

Presupuestal por Resultados N°068

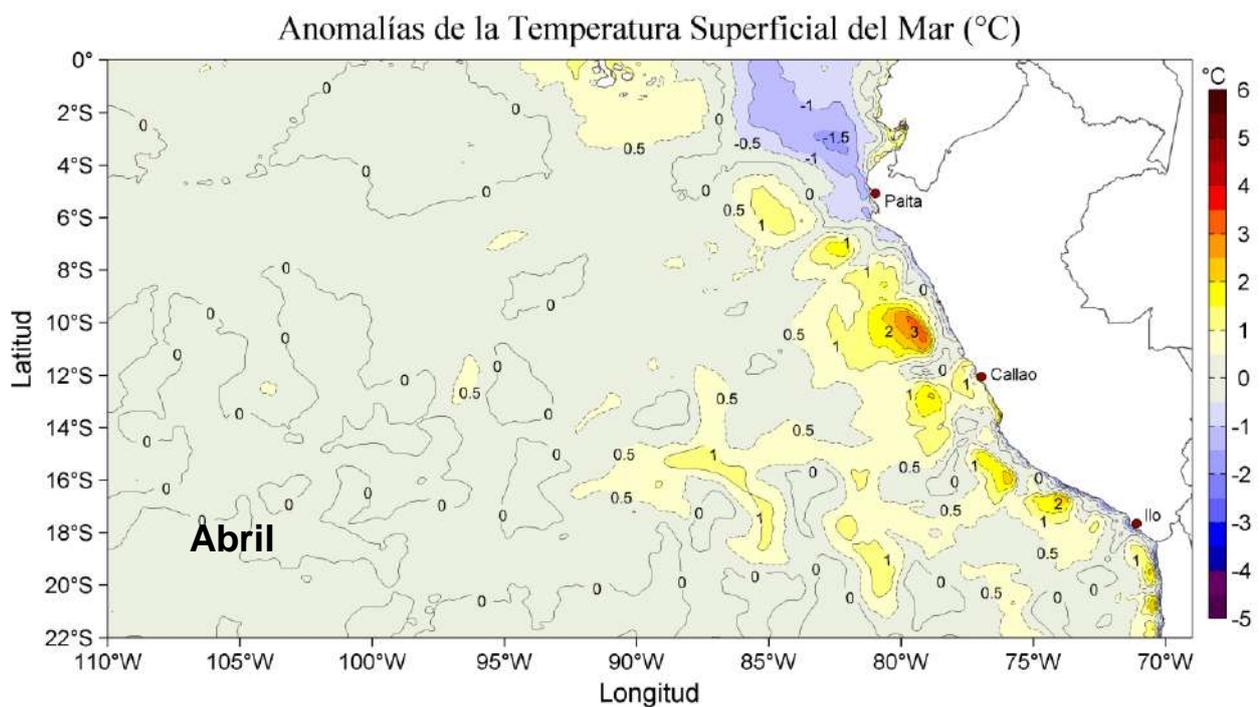
“Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de emergencias por Desastres”

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 ABRIL 2020



Abril, 2020

**INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ**

**GRUPO DE TRABAJO INSTITUCIONAL EL NIÑO**

**Informe de las Condiciones Oceanográficas y Biológico Pesqueras  
Abril 2020**

<b>I. RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>4</b>
<b>II. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>7</b>
<b>IV. CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS Y BIOLÓGICO-PESQUERAS ABRIL 2020 ..</b>	<b>13</b>
<b>1. CONDICIONES FÍSICAS EN EL PACÍFICO ECUATORIAL Y SUDORIENTAL.....</b>	<b>13</b>
<b>1.1. Aspectos Meteorológicos.....</b>	<b>13</b>
1.1.1. Distribución del campo de presión a nivel del mar.....	13
1.1.2. Radiación de onda larga y vientos en el Pacífico ecuatorial.....	13
<b>1.2. Aspectos oceanográficos.....</b>	<b>13</b>
1.2.1. Condiciones térmicas superficiales.....	13
1.2.2. Temperatura en la columna de agua.....	14
<b>2. CONDICIONES FRENTE A LA COSTA PERUANA.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1. Aspectos meteorológicos.....</b>	<b>14</b>
2.1.1. Velocidad del viento en la costa peruana.....	14
<b>2.2. Aspectos oceanográficos físicos.....</b>	<b>15</b>
2.2.1. Temperatura superficial del mar.....	15
2.2.1.1. Índices climáticos.....	16
2.2.2. Salinidad superficial del mar.....	16
2.2.3. Nivel del mar.....	17
2.2.4. Secciones oceanográficas.....	18
2.2.5. Estaciones fijas costeras.....	18
2.2.6. Boyas ARGO.....	19
<b>2.3. Aspectos biogeoquímicos y de productividad.....</b>	<b>19</b>
2.3.1. Oxígeno.....	19
2.3.2. Productividad.....	20
<b>2.4. Otras observaciones.....</b>	<b>21</b>

<b>3. INDICADORES ECOLÓGICOS Y BIOLÓGICO-PESQUEROS.....</b>	<b>21</b>
<b>3.1. Condiciones biológico – pesqueras de los recursos pelágicos.....</b>	<b>21</b>
<b>3.1.1. Anchoveta.....</b>	<b>21</b>
3.1.1.1. Distribución, capturas, tallas.....	22
3.1.1.2. Indicadores reproductivos y somáticos.....	22
3.1.2. Jurel ( <i>Trachurus murphy</i> ) y Caballa ( <i>Scomber japonicus</i> ).....	22
3.1.3. Otras especies.....	22
<b>3.2. Condiciones biológico – pesqueras de los recursos demersales y litorales</b>	
3.2.1. Merluza.....	22
3.2.2. Invertebrados.....	23
3.3.2. Otros recursos.....	24
<b>3.3. Indicadores ecológicos.....</b>	<b>24</b>
3.3.1. Especies indicadoras en la actividad pesquera.....	24
3.3.2. Depredadores superiores.....	24
3.3.2.1. Aves.....	24
3.3.3. Otros indicadores.....	25
3.3.3.1. Medusas.....	25
<b>4. PRONÓSTICO DE LAS CONDICIONES DEL PACIFICO ECUATORIAL Y FRENTE A LA COSTA PERUANA. ....</b>	<b>25</b>
4.1. Pronósticos a gran escala de las agencias internacionales.....	25
4.2. Propagación de ondas Kelvin.....	25
4.3. Pronósticos de la TSM frente a la costa del Perú.....	26
<b>V. REFERENCIAS.....</b>	<b>27</b>
<b>VI. RECONOCIMIENTOS.....</b>	<b>32</b>
<b>VII. TABLAS.....</b>	<b>33</b>
<b>VIII. FIGURAS.....</b>	<b>35</b>

## I. RESUMEN EJECUTIVO

El Grupo de Trabajo Institucional El Niño de IMARPE analizó la información recolectada de las condiciones meteorológicas, oceanográficas y biológico-pesqueras correspondiente al mes de abril de 2020 y actualizó las perspectivas ambientales.

A nivel de macroescala, el campo de presión a nivel del mar frente a la costa peruana presentó condiciones climatológicas y anomalías positivas entre +1 hPa y +2 hPa en la zona norte. La TSM del Pacífico ecuatorial presentó un descenso respecto al mes anterior y en la región Niño 1+2, zona más cercana a la costa de Sudamérica, una condición neutra (-0,37 °C). Mientras que, entre los 120 °W a 95 °W, en la capa de los 100 primeros metros, se observó la presencia de anomalías térmicas de +1 °C hasta fin de mes.

El mar peruano se caracterizó por temperaturas de 27 °C a 17 °C. En la zona costera la TSM se mantuvo en el rango neutral debido a la ocurrencia de vientos moderados a ligeramente fuertes a lo largo de la costa entre Paita y San Juan de Marcona. Por otro lado, en el sector oceánico prevaleció el calentamiento anómalo de hasta +3 °C frente al sector entre Casma y Chancay asociado con la presencia de aguas de 25 °C. El índice térmico costero peruano (ITCP) indicó un valor preliminar en abril de -0,3, dentro del rango de condiciones neutras frente a Perú. En la zona norte se registró el retroceso de aguas ecuatoriales superficiales (AES) hacia el norte de Paita y un predominio de aguas subtropicales superficiales (ASS) desde Paita hacia el sur, que, debido al proceso de afloramiento originado por los vientos, se generaron aguas de mezcla con aguas costeras frías (ASS+ACF) y ACF dentro de las 20 m.n.

Respecto a las anomalías del nivel del mar (ANM) frente a la costa peruana, se observó el impacto del paso de una onda Kelvin fría a inicios de abril, generando una disminución de los valores a un rango entre +6 cm y +9 cm en la zona costera. Posteriormente, en la última semana se detectó una nueva disminución de la ANM a lo largo de la mayor parte de la costa. Por otro lado, se observaron algunos núcleos de +10 cm, por fuera de los 100 km. A 100 km frente a Huarmey se observó un eje de ANM positivas, con núcleos de hasta +14 cm, asociados a la presencia de remolinos anticiclónicos.

La Prospección Biológico-Pesquera 2020-04 a bordo del BIC Flores en abril 2020 reveló la presencia de anomalías negativas de hasta -2,3 °C (con núcleos de condiciones neutras) entre Talara y Chicama, mientras que, al sur de Chicama, fuera de las 30 m.n. se observaron condiciones cálidas. Las concentraciones de sales indicaron predominio de las ASS, entre Paita y el sur Punta La Negra y frente a Chimbote; sin embargo, entre Chimbote y Chicama se ubicaron por fuera de las 20 m.n. Al norte de Paita, se presentaron aguas de mezcla entre las ASS y AES. En tanto, las ACF se localizaron entre Chicama y norte de Chimbote, alcanzando las 50 m.n. entre Chicama y Salaverry. La concentración de oxígeno disuelto en la superficie del mar presentó concentraciones bajas (entre 3,5 mL L<sup>-1</sup> y 4 mL L<sup>-1</sup>), asociadas a la intensidad del afloramiento.

Debido a la intensificación del afloramiento costero y a la expansión de las ACF se observó una ampliación en el área de distribución de la anchoveta en relación con lo observado durante el Crucero de Evaluación Hidro-acústica de Recursos Pelágicos 2002-03, A nivel biológico, hubo un incremento de cardúmenes con individuos más grandes que en las evaluaciones previas del verano, muy cercanos a la talla mínima de captura, y un menor número de juveniles.

La pesca artesanal registró bonito a lo largo de la costa, especies de la provincia panameña como chiri lomo negro y espejo en Tumbes y especies indicadoras de ACF como el pejerrey, que estuvo restringido a las 10 m.n. de costa de Ancash. Los principales recursos invertebrados presentaron una tendencia a la disminución. Respecto a los recursos demersales, se presentó un incremento de individuos adultos de merluza posiblemente relacionado con la circulación geostrofica, en sentido norte a sur, frente a Paita.

En la región Niño 1+2, las agencias internacionales pronostican valores dentro del rango entre  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  para el trimestre junio-julio-agosto 2020. Se prevé la llegada de una onda Kelvin fría (modo 1) durante mayo 2020, que contribuirá a la persistencia de las anomalías negativas de la TSM en la franja costera peruana. Se pronostican valores negativos del ITCP, pero dentro de condiciones neutras para el periodo mayo-agosto 2020.

## II. INTRODUCCIÓN

El Niño Oscilación Sur (ENOS) es el principal forzante que influye en la variación de las condiciones climatológicas interanuales en la cuenca del Océano Pacífico. El ENOS conjuga dos procesos, tanto oceánico (El Niño, EN) como el atmosférico (Oscilación del Sur) y se expresa mediante una fase cálida (EN) y una fase fría (La Niña, LN). Debido a los diversos efectos e impactos de este proceso en el ecosistema del Sistema de Afloramiento Peruano, que a su vez repercuten en los sistemas socioeconómicos, cada vez hay un mayor interés en mejorar el entendimiento de los factores que intervienen en su desarrollo, como en optimizar la anticipación al desenlace de posibles impactos extremos, constituyéndose en un principal propósito el poder generar alertas tempranas para mitigar daños.

Bajo este contexto, se conformó el Grupo de Trabajo Institucional El Niño del Instituto del Mar del Perú (IMARPE) para el monitoreo de las condiciones oceanográficas frente a Perú y de sus efectos ecológicos y biológico-pesqueros. Mensualmente se reporta el análisis del monitoreo de parámetros océano-atmosféricos en el Pacífico Ecuatorial oriental, poniendo mayor énfasis en la zona costera de Perú. Para estimar y entender los impactos de El Niño y de La Niña en el ecosistema del marino se analizan indicadores de la fertilidad y productividad del mar peruano, así como también la respuesta de los principales recursos hidrobiológicos y la actividad pesquera. Además, se presentan especies indicadoras de condiciones cálidas y frías registradas durante los monitoreos mensuales de IMARPE y la incidencia de las condiciones oceanográficas en las principales pesquerías. Finalmente, mediante el análisis de los pronósticos de las agencias internacionales y el uso de modelos numéricos implementados en IMARPE, se formula la previsión futura de los principales indicadores climáticos y oceanográficos asociados a El Niño / La Niña, principalmente a corto y mediano plazo.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 1. VARIABLES

Las principales variables utilizadas para el monitoreo de las condiciones ambientales, oceanográficas se resumen en la tabla III.1.

Debido al estado de emergencia generada por la pandemia del CODVID 19, algunos monitoreos no se pudieron realizar como en las estaciones costeras (temperatura disponible hasta el 16 de marzo), secciones oceanográficas, monitoreo de nutrientes, fitoplancton, zooplancton y bentos.

#### 2. ÍNDICES

**Índice del Anticiclón del Pacífico Sur (APS):** Los índices de intensidad (IAPS) y posición (ILAT, ILON) del APS, se calculan a partir de la anomalía de la presión atmosférica a nivel del mar máxima en la región del Pacífico oriental subtropical y su correspondiente posición longitudinal y latitudinal. Las anomalías se obtienen usando el periodo base 1981-2010. Los índices se determinan aplicando el promedio móvil de tres meses a las series mensuales de intensidad y posición. El IAPS se clasifica en 3 condiciones: débil ( $< -1,1$ ), neutro ( $-1,1 - 1,5$ ) e intenso ( $>1,5$ ), mediante 2 umbrales definidos por los percentiles 20 y 80 de la serie del período base.

Para los índices de posición ILON e ILAT se usan los percentiles 25 y 75, de tal forma que los valores positivos (negativos) de los índices ILON e ILAT sobre +4,2 y +1,6, respectivamente (debajo -3,9 y -1,1, respectivamente) representan un desplazamiento al este y al norte (al oeste y al sur) del APS con respecto a su posición climatológica. Los datos de presión se obtienen del re-análisis NCEP/NOAA (Kalnay et al. 1996) disponibles desde enero 1948 hasta el presente.

**Índice de Afloramiento Costero (IAC):** Estima la intensidad del afloramiento o el transporte de masas de agua con referencia a la línea de costa. El IAC se basa en el transporte de Ekman, el cual es calculado, de acuerdo a Bakun (1975), a partir del esfuerzo de viento sobre la superficie y el parámetro de Coriolis. El cálculo final del IAC (Bakun, 1975) toma en cuenta el transporte de masa entre la densidad del mar, multiplicado por el coseno de ángulo formado por la diferencia entre el ángulo de costa y la dirección del viento. El ángulo usado para la línea de costa fue de  $145^{\circ}$ . Existe información de este índice desde enero 2000 hasta la actualidad, tomando en cuenta información satelital de los satélites de vientos de QuickScat y ASCAT.

**Datos e índices de Temperatura Superficial del Mar (TSM):** Las anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (ATSM) en las regiones Niño se evalúan con la media móvil de tres meses, en periodos semanales (OISST.v2) y mensuales (ERSST.v5), ambos con climatología de 1981-2010 (CPC-NCEP-NOAA). Las ubicaciones de las regiones Niño en el Pacífico Ecuatorial son: Niño 1+2 ( $0^{\circ} - 10^{\circ}\text{S}, 90^{\circ}\text{W} - 80^{\circ}\text{W}$ ), Niño 3 ( $5^{\circ}\text{N} - 5^{\circ}\text{S}, 150^{\circ}\text{W} - 90^{\circ}\text{W}$ ), Niño 3.4 ( $5^{\circ}\text{N} - 5^{\circ}\text{S}, 170^{\circ}\text{W} - 120^{\circ}\text{W}$ ), Niño 4 ( $5^{\circ}\text{N} - 5^{\circ}\text{S}, 150^{\circ}\text{W} - 160^{\circ}\text{E}$ ). Los mapas de la TSM y la ATSM (climatología 2007–2016), se generan en base a datos de OSTIA (UK Met Office, 2012). Las anomalías del contenido de calor en el Pacífico ecuatorial proceden de TAO-TRITON (TAO Project Office, NOAA/PMEL).

**Índice térmico Laboratorios Costeros (LABCOS):** Refleja la amplitud de la variabilidad de la temperatura superficial del mar (TSM) en el litoral peruano, la cual está asociada a las condiciones climáticas y oceanográficas a lo largo de la costa peruana.

Se calcula a partir de promedios mensuales de las anomalías de la TSM (ATSM) obtenidas de las estaciones costeras Paita, Chicama, Chimbote, Callao, Pisco e Ilo del IMARPE, así como la estación costera San Juan de la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) desde 1976. Se determina de la media móvil corrida cada tres meses de las anomalías térmicas obtenidas en las estaciones costeras mencionadas. Categorías: LN Fuerte ( $<-1,31$ ), LN Moderado ( $-1,31 - -1,10$ ), LN Débil ( $-1,10 - -0,78$ ), Neutro ( $-0,78 - 0,27$ ), EN Débil ( $0,27 - 0,78$ ), EN Moderado ( $0,78 - 1,37$ ), EN Fuerte ( $1,37 - 2,77$ ), EN Muy Fuerte ( $>2,77$ ). Más detalles en Quispe & Vásquez (2015).

**Índice Térmico Costero Peruano (ITCP):** Indicador del efecto del ENOS y de la circulación marina en la variabilidad térmica del océano costero del Perú caracterizado por el afloramiento costero. Se estima empleando los promedios mensuales de la TSM obtenidos del producto NOAA NCDC OISST v2 para el periodo 1982-2014 (Reynolds et al, 2007). Para ello se toma en cuenta el área de afloramiento, limitado por el máximo gradiente termal zonal del promedio anual de la TSM, seleccionando los puntos de grilla adyacentes a la costa (a 40 Km en promedio). Se calcula como la media móvil de tres meses de la primera componente principal (CP1) reducida de las anomalías térmicas de la zona costera. Se expresa en unidades de desviación estándar de la CP1. Categorías: LN fría ( $<-0,6$ ), Neutro ( $0,4 - -0,6$ ), EN cálido ( $>-0,4$ ). Mayor información se encuentra en Quispe-Ccalluari et al. (2016).

**Índices de la termoclina, oxiclina, y profundidad de la Zona Mínima de Oxígeno (ZMO):** Como indicador de la termoclina, definida como la capa con el máximo gradiente de temperatura en la columna de agua, se utiliza a la isoterma de 15 °C. Como indicador de la oxiclina costera, definida como la capa con el máximo gradiente de Oxígeno Disuelto (OD) en la columna de agua, se utiliza a la iso-oxígena de 1 mL L<sup>-1</sup>. La ZMO se define como los cuerpos de agua con concentraciones menores a 0,5 mL L<sup>-1</sup> y para identificar a que profundidad se ubica, se toma en cuenta su límite superior. Las anomalías de la profundidad de la termoclina y la oxiclina se calculan a partir de la climatología con periodo base 1981-2010 desarrollada por Domínguez, et al., 2017 y Graco et al. 2020, en prensa, respectivamente.

**Índices de actividad de mesoescala:** 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). A partir de la identificación se calculó el número de remolinos detectados, el radio de los remolinos y la energía cinética de los remolinos.

**Índices reproductivos de anchoveta:** La información del proceso reproductivo de la anchoveta proviene de los muestreos biológicos realizados en las diferentes sedes regionales del IMARPE (Paita, Chimbote, Huanchaco, Huacho, Callao, Pisco e Ilo). A partir de esta información se determinan los siguientes índices reproductivos: índice gonadosomático (IGS), que es un indicador de la actividad reproductiva, fracción desovante (FD), que es un indicador directo del proceso de desove, y contenido graso (CG), que es un indicador de la condición somática del recurso, mostrando la reserva energética del mismo (Buitrón et al., 2011). El IGS se calcula mediante la relación del peso de la gónada y el peso eviscerado del pez (Vazzoler, 1982), contándose con información desde 1986. La FD, se calcula como el cociente de las hembras que están en condición de desovantes sobre el total de hembras analizadas, expresado en porcentaje; con información disponible desde 1992. El CG, se determina mediante la extracción de grasa total por el método de Soxhlet (A.O.A.C., 1990), el cual es expresado en porcentaje, con información desde 2002.

### 3. IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES

**Bentos:** La literatura especializada comprende, para Polychaeta: Fauchald (1977) y Hobson & Banse (1981); Mollusca: Álamo & Valdivieso (1997); Crustacea (macrocrustáceos): Chirichigno (1970), Crustacea (Amphipoda): Barnard & Karaman (1991), Jiménez (2018), entre otros.

**Fitoplancton:** Para la identificación taxonómica se utilizaron los trabajos de Hustedt (1930), Cupp (1943), Hendey (1964), Sounia (1967), Schiller (1971), Sundström (1986), Ochoa & Gómez (1987), Hasle & Syvertsen (1996) y Steidinger & Tangen (1996).

**Zooplancton e ictioplancton:** Para la determinación de las especies del zooplancton se utilizaron principalmente los trabajos de Santander (1967), Santander et al. (1967, 1981), Gómez (1982), Sandoval de Castillo (1997), Carrasco (1989), Aronés (1997), Boltovskoy (1981,1999), Boden (1955), Briton (1962), Veliz (1981) y Quesquén (2005, 2017), mientras que para el ictioplancton se consultó los trabajos de Einarsson & Rojas de Mendiola (1963), Guzmán & Ayón (1995), Sandoval de Castillo (1979), Santander & Sandoval de Castillo (1969, 1971, 1972,1973, 1977, 1979) y Moser (1996).

**Peces:** La literatura de consulta para la identificación taxonómica comprende Chirichigno & Vélez (1998), Fischer et al. (1995) volúmenes II y III de FAO y para la verificación de la distribución de las especies Chirichigno & Cornejo (2001) y la base de datos FishBase (<https://www.fishbase.de/>).

**Depredadores superiores:** Para la identificación de presas en la dieta de aves guaneras se utilizó la guía de identificación de García-Godos (2001), para la identificación taxonómica de aves y mamíferos marinos se revisaron las guías de identificación de Reyes (2009), Folkens & Reeves (2002), Schulenberg et al. (2009), Harrison & Peterson (1991).

### 4. INDICADORES BIOLÓGICOS

Los indicadores biológicos se definen como aquellos organismos altamente sensibles a las condiciones del medio ambiente, ya que dependen de estas condiciones para su migración y cuya densidad disminuye, cuando las condiciones ecológicas han cambiado o cuando su etapa biológica ha terminado (UNESCO, 1981).

**Fitoplancton.** Para definir los indicadores de masas de agua del fitoplancton se tomaron en cuenta los trabajos de Rojas de Mendiola et al. (1981), Ochoa et al. (1985), Zuta y Guillén (1970), Antonietti et al. (1993), Ochoa & Gómez (1997) y Gutiérrez et al. (2005).

**Zooplancton.** Para definir los indicadores de masas de agua del zooplancton se tomaron en cuenta los trabajos de Santander & Carrasco (1985), Ayón & Girón (1997), Ayón et al. (1999), Abanto (2001), Arones & Ayón (2002) y Gutiérrez et al. (2005).

**Peces:** Para especies indicadores de la actividad pesquera se analiza información proveniente de los Laboratorios Costeros de IMARPE, referida a las observaciones de especies atípicas de la región o el lugar. Esta información es contrastada con las distribuciones conocidas de las especies indicadas en la bibliografía especializada de Chirichigno & Cornejo (2001), Moscoso (2012) y bases de datos como FishBase. En algunas ocasiones se reportan especies de otros grupos biológicos, en esos casos se utiliza literatura especializada como la de Moscoso (2012).

**Depredadores superiores.** Las aves, mamíferos y tortugas marinas son indicadores del ecosistema y expresan cambios ocurridos a diferentes niveles tróficos por lo que son utilizados como indicadores indirectos en los cambios en la distribución y disponibilidad de sus presas, así como cambios en el medio marino. Para evidenciar esta información se utilizó bibliografía especializada de Murphy (1936), Jordán & Fuentes (1966), Tovar et al. (1984, 1987, 1988), Crawford (1987), Cairns (1987), Vanstreet (2011), Trigo (2011), Quiñones et al. (2010), Trites (1997), Majluf & Trillmich (1981).

## 5. MODELOS DE PRONÓSTICO

**Modelos dinámicos y estadísticos de predicción de ENOS de las agencias internacionales:** Para el pronóstico de las series de tiempo en la región Niño 3.4, el *International Research Institute for Climate and Society* en colaboración con NOAA *Climate Prediction Center* (CPC) compila mensualmente los pronósticos de 26 modelos de agencias internacionales: 18 modelos dinámicos y 8 modelos estadísticos que pronostican los valores de la serie de tiempo de anomalías de la temperatura superficial del mar en la región Niño 3.4 (120 °E – 170 °W, 5 °N – 5 °S) con un horizonte de pronóstico entre 4 y 9 meses de anticipación (IRI, marzo 2020). Por otro lado, para el pronóstico espacial de las anomalías de la TSM, de manera trimestral, se presentan tres de los modelos dinámicos a escala global: ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts model*), CFSv2 (*Coupled Forecast System model* de la NOAA) y NMME (*North American Multi-Model Ensemble model* de la NOAA).

**Modelo Oceánico de Complejidad Intermedia:** Con el fin de detectar la propagación de las Ondas Kelvin Ecuatoriales (OKE), se ejecuta un modelo oceánico de complejidad intermedia con 3 modos baroclínicos, forzado con vientos del NCEP (Kalnay et al. 1996), siguiendo la metodología de Illig et al. (2004) y Dewitte et al. (2002). La señal de las OKE puede ser descompuesta en modos normales de oscilación que se propagan a diferentes velocidades. Los primeros dos modos (modo 1, modo 2) sumados proporcionan la mayor contribución a la anomalía del nivel del mar.

**Modelos de pronóstico para el ITCP:** Se emplearon dos metodologías para pronosticar la serie de tiempo del ITCP con un horizonte de 4 meses de anticipación. Las metodologías consisten en (1) un 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), y (2) un modelo basado en las salidas de un 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).

Tabla III.1. Principales variables y bases de datos utilizados en el presente informe.

