de la iso-oxígena de 1 mL L<sup>-1</sup> frente a Paita durante el “Monitoreo Bio-Oceanográfico frente a Chicama y Paita 2001/PPR-068” de enero de 2015 a enero 2020. Datos: IMARPE.

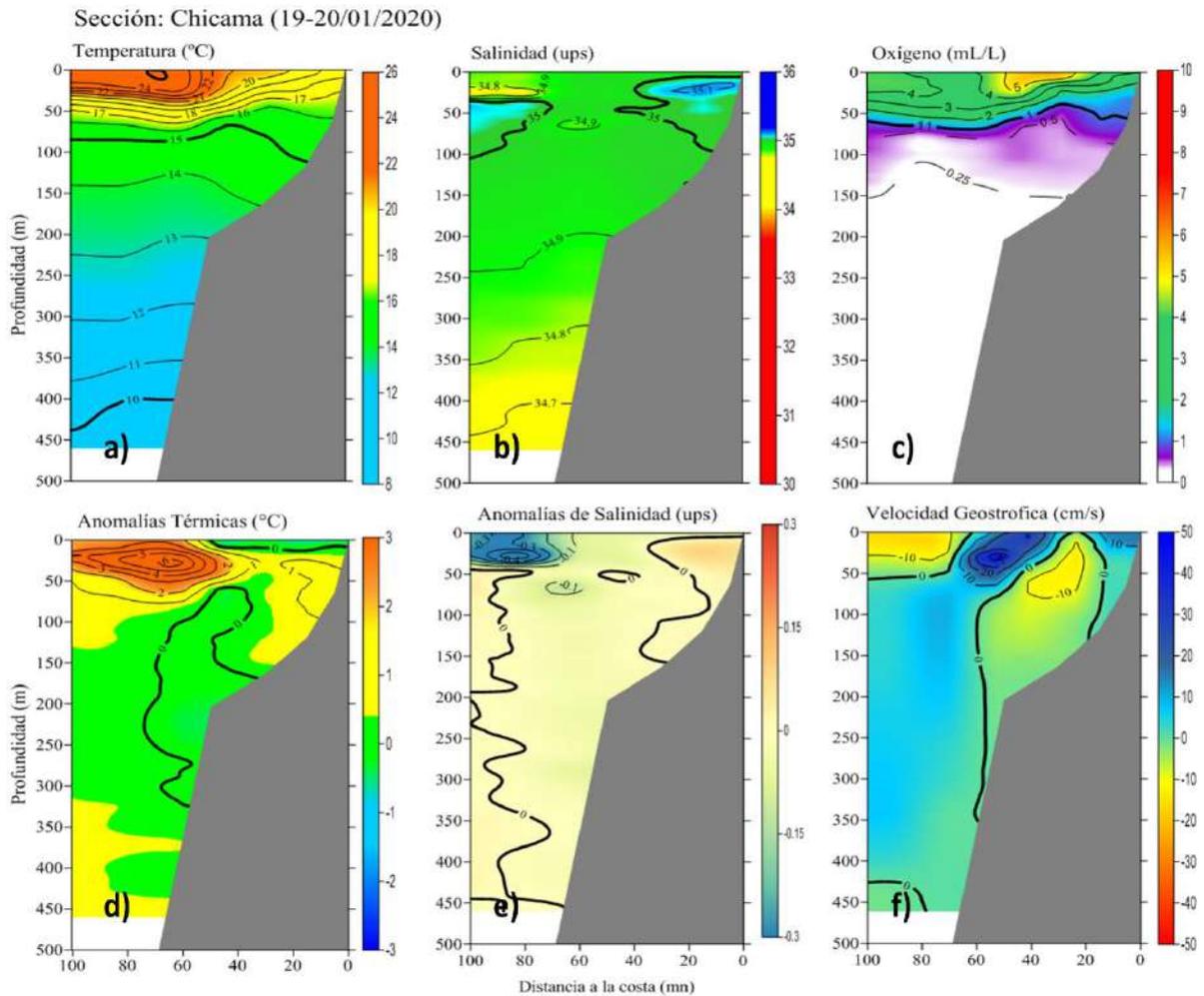


Figura 36. Estructura de a) Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) Anomalías térmicas ( $^{\circ}\text{C}$ ), c) Salinidad (ups), d) Anomalías halinas (ups), e) Oxígeno ( $\text{mL L}^{-1}$ ) y f) Velocidad Geostrofica ( $\text{cm s}^{-1}$ ) frente a Chicama durante el “Monitoreo Bio-Oceanográfico frente a Chicama y Paita 2001/PPR-068” realizado del 19 al 20 de enero del 2020 a bordo del BIC Luis Flores Portugal. Las anomalías están calculadas con respecto al periodo 1981-2010 (Dominguez, et al; 2017).

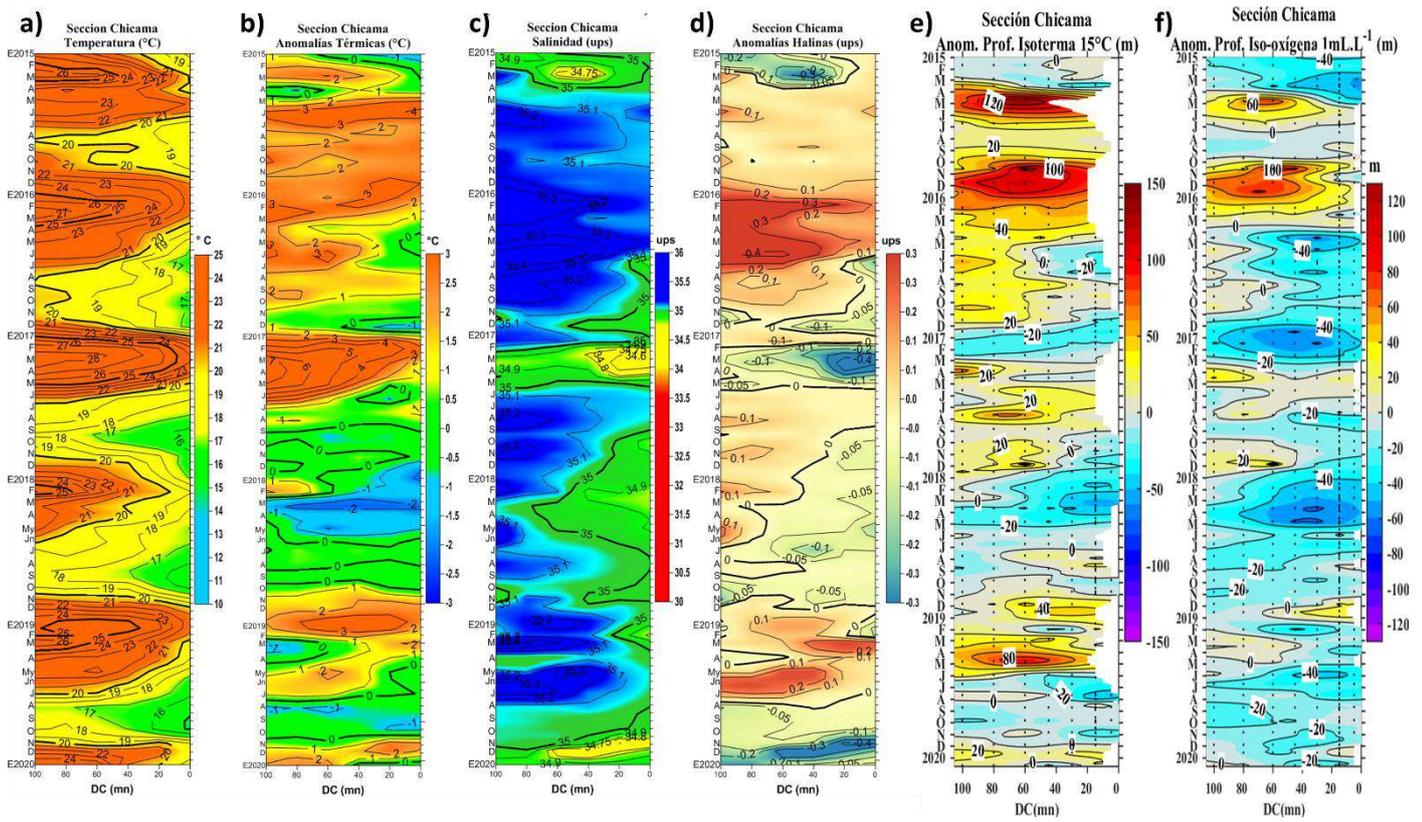


Figura 37. Diagrama Hovmöller de: a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) anomalías térmicas ( $^{\circ}\text{C}$ ), c) salinidad (ups), d) anomalías de salinidad (ups), e) anomalías de la profundidad (m) de la isoterma de  $15^{\circ}\text{C}$ , y f) anomalías de la profundidad (m) de la iso-oxígena de  $1\text{ mL L}^{-1}$  frente a Chicama durante el “Monitoreo Bio-Oceanográfico frente a Chicama y Paita 2001/PPR-068” de enero de 2015 a enero 2020. Datos: IMARPE.

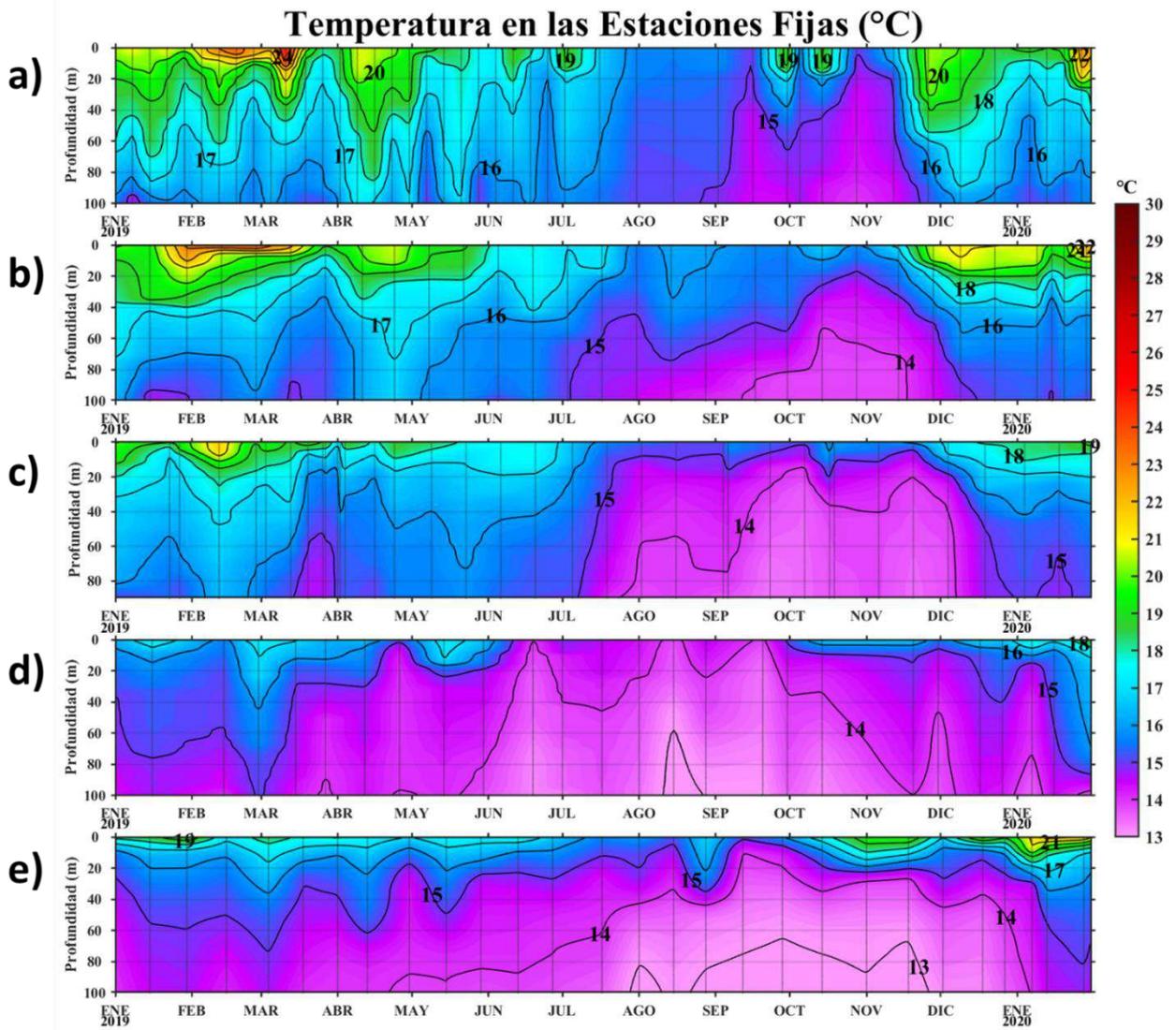


Figura 38. Evolución de la temperatura del agua de mar (°C) para las estaciones fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico y e) Ilo de enero 2019 a enero de 2020. Los puntos en la columna de agua indican los días en que se realizaron los monitoreos. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

