

Presupuestal por Resultados N°068

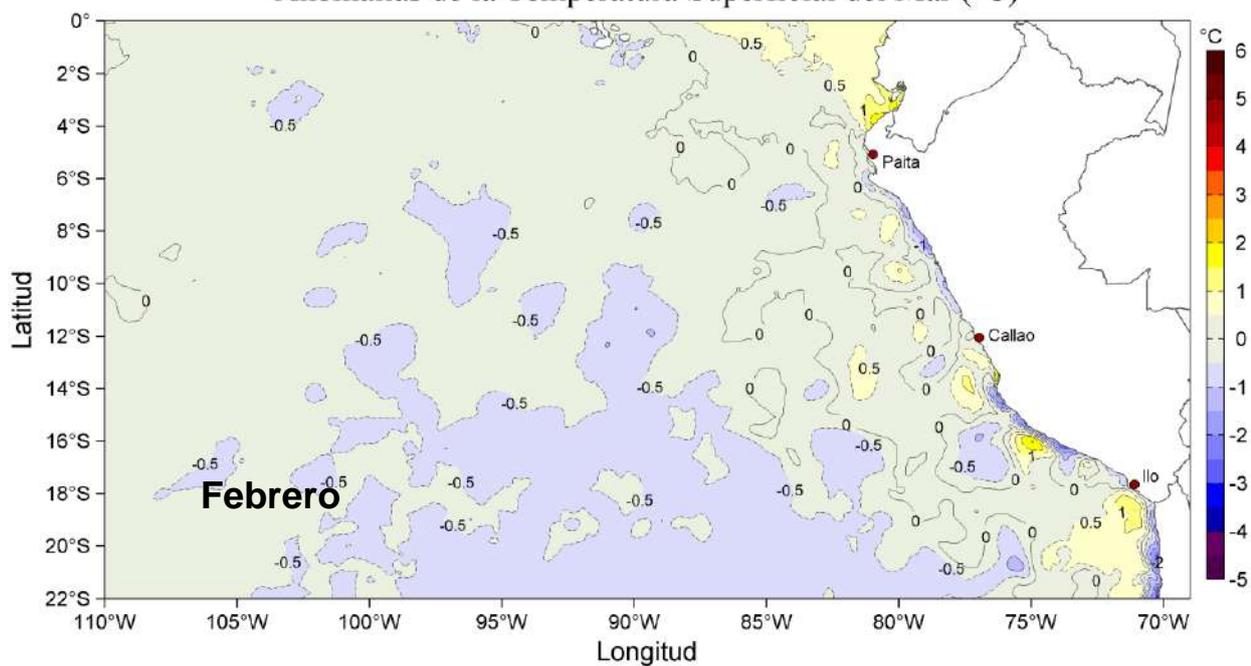
“Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de emergencias por Desastres”

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 FEBRERO 2020

Anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (°C)



Febrero, 2020

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ
GRUPO DE TRABAJO INSTITUCIONAL EL NIÑO

Informe de las Condiciones Oceanográficas y Biológico Pesqueras
Febrero 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

3.2.3. Otras especies

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

3.4.2.2. Mamíferos marinos

3.4.3. Otros indicadores

3.4.3.1. Floraciones Algales Nocivas

3.4.3.2. Bentos

3.4.3.3. Medusas

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

4.1. Pronósticos a gran escala de las agencias internacionales

4.2. Propagación de ondas Kelvin

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

5. CONCLUSIONES

6. REFERENCIAS

7. RECONOCIMIENTOS

8. TABLAS

9. FIGURAS

Informe de las Condiciones Oceanográficas y Biológico Pesqueras Febrero 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 febrero 2020 un núcleo centrado en los 95 °W y 35 °S, con una intensidad máxima de ~1024,5 hPa, encontrándose ubicado alrededor de su posición normal con una intensidad máxima mayor que su valor climatológico en +2 hPa (Figuras 1 y 2 a). El campo de anomalías de presión mensual presenta anomalías positivas de presión entre 1 hPa y 3 hPa en la región subtropical y anomalías alrededor de cero en la región tropical. Frente a la costa peruana se presentaron condiciones climatológicas de la presión a nivel del mar (Figura 2 b).

Para el trimestre DEF 2019-2020, los índices de intensidad (IAPS) y posición (ILAT, ILON) del APS presentaron valores de +2,1 hPa, +6,2° y -0,1° respectivamente, señalando que el núcleo del APS presentó una intensidad mayor a su normal (Figura 3 a) y que estuvo ligeramente desplazado al este de su posición climatológica. El valor mensual del IAPS en febrero fue +2,0 hPa, mientras que la posición del núcleo estuvo 2° desplazada al este de su ubicación normal (Figuras 3 b, 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 anomalías positivas sobre el Pacífico Sureste (frente a las costas de Sudamérica), indicando condiciones de subsidencia. Así también al sur de la línea ecuatorial hasta aproximadamente los 180 °W se observaron anomalías positivas de OLR, mientras que, al norte, entre 160 °W y 120 °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⁻¹ a 7,0 m s⁻¹ 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⁻¹, mientras que, al oeste de los 170 °W, las anomalías del oeste exhibieron valores superiores a 4,0 m s⁻¹ (Figura 5).

1.2. Aspectos oceanográficos

1.2.1. Condiciones térmicas superficiales

La temperatura superficial del mar (TSM) obtenida de OSTIA (Donlon et al., 2012) con base climatológica del 2007 – 2016, presentó en la zona central del Pacífico ecuatorial anomalías positivas de +1 °C replegadas hacia el lado occidental, mientras que, hacia el lado oriental se mantuvieron condiciones neutras. Cerca de Sudamérica, frente a Colombia las anomalías se incrementaron a +1 °C; mientras que, en zonas oceánicas frente a Perú, se expandieron las áreas con anomalías negativas de -0,5 °C (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), mostró anomalías positivas que se mantuvieron con poca variación en la región Niño 4 y en la región Niño 3.4, mientras que, en las regiones Niño 1+2 y Niño 3, presentaron una tendencia a incrementarse desde mediados de enero 2020.

En las regiones Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 y Niño 4, el último valor semanal de la anomalía de la TSM fue de +1 °C, +0,4 °C, +0,5 °C y +1 °C, respectivamente. De acuerdo a ERSST.v5 (<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/ersst5.nino.mth.81-10.ascii/>), para febrero se presentaron anomalías mensuales de -0,01 °C en la región Niño 1+2, y de +0,35 °C en la región Niño 3.4. En el trimestre DEF 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 +0,5 °C, indicando una condición cálida débil.

1.2.2. Temperatura en la columna de agua

El contenido de calor en la capa superior del Pacífico Ecuatorial (0-300 m, 180 - 100°W), registrado por las boyas TAO/TRITON (<https://www.pmel.noaa.gov/tao/drupal/disdel/>) (Figura 8), mostró dos núcleos de anomalías positivas y dos núcleos de anomalías negativas. De los núcleos positivos, los cuales alcanzaron anomalías de hasta +3 °C, el núcleo más occidental se ubicó a 170 °W y encima de los 150 m a inicios del mes y se expandió hasta los 140 °W hacia fines de mes, mientras que, el núcleo más oriental ubicado a los 100 °W encima de los 100 m fue atenuándose y se contrajo hasta encontrarse a finales de mes encima de los 50 m. Por otro lado, el núcleo con anomalías negativas centradas alrededor de los 160 °E, continuó expandiéndose hacia el Pacífico oriental por debajo de los 100 m, mientras que, el núcleo de aguas frías (-0,5 °C) que estaba a 130 °W y entre los 100 m a 200 m, a inicios del mes, se enfrió aún más, alcanzando anomalías menores a -1 °C, y se desplazó hacia Sudamérica, ubicándose a fin de mes entre 50 m a 100 m y entre 110 °W a 100 °W.

Las anomalías del contenido de calor en la capa de 300 m, entre 2°S a 2°N y 180 °W a 95 °W (TAO/TRITON), presentaron durante los primeros días de febrero 2020 un pulso de anomalías positivas de menor intensidad que lo observado a inicios de enero 2020, para luego disminuir durante el resto del mes. Cabe recalcar que se observa una tendencia decreciente desde noviembre del 2019. En promedio mensual las anomalías térmicas fueron de +0,6 °C (Figura 9).

Esta capa de 300 m presentó entre los 180 °W a 165 °W anomalías de +1 °C a +1,5 °C, proyectándose las anomalías de +1 °C hasta los 150°W hacia mediados del mes. Durante la última semana, predominaron anomalías de +0,5 °C entre los 180 °W a 130 °W. Por otro lado, entre los 140 °W a 110 °W se presentaron condiciones neutras durante el mes. En el lado oriental entre los 110 °W y 95 °W persistieron anomalías de +1 °C hasta mediados de mes, que luego se disiparon hasta presentarse condiciones neutras (< +0,5 °C) en esa región (Figura 10).

2. CONDICIONES FRENTE A LA COSTA PERUANA

2.1. Aspectos meteorológicos

2.1.1. Velocidad del viento en la costa peruana

De acuerdo a información procedente del satélite ASCAT, frente a la costa peruana predominaron velocidades de viento (VV) moderado a débil, mientras que en la zona oceánica se presentaron vientos fuertes. Los vientos débiles (< 4,1 m s⁻¹) se presentaron principalmente al norte de Paita y entre Chicama – Callao, durante todo el mes de febrero.

En la zona oceánica predominaron vientos moderados a fuertes ($> 6,8 \text{ m s}^{-1}$) entre el 01 y 20 de febrero, mientras que entre 21 y 29 de febrero, predominaron vientos moderados en la zona oceánica que también fueron registrados cerca de la costa (Figura 11). Además, se registró una intensificación anómala de los vientos provenientes de Panamá (Jet de Panamá) en la tercera y cuarta semanas de febrero (Figura 12)

Entre el 01 y 20 de febrero se presentaron anomalías positivas de la velocidad del viento ($> 1,0 \text{ m s}^{-1}$) al norte de Chicama y en gran parte de la zona oceánica frente a Perú, mientras que, entre el 21 y 29 de febrero, las anomalías descendieron y evolucionaron a negativas tanto en la zona costera y oceánica (Figura 12).

A lo largo de la franja costera dentro de los 40 km, predominaron vientos débiles, con velocidades menores a $4,1 \text{ m s}^{-1}$, con presencia de vientos moderados a ligeramente fuertes, principalmente entre Talara – Paita y entre Pisco – San Juan de Marcona (Figura 13). Prevalcieron anomalías positivas de la VV ($> + 1.0 \text{ m s}^{-1}$) al norte de Chimbote (9°S); mientras que, al sur, predominaron anomalías negativas ($- 1,0 \text{ m s}^{-1}$) (Figura 14).

El índice de afloramiento costero (IAC), estimado a partir del esfuerzo de viento, presentó valores mayores a $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$, principalmente entre Paita y Talara y entre Pisco y San Juan de Marcona, mientras que entre Chicama y Callao se presentaron intensidades de IAC menor a $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ (Figura 15). En promedio, estas condiciones representaron un aumento en la intensidad y persistencia del afloramiento respecto a la segunda quincena de enero 2020; asimismo, respecto a febrero 2019, el afloramiento costero habría sido mayor al norte de los 8°S y menor al sur de dicha latitud.

2.2. Aspectos oceanográficos físicos

2.2.1. Temperatura superficial del mar

En febrero 2020, la TSM en el Pacífico tropical oriental presentó valores entre 29°C (en el extremo norte de la Cuenca Pacífica Colombiana) y 20°C (en la celda de afloramiento de Pisco – San Juan). El mar peruano dentro de las 200 m.n. se caracterizó por TSM menores a 26°C , alcanzando un mayor contraste térmico ($\sim 5^{\circ}\text{C}$) frente a la caleta San José y frente a Atico. Se observó un desplazamiento hacia el sureste de la isoterma de 26°C , acorde al ciclo estacional, desde el ecuador geográfico hasta los 13°S , mar adentro. Asimismo, la isoterma de 25°C se acercó 120 m.n. hacia Paita y alcanzó a ubicarse a 60 m.n. frente a Pisco. En el sur, disminuyó la cobertura de aguas con 21°C (Figuras 16 a, 17).

En términos de anomalías (Figura 16 b), dentro de las 200 m.n., al sur de 4°S mantuvieron condiciones de normales a levemente frías de hasta -2°C (San Juan de Marcona). Por fuera de este sector, ocurrieron condiciones normales con núcleos poco significativos de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ al norte de Talara y mar adentro, frente a la costa sur.

El sector al norte del ecuador geográfico se caracterizó por presentar una configuración zonal de las isotermas de 27°C y 28°C , así como de TSM de 29°C desde la segunda pentada (Figura 17 b) y cuya presencia se fue consolidando con el transcurso del mes. En las 200 m.n. frente al litoral, se observó una TSM de 25°C a 27°C de Tumbes a Talara, siendo persistente el acercamiento a la costa de estas isotermas durante el mes. De Paita al sur, la TSM osciló de 19°C (San Juan de Marcona, Figuras 17 a-d) a 26°C , notándose una zona de máximo gradiente térmico al sur de San Juan de Marcona, propio del periodo.

Las anomalías térmicas (Figura 18) indicaron el predominio de condiciones neutras a levemente frías. La condición fría se acentuó en la segunda (Figura 18 b) y tercera pentada (Figura 18 c) cuando ocurrió el máximo enfriamiento (-3 °C) del periodo evaluado en el núcleo de afloramiento de Pisco a San Juan de Marcona. En los últimos cinco días (Figura 18 f) se ampliaron las áreas cálidas en el sector norte del Perú debido al desplazamiento a la costa de aguas de 25 °C y 26 °C. Por fuera de las 200 m.n. – 250 m.n. el escenario térmico presentó condiciones neutras a levemente frías.

Las variaciones latitudinales de la TSM en la franja de 60 m.n. adyacente a la costa indicaron un progresivo calentamiento del mar peruano, especialmente a inicios de febrero y en la segunda quincena del mes cuando, en promedio, se proyectaron aguas de 23 °C hacia el sur (Figura 19 a). En términos de anomalías, al sur de los 5°S predominaron anomalías negativas (hasta -1 °C) y positivas (hasta +1 °C) en la primera y segunda quincena del mes, respectivamente (Figura 19 b).

En el litoral, los valores promedio mensuales de la TSM para febrero de 2020 en los muelles costeros de IMARPE (Tabla 1) variaron entre 29,1 °C (Tumbes) y 16,7 °C (Matarani). Con excepción de las estaciones de Tumbes (+1,1 °C) y San Jose (-1,1 °C), los demás muelles costeros presentaron valores de TSM dentro del rango normal. A escala diaria, las series de tiempo (Figura 20) reflejan la variabilidad intramensual descrita anteriormente; con presencia de condiciones cálidas durante todo el mes en Tumbes y en la segunda quincena en Paíta, intermitencia en Chimbote y Callao asociado con el acercamiento de aguas más cálidas del oeste, siendo este proceso más estable en la estación de Ilo.

El valor preliminar del índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2015) para febrero 2020 (Figura 21) fue +0,41 °C. De setiembre (-0,05 °C) a enero (+0,53 °C) este índice presentó una tendencia sostenida hacia el incremento; sin embargo, el valor de febrero presenta una disminución de 0,12 °C; no obstante, los valores indican la persistencia de condiciones térmicas cálidas de categoría débil en el litoral peruano. El valor preliminar del Índice Térmico Costero Peruano (ITCP; Quispe-Ccalluari et al., 2016) fue -0,3 (Figura 22). Los últimos valores estimados del ITCP fueron -0,2 para enero 2020, -0,1 para diciembre 2019, -0,2 para noviembre y -0,5 para octubre 2019. Estos valores indican una condición neutra para la zona de afloramiento del mar peruano.

2.2.2. Salinidad superficial del mar

La salinidad superficial del mar (SSM) para el mes de febrero 2020 según el producto Mercator Océan (<https://www.mercator-ocean.fr/>) se caracterizó por la intrusión de las aguas ecuatoriales superficiales (AES) de baja salinidad (SSM < 34,8 ups) hacia el sur llegando hasta las costas de Lambayeque y desplazando a las aguas costeras frías (ACF, 34,8 < SSM < 35,1 ups) hacia el sur, propiciando en la parte oceánica mezcla con las aguas subtropicales superficiales (ASS), y en la parte costera, mezcla con ASS y ACF hasta la zona de Chicama, en promedio. Entre este punto y el extremo sur del litoral, predominaron condiciones de mezcla entre ASS y ACF, así como áreas costeras (< 30 mn) dominadas por ACF, aunque con un filamento de baja salinidad (<34,8 ups) al norte de Ilo, asociado a la descarga del río Osmore. No obstante, las ASS continuaron desplazándose hacia la costa presentando un mayor acercamiento entre Huarney-San Juan de Marcona y frente a Ilo (Figura 23).

Contrastando la información obtenida del producto MERCATOR (Figura 23) y la del Cr. Pelágico 2020-0203 durante febrero que cubrió la región desde Talara hasta Pisco (Figura 24 a), podemos notar que la distribución de la salinidad al norte de Malabrigo, muestra la intromisión de las AES hasta Paita en ambas figuras, mientras que, entre Paita y Pimentel se observan aguas de mezcla (AES+ASS+ACF) que no son distinguibles en el producto MERCATOR que subestima ligeramente los valores halinos en esta zona y los caracteriza como AES. Entre Malabrigo (Chicama) y Pisco, podemos ver que ambas figuras presentan una buena relación, mostrando ACF con proyección hasta las 30 m.n. entre Malabrigo-Salaverry y zonas de mezcla entre ACF y ASS principalmente entre Salaverry y Pisco, debido al constante desplazamiento hacia la costa de las ASS, que presentan un mayor acercamiento entre Casma-Huarmey y frente a Pucusana. Cabe mencionar que en general las concentraciones halinas descritas al sur de Paita presentan valores por encima de su valor climatológico, en unidades que varían hasta +0,62 ups, debido a la inusual presencia de las ASS, con núcleos importantes de anomalía mayores de +0,2 ups entre Huarmey-Chancay y Callao-Bahía Independencia, durante febrero (Figura 24 b).

El modelo MERCATOR indica que las AES, dentro de la franja de 60 m.n. adyacente a la costa, mantuvieron su proyección hacia el sur observado desde la última semana de enero, llegando hasta los 7 °S (Figura 25). Esta información es congruente con las observaciones *in situ* de la estación Fija Paita (Figura 37 a) y el Cr. Pelágico (Figura 24) sólo hasta los 5 °S. A nivel de microescala, la red de laboratorios costeros registró valores de salinidad promedio de 33,276 ups a 35,043 ups en Tumbes y Callao, respectivamente (Tabla 2).

2.2.3. Nivel del mar

En el presente mes, frente a la costa peruana entre Tumbes y San Juan de Marcona en promedio se mantuvieron anomalías del nivel del mar (ANM) positivas con valores entre +10 cm y +13 cm, con un aumento de hasta +2 cm al norte de Paita y una disminución de -2 cm frente a la costa central, en comparación a enero 2020. Al sur de San Juan de Marcona, las ANM fueron aumentando de +7 cm hasta +12 cm frente a Ilo (Figura 26).

A escala pentadal se observaron dos escenarios característicos; el primero escenario al norte de los 15 °S, donde dentro de los 100 km se presentó un incremento progresivo de las ANM al norte de Paita alcanzando valores de hasta +13 cm durante la última pentada (Figura 27 f), mientras que, entre los 5°S a 15°S predominaron valores entre +10 cm y +13 cm, presentando sus mayores valores entre Chimbote y Huarmey durante la cuarta pentada (Figura 27 d). En la zona oceánica, se observaron núcleos de ANM de hasta +20 cm asociados a la presencia de vórtices de duración mayor a 20 días, frente a Callao y entre los 8°S y 9°S. El segundo escenario al sur de los 15 °S, se caracterizó por un predominio de ANM positivas entre +7 cm y +12 cm dentro de la zona costera, alcanzando sus máximos frente a San Juan de Marcona e Ilo desde la segunda hasta la última pentada (Figura 27 b), mientras que, en la zona oceánica, predominaron ANM de ± 5 cm asociadas a la presencia de vórtices con anomalías negativas (positivas) de tipo ciclónico (anticiclónico) (Figura 27).

En la franja de 60 m.n. adyacente a la costa, entre el ecuador geográfico y 22 °S, se registró el avance de las ANM mayores a +10 cm desde los 6 °S hasta 10 °S entre la primera y segunda quincena de mes, predominando así valores entre +10 cm y +13 cm en gran parte de la franja costera, exceptuando la zona entre 10 °S – 12 °S, frente a Atico y al sur de Ilo, donde se presentaron valores entre +7 cm y +9 cm (Figura 28).

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 m.n. adyacente al litoral peruano de acuerdo al producto CMEMS v3.0, presentó un comportamiento oscilante con una tendencia a la disminución de las ANM al este de las islas Galápagos durante los primeros 21 días, alcanzando su valor mínimo (+7 cm) el 21 de febrero, para luego aumentar ligeramente hasta +11 cm y disminuir hasta +9 cm al término del mes. A lo largo de la costa peruana durante todo el mes se ha presentado un comportamiento constante variando entre +9 cm y +11,5 cm (5 °S – 14 °S) y +7,5 cm y +10,5 cm (14 °S-18 °S) (Figura 29), posiblemente debido a la intensa actividad de vórtices de mesoescala de signo opuesto.

Es así que 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 30 (a) indica que, en promedio, se detectaron entre 4 y 11 remolinos por día, siendo estos valores superiores a lo registrado durante los últimos 5 meses. Se registró un aumento de los remolinos ciclónicos sobre los anticiclónicos, al igual que el mes anterior, con una ligera preponderancia del 51,5 %. En promedio, el radio de estas estructuras fue de 69 km, ligeramente menor a lo observado en enero 2020; sin embargo, frente La Libertad y entre Huacho y Callao se observan remolinos con radios de entre 80 km y 90 km y que se mantuvieron durante casi todo el mes (Figura 30 b). La energía cinética promedio de los remolinos detectados osciló entre 86 cm² s⁻² y 200 cm² s⁻² (Figura 30 c), manteniendo así, la tendencia de lo registrado durante la última quincena del mes de enero, aunque con una ligera atenuación, debido a la disminución del radio de los remolinos de mayor tamaño.

Este mes, los remolinos de mayor tamaño (≥ 80 km) y tiempo de vida (> 20 días) se detectaron por fuera de los 100 km, y se localizaron entre Huanchaco-Chimbote (100 km – 150 km a la costa) y entre Huacho-Callao (150 km – 200 km a la costa) con una polaridad del tipo ciclónico y anticiclónico, respectivamente. Cerca de la costa, se detectaron remolinos de 50 km – 70 km de radio, del tipo ciclónico entre Huarney y Callao (entre la segunda y tercera semana) y del tipo anticiclónico frente a San Juan de Marcona (durante todo el mes) (Figuras 27).

2.2.4. Secciones oceanográficas

En febrero 2020, la TSM en la sección Paita varió de 22,7 °C a 26,4 °C, que representan condiciones neutras dentro de las 20 m.n. y condiciones cálidas fuera de las 30 m.n. La ATSM varió de +1 °C a +1,8 °C fuera de las 20 m.n., mientras que dentro de las 20 m.n. se observaron condiciones térmicas neutras (Figuras 31 a, b; 32 a, b). La salinidad evidenció proceso de mezcla de las AES y ACF (Figura 31 c).

En esta sección, sobre los 50 m y dentro de las 60 m.n., la temperatura varió de 17° C a 23° C y las isotermas presentaron más superficial cerca de la costa. La isoterma de 15 °C se ubicó a 100 m entre los 80 m.n. a 100 m.n. y se profundizó hasta los 200 m cerca de la plataforma, debido a un flujo de norte a sur. Las anomalías térmicas indicaron el predominio de condiciones cálidas encima de los 400 m (+1 °C a +2 °C) destacando un núcleo con anomalías de +2 °C a 300 m sobre el talud continental. Cerca de la costa, encima de los 50 y dentro de las 20 m.n., se presentaron condiciones de neutras a ligeramente frías (hasta -1 °C) (Figura 31 b). Dentro de las 60 m.n., la profundidad de la isoterma de 15°C presentó una profundización (+40 m), respecto a lo observado en enero 2020 (~ +20 m) (Figura 32 e). La columna halina evidenció sobre los 50 m procesos de mezcla de AES + ACF. Entre los 50 m y 150 m se apreció aguas en procesos de mezcla de ACF + ASS (Figuras 31 c, d).

Cerca de la costa, encima de los 50 m y entre las 10 m.n. y 40 m.n., se presentaron flujos de sur a norte con velocidades de 10 cm s^{-1} . Asimismo, entre las 80 m.n. a 100 m.n., se registraron flujos de sur a norte, con velocidades de 10 cm s^{-1} a 20 cm s^{-1} . Destacó un flujo intenso de norte a sur, entre las 40 m.n. a 80 m.n., y en toda la columna de agua, asociado a la Corriente Submarina Perú-Chile (CSPCh), con velocidades de hasta 40 cm s^{-1} (Figura 31 f).

La TSM en la sección Chicama varió de $20,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a $26,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$, con anomalías que fluctuaron de $+0,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+3 \text{ }^{\circ}\text{C}$, representando condiciones neutras dentro de las 30 m.n. y cálidas por fuera de las 40 m.n. (Figura 33 a, b; 34 a, b).

La sección Chicama, encima de los 50 m y dentro de las 60 m.n., presentó temperaturas entre $17 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y $23 \text{ }^{\circ}\text{C}$, las cuales se hicieron más superficial cerca de la costa a excepción de la isoterma de 17°C . La isoterma de $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$, al igual que en Paita, se profundizó desde las 100 m.n. (100 m) a cerca de la costa (150 m). Predominaron condiciones cálidas en la columna de agua, que fluctuaron de $+1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+3 \text{ }^{\circ}\text{C}$; sin embargo, encima de los 40 m y dentro de las 20 m.n. se observaron condiciones neutras (Figuras 33 a, b). Dentro de las 80 m.n., la profundidad de la isoterma de 15°C presentó una ligera profundización ($+20 \text{ m}$), respecto a lo observado en enero 2020 ($\pm 10 \text{ m}$) (Figura 34 e). Por otro lado, las ACF y aguas de mezcla de ACF + ASS se ubicaron cerca de la costa, mientras que, fuera de las 60 m.n. salinidades mayores a 35,1 ups reflejaron la presencia de las ASS. Las anomalías halinas no fueron significativas cerca de la costa; sin embargo, fuera de las 60 m.n., variaron de $+0,1 \text{ ups}$ a $+0,2 \text{ ups}$ debido a la presencia de las ASS (Figura 33 c, d).

Dentro de las 20 m.n. se observaron flujos de sur a norte asociado a la CCP, mientras que, fuera de las 30 m.n., flujos de norte a sur estuvieron asociado a la CSPCh, con velocidades de hasta 30 cm s^{-1} (Figura 33 f).

2.2.5. Estaciones fijas costeras

El monitoreo de alta frecuencia de la columna de agua ($<100 \text{ m}$) que se realiza en las estaciones fijas en el marco del PPR-068 mostró durante el último mes que en Paita la temperatura varió entre $16 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y $24 \text{ }^{\circ}\text{C}$, en Chicama entre $16 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y $21 \text{ }^{\circ}\text{C}$, en Callao entre $16 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, en Atico sobre los $14 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y $18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y en Ilo entre $14 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y $19 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Las estaciones fijas Paita y Callao evidenciaron un ascenso de las isotermas superficiales ($18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ - $21 \text{ }^{\circ}\text{C}$) y ($16 \text{ }^{\circ}\text{C}$ - $17 \text{ }^{\circ}\text{C}$), respectivamente, durante la primera quincena del mes, y luego una profundización en el resto del mes; sin embargo, en Paita las isotermas profundas ($17 \text{ }^{\circ}\text{C}$ - $16 \text{ }^{\circ}\text{C}$) mostraron una tendencia a profundizarse durante todo el mes. Chicama mostró una profundización de las isotermas de $16 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y $17 \text{ }^{\circ}\text{C}$ durante el mes. Por otro lado, en Atico e Ilo se observó un ligero ascenso de las isotermas ($16 \text{ }^{\circ}\text{C}$ - $18 \text{ }^{\circ}\text{C}$) y ($15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ - $18 \text{ }^{\circ}\text{C}$), respectivamente durante la primera quincena del mes, aunque en Atico la isotermas de $14 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ se profundizaron durante la primera quincena y ya no estuvo presente en la segunda quincena (Figura 35).

En Paita se detectó un núcleo de anomalías térmicas negativas, con valores de hasta $-1,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre los 45 m entre la segunda y tercera semana de febrero, los cuales fueron reemplazados por anomalías entre $+1,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+2,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre los 60 m. En Chicama se detectó anomalías de $-1,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre los 15 m, mientras que por debajo de los 25 m se observó en promedio valores de $+0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, las cuales se incrementaron a $+1,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a finales del mes. En Callao se observó condiciones normales durante la primera quincena del mes en la columna de agua; sin embargo, en la última semana se observó un núcleo de $+1,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre los 40 m.

La presencia de anomalías térmicas negativas en Paita y Chicama posiblemente estuvo asociada al incremento de los vientos del sudeste en la zona norte, mientras que la presencia de anomalías térmicas positivas en las estaciones fijas a finales del mes de febrero -que coincidió con las anomalías positivas detectadas hasta los 400 m en las secciones frente a Paita y a Chicama en la última semana de febrero- estuvo asociada al arribo de una onda Kelvin cálida frente a la costa peruana (Figuras 31, 33 y 36).

En Paita, los registros de salinidad y temperatura evidenciaron la presencia de AES sobre los 20 m - 40 m con valores de hasta 34,4 ups a finales del mes, mientras que, por debajo de estas prevalecieron aguas de mezcla entre AES y ASS durante todo el mes. En Chicama, Callao y Atico se continuó observando un predominio de aguas de mezcla (ACF + ASS), mientras que en Ilo se observó la presencia de ACF (Figura 37).

2.2.6. Otras observaciones

En febrero 2020, se inició la primera etapa del “Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos 20-0203”, a bordo del BIC Humboldt, BIC Olaya y BIC Flores. A nivel de superficie dentro de las 30 m.n., se encontraron condiciones térmicas neutras, y donde las condiciones halinas mostraron la intromisión de AES hasta frente a Paita. Por otro lado, fuera de las 40 m.n. frente a la costa central (Salaverry – Chancay), se encontraron aguas con anomalía térmica positiva que superaron los +3 °C y anomalía halina positiva de +0,2 ups, debido a la aproximación de ASS. Se evidenciaron amplias zonas con agua de mezcla entre Paita y Chicama, asociada a la mezcla de AES, ASS y ACF, disminuyendo la influencia de AES al sur de Punta Aguja, desde mar afuera hacia la costa. Al sur de Chicama la mezcla se debió a la interacción de las ASS y ACF; asimismo, en la zona muy costera se observó influencia puntual del aporte fluvial en Supe, que influyó hasta las 10 m.n. de la costa (Figura 38).