VARIABLE	FUENTE														PERIODO		FRECUENCIA	REFERENCIA	AREA RESPONSABLE	OBSERVACIONES			
	Observaciones <i>in situ</i>							Satélite/Reanálisis				Modelos											
	Estaciones costeras	Secciones verticales	Estaciones fijas	Cruceros	Boyas TAO/TRITON	Programa Bitácoras de Pesca (BBP)	Seguimiento de Pesquerías	Monitoreo de islas, puntas, playas, estuarios, etc.	Alerta de fauna marina varada	ESR/NOAA	Re-análisis NCEP/NOAA	QuickScat + ASCAT	Producto OSTIA	Producto CMEMS	SeaWIFS + MODIS	GFS					MERCATOR Ocean	Operatividad	Climatología
<b>VARIABLES ATMOSFÉRICAS</b>																							
Condiciones Atmosféricas	Radiación de Onda Larga																	1974-Actual	1981-2010	mensual	www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/ensodisc.html	LMOECC/AFIOF/DGIOCC	- Resolución: 2,5°
	Presión Atmosférica																	1948-Actual	1981-2010	Diario	Kalnay et al. (1996)		- Resolución: 2,5°x2,5°
	Vientos																	1948-Actual	1981-2010	Diario	Kalnay et al. (1996)	- Resolución: 2,5°x2,5°	
																		2000-Actual	2000-2014	Pentadal/mensual	Chelton et al. (2006) Bentamy et al. (2009)	LCSR/LHFM/AFIOF/DGIOCC	- Resolución: 0,25°
																	1970-Actual	2000-2014	Diaria	https://pae-paha.pacioos.hawaii.edu/erddap/griddap/ncep_global.html		- Resolución: 0,5°	
<b>VARIABLES OCEANOGRÁFICAS</b>																							
Condiciones Oceanográficas Físicas	Temperatura del Mar		X															1963-Actual	1981-2010	Diaria/mensual	(Grados & Vásquez, en prep.)	LHFM/AFIOF/DGIOCC	- Paíta desde 1963 - Callao desde 1970 - Pisco desde 1976 *Las estaciones fijas se dan en el marco del PPR-068 de IMARPE.
				X														1960-Actual	1981-2010	mensual	Domínguez et al (2017)		
					X														2015-Actual	1993-2010	quincenal		Anculle et al (2015)
						X													1960-Actual	1981-2010	variable		Domínguez et al (2017)
							X												1977-Actual		Diaria		www.pmel.noaa.gov/tao/drupa/l/disdell/
	Nivel del Mar																	2006-Actual	2007-2016	Diaria	Donlon et al. (2012)		
														X				1993-Actual	1993-2012	Diaria	Schaeffer et al. (2016) Pujol et al. (2016)		- Resolución: 0,054° - Resolución: 0,25° - A partir de este producto se derivan flujos geostrofos
	Salinidad		X															1963-Actual	1981-2010	Diaria/mensual	(Grados & Vásquez, en prep.)		Paíta desde 1963 Callao desde 1950 Pisco desde 1976
				X														2015-Actual	1981-2010	mensual	Domínguez et al (2017)		
					X														2015-Actual	1993-2010	quincenal		Anculle et al (2015)
					X													1960-Actual	1981-2010	variable	Domínguez et al (2017)		
Corrientes Marinas																	X	1993-Actual	1993-2015	Diaria	Lellouche, J.-M. et al. (2013)	- Resolución: 0,083°	
			X														1960-Actual		mensual				
Condiciones Oceanográficas	Oxígeno y Nutrientes			X													2015-Actual	1981-2010	mensual	Graco et al (2020, en prensa)	LHQM/AFIOQG		
					X													2015-Actual	1993-2010	quincenal		Anculle et al (2015)	



## **IV. CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS Y BIOLÓGICO-PESQUERAS EN ABRIL 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 APS presentó en promedio, durante abril 2020, un núcleo centrado en (90°W, 30°S) con una intensidad máxima de ~1020,8 hPa (alrededor de su valor climatológico, 120 hPa), encontrándose desplazado ligeramente al noreste de su posición normal (Figuras 1 y 2 a). El campo de presión mensual presentó anomalías cercanas a cero en la región subtropical oriental y anomalías de presión entre +1 hPa y +2 hPa en la región tropical y frente a la costa norte peruana (Figura 2 b). Los índices IAPS, ILON e ILAT del APS, para el trimestre FMA 2020, presentaron valores de +0,9 hPa, -4,0° y +0,5° respectivamente, evidenciando que el núcleo del APS presentó una intensidad dentro del rango normal (Figura 3 a) y que estuvo desplazado al oeste de su posición climatológica. El valor mensual del IAPS en abril fue -0,6 hPa, mientras que los valores mensuales de los desplazamientos longitudinal y latitudinal del APS fueron de +4,2° y +2,8° respectivamente, indicando un desplazamiento al noreste de su posición 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 al sur del Pacífico ecuatorial central, indicando condiciones de subsidencia, con núcleos intensos entre los 160 °W y 130 °W. Así también, al norte de la línea ecuatorial y frente a la costa sudamericana se observó anomalías negativas entre los 110 °W y 90 °W relacionadas a la convección (Figura 4).

La componente zonal del viento en la franja ecuatorial de 5 °S a 5 °N, mantuvo dirección predominante de los vientos alisios con un rango entre 2,0 m s<sup>-1</sup> a 7,0 m s<sup>-1</sup> en el área comprendida entre 160 °W y 100 °W. En la región entre 150 °W hasta los 80 °W, la velocidad zonal del viento presentó condiciones normales, mientras que al este de los 120 °W se presentaron anomalías del oeste que exhibieron magnitudes de alrededor de 2,0 m s<sup>-1</sup> (Figura 5).

#### **1.2. Aspectos oceanográficos**

##### **1.2.1. Condiciones térmicas superficiales**

La TSM presentó en la zona central del Pacífico ecuatorial condiciones neutras, observándose el descenso de las anomalías positivas en esta zona respecto a los meses anteriores, mientras que, en el lado oriental, se observó un núcleo disminuido de anomalía de +0,5 °C. Cerca de Sudamérica, el área con anomalía de -1 °C se amplió frente al Ecuador, mientras que, en zonas oceánicas frente a Perú, continuaron observándose áreas con anomalías positivas de superiores a +1 °C (Figura 6).

La variación semanal de las ATSM en las regiones Niño (Figura 7) muestra que se mantuvo la presencia de anomalías positivas en todas estas, con una tendencia al descenso. En la región Niño 1+2, se registró un rápido descenso de la ATSM durante la primera quincena de abril, aumentando ligeramente la tercera semana del mes, para luego disminuir hacia fines del mes a un valor de +0,1 °C.

## 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), mostró un núcleo de anomalía positiva y un área elongada con dos núcleos de anomalías negativas. El núcleo positivo, que alcanzó anomalías de hasta +3 °C, estuvo ubicado a 115°W y encima de los 50 m a inicios del mes proyectándose hasta los 105°W hacia fines de mes. Por otro lado, el núcleo con anomalías negativas centradas alrededor de los 155 °E, continuó expandiéndose hacia el Pacífico oriental por debajo de los 100 m, mientras que el núcleo frío (-0,5 °C) a 110°W entre 50 m a 100 m solo pudo observarse durante las dos primeras pentadas del mes (Figura 8).

Las anomalías del contenido de calor en la capa de 300 m entre 2°S a 2°N y 156°W a 95°W, siguieron exhibiendo la tendencia negativa presente desde los últimos meses de 2019. El Pacífico occidental entre los 156°E y 155°W continuó presentando anomalías negativas desde marzo 2020, llegando a valores de ~ -0,3 °C hacia fines de abril. En el Pacífico oriental (140°W a 95°W) y el Pacífico ecuatorial central-oriental (180°W a 95°W) se presentaron tendencias negativas desde mediados de octubre, alcanzando ambas series anomalías negativas para el mes de abril (Figura 9). La figura 10 también evidencia el enfriamiento y su proyección hacia el este en el Pacífico Ecuatorial.

## 2. CONDICIONES FRENTE A LA COSTA PERUANA

### 2.1. Aspectos meteorológicos

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

En abril se presentaron velocidades de viento moderados (entre 4,1 m s<sup>-1</sup> a 6,8 m s<sup>-1</sup>) a fuertes (> 6,8 m s<sup>-1</sup>) tanto frente a la costa como en la zona oceánica. A lo largo de gran parte de la costa se registraron vientos moderados entre el 01 al 10 y entre el 21 al 25 de abril, mientras que entre el 11 al 20 y entre 26 al 30 de abril, predominaron vientos fuertes. Por otro lado, en la zona oceánica predominaron vientos moderados a fuertes (Figura 11). Respecto a las anomalías de la velocidad del viento (AVV), en la zona costera, fluctuaron entre positivas a negativas. Entre 01 y 15 de abril, predominaron condiciones neutras, y las anomalías positivas (> +1,0 m s<sup>-1</sup>) se presentaron principalmente en la zona norte, entre Lambayeque y Chimbote, mientras que entre el 21 y 25 de abril predominaron anomalías negativas, y finalmente entre el 26 y 30 de abril se presentaron anomalías de viento positivas tanto en la zona oceánica como en la zona costera. Por lo otro lado, al inicio del mes, al norte de Paíta se presentaron AVV negativas, asociadas al posicionamiento estacional de la Zona de Convergencia Inter Tropical (ZCIT) en el lado sur de la línea Ecuatorial, que luego cambiaron a anomalías cercanas a cero a positivas, asociadas al desplazamiento de la ZCIT hacia el hemisferio norte, sobre Colombia y la zona cercana al Golfo de Panamá. (Figura 12).

A lo largo de la franja costera dentro de los 40 km, predominaron vientos moderados a ligeramente fuertes. Al norte de Chimbote, predominaron vientos moderados, mientras que en la zona centro sur, entre Huacho y San Juan de Marcona, los vientos variaron entre moderados a fuertes, alcanzando su mayor intensidad entre los días 26 y 30 de abril (Figura 13 a). Las AVV variaron entre negativas a positivas, predominando anomalías negativas débiles (< -1,0 m s<sup>-1</sup>) en gran parte de la franja costera, con presencia focalizada de anomalías positivas (> +1,0 m s<sup>-1</sup>), entre Callao y San Juan de Marcona, entre los días 26 y 30 de abril (Figura 13 b).

El afloramiento costero se reactivó desde Paita a San Juan de Marcona, con excepción de la zona central (11 °S a 12 °S), con valores de IAC mayores a  $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 100\text{m}^{-1}$ , durante gran parte del mes (Figura 13 c).

## **2.2. Aspectos oceanográficos físicos**

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

La TSM en el Pacífico tropical oriental presentó valores de 29 °C en el extremo norte del área de estudio, a superiores a 17 °C (en la celda de afloramiento de Pisco-San Juan de Marcona). El mar peruano dentro de las 200 m.n., se caracterizó por presentar una franja costera con TSM menores de 21 °C, advección de aguas relativamente más frías de Paita al Noroeste (NO), temperaturas de hasta 27 °C en el sector oceánico frente a Punta Falsa, dos zonas con intensos contrastes térmicos conformadas por 7 y 6 isotermas, frente a Huacho y a Camaná, respectivamente, debido al acercamiento de aguas cálidas de 26 °C y 23 °C, respectivamente. En un contexto regional, al norte del ecuador geográfico, las isotermas tuvieron una configuración zonal, destacando el aporte significativo de aguas relativamente frías procedentes de la costa norte del Perú a la región ecuatorial (Figura 14 a). Las anomalías térmicas (Figura 14 b) indicaron el predominio de condiciones dentro del rango neutral en la franja adyacente a la costa, notándose una zona de enfriamiento frente y hacia el NO a Paita, y otra zona de calentamiento leve adyacente al Callao. Por fuera de esta banda costera persistieron núcleos cálidos anómalos que estuvieron asociados con las máximas anomalías positivas del nivel del mar y a la presencia de estructuras de anticiclónicas de mesoescala. El mayor calentamiento anómalo (+3 °C) ocurrió entre Casma y Chancay asociado con la presencia de aguas de 25 °C (Figura 14 b).

La disminución permanente de la TSM de una pentada a otra fue propia de este mes (Figura 15), condición que ocurrió con mayor intensidad en la primera quincena, mientras que, en la segunda quincena, la intensidad declinó y la amplitud se incrementó. Ocurrieron cambios en la distribución de la TSM al término de la primera quincena (Figura 16 a, c) que se caracterizó por presentar aguas menores de 21 °C que se restringieron al borde costero, advección hacia el NO de las isotermas de 22-26 °C, persistencia de aguas de 28 °C por fuera de 84 °W al norte de 8 °S, y persistencia de núcleos de 30 °C al norte de 3 °N. A partir del 15 (Figura 16 d) y hasta el 29 de abril (Figura 16 f) ocurrió un enfriamiento del sector costero proyectándose por fuera de la costa, los núcleos de aguas de 28 °C que disminuyeron paulatinamente en cobertura y desaparecieron al término del mes (Figura 16 f). Asimismo, se apreció una clara configuración zonal de las isotermas al norte del ecuador geográfico frente al mar panameño y Cuenca Pacífica Colombiana.

Las anomalías térmicas promedio cada 5 días indicaron la persistencia de enfriamiento en la costa norte y hacia el NO con núcleos puntuales de hasta -2 °C. Condiciones cálidas en el sector costero ocurrieron al norte de Talara, presentando mayor cercanía a la costa frente al Callao y hacia el sur especialmente en la primera quincena. Durante el mes de abril 2020, el máximo calentamiento anómalo de hasta +3 °C prevaleció frente a 9 °S y 12 °S asociado con la presencia de una estructura anticiclónica (Figura 17).

Las variaciones latitudinales de las anomalías térmicas en la franja de ~111 km adyacente a la costa (Figura 18 a) indicaron, en promedio, la disminución de la TSM de 2 °C de Pisco a Paita y de 4 °C al sur de Camaná. La Figura 18 b refiere de la presencia de núcleos cálidos de Callao al sur en los primeros 15 días, así como predominio de condiciones neutras en la segunda quincena.

Los valores promedio mensuales (Tabla 1 y Figura 19) de la TSM (°C) y las ATSM (°C) para la grilla más costera del producto OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met. Office, 2012; Donlon et al, 2012) variaron entre 27,2 °C (Tumbes) y 16,8 °C (Ilo). Las anomalías térmicas oscilaron entre -2,1 °C (Ilo) y 1,8 °C (Tumbes).

### **2.2.1.1. Índices climáticos**

Las series de tiempo de los índices climáticos LABCOS (Quispe & Vásquez, 2015), ITCP (Quispe-Ccalluari et al., 2016), ICEN (Takahashi, et al. (2014), y ONI (Huang et al, 2017) se presentan en la Tabla 2 y la Figura 20. En el mes de abril no se disponen de datos para estimar el valor preliminar del índice LABCOS para este mes; de noviembre 2019 (+0,32) a enero 2020 (+0,47) este índice presentó una tendencia sostenida a incremento, declinando 0,02 en febrero; el valor preliminar para marzo (+0,47) indicaba la persistencia de condiciones térmicas cálidas de categoría débil en el litoral peruano.

El valor preliminar para la primera componente principal del ÍTCP fue -0,3; los últimos valores estimados fueron -0,3 y -0,2 para febrero y enero 2020, respectivamente; -0,1 para diciembre y -0,2 para noviembre, indicando la persistencia de una condición neutral (negativo) para la zona de afloramiento del mar peruano.

A escala regional, el ICEN presentó un valor preliminar de +0,47 para abril, manteniendo valores en el umbral de la condición neutral positiva desde noviembre con excepción de febrero 2020 (+0,6).

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

La salinidad superficial del mar (SSM) para el mes de abril 2020, según el producto Mercator Océan, continuó presentando una intromisión costera de las aguas tropicales superficiales (ATS; SSM < 34,0 ups) hasta Talara. Por otro lado, las aguas ecuatoriales superficiales (AES; SSM < 34,8 ups) se habrían replegado hacia el norte permitiendo el avance de las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS, SSM >35,1 ups) hacia la costa norte, generando así, amplias áreas de mezcla con las ASS frente a Paita y Lambayeque. Hacia el sur, se mantuvo el acercamiento de las ASS hacia la costa central con un mayor acercamiento (< 20 m.n.) entre Chicama y Atico, mientras que, las aguas costeras frías (ACF; SSM entre 34,8 – 35,1 ups) se mantuvieron hasta Huarmey y al sur de Atico donde se proyectaron hacia mar afuera, propiciando mezcla con ASS por fuera de las 50 mn. Asimismo, el filamento de baja salinidad (< 34,8 ups) al norte de Ilo, estuvo asociado a la descarga del río Osmore (Figura 21).

Contrastando la información del producto Mercator con la información in situ proveniente de la Prospección Biológico-Pesquera de la anchoveta 2020-04, realizada por el IMARPE entre el 14 y el 28 de abril, podemos notar el predominio de las ASS desde Paita hacia el sur, generando aguas de mezcla (ASS+ACF) y ACF replegadas a la costa, dentro de las 20 m.n. frente a Pimentel y entre Chicama y Salaverry (Figura 41 c-d).

A nivel pentadal, la intromisión de las ATS hacia Talara se mantuvo durante todo el mes, mientras que, el repliegue paulatino de las AES en asociación a un desplazamiento de las ASS hacia el norte se habría producido principalmente a partir de la segunda pentada (Figura 22 b) hasta la última pentada (Figura 22 f) del mes, generando a su vez aguas de mezcla frente a Paita y Lambayeque (Figura 22).

### 2.2.3. Nivel del mar

Las anomalías del nivel de mar (ANM) para el mes de abril se caracterizaron por una disminución general a lo largo de la costa con respecto a marzo (Figura 23), predominando valores entre +6 cm y +9 cm en la zona costera, mientras que, por fuera de esta zona (> 100 km) se observó un eje de ANM positivas mayores a +10 cm, con núcleos de hasta +14 cm frente a Huarmey, al sur de Callao, frente a San Juan de Marcona y al norte de Ilo, asociados a remolinos del tipo anticiclónico que mantuvieron temperaturas por encima de su valor normal. Las ANM en el sector ecuatorial descendieron ligeramente, predominando valores dentro del rango neutro (Figura 23 b).

A escala pentadal se pudo notar la disminución progresiva de las ANM principalmente en la franja adyacente a la costa, debido al arribo de la onda Kelvin fría pronosticada en marzo 2020, tanto entre la primera y segunda pentadas (Figura 24 a, b). Asimismo, en la última pentada (Figura 24 f) se observó una fuerte disminución a valores entre +5 cm y +8 cm.

En cuanto a la actividad de mesoescala, se detectaron, en promedio, entre 6 y 13 remolinos por día, valores por debajo de lo registrado durante marzo, asociados a la preponderancia de los remolinos ciclónicos sobre los anticiclónicos en un 61 % (Figura 25 a). El radio de estas estructuras en promedio fue de 69 km, valor ligeramente superior a lo registrado el mes anterior, debido al incremento del tamaño de los remolinos registrados durante la segunda quincena de abril (Figura 25 b). La energía cinética promedio de los remolinos detectados osciló entre 100 y 250  $\text{cm}^2 \text{s}^{-2}$ , valores por encima de lo registrado durante marzo (Figura 25 c).

El remolino anticiclónico de ~80 km registrado durante la última semana de marzo, entre 100 km y 150 km frente a Chicama se mantuvo hasta el 7 de abril. Por fuera de los 100 km frente a Huarmey permanecieron remolinos anticiclónicos durante todo el mes, además de registrar el remolino de mayor tamaño (>100 km). Estos remolinos, al sur de Callao, se presentaron frente a San Juan de Marcona y al norte de Ilo, disminuyendo en tamaño hacia el sur hasta ~60 km (al norte de Ilo). Resaltan además remolinos ciclónicos de ~50 km en la zona costera entre los 11 °S – 16 °S durante la segunda quincena del mes y otro de gran tamaño (>100 km) entre 7 °S – 9 °S durante la última pentada del mes (Figura 24 f).

Para tres áreas promedio localizadas en 0,125 °S y 90,125 °W (próxima a las islas Galápagos), entre 5 °S y 14 °S y entre 14 °S y 18 °S para una banda promedio de 60 mn adyacente al litoral peruano, la variación temporal de las ANM presentó dos escenarios característicos: el primero, registrado a lo largo de la costa, con un comportamiento ligeramente ascendente hacia mediados de abril debido a los núcleos de +10 cm y posterior descenso con valores cercanos a +5 cm. El segundo escenario se observó en Galápagos, donde se registró un comportamiento fluctuante que presentó un súbito incremento hacia la tercera semana, donde se presentaron valores de hasta +11 cm; sin embargo, durante la última semana se produjo un declive progresivo hasta llegar a +5 cm (Figura 26).

En la franja de 60 m.n. (111 km) adyacente a la costa entre el ecuador geográfico y 22°S, se observó el impacto del paso de la onda Kelvin fría (generada en el Pacífico ecuatorial oriental) a inicios de abril, que generó un descenso general de las ANM a valores entre +6 cm y +9 cm. A mediados del mes se observó la aparición de núcleos de anomalías positivas localizados entre 6 °S – 10 °S y entre 15 °S – 20 °S (Figura 27 a).

Finalmente, en la última semana se detectó una nueva disminución de la ANM a lo largo de la costa, que se puede visualizar mejor aplicando un filtro pasa alto de 120 días (Figura 27 b), predominando valores de ANM negativos al norte de Paita, que indicarían el arribo de una nueva onda Kelvin fría.

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

En abril, las secciones oceanográficas de Paita y Chicama se realizaron a bordo del BIC Flores durante la Prospección Biológico-Pesquera de la Anchoqueta 2020-04.

La TSM en Paita varió de 18,4 °C a 22,6 °C, originando condiciones frías dentro de las 60 m.n. con anomalías de -1° C y condiciones neutras por fuera de las 40 m.n. (Figuras 28 a-b, 29 a-b). La salinidad mostró el predominio de las ACF y valores dentro del rango neutro (Figuras 28 c-d y 29 c-d). En la columna de agua, sobre los 100 m, se presentaron isotermas que variaron de 15° C a 22° C, y la isoterma de 15° C, se ubicó entre los 70 m y 200 m de profundidad (Figura 28 a). En cuanto a las anomalías de la profundidad de la isoterma de 15 °C, se presentó más profunda que su valor climatológico, sobre todo dentro de las 60 m.n. (+40 m) (Figura 29 e). Las anomalías térmicas indicaron, sobre los 100 m, condiciones ligeramente frías dentro de las 60 m.n. y entre las 80 m.n. a 100 m.n.; mientras que, por debajo de los 100 m y cerca de la plataforma costera se observaron condiciones ligeramente cálidas (Figura 28 b). Las corrientes marinas frente a Paita, presentaron flujos de sur a norte asociado a la Corriente Costera Peruana (CCP) con velocidades de hasta 30 cm s<sup>-1</sup>, el cual se fraccionó debido a un flujo de norte a sur con velocidades máximas de 30 cm s<sup>-1</sup> asociado a la CSPCH y a las anomalías cálidas subsuperficiales (Figuras 28 b, f).

La TSM en Chicama varió de 18,4° C a 23,2° C, con anomalías que fluctuaron de -1,2 °C a + 1,1 °C, observándose el predominio de condiciones normales dentro de las 40 m.n. Sin embargo, un pequeño núcleo de condiciones ligeramente frías se observó dentro de las 10 m.n., mientras que, entre las 40 m.n. a 60 m.n. se observaron condiciones ligeramente cálidas (+1° C) (Figuras 30 a-b, 31 a-b). Fuera de la costa, se detectó una termoclina moderada compuesta por isotermas entre 16° C a 22° C, que tendió a disiparse al aproximarse a la plataforma costera. La isoterma de 15° C se ubicó entre los 60 m y 100 m de profundidad a las 60 m.n. y cerca de costa, respectivamente (Figura 30 a), ascendiendo 50 m con respecto al mes febrero. En términos de anomalías de la profundidad de la isoterma de 15 °C, esta se presentó más somera que su patrón climatológico (-20 m), dentro de las 100 m.n. (Figura 31 e). Las anomalías térmicas variaron de -1 °C a +1 °C, estando las anomalías cerca de la costa y en un núcleo entre 50 m.n. y 60 m.n.; mientras que, las condiciones ligeramente cálidas se registraron por fuera de las 50 m.n. (Figura 30 b). Las salinidades indicaron el predominio de las ACF, aunque con valores mayores a 35,1 ups indicando la influencia de las ASS cerca de la costa (Figura 30 c). Las anomalías halinas, debido al predominio de las ACF, tuvieron valores cercanos a cero mostrando que en este mes la presencia de las ACF es habitual (Figuras 30 d, 31 d). Las corrientes marinas mostraron, sobre los 50 m de profundidad, flujos de sur a norte asociado a la CCP con velocidades que alcanzaron los 20 cm s<sup>-1</sup>, sin embargo, por debajo de los 50 m, se presentaron flujos con velocidades de 5 cm s<sup>-1</sup> que estarían asociados a la ocurrencia de remolinos (Figura 30 f).

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

El monitoreo de la columna de agua costera (<100 m) mostró que en abril en el Callao la temperatura varió entre 15 °C y 19 °C, evidenciando las isotermas entre 16 °C y 19 °C superficializadas sobre los 20 m durante todo el mes.

En las Estaciones Fijas de Paita (22 de abril) y Chicama (18 de abril) se detectó el ascenso de las isotermas de 18 °C y 19 °C, respectivamente, siendo su posición la más somera en lo que va del año (Figura 32).

Respecto a las anomalías de temperatura, se detectó valores de hasta -1,0 °C en Paita (sobre los 25 m) y Chicama (sobre los 15 m), asociado al paso de una onda Kelvin fría, mientras que por debajo de los 80 m se observó una anomalía de +1 °C, en Paita. En la estación Callao evidenció valores de temperatura de acuerdo con su estacionalidad, sobre los 90 m (Figura 33).

En Paita y Chicama los registros de salinidad y temperatura evidenciaron el predominio de aguas de mezcla entre ASS y ACF, sin embargo, en Chicama sobre los 10 m se detectó presencia de ASS. En Callao se observó la presencia de aguas de mezcla entre ASS y ACF durante todo el mes de abril (Figura 34).

Respecto al oxígeno, en la estación fija Paita, a mediados del mes, se observó una condición más oxigenada respecto a inicios de marzo debajo de los 10 m hasta los 100 m (OD de 1 mL L<sup>-1</sup> a 2 mL L<sup>-1</sup>) (Figura 35 a). En Chicama, encima de los 35 m y a mediados del mes, se observaron concentraciones entre 2 mL L<sup>-1</sup> a 3 mL L<sup>-1</sup>; mientras que, debajo de los 40 m, se observaron valores entre 0,5 mL L<sup>-1</sup> y 1 mL L<sup>-1</sup> (Figura 35 b), lo cual representó condiciones menos oxigenadas respecto a inicios de marzo. En Callao, debajo de los 10 m, se observaron concentraciones entre 0,1 mL L<sup>-1</sup> y 1 mL L<sup>-1</sup>; mientras que, encima de los 10 m, se presentaron concentraciones entre 2 mL L<sup>-1</sup> a 6 mL L<sup>-1</sup>, durante todo el mes, similar a lo observado en marzo (Figura 35 c).