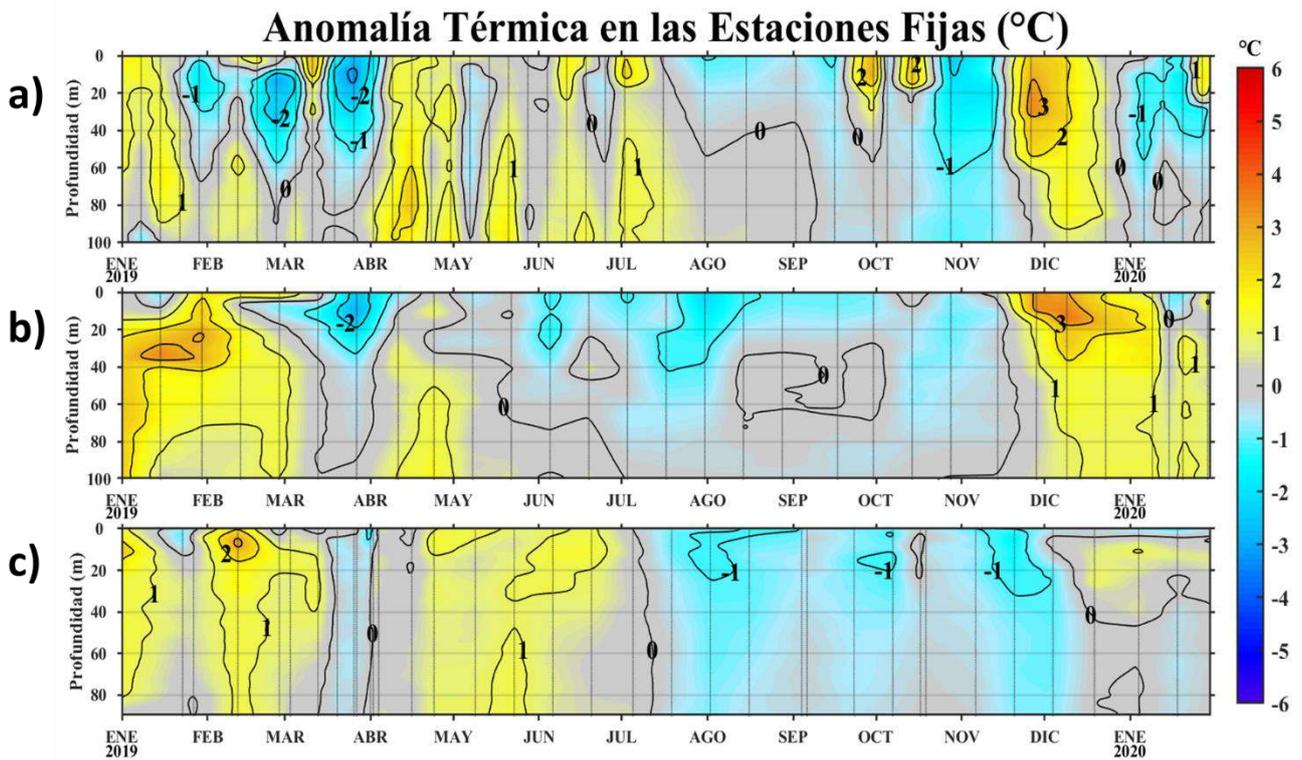


Figura 39. Evolución de las anomalías de la temperatura del agua de mar (°C) para las estaciones fijas de: a) Paita, b) Chicama y c) Callao de enero 2019 a enero de 2020. Las anomalías de la temperatura del agua (°C) se calcularon en base al promedio climatológico de 1993-2010 de acuerdo a Anculle, *et al* (2015). Los puntos en la columna de agua indican los días en que se realizaron los monitoreos. Datos: Monterrey Bay Aquarium Research Institute (MBARI) para el periodo de 1982 a mayo de 2013 y de IMARPE para el periodo de 2013 a la fecha. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

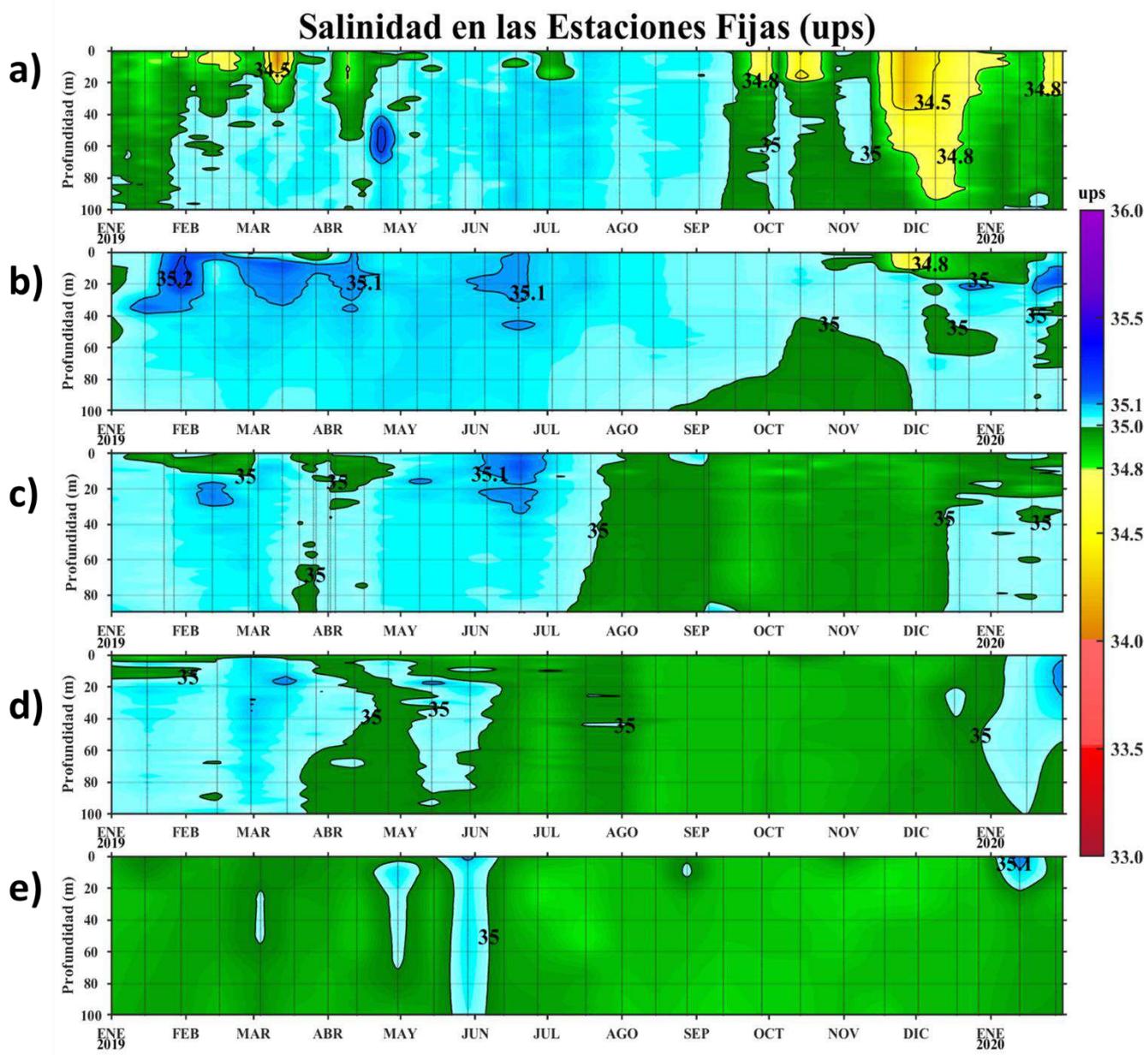


Figura 40. Evolución de la salinidad del agua de mar (ups) para las estaciones fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico y e) Ilo de enero 2019 a enero de 2020. Los puntos en la columna de agua indican los días en que se realizaron los monitoreos. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

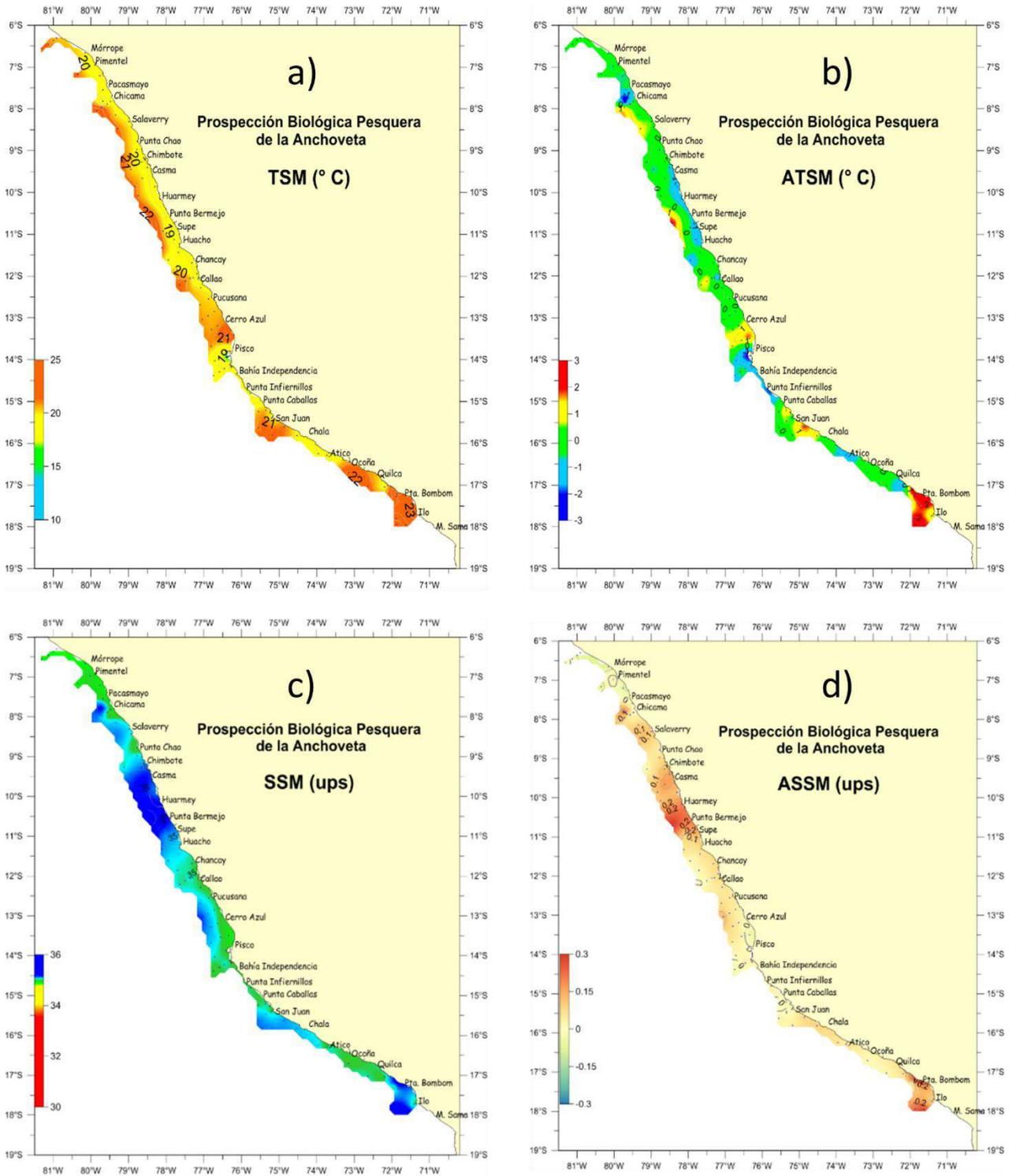


Figura 41. Distribución de la TSM (a), la ATSM (b), la SSM (c) y la ASSM (d) entre el 04 y 12 de enero del 2020 durante la “Prospección Biológico-Pesquera de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona comprendida entre Isla Lobos de Tierra e Ilo”.