La sección Punta La Negra se caracterizó por presentar la termoclina y oxiclina encima de los 50 m, donde también se encontraron anomalías térmicas positivas que superaron los +3 °C en zona oceánicas, así como anomalías halinas positivas y negativas indicando un proceso de mezcla de AES con ASS. Debajo de los 50 m, se encontraron la isoterma de 15 °C, la isohalina de 35 ups y la iso-oxígena de 1 mL L⁻¹, profundizándose cerca de la plataforma continental. Por otro lado, entre 20 m y 400 m se detectaron dos flujos de mayor envergadura, uno de sur a norte superando los 20 cm s⁻¹, fuera de las 50 mn; y el otro, de norte a sur superando los 40 cm s⁻¹, con núcleos alrededor de los 100 m de profundidad, posiblemente relacionado a la CSPCh. Además, encima de los 50 m se pudo observar celdas de menor envergadura, que habrían favorecido el proceso de mezcla (Figura 39).

2.3. Aspectos biogeoquímicos y de productividad

2.3.1. Oxígeno

La sección Paita presentó concentraciones de oxígeno disuelto (OD) de 2,0 mL L⁻¹ a 3,0 mL L⁻¹ sobre la capa de los 50 m. El límite superior de la Zona Mínima de Oxígeno (ZMO, 0,5 mL L⁻¹) y la iso-oxígena de 1 mL L⁻¹ (proxi de la oxiclina) se ubicaron más profundizadas dentro de las 50 m.n. (300 m y 150 m, respectivamente), respecto a fuera de las 50 m.n. (250 m y 100 m, respectivamente) (Figura 31 e). La anomalía de la profundidad de la iso-oxígena de 1 mL L⁻¹, evidenció una ligera profundización dentro de las 100 m.n. (+10 m), respecto a lo observado en enero 2020 (entre -20 m a -40 m) (Figura 32 f).

En la sección de Chicama, se evidenció el afloramiento dentro de 40 m.n. con las iso-oxígenas de 1 mL L⁻¹ a 4 mL L⁻¹, más superficiales. El límite superior de la ZMO, fuera de las 80 m.n. se ubicó a los 60 m, mientras que, dentro de las 80 m.n. estuvo a 150 m (Figura 33 e). La iso-oxígena de 1 mL L⁻¹ presentó anomalías entre +20 m a +40 m dentro de las 80 m.n., lo cual representa una moderada profundización de la oxiclina respecto a enero 2020, que presentó condiciones neutras dentro de las 40 m.n. y anomalías de +20 m dentro de las 40 m.n. (Figura 34 f).

En la estación fija Paita se evidenció una profundización de la iso-oxígena de 2 mL L⁻¹ de 30 m a 60 m; mientras que, en Chicama la iso-oxígena de 1 mL L⁻¹ también se profundizó de 40 m a 80 m entre inicios y fines de mes y el límite superior de la ZMO se registró a 90 m (Figuras 40 a y b). La oxigenación en la columna de agua en Paita y Chicama, estaría asociada al arribo de una onda Kelvin cálida a fines de febrero. En Callao e Ilo, las iso-oxígenas de 1 mL L⁻¹ y 2 mL L⁻¹ se mostraron más superficiales. El límite superior de la ZMO se observó a 20 m en Callao y entre 20 m a 40 m en Ilo (Figuras 40 c, e). En Atico se observó la profundización de la iso-oxígena de 1 mL L⁻¹ de 15 m a 80 m, entre la primera y tercera semana del mes, y luego se observó más superficial hasta los 20 m a fin del mes (Figura 40 d).

2.3.2. Fertilidad

Los nutrientes en Paita presentaron una disminución de sus concentraciones durante el mes de febrero 2020, respecto al mes anterior; sin embargo, mantuvieron las mismas concentraciones en Callao.

En la estación fija Paita se observó una disminución en la columna de agua de las concentraciones de nitrato en febrero 2020 (5 µM – 10 µM) respecto al mes anterior (10 µM – 15 µM) (Figura 41 a). Los silicatos mostraron una profundización de la isolínea de 10 µM de 20 m a 45 m durante el mes (Figuras 42 a). Los fosfatos también presentaron una disminución de sus concentraciones respecto a enero 2020 en la columna de agua (Figuras 43 a). En la estación fija Callao, los nutrientes se mantuvieron respecto a enero 2020, observándose concentraciones de nitratos bajos (entre 5 µM a 10 µM) en sub-superficie (debajo de los 20 m) (Figura 41 b). Los silicatos presentaron en promedio concentraciones de 15 µM encima de los 20 m y entre los 20 µM a 30 µM debajo de los 20 m; mientras que los fosfatos presentaron concentraciones en promedio de 2 µM y 2,5 µM por encima y debajo de los 20 m, respectivamente (Figuras 42 b y 43 b).

2.3.3. Productividad

La concentración de clorofila-a satelital mensual proveniente del satélite MODIS (Ocean Biology Processing Group, 2003) mostró que entre Paita e Ilo (de las 40 mn - 50 mn hacia la costa) predominaron valores mayores a 3 µg L⁻¹; con núcleos de concentraciones mayores a 10 µg L⁻¹, dentro de las 30 m.n. entre San José y Chimbote, entre Huacho y Callao, entre Pisco y San Juan, y frente a Ilo (Figura 44 a). En términos de anomalía, se observaron anomalías positivas (entre +1 µg L⁻¹ a +10 µg L⁻¹) entre San José y Chimbote, dentro de las 30 m.n., entre Huacho a Callao, dentro de las 120 m.n., y de Pisco a Ilo dentro de las 30 m.n., con una proyección hacia la zona oceánica frente a San Juan (hasta las 80 mn). Por otra parte, se observaron anomalías negativas (de -1 µg L⁻¹ a -2 µg L⁻¹) entre San José y Chimbote entre las 30 m.n. a 80 m.n., entre Chimbote y Huacho, y entre Callao y Pisco fuera de las 30 m.n. (Figura 44 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 m.n. y entre 6 °S a 16 °S, se presentaron anomalías negativas en los 10 primeros días del mes de febrero (~-1 µg L⁻¹), similar a lo observado a fines de enero 2020; sin embargo, el resto del mes se presentaron anomalías positivas (~+1,5 µg L⁻¹) (Figura 44 d).

Latitudinalmente, en la franja costera predominaron anomalías negativas en la primera quincena del mes (entre los $-0,5 \mu\text{g L}^{-1}$ y $-3 \mu\text{g L}^{-1}$), con pequeños núcleos de anomalías positivas ($+4 \mu\text{g L}^{-1}$) entre 9°S y $10^\circ30'\text{S}$ y frente a 12°S ; en cambio, en la segunda quincena predominaron anomalías positivas (hasta las $+6 \mu\text{g L}^{-1}$) al sur de los 7°S (Figura 44 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 30 % entre Paita y Chicama, dentro de las 80 m.n.; mientras que, entre Chicama e Ilo, en una franja de 30 m.n., predominaron valores entre 50 % y 70 % (Figura 44 c).

Las anomalías negativas de clorofila-a durante los 10 primeros días del mes podrían estar relacionadas al efecto residual de las anomalías negativas de viento que se registraron durante la segunda quincena de enero, limitando el crecimiento fitoplanctónico, a pesar de la baja nubosidad al norte de la costa peruana. En tanto entre la primera y segunda semana de febrero las concentraciones se recuperaron, llegando a presentar un máximo de anomalías positivas entre la segunda y tercera semana, lo cual podría estar asociado a un pulso de intensificación del viento en la primera quincena del mes y la intensificación de frentes/mezcla de las aguas costeras con las aguas oceánicas (Figura 44 a)

3. INDICADORES ECOLÓGICOS Y BIOLÓGICO-PESQUEROS

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

3.1.1. Fitoplancton

Paita

En Paita se determinó a *Ceratium breve* var. *parallelum*, especie indicadora de AES, distribuida entre las 16 m.n. y 100 m.n. de la costa y asociada a una TSM que alcanzó un rango de variación entre $22,7^\circ\text{C}$ y $26,4^\circ\text{C}$ (Figura 45). El volumen de plancton fluctuó entre $0,060 \text{ mL m}^{-3}$ (16 mn) y $0,241 \text{ mL m}^{-3}$ (100 mn) asociados a una TSM de $24,8^\circ\text{C}$ y $26,4^\circ\text{C}$, respectivamente (Figura 46). El promedio mensual del volumen fue de $0,138 \text{ mL.m}^{-3}$.

El fitoplancton fue abundante en un 10 %, y el zooplancton en un 90 %. La comunidad fitoplanctónica estuvo conformada por especies termófilas. Entre las diatomeas destacaron *Helicotheca tamesis*, que alcanzó una abundancia relativa de categoría "Muy Abundante", seguida de *Planktoniella sol*, *Proboscia alata* f. *gracillima*, *Thalassiosira partheneia* y *Chaetoceros coarctatus* que presentaron abundancias relativas de categoría "Presente". Entre los dinoflagelados se determinaron a *Goniodoma polyedricum*, *Tripos carriense* var. *volans*, *T. candelabrum*, *T. azoricus*, *T. gibberum* var. *dispar*, *Protoperidinium murrayi*, *P. quarnerense*, *Pyrocystis noctiluca* y *Ornithocercus stenii*, cuyas abundancias relativas fueron de categoría "Presente".

Chicama

Frente a Chicama, se registró a *Protoperidinium obtusum*, especie indicadora de ACF, distribuido entre las 5 m.n. y 45 m.n. de la costa. Además, se determinó a *Ceratium breve* var. *parallelum*, especie indicadora de AES a 100 m.n. de costa (Figura 47). El volumen de plancton fluctuó entre $0,150 \text{ mL m}^{-3}$ (a 5 m.n. y 15 m.n.) y $0,196 \text{ mL m}^{-3}$ (40 m.n.) asociados a una TSM de $21,3^\circ\text{C}$ y $26,8^\circ\text{C}$, respectivamente (Figura 48). El promedio mensual del volumen fue de $0,181 \text{ mL m}^{-3}$.

Dentro de las 15 m.n., el fitoplancton fue abundante en un 29 %, y el zooplancton en un 71 %, y predominaron las diatomeas *Leptocylindrus danicus*, *Thalassionema nitzschioides* y *Thalassiosira anguste-lineata*, cuyas abundancias relativas fueron de categoría “Abundante”. En toda la sección se registró una alta riqueza de especies termófilas con una composición similar a la sección de Paita, lo cual estaría indicando aguas de mezcla (ACF + AES). Todas estas especies termófilas obtuvieron abundancias relativas de categoría “Presente”.

3.1.2. Zooplancton

Paita

Se determinó al copépodo *C. furcatus*, indicador de AES, localizado entre las 15 m.n. y las 40 m.n., y por fuera de las 80 m.n.; mientras que, los copépodos *A. danae* y *O. conífera*, indicadores de ASS, estuvieron distribuidos ambos a las 15 m.n. y por fuera de las 60 m.n. de la costa. En esta oportunidad no se registró al copépodo (*C. brachiatus*) indicador de ACF (Figura 49).

Chicama

En la sección Chicama, se determinó la presencia del copépodo *Centropages brachiatus*, especie indicadora de ACF, distribuido dentro de las 45 m.n. de la costa. Otros copépodos indicadores de ASS que se observaron fueron *Acartia danae* y *Oncaea conífera* los cuales se localizaron a 60 millas. Asimismo, se determinó la presencia del indicador de AES, el copépodo *Centropages furcatus*, ubicado a 80 m.n. de costa (Figura 50).

3.2. Condiciones biológico – pesqueras de los recursos pelágicos

3.2.1. Anchoqueta (*Engraulis ringens*)

3.2.1.1. Distribución, capturas, tallas

En febrero no hubo actividad pesquera industrial de anchoqueta en la región Norte-Centro y Sur, por encontrarse el recurso en época reproductiva.

3.2.1.2. Indicadores reproductivos y somáticos

Los indicadores reproductivos de la anchoqueta peruana del stock Norte-Centro mostraron que el recurso, en general, no presentó un desove masivo, debido a las condiciones oceanográficas anómalas imperantes; sin embargo, aún se registró la presencia de individuos maduros (Figura 51).

3.2.2. Jurel (*Trachurus murphy*) y Caballa (*Scomber japonicus*)

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 (t) y para caballa en 94 mil t. Las capturas de jurel y caballa alcanzaron durante enero a febrero aproximadamente 87 mil t, de las cuales 70 % correspondieron a jurel y el 30 % restante a la caballa.

El jurel presentó una distribución latitudinal más hacia el sur y al oeste respecto a enero, ampliando su distribución desde Pisco hasta Morro Sama (18 °S) desde las 30 m.n. hasta las 180 m.n. de la costa. La caballa fue capturada incidentalmente en la pesquería de jurel frente a Pisco por la flota industrial y entre Ilo y Morro Sama por la flota artesanal (Figura 52).

3.2.3. Otras especies

El acercamiento de ASS hacia la costa, generó una ampliación del hábitat disponible para las especies oceánicas como el bonito (*Sarda chiliensis*) y el perico (*Coryphaena hippurus*) presentando una mayor disponibilidad para la flota de cerco en zonas costeras, principalmente en la zona central y sur del litoral.

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

3.3.1. Merluza (*Merluccius gayi peruanus*)

En el marco del Régimen Provisional de Pesca del recurso Merluza para el periodo 01 de julio 2019 – 30 junio 2020 (R.M. N° 290-2019-PRODUCE), durante el mes de febrero 2020 la flota industrial arrastrera desembarcó un total de 1258,5 t de merluza y, el total acumulado desembarcado alcanzó 10920 t (18,6% del Límite Máximo de Captura Total Permisible – 58 766 t).

La distribución de la flota dirigida a la merluza estuvo ubicada principalmente frente y al norte de Punta Sal (sub-área A) en la región Tumbes y, al norte de Punta La Negra (sub-área C) en la región Piura (Figura 53 a). La talla media del recurso presentó su mayor valor (32,2 cm) en la sub-área A, mientras que el menor (29,5 cm) se encontró en la sub-área B (figura 53 b). También, se destaca la suspensión temporal de las actividades extractivas de merluza en determinadas áreas en el ámbito de su pesquería, debido a que el porcentaje de ejemplares menores a 28 cm de longitud total, en algunos casos, superó el 20% permitido legalmente.

En febrero 2020, al igual que en enero 2020, el recurso se concentró en latitudes más cercanas al límite norte del mar peruano, lo cual se observa en una continua disminución de la longitud media de la merluza capturada por la flota de arrastre. Esto podría estar relacionado a la persistencia de una posición relativamente somera de la isoterma de 15 °C (Figura 54) y de la oxiclina (Figura 40 a) frente a la costa norte desde octubre, no obstante, las fluctuaciones de los últimos meses (Figura 32).

3.3.2. Invertebrados

Calamar gigante (*Dosidicus gigas*)

En febrero 2020, el desembarque de calamar gigante efectuado por la flota artesanal fue de 1628 t, mostrando una disminución de 74 % y 3,5 % en comparación a enero 2020 y febrero 2019, respectivamente (figura 55 a). A nivel de localidades, el desembarque en Pucusana fue el más representativo (71 %), seguido de Camaná (20,7 %), Chimbote (4,1 %) y Paita (3,1 %).

El desembarque del recurso se localizó en tres núcleos, ubicados entre Talara y Punta La Negra, entre Chancay y Bahía Independencia, y entre San Juan de Marcona y Mollendo, principalmente entre las 14 m.n. y 100 m.n. de costa, a diferencia del año pasado (de junio a diciembre 2019) donde las mayores concentraciones se observaron en la zona norte (Figura 56).

Concha de abanico (*Argopecten purpuratus*)

La concha de abanico presentó desembarques de 772 t en total. Este desembarque representó una disminución de 77,8 % y 88,5 % en comparación a enero 2020 y febrero 2019, respectivamente (Figura 55 b). Los mayores desembarques se registraron en la bahía de Sechura (90,7 %) y en menor porcentaje en Callao (6,9 %), Chimbote (1,4%) y Pisco (1,0 %).

Pulpo (*Octopus mimus*)

El pulpo desembarcado por la flota artesanal fue de 43 t. Este desembarque en comparación con enero 2020, mostró una disminución de 8 % y representó un incremento de 53,8 % respecto a febrero 2019 (Figura 55 c). Los mayores porcentajes de desembarque se registraron en Piura (41,8 %), Callao (23,3 %), Pisco (12,0 %) y Chimbote (11,8 %).

Calamar común (*Doryteuthis gahi*)

El calamar común presentó desembarques preliminares de 104 t, representando un incremento de 176 % respecto a enero 2020 y una disminución de 6 % respecto a febrero 2019 (Figura 55 d). Los mayores desembarques se registraron en el litoral centro (Chimbote, 99,9 %).

3.3.3. Otros recursos

En la zona norte, en Tumbes la principal especie desembarcada durante la primera quincena de febrero fue el falso volador (*Prionotus stephanophrys*) (77 t), representando una disminución respecto a la quincena anterior (200 t), algo poco usual debido a la alta disponibilidad del recurso durante este periodo. En Piura, las principales especies desembarcadas fueron la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) (126 t) y merluza (107 t). Respecto a la concha de abanico, la disminución en sus volúmenes se debe a que las concesiones no comercializaron el recurso por su bajo precio en el mercado. En Lambayeque, el bonito registró su mayor volumen de desembarque (713 t) de los últimos dos meses, probablemente a que las condiciones ambientales pueden haber incidido favorablemente en la disponibilidad del recurso. En La Libertad, el bonito (78 t) y la lisa (*Mugil cephalus*) (49 t) presentaron las mayores descargas.

Por otro lado, en la región centro, en Ancash los principales desembarques fueron de calamar (34 t), y perico (28 t), representando para este último recurso una disminución considerable respecto a la segunda quincena de enero 2020 (240 t), algo usual durante este periodo. En Lima los principales recursos desembarcados fueron la pota (630 t) y el bonito (422 t), debido a que el recurso estuvo disponible frente a esta región. En Ica, el bonito (370 t) y la anchoveta (337 t) presentaron las mayores descargas, continuando el bonito como la especie más importante debido a su alta disponibilidad, propio de la temporada.

Finalmente, en la zona sur, en Arequipa los principales recursos desembarcados fueron perico, bonito y pota, destacándose el incremento de desembarques de bonito entre la primera (70 t) y segunda (172 t) quincena del mes. En Moquegua, el jurel (129 t), perico (127 t) y bonito (119 t) registraron los mayores volúmenes de descarga; sin embargo, presentan una tendencia negativa, a pesar que aún es temporada de pesca para estos recursos. En Tacna, fueron el jurel (36 t) y el bonito (8 t) los recursos que presentaron los mayores desembarques, observándose una tendencia hacia la disminución en sus desembarques.

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 febrero 2020 se registraron menos especies (7) indicadoras de aguas cálidas que las registradas en el mes de enero 2020 (13). Se observó la presencia de algunas especies de aguas cálidas en el centro y norte de Perú. En Lambayeque se registraron ejemplares de “Ofensivo” (*Conodon nobilis*) y “Bereche Brillante” (*Larimus effulgens*), cuyos límites de distribución sur se encuentran en Piura y Tumbes, respectivamente. En La Libertad se registró a “Langosta Común” (*Panulirus gracilis*), “Sargo Rayado” (*Anisotremus scapularis*) y “Chochoque” (*Stellifer pizarroensis*), que presentan su límite de distribución sur, en Piura, Tumbes y Lambayeque, respectivamente. En Lima se registró a las especies “Chiri Lomo Negro” (*Peprilus snyderi*) y “Bulldog” (*Kathetostoma averruncus*), cuyo límite normal de distribución sur al norte de Lobos de Tierra (Tabla 3). Los Laboratorios Costeros de Tumbes, Pisco e Ilo no reportaron ninguna especie inusual para su jurisdicción.

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

En el mes de febrero, la presa predominante en la dieta del guanay (*Leucocarbo bougainvillii*) fue la anchoveta con 88,97 % del total de otolitos registrados, de los cuales el 34 % fue anchoveta juvenil o peladilla. La mayor incidencia de anchoveta juvenil como presa de las aves se observó en la zona centro (Islas Mazorca y Pescadores), tal como ocurrió en el mes de enero 2020. En enero y febrero del 2020, la incidencia de anchoveta juvenil en la dieta de las aves fue mayor que en diciembre del 2019 (Figura 57).

Información actualizada del “Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos 20-0203”, indica que el guanay se encontró distribuido hasta las 34 mn, con las mayores agregaciones dentro de las 5 m.n. frente a Chicama y Salaverry. Los piqueros peruanos (*Sula variegata*) se registraron hasta las 54 mn de la costa, con la mayor agregación (5 mil ind) frente a Pimentel. El pelicano (*Pelecanus thagus*) pudo ser observado hasta las 45 m.n. (Figura 58)

3.4.2.2. Mamíferos marinos

Durante el “Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos 20-0203”, se registraron grupos de delfines de la especie *Delphinus capensis*, *Delphinus sp.* en el talud continental y zona nerítica desde Bayovar hasta Puerto Supe. *D. delphis* se encontró mayormente concentrado desde Punta Sal a Paita, mientras que, *Lagenorhynchus obscurus* (delfín oscuro) estuvo asociado a registros acústicos y calas positivas de anchoveta y munida (Figura 59).

3.4.3. Otros indicadores

3.4.3.1. Floraciones Algales Nocivas

Las “mareas rojas” o floraciones algales nocivas (FAN) son eventos naturales que se observan en el litoral, principalmente durante la primavera y verano, ocasionando descoloraciones en el mar, que van del color marrón, rojo oscuro a naranja, como consecuencia del incremento de cierto tipo de especies del fitoplancton denominados dinoflagelados, flagelados o ciliados.

Desde la segunda quincena de febrero se registró eventos FAN de color marrón oscuro en el litoral de Paracas (Pisco) y en la bahía de Miraflores hasta frente a la Isla San Lorenzo, las cuales estarían asociadas al incremento de la TSM.

La especie formadora fue el flagelado *Fibrocapsa japonica* (Tomas 1993) del grupo de las raphidophiceas, que alcanzó una densidad celular a nivel superficial de $8,7 \cdot 10^6$ cél L⁻¹. Los valores ambientales asociados fueron, en promedio, TSM de 24,3 °C, pH de 8,62 y concentración de OD de 12 mL L⁻¹. Entre las especies acompañantes destacaron *Heterosigma akashiwo*, *Akashiwo sanguinea*, entre otras. La presencia de *F. japónica*, sería el primer registro para la costa peruana.

3.4.3.2. Bentos

En febrero de 2020, frente al Callao se registró solamente una especie, el poliqueto *Magelona phyllisae* (densidad media de 52 ind m⁻² y biomasa menor a 0,1 g m⁻²). Frente a Chicama, se observó un incremento en densidad, con un valor medio de 7 570 Ind m² y biomasa media de 7 g m², por aporte principalmente de las especies *Ampelisca araucana* y *M. phyllisae*. No se realizó muestreo en Paita. (Tabla 3).

El índice de diversidad de Shannon en Callao fue prácticamente igual a enero, y en Chicama se incrementó significativamente. Así mismo, La biomasa húmeda del bacterio-bentos filamentoso observado en Callao y Chicama evidenció un aumento respecto a enero (Figura 60 a).

La curva de rarefacción de diversidad muestra para el mes de febrero frente a Chicama un incremento del número de especies esperado respecto a enero 2020 (Figura 60 b).

3.4.3.3. Medusas

La información recolectada en el “Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos 20-0203”, indica grandes concentraciones de la medusa *Scyphozoa Chrysaora plocamia*, principalmente frente a Pacasmayo, Chicama, Salaverry y Punta Bermejo y en playas de Lima (Chorrillos y Punta Hermosa) y Callao.

Estas proliferaciones probablemente estén asociadas al ingreso de las ASS procedentes del oeste, debido a que los cambios en salinidad gatillan los procesos de reproducción asexual de la especie (Figura 61).

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

4.1 Pronósticos a gran escala de las agencias internacionales

Entre enero y febrero 2020, las anomalías de TSM observada en el Pacífico ecuatorial central mostraron valores positivos, pero dentro del rango neutral del ENOS. Asimismo, los patrones de las variables atmosféricas permanecieron también en condiciones neutras. La mayoría de los modelos dinámicos y estadísticos de predicción de ENOS (Niño 3.4) de las agencias internacionales (IRI, febrero 2020) (Figura 62), pronostican que las anomalías de TSM en Pacífico ecuatorial central mostrarán valores positivos durante el otoño austral 2020, pero con una tendencia a disminuir dentro del rango neutro del ENOS.

Espacialmente, en el trimestre AMJ 2020, para el Pacífico ecuatorial central el modelo ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts model) indica una menor cobertura de ATSM positivas entre $+0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que los modelos CFSv2 (Coupled Forecast System model de la NOAA) y NMME (North American Multi-Model Ensemble model de la NOAA) indican valores de ATSM entre $-0,25\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+0,25\text{ }^{\circ}\text{C}$ para la región 3.4. Con respecto a la región 1+2, incluyendo la costa peruana para el trimestre AMJ 2020, los modelos ECMWF, NMME y CFSv2 pronostican valores promedios entre $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 63).

4.2 Propagación de ondas Kelvin

Según la simulación de un modelo de oceánico de complejidad intermedia (Illig et al., 2004; Dewitte et al., 2002) aplicado en el IMARPE, siguiendo la metodología descrita en Quispe-Ccalluari et al. (2017), y forzado hasta el 7 de marzo (Figura 64), se espera la llegada de una onda Kelvin fría (modo 1) al extremo del Pacífico ecuatorial oriental, la cual habría sido forzada por las anomalías de vientos del este en el mes de marzo. Posteriormente también en marzo 2020, se espera el arribo al extremo del Pacífico ecuatorial oriental de una onda Kelvin cálida (modo 2) debilitada por las anomalías de vientos del este observada en el Pacífico Ecuatorial Oriental. Además, otra onda Kelvin cálida (modo 2) generada a inicios de febrero 2020, habría sido debilitada a fines de febrero por las anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial central y llegaría al extremo del Pacífico ecuatorial oriental entre fines de abril e inicios de mayo 2020. Por último, la onda Kelvin fría (modo 1) generada debido a la reflexión de una onda Rossby fría en el extremo del Pacífico ecuatorial occidental, llegaría al extremo del Pacífico ecuatorial oriental en abril 2020.

4.3 Pronósticos de la TSM frente a la costa del Perú

En base al modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia del Pacífico tropical ecuatorial (Dewitte et al., 2002; Gushchina et al., 2000) y siguiendo la metodología descrita en Quispe-Ccalluari et al. (2017), se pronostica valores positivos del ITCP (Quispe-Ccalluari et al. 2018), aunque dentro del rango de la condición neutra entre marzo y junio 2020. De acuerdo al modelo estadístico basado en el volumen de agua cálida ecuatorial (Matellini et al., 2007) y el índice del APS, siguiendo la metodología descrita en Quispe-Ccalluari et al. (2017), se pronostican valores negativos del ITCP dentro de una condición neutra durante marzo – mayo 2020 y una condición fría en junio 2020 (Figuras 65 y 66).

5. CONCLUSIONES

- El núcleo del APS se presentó ubicado alrededor de su posición normal con una intensidad mayor que su valor climatológico en +2,0 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 +3 hPa.
- Los índices climáticos de la TSM del Pacífico ecuatorial indicaron una condición neutra (-0,01 °C) en la región Niño 1+2 y de condición cálida débil (+0,35 °C) en la región Niño 3.4, aunque con una tendencia de calentamiento en la primera. La evolución temporal del promedio de anomalías térmicas de la capa de 300 m, mostró en los 95 °W la persistencia de anomalías de +1 °C hasta mediados de mes, que luego se atenuaron debido a la expansión de condiciones neutras (con valores negativos) entre los 140 °W y 110 °W.
- Entre el 01 y 20 de febrero 2020 se presentaron anomalías positivas del viento (> 1,0 m s⁻¹) al norte de Chicama y en gran parte de la zona oceánica, las cuales disminuyeron hacia el fin del mes. Además, se registró una intensificación anómala del Jet de Panamá entre la tercera y cuarta semanas del mes. El afloramiento costero, se mantuvo persistentemente débil, principalmente entre Chicama y Callao; mientras que, entre Paita – Talara y entre Pisco – San Juan de Marcona se mantuvo activo.
- El mar peruano se caracterizó por temperaturas menores de 26 °C alcanzando un mayor contraste térmico (5 °C) frente a la caleta San José y frente a Atico. Dentro de las 200 mn, al sur de Talara mantuvo condiciones entre neutras a levemente frías con un valor mínimo de hasta -2 °C (San Juan de Marcona).
- Los índices climáticos LABCOS y el ITCP indicaron valores preliminares de +0,41 y -0,3, respectivamente, e indican el desarrollo de condiciones térmicas cálidas de categoría débil en el litoral peruano en el primer caso y una condición neutral en el segundo caso frente a Perú.
- La SSM señala el desplazamiento de las AES hacia el sur llegando hasta Lambayeque, mientras que, las ASS presentaron una mayor aproximación a la costa en comparación a enero 2020, entre Huarmey – San Juan de Marcona y frente a Ilo. La mezcla de AES con ASS y ACF alcanzó hasta la zona oceánica frente a Chicama. En tanto, aguas de mezcla (ACF + ASS) se presentaron en gran parte de la franja costera entre los 7 °S y el extremo sur del litoral, aunque con algunas áreas que presentaron aporte fluvial, como fue el caso de un filamento de baja salinidad (<34,8 ups) al norte de Ilo, asociado a la descarga del río Osmore.
- Entre Tumbes y San Juan de Marcona en promedio se mantuvieron ANM positivas entre +10 cm y +13 cm, mientras que, hacia el sur predominaron valores entre +7 cm y +12 cm. En islas Galápagos, las ANM presentaron un comportamiento oscilante, mientras que, frente a Perú no se observó grandes fluctuaciones, posiblemente debido a la intensa actividad de remolinos de mesoescala de signo opuesto.
- Las secciones oceanográficas frente a Paita y Chicama realizadas en la última semana de febrero mostraron el desarrollo de anomalías térmicas subsuperficiales > +1 °C entre los 50 y 400 m de profundidad cerca de la costa, contrastando con lo registrado en enero, durante el cual no se presentaron anomalías térmicas significativas en dicha capa. Por su parte, las estaciones fijas costeras de Paita, Chicama y exhibieron a finales del mes el desarrollo de anomalías térmicas subsuperficiales de +1,0 °C. Estos calentamientos anómalos estuvieron asociados al arribo de una onda Kelvin cálida.