#### **2.2.6. Boyas ARGO**

En base a la información de alta frecuencia de las boyas ARGO se analizó los datos de temperatura y salinidad en la columna de agua frente a la costa peruana. A partir de los datos de temperatura se calculó la anomalía de temperatura en base a la climatología de temperatura desarrollada por IMARPE (1981 – 2010).

La boya ubicada a 140 m.n. de la costa frente a Talara (~83,5°W y ~4,1°S), registró en la primera quincena de abril anomalías térmicas negativas sobre los 80 m, con valores de hasta -2,0 °C a 30 m - 40 m, asociado al paso de la onda Kelvin fría ya mencionada (ENFEN, 2020 a). A fines de abril evidenció un núcleo de anomalías positivas (20 m -150 m), con valores de +3,0 °C a 50 m, sobre el cual sin embargo se registraron anomalías de -1 °C. Por otro lado, los valores de salinidad sobre los 20 m evidenciaron la presencia de aguas de mezcla entre ASS y AES sobre los 30 m (Figura 36).

Además, en la boya ARGO ubicada a 110 m.n. frente a Chimbote (~80,8°W y ~8,7°S) se observó en la primera quincena del mes un ascenso de las isotermas sobre los 80 m asociado a una tendencia negativa de las anomalías de temperatura. En cambio, hacia finales del mes se detectó una profundización de las isotermas y la presencia de un pulso de hasta +2,0 °C entre los 30 y 80 m. La salinidad evidenció una transición de ASS a aguas de mezcla (ASS y ACF) sobre los 70 m durante el mes (Figura 37).

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

#### **2.3.1. Oxígeno**

En la sección Paita se registró sobre los 25 m valores de 2 mL L<sup>-1</sup> a 4 mL L<sup>-1</sup> de OD, registrando la elevación de las iso-oxígenas de 2 y 3 mL L<sup>-1</sup> cerca de la zona costera asociado a la surgencia.

El límite superior de la ZMO, se registró desde los 100 m a 210 m de profundidad, y las iso-oxígenas de  $0,5 \text{ mL L}^{-1}$  y  $1,0 \text{ mL L}^{-1}$  se profundizaron por dentro de las 40 m.n. de costa, relacionado a flujos subsuperficiales hacia el sur (Figura 28 e). La anomalía de la profundidad de la iso-oxígena de  $1 \text{ mL L}^{-1}$ , evidenció una profundización dentro de las 50 m.n. (+40 m), respecto a su valor climatológico y estuvo más profunda que el mes anterior (Figura 29 f).

En la sección Chicama se detectó un gradiente más intenso de OD que en la sección Paita sobre la capa de los 25 m, con iso-oxígenas de  $5,0 \text{ mL L}^{-1}$  a  $1,0 \text{ mL L}^{-1}$  y registrando de manera continua las iso-oxígenas de  $3,0 \text{ mL L}^{-1}$  a  $1,0 \text{ mL L}^{-1}$  desde las 60 m.n. hasta la zona costera, por efecto de los procesos de afloramiento y fotosíntesis. El límite superior de la ZMO fluctuó entre los 30 m a 50 m de profundidad, por lo que no se evidenciando flujos subsuperficiales hacia al sur en la sección Chicama (Figura 30 e). La iso-oxígena de  $1 \text{ mL L}^{-1}$  presentó anomalías entre -20 m a -40 m dentro de las 100 m.n., lo cual representa una superficialización de la oxiclina respecto a su valor climatológico y fue más somera en comparación que marzo 2020 (Figura 31 f).

### 2.3.2. Productividad

La concentración de clorofila-a satelital mensual mostró que entre Paita e Ilo (de las 40mn - 60 m.n. hacia la costa) predominaron valores de  $3 \mu\text{g L}^{-1}$  en promedio, con núcleos de concentraciones mayores a  $10 \mu\text{g L}^{-1}$ , dentro de las 40 m.n. Estos núcleos de alta productividad, durante la primera quincena, se ubicaron frente a San José, Chicama, Huacho – Pisco, y Mollendo – Ilo. En la segunda quincena, los núcleos al sur de Huacho se mantuvieron, pero al norte, se desarrolló un solo gran núcleo a lo largo de la costa entre San José – Chimbote (Figura 38 a). En términos de anomalía, se observaron anomalías positivas (de  $+1 \mu\text{g L}^{-1}$  a  $+10 \mu\text{g L}^{-1}$ ), las cuales se ubicaron, durante la primera quincena, dentro de las 50 m.n. (llegando algunas hasta las 80 m.n.), entre Paita – San José, frente a Chicama, y al sur de Huacho hasta Ilo; así como también se observaron anomalías negativas ( $-1 \mu\text{g L}^{-1}$ ) frente a Chimbote. Por otro lado, durante la segunda quincena, anomalías positivas de la misma magnitud de la primera quincena se extendieron a lo largo de la costa entre Paita a Ilo, dentro de las 60 m.n. Cabe mencionar que en la zona oceánica (fuera de las 150 m.n.) frente a Chicama – Chimbote y frente a San Juan, también se observaron anomalías positivas ( $+1 \mu\text{g L}^{-1}$  a  $+2 \mu\text{g L}^{-1}$ ) (Figura 38 b).

El promedio pentadal dentro de las 60 m.n. y entre  $6^{\circ}\text{S}$  a  $16^{\circ}\text{S}$ , nos indica que se han presentado anomalías positivas durante todo el mes ( $\sim +2,5 \mu\text{g L}^{-1}$ ); sin embargo, las concentraciones han disminuido respecto al mes anterior (Figura 39 a). Latitudinalmente, en la franja costera predominaron anomalías positivas ( $+1 \mu\text{g L}^{-1}$  a  $+6 \mu\text{g L}^{-1}$ ) al norte de  $9^{\circ}\text{S}$  y al sur de  $12^{\circ}\text{S}$ ; mientras que, entre los  $10^{\circ}\text{S}$  –  $11^{\circ}\text{S}$  predominaron valores de negativos a neutros ( $-1 \mu\text{g L}^{-1}$  a  $+0,5 \mu\text{g L}^{-1}$ ), durante todo el mes (Figura 39 b).

En promedio el límite mesotrófico ( $2,5 \mu\text{g L}^{-1}$ ) estuvo cercano a las 80 m.n. frente a Paita, y presentó una mayor amplitud (hasta las 180 m.n.) frente a Chicama. Entre Chimbote – Huarmey se presentó un acercamiento de aguas cálidas representadas por la isoterma de  $25^{\circ}\text{C}$ , que influyó en el repliegue de la isolínea de  $2,5 \mu\text{g L}^{-1}$  de clorofila-a a las 30 m.n. de costa, la cual luego se desplazó hasta las 100 m.n. frente a Callao. Se registraron núcleos frente Bahía Independencia y Atico a las 160 m.n. aproximadamente, con la ausencia de la isoterma de  $25^{\circ}\text{C}$  y un desplazamiento mayor de la isoterma de  $21^{\circ}\text{C}$  al sur de Callao (Figura 39 c).

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 anomalía media mensual del porcentaje de nubosidad para este mes estuvo alrededor de +30 % a norte de San José y en el resto de la costa se mantuvo en valores entre -10 % y +10 %, durante la primera quincena. Sin embargo, durante la segunda quincena a lo largo de la costa se observaron anomalías negativas de -20 % a -30 %, dentro de las 60 m.n. (Figura 38 c).

La alta productividad frente a la costa, sobre todo durante la segunda quincena del mes podría estar relacionada a la alta radiación solar incidente debido a la reducción de la nubosidad (Figura 38 c). Además, la extensión de áreas productivas hacia fuera de la costa estuvo claramente influenciada por la acción de los remolinos de mesoescala que transportan nutrientes hacia costa-océano (Figura 38 a).

## **2.4. Otras observaciones**

Durante la Prospección biológico-pesquera de la anchoveta desde Chimbote hasta Paita, llevada a cabo del 14 al 28 de abril, la temperatura del aire (TA) presentó una variación entre 18 °C y 23,4 °C y se registró un predominio de vientos moderados (promedio de 5,8 m s<sup>-1</sup>) en el área evaluada, con un núcleo de vientos intensos (10 m s<sup>-1</sup>) frente a Pimentel y vientos débiles frente a Chimbote-Casma y Sechura. (Figura 40).

La distribución térmica del mar entre Paita y Chimbote se caracterizó por presentar condiciones frías entre Talara y Chicama, con anomalías negativas de hasta -2,3 °C y núcleos de condiciones neutras. De Chicama al sur y por fuera de las 30 mn, se observaron condiciones cálidas con núcleos de +1 °C frente a Chicama y Salaverry, variando esta condición a una condición entre neutra a ligeramente fría en la zona costera (Figura 41 a, b).

Por otro lado, las concentraciones de sales indicaron predominio de las ASS, proyectadas hasta la línea de costa entre Paita y el sur Punta La Negra y frente a Chimbote. En cambio, entre Chimbote y Chicama se ubicaron por fuera de las 20 mn. Se presentaron aguas de mezcla entre las ASS y AES al norte de Paita, asociadas a anomalías halinas positivas mayores a +0,2 ups y aguas de mezcla entre las ASS y ACF al sur de Punta la Negra, con anomalías alrededor de +0,1 ups. En tanto, las ACF se localizaron entre Chicama y norte de Chimbote, alcanzando las 50 mn entre Chicama y Salaverry (Figura 41 c, d).

El OD en la superficie del mar presentó concentraciones asociadas a la intensidad del afloramiento. Se destacaron zonas focalizadas por contenidos de OD inferiores a 4 mL L<sup>-1</sup> frente a Paita (hasta las 40 mn) y en la franja costera entre Pimentel a Salaverry, en las cuales se registraron iso-oxígenas de 3,5 mL L<sup>-1</sup> y 4 mL L<sup>-1</sup>, que generaron anomalías de OD entre -1 mL L<sup>-1</sup> a -0,5 mL L<sup>-1</sup>. Por otro lado, se presentaron núcleos de iso-oxígenas de 6 mL L<sup>-1</sup> a las 30 m.n. frente a Punta La Negra y Salaverry, originadas por la alta actividad fotosintética (Figura 42).

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

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

#### **3.1.1. Anchoveta (*Engraulis ringens*)**

### **3.1.1.1. Distribución, capturas, tallas**

Durante el Cr. 2002-03, realizado entre febrero y marzo, la anchoveta se distribuyó a lo largo de la región Norte-Centro del mar peruano dentro de las 40 m.n., registrando el 95% de la biomasa dentro de las primeras 30 m.n. y, según la latitud, el 50 % de la biomasa se localizó entre 06°00'S y 08°59'S (Figura 43 a). Durante la Prospección 2020-04, realizada en abril, la anchoveta estuvo distribuida, dentro primeras 40 m.n., de manera continua a lo largo de toda el área evaluada, con mayor presencia entre las 10 m.n. y 30 m.n. y ampliada hasta las 50 m.n. frente a Salaverry relacionada con la presencia de ACF (Figura 43 b).

La estructura de tallas de anchoveta (en longitud total, LT) presentó un crecimiento gradual de la talla modal, de 7,5 cm (Pr. 2001, enero), a 11,0 cm (Cr.2002-03, marzo) y finalmente a 11,5 cm (Pr. 2004, abril), así como, la reducción de la presencia de juveniles: de 93 % en enero a 48 % en abril. El porcentaje de juveniles seguirá reduciéndose debido a que talla modal está a punto de alcanzar los 12,0 cm, medida considerada como la talla mínima de captura (Figura 44).

### **3.1.1.2. Indicadores reproductivos y somáticos**

Los indicadores reproductivos de la anchoveta peruana del stock Norte-Centro mostraron la disminución de los valores de la FD y del IGS, de acuerdo con la tendencia de sus patrones respectivos. El incremento del IA evidenció la presencia de procesos de reabsorción ovocitaria (Figura 45).

### **3.1.2. Jurel (*Trachurus murphy*) y Caballa (*Scomber japonicus*)**

Durante la primera quincena de abril 2020, la flota artesanal registró jurel dentro de las 30 m.n. entre Atico (16°S) y Morro Sama (18 °S) en forma similar al mes anterior. También, con una mayor cobertura espacial, a diferencia del mes anterior, se capturó bonito (*Sarda chiliensis*) entre Punta La Negra y Pimentel (6 °S) en el norte y entre San Nicolás (15 °S) y Morro Sama (18 °S) en el sur, aunque en núcleos espaciados (Figura 46). No se reportó captura de caballa.

### **3.1.3. Otras especies**

Durante la Prospección Biológico-pesquera de la anchoveta en la zona comprendida de Paita a Callao (Pr. 2020-04) se observó peces e invertebrados de importancia para el consumo humano directo (CHD) como las especies costeras, pámpano (*Trachinotus paitensis*) y pejerrey (*Odontesthes regia regia*), indicadores de masas de agua cálidas y frías, respectivamente; y también se registró a la especie transzonal caballa. Entre los invertebrados, se registró al calamar (*Doryteuthis Amerigo gahi*) y a la pota (*Dosidicus gigas*), localizadas en zona con presencia de ACF y aguas de mezcla entre ACF y ASS (Figura 47).

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

### **3.2.1. 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), en abril la flota industrial arrastrera desembarcó un total de 1 205,2 toneladas (t), alcanzando un total acumulado desembarcado de 14 220,4 t, cifra correspondiente al 20,7 % de su cuota establecida.

La distribución de la flota dirigida a la merluza estuvo ubicada principalmente frente a Paita (sub-áreas B y C) en la región Piura (Figura 48 a). Las tallas medias de mayor tamaño (~ 33 cm de LT) fueron registradas en la sub-área B (4 °S), mientras que las de menor tamaño en la C (5 °S) (Figura 48 b).

En zonas localizadas, se superó el 20 % de ejemplares menores a 28 cm de LT permitido legalmente, motivo por el cual hubo suspensiones temporales de la pesca del recurso.

Es importante indicar que, a fines de abril 2020, se observó un movimiento de individuos de tallas mayores de norte a sur, comportamiento que podría tener relación con la distribución de la circulación, frente a Paita, en dirección sur durante enero a febrero cercana a costa y en abril por fuera de los 25 m.n. de distancia a costa (Figura 28 f).

### **3.2.2. Invertebrados**

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

El desembarque del calamar gigante alcanzó las 396 t, mostrando disminuciones de 49,4 % en comparación con el mes anterior y de 97,4 % con relación a abril 2019. Los desembarques por puertos presentaron una tendencia decreciente de los volúmenes de descarga. Se observó la disminución de los desembarques durante periodos de ATSM positivos en las zonas norte y centro del país; mientras que, en Paita se observó disminución frente a periodos prolongados de anomalías positivas como los registrados de enero-abril 2019 y de octubre 2019 a marzo 2020 (Figura 49 a).

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

El desembarque preliminar del calamar fue de 7 t, registrándose disminuciones de 76,7 % en comparación con el mes anterior y de 86,3 % respecto a lo registrado el año anterior en el mismo periodo. En el calamar común los eventos fríos generan condiciones ambientales favorables en el incremento de sus densidades y biomasa poblacional (Arkhipkin et al. 2013). En el periodo enero 2019 – abril 2020, se observó una disminución de los desembarques ante la presencia de anomalías positivas en Paita, Chimbote, Huacho y Callao. Así mismo en todas las localidades pesqueras se evidenciaron los mayores desembarques del recurso en presencia de anomalías negativas (Figura 49 b).

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

Se desembarcó un total de 21 t de pulpo, presentando disminuciones de 28,7 % en comparación con el mes anterior y en 19,3 % en relación con el mismo periodo del 2019. Se observó un impacto positivo del recurso ante ATSM positivas, mostrando un incremento en los desembarques en Paita y Pisco. En Chimbote y Arequipa en donde predominaron ATSM negativas se observaron fluctuaciones de los desembarques (Figura 49 c).

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

La concha de abanico presentó desembarques de 10 t (preliminar), disminuyendo en 90,2 % en comparación con el mes precedente y, en 99,3 % en relación con el mismo periodo del 2019. Se conoce que la concha de abanico se ve favorecida durante periodos cálidos, presentando pulsos de abundancia en años posteriores a eventos cálidos (Mendo et al., 1998). En las principales localidades pesqueras, se apreció incrementos de los desembarques durante la presencia de ATSM positiva, como en los periodos de enero a mayo 2019 en Sechura y Pisco. En periodos de ATSM negativas se observó una disminución de los desembarques (Figura 49 d).

### 3.2.3. Otros recursos

La pesca artesanal realizó actividades extractivas a lo largo de la zona costera. En la zona norte los mayores desembarques se realizaron en Piura y Lambayeque con la pesca de anchoveta (asociada a aguas frías) y bonito (asociado a aguas oceánicas), respectivamente. La mayor diversidad se presentó en Tumbes y La Libertad, registrando en Tumbes especies de provincia panameña como chiri lomo negro (*Peprilus snyderi*) y espejo (*Selene peruviana*) (Figura 50 a).

En el centro, el mayor desembarque se registró en Lima con la pesca de bonito. En Ancash el mayor desembarque fue de pejerrey, favorecida ante la presencia de ACF. En Ica a pesar del cierre de la mayoría los puertos, la principal especie desembarcada fue el bonito (Figura 50 b).

En el sur, a pesar de los cierres de los principales puertos, destaca la presencia de bonito en Arequipa, así como, la presencia de la especie oceánica perico (*Coryphaena hippurus*) aunque en menor volumen de descarga. Mientras que, en Moquegua y Tacna los principales desembarques fueron de las especies bonito, jurel y caballa (Figura 50 c).

## 3.3. Indicadores ecológicos

### 3.3.1. Especies indicadoras en la actividad pesquera

Durante el mes de abril 2020, en la zona norte se registró un menor número de especies indicadoras de condiciones cálidas en relación con el mes anterior. En el norte, se observó la presencia de la especie de aguas cálidas *Panulirus gracilis* “langosta” en la zona de Pacasmayo (La Libertad), cuyo límite de distribución sur se encuentran en Paita (Piura).

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

### 3.3.2. Depredadores superiores

Las aves y mamíferos marinos son indicadores 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.

#### 3.3.2.1. Aves

En abril la información de la dieta de guanay “*Phalacrocorax bougainvillii*” fue obtenida mediante comunicación personal con algunos de los guardianes de islas. Con información preliminar se indicó a la anchoveta como presa predominante de las islas Guañape Norte, Ballestas, puntas San Juan y Coles. Además, se comunicó que en islas de la zona centro, algunos individuos de guanay y piquero presentaron comportamiento y/o plumaje de cortejo, lo cual podría tratarse del inicio de la época reproductiva y buena disponibilidad de alimento (Figura 51).

### 3.3.3. Otros indicadores

#### 3.3.3.1. Medusas

En la Prospección Biológico-pesquera 2020-04 se registró la presencia de medusas de las especies *Chrysaora plocamia* y *Aequorea* sp., indicadoras de condiciones frías, dentro de las 10 m.n. de la costa. También se registró al tunicado *Pyrosoma* sp, indicador de aguas anómalas cálidas a 30 m.n. frente a Salaverry (Figura 47).

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

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

Las ATSM observadas en el Pacífico ecuatorial central durante abril fueron positivas en casi todo el Océano Pacífico ecuatorial, pero dentro del rango neutro del ENOS. Asimismo, los patrones de las variables atmosféricas se mantienen en condiciones neutras. La mayoría de los modelos dinámicos y estadísticos de predicción de ENOS (Niño 3.4) de las agencias internacionales (IRI, abril 2020) (Figura 52), pronostican que las anomalías de TSM en el Pacífico ecuatorial central continuarían positivas durante el resto del otoño austral 2020 pero dentro del rango de las condiciones neutras, con una tendencia hacia las anomalías negativas durante el invierno austral 2020. Con respecto al pronóstico de la ATSM en la región Niño 3.4 para el periodo AMJ y MJJ, en promedio, los modelos dinámicos (17 modelos) presentan valores menores que los modelos estadísticos (8 modelos), de modo que los valores correspondientes a los modelos dinámicos y estadísticos para AMJ 2020 fueron +0,27 °C y +0,36 °C respectivamente, mientras que para MMJ 2020 fueron +0,07 °C y +0,29 °C.

Espacialmente, para el trimestre JJA 2020, en el Pacífico ecuatorial central el modelo ECMWF indica ATSM cercanas a cero, mientras que los modelos CFSv2 y NMME indican valores de ATSM entre -1 °C y -0,5 °C para la región 3.4. Con respecto a la región 1+2, para el trimestre JJA 2020, los modelos ECMWF, NMME y el modelo CFSv2 pronostican valores promedio entre -1 °C y -0,5 °C (Figura 53). En la franja costera frente al Perú, los modelos ECMWF, CFSv2 y NMME pronostican valores de ATSM con un rango entre -1 °C y -0,25 °C. Por otro lado, para la zona oceánica frente al Perú, el modelo NMME pronostica ATSM con un rango entre -1 °C y -0,25 °C, mientras que, los modelos ECMWF y CFSv2 pronostican valores de las A TSM con un rango entre -1 °C y +0,25 °C.

### 4.2 Propagación de ondas Kelvin

Según la simulación del modelo de oceánico de complejidad intermedia (Dewitte et al., 2002; Gushchina et al., 2000) forzado hasta el 8 de mayo del 2020 (Figura 54) indica que la onda Kelvin fría (modo 1) generada en marzo en el Pacífico ecuatorial occidental, ha sido reforzada en abril por la persistencia de las anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial central y oriental, y llegará frente a las costas de Sudamérica en mayo 2020. Esta onda Kelvin fría contribuiría en que la temperatura del mar persista por debajo de lo normal frente a la costa peruana.

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

Para el ITCP (Quispe-Ccalluari et al. 2018), tanto el modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia del Pacífico tropical ecuatorial y el modelo estadístico basado en el volumen de agua cálida ecuatorial y el índice del APS (Matellini et al., 2007), pronostican valores negativos del ITCP dentro del rango de la condición neutra entre mayo y agosto 2020 (Figuras 55 y 56).

## V. REFERENCIAS

- Abanto, M.R. 2001. Composición, distribución y abundancia de copépodos planctónicos marinos en la costa Norte - Centro (03°30' S - 14°00'S) frente al litoral peruano entre los años 1980 y 1989. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas Universidad de Lima.
- Álamo, V. & V. Valdivieso. 1987. Lista sistemática de moluscos marinos del Perú. Bol. Inst. Mar. Perú- Callao. Volumen Extraordinario: 205 pp.
- 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.
- Antonietti E., P. Villanueva, E. Delgado, & F. Chang. 1993. Dinoflagelados indicadores de El Niño 1991-92. Boletín ERFEN (N° 32-33): 20-24.
- A.O.A.C. 1990. Official Methods of analysis. 15th Edition, USA.
- Aronés, K.J. 1997. Distribución horizontal de los amphipodos (Crustacea) en el mar peruano durante el fenómeno "El Niño", verano de 1983. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas. URP. Perú.
- Aronés, K. & Ayón, P. 2002. Effects of El Niño 1997-1998 on copepods community structure at San Jose Coastal Station (Peru). In: Salinas, S., Urban, H., Arntz, W. (Eds), Workshop impacts of El Niño and Basin scales climate changes on Ecosystems and Living Marine Resources: A comparison between the California and the Humboldt Current systems. Investigaciones Marinas, Chile, pp 104-105.
- Arkhipkin, A., Hatfield, E.M.C., Rodhouse, P. 2013. Chapter 5 - *Doryteuthis gahi*, Patagonian longfinned squid. P. 123-158. In: Rosa R, O'Dor R, Pierce GJ (Eds). Advances in squid biology, ecology and fisheries. Part I- Myopsid squids. Nova Science Publishers, Inc. 333 pp.
- Ayón, P. & Girón, M., 1997. Composición y distribución del zooplancton e ictioplancton frente a la costa peruana durante febrero a abril 1997. Informe del Instituto del Mar del Perú 127, 49-55.
- Ayón, P., Aronés, K. & Zarate, M., 1999. Variaciones en el comportamiento del copépodo calanoideo *Centropages brachiatus* (Dana, 1849), frente a la costa Peruana durante el evento El Niño 97-98. In: Tresierra, A, Culquichicon, Z., (Eds), VIII Congreso Latinoamericano sobre ciencias del Mar. 1999, Trujillo-Perú, pp 730-731.
- Bakun, A. 1975. Daily and weekly upwelling indices, west coast of North América, 1967-73. U.S. Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS-SSRS-693: 113p.
- Barnard, J. & L. Karaman, G. S. 1991. The families and genera of marine gammaridean Amphipoda (except marine gammaroids). Part 1. Records of the Australian Museum, Supplement. 13 (1): 1-417.
- Bentamy, A., D. Croize-Fillon, P. Queffeulou, C. Liu y H. Roquet (2009), Evaluation of high-resolution surface wind products at global and regional scales, J. Ocean. Operational, 2 (2), 15-27.
- Boden B.P, Johnson M.W & Brinton E. 1955. The Euphausiacea (Crustacea) of the North Pacific. Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography of the University of California, La Jolla, Vol. 6, N° 8. pp. 282-394.
- Boltovskoy, D. 1981. Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. INIDEP. Argentina.
- Boltovskoy, D. 1999. South Atlantic Zooplankton. Backhuys Publishers, Leiden. 2:869-1706.
- Bouchon M., Ñiquen M., Arias Shreiber M., Bello R. 1997. Manual de Operaciones del Proyecto Bitácoras de Pesca. Inf. Prog. Inst. Mar Perú N° 74: 44 p.
- Bouchon M, Ñiquen M, Mori J, Echevarría A, Cahuín S. 2001. Manual de muestreo de la pesquería pelágica. Inf. Prog. Inst. Mar Perú – Callao. 157: 38pp.
- Brinton, E. 1962. The distribution of Pacific euphausiids. Bull. Scripps Inst. Oceanogr. 8 (2): 51-270.
- Buitrón, B., Perea, A., Mori, J., Sánchez, J. & Roque, C. 2011. Protocolo para estudios sobre el proceso reproductivo de peces pelágicos y demersales. Protocol for studies on the reproductive process of pelagic and demersal fishes. Boletín Instituto del Mar Perú, 38: 373-384.
- Cairns, D. 1987. Seabird as indicators of marine food supplies. Biological oceanography. 5: 261-271

- Carrasco S. 1989. Anfípodos planctónicos del área comprendida entre Paita y norte de Chimbote. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas. URP. Perú.
- Chelton D.B., M.H. Freilich, J.M. Sienkiewicz & J.M. Von Ahn. 2006. On the use of QuikSCAT scatterometer measurements of surface winds for marine weather prediction. *Monthly Weather Review*. 134 (8): 2055–2071.
- Chirichigno, N. 1970. Lista de crustáceos del Perú. *Boletín IMARPE*, Lima, Perú. 70 pp.
- Chirichigno N. & Vélez J. 1998. Clave para identificar los peces marinos del Perú. Instituto del Mar del Perú. Publicación Especial, Callao, 500 p.
- Chirichigno N. & Cornejo R.M. 2001. Catálogo Comentado de los peces marinos del Perú. Publicación Especial Inf. Inst. Mar Perú. 314 pp.
- Crawford, R.J.M. 1987. Food and population variability in five regions supporting large stocks of anchovy, sardine and horse mackerel. En: Payne, A.I.L., Gulland, J.A., Brink, K.H. (Eds). *The Benguela and comparable ecosystems*. S. Afr. J. Mar. Sci. 5:735 -757.
- Cupp E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. *Bull. Scripps it. Oceangr.* 5: 1-237.
- 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 N. et al. 2017. Climatología termohalina frente a las costas del Perú. Periodo: 1981-2010. Informe IMARPE 44(1), pag. 5-13.
- Einarsson, H. & B. Rojas de Mendiola. 1963. Descripción de huevos y larvas de anchoveta peruana (*Engraulis ringens* J.). *Bol. Inst. Invest. Recurs. Mar.* 1(1):1-23.
- 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, 2020 a. Comunicado Oficial ENFEN, N°.01-2020, 13 de enero de 2020.
- ENFEN, 2020 b. Comunicado Oficial ENFEN, N°.02-2020, 24 de enero de 2020.
- Espinoza-Morriberon D., Echevin V., Colas F., Tam J., Ledesma J., Graco M., Vásquez L. 2017. Impact of the El Niño event on the productivity of the Peruvian Coastal Upwelling System. *Journal Geophysical Research Oceans*, 122 (7): 5423–5444, doi:10.1002/2016JC012439
- Fauchald, K. 1977. The polychaete worms, definitions and keys to the orders, families and genera. *Natural History Museum of Los Angeles County: Los Angeles, CA (USA), Science Series*. 28:1-188.
- Fischer W., F. Krupp, W. Scheneider, et al. (eds.). 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Roma, FAO. Volumen II y III. 1199p.
- Folkens, P. & Reeves, R. 2002. *Guide to marine mammals of the world*. National Audubon Society, New York.
- García- Godos, A. 2001. Patrones morfológicos del otolito sagitta de algunos peces óseos del mar peruano. *Boletín Instituto del Mar del Perú* 20 (1-2). 83 pp.
- Gómez, O. 1972. Contribución al conocimiento de los copépodos de la costa peruana. Tesis de licenciatura, Facultad de biología. UNMSM. Perú.
- Graco M., Anculle, T., Chaigneau A., Ledesma J., Flores G., Morón, O., Monetti F. & D. Gutiérrez. 2020. Variabilidad espacial y temporal del oxígeno disuelto y de la ZMO en el sistema de afloramiento frente a Perú. *Boletín Instituto del Mar del Perú*, Volumen Especial. En prensa.
- 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.
- Gutiérrez D., K. Aronés, F. Chang, L. Quipúzcoa & P. Villanueva .2005. Impacto de la variación oceanográfica estacional e interanual sobre los ensambles de micro-fitoplancton, meso-zooplancton, ictioplancton y macro-zoobentos de dos áreas costeras del norte del Perú entre 1994 y 2002. *Bol. Instituto Mar del Perú-Callao*, Vol. 22 / N°. 1 y 2.
- Guzmán, S. & P. Ayón. 1995. Larvas de peces del área norte del mar peruano. *Inf. Inst. Mar Perú*. 109:1-48.