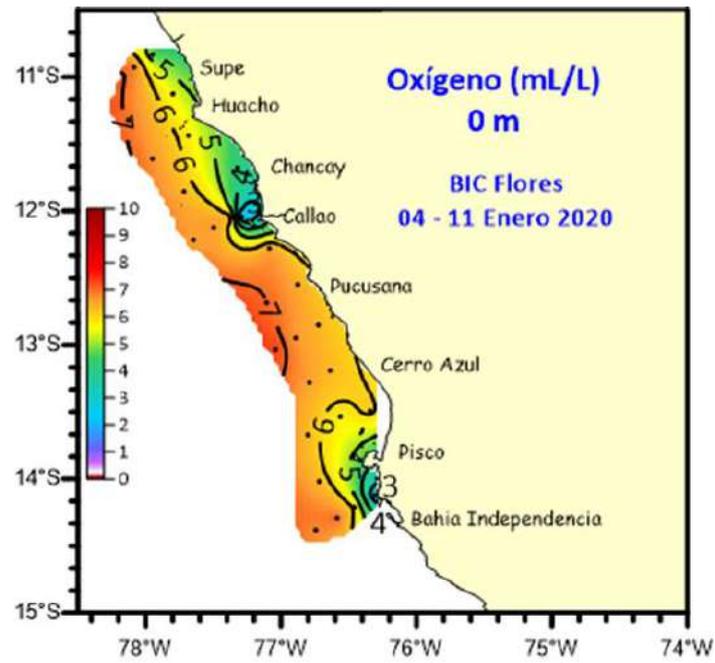


Figura 42. Oxígeno disuelto superficial ( $\text{mL L}^{-1}$ ) entre el 04 y 12 de enero del 2020 durante la “Prospección Biológico-Pesquera de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona comprendida entre Isla Lobos de Tierra e Ilo”.

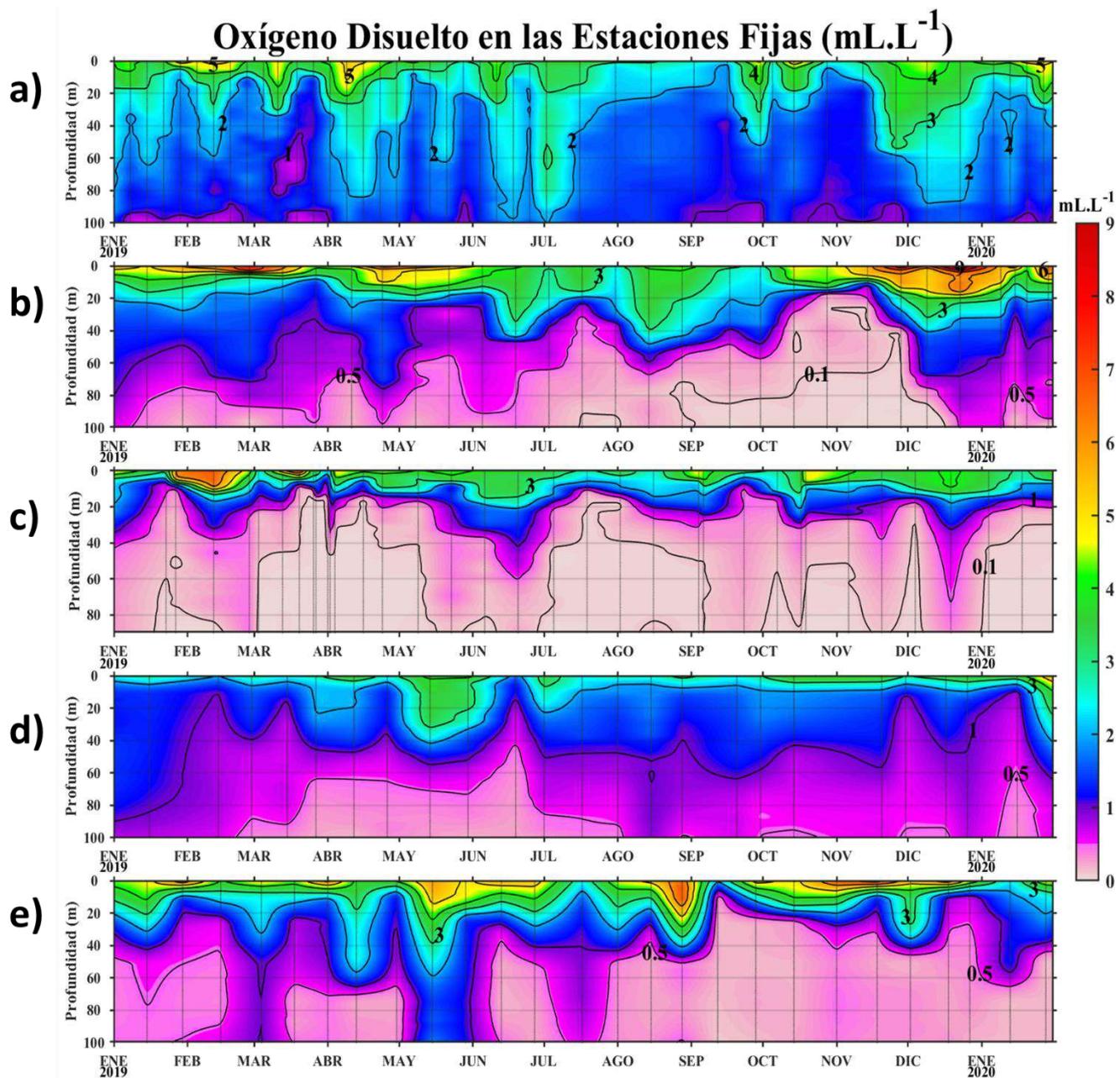
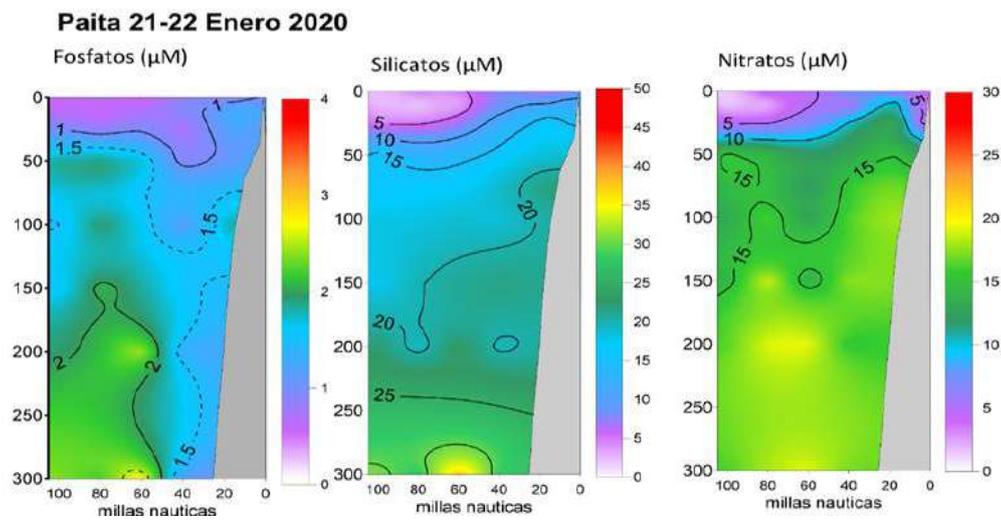


Figura 43. Evolución del contenido de oxígeno disuelto (mL L<sup>-1</sup>) para las estaciones fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico y e) Ilo de enero 2019 a enero de 2020. Los puntos en la columna de agua indican los días en que se realizaron los monitoreos. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

a)



b)

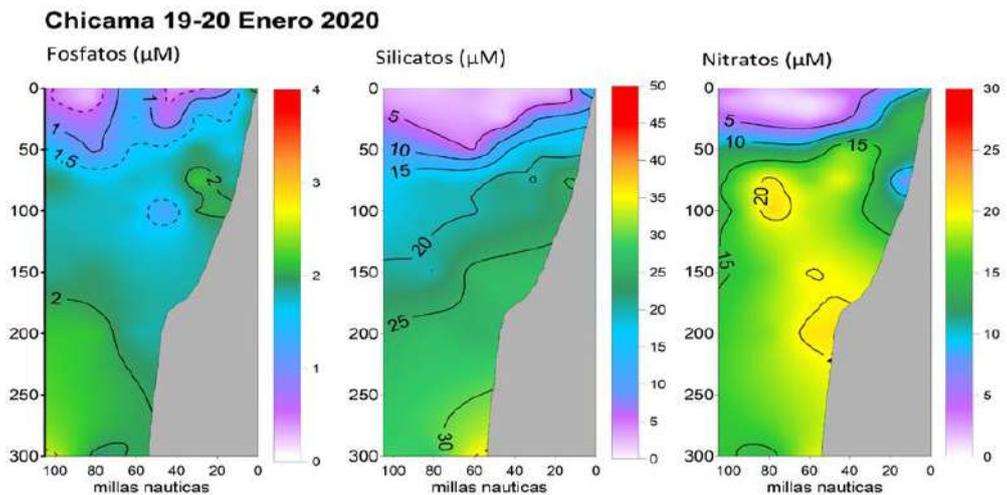


Figura 44. Distribución vertical de fosfatos, silicatos y nitratos en  $\mu\text{M}$ , en la sección Paita (a, durante 21-22 de enero 2020) y en la sección Chicama (b, durante 19-20 de enero 2020) realizada durante el “Monitoreo Bio-Oceanográfico frente a Chicama y Paita 2001/PPR-068” a bordo del BIC Luis Flores Portugal. Fuente: IMARPE.

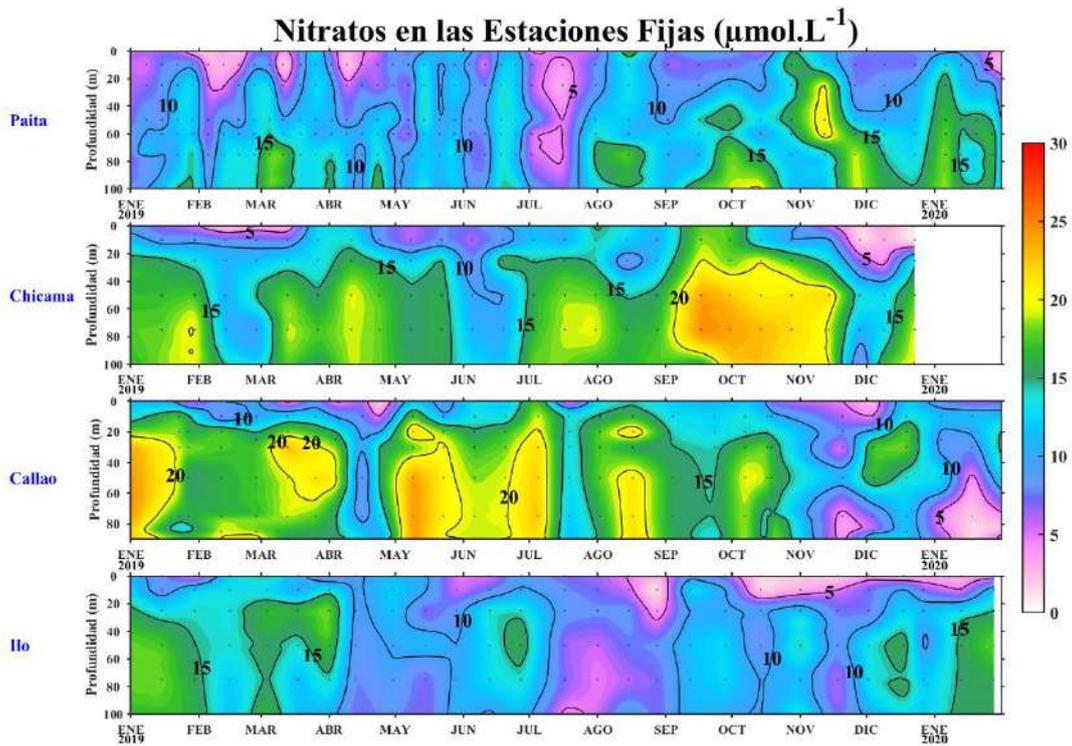


Figura 45. Series de tiempo de la concentración de nitrato ( $\mu\text{M}$ ) en las estaciones fijas de Paita, Chicama, Callao e Ilo de enero de 2019 a enero de 2020. Fuente: IMARPE.