- Además, en la estación fija de Paita se observó AES en la capa superficial, incrementándose en profundidad (40 m) hacia finales del mes, asociado a la intensificación de los vientos de Panamá que provocaron la advección de aguas cálidas y de menor salinidad frente a la costa norte.
- Se observó una oxigenación de la columna de agua en Paita y Chicama, evidenciada en una profundización de las iso-oxígenas de 2 mL L⁻¹ y 1 mL L⁻¹, respectivamente; mientras que en Callao e Ilo, las iso-oxígenas de 1 mL L⁻¹ y 2 mL L⁻¹ se mostraron superficiales.
- En promedio, la concentración de clorofila-a satelital presentó a lo largo de la costa (de las 40 m.n. - 50 m.n. hacia la costa) valores mayores a 3 µg L⁻¹ y predominancia de anomalías positivas (entre +1 µg L⁻¹ a +10 µg L⁻¹) dentro de las 30 m.n. Durante la primera semana del mes, hubo predominancia de anomalías negativas (~-1 µg L⁻¹), asociadas a las anomalías negativas del viento a fines de enero 2020. Entre la primera y segunda semana de febrero las concentraciones se recuperaron, llegando a presentar un máximo de anomalías positivas entre la segunda y tercera semanas (~+1,5 µg L⁻¹).
- Frente a Chicama se registró a *Protoperdinium obtusum* (dinoflagelado) y *Centropages brachiatus* (copépodo), especies indicadoras de ACF, dentro de las 45 m.n. de la costa; mientras que fuera de las 80 m.n. se registró a *Ceratium breve* var. *parallelum* (dinoflagelado) y *Centropages furcatus* (copépodo), indicadores de AES.
- El programa de seguimiento de la pesquería, crucero y la evaluación de la dieta del guanay corroboraron la presencia de juveniles de anchoveta a lo largo del litoral. Por otro lado, los indicadores reproductivos de la anchoveta peruana del stock norte-centro, en el mes de febrero, mostraron que el recurso no presentó un desove masivo, debido a las condiciones oceanográficas anómalas imperantes; sin embargo, aún se detectó la presencia de individuos maduros.
- La llegada de una onda Kelvin cálida a finales de febrero favoreció la intromisión de aguas oceánicas de alta salinidad (ASS) en la zona central y AES en el norte, lo que amplió el hábitat disponible para las especies oceánicas como jurel, bonito y perico presentando una mayor disponibilidad.
- La flota pesquera de arrastre industrial realizó sus actividades de pesca principalmente en las sub-áreas A y C. Las tallas medias de captura, en todas las sub-áreas de evaluación estuvieron por encima de 28 cm de longitud total, con una media total de 30,8 cm; sin embargo, se dictaminó la suspensión temporal de las actividades extractivas de merluza en determinadas áreas, debido a que el porcentaje de ejemplares menores a 28 cm de longitud total, en algunos casos, superó el 20 % permitido legalmente.
- El calamar gigante, la concha de abanico y el pulpo durante febrero 2020 mostraron una disminución de sus desembarques en relación a lo registrado en enero 2020; sin embargo, el calamar común presentó un incremento respecto a enero 2020.
- Se observaron menos especies indicadoras de aguas cálidas en la pesca artesanal en comparación con enero 2020, tales como “Ofensivo” y “Bereche Brillante” en Lambayeque; “Langosta Común”, “Sargo Rayado” y “Chochoque” en La Libertad; y, “Chiri Lomo Negro” y “Bulldog” en Lima. Los Laboratorios Costeros de Tumbes, Pisco e Ilo no reportaron ninguna especie inusual para su jurisdicción.

- De acuerdo a los modelos de simulación de ondas Kelvin aplicados por IMARPE, se espera la llegada en marzo de una Kelvin fría (modo 1) al extremo del Pacífico ecuatorial oriental. Posteriormente, también en marzo se espera, el arribo al extremo del Pacífico ecuatorial oriental de una onda Kelvin cálida (modo 2) debilitada por las anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial oriental. Otra onda Kelvin cálida (modo 2) debilitada por las anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial central llegaría al extremo del Pacífico ecuatorial oriental entre fines de abril e inicios de mayo 2020. Cabe señalar que una onda Kelvin fría (modo 1) generada debido a la reflexión de una onda Rossby fría en el extremo del Pacífico ecuatorial occidental, llegaría al extremo del Pacífico ecuatorial oriental en abril 2020.
- Las agencias internacionales pronostican ATSM positivas en Pacífico ecuatorial central durante el otoño austral 2020, con un promedio dentro del rango de valores entre +0,30 °C y +0,38 °C en el trimestre MAM 2020 y con valores dentro del rango de valores entre +0,26 °C y +0,27 °C en el trimestre AMJ 2020, pero con una tendencia a disminuir dentro del rango neutro del ENOS. Por otro lado, para la región Niño 1+2 se pronostican valores dentro del rango de valores entre -0,5 °C y -0,2 °C en el trimestre AMJ 2020.
- De acuerdo a modelos de pronóstico oceanográficos implementados por IMARPE, e.g. el modelo de complejidad intermedia del Pacífico tropical ecuatorial y el modelo estadístico basado en el volumen de agua cálida y el APS, se proyectan, respectivamente, valores positivos del ITCP dentro del rango de condiciones neutras durante marzo-junio 2020, o valores negativos del ITCP, también dentro del rango de las condiciones neutras durante marzo-mayo 2020 y una condición fría en junio 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.
- Dewitte B, Gushchina D, duPenhoat Y, Lakeev S. 2002. On the importance of subsurface variability for ENSO simulation and prediction with intermediate coupled models of the Tropical Pacific: A case study for the 1997-1998 El Niño. *Geoph. Res. Lett.*, 29(14), 1666, 10.1029/2001GL014452.
- Domínguez Obregon 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.
- Gushchina D, Dewitte B, Petrossiants M A. 2000. A coupled ocean-atmosphere model of tropical Pacific: The forecast of the 1997-1998 El Niño Southern Oscillation. *Izvestiya atmospheric and oceanic physics*. 36(5): 533-554.
- 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.
- Illig S, Dewitte B, Ayoub N, duPenhoat Y, Reverdin G, De Mey P, Bonjean F, Lagerloef G S E. 2004. Interannual long equatorial waves in the Tropical Atlantic from a high resolution OGCM experiment in 1981-2000, *J. Geophys. Res.* 109 (C2): C02022.
- 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>.

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.

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.

Matellini B, Tam J, Quispe C. 2007. Modelo empírico para previsión de la temperatura superficial del mar peruano. *Rev. Perú. Biol.* 14: 101-108.

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.

Quispe-Ccalluari C, Tam J, Arellano C, Chamorro A, Espinoza-Morriberón D, Romero C y J Ramos. 2017. Desarrollo y aplicación de índices y simulaciones para la vigilancia y el pronóstico a mediano plazo del impacto del ENOS frente a la costa peruana. *Inf. Int. Mar Perú*, 44(1): 28-34.

Quispe-Ccalluari, C., J. Tam, H. Demarcq, A. Chamorro, D. Espinoza-Morriberón, C. Romero, N. Domínguez, J. Ramos y R. Oliveros-Ramos. 2018: An index of coastal thermal effects of El Niño Southern Oscillation on the Peruvian Upwelling Ecosystem. *Int. J. Climatol.*:1-11. <https://doi.org/10.1002/joc.5493>.

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.

Tomas C. 1993. *Marine Phytoplankton: A guide to naked flagellates and coccolithophorids*. Academic Press, Inc. California-USA; Balech, 1988. *Los Dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental*.

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>.

7. RECONOCIMIENTOS

The Group for High Resolution Sea Surface Temperature (GHR SST) 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 temperatura superficial del mar (°C) y las anomalías térmicas (°C) para los meses de octubre de 2019 a febrero de 2020 en los laboratorios costeros de IMARPE.

Muelle costero	Lat, °S	TSM, °C					ATSM, °C				
		2019			2020		2019			2020	
		OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
Tumbes	3.66	26.1	26.4	26.8	27.8	29.1	0.3	0.3	0.0	0.4	1.1
Paita	5.01	17.6	19.6	20.3	20.9	22.8	0.2	1.6	1.5	0.3	-0.2
San José	6.77	17.9	18.9	21.3	21.4	21.5	-1.1	-0.6	1.1	0.6	-1.1
Chicama	7.84	16.2	17.1	19.3	19.4	19.1	0.4	0.9	2.5	2.0	0.3
Huanchaco	8.08	16.1	17.1	19.2	19.6	19.1	0.3	0.9	2.4	2.2	0.3
Chimbote	9.09	18.0	19.5	21.7	22.2	22.7	-0.8	0.0	1.2	0.9	0.5
Huacho	11.11	14.9	15.6	16.9	17.8	18	-0.3	-0.2	0.4	0.5	0.2
Callao	12.06	14.9	15.0	16.0	16.8	17.7	0.0	-0.1	0.2	0.5	0.7
Pisco	13.71	19.1	19.9	21.2	21.0	23.3	-0.7	-0.2	-0.4	-1.7	0.2
Atico	16.21	15.1	16.0	17.0	17.4	17.7					
Matarani	17.02	14.3	15.1	16.3	16.9	16.7					
Ilo	17.63	15.2	16.0	16.4	17.7	17.3	0.1	0.1	-0.3	0.5	0.1

Tabla 2. Valores promedio mensuales de la SSM (ups) y las anomalías de SSM (ups) para los meses de setiembre 2019 a febrero 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
Tumbes	3.66	33.781	33.563	33.671	33.852	33.276	-0.01	0.08	0.21	0.79	0.99
Paita	5.01	34.905	34.568	34.653	34.924	34.755	-0.06	-0.37	-0.25	0.26	0.51
San José	6.77	34.998	34.731	34.584	34.795	34.854	-0.03	-0.28	-0.40	-0.15	0.01
Chicama	7.84	35.296	35.153	35.058	35.117	35.023	0.26	0.10	0.02	0.06	0.00
Huanchaco	8.08	35.123	35.058	34.994	34.954	34.995	0.24	0.20	0.14	0.07	0.16
Chimbote	9.09	34.525	34.710	34.561	34.603	34.676	0.01	0.19	0.06	0.01	0.08
Huacho	11.11	34.876	34.870	34.880	34.927	34.919	-0.02	-0.04	0.03	0.16	0.25
Callao	12.06	35.004	34.981	34.990	35.016	35.043	0.03	0.01	-0.01	0.00	0.05
Pisco	13.71	34.957	34.908	34.765	34.736	33.912	0.01	-0.03	0.03	0.27	-0.35
Atico	16.21	34.923	34.949	34.999	35.039						
Matarani	17.02	34.862	34.782	34.874	34.911						
Ilo	17.63	34.882	34.853	34.867	34.842	34.763	0.06	0.02	0.06	-0.01	-0.04

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

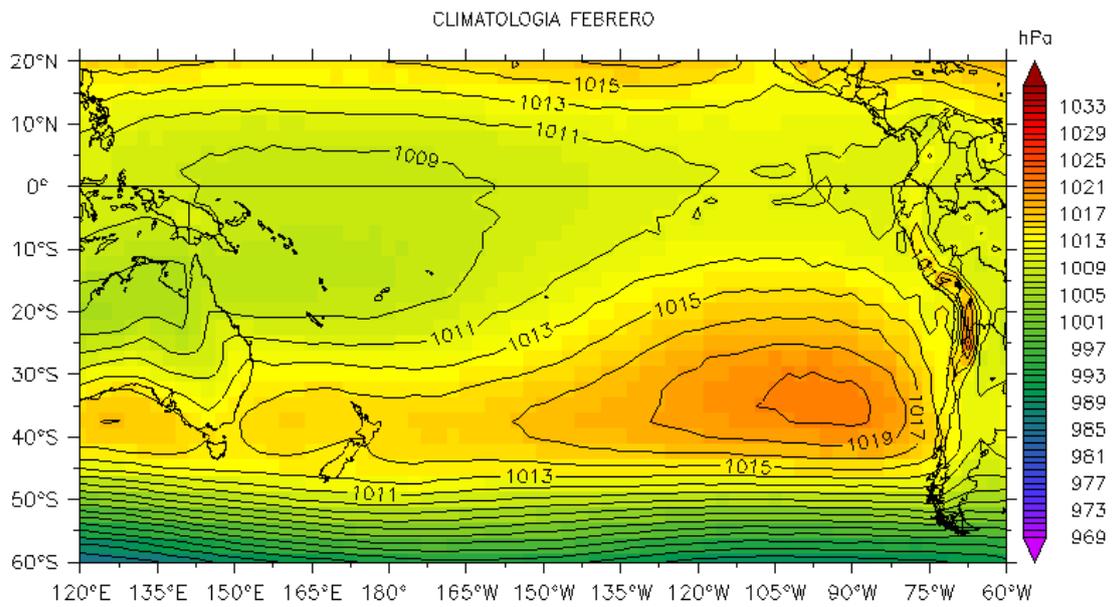
Especie	Área registrada	Nº de ejemplares	Captura (kg)	Talla LT (cm)	Distribución típica (límite sur)	Observaciones
OFENSIVO <i>Conodon macrops</i>	Lambayeque	S/R	0,01	S/R	Paita, Piura	Durante la pesca de lorna
BERECHE BRILLANTE <i>Larimus effulgens</i>	Lambayeque	S/R	57	S/R	Puerto Pizarro, Tumbes	
LANGOSTA <i>Panulirus gracilis</i>	La Libertad	S/R	S/R	S/R	Paita, Piura	
SARGO RAYADO <i>Anisotremus taeniatus</i>	La Libertad	1	S/R	S/R	Tumbes	Durante la pesca de suco y lorna
CHOCHOQUE <i>Stellifer pizarroensis</i>	La Libertad	S/R	S/R	S/R	Lambayeque	Durante la pesca de lisa y suco
CHIRI LOMO NEGRO <i>Peprius snyderi</i>	Lima	S/R	237,21	15 - 21	Norte del Perú	Durante la pesca de lorna, machete, pejerrey y lisa
BULLDOG <i>Kathetostoma averruncus</i>	Lima	1	0,08	23	Isla Lobos de Tierra	Durante la pesca de lorna, lisa y mojarilla

S/R: sin registro
LT: longitud total

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

Localidad	estación	réplica	especies	abundancia	biomasa	Bacteriobentos	diversidad				
			Nº/0,05m ²	ind./m ²	g/m ²	g/m ²	H'(log ₂)				
			0,075m ² (Callao)								
por réplica											
CaE2R1	Callao - 94 m	E2	R1	1	26	0,0026	25,8310	0,000			
CaE2R2	(12°S)		R2	1	78	0,0065	1,0842	0,000			
ChiE2R1	Chicama - 102 m	E2	R1	8	5280	7,1700	0,2052	1,836			
ChiE2R2	(07°49'S)		R2	10	9860	7,6556	0,6783	1,937			
promedio											
	Callao	E2		ene.			ene.				
				1	0	52	0,0046	13,4576	0,7637	0	0,000
	Chicama	E2		9	7	7570	7,4128	0,4418	0,0013	1,886	0,828

(a)



(b)

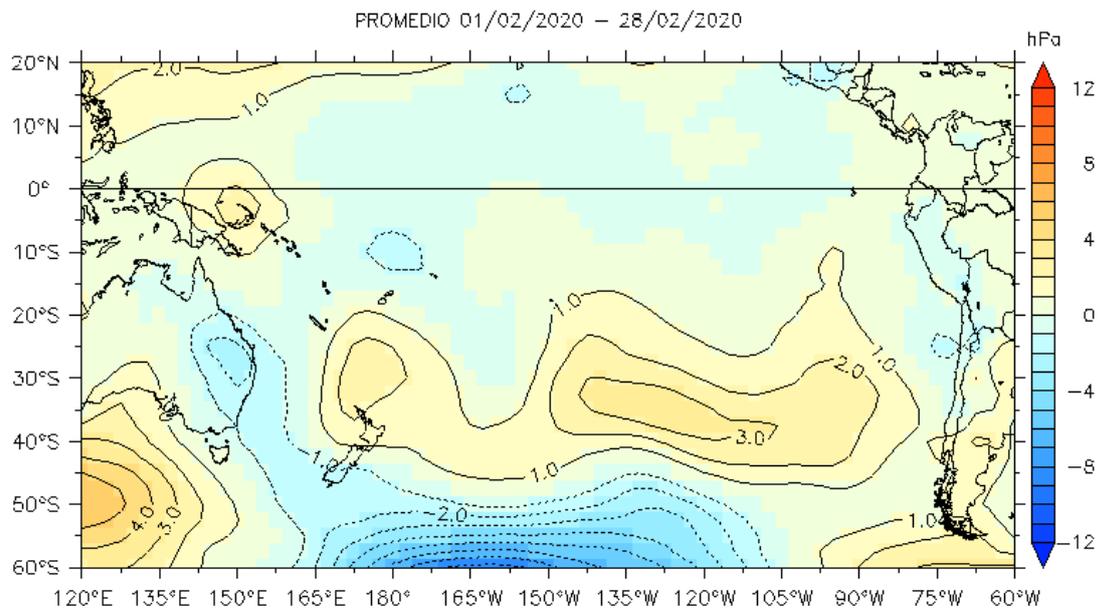


Figura 2. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, climatología (a) y anomalías promedio (b) de febrero 2020. Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

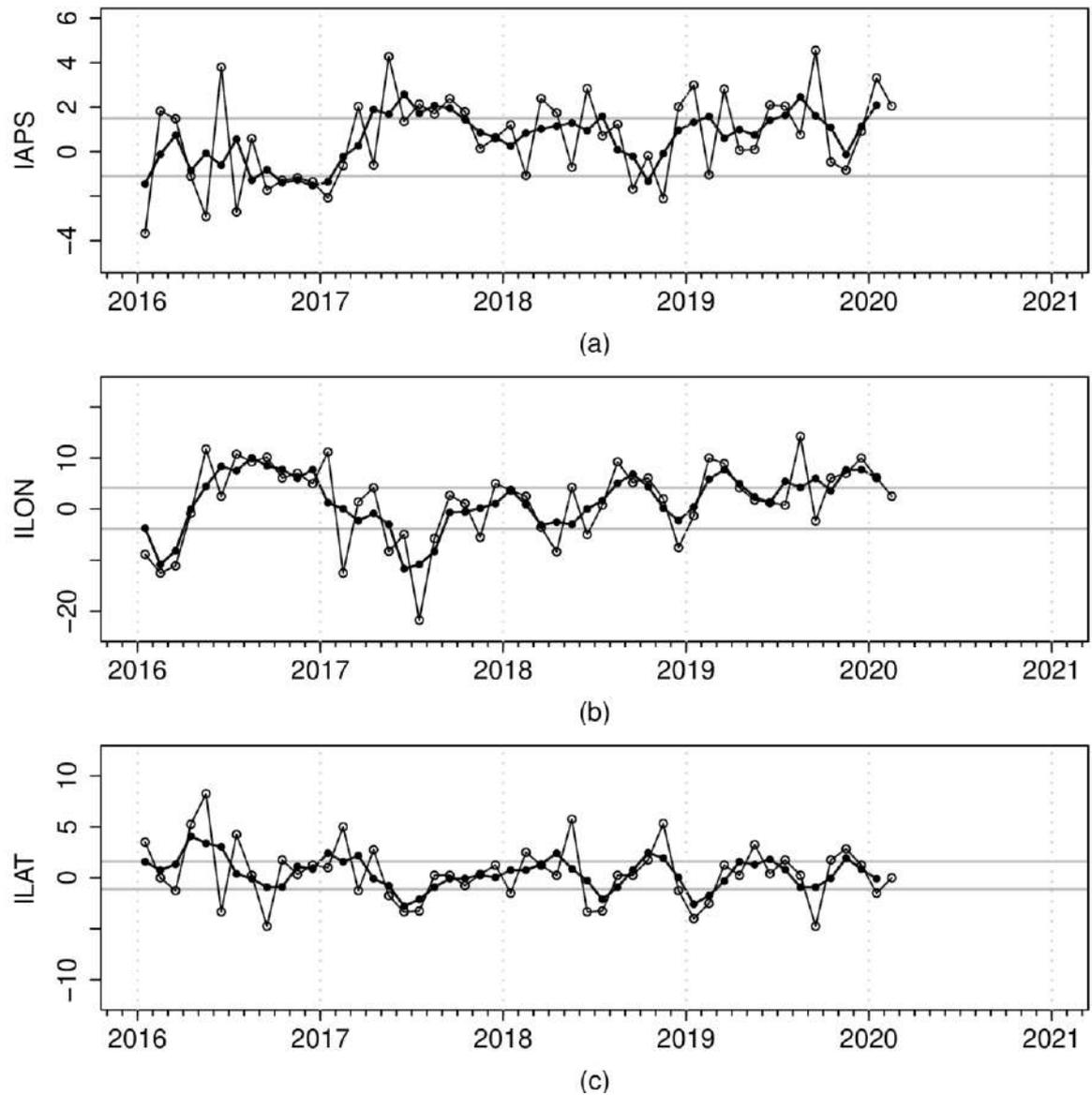


Figura 3. Variación temporal de los índices del APS: a) índice de intensidad (IAPS) e índices de posición b) longitudinal (ILON) y c) latitudinal (ILAT) hasta el trimestre DEF 2019-2020 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2016 – febrero 2020.

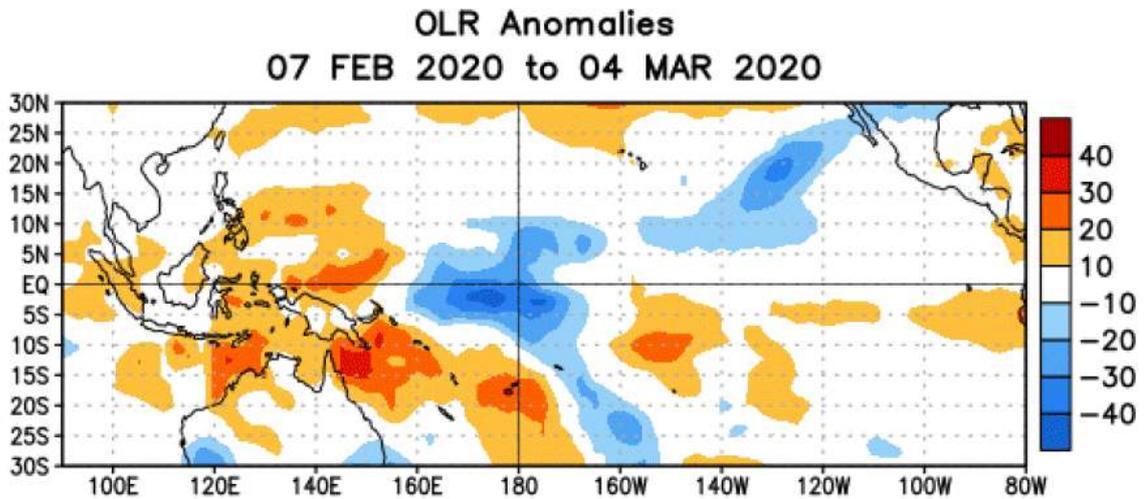


Figura 4. Anomalías del promedio de la radiación de onda larga emitida (OLR, por sus siglas en inglés) (W/m^2) durante el mes de febrero 2020. Las anomalías de OLR se calculan como desviaciones de los penta-promedios del período base de 1981-2010 (Fuente NOAA).

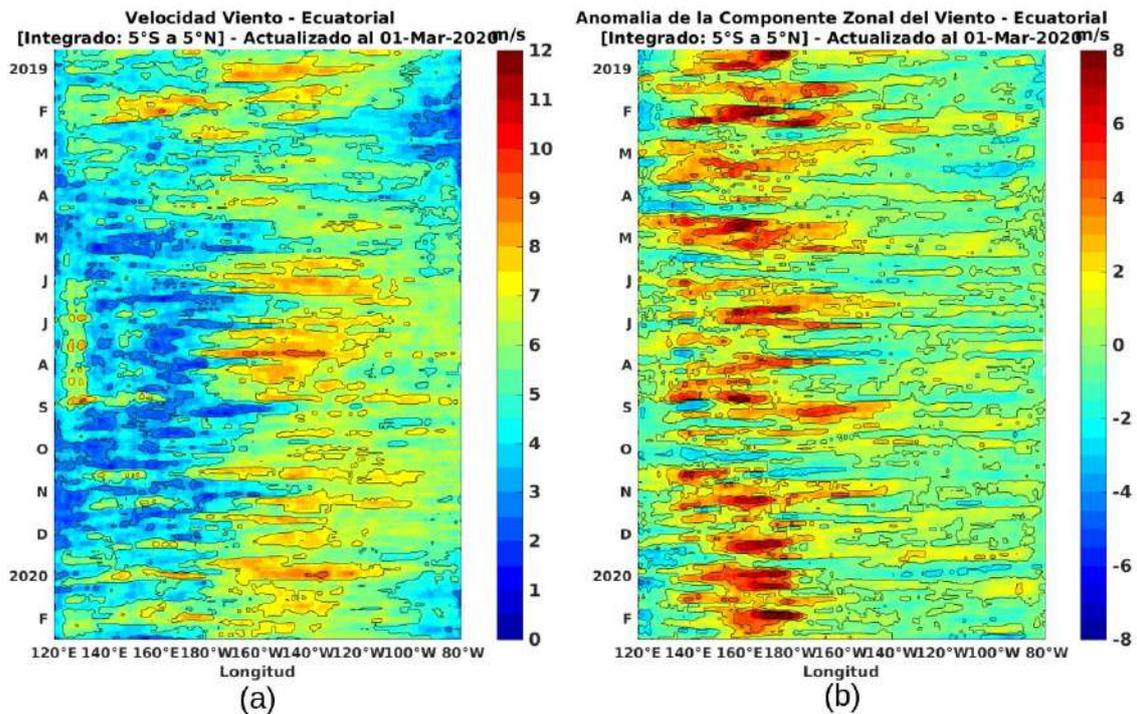


Figura 5. Viento Satelital (integrado en el Ecuador): a) Componente zonal del viento ($m s^{-1}$), b) Anomalia de la componente zonal del viento ($m s^{-1}$), durante el último año (Fuente: Satélite ASCAT y modelo GSF, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 01/03/2020.

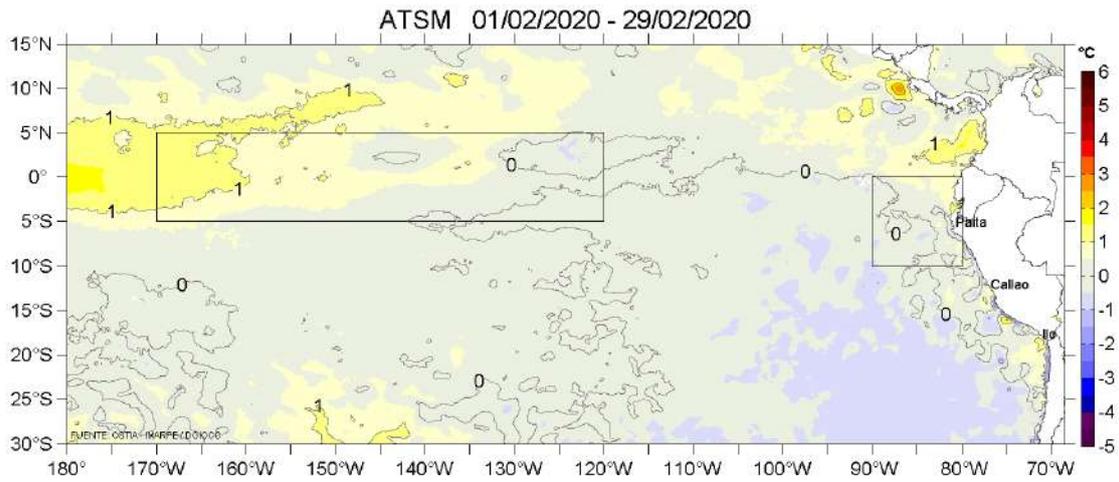


Figura 6. Anomalías promedio de la temperatura superficial del mar (°C) para el mes de febrero 2020. Periodo base de 2007-2016. Fuente: PODAAC/OSTIA. Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

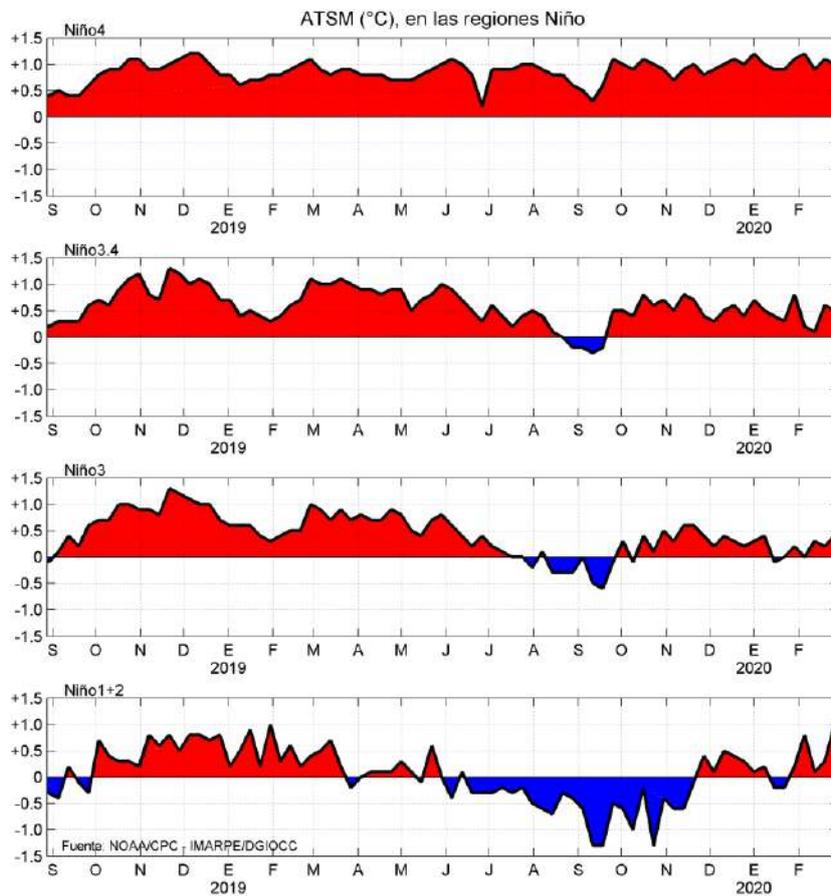


Figura 7. Anomalías semanales promedio de la temperatura superficial del mar (°C) durante dieciocho meses, hasta fines de febrero del 2020. Fuente CPC/NOAA, Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

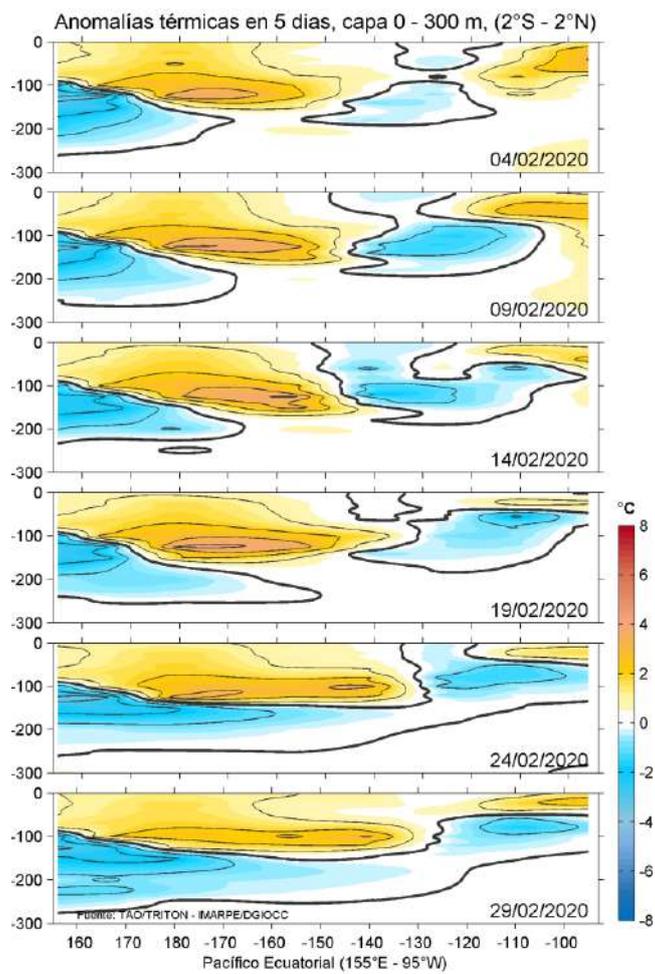


Figura 8. Anomalías de temperatura (°C) en la capa superior (0-300 m) del Pacífico Ecuatorial (2 °S – 2 °N), en promedios de cinco días durante febrero de 2020 (las fechas indican el último día). Periodo base 1981-2010. Fuente CPC/NOAA, Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