- Halo, I., B. Backeberg, P. Penven, I. Ansorge, C. Reason & 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.
- Harrison, P. & Peterson, R. 1991. *Seabirds: An Identification Guide: A Complete Guide to the Seabirds of the World*. Houghton Mifflin Company, Boston.
- Hasle G. & Syvertsen E. E. 1996. Marine diatoms. In: Tomas C. (ed.). *Identifying. Marine Diatoms and Dinoflagellates*. Academic Press, Inc. San Diego. 1-383pp.
- Hendey, N.I. 1964. An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V: Bacillariophyceae (Diatoms). Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Fishery Investigations, Series 4. Her Majesty's Stationery Office, London, 317 pp.
- Hobson, K.D. & Banse, K. 1981. Sedentariate and archiannelid polychaetes of British Columbia and Washington. *Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences*, 209, 1–144.
- Hustedt F. 1930. Die Kieselalgen Deutschlands, Osterreichs und der Schweiz mit Beucksichtigung der ubrigen Lander Europas sowie der angerzenden Meerresgebiete. En: L. Rabenhorst (ed) *Kryptogamenflora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz*. 1 Teil. Akat. Verlagsges. Leipzig, Reprint Johnson Rep. Goop, New York 1971: 920 pp.
- 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.
- Jiménez A., R. Marquina & L. Quipúzcoa. 2018. Anfípodos bentónicos Amphilochidea y Senticaudata en el centro norte de la plataforma continental del Perú. *Revista peruana de biología* 25(4): 371 – 406. doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v25i4.15531>
- Jordán, R. & Fuentes, H. 1966. Las poblaciones de aves guaneras y su situación actual. *Inf. Inst. Mar Perú* 10: 1- 31.
- 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, & 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. 2013. Evaluation of global monitoring and forecasting systems at Mercator Océan, *Ocean Sci.*, 9, 57-81.
- Mendo, J., Valdivieso N. y Yamashiro C. 1988. Cambios en densidad, número y biomasa de la población de de la Concha de Abanico (*Argopecten purpuratus*) en la Bahía Independencia (Pisco, Perú) durante 1984-87. *Recursos y Dinámica del Ecosistema peruano* Horst Salzwedel & Antonio Landa. *Boletín Extraordinario*, 1988 p.153-162.
- Moscoso, V. 2012. Catálogo de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. *Bol Inst Mar Perú* 27(1-2), 2012, 209 p.
- Moser, H. 1996. *The Early Stages of Fishes in the California Current Region*. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Atlas N°33: 1505 pp.
- Matellini B, Tam J, Quispe C. 2007. Modelo empírico para previsión de la temperatura superficial del mar peruano. *Rev. Perú. biol.* 14: 101-108.
- Majluf, P. & Trillmich, F. 1981. Distribution and abundance of sea lions (*Otaria byronia*) and fur seal (*Arctocephalus australis*) in Peru. *Saugetierkunde* 46, 384 – 393.
- Murphy, RC. 1936. *Oceanic bird of South America*. America Museum of Natural History. New York. 1245 pp.
- Ocean Biology Processing Group. 2003. MODIS Aqua Level 3 Global Daily Mapped 4 km Chlorophyll a. Ver. 6. PO. DAAC, CA, USA. Dataset accessed [20YY-MM-DD].
- Ochoa, N., B. Rojas de Mendiola & O. Gómez. 1985. Identificación del fenómeno El Niño a través de los organismos fitoplanctónicos. In *El Niño, su impacto en la Fauna Marina*. Bol. Inst. Mar Perú. Vol. extraordinario.
- Ochoa N. & Gómez O. 1987. Dinoflagellates as indicators of water masses during El Niño, 1982-1983. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 92, N° C13, 14,355-14,367 pp.
- Ochoa N. & O. Gómez. 1997. Dinoflagelados del mar peruano como indicadores de masas de agua durante los años 1982 a 1985. *Boletín Instituto del Mar del Perú*, vol. 16, n.º 2, pp. 1 – 60.
- Pujol, M.-I., Faugère, Y., Taburet, G., Dupuy, S., Pelloquin, C., Ablain, M., & Picot, N. 2016. DUACS DT2014: the new multi-mission altimeter data set reprocessed over 20 years, *Ocean Sci.*, 12, 1067-1090, doi: 10.5194/os-12-1067-2016.

- Quesquén, R. 2005. Moluscos holoplanctónicos heteropoda y pteropoda colectados en noviembre y diciembre de 1996 en el mar peruano. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Quesquén, R. 2017. Moluscos gasterópodos holoplanctónicos en el mar peruano recolectados entre 1994 y 2005. Boletín IMARPE: 32(2).
- Quispe, J. & 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 & 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>.
- Quiñones, J., González Carman, V., Zeballos, J., Purca, S., y Mianza, H. 2010. Effects of El Niño-driven environmental variability on black turtle migration to Peruvian foraging ground. Hydrobiología, 645(1), 69 -79.
- Reyes J.C. 2009. Ballenas, delfines y otros cetáceos del Perú. Una Fuente de Información. Squema-Ediciones. Lima. 159 pp.
- Reynolds, R. W., T. M. Smith, C. Liu, D. B. Chelton, K. S. Casey, & M. G. Schlax, 2007: Daily high-resolution-blended analyses for sea surface temperature. Journal of Climate, 20, 5473–5496, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00293.1>
- Rojas de Mendiola B., Ochoa N. & Gómez O. 1981. Los dinoflagelados como indicadores biológicos de masas de agua – Fenómeno El Niño 1972. Mem. Seminario sobre Indicadores Biológicos del Plancton. Instituto del Mar del Perú-UNESCO: 54-73 p.
- Sánchez S. & E. Delgado. 2001. Programa de Monitoreo de Fitoplancton Potencialmente Tóxico en los bancos naturales y zonas de cultivo de mariscos de importancia económica de la costa peruana. V Taller de Floración de Algas Nocivas (FAN). Uruguay 15-18 octubre del 2001.
- Sandoval de Castillo, O. 1979. Distribución y variación estacional de larvas de peces en la costa peruana. Inf. Inst. Mar Perú-Callao N° 63: 61 p.
- Santander, H. 1967. Los euphausiidos en la zona de Callao-Chimbote y la composición general del zooplancton en agosto de 1961. Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología, UNMSM. Perú.
- Santander, H. & Carrasco, S. 1985. Cambios en el zooplancton durante El Niño 1982-1983 en el área de Chimbote. In: Aguilar AET (ed) I Congreso Nacional de Biología Pesquera, Trujillo, 201-206 pp.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1969. Desarrollo y distribución de huevos y larvas de merluza, *Merluccius gayi* (guichenot) en la costa peruana. Bol. Inst.Mar Perú-Callao. 2 (3):80-126.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1971. Desarrollo y distribución de huevos y larvas de jurel, *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en la costa peruana. Inst.Mar Perú-Callao. 36:23p.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1972. Desarrollo y distribución de huevos y larvas de caballa, *Scomber japonicus peruanus* (jordan y hubbs) en la costa peruana. Inf. Esp. Inst. Mar Perú-Callao. N° 103:1-10.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1973. Estudios sobre las primeras etapas de vida de la anchoveta. Inf. Inst. Mar Perú. Callao 41:1-3.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1977. Variaciones en la intensidad del desove de la sardina, *Sardinops sagax sagax* (J) en la costa peruana en los años 1966-1973. Bol. Inst. Mar Perú. 3(3): 73-94.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1979. El ictioplancton de la costa peruana. Bol. Inst. Mar Perú. 4(3): 69-112.
- Santander H., Luyo, G., Carrasco, S., Veliz, M. & Sandoval, O. 1981. Catálogo de zooplancton en el mar peruano, primera parte: Área Pisco-San Juan. Boletín Instituto del Mar del Perú. 6:1-75.

- Schaeffer P., I. Pujol, Y. Faugere, A. Guillot, N. Picot. 2016. The CNES CLS 2015 Global Mean Sea surface. Presentation OSTST 2016, [http://meetings.aviso.altimetry.fr/fileadmin/user\\_upload/tx\\_ausyclsseminar/files/GEO\\_03\\_Pres\\_OSTST2016\\_MSS\\_CNES\\_CLS2015\\_V1\\_16h55.pdf](http://meetings.aviso.altimetry.fr/fileadmin/user_upload/tx_ausyclsseminar/files/GEO_03_Pres_OSTST2016_MSS_CNES_CLS2015_V1_16h55.pdf)(last access 2017/01/10)
- Schiller J. 1971. Dinoflagellatae (Peridinea) in monographischer Behandlung.1 Teil. En: L. Rabenhorst (ed) Kriptogamenflora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz., Vol. X Flagellatae, Section III3, Part. I. Reprint by Johnson Repr. Corp. New York, London: 617 pp.
- Schulenberg, T., Stotz, D., Lane, D., O'neil, J. & Parker, T. 2009. Aves del Perú. Serie Biodiversidad Corbidi 01. Lima, Perú.
- Sournia A. 1967. Le genre *Ceratium* (Peridinien Planctonique) dans le Canal de Mozambique. Contribution a une revision mondiale. *Vie et Milieu*. 18 (2A-A): 375-580 pp.
- Steidinger K. & Tangen K. 1996. Dinoflagellates. In: Tomas C. (Ed.). *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*. Academic Press, Inc. San Diego. 387-570pp.
- Sundström B. 1986. The marine diatom genus *Rhizosolenia*. A new approach to the taxonomy. Lund, Sweden: 196 pp.
- Tovar S. H & N. Galarza. 1984. Cambios en el régimen alimentario del Guanay (*Phalacrocorax bougainvillii* (Lesson)). *Boletín de Lima*, no. 35: 85-91.
- Tovar, S.H., V. Guillén & M.E. Nakama. 1987. Monthly population size of three guano bird species off Peru, 1953 to 1982. In *The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change* (Daniel Pauly and Isabel Tsukayama, Eds.). Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Callao, Perú; Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), GmbH, Eschborn, Federal Republic of Germany; and International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM), Manila, Philippines. *ICLARM Studies and Reviews*, 15: 208-218.
- Tovar, S.H., D. Cabrera & V. Guillén. 1988. Predación de Piquero (*Sula variegata*: Aves Sulidae) sobre peces en el litoral peruano. In *Recursos y dinámica del ecosistema de afloramiento peruano* (Horst Salzwedel and Antonio Landa, Eds.). *Boletín Instituto del Mar del Perú [Callao]*, Volumen Extraordinario, pp. 329-333.
- Trigo, F. 2011. *Patología sistémica veterinaria*. 5ta edición. México D.F. México. 99-101pp.
- Trites, A. 1997. The role of pinnipeds in the ecosystem. *Pinniped population, Eastern north Pacific: status, tren and issues*. Stone, Goebles y Webster (Eds): 31 – 39. A symposium of the 127th Annual Meeting of the American Fisheries Society. Boston.
- UNESCO. 1981. Programa de plancton para el Pacífico Oriental. *Informes de la UNESCO sobre Ciencias del Mar*. Informe final del Seminario-Taller realizado en el Instituto del Mar del Peru, Callao 11.
- Vanstreet, R.E., Adornes, A.C., Cabana, A.L., Neymeyer, C., Kolesnikovas, CKM., Dantas, G.P.M., Araujo, J., Catão-Dias, J.L., Gronch, K.R., Silva, L.A., Reisfeld, R.C., Bradaõ, M.L., Xavier, M.O., Viera, O.A.G., Serafini, P.P., Baldassin, P., Canabarro, P.L., Hurtado, R.F., Silva-Fiho, R.P., Campos, S.D.E., Ruoppolo, V. 2011. *Manual de campo para a colheita e armazenamento de informações e amostras biológicas provenientes de pinguins de Magalhães (Spheniscus megallenicus)*. São Paulo Brasil. Centro de Pesquisa e Conservação de aves silvestres. 62 p.
- Vazzoler A E.1982. *Manual y métodos para estudios biológicos de populacoes de Peixes. Reproducción y Crecimiento*. CNP/PN2, 108 pp.
- Véliz, M. 1981. Sifonóforos como posibles indicadores biológicos. En: *Memorias del Seminario sobre indicadores planctónicos del plancton*. IMARPE. Callao-Perú, 8-11 setiembre 1980. UNESCO. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe. Montevideo-Uruguay.
- Zuta, S. & O.G. Guillén. 1970. Oceanografía de las aguas costeras del Perú. *Bol. Inst. Mar Perú* (2): 157-324.

## **VI. 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>).

## VII. TABLAS

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

Muelle costero	Lat, °S	TSM, °C					ATSM, °C				
		2019	2020				2019	2020			
		DIC	ENE	FEB	MAR	ABR <sup>1</sup>	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR <sup>1</sup>
<b>Tumbes</b>	3,66	26,8	27,8	29,1	29,5	27,2	0,0	0,4	1,1	1,6	1,8
<b>Paita</b>	5,01	20,3	20,9	22,9	23,8	21,3	1,5	0,3	-0,2	0,95	0,7
<b>San José</b>	6,77	21,3	21,4	21,5	22,7	18,4	1,1	0,6	-1,1	0,30	-0,9
<b>Chicama</b>	7,84	19,3	19,4	19,1	18,8	17,8	2,5	2,0	0,3	-0,3	-1,2
<b>Huanchaco</b>	8,08	19,2	19,6	19,1	19,0	18,6	2,4	2,2	0,3	-0,1	-0,2
<b>Chimbote</b>	9,09	21,7	22,2	22,7	22,8	17,2	1,2	0,9	0,5	0,5	-1,9
<b>Huacho</b>	11,11	16,9	17,8	18,0	18,3	17,4	0,4	0,5	0,2	0,2	-1,0
<b>Callao</b>	12,06	16,0	16,8	17,7	17,7	17,9	0,2	0,5	0,7	0,1	-0,4
<b>Pisco</b>	13,71	21,2	21,0	23,3	23,7	19,5	-0,4	-1,7	0,2	0,6	0,8
<b>Atico</b>	16,21	17,0	17,4			17,5					0,0
<b>Matarani</b>	17,02	16,3	16,9			18,4					-0,5
<b>Ilo</b>	17,63	16,4	17,7	17,3	17,3	16,8	-0,3	0,5	0,1	0,3	-2,1

Tabla 2. Valores promedio mensuales de los índices LABCOS, Índice Térmico Costero Peruano (ITCP), Índice Costero El Niño (ICEN), Índice Niño Oceánico (ONI) para el periodo de abril 2019 a abril 2020.

AÑO	MES	ÍNDICES CLIMÁTICOS							
		LABCOS	ITCP	ICEN	ONI	Niño 1+2	Niño 3	Niño 3.4	Niño 4
2019	04	0,24	-0,5	0,38	0,7	0,1	0,7	0,8	0,7
2019	05	0,29	-0,4	0,28	0,6	0,2	0,6	0,7	0,8
2019	06	0,05	-0,5	-0,21	0,5	-0,3	0,4	0,6	0,8
2019	07	-0,14	-0,7	-0,62	0,3	-0,3	0,1	0,4	0,9
2019	08	-0,15	-0,7	-0,86	0,1	-0,4	-0,1	0,2	0,9
2019	09	-0,05	-0,6	-1,03	0,1	-0,8	-0,2	0,0	0,6
2019	10	0,13	-0,5	-0,87	0,3	-0,8	0,2	0,6	1,0
2019	11	0,32	-0,2	-0,78	0,5	-0,4	0,5	0,6	0,9
2019	12	0,48	-0,1	-0,58	0,5	0,3	0,3	0,5	1,0
2020	01	0,47	-0,2	-0,58	0,5	0,0	0,2	0,5	1,0
2020	02	0,45	-0,3	-0,15 <sup>1</sup>	0,6				
2020	03	0,47 <sup>1</sup>	-0,3	0,22 <sup>1</sup>	0,5				
2020	04	(-)	-0,3 <sup>1</sup>	0,29 <sup>1</sup>	0,47 <sup>1</sup>				

<sup>1</sup> Valor preliminar

## VIII. FIGURAS

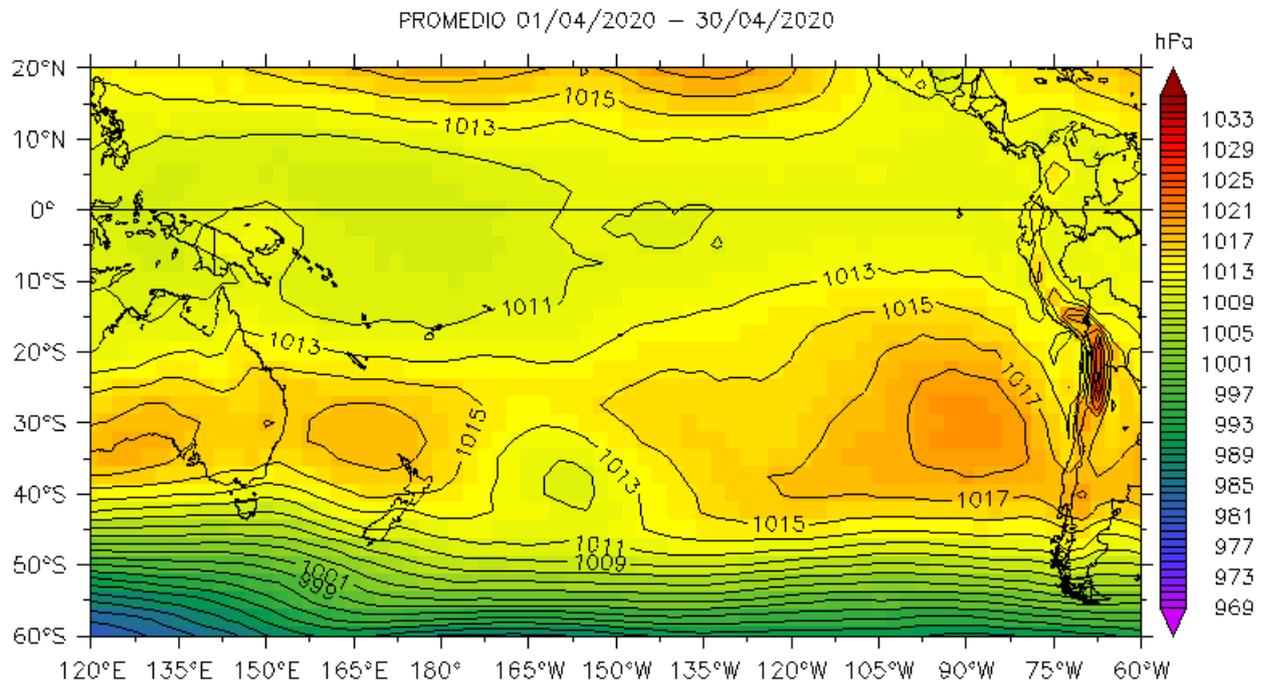
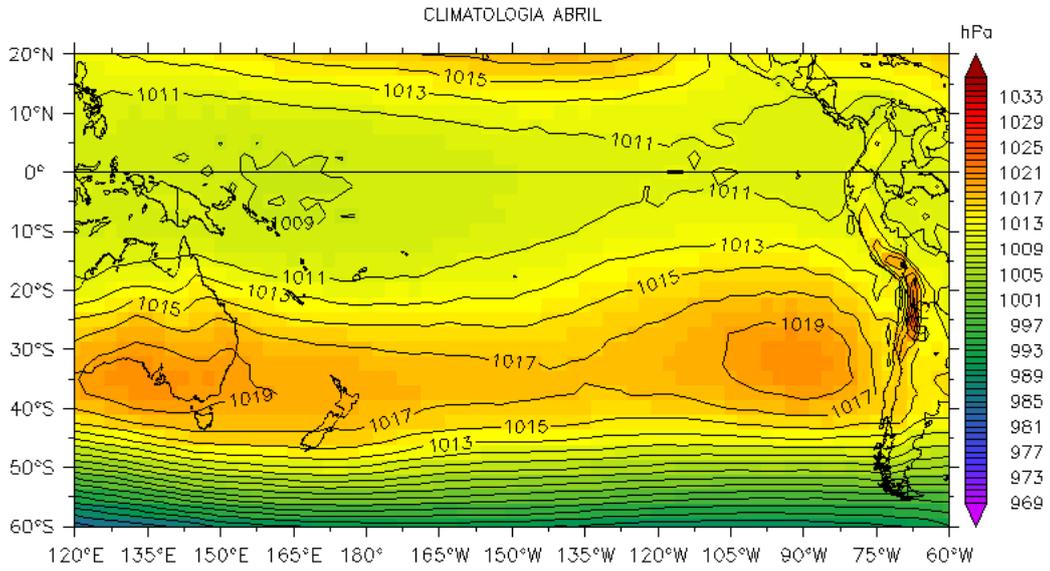


Figura 1. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, promedio 1- 30 abril 2020, Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

a)



b)

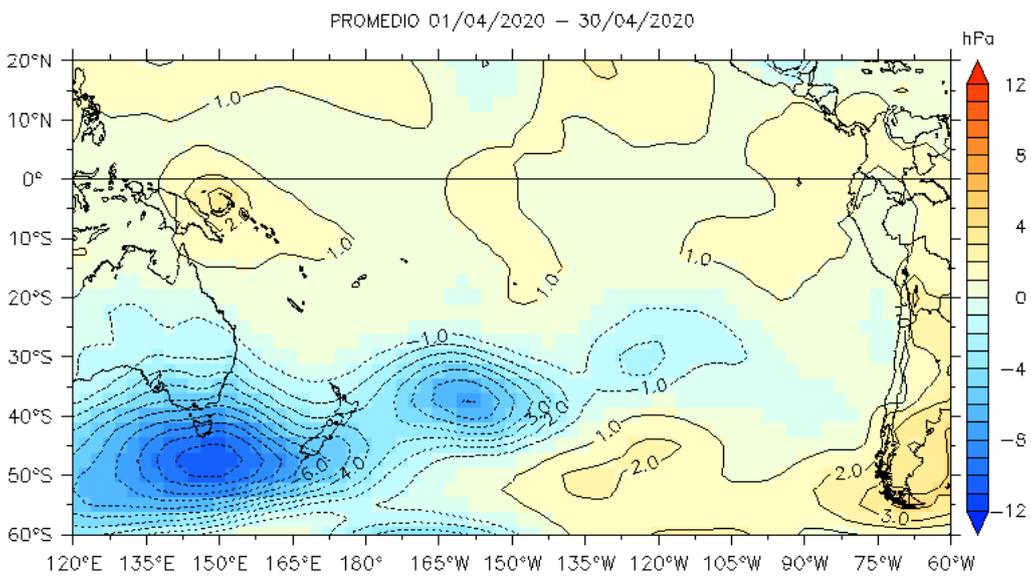


Figura 2. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, a) climatología y b) anomalías promedio de abril 2020. Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

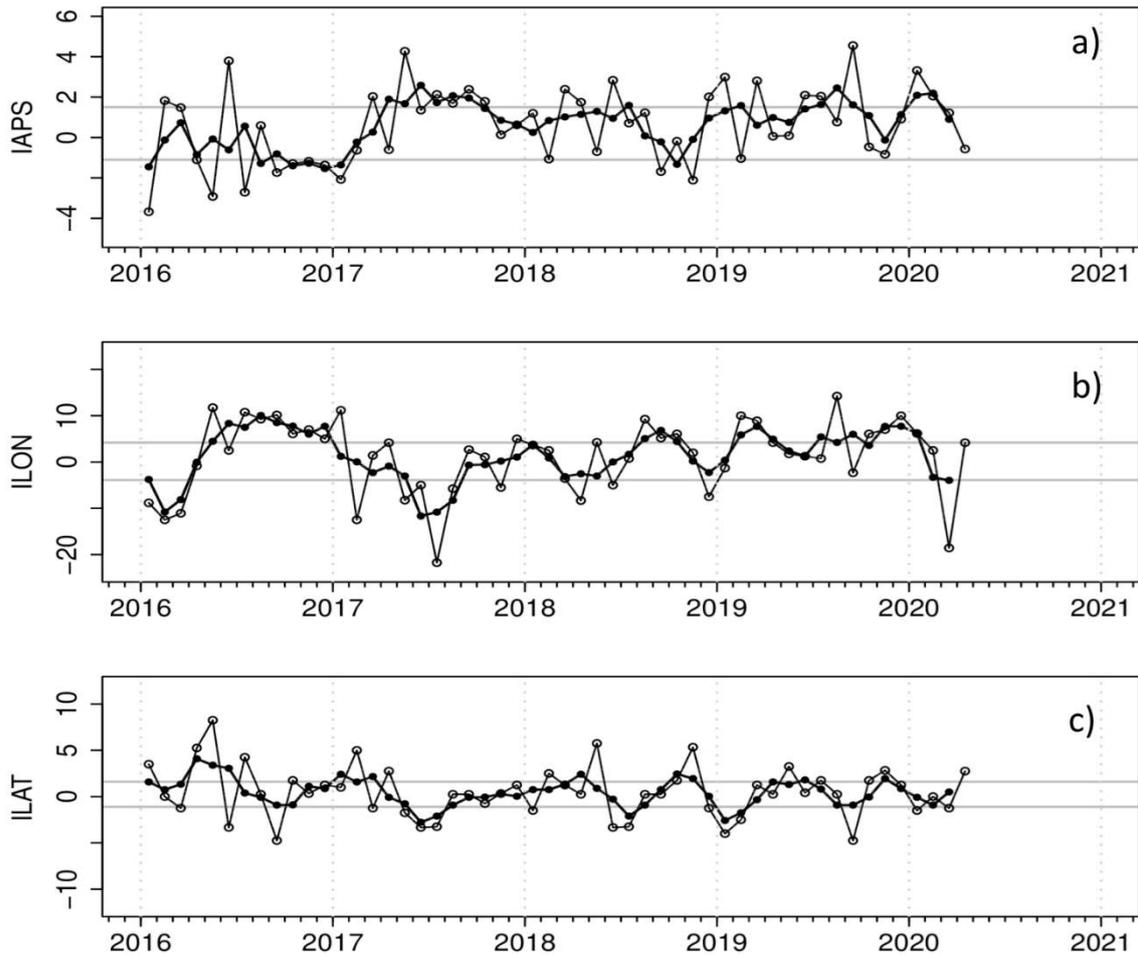


Figura 3. Variación temporal de los índices del APS: a) índice de intensidad (IAPS) e índices de posición b) longitudinal (ILON) y c) latitudinal (ILAT) hasta el trimestre DEF 2019-2020 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2016 – abril 2020.