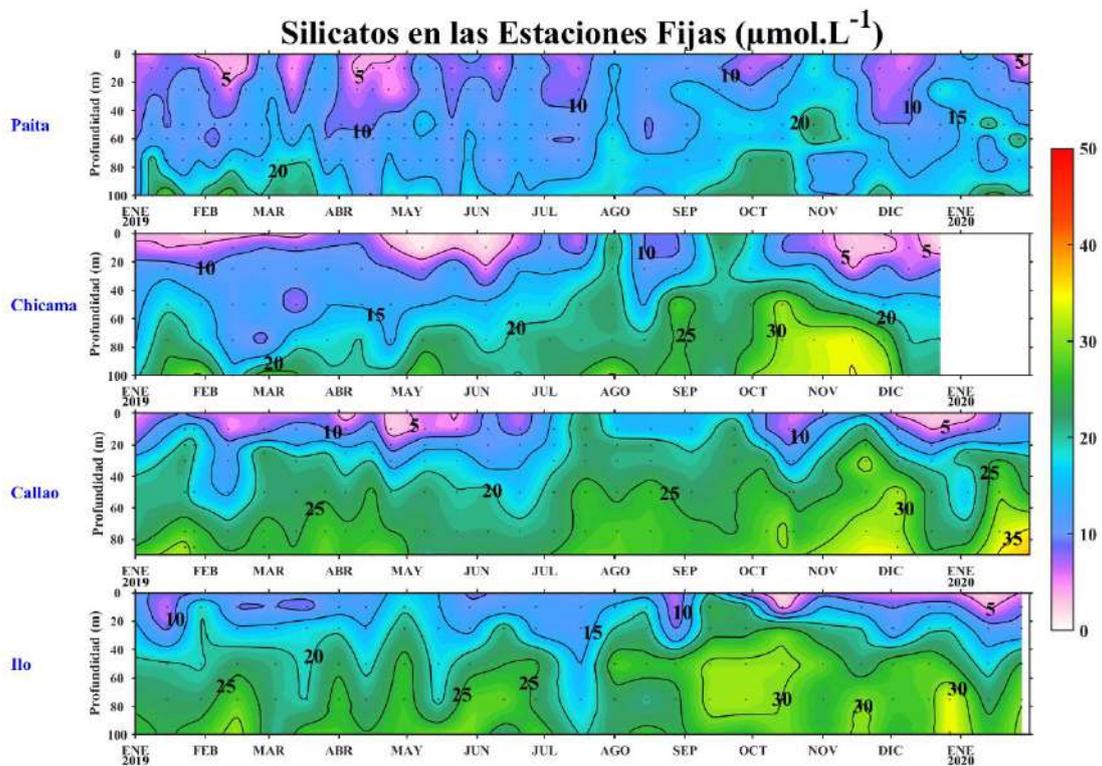


Figura 46. Series de tiempo de la concentración de silicatos ( $\mu\text{M}$ ) en las estaciones fijas de Paita, Chicama, Callao e Ilo de enero de 2019 a enero de 2020. Fuente: IMARPE.

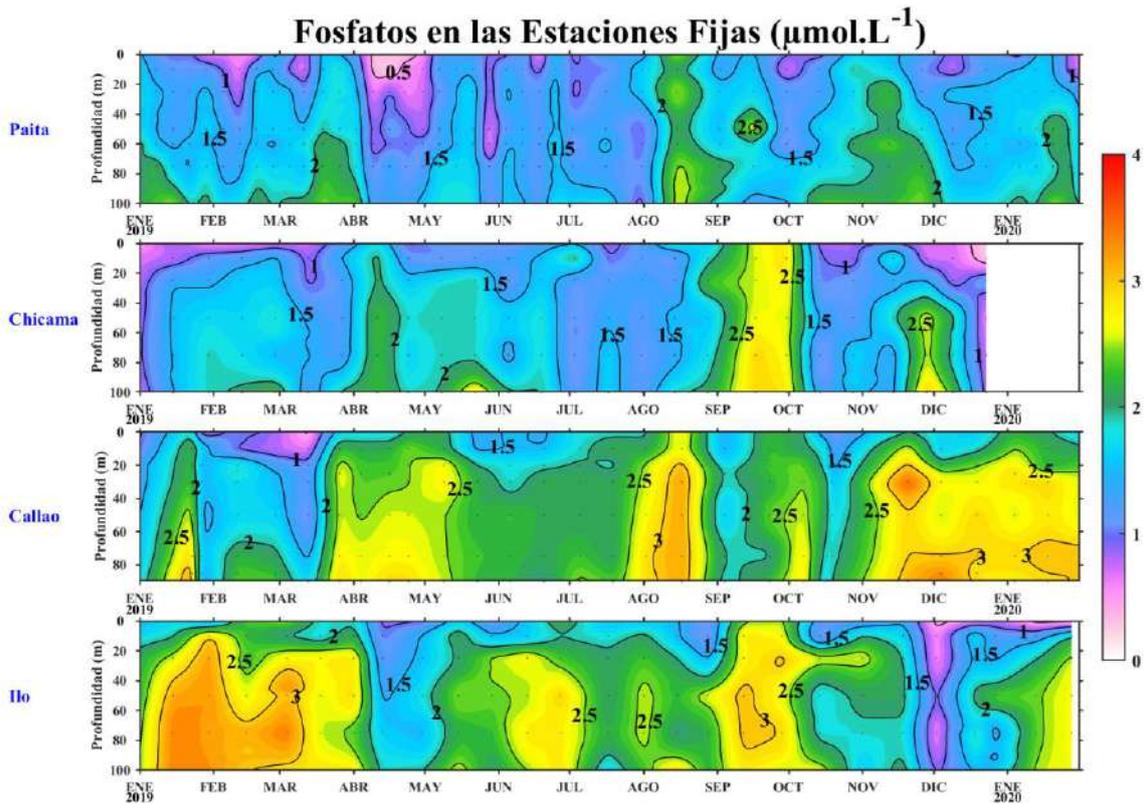


Figura 47. Series de tiempo de la concentración de fosfatos ( $\mu\text{M}$ ) en las estaciones fijas de Paita, Chicama, Callao e Ilo de enero de 2019 a enero de 2020. Fuente: IMARPE.

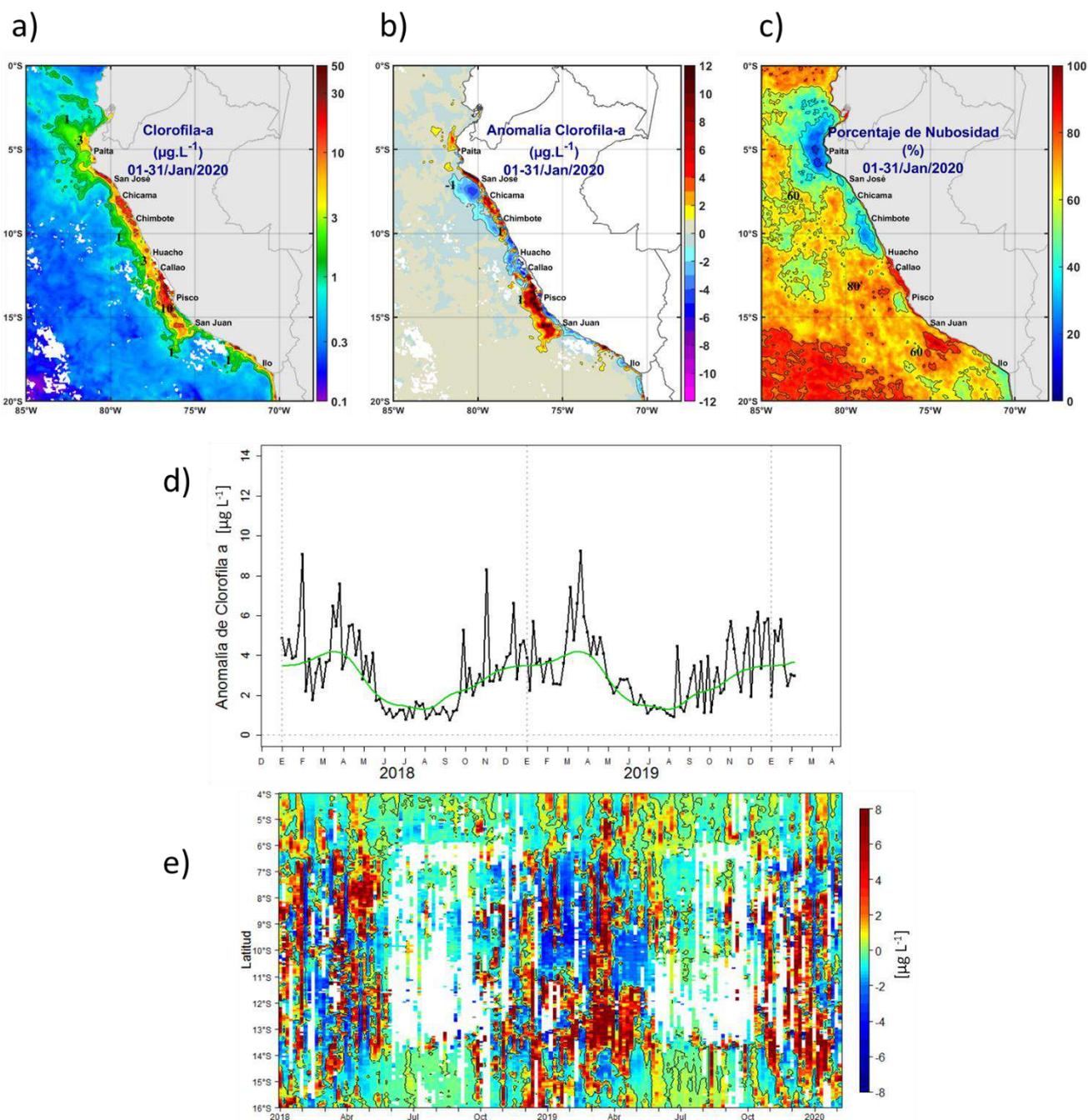


Figura 48. Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de clorofila-a satelital proveniente de MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante enero 2020 (en  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ). Número de días con nubes en (c). Serie de tiempo (d) para 4°S-16°S y dentro de los 100 km de la costa, de las concentraciones de clorofila-a satelital (línea negra) y su climatología (línea verde) proveniente de MODIS (en  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ); y (e) Diagrama Hovmöller de las anomalías de clorofila-a con respecto a la latitud.

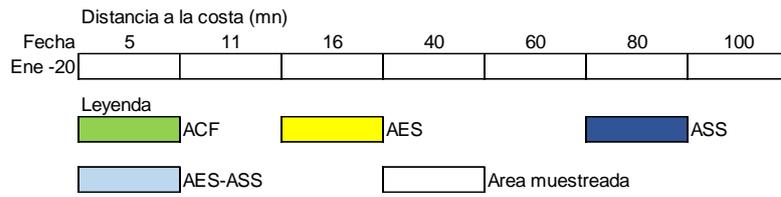


Figura 49. Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton frente a Paita 2001.

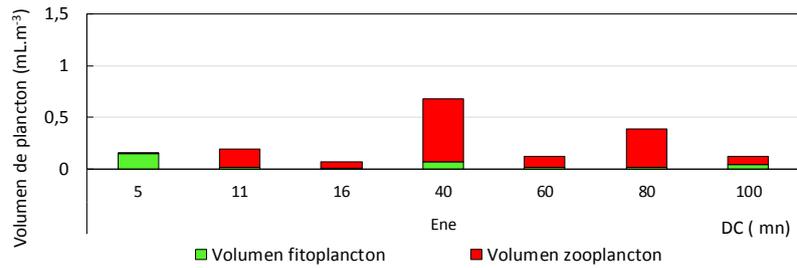


Figura 50. Variación de volúmenes de plancton en la sección Paita 2001.