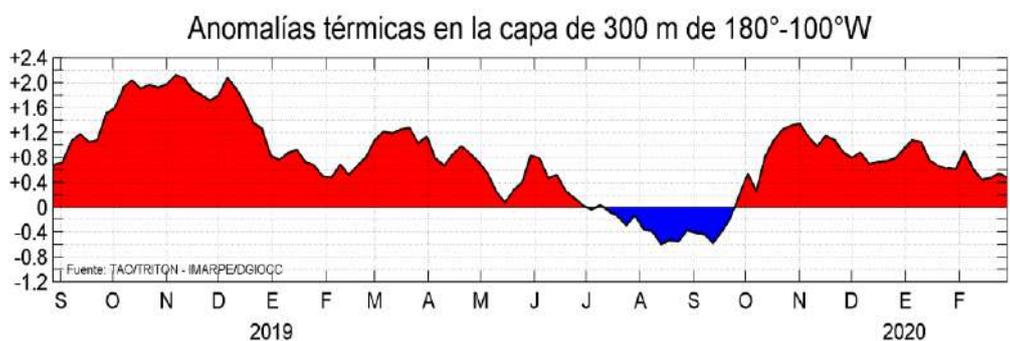


Figura 9. Anomalías del contenido de calor promediado en la capa de 0–300 m del Pacífico ecuatorial (2 °S – 2 °N y 180 ° - 100 °W). Periodo base de 1981-2010. Fuente CPC/NOAA, Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

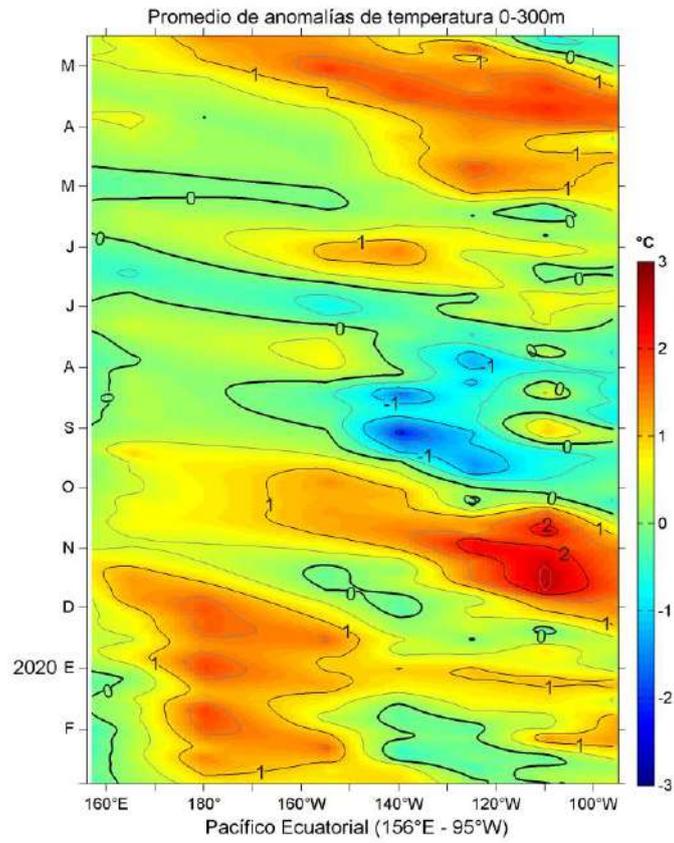


Figura 10. Variación espacio-temporal del promedio de las anomalías de temperatura en la capa de 0-300 m en el Pacífico ecuatorial (156 °E a 95 °W), en el periodo de un año, hasta fines de febrero del 2020. Fuente: TAO-TRITON/PMEL/NOAA. Procesamiento: AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

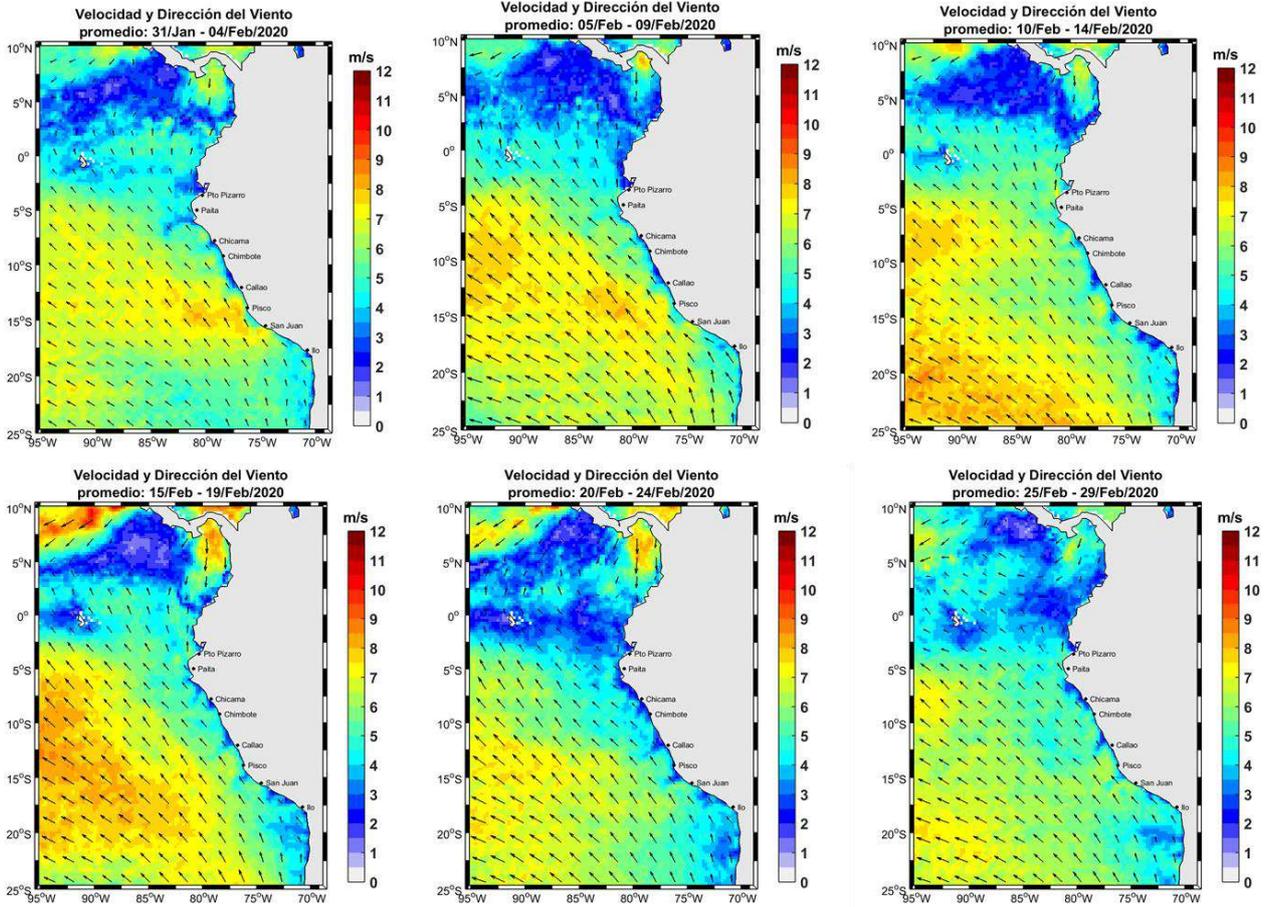


Figura 11. Mapas de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de febrero del 2020 (Fuente: Satélite ASCAT). Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 29/02/2020.

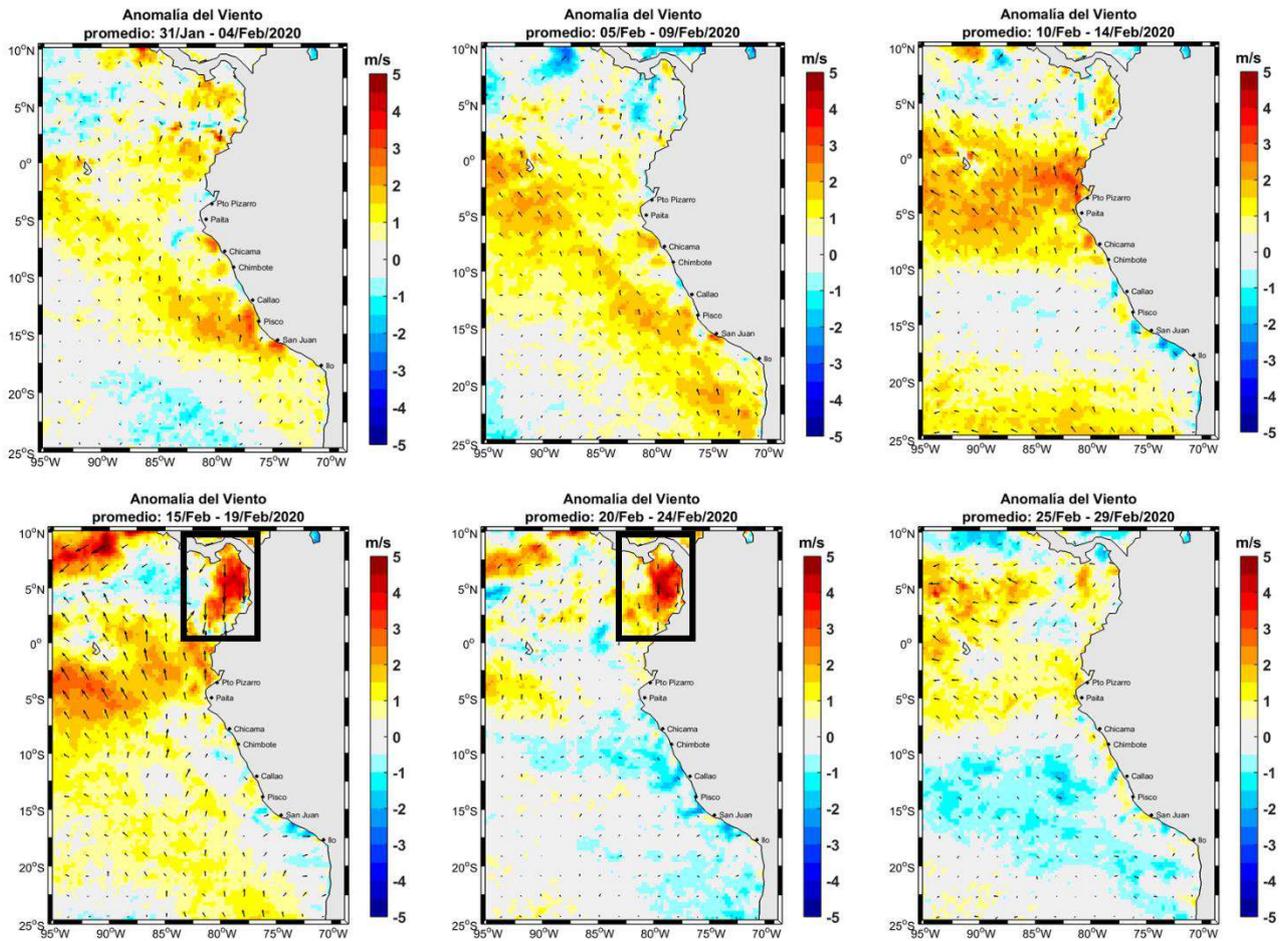


Figura 12. Mapas de anomalía de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de febrero del 2020 (Fuente: Satélite ASCAT), Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 29/02/2020.

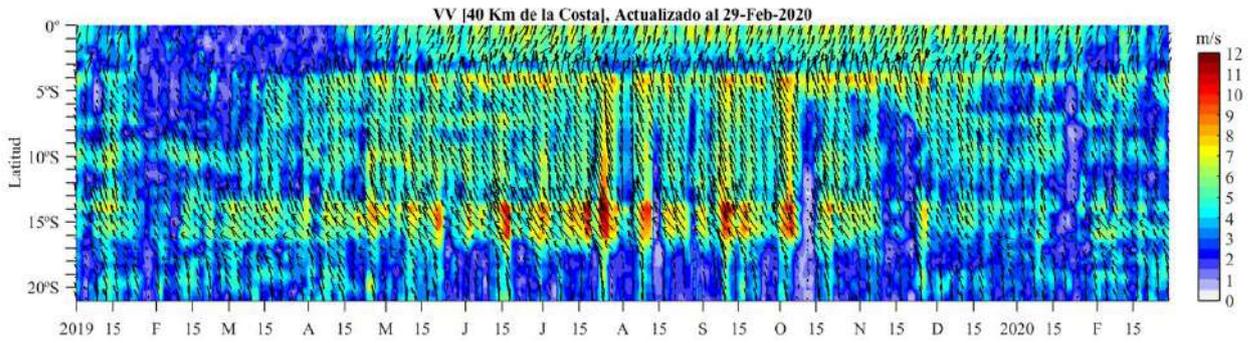


Figura 13. Diagrama Hovmöller de la velocidad del viento a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT y productos del proyecto COPERNICUS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 29/02/2020.

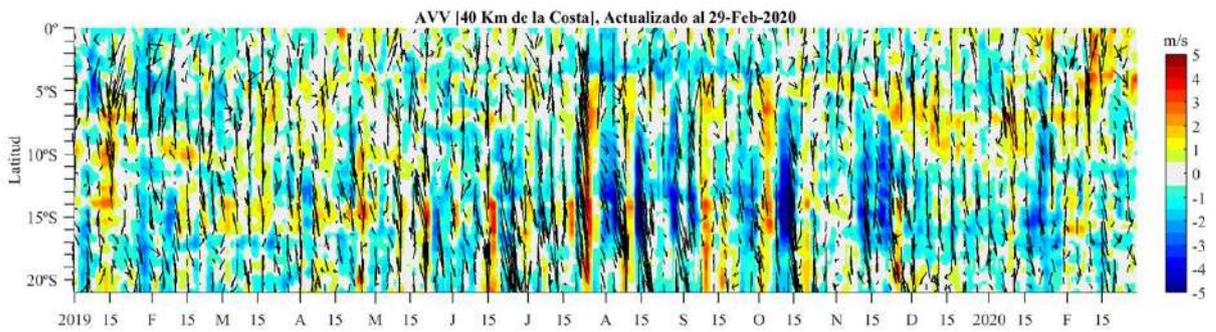


Figura 14. Diagrama Hovmöller de la anomalía del viento a lo largo de la costa peruana meses (Fuente: Satélite ASCAT y productos del producto COPERNICUS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 29/02/2020.

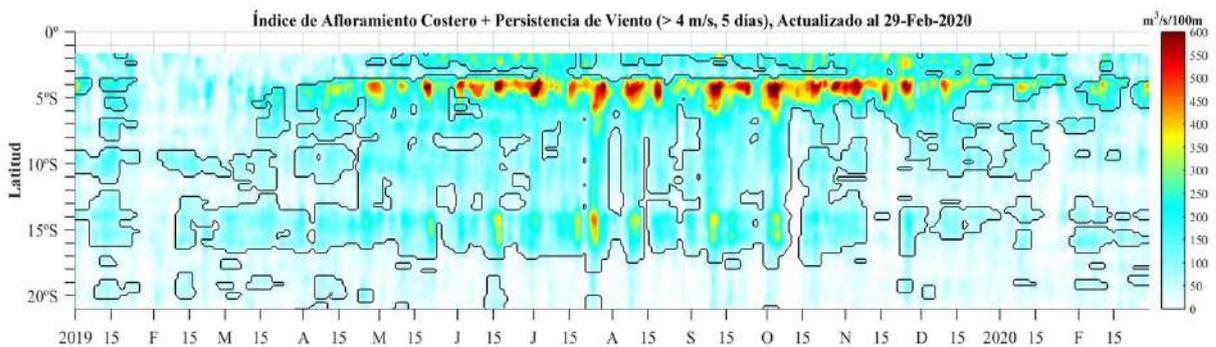


Figura 15. Diagrama de Hovmöller del Índice de Afloramiento Costero ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} \times 100\text{m}$), calculado a partir del viento satelital ASCAT y productos del proyecto COPERNICUS a 40 km frente a la costa del Perú. Los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones 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 29/02/2020.

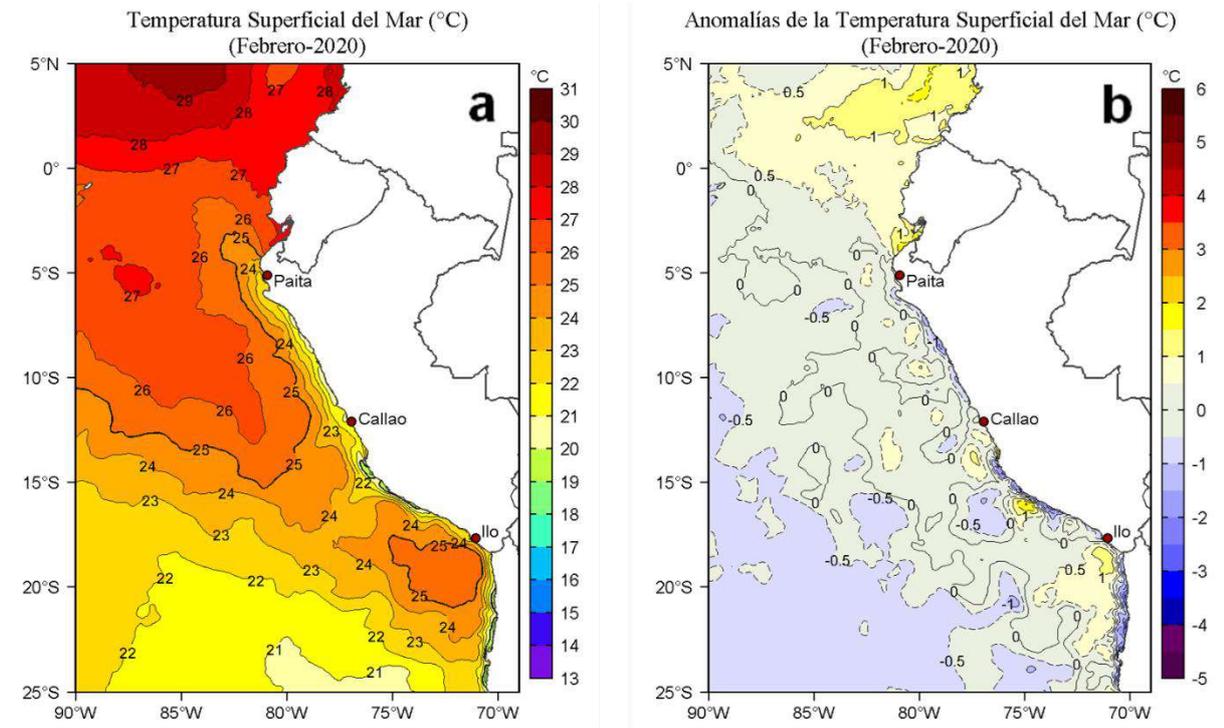


Figura 16. Distribución espacial promedio mensual de: a) Temperatura superficial del mar (TSM, °C) y b) Anomalía de la temperatura superficial del mar (ATSM, °C) para el mes de febrero de 2020 en el océano Pacífico tropical oriental. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al,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

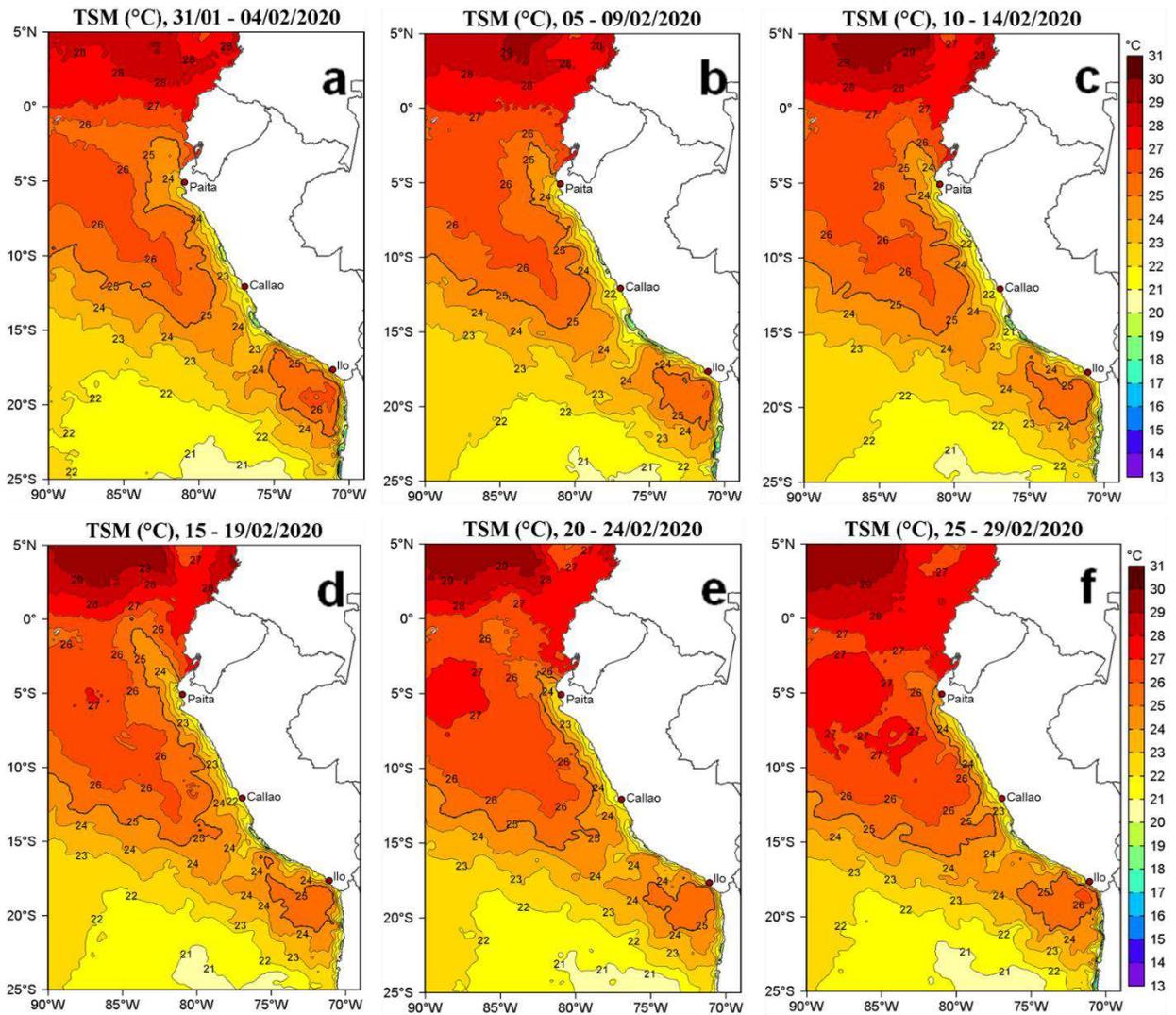


Figura 17. Distribución espacial promedio pentadal de la temperatura superficial del mar (TSM, °C) para el mes de febrero de 2020 en el océano Pacífico tropical oriental. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). La escala de colores de la TSM se presenta a la derecha.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

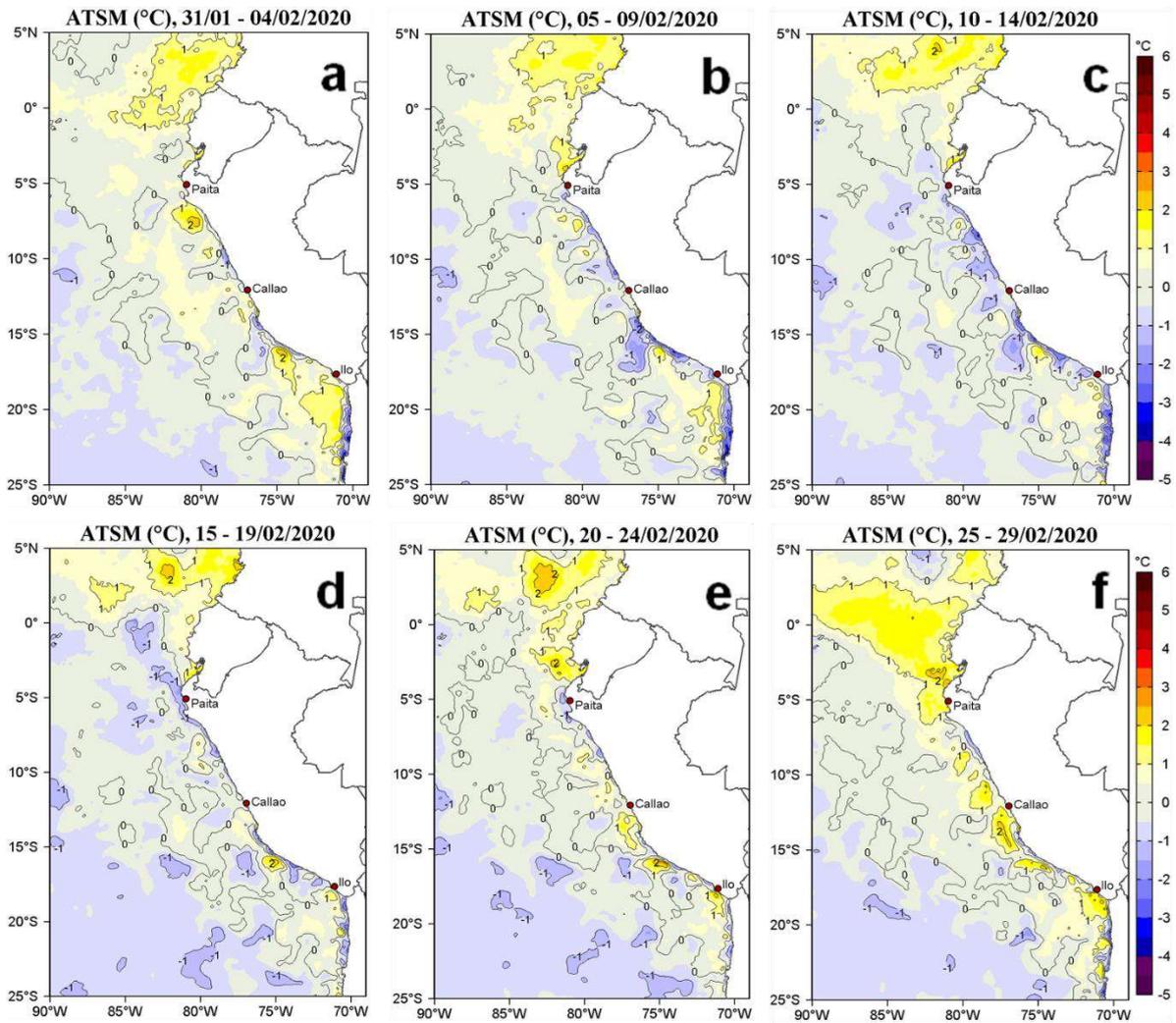


Figura 18. Distribución espacial promedio pentadal de las anomalías de temperatura superficial del mar (TSM, °C) para el mes de febrero de 2020 en el océano Pacífico tropical oriental. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). La escala de colores de la TSM se presenta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

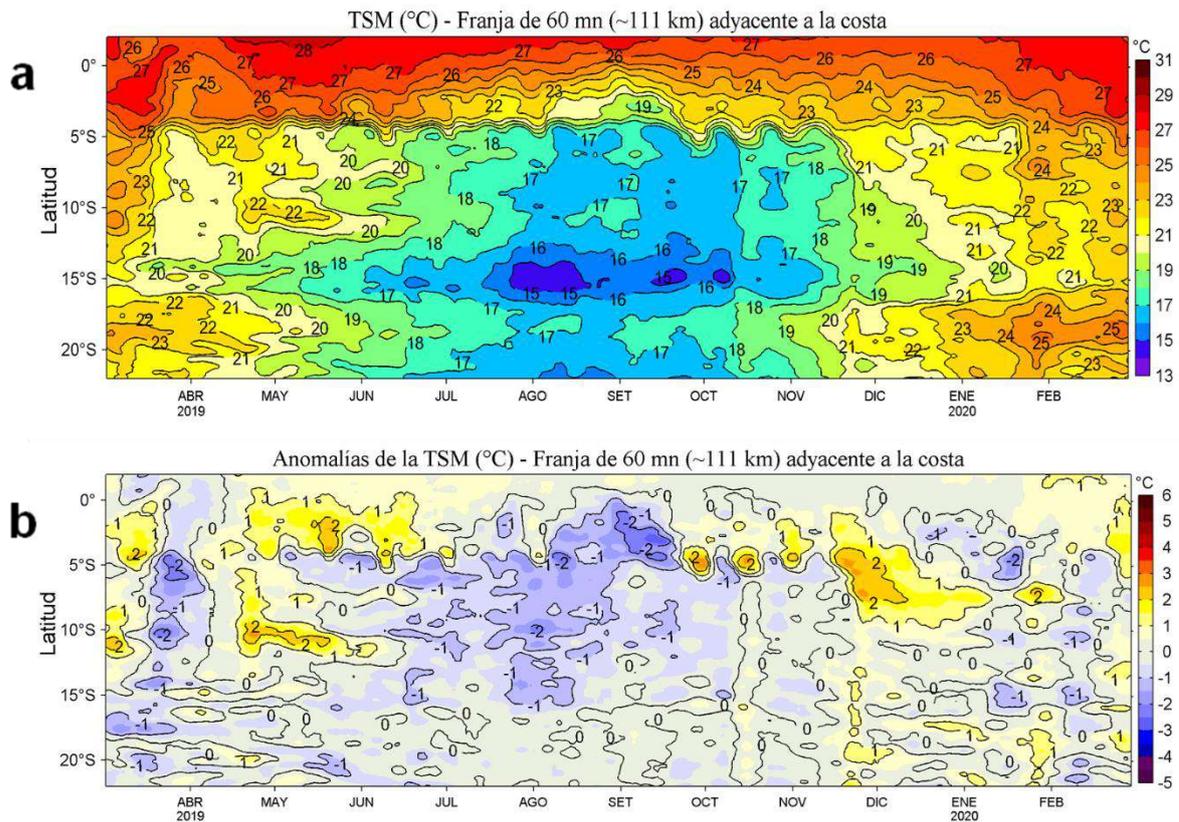


Figura 19. Evolución diaria de: a) Temperatura superficial del mar (°C) y b) Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) de marzo de 2019 a febrero de 2020 para una franja de 111 km adyacente a la costa entre el ecuador geográfico y 22 °S. Los promedios climatológicos de referencia consideran 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.