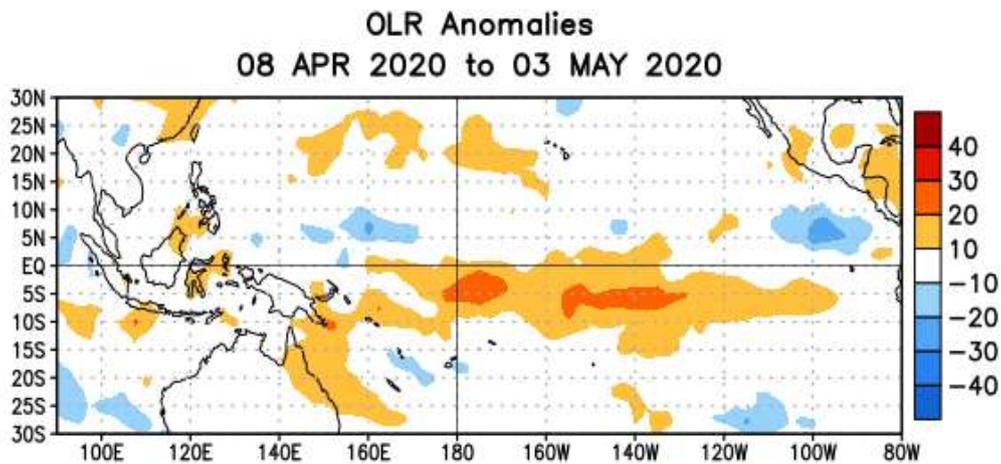


Figura 4. Anomalías del promedio de la radiación de onda larga emitida (OLR, por sus siglas en inglés) ( $W m^{-2}$ ) durante el mes de abril 2020. Las anomalías de OLR se calculan como desviaciones de los penta-promedios del periodo base de 1981-2010 (Fuente NOAA).

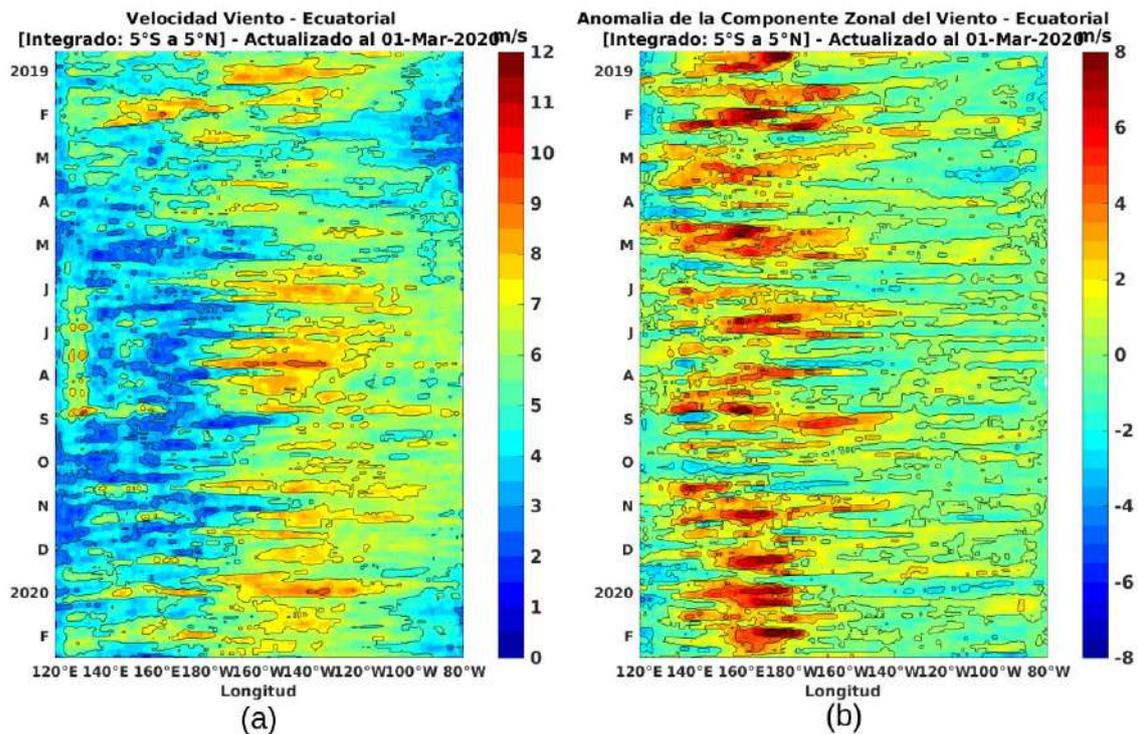


Figura 5. Viento Satelital (integrado en el Ecuador): a) Componente Zonal del viento ( $m s^{-1}$ ), b) Anomalia de la Componente zonal del viento ( $m s^{-1}$ ), durante el último año (Fuente: Satélite ASCAT y modelo GSF, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 01/05/2020.

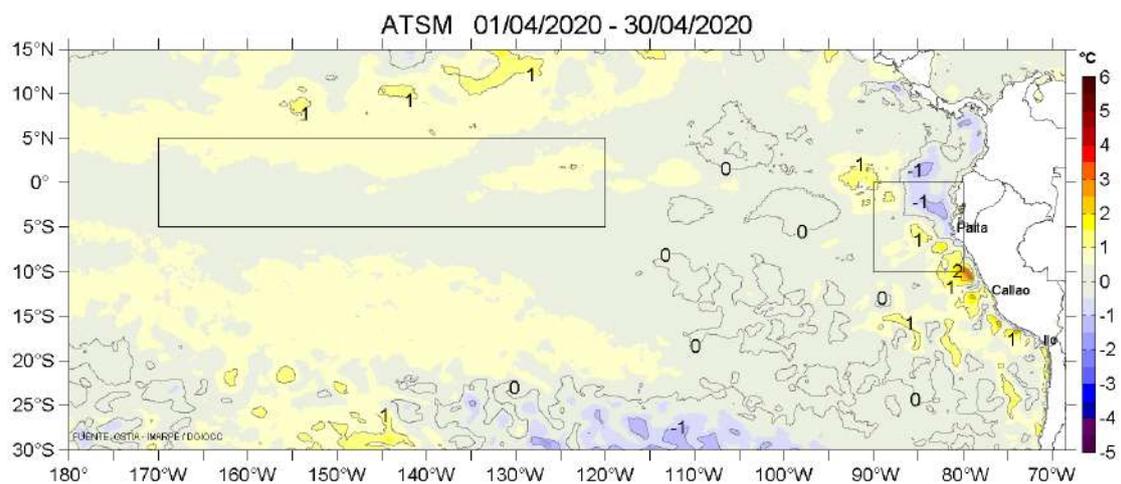


Figura 6. Anomalías promedio de la temperatura superficial del mar ( $^{\circ}C$ ) para el mes de abril 2020. Periodo base de 2007-2016. Fuente: PODAAC/OSTIA. Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

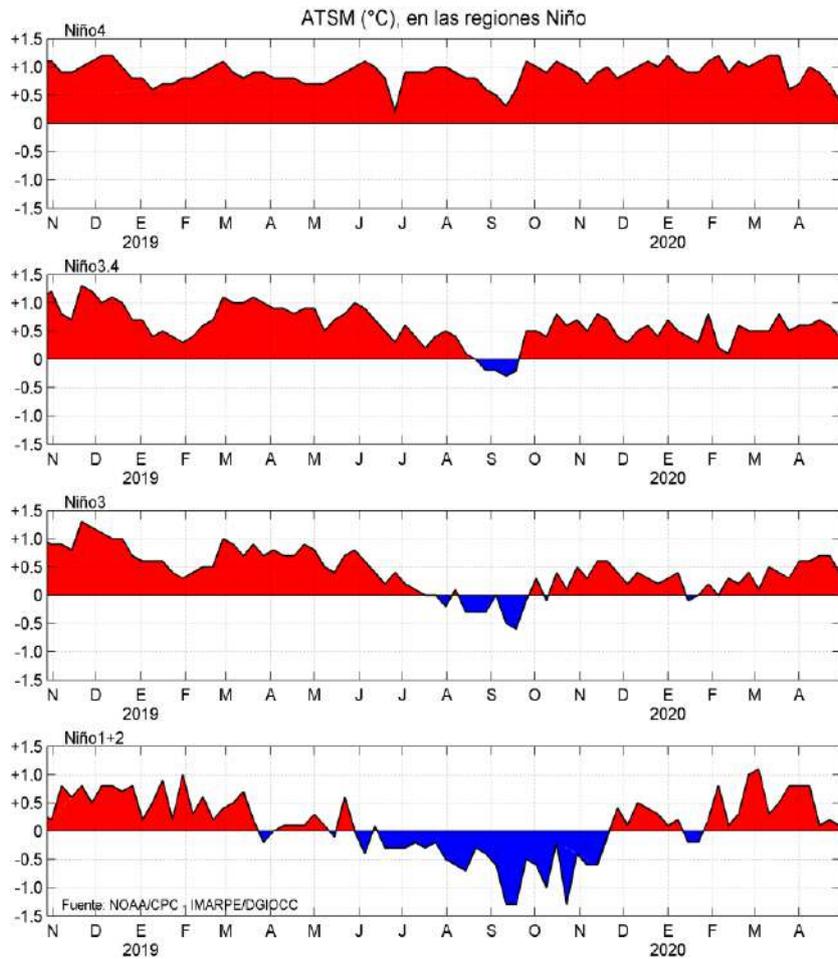


Figura 7. Anomalías semanales promedio de la TSM (°C), en las regiones El Niño, durante dieciocho meses, hasta fines de abril del 2020. Fuente CPC/NOAA, Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

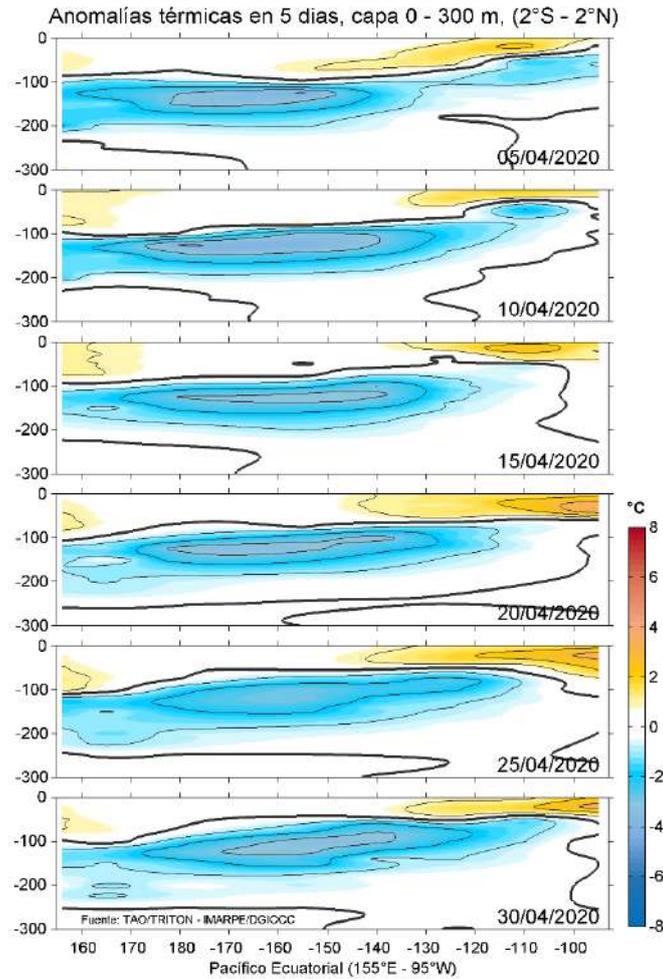


Figura 8. Anomalías de temperatura (°C) en la capa superior (0-300 m) del Pacífico Ecuatorial (2°S - 2°N), en promedios de cinco días durante abril de 2020 (las fechas indican el último día). Periodo base 1981-2010. Fuente CPC/NOAA, Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

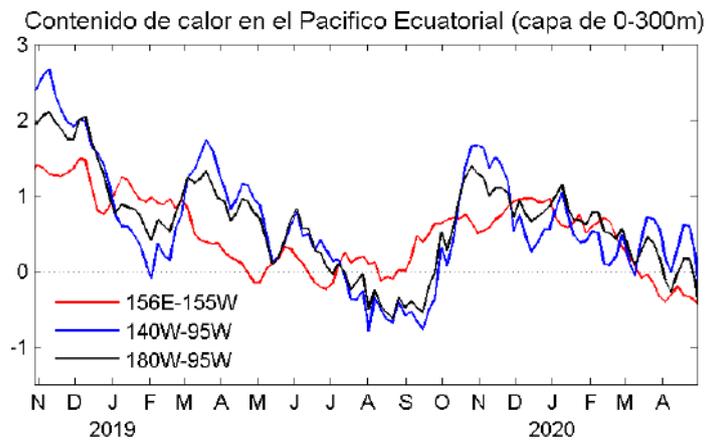


Figura 9. Anomalías del contenido de calor promediado en la capa de 0–300 m del Pacífico ecuatorial (2°S – 2°N y 180° - 100°W). Periodo base de 1981-2010. Fuente CPC/NOAA, Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

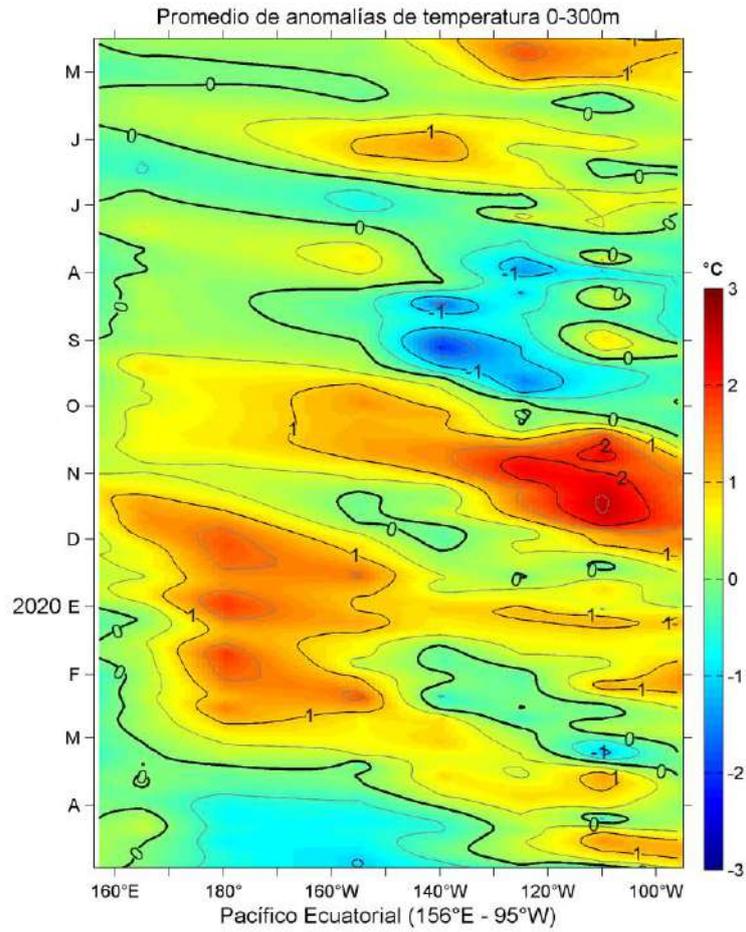


Figura 10. Variación espacio-temporal del promedio de las anomalías de temperatura en la capa de 0-300 m en el Pacífico ecuatorial (156°E a 95°W), en el periodo de un año, hasta fines de abril de 2020. Fuente: TAO-TRITON/PMEL/NOAA. Procesamiento: AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

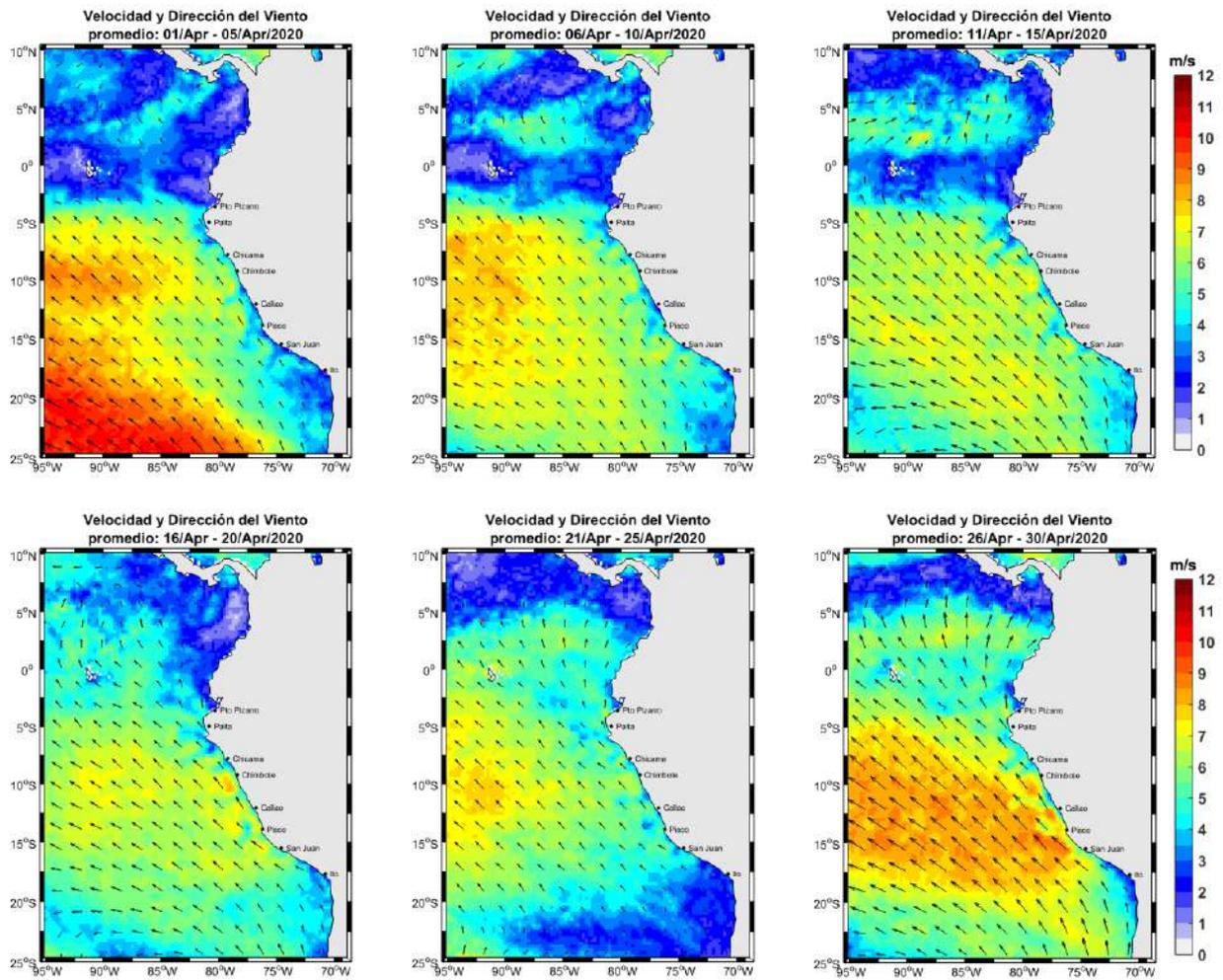


Figura 11. Mapas de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de abril del 2020 (Fuente: Satélite ASCAT). Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/04/2020.

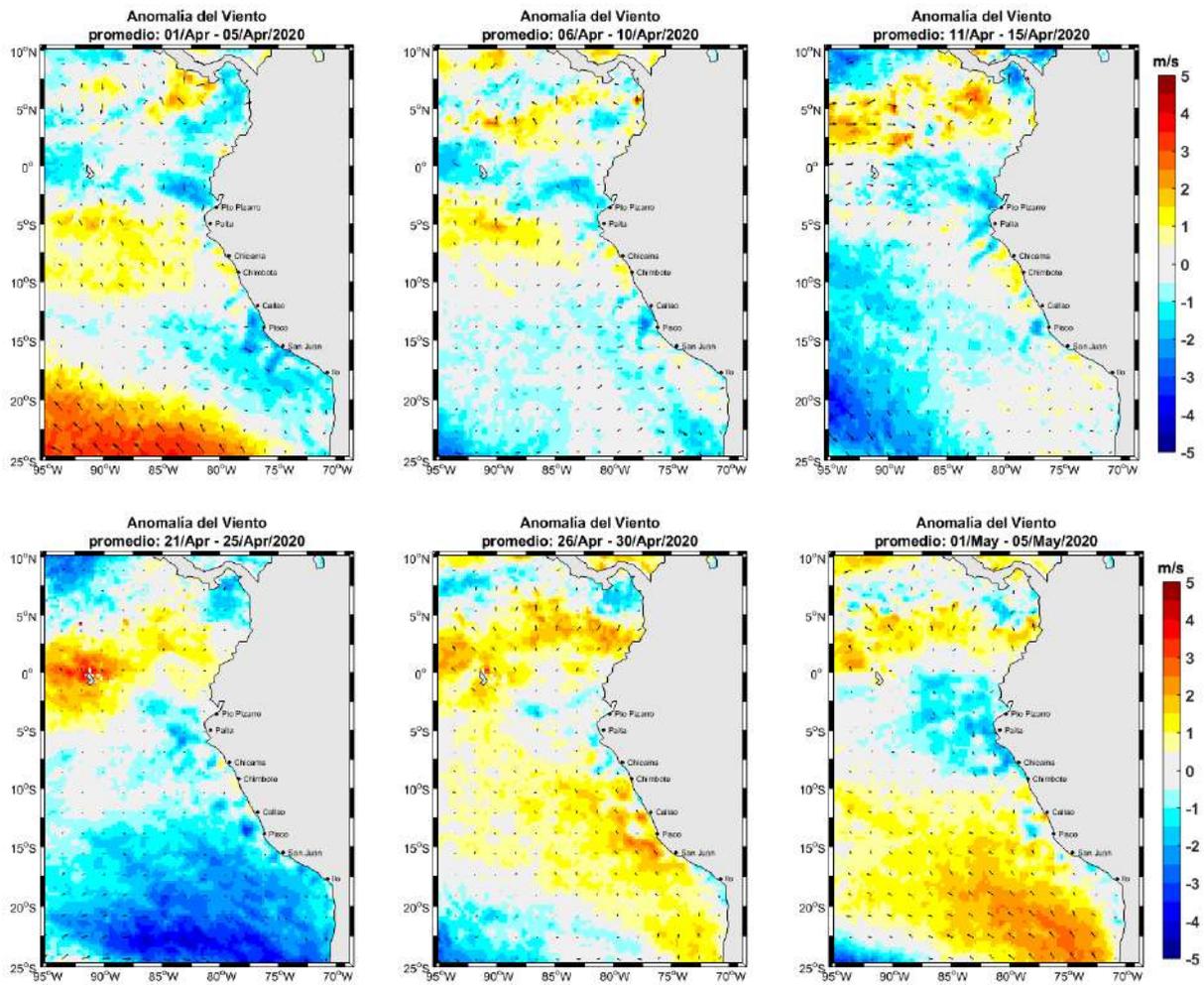


Figura 12. Mapas de anomalía de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de abril del 2020 (Fuente: Satélite ASCAT), Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 05/005/2020.