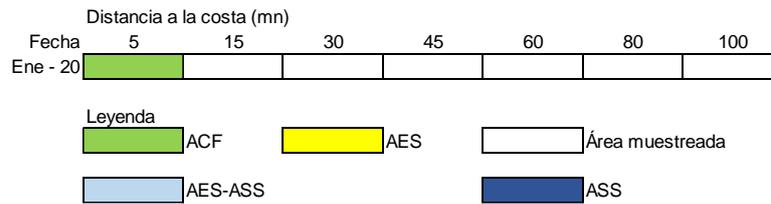


Figura 51. Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton frente a Chicama 2001

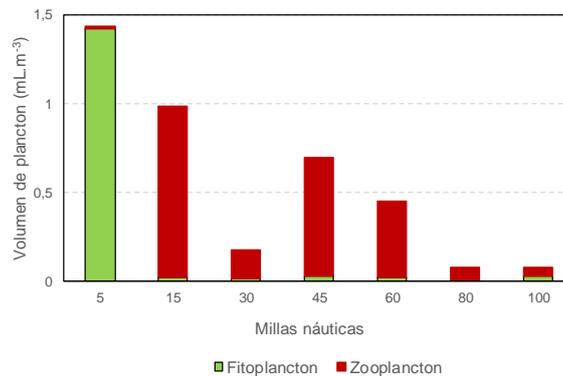


Figura 52. Variación de volúmenes de plancton en la sección Chicama 2001

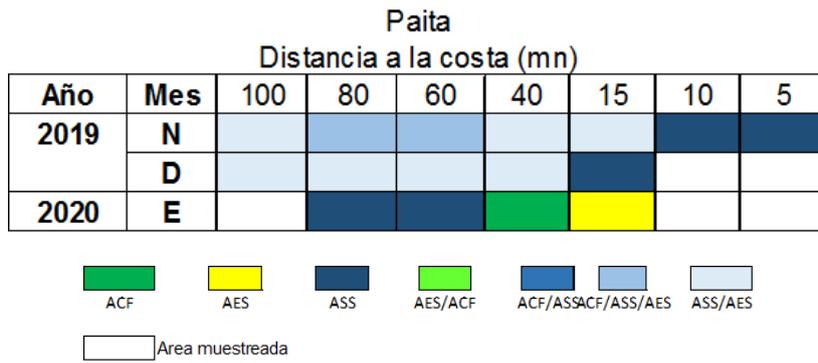


Figura 53. Indicadores biológicos de zooplancton frente a Paita.

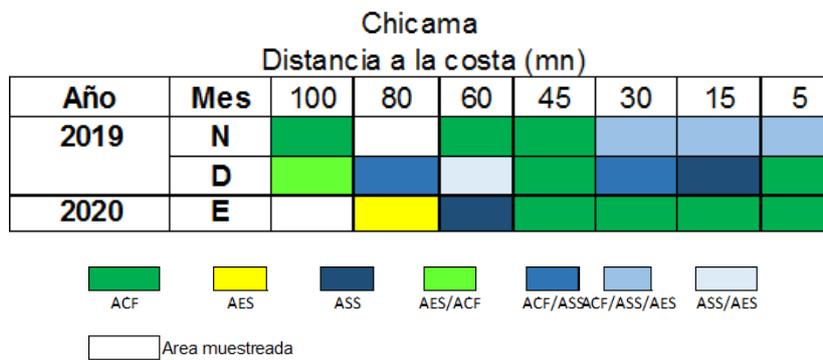


Figura 54. Indicadores biológicos de zooplancton frente a Chicama.

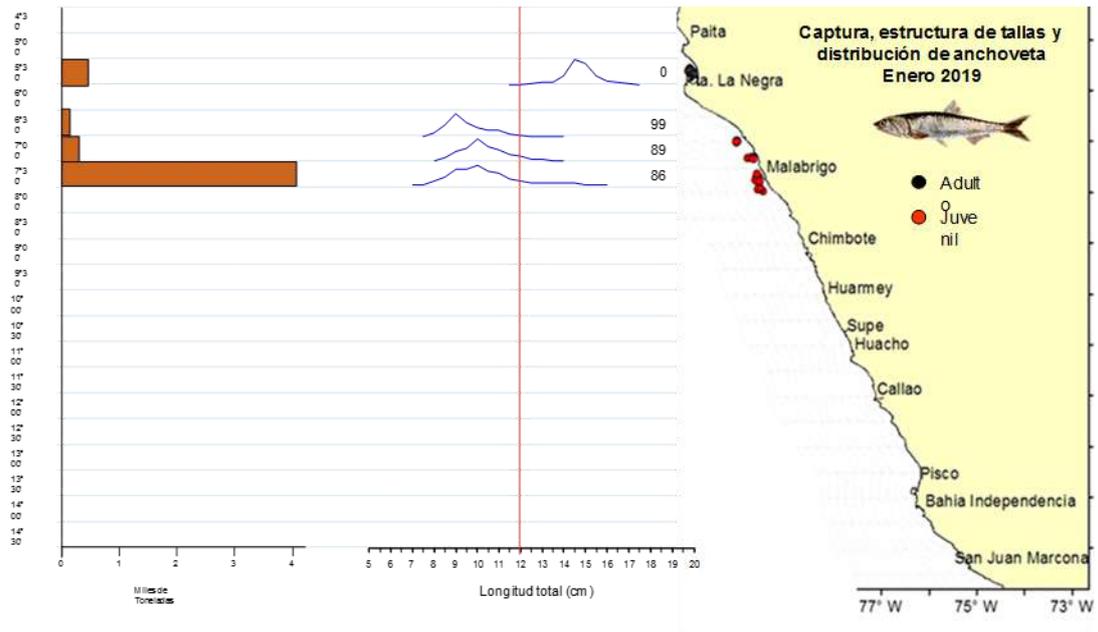


Figura 55. Capturas, estructura por tamaños y distribución espacial de la anchoveta según medio grado latitudinal, durante la primera semana de enero del 2020. Círculos negros (adultos) y círculos rojos (juveniles).

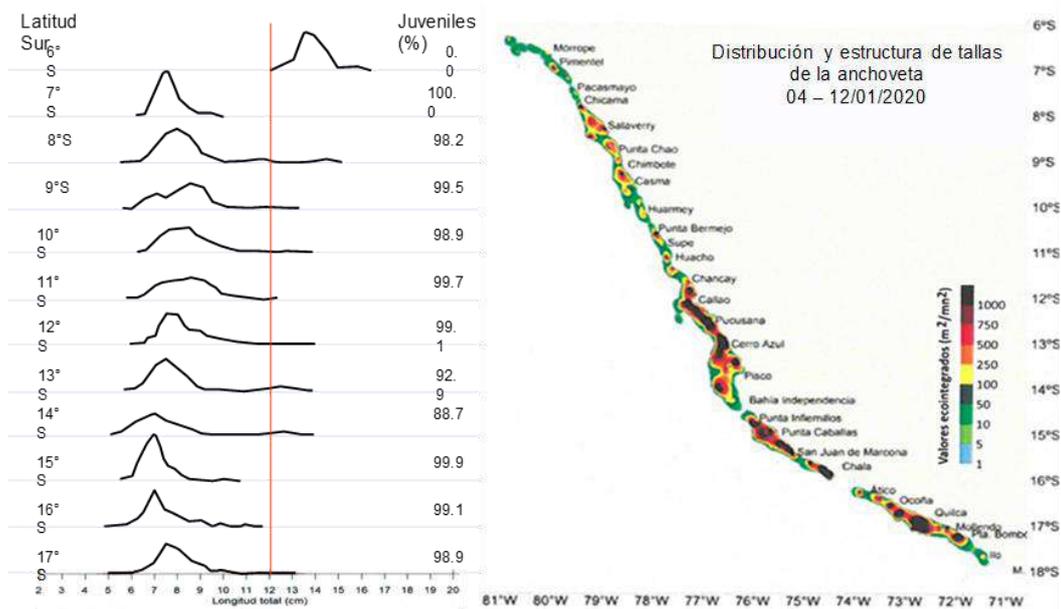


Figura 56. Estructura por tamaños y distribución espacial durante la Prospección Biológico-Pesquera de la anchoveta en la zona comprendida entre isla Lobos de Tierra (6°S) e Ilo (17°S) 04-12 de enero, 2020 BIC Flores, LP Imarpe IV y LP Imarpe V.

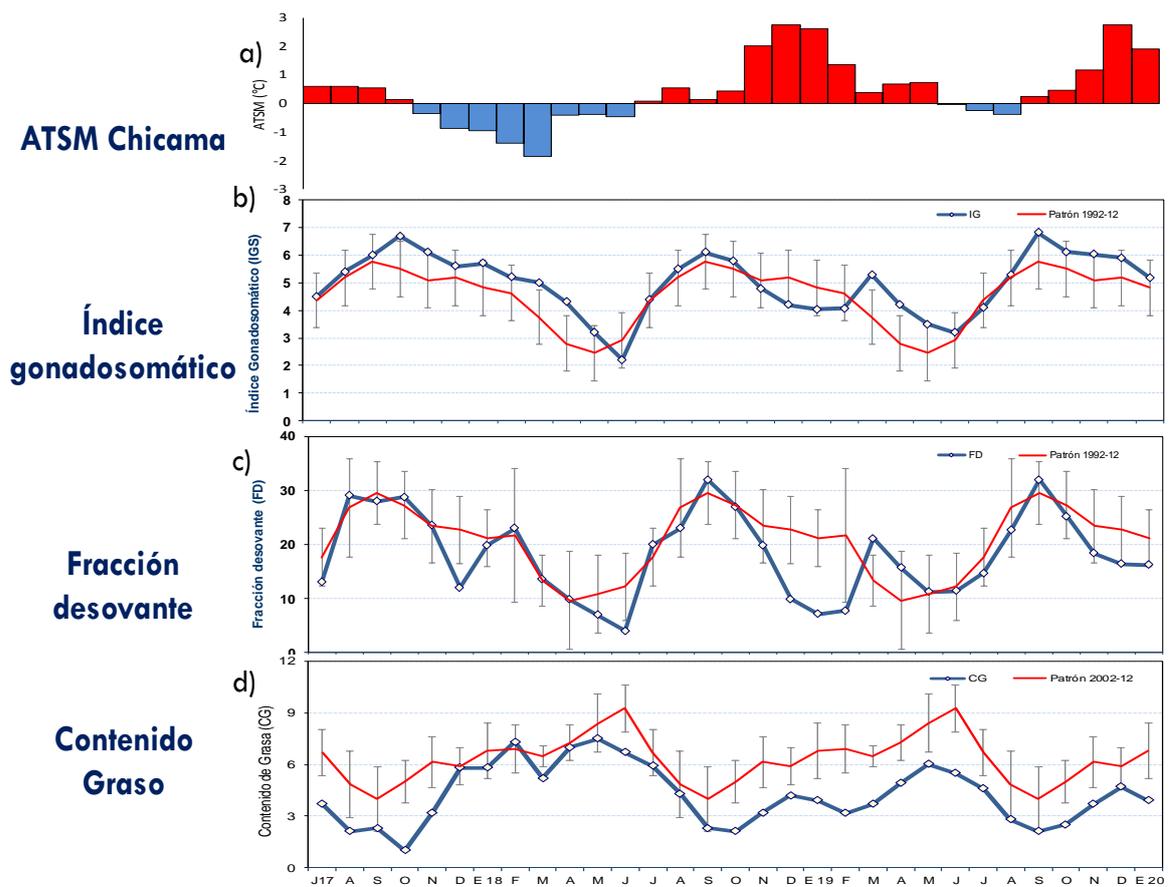


Figura 57. a) Anomalía de la TSM (°C) de Chicama, indicadores reproductivos b) Índice Gonadosomático (IGS) y c) Fracción Desovante (FD) e indicador somático d) Contenido graso del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: julio 2017 a enero del 2020. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