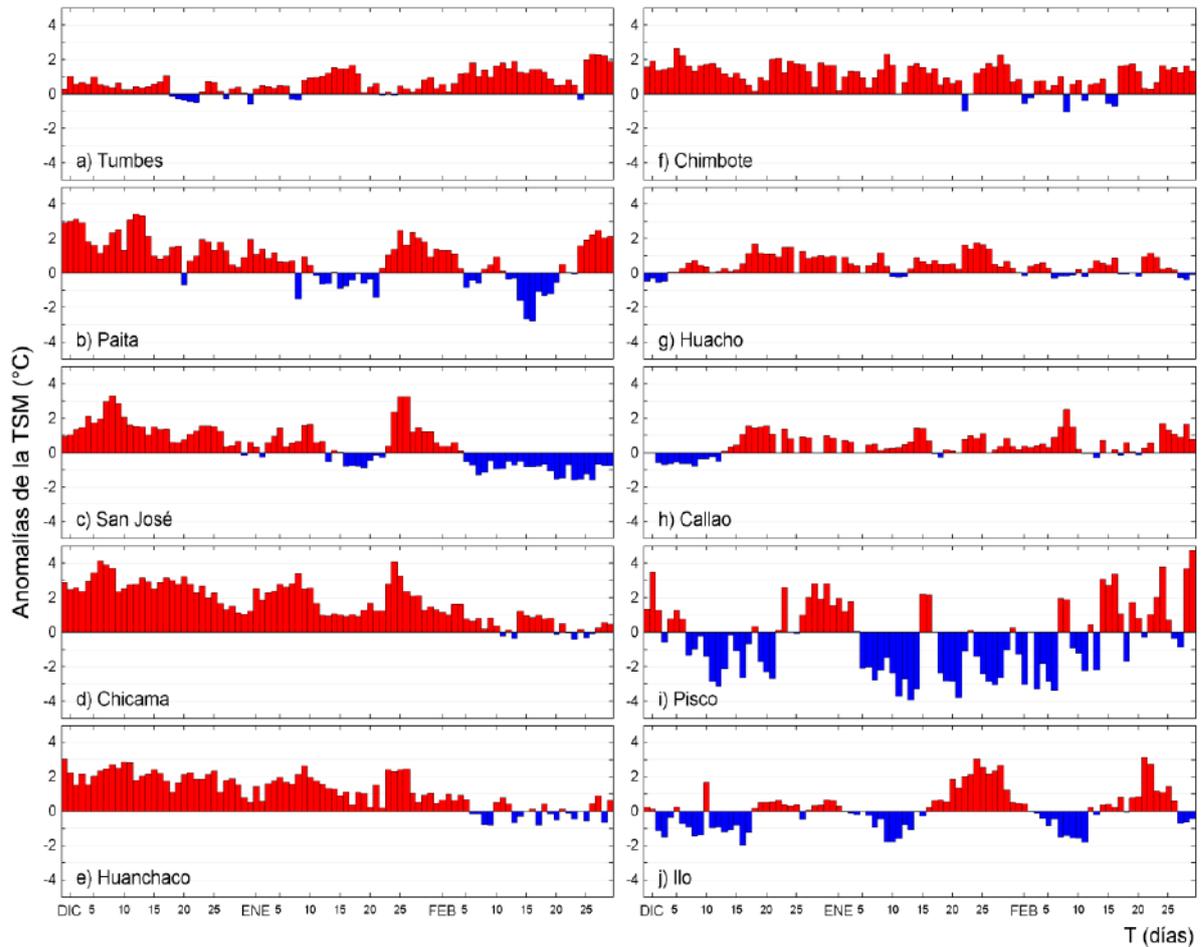


Figura 20. Series de tiempo del promedio diario de las anomalías de la temperatura superficial del mar (ATSM, °C) en la red de muelles costeros que administra IMARPE en el litoral peruano de diciembre de 2019 a febrero de 2020. Las anomalías se calcularon respecto del promedio climatológico pentadal.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

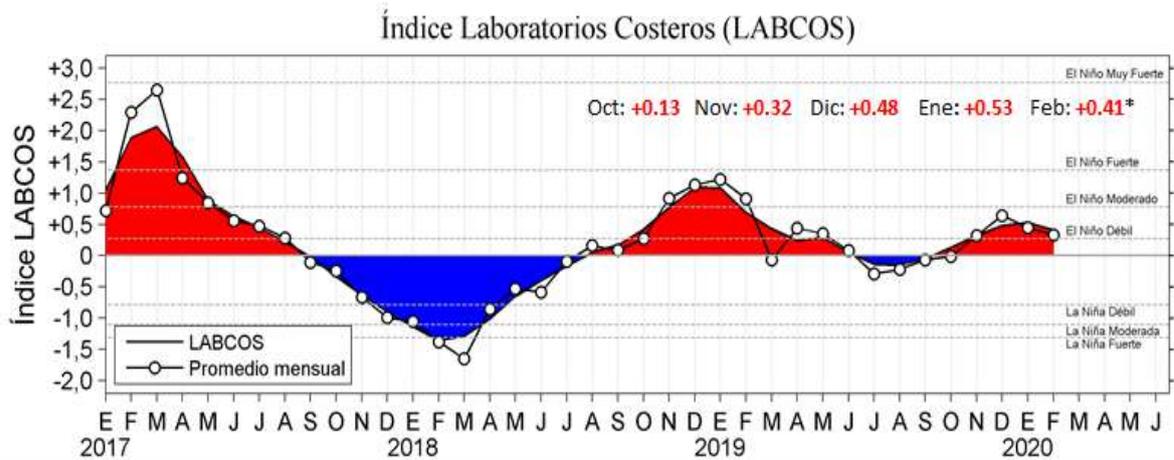


Figura 21. Serie de tiempo mensual del índice LABCOS (área sombreada) y el promedio mensual de las anomalías de TSM (en círculos) para el periodo de enero de 2017 a febrero de 2020. El índice LABCOS se estimó de acuerdo a Quispe y Vásquez (2015). Datos: TSM diaria de siete laboratorios costeros de IMARPE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

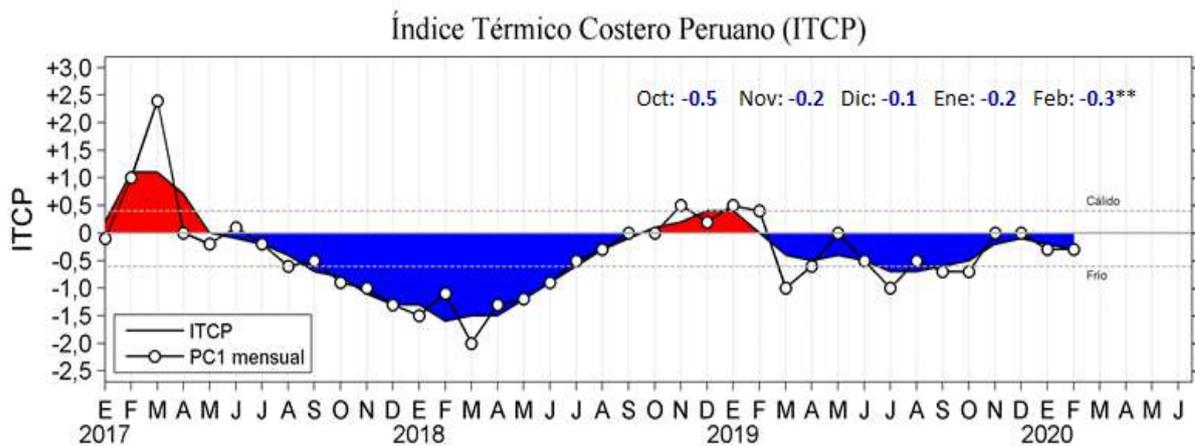


Figura 22. Serie de tiempo mensual del Índice Térmico Costero Peruano (ITCP) y la primera componente principal (PC1) para el periodo de enero 2017 a febrero 2020. El ITCP (área sombreada en color azul o rojo) se estimó de acuerdo a Quispe et al (2016). Datos: NOAA NCDC OISST v2. Climatología: 1982-2014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

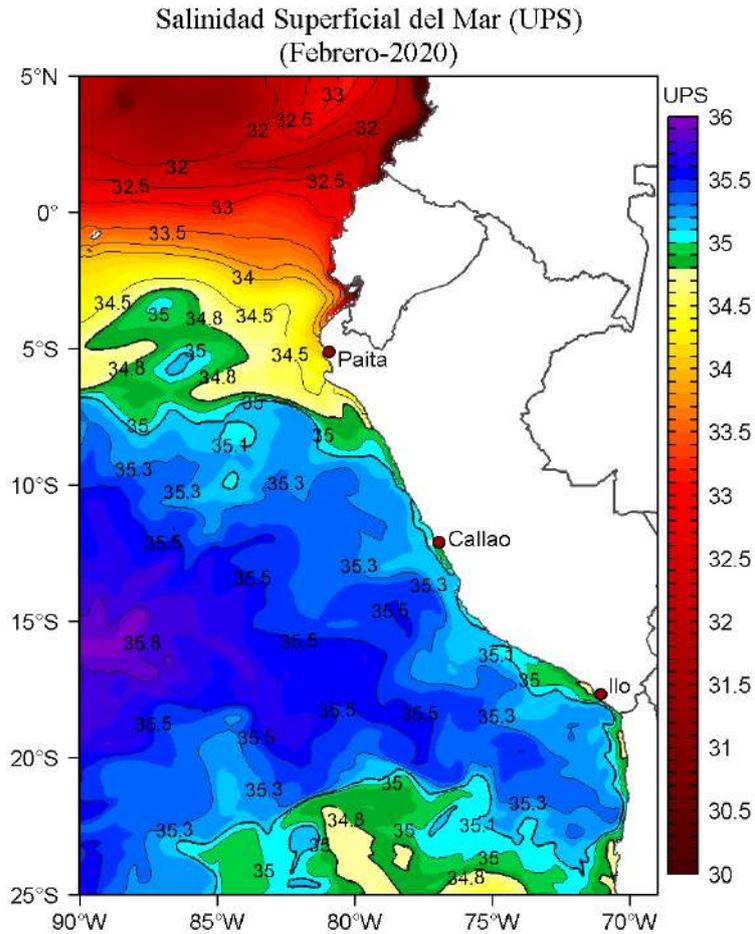


Figura 23. Distribución mensual de la salinidad superficial del mar (SSM, ups) en el Pacífico Sudeste durante el mes de febrero de 2020. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. et al, 2013) disponible en http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

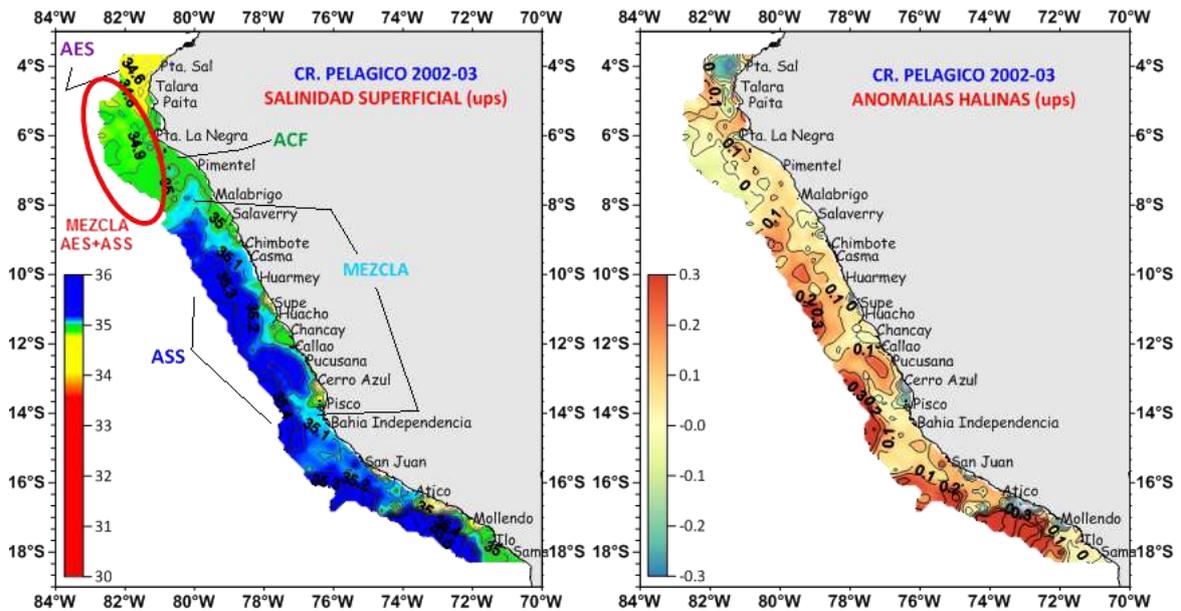


Figura 24. Condiciones oceanográficas en superficie, registrados durante el “Crucero de evaluación hidro-acústica de recursos pelágicos 20-0203”, a bordo del BIC Humboldt, BIC Olaya y BIC Flores. a) Salinidad Superficial del Mar, b) Anomalías de Salinidad Superficial del Mar. Fuente: IMARPE.

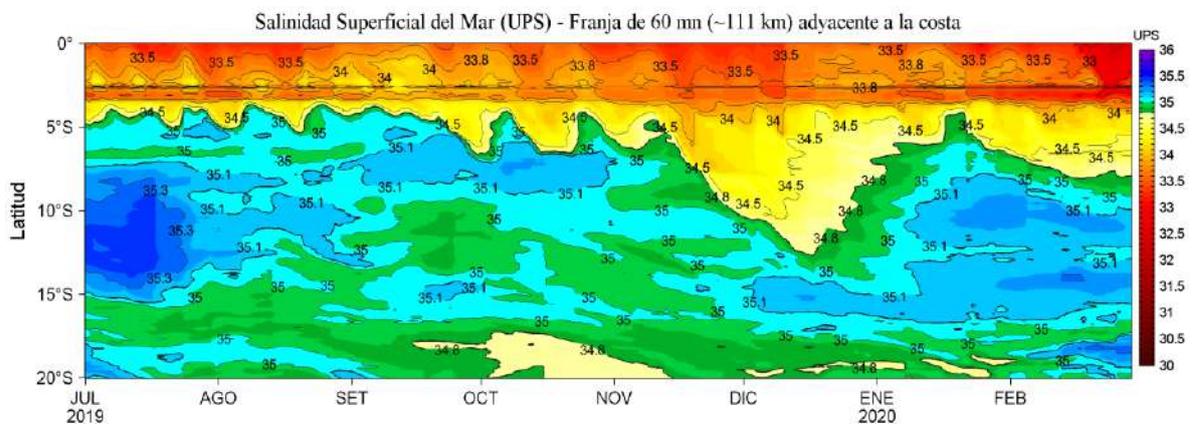


Figura 25. Evolución diaria de la salinidad superficial del mar (SSM, ups) para la franja de 60 m.n. (~111 km) adyacente al litoral peruano de julio de 2019 a febrero de 2020. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. et al, 2013) disponible en http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details &product_id=GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024. Procesamiento: LHFM/AFIOF/ DGIOCC /IMARPE.

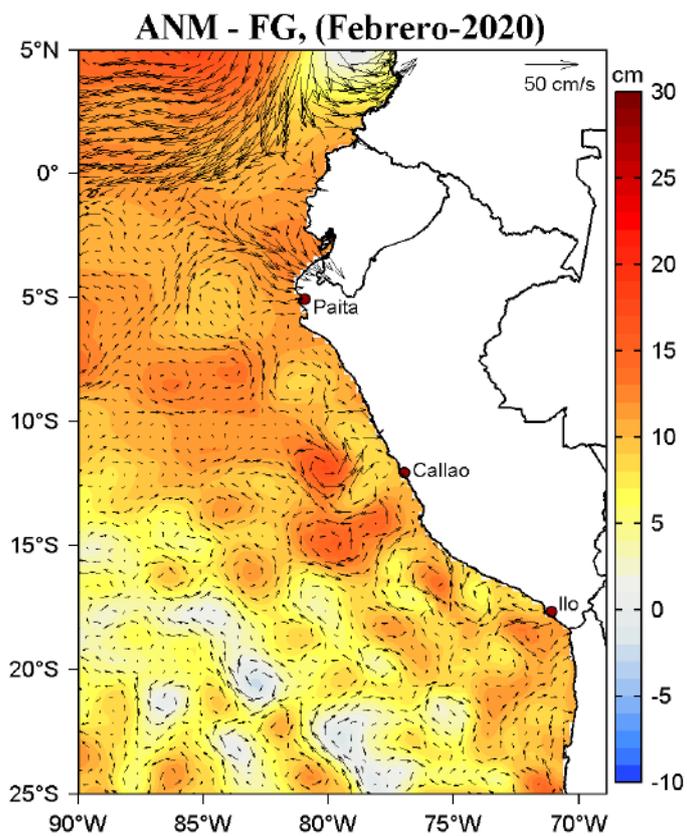


Figura 26. Distribución mensual de las anomalías del nivel del mar (ANM, cm) y los flujos geostroficados (FG, cm s⁻¹) en el Pacífico Sudeste en febrero de 2020. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

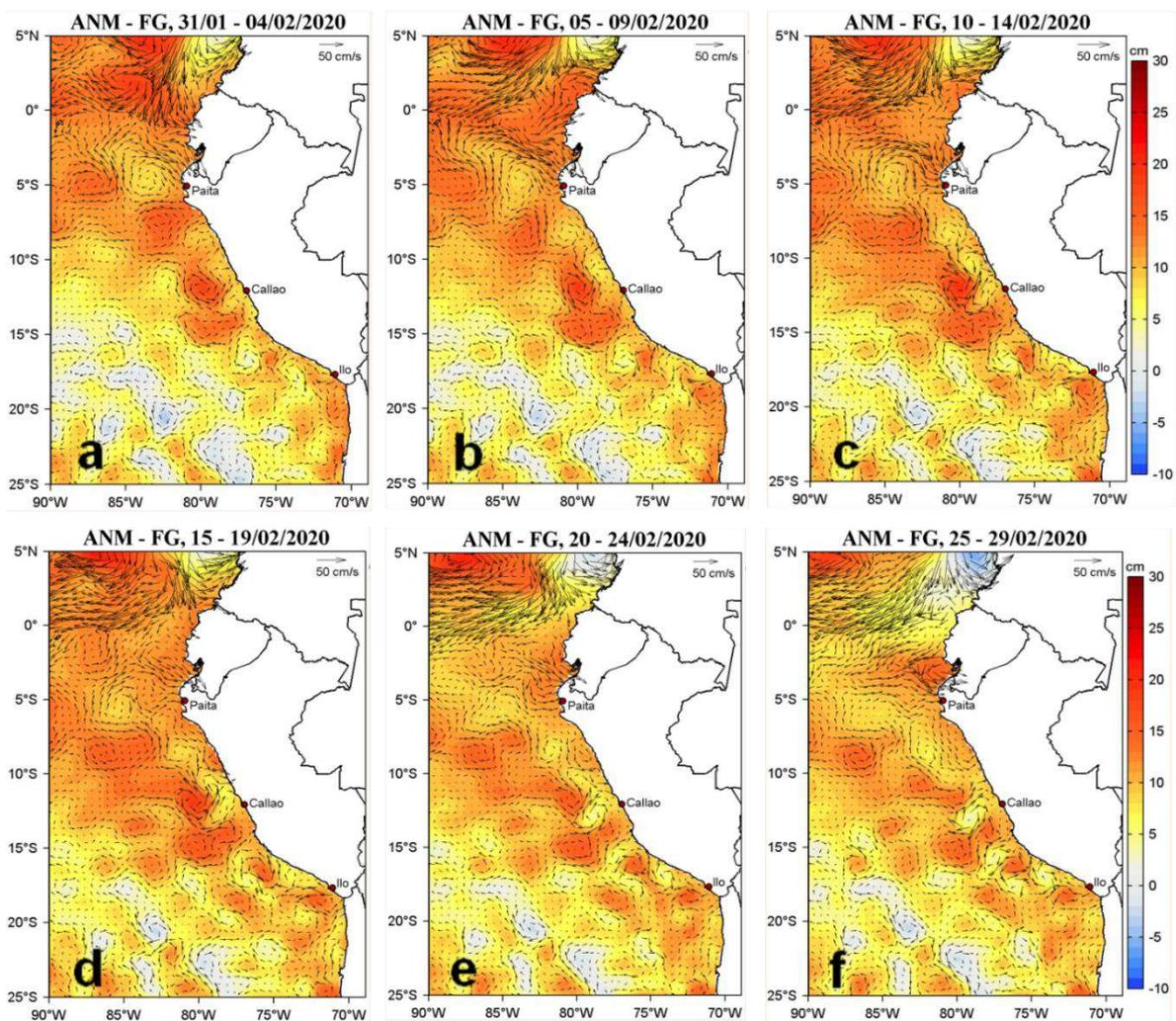


Figura 27. Distribución pentadal de las anomalías del nivel del mar (ANM, cm) y los flujos geostróficos (FG, cm.s-1) en el Pacífico Sudeste durante el mes de febrero de 2020. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

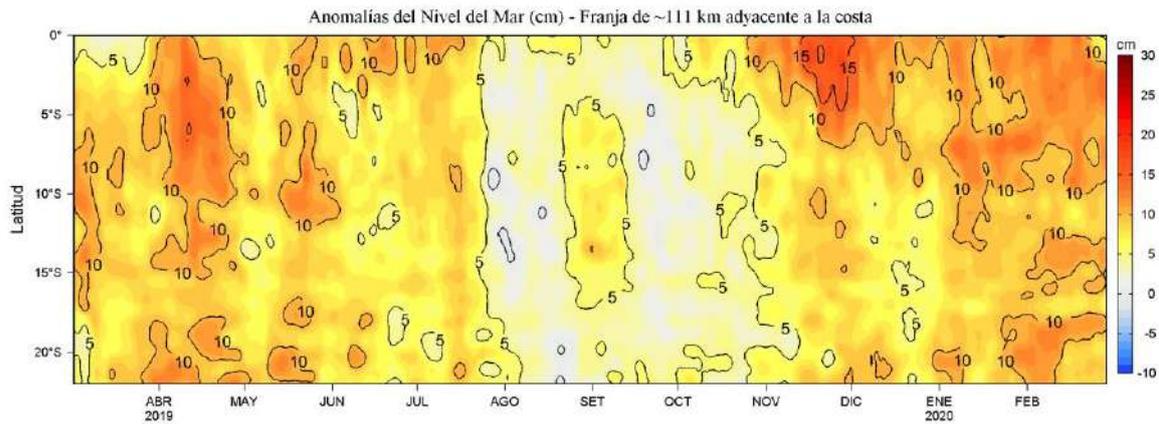


Figura 28. Evolución de las anomalías diarias del Nivel del Mar (cm) calculadas para una franja de 111 km adyacente a la costa entre el ecuador geográfico y 22 °S de marzo de 2019 a febrero de 2020. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

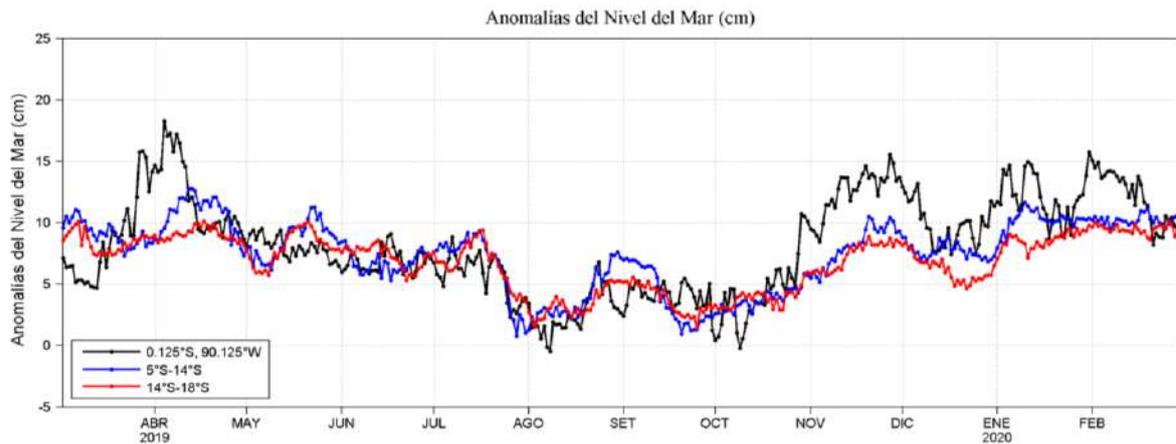


Figura 29. Variación temporal de las Anomalías del Nivel del Mar (cm) en tres áreas del promedio del Pacífico Sudeste: i) área de 75 km centrada en 0.125 °S y 90.125 °W, y áreas promedio de 60 m.n. (~111 km) entre ii) 5 °S-14 °S y iii) 14 °S-18 °S. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

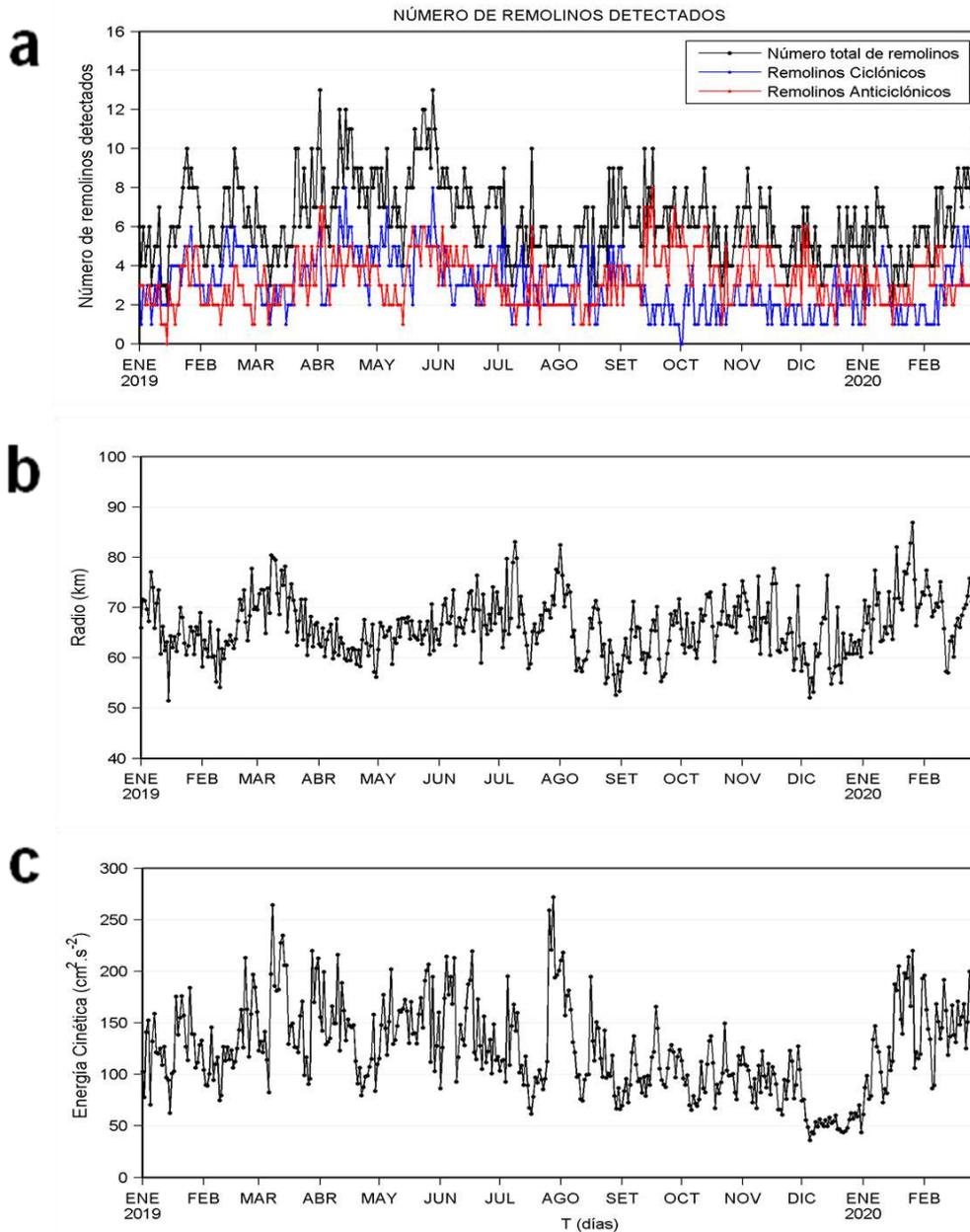


Figura 30. Variación diaria de: a) número de remolinos detectados, b) radio promedio (km) y c) la energía cinética promedio ($\text{cm}^2 \text{s}^{-2}$) de los remolinos entre 3 y 18 °S y de 70 °W a 84 °W de enero de 2019 a febrero de 2020. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

SECCIÓN PAITA (22-23 Febrero del 2020)

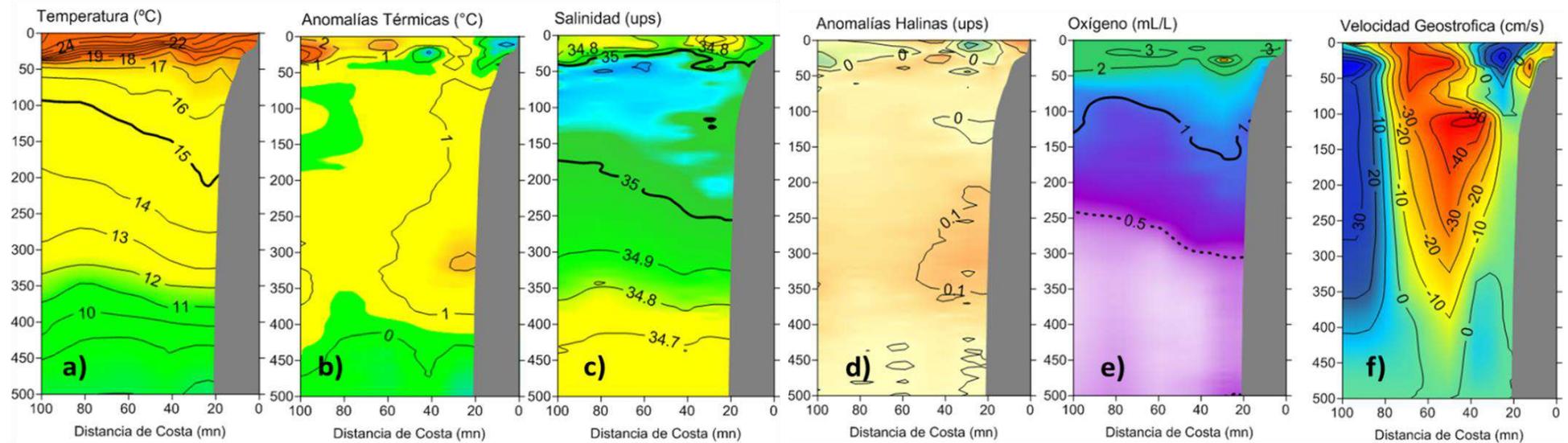


Figura 31. Estructura de a) Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) Anomalías térmicas ($^{\circ}\text{C}$), c) Salinidad (ups), d) Anomalías halinas (ups), e) Oxígeno (mL L^{-1}) y f) Velocidad geostrofica (cm s^{-1}) frente a Paita durante el “El Crucero Pelágico 20-0203” realizado del 22 al 23 de febrero del 2020 a bordo del BIC Luis Flores Portugal. Las anomalías están calculadas con respecto al periodo 1981-2010 (Domínguez, et al; 2017).