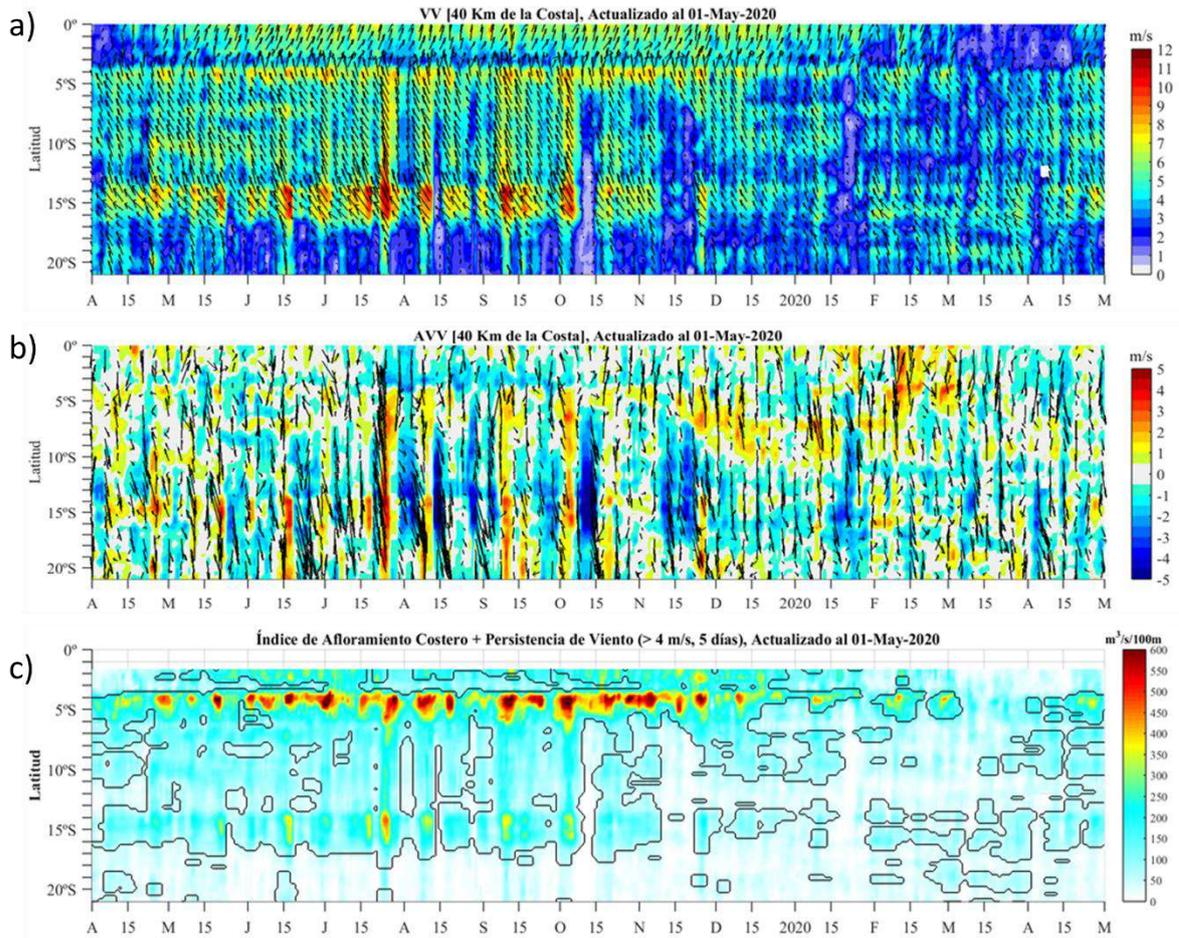


Figura 13. Diagrama Hovmöller de (a) la velocidad del viento, (b) la Anomalía del Viento y del Índice de Afloramiento Costero ( $m^3 s^{-1} \times 100m$ ) a lo largo de la costa peruana. El IAC en (c), fue calculado a 40 km frente a la costa del Perú y los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad  $> 4 m s^{-1}$  durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT y productos del proyecto COPERNICUS. Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 30/04/2020.

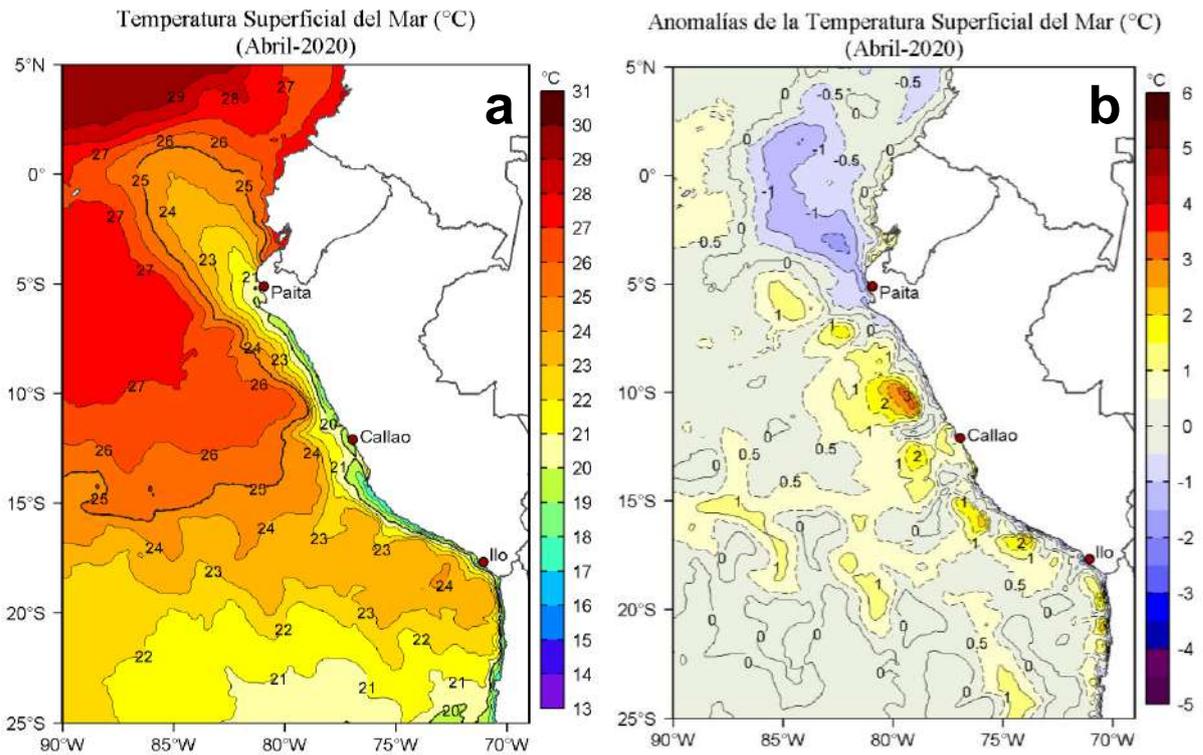


Figura 14. Distribución espacial promedio mensual de: a) TSM (°C) y b) ATSM (°C) para el mes de abril de 2020 en el océano Pacífico tropical oriental. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). Las escalas de colores de la TSM como de la ATSM se presentan a la derecha de cada gráfico. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

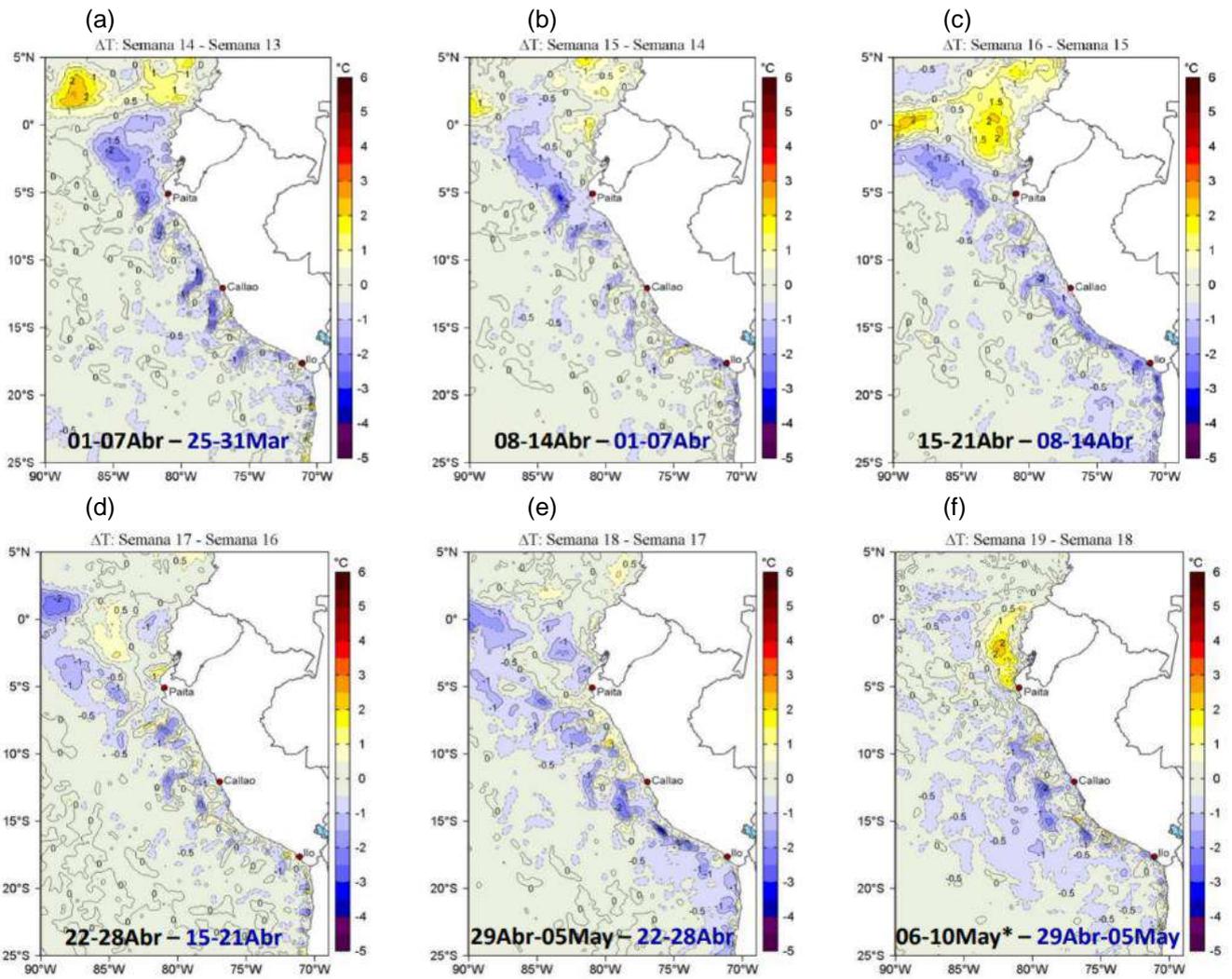


Figura 15. Cambio semanal de la temperatura superficial del mar TSM (°C) en el Pacífico Sudeste. Fuente: OSTIA. Climatología: 2007-2016. Procesamiento: LHFH/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

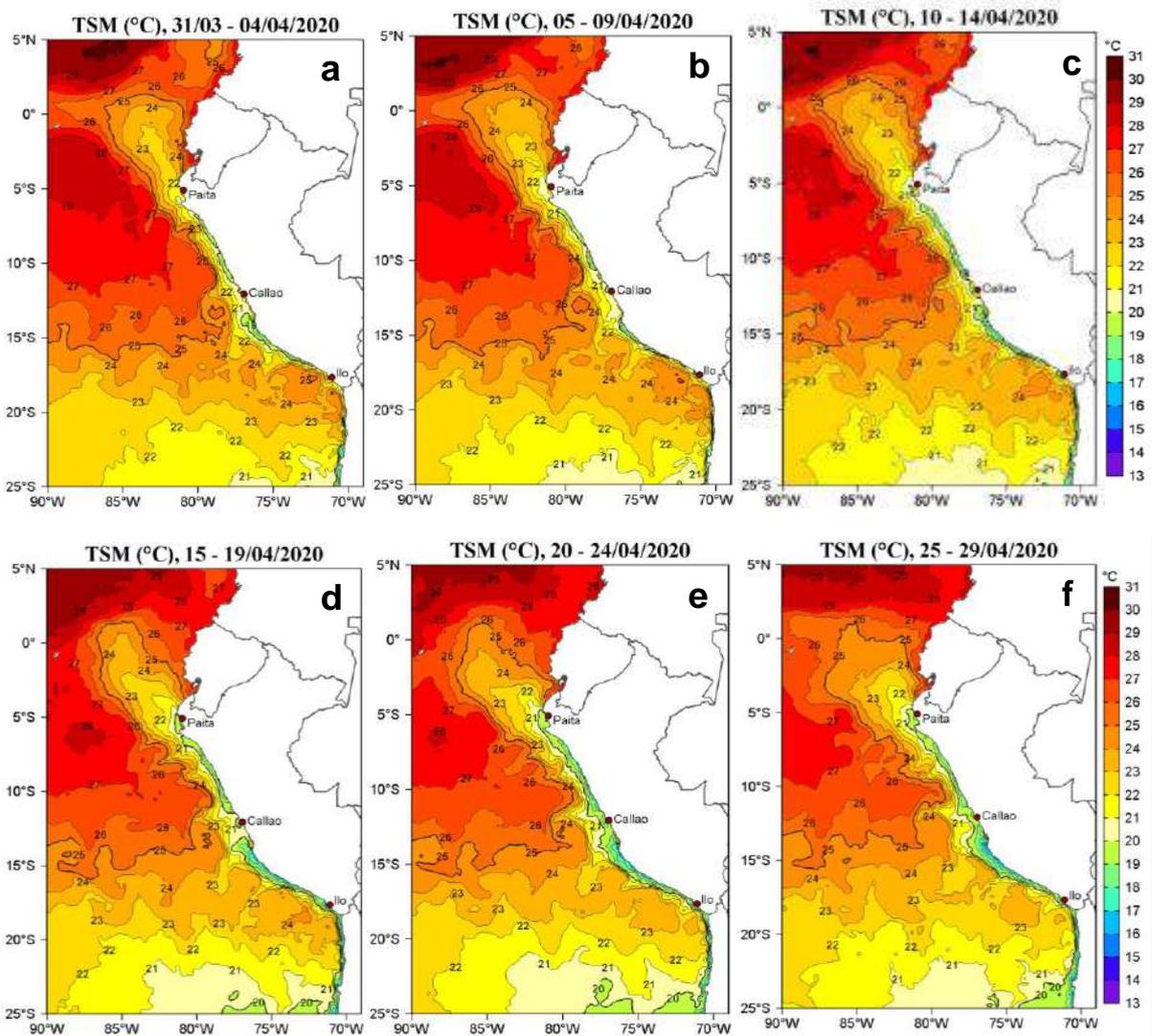


Figura 16. Distribución espacial promedio pentadal de la Temperatura superficial del mar (TSM, °C) para el mes de abril de 2020 en el océano Pacífico tropical oriental. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). La escala de colores de la TSM se presenta a la derecha. Procesamiento: LHF/M/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

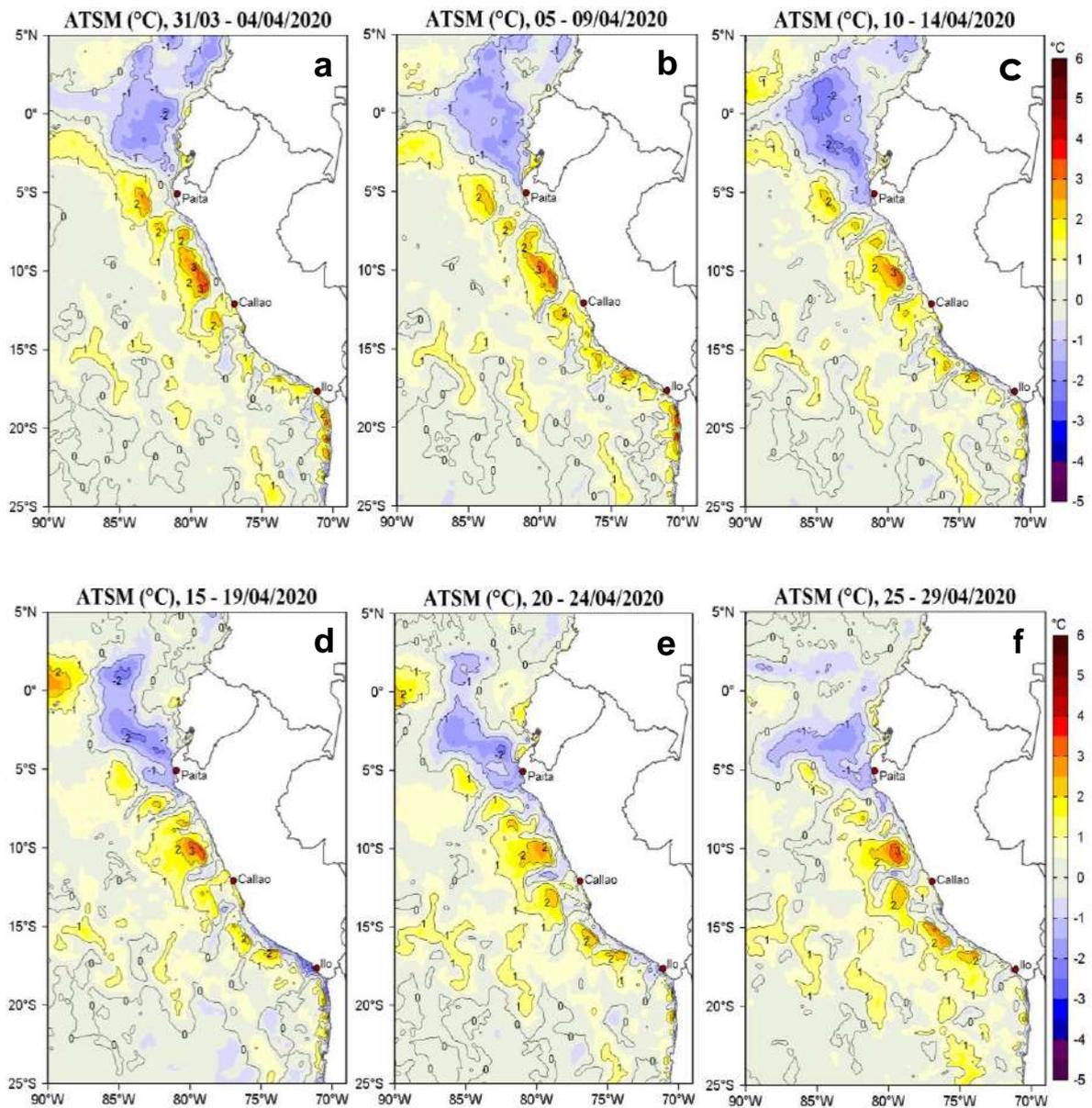
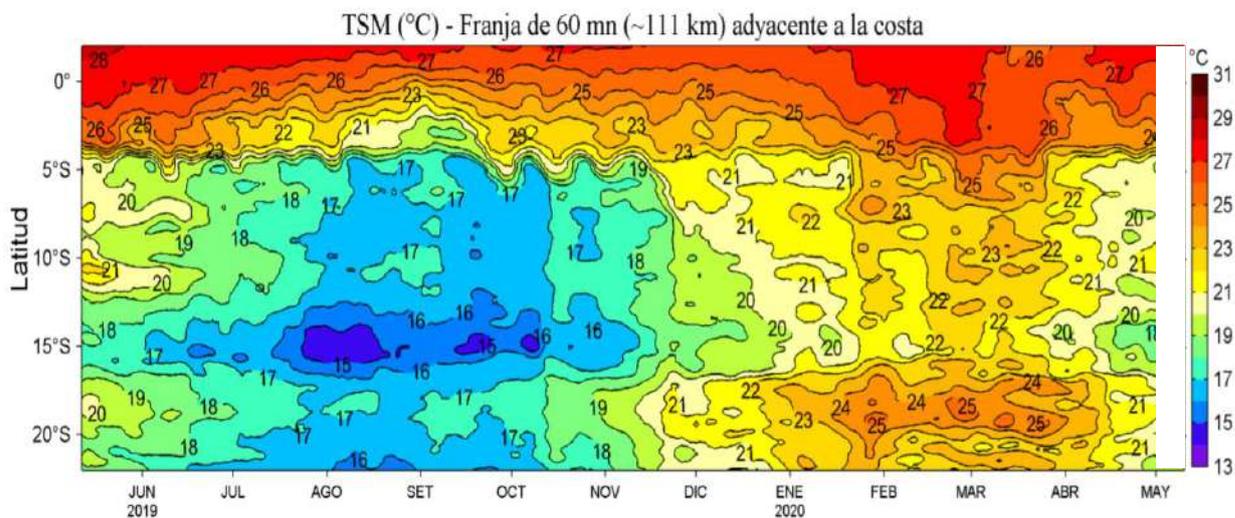


Figura 17. Distribución espacial promedio pentadal de las anomalías de temperatura superficial del mar (TSM, °C) para el mes de abril de 2020 en el océano Pacífico tropical oriental. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). La escala de colores de la TSM se presenta a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

a)



b)

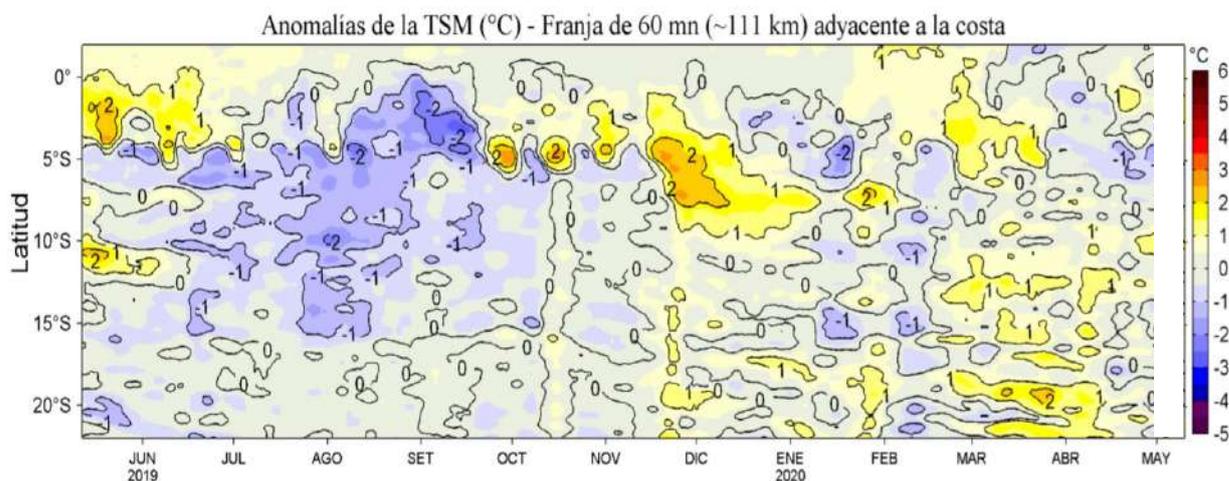


Figura 18. Evolución diaria de: a) Temperatura superficial del mar (°C) y b) Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) de abril de 2019 a abril de 2020 para una franja de 111 km adyacente a la costa entre el ecuador geográfico y 22 °S. Los promedios climatológicos de referencia consideran 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: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

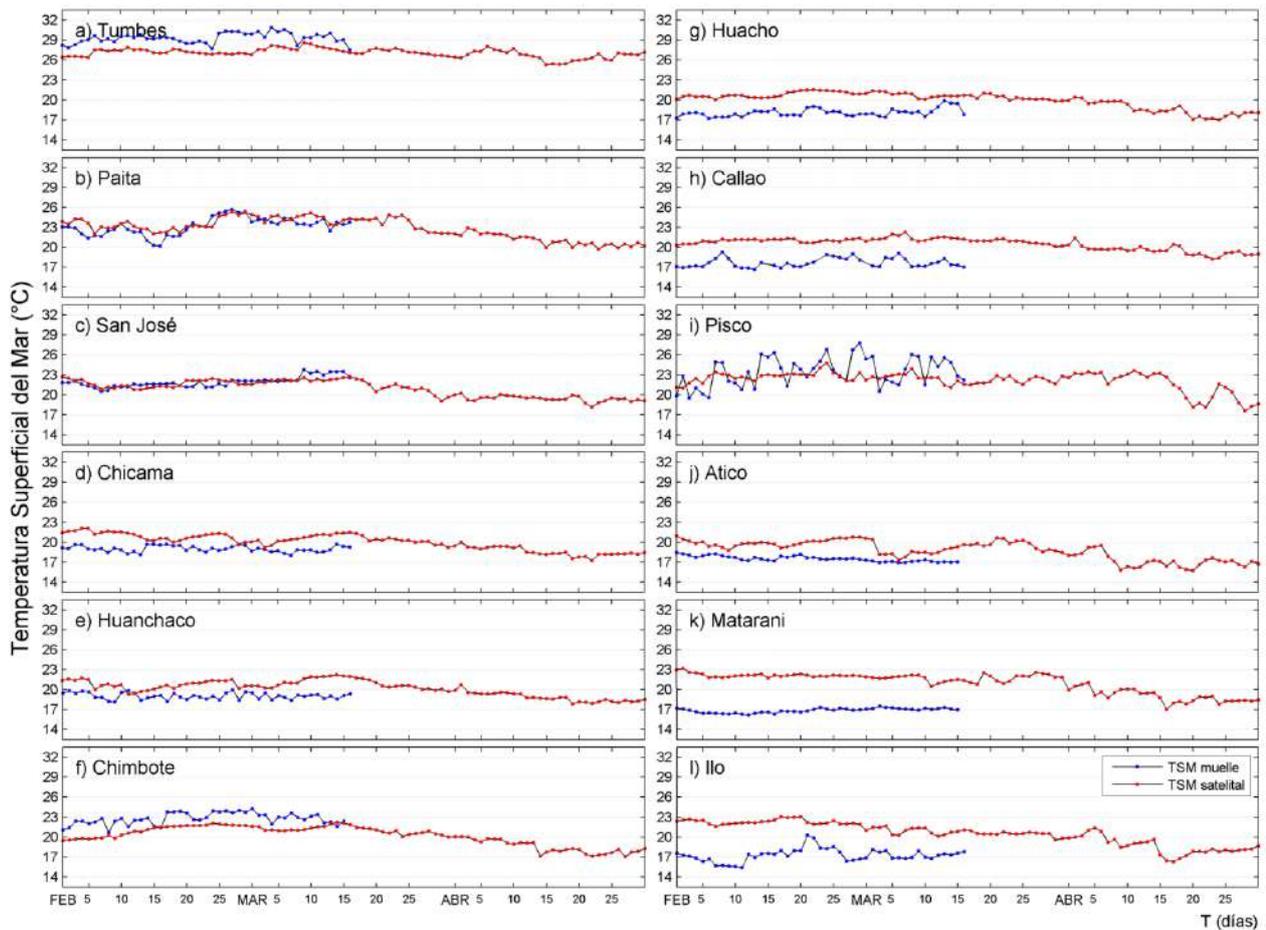


Figura 19. Temperatura superficial del mar (TSM, °C) en la red de estaciones costeras del IMARPE (línea de color azul) y satelital (línea de color rojo) durante el último trimestre. La TSM satelital corresponde a la grilla (~ 6 km) más cercana a la costa (línea roja) frente al muelle costero de IMARPE correspondiente y proviene del producto OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). Datos y procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

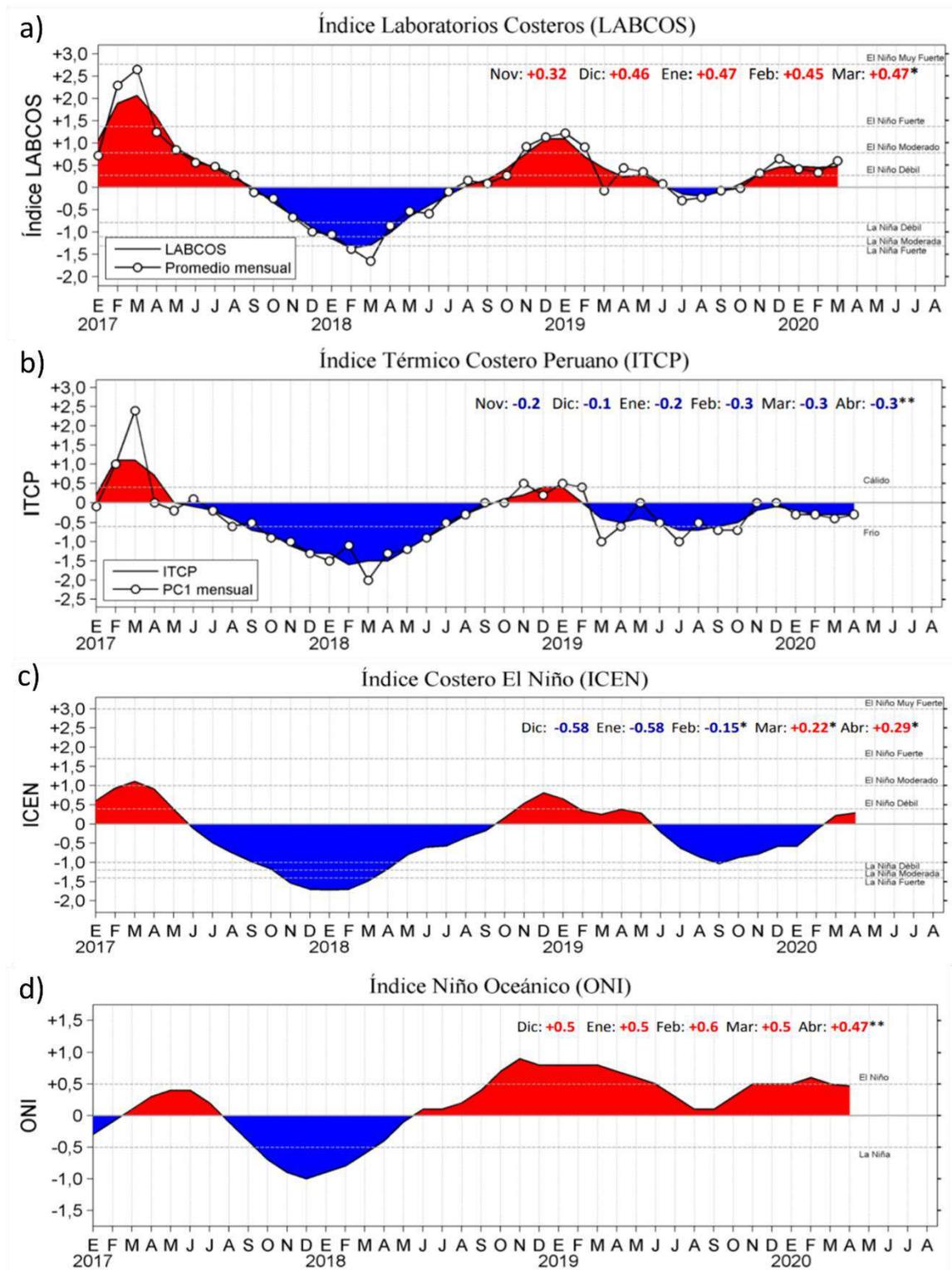


Figura 20. Serie de tiempo mensuales de los índices: a) LABCOS (área sombreada) y el promedio mensual de las anomalías de TSM (en círculos); b) Índice Térmico Costero Peruano (ITCP) y la primera componente principal (PC1); c) Índice Costero El Niño (ICEN) y d) Índice Niño Oceánico (ONI) para el periodo de enero de 2017 a abril de 2020. Procesamiento: LHF/M/AFI/O/F/DG/IOCC/IMARPE.