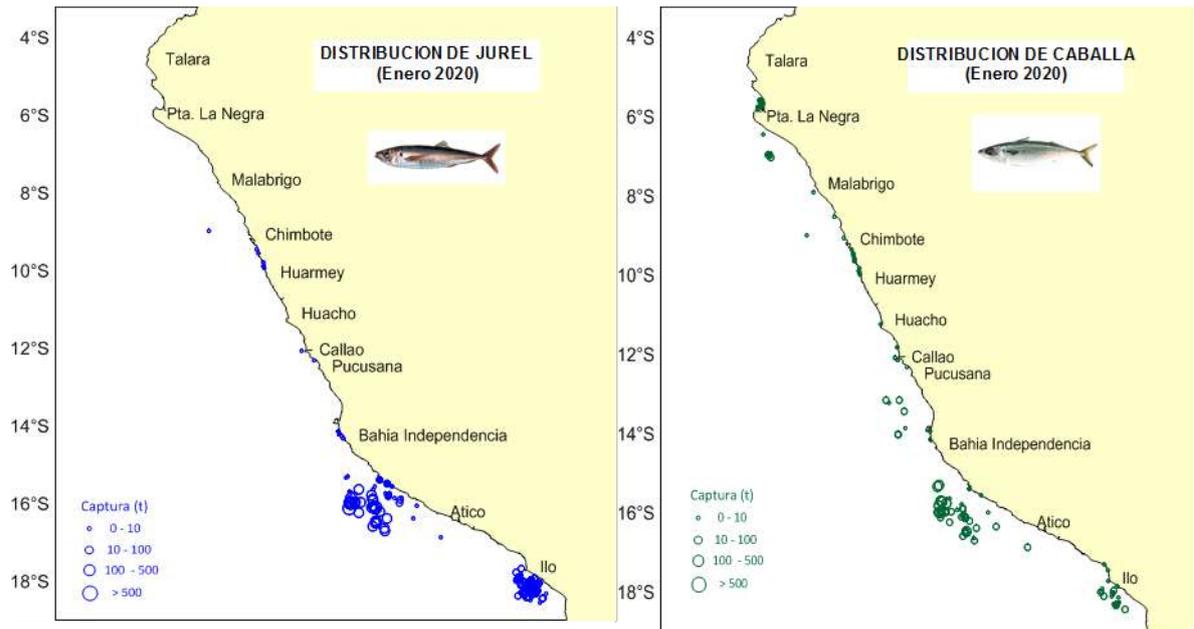


Figura 58. Distribución latitud ( $^{\circ}$ S) de a) jurel y b) caballa durante enero 2020.

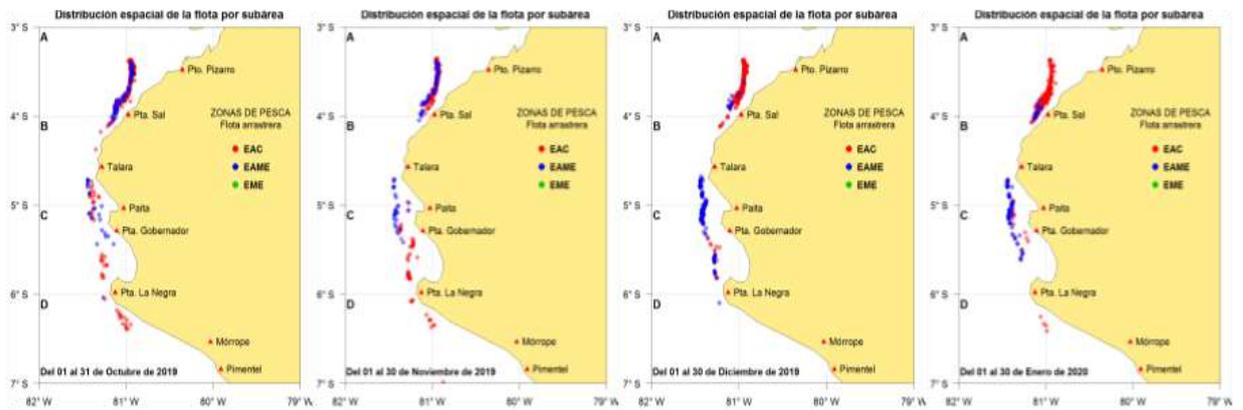


Figura 59. Distribución espacial de la flota arrastrera de merluza, por sub-áreas.

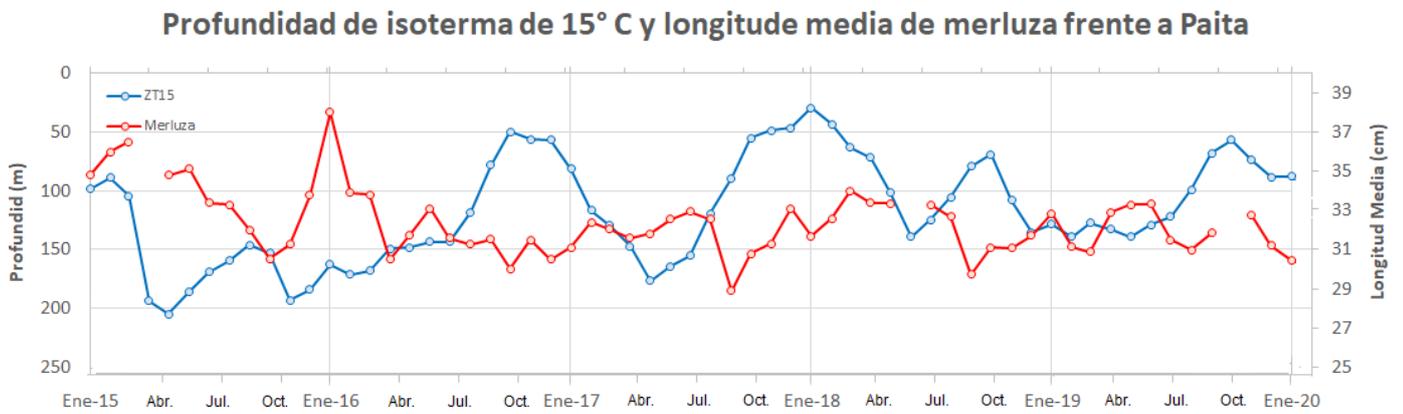


Figura 60. Profundidad de la isoterma de 15°C (ZT15) frente a Paita y talla media (cm) de merluza.

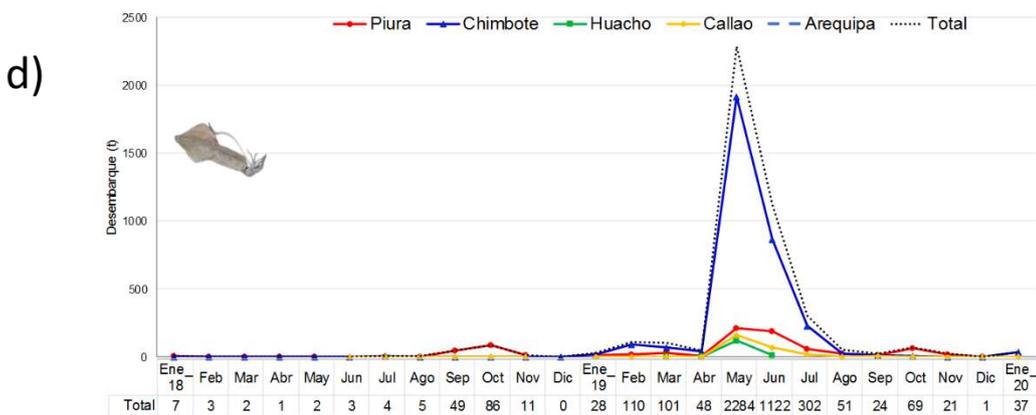
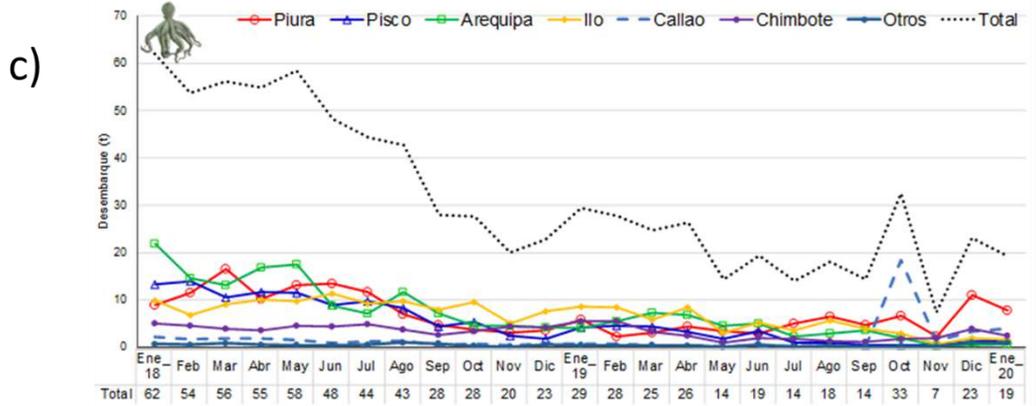
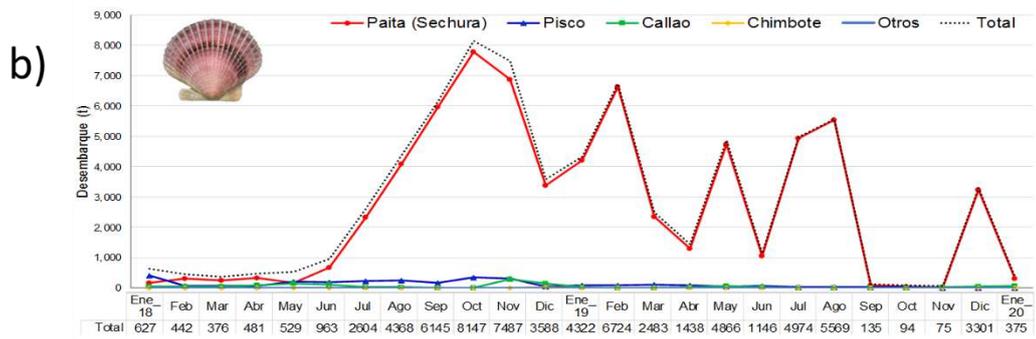
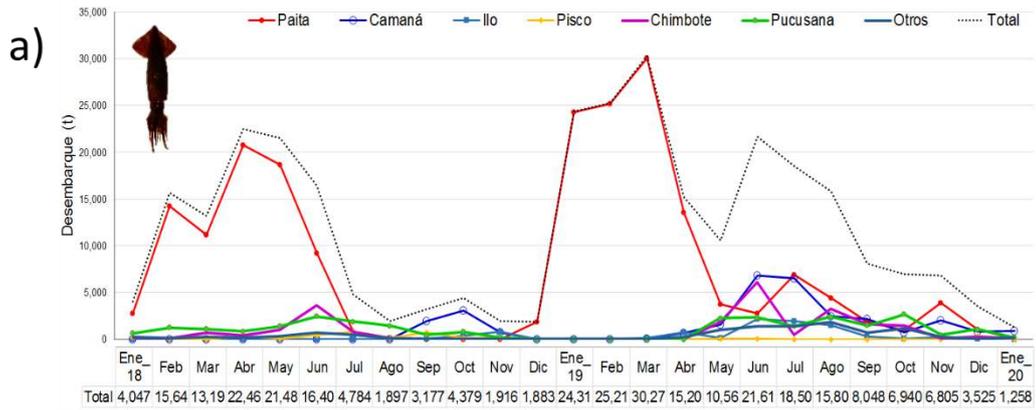


Figura 61. Desembarque de los principales invertebrados entre enero 2019 a enero 2020.