SECCIÓN PAITA (FEBRERO 2019)

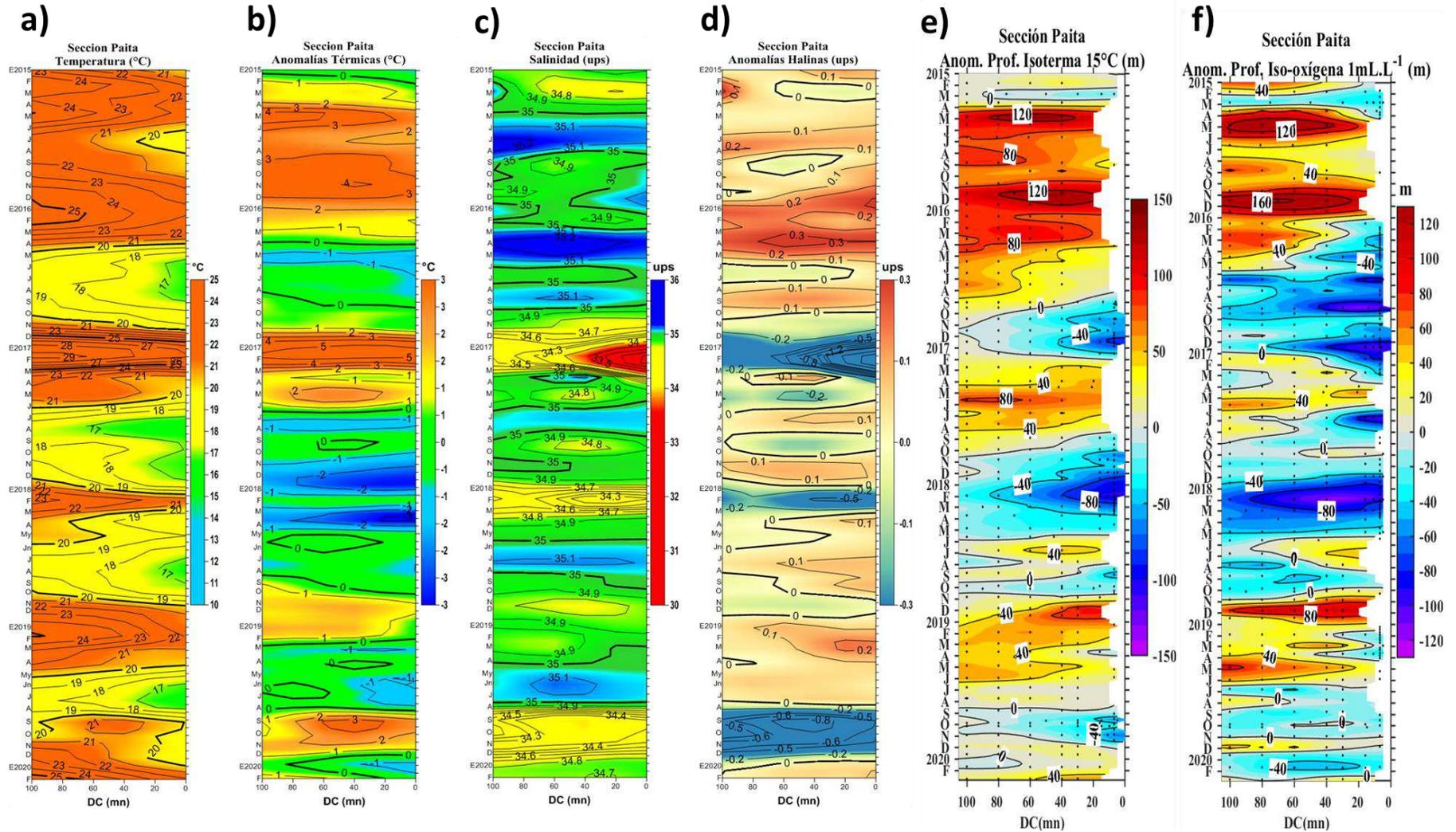


Figura 32. Diagrama Hovmöller de: a) temperatura (°C), b) anomalías térmicas (°C), c) salinidad (ups), d) anomalías de salinidad (ups), e) anomalías de la profundidad (m) de la isoterma de 15 °C, y f) anomalías de la profundidad (m) de la iso-oxígena de 1 mL L⁻¹ frente a Paita de enero de 2015 a febrero 2020. Datos: IMARPE.

SECCIÓN CHICAMA (26-27 febrero del 2020)

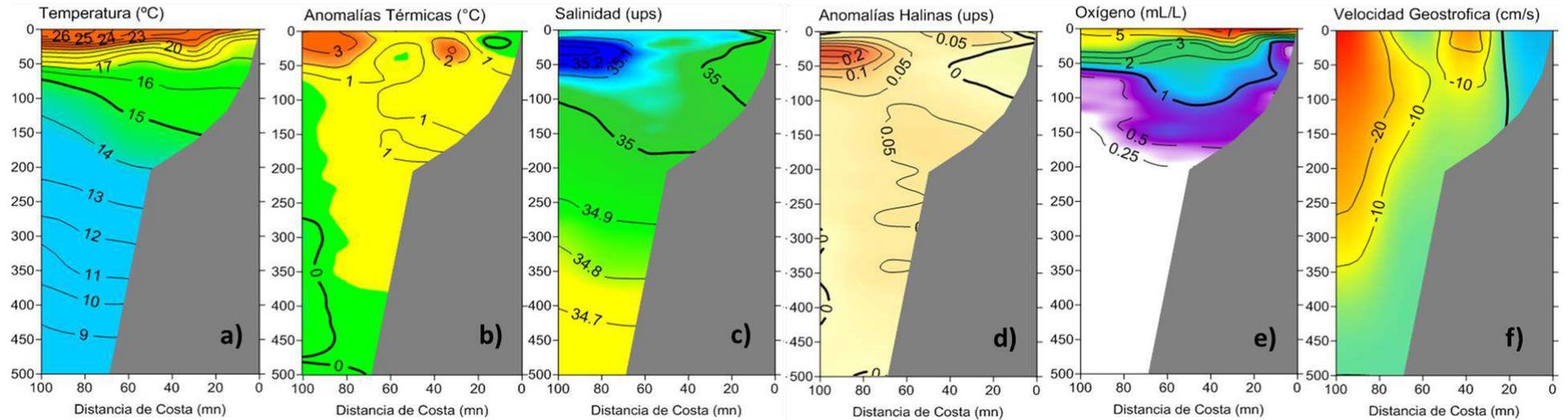


Figura 33. Estructura de a) Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) Anomalías térmicas ($^{\circ}\text{C}$), c) Salinidad (ups), d) Anomalías halinas (ups), e) Oxígeno (mL L^{-1}) y f) Velocidad geostrofica (cm s^{-1}) frente a Chicama durante el "Monitoreo Bio-Oceanográfico frente a Chicama y Paita 2001/PPR-068" realizado del 26 al 27 de febrero del 2020. Las anomalías están calculadas con respecto al periodo 1981-2010 (Domínguez, et al; 2017).

SECCIÓN CHICAMA (FEBRERO 2019)

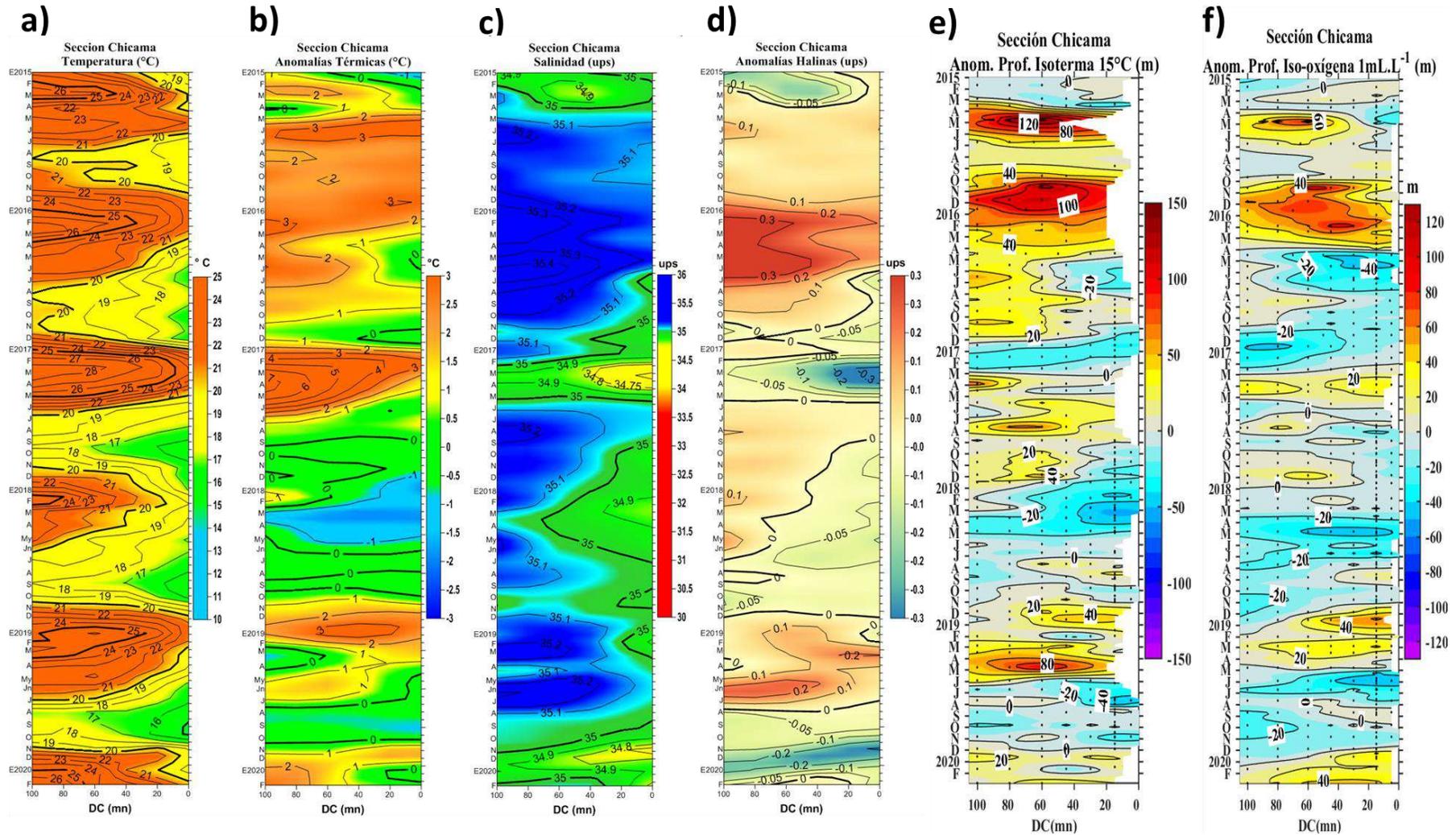


Figura 34. Diagrama Hovmöller de: a) temperatura (°C), b) anomalías térmicas (°C), c) salinidad (ups), d) anomalías de salinidad (ups), e) anomalías de la profundidad (m) de la isoterma de 15 °C, y f) anomalías de la profundidad (m) de la iso-oxígena de 1 mL L⁻¹ frente a Chicama durante el “Monitoreo Bio-Oceanográfico frente a Chicama y Paita 2001/PPR-068” de enero de 2015 a febrero 2020. Datos: IMARPE.

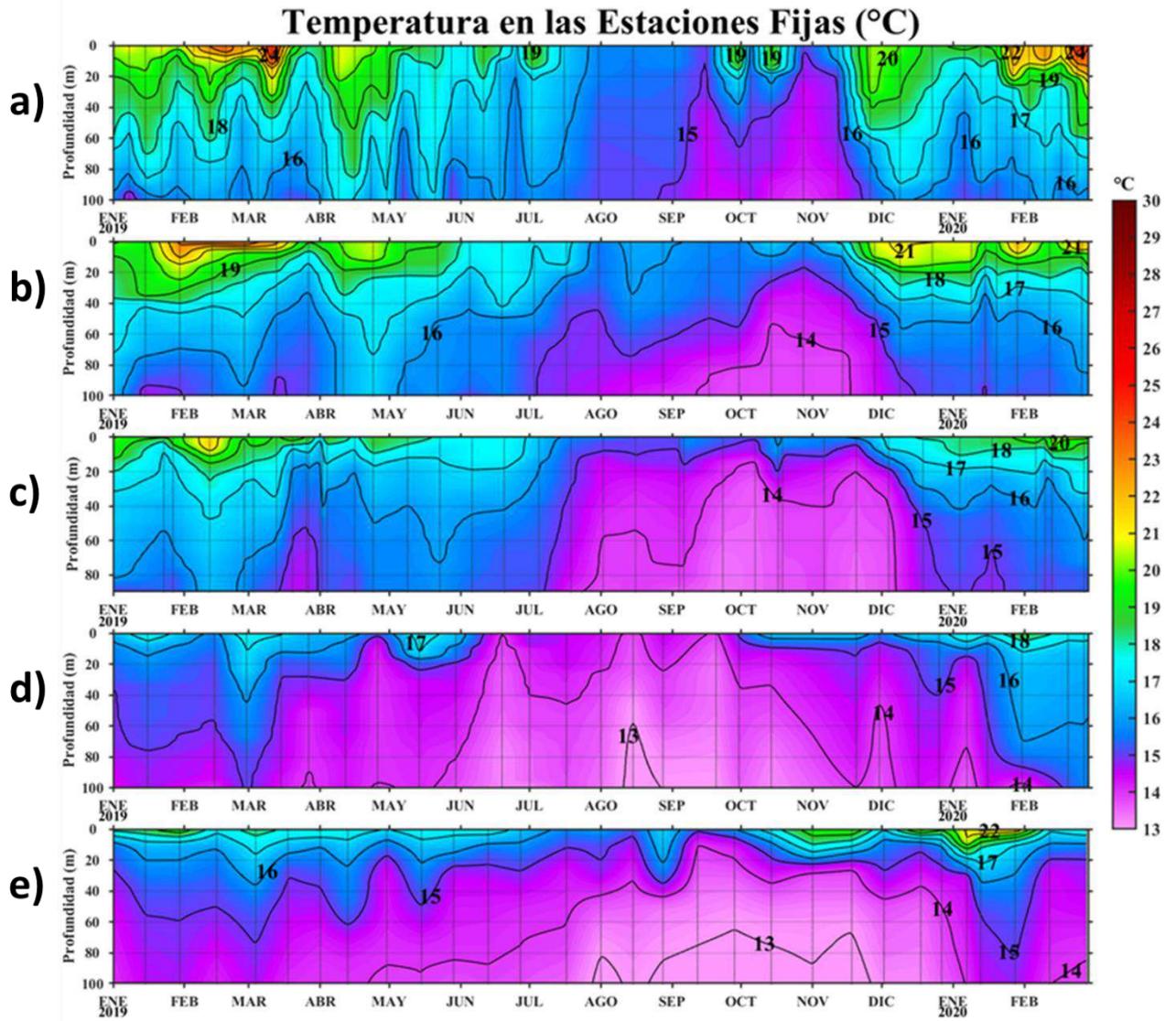


Figura 35. Evolución de la Temperatura del agua de mar (°C) para las Estaciones Fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico y e) Ilo de enero 2019 a febrero de 2020. Los puntos en la columna de agua indican los días en que se realizaron los monitoreos. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

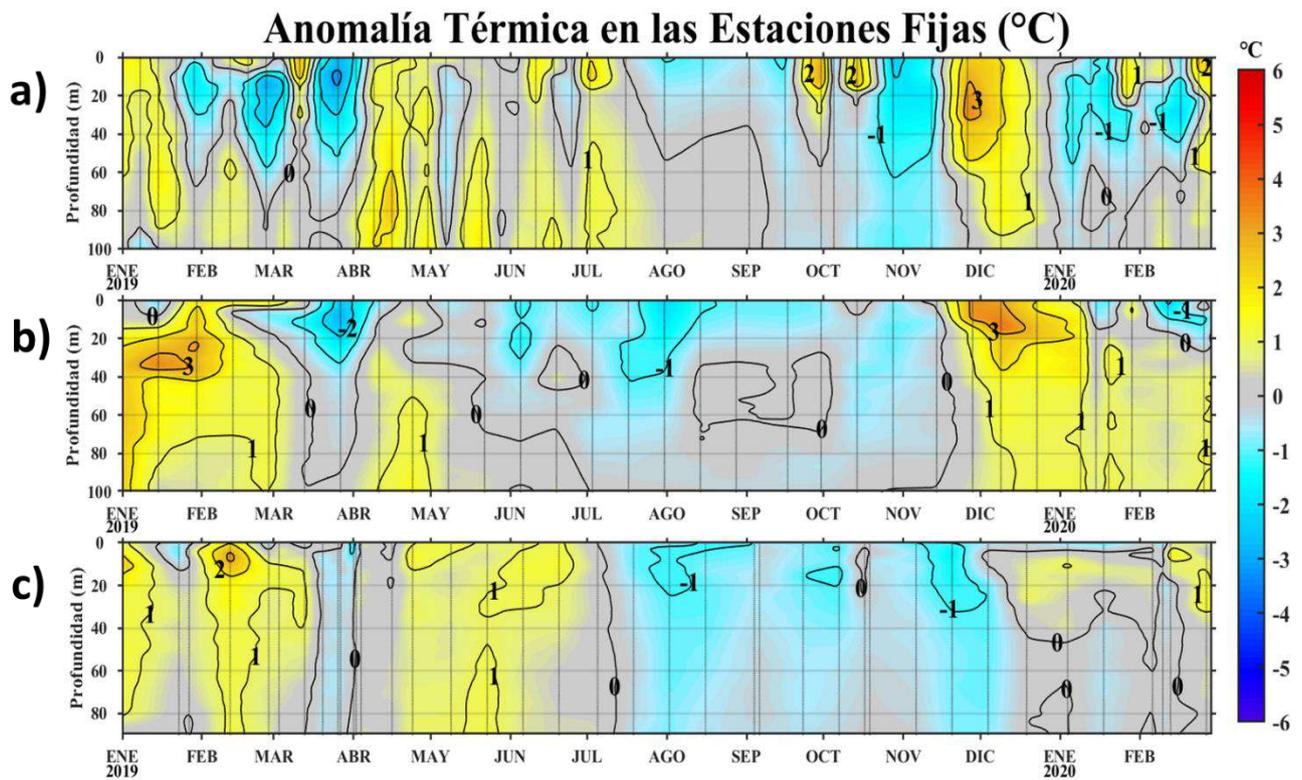


Figura 36. Evolución de las anomalías de la temperatura del agua de mar (°C) para las Estaciones Fijas de: a) Paíta, b) Chicama y c) Callao de enero 2019 a febrero de 2020. Las anomalías de la temperatura del agua (°C) se calcularon en base al promedio climatológico de 1993-2010 de acuerdo a Anculle, *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.

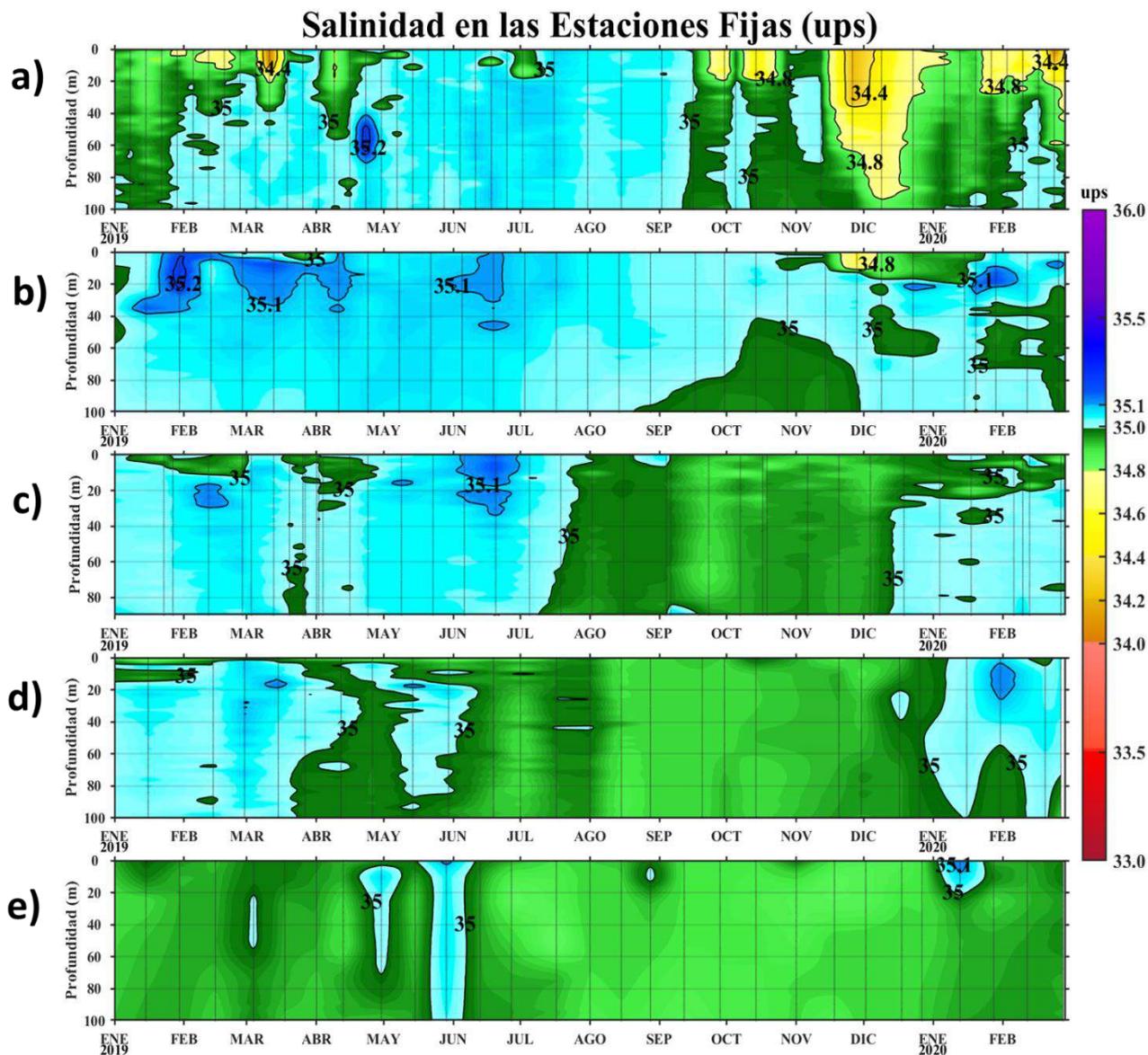


Figura 37. Evolución de la Salinidad del agua de mar (ups) para las Estaciones Fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico y e) Ilo de enero 2019 a febrero de 2020. Los puntos en la columna de agua indican los días en que se realizaron los monitoreos. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

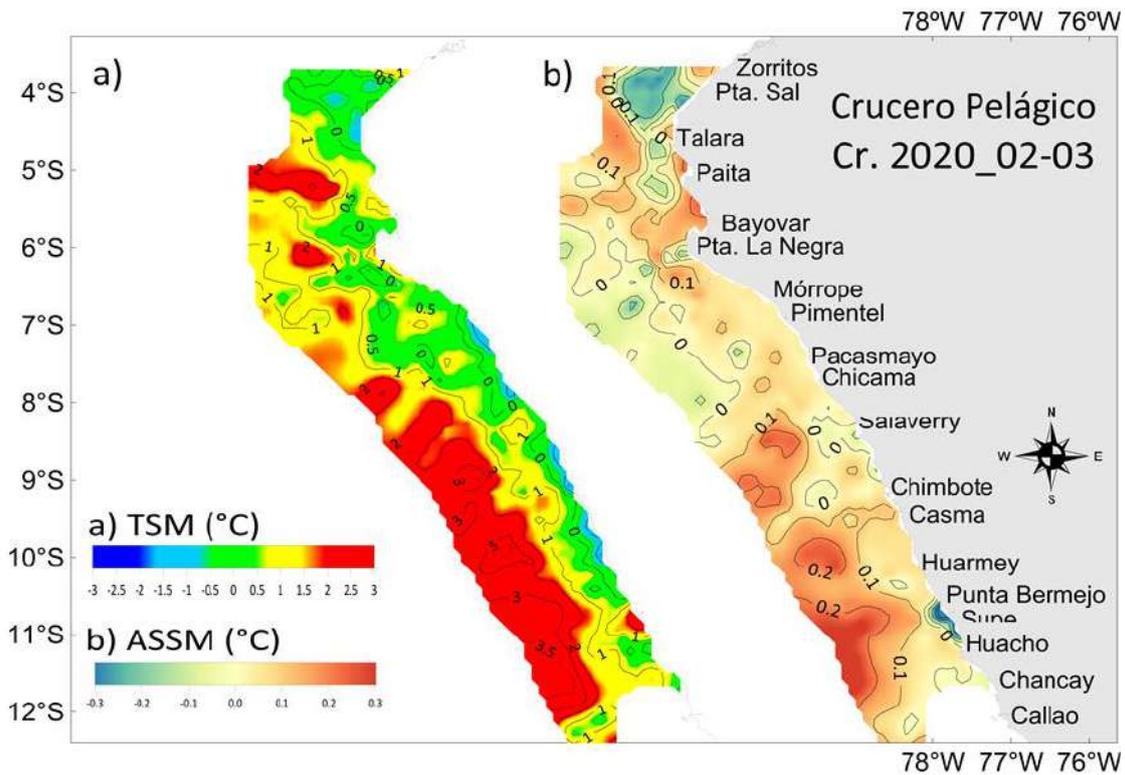


Figura 38. Condiciones oceanográficas en superficie, registrados durante el “Crucero de Evaluación Hidro-acústica de Recursos Pelágicos 20-0203”, a bordo del BIC Humboldt, BIC Olaya y BIC Flores. a) Anomalías de Temperatura Superficial del Mar, b) Anomalías de Salinidad Superficial del Mar. Fuente: IMARPE.

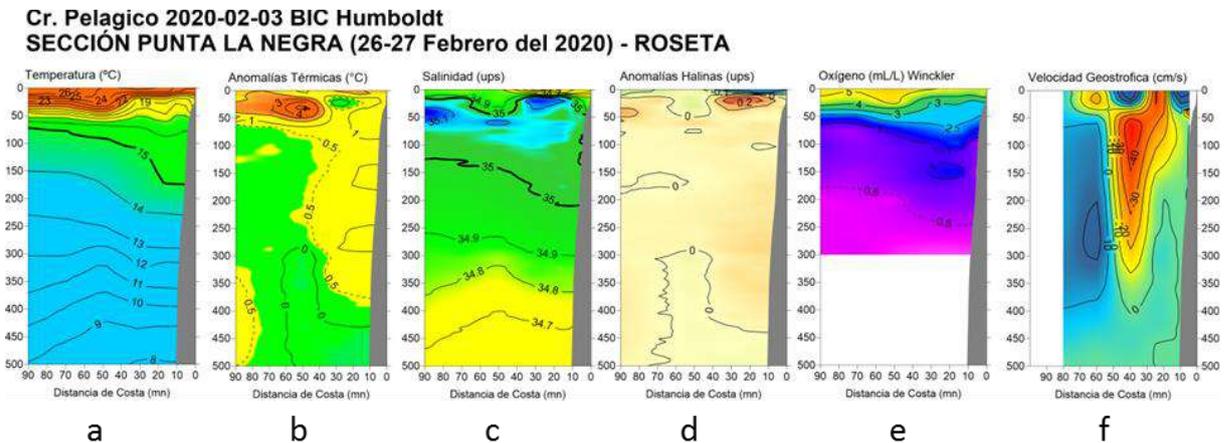


Figura 39. Sección oceanográfica hasta 500 m frente a Punta La Negra, registrada durante el “Crucero de Evaluación Hidro-acústica de Recursos Pelágicos 20-0203”, a bordo del BIC Humboldt y BIC Olaya, a) Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) Anomalia térmica ($^{\circ}\text{C}$), c) Salinidad (ups), d) Anomalia halina (ups), e) Oxígeno disuelto (mL L^{-1}), f) Velocidad geostrofica (cm s^{-1}). Fuente: IMARPE.