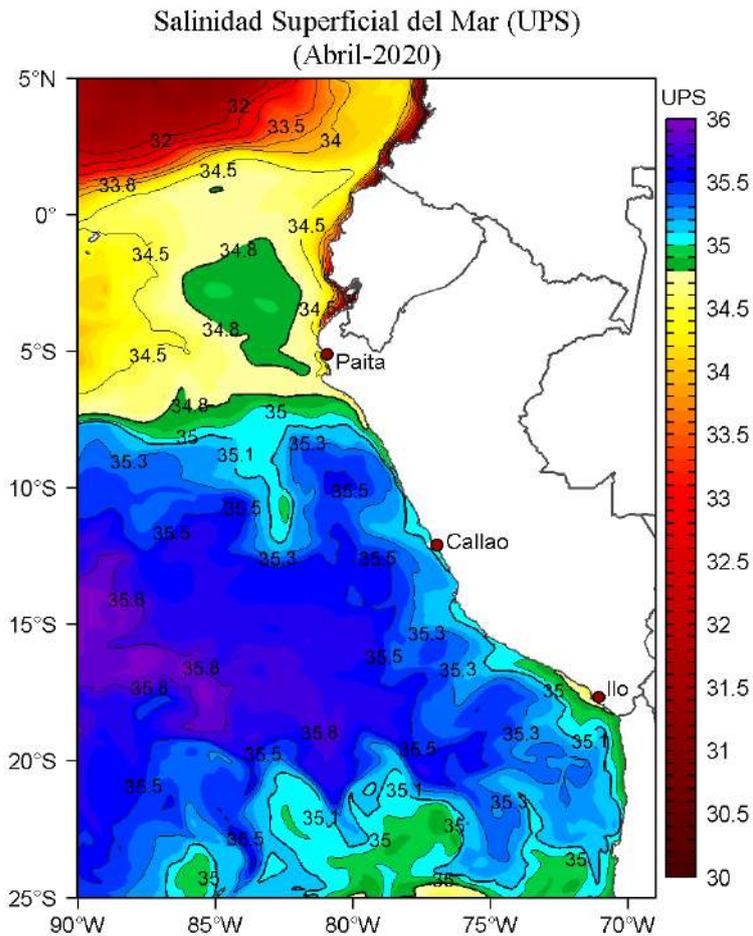


Figura 21. Distribución mensual de la salinidad superficial del mar (SSM, ups) en el Pacífico Sudeste durante el mes de abril de 2020. Datos: GLOBAL\_ANALYSIS\_FORECAST\_PHY\_001\_024 (Lellouche, J.-M. et al, 2013) disponible en [http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com\\_csw&view=details&product\\_id=GLOBAL\\_ANALYSIS\\_FORECAST\\_PHY\\_001\\_024](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.

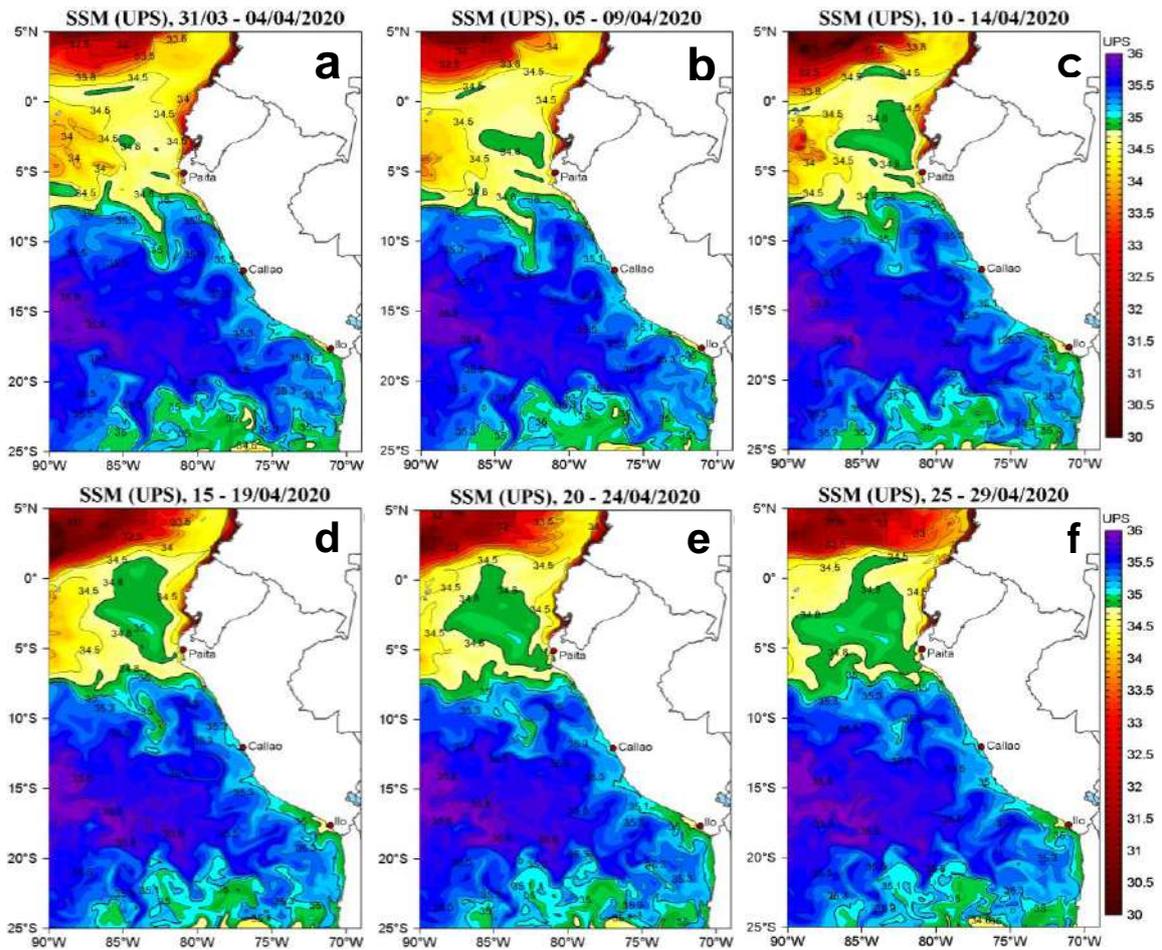


Figura 22. Distribución pentadal de la salinidad superficial del mar (SSM, ups) en el Pacífico Sudeste, durante el mes de abril de 2020. Datos: GLOBAL\_ANALYSIS\_FORECAST\_PHY\_001\_024 (Lellouche, J.-M. et al, 2013) disponible en [http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com\\_csw&view=details&product\\_id=GLOBAL\\_ANALYSIS\\_FORECAST\\_PHY\\_001\\_024](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.

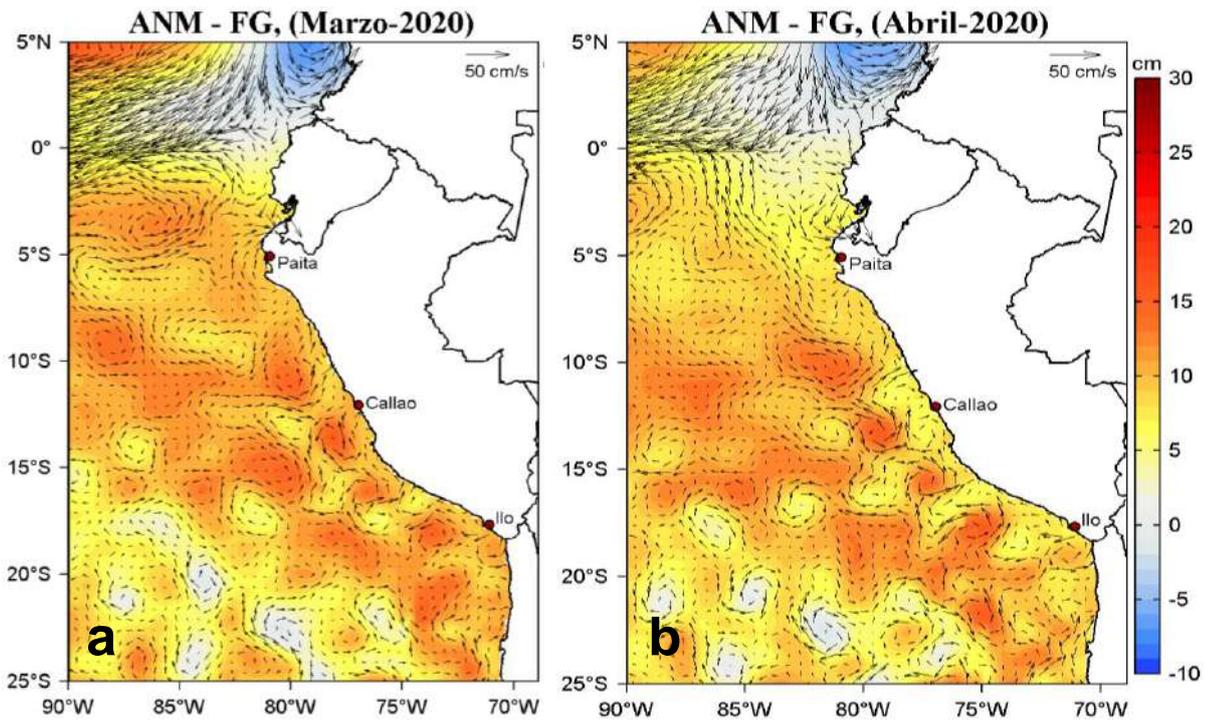


Figura 23. Distribución mensual de las anomalías del nivel del mar (ANM, cm) y los flujos geostróficos (FG,  $\text{cm s}^{-1}$ ) en el Pacífico Sudeste para a) marzo y b) abril de 2020. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

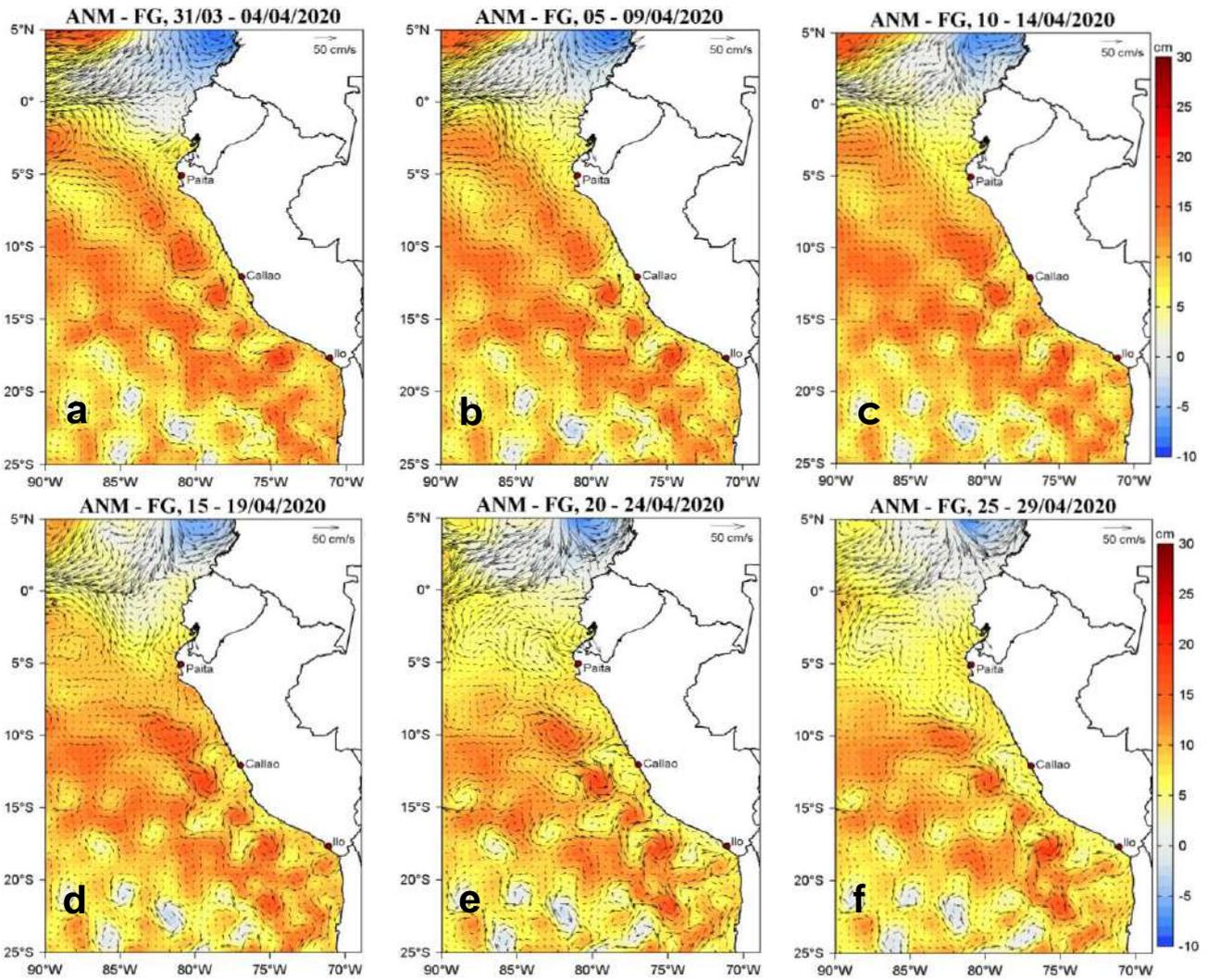


Figura 24. Distribución pentadal de las anomalías del nivel del mar (ANM, cm) y los flujos geostróficos (FG,  $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ) en el Pacífico Sudeste durante el mes de abril de 2020. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

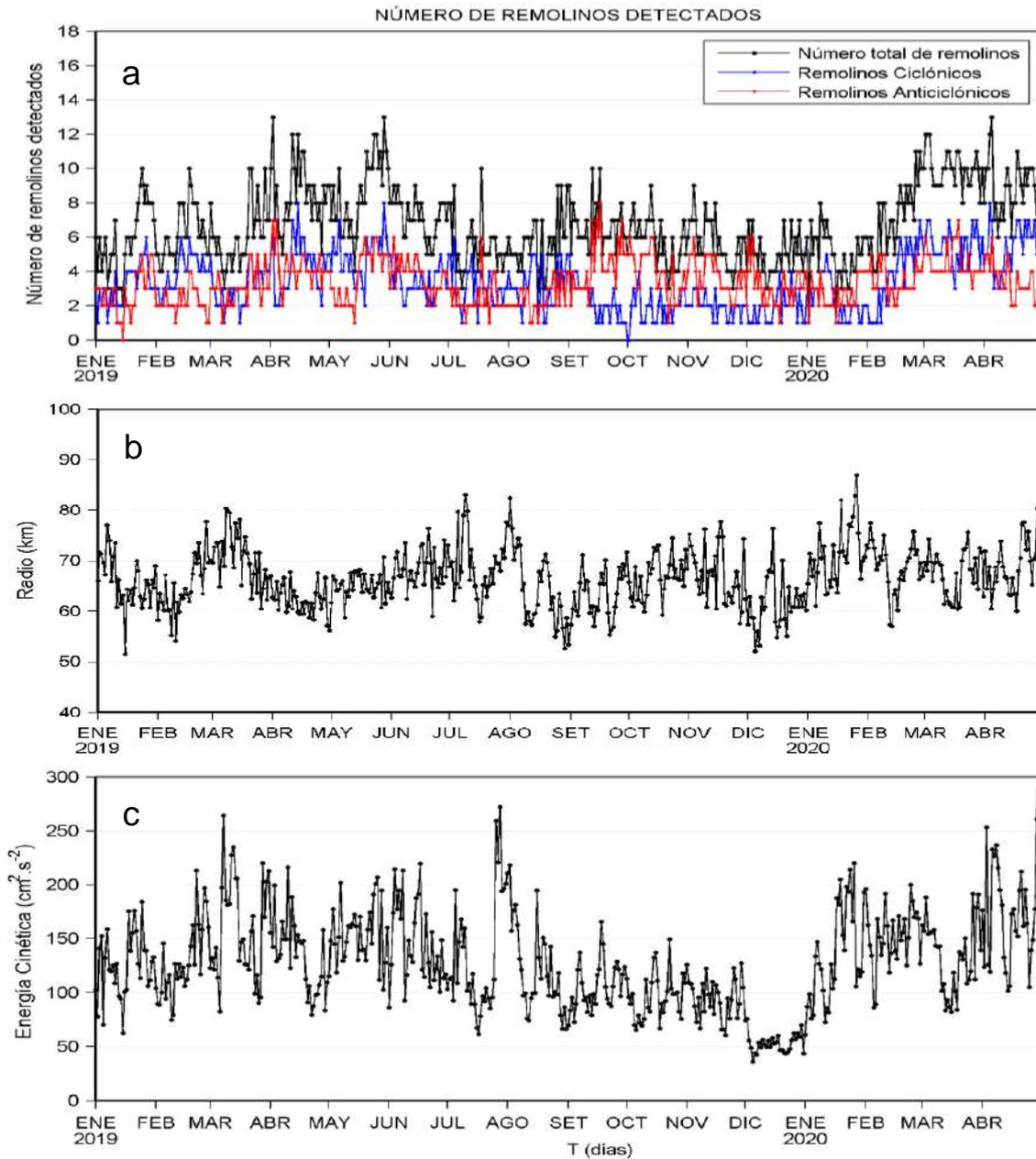


Figura 25. Variación diaria de: a) número de remolinos detectados, b) radio promedio (km) y c) la energía cinética promedio ( $\text{cm}^2 \text{s}^{-2}$ ) de los remolinos entre 3 y 18°S y de 70°W a 84°W de enero de 2019 a abril de 2020. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

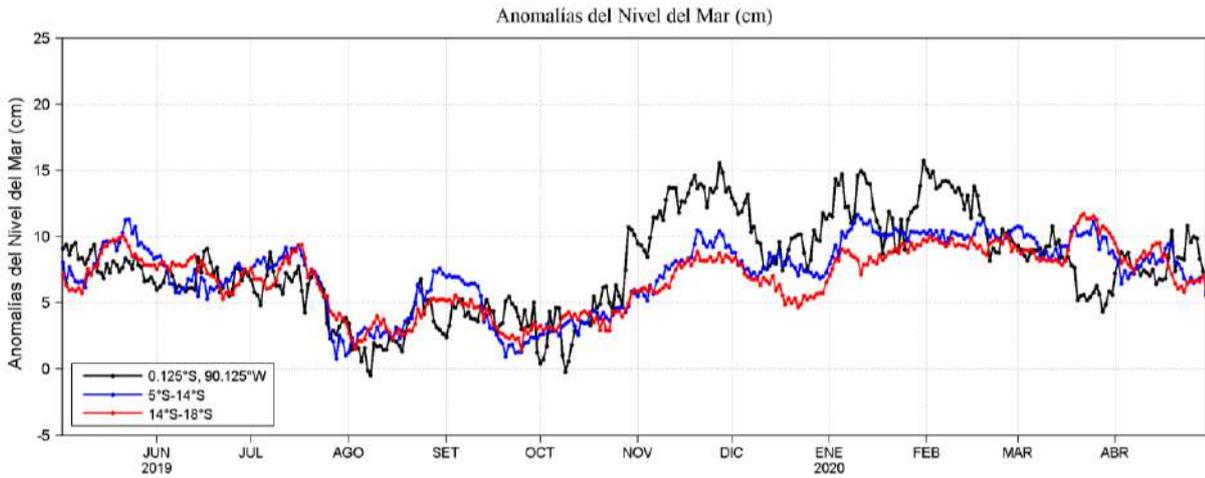


Figura 26. Variación temporal de las anomalías del nivel del mar (cm) en tres áreas del promedio del Pacífico Sudeste: i) área de 75 km centrada en 0.125 °S y 90.125 °W, y áreas promedio de 60 mn (~111 km) entre ii) 5 °S-14 °S y iii) 14 °S-18 °S. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/ IMARPE.