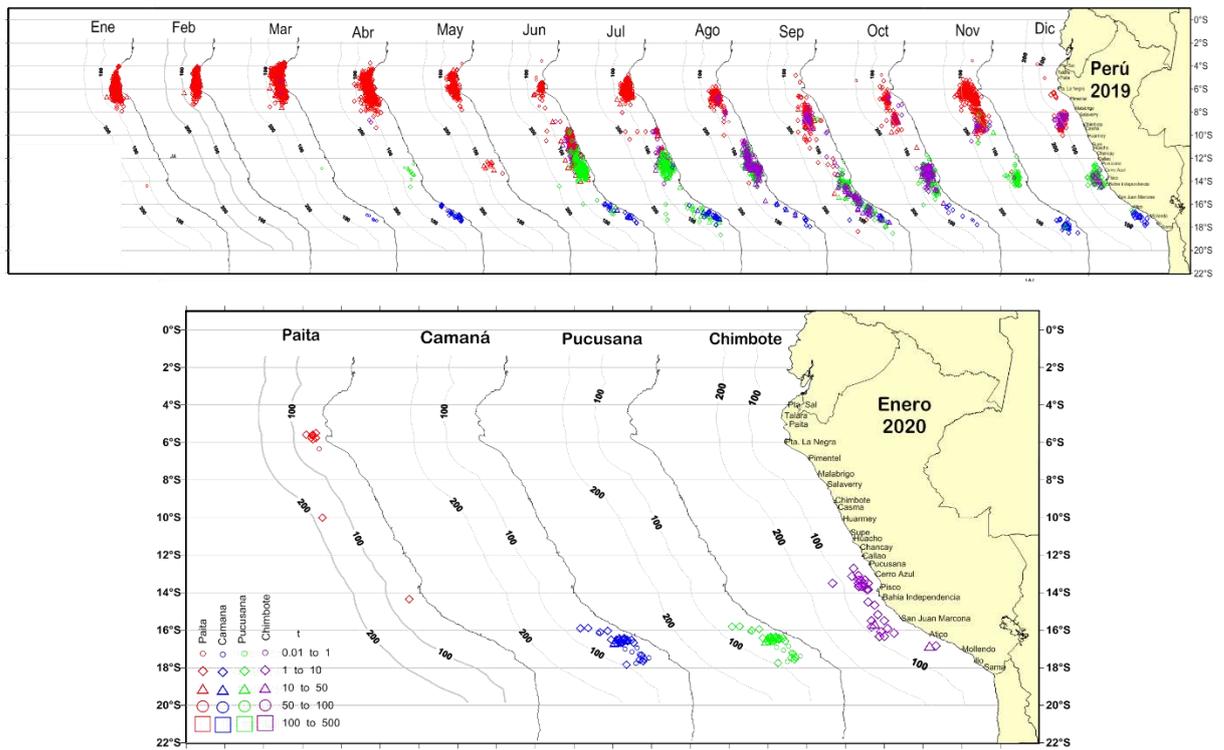


Figura 62. Distribución de las capturas del recurso pota de la flota artesanal, durante 2019 - 2020

## ESPECIES REPORTADAS FUERA DE SU DISTRIBUCIÓN NORMAL

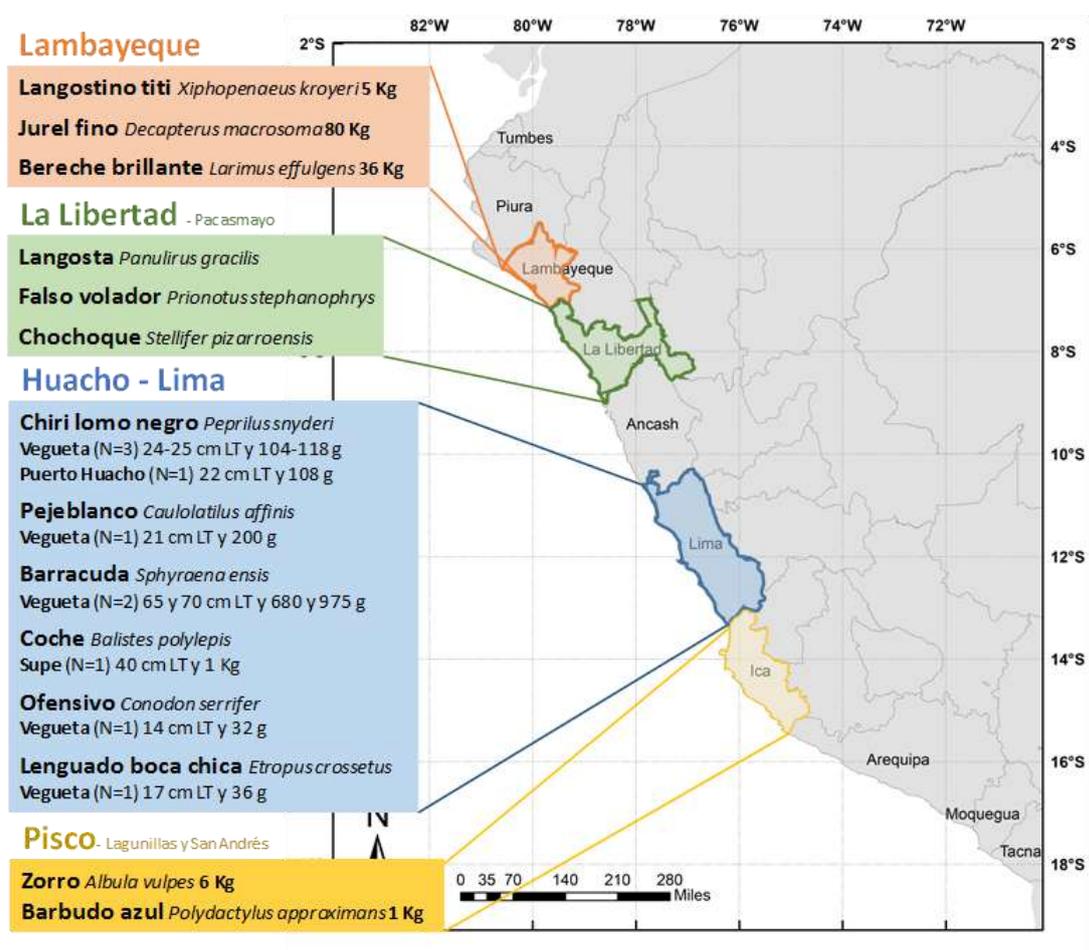


Figura 63. Principales especies reportadas fuera de su distribución normal enero 2020.

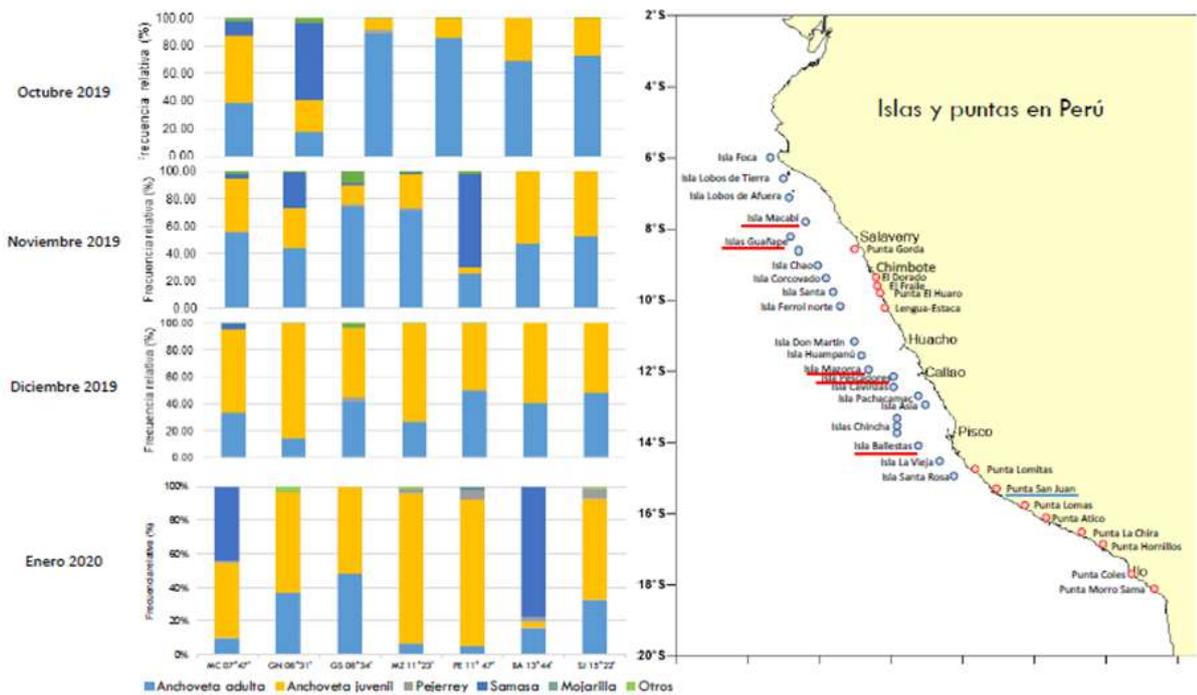


Figura 64. Variación latitudinal mensual de la composición por especies de la dieta del guanay a lo largo de la costa durante enero 2020. Donde MC: Isla Macabí, GN: Isla Guañape, MZ: Isla Mazorcas, PE: Isla Pescadores, BA: Isla Ballestas, SJ: Punta San Juan y PC: Punta Coles.

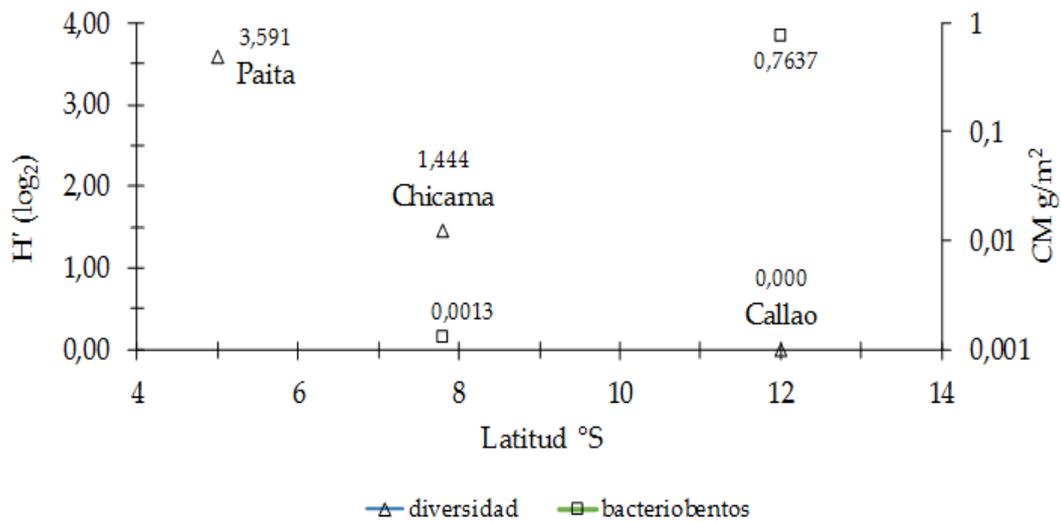


Figura 65. Variación del índice de diversidad de Shannon (en triángulo) y de la biomasa de *Candidatus Marithioploca* (en cuadrado) frente a las localidades de estudio, enero de 2020.

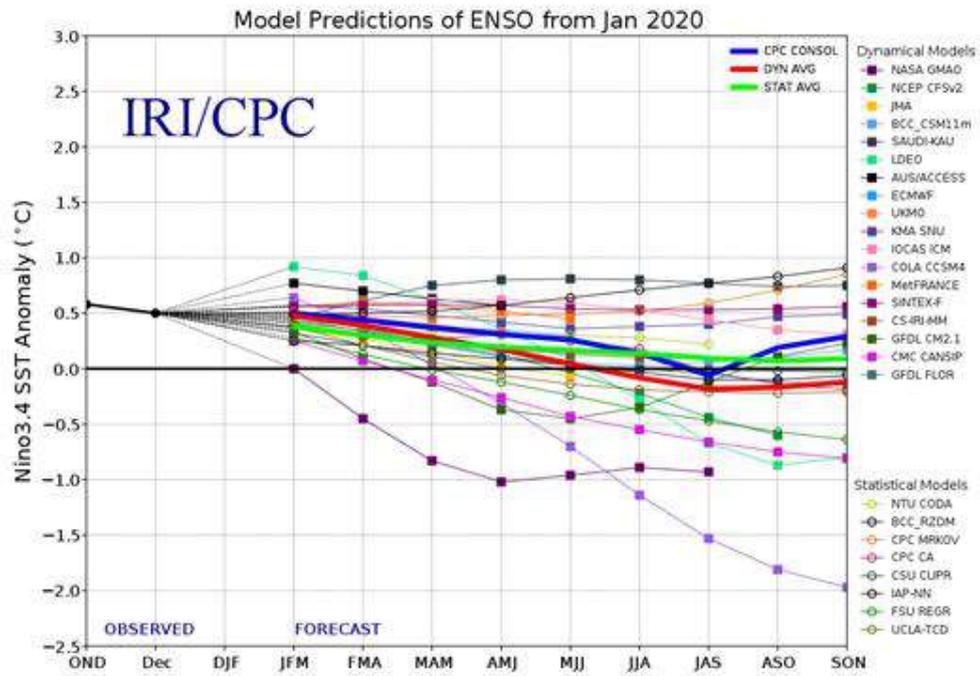


Figura 66. Pronóstico del índice Niño 3.4 mediante modelos climáticos estadístico y dinámico. Fuente: IRI/CPC, enero 2020