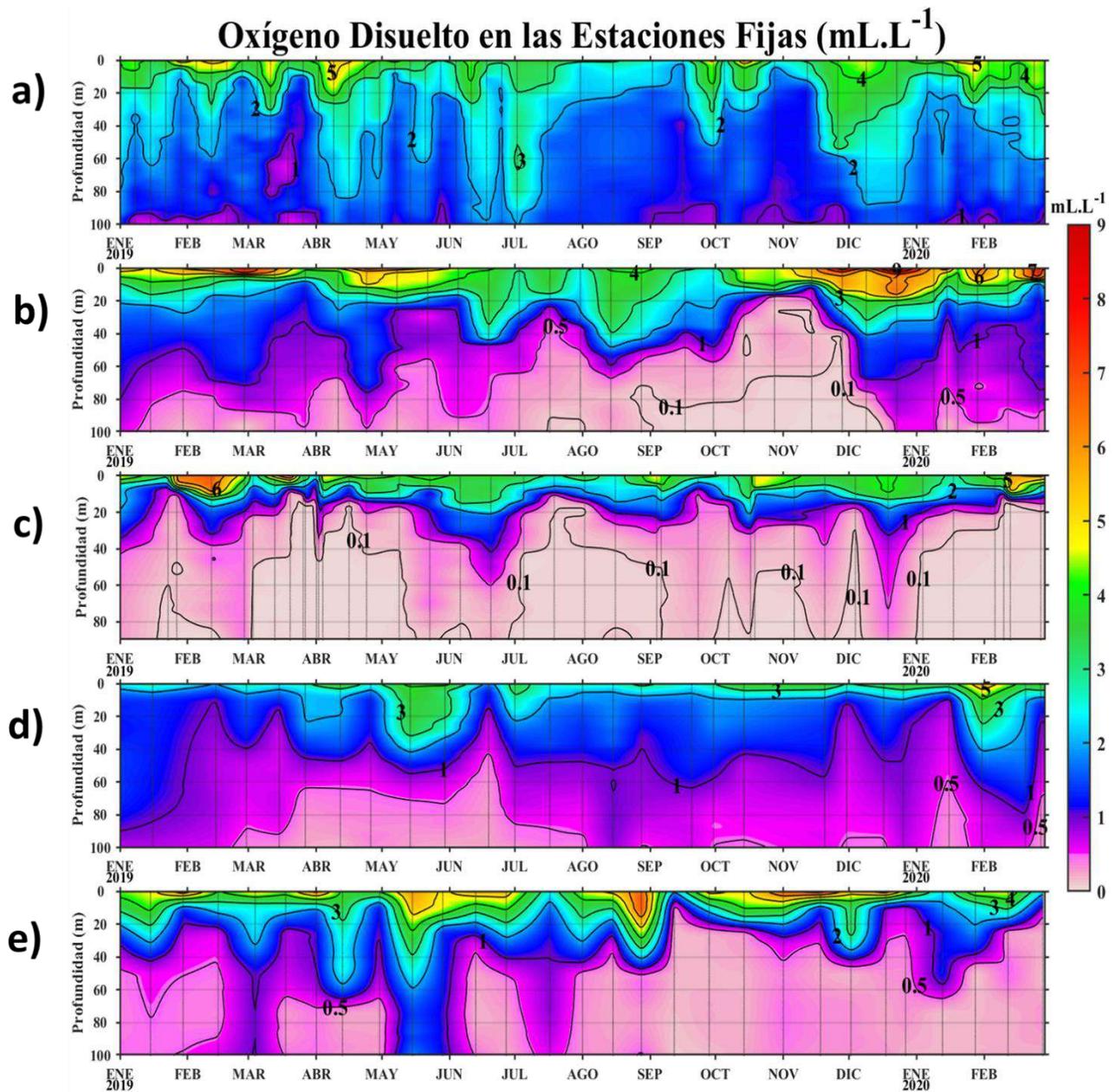


Figura 40. Evolución del contenido de oxígeno disuelto (mL L⁻¹) para las Estaciones Fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico y e) Ilo de enero 2019 a febrero de 2020. Los puntos en la columna de agua indican los días en que se realizaron los monitoreos. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

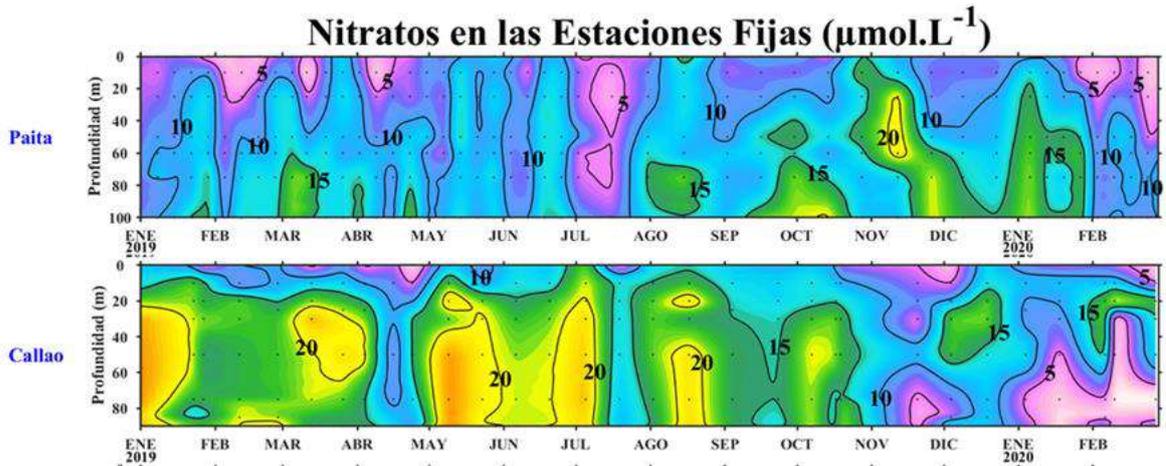


Figura 41. Series de tiempo de la concentración de nitrato (μM) en las Estaciones Fijas de Paita y Callao de enero de 2019 a febrero de 2020. Fuente: IMARPE.

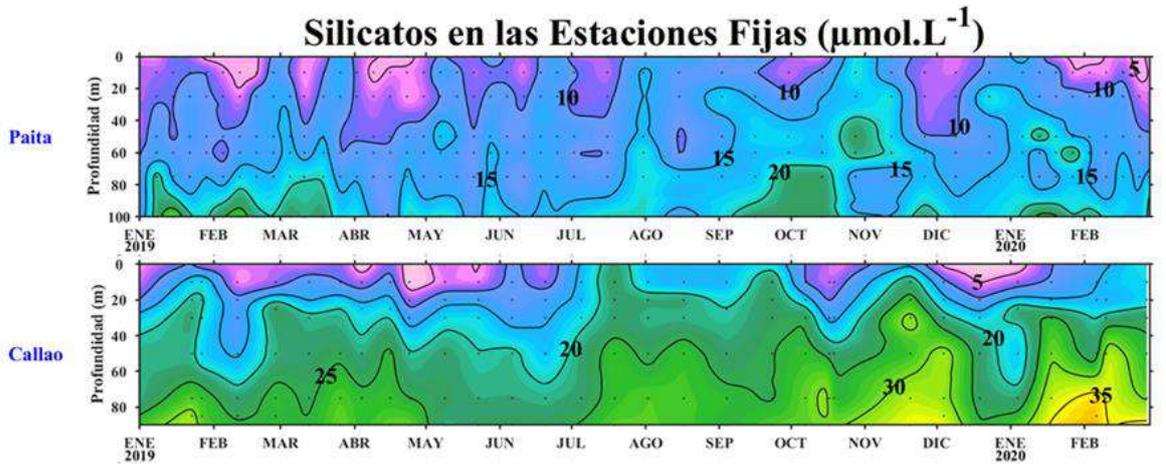


Figura 42. Series de tiempo de la concentración de silicatos (μM) en las Estaciones Fijas de Paita y Callao de enero de 2019 a febrero de 2020. Fuente: IMARPE.

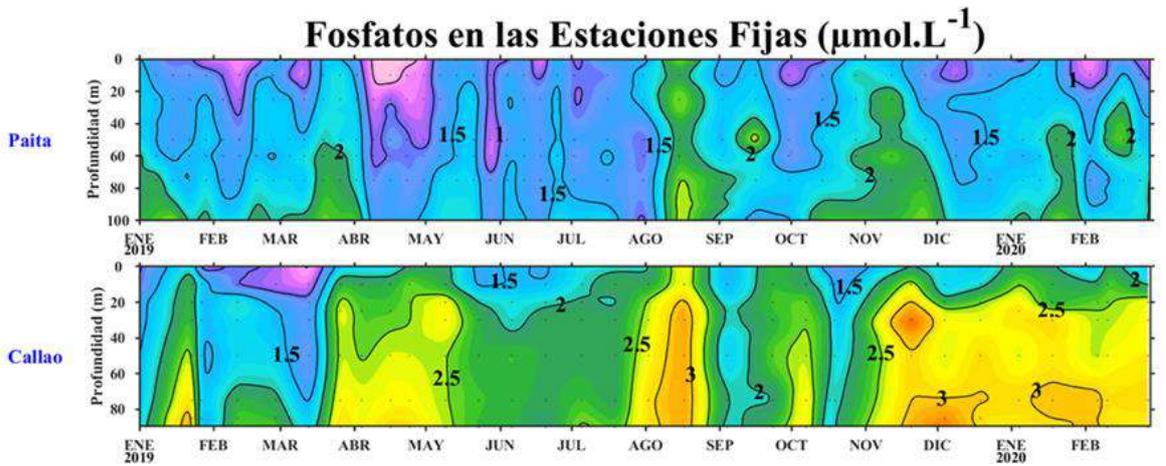


Figura 43. Series de tiempo de la concentración de fosfatos (μM) en las Estaciones Fijas de Paita y Callao de enero de 2019 a febrero de 2020. Fuente: IMARPE.

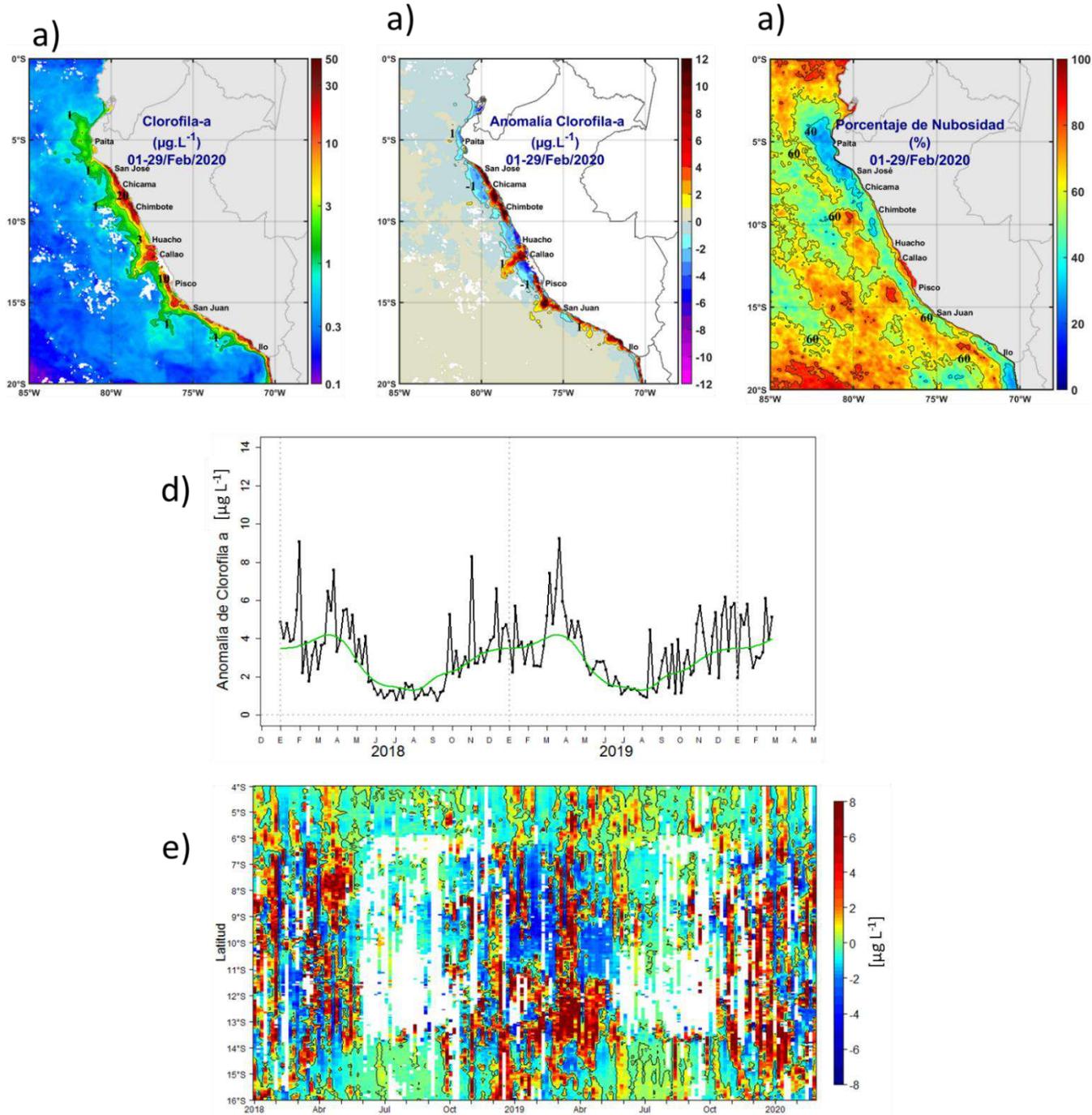


Figura 44. Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de clorofila-a satelital proveniente de MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante febrero 2020 (en $\mu\text{g L}^{-1}$). Número de días con nubes en (c). Serie de tiempo (d) para 4°S-16°S y dentro de los 100 km de la costa, de las concentraciones de clorofila-a satelital (línea negra) y su climatología (línea verde) proveniente de MODIS (en $\mu\text{g L}^{-1}$); y (e) Diagrama Hovmöller de las anomalías de clorofila-a con respecto a la latitud.

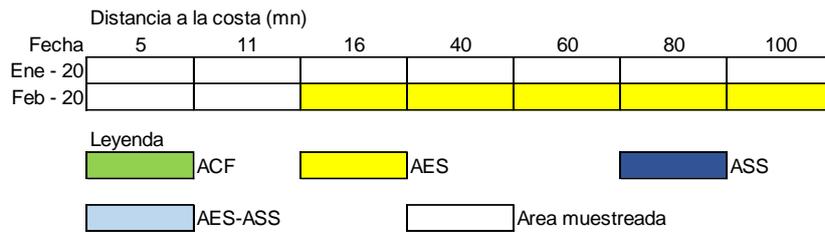


Figura 45. Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton frente a Paita 2002.

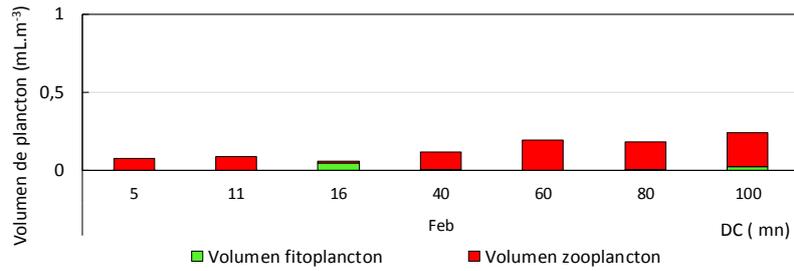


Figura 46. Variación de volúmenes de plancton en la sección Paita 2002.

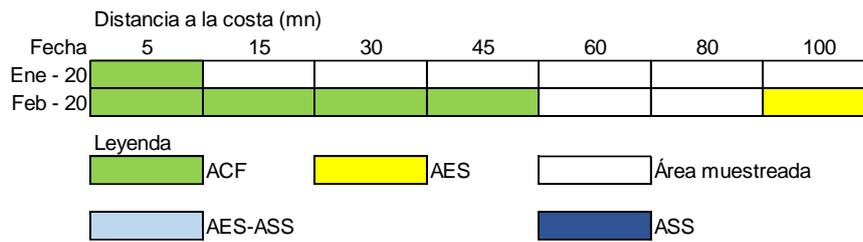


Figura 47. Distribución de indicadores biológicos de fitoplancton frente a Chicama 2002.

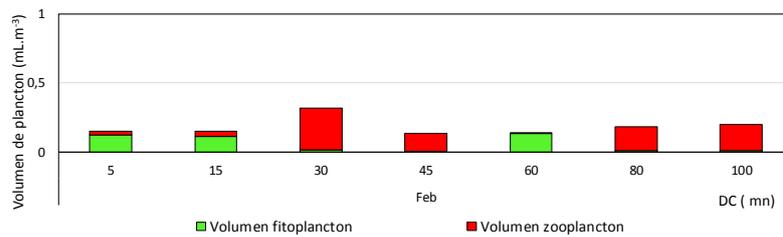


Figura 48. Variación de volúmenes de plancton en la sección Chicama 2002.

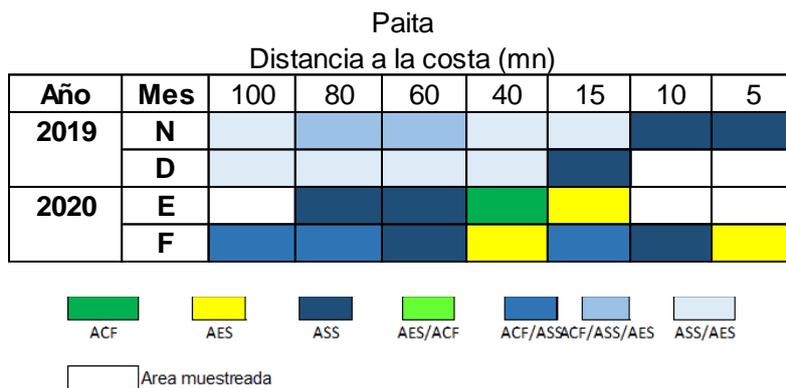


Figura 49. Indicadores biológicos de zooplancton frente a Paita 2002.

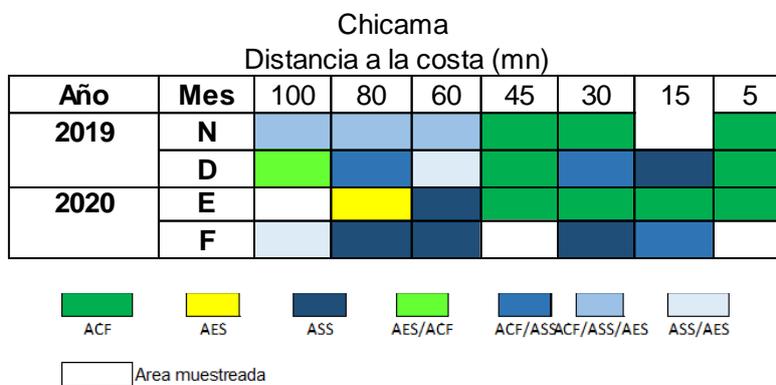


Figura 50. Indicadores biológicos de zooplancton frente a Chicama 2002.

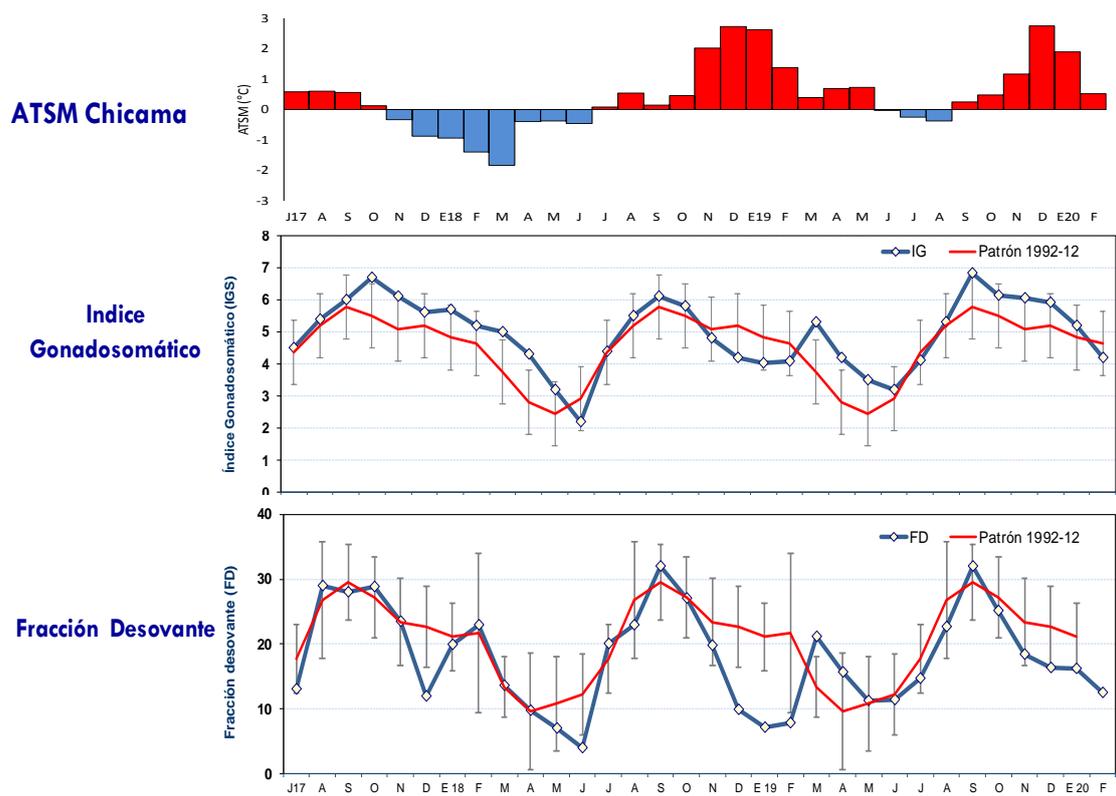


Figura 51. a) Anomalía de la TSM (°C) de Chicama, indicadores reproductivos b) Índice Gonadosomático (IGS) y c) Fracción Desovante (FD) del stock norte – centro de anchoveta. Serie mensual: julio 2017 a febrero del 2020. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

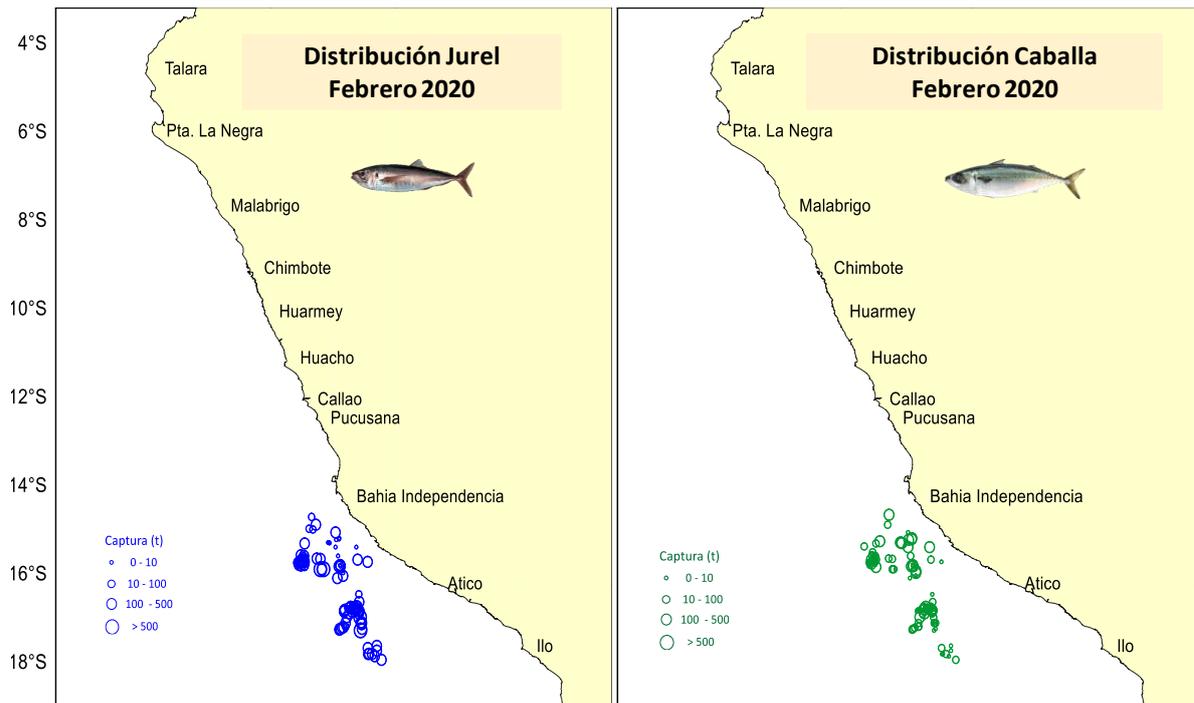


Figura 52. Distribución latitud ($^{\circ}$ S) de a) jurel y b) caballa durante febrero 2020.

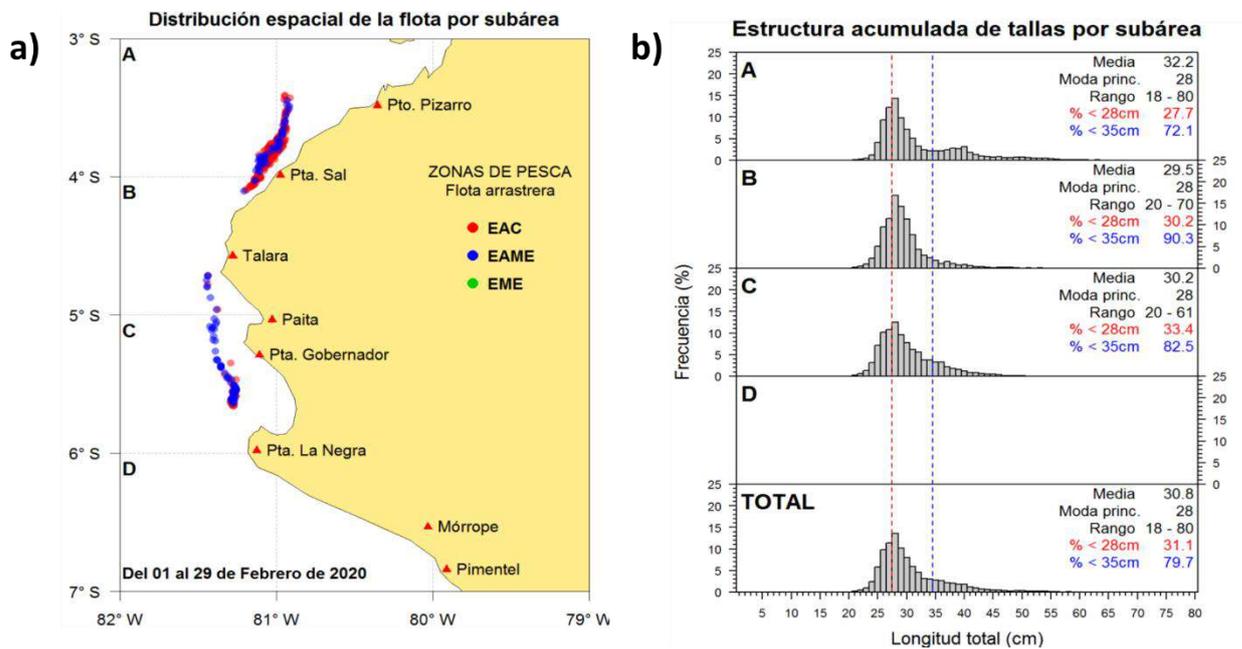


Figura 53. (a) Distribución espacial de la flota arrastrera de merluza, por sub-áreas durante febrero 2020. (b) Estructura de tallas de merluza, por sub-áreas durante febrero 2020.

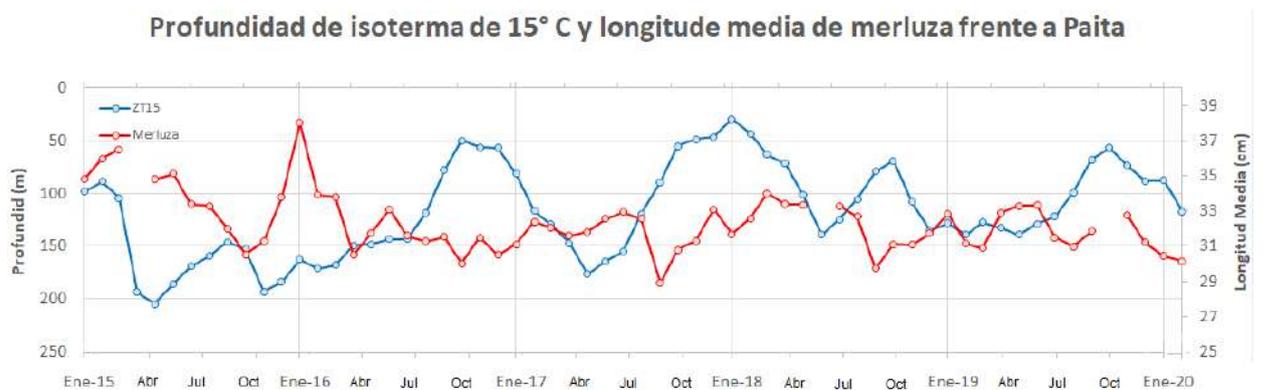


Figura 54. Profundidad de la isoterma de 15 °C (ZT15) frente a Paita y talla media (cm) de merluza de enero 2015 a febrero 2020.

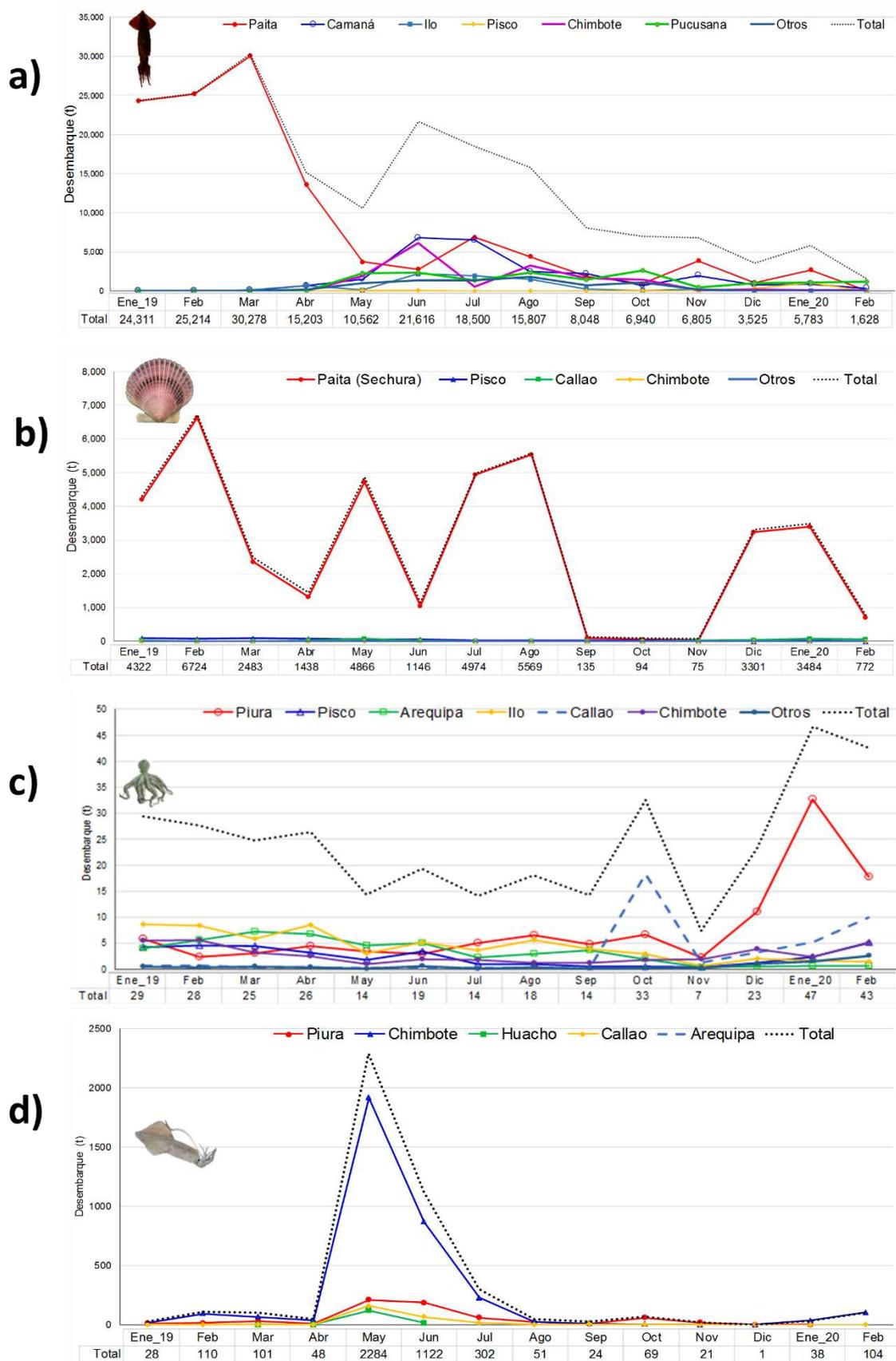


Figura 55. Desembarque de los principales invertebrados entre enero 2019 a febrero 2020.

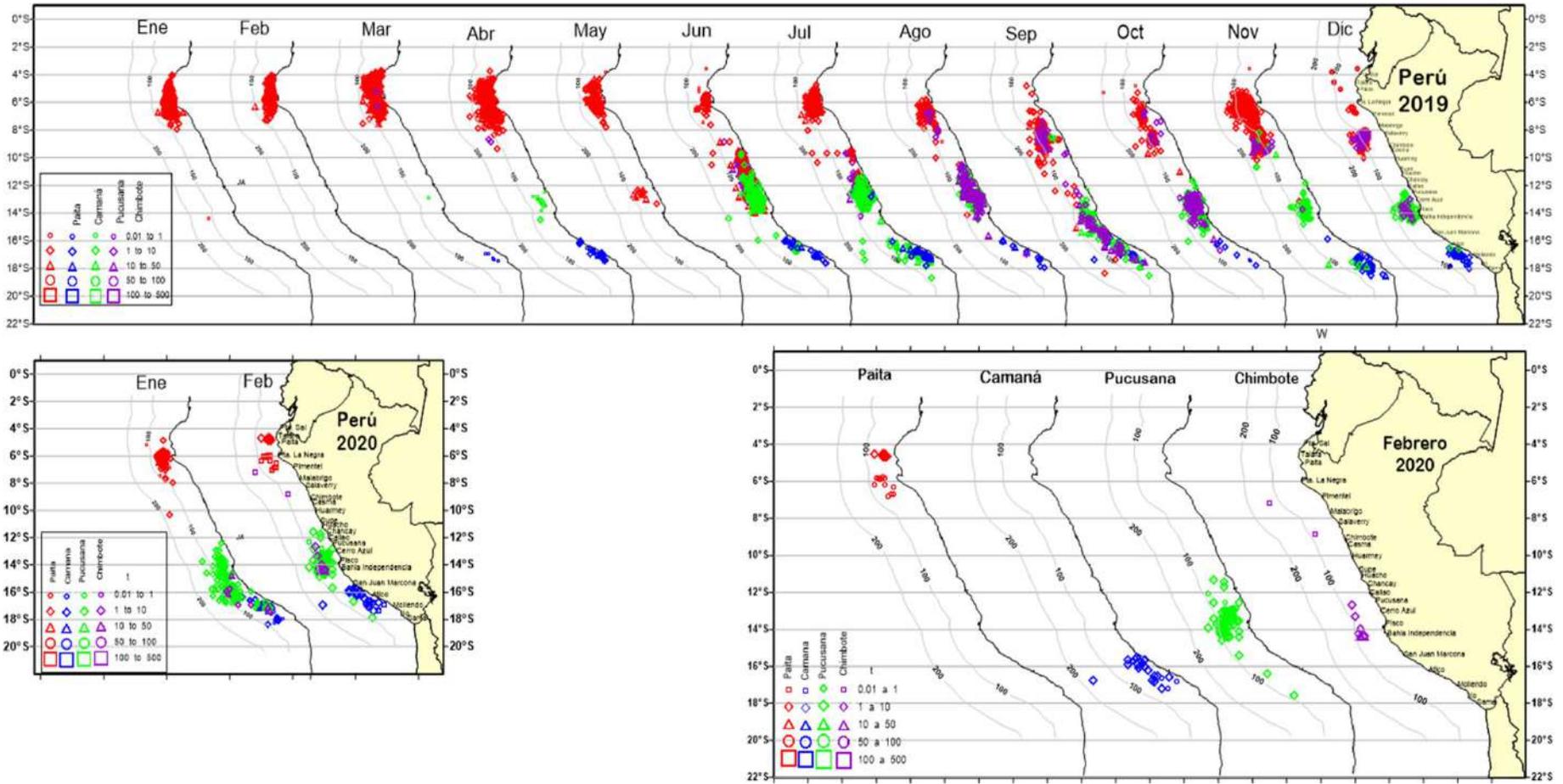


Figura 56. Distribución de las capturas del recurso pota de la flota artesanal, durante enero 2019 – febrero 2020.

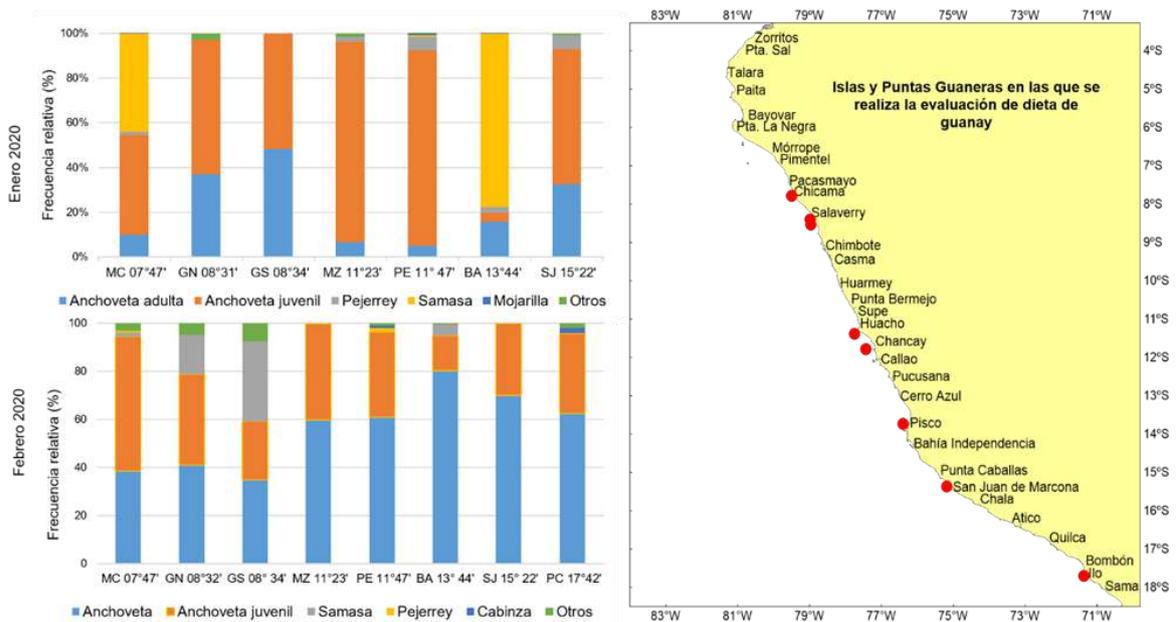


Figura 57. Variación latitudinal mensual de la composición por especies de la dieta del guanay a lo largo de la costa durante febrero 2020. Donde MC: Isla Macabí, GN: Isla Guañape, MZ: Isla Mazorcas, PE: Isla Pescadores, BA: Isla Ballestas, SJ: Punta San Juan y PC: Punta Coles.

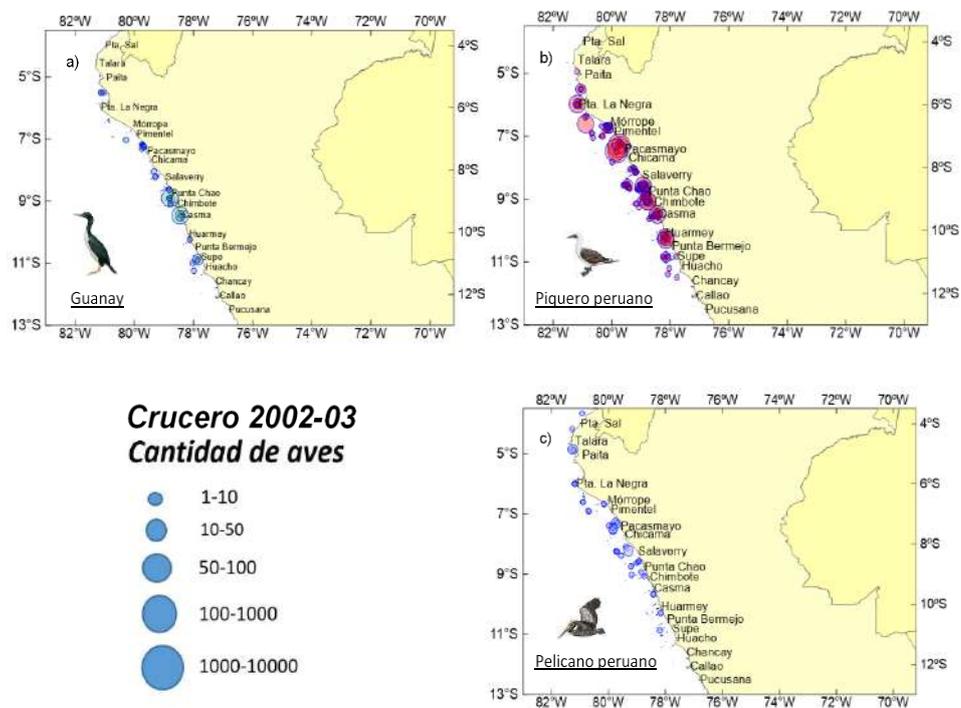


Figura 58. Distribución de aves guaneras (guanay, piquero peruano y pelicano peruano) en el "Crucero de Evaluación Hidro-acústica de Recursos Pelágicos 20-0203".

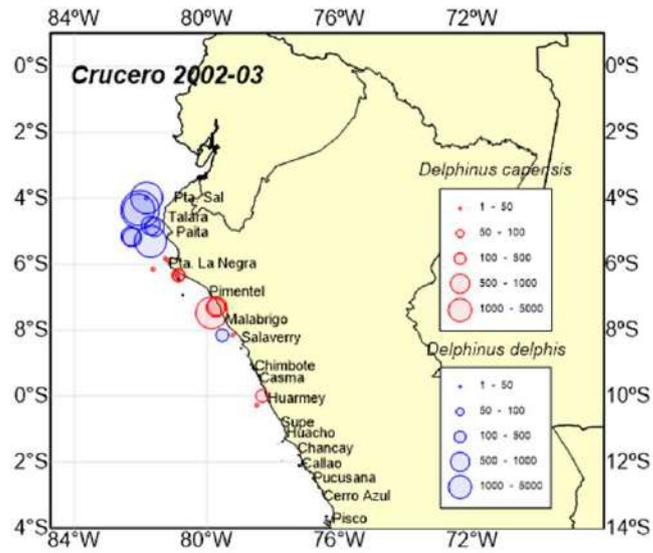


Figura 59. Distribución de mamíferos marinos en el “Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos 20-0203”.

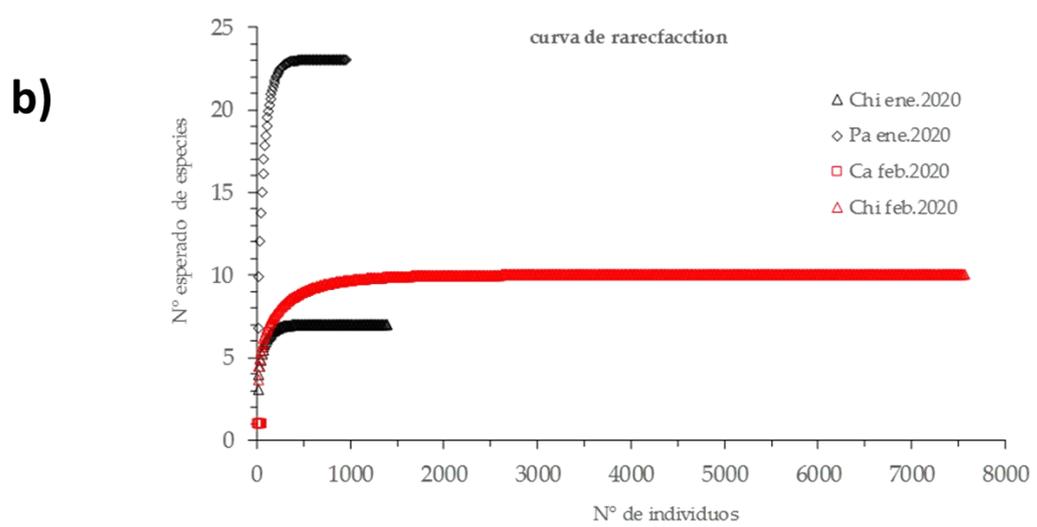
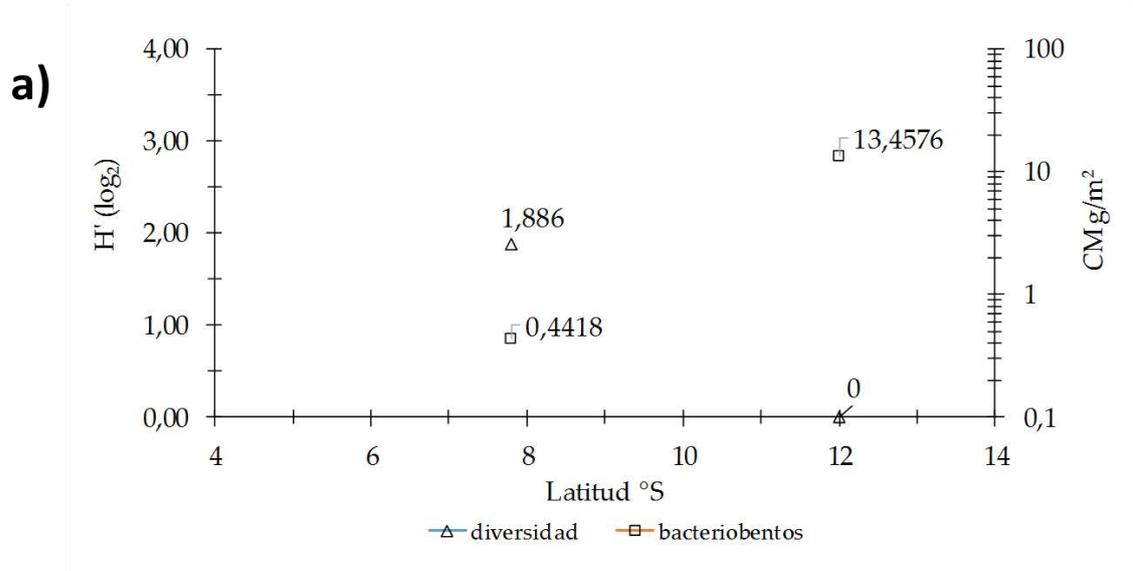


Figura 60. (a) Variación del índice de diversidad de Shannon y de la biomasa de *Candidatus Marithioploca* frente a las localidades de estudio, febrero 2020. (b) Comparación de las curvas de Rarefacción frente a Callao, Chicama y Paita en los meses de enero y febrero 2020. Para (b), nótese que la localidad de Chicama, presenta una mayor pendiente (en rojo, febrero), respecto a la curva inferior (en negro, enero), lo cual es un indicador gráfico de una mayor diversidad para este mes. En Paita (curva superior en negro) presentó una mayor diversidad de las tres localidades y un solo punto rojo para Callao (en rojo, febrero).

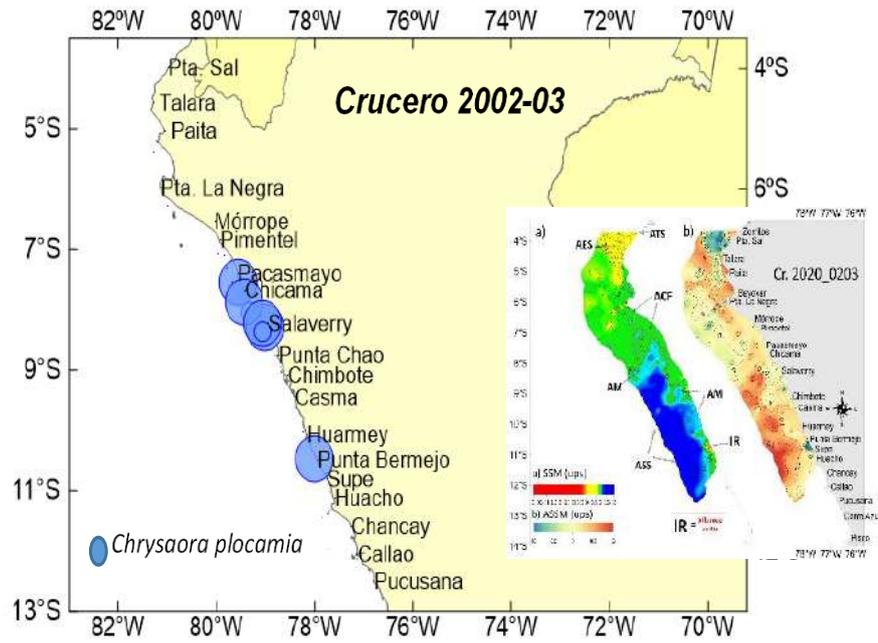


Figura 61. Presencia de medusas *Chrysaora plocamia* durante el “Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos 20-0203”.

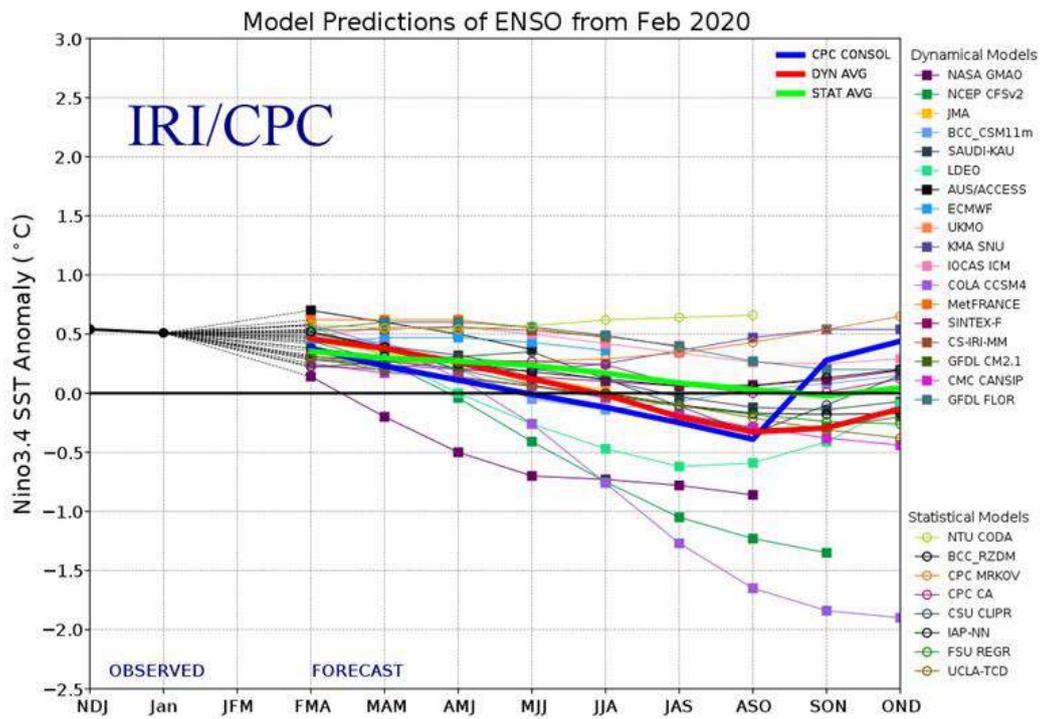


Figura 62. Pronóstico del índice Niño 3.4 mediante modelos climáticos estadístico y dinámico. Fuente: IRI/CPC, febrero 2020

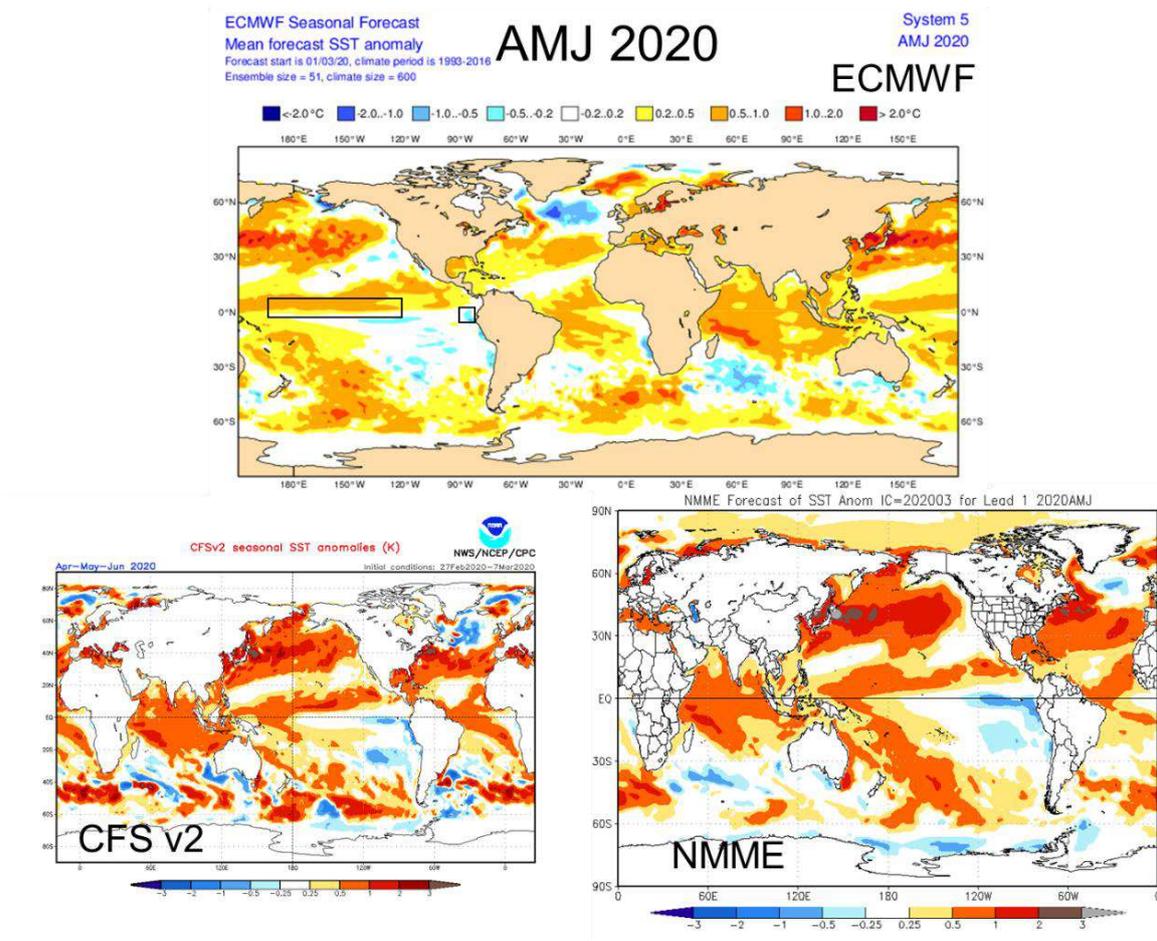


Figura 63. Pronóstico de la TSM para el trimestre AMJ 2020 del modelo ECMWF, CFSv2, y NMME (condiciones iniciales: inicios de marzo 2019). Los recuadros indican la región El Niño 3.4 y 1+2. Fuente: IRI/CPC.

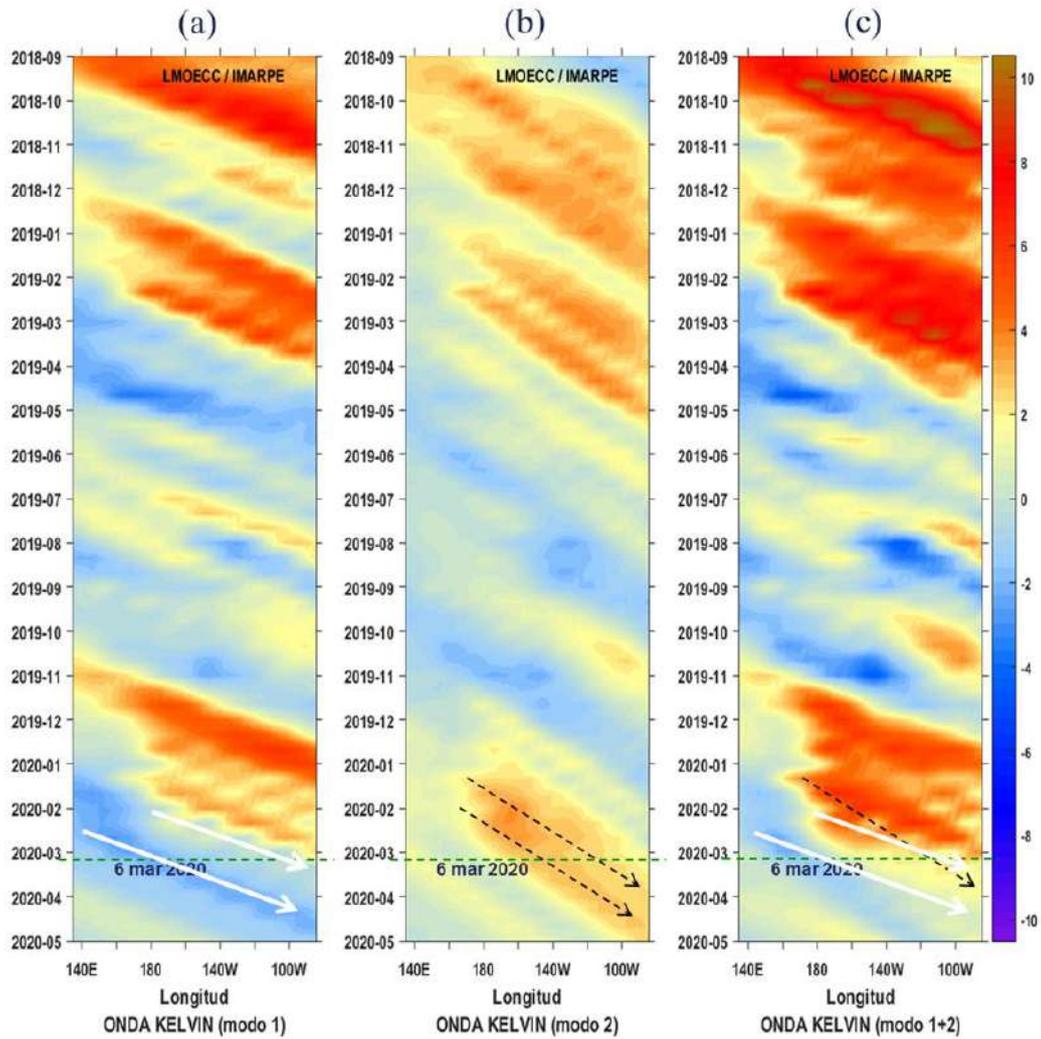


Figura 64. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).

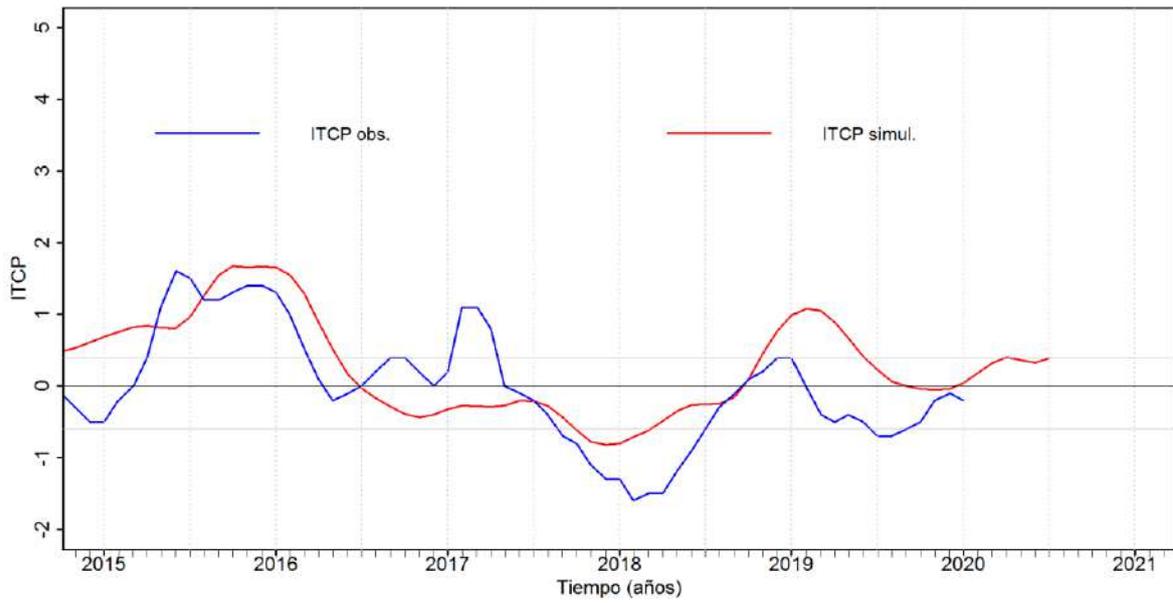


Figura 65. Pronóstico del ITCP mediante un modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia, con datos actualizados hasta el mes de febrero 2020. Fuente: IMARPE.

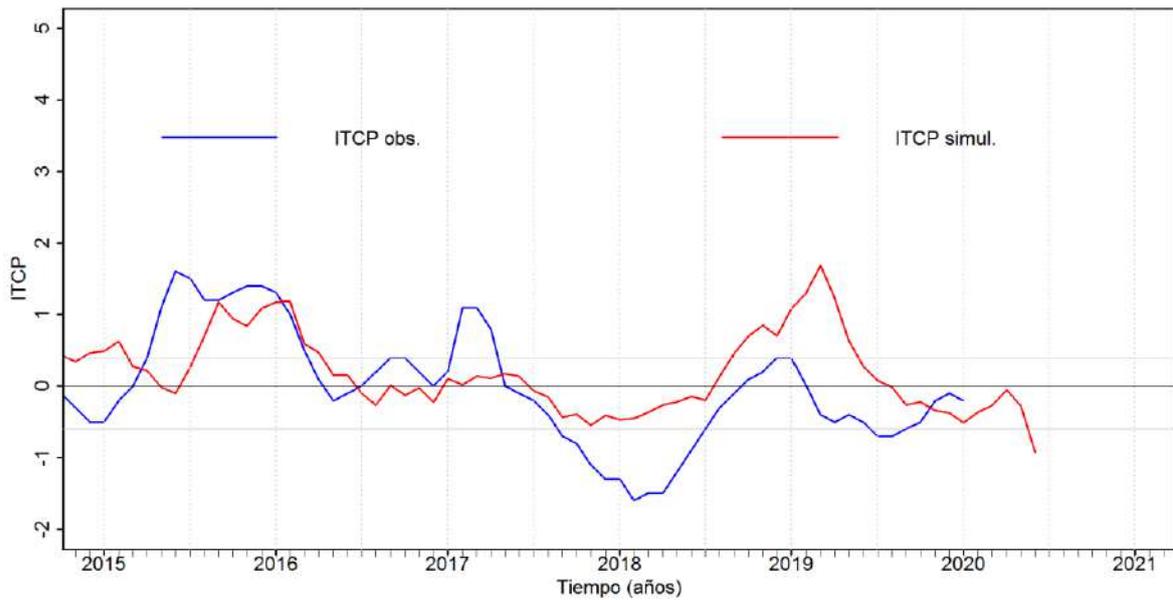


Figura 66. Pronóstico del ITCP mediante un modelo estadístico, con datos actualizados hasta el mes de febrero 2020. Fuente: IMARPE.