ECMWF Seasonal Forecast  
Mean forecast SST anomaly  
Forecast start is 01/02/20, climate period is 1993-2016  
Ensemble size = 51, climate size = 600

MAM 2020

System 5  
MAM 2020

ECMWF

Legend for SST anomalies (°C):  
-2.0°C, 2.0.-1.0, 1.0.-0.5, -0.5.-0.2, -0.2.0.2, 0.2.0.5, 0.5.1.0, 1.0.2.0, > 2.0°C

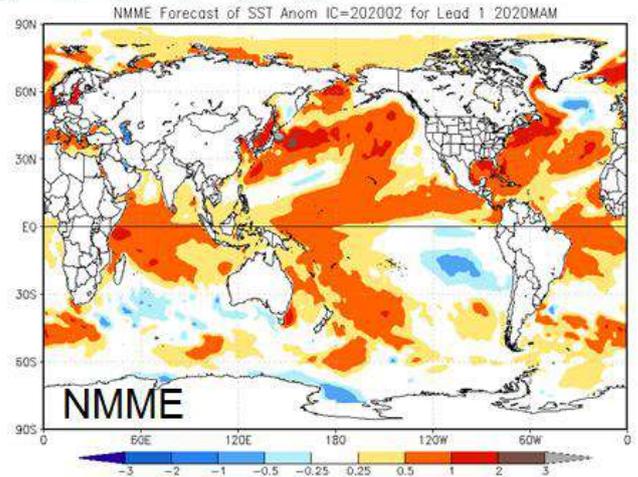
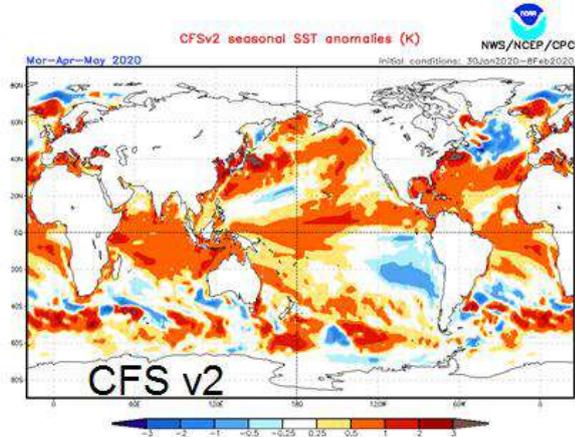
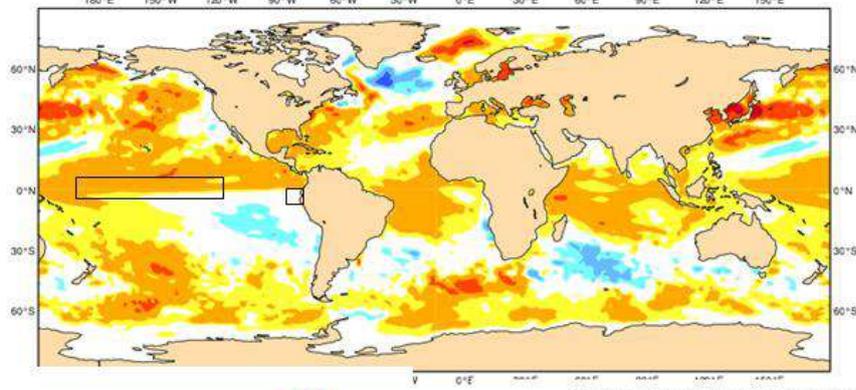


Figura 67. Pronóstico de la TSM para el trimestre MAM 2020 del modelo ECMWF, CFSv2, y NMME (condiciones iniciales: inicios de febrero 2019). Los recuadros indican la región El Niño 3.4 y El Niño 1+2. Fuente: IRI/CPC.

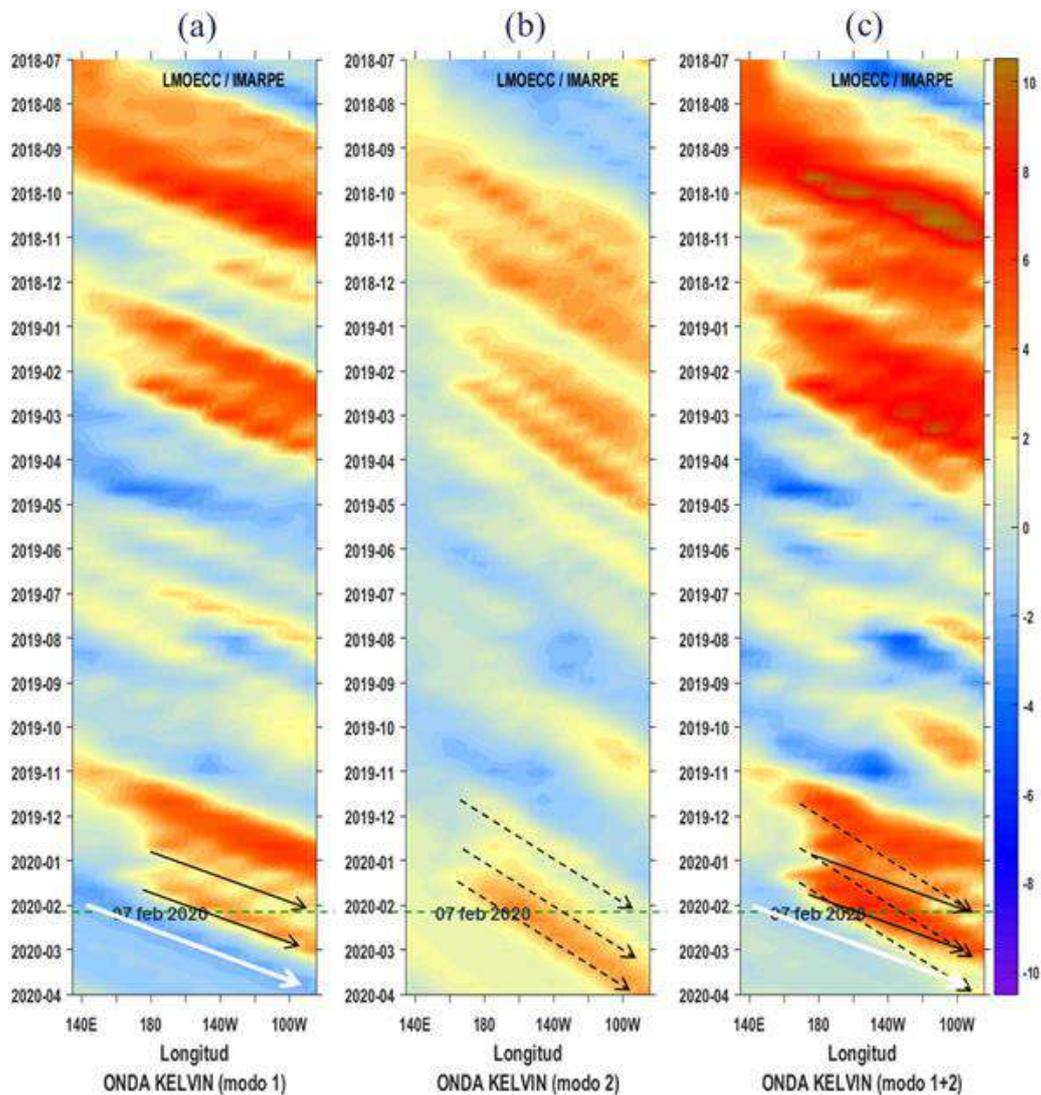


Figura 68. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).

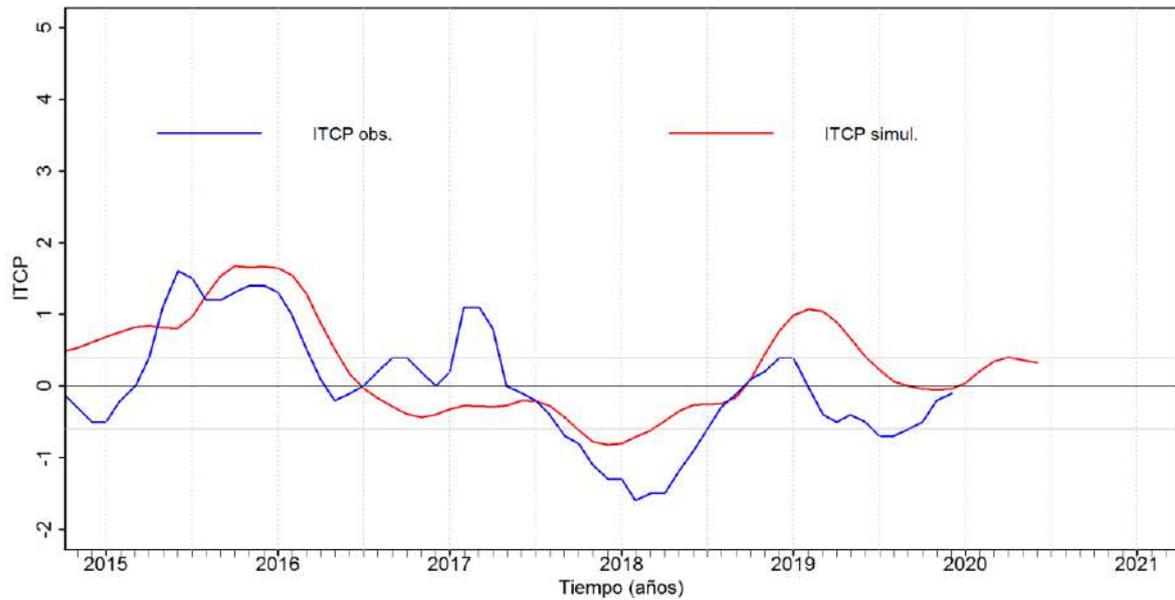


Figura 69. Pronóstico del ITCP mediante un modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia, con datos actualizados hasta el mes de enero 2020. Fuente: IMARPE.

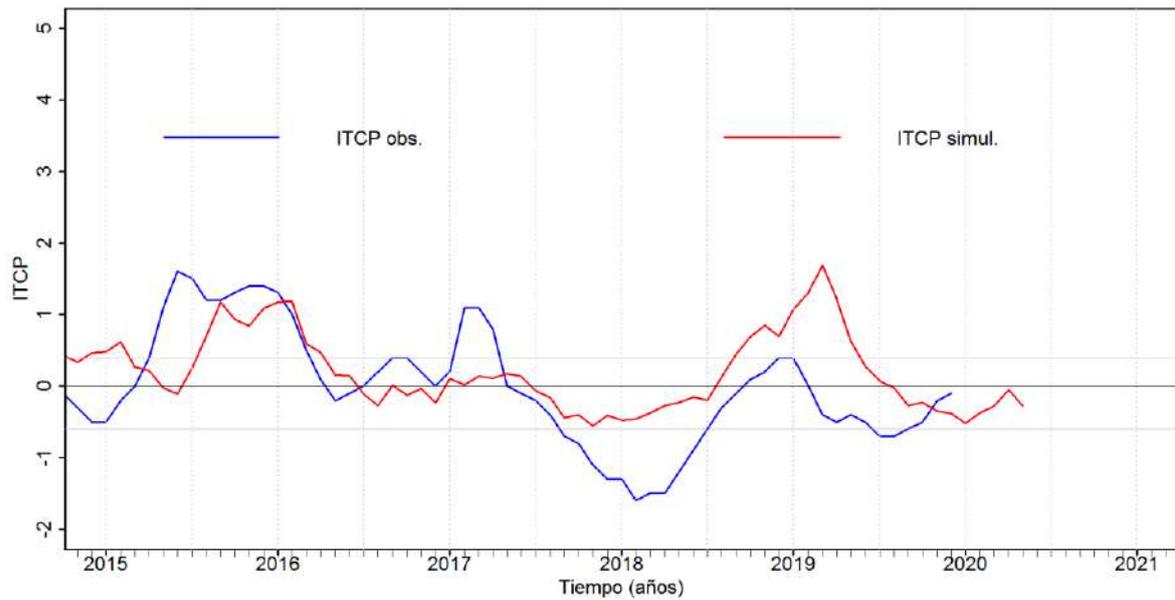


Figura 70. Pronóstico del ITCP mediante un modelo estadístico, con datos actualizados hasta el mes de enero 2020. Fuente: IMARPE.