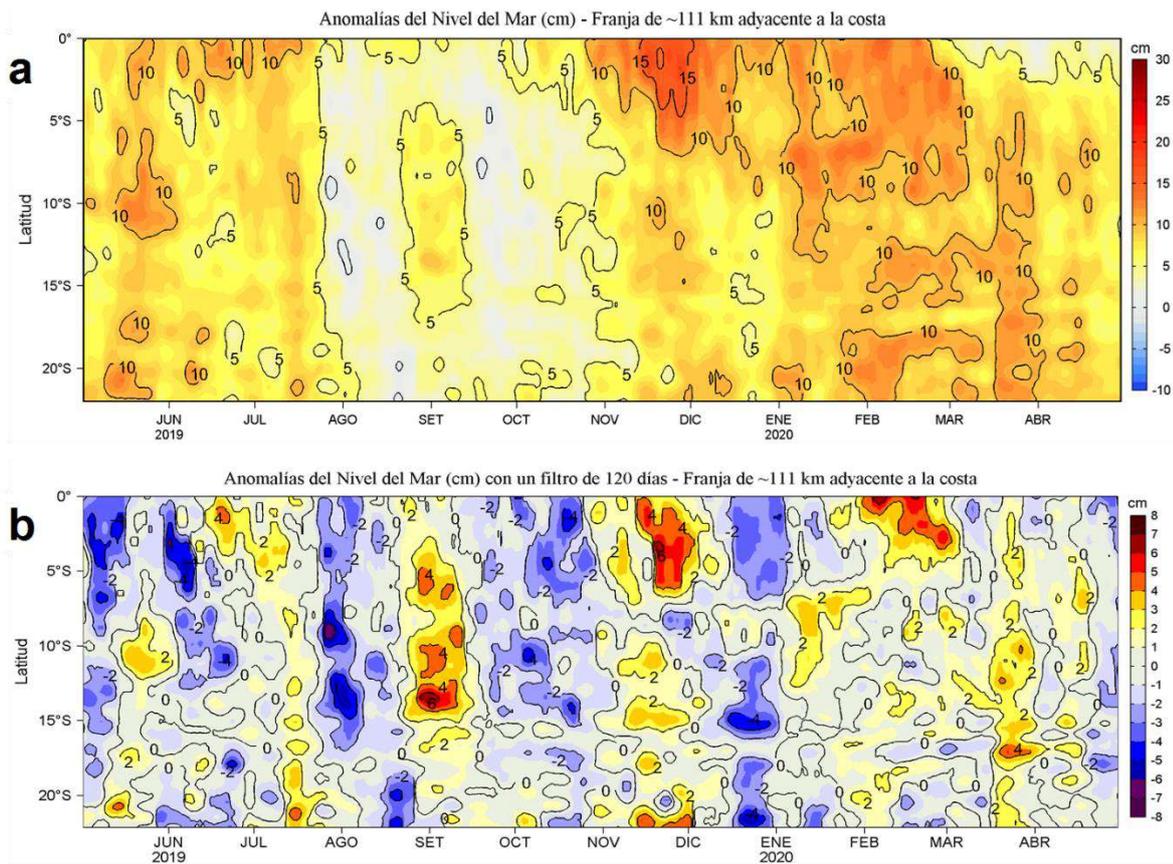


Figura 27. Evolución diaria de las a) Anomalías del Nivel del Mar (cm) y b) Anomalías del Nivel del Mar (cm) con un filtro pasa alto de 120 días, para una franja de 60 m.n. (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos doce meses al 07 de julio de 2020. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 para (a) y 1993-2010 para (b). Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

## SECCIÓN PAITA (22-23 abril del 2020)

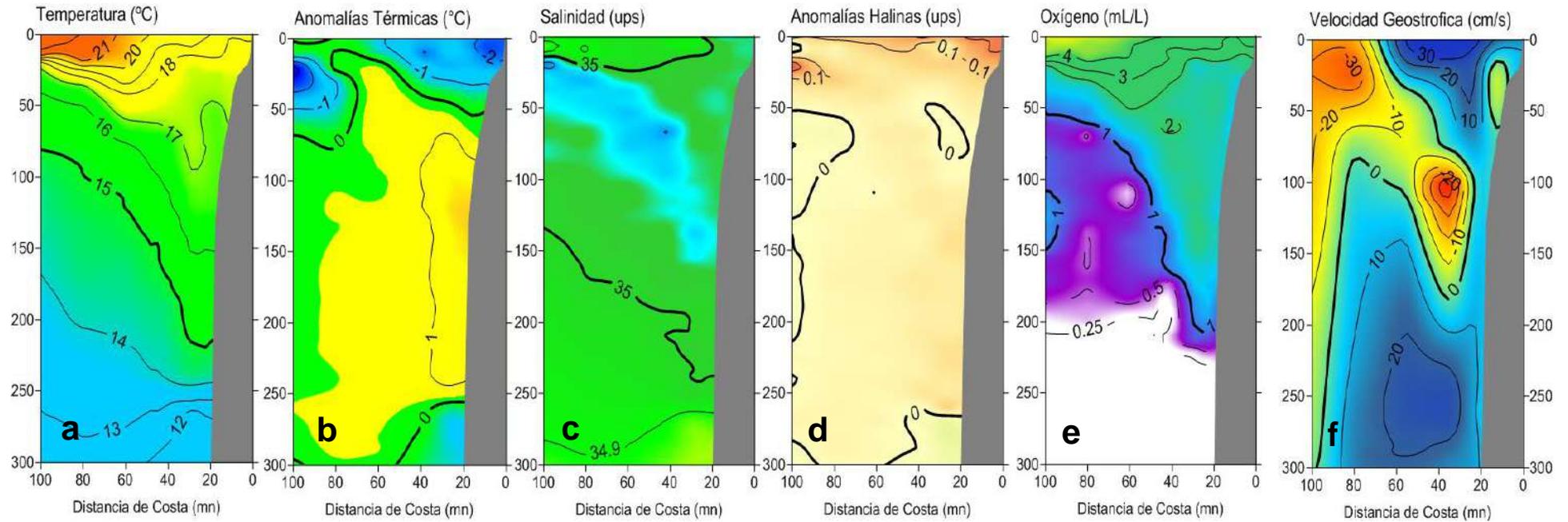


Figura 28. Estructura de a) Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) Anomalías térmicas ( $^{\circ}\text{C}$ ), c) Salinidad (ups), d) Anomalías halinas (ups), e) OD ( $\text{mL L}^{-1}$ ) y f) Velocidad Geostrofica ( $\text{cm s}^{-1}$ ) frente a Paita durante la Prospección Biológico-Pesquera 2004, realizada del 14 al 28 de abril 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 (ABRIL 2020)

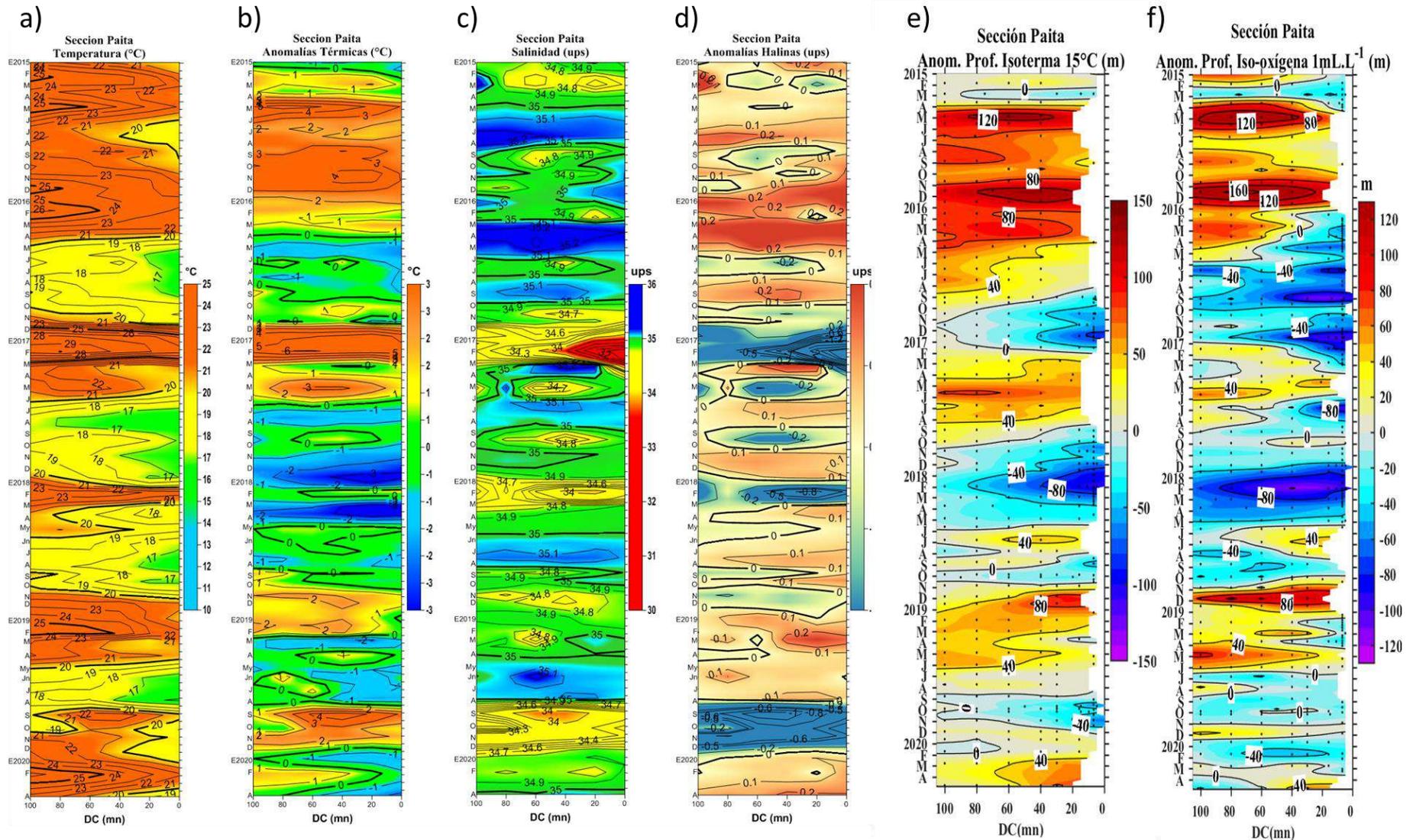


Figura 29. Diagrama Hovmöller de: a) temperatura (°C), b) anomalías térmicas (°C), c) salinidad (ups), d) anomalías de salinidad (ups), e) anomalías de la profundidad (m) de la isoterma de 15 °C, y f) anomalías de la profundidad (m) de la iso-oxígena de 1 mL L<sup>-1</sup> frente a Paita desde enero de 2015 a abril 2020. Datos: IMARPE.

## SECCIÓN CHICAMA (17-18 abril del 2020)

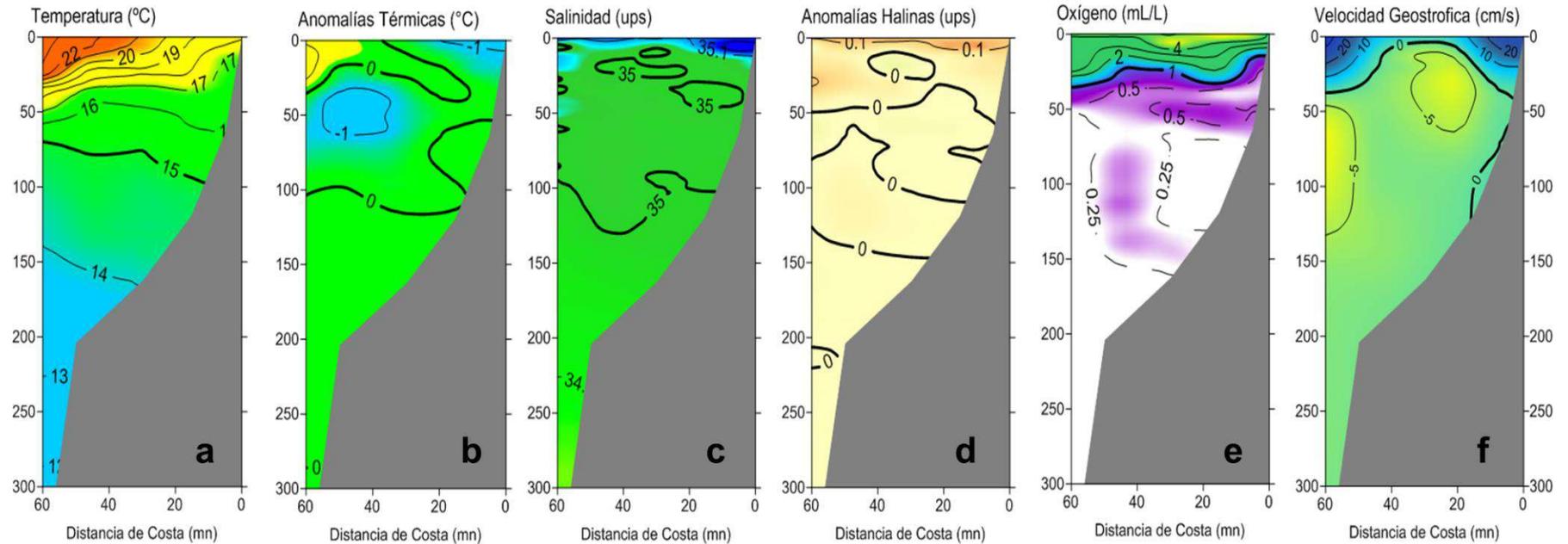


Figura 30. Estructura de a) Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) Anomalías térmicas ( $^{\circ}\text{C}$ ), c) Salinidad (ups), d) Anomalías halinas (ups), e) OD ( $\text{mL L}^{-1}$ ) y f) Velocidad Geostrofica ( $\text{cm s}^{-1}$ ) frente a Chicama durante la Prospección Biológico-Pesquera 2004, realizada del 14 al 28 de abril del 2020 a bordo del BIC Luis Flores Portugal. Las anomalías están calculadas con respecto al periodo 1981-2010 (Domínguez, et al; 2017).

## SECCIÓN CHICAMA (ABRIL 2020)

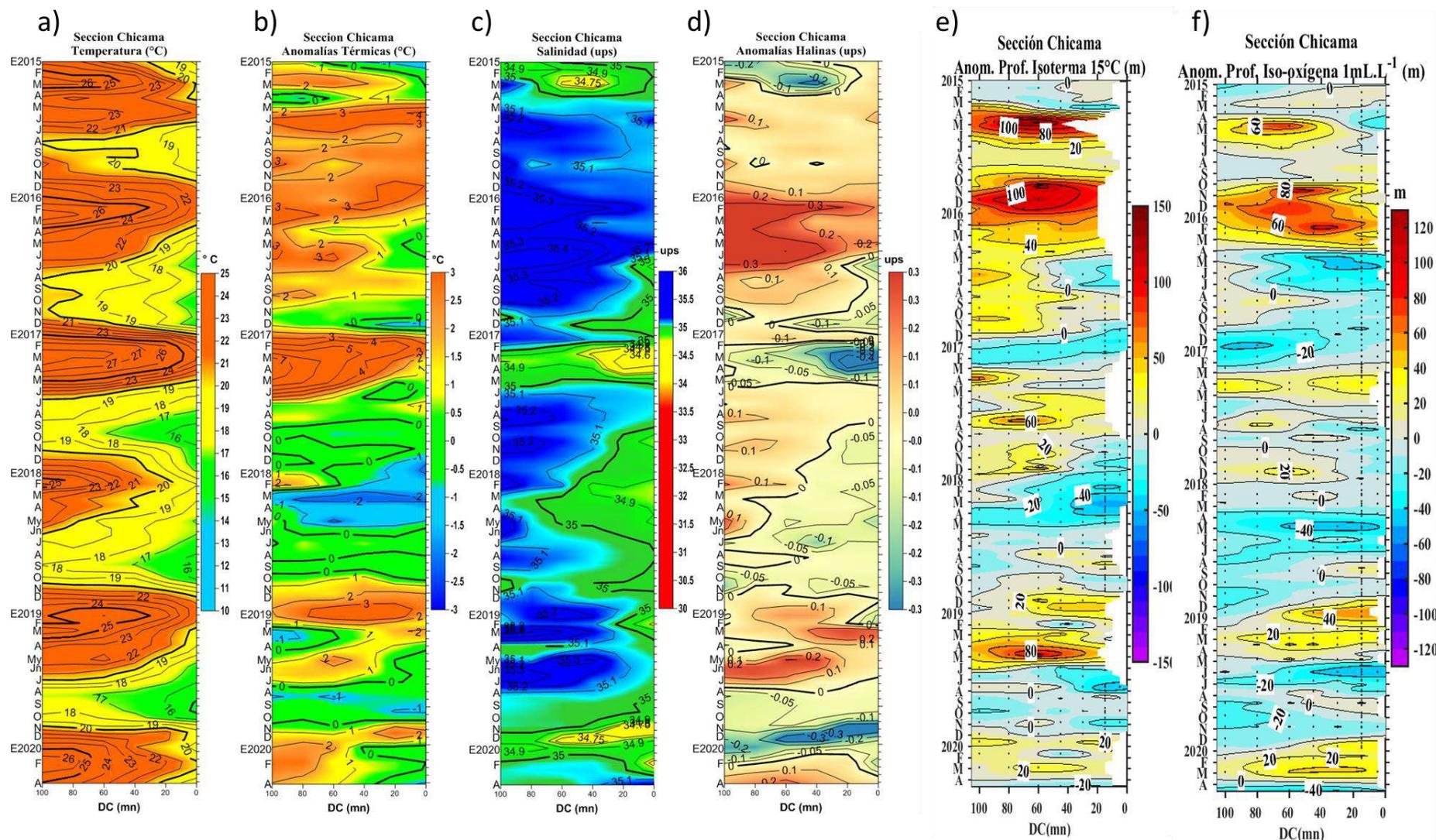


Figura 31. Diagrama Hovmöller de: a) temperatura (°C), b) anomalías térmicas (°C), c) salinidad (ups), d) anomalías de salinidad (ups), e) anomalías de la profundidad (m) de la isoterma de 15 °C, y f) anomalías de la profundidad (m) de la iso-oxígena de 1 mL L<sup>-1</sup> frente a Chicama desde enero de 2015 a abril 2020. Datos: IMARPE.

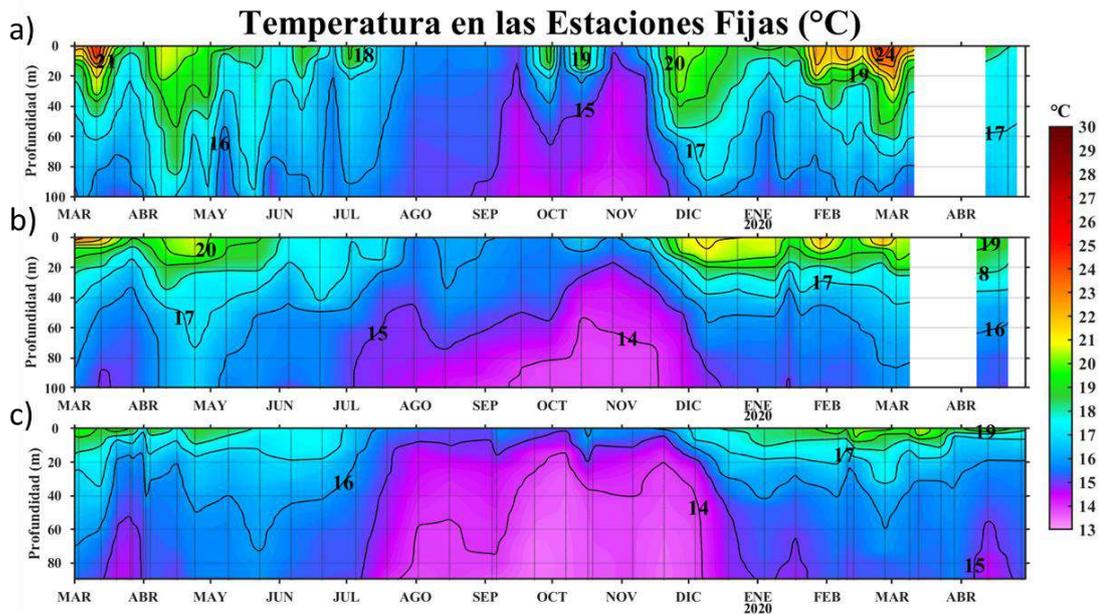


Figura 32. Evolución de la Temperatura del agua de mar (°C) para las Estaciones Fijas de: a) Paita, b) Chicama y c) Callao de marzo 2019 a abril de 2020. Los puntos en la columna de agua indican los días en que se realizaron los monitoreos. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

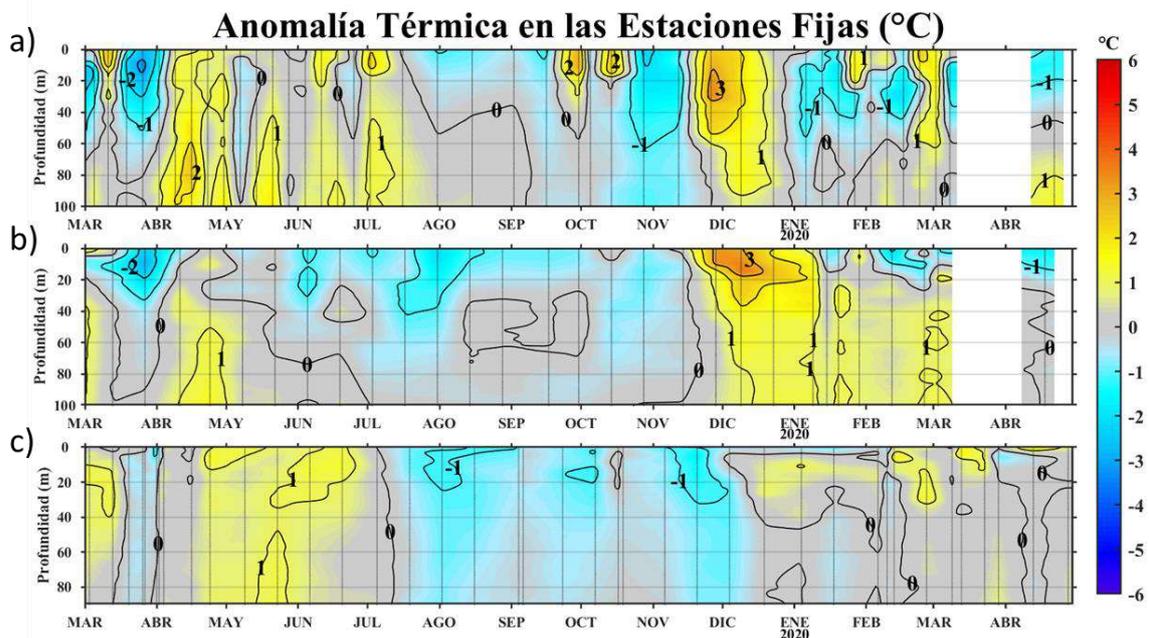


Figura 33. Evolución de las anomalías de la Temperatura del agua de mar (°C) para las Estaciones Fijas de: a) Paita, b) Chicama y c) Callao de marzo 2019 a abril de 2020. Las anomalías de la temperatura del agua (°C) se calcularon en base al promedio climatológico de 1993-2010 de acuerdo a Anculle, et 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.

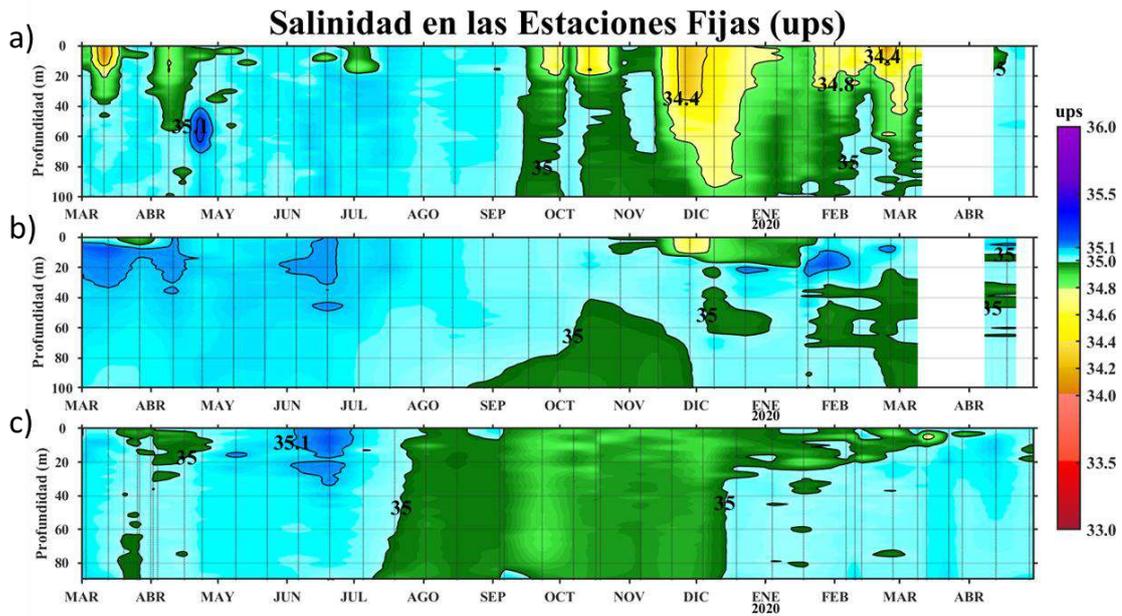


Figura 34. Evolución de la Salinidad del agua de mar (ups) para las Estaciones Fijas de: a) Paita, b) Chicama y c) Callao de marzo 2019 a abril de 2020. Los puntos en la columna de agua indican los días en que se realizaron los monitoreos. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

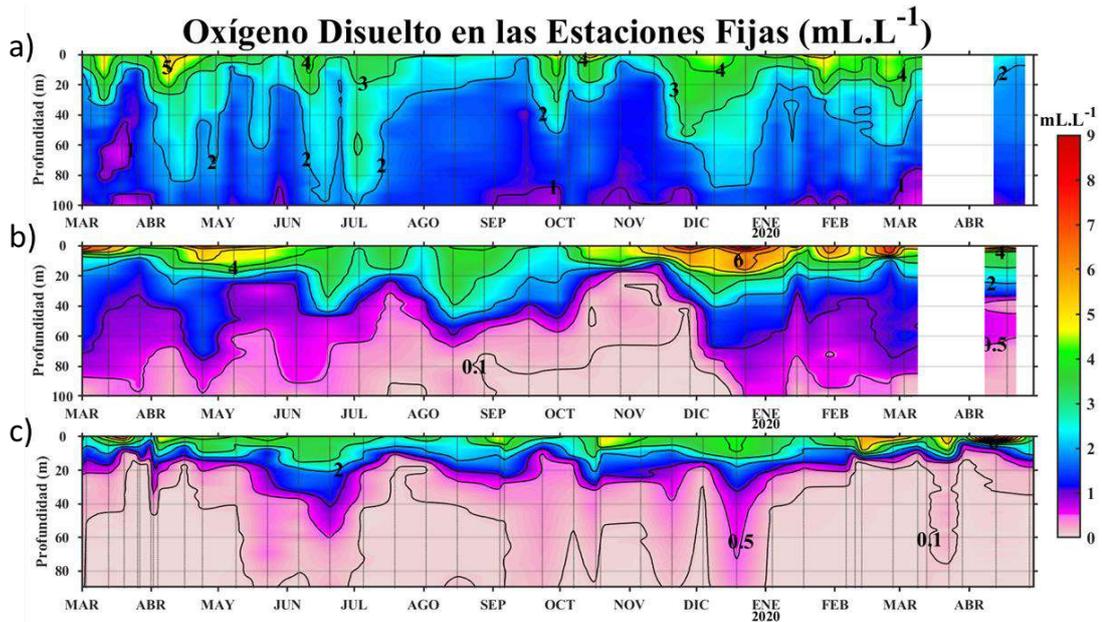


Figura 35. Evolución del contenido de oxígeno disuelto ( $\text{mL.L}^{-1}$ ) para las Estaciones Fijas de: a) Paita, b) Chicama, y c) Callao de marzo 2019 a abril de 2020. Los puntos en la columna de agua indican los días en que se realizaron los monitoreos. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

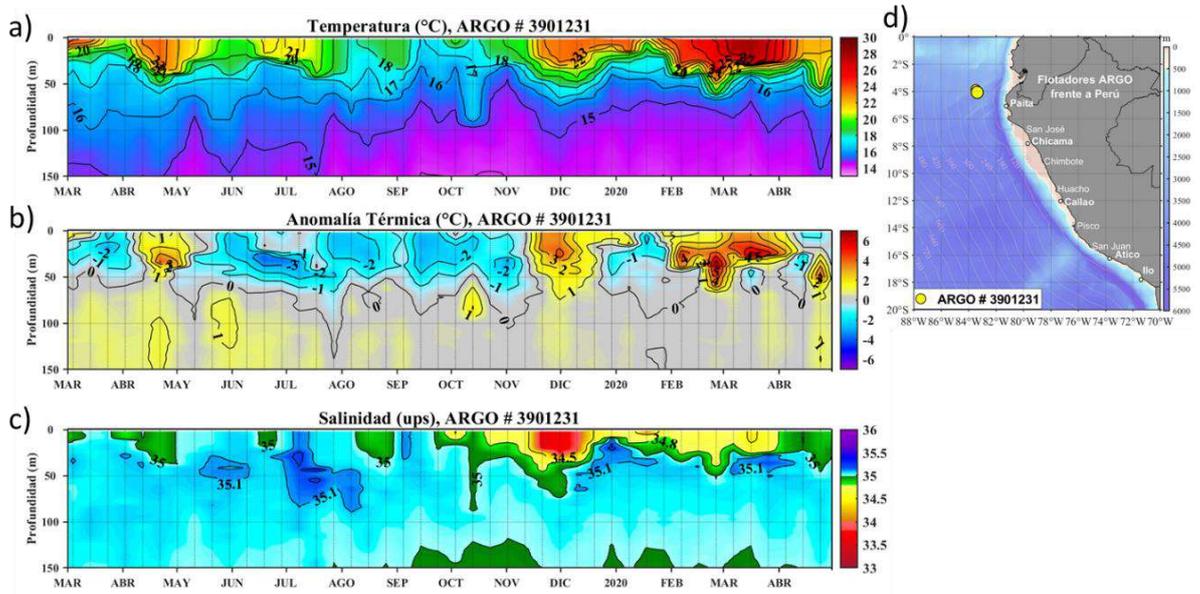


Figura 36. Evolución de la a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C) y c) salinidad (ups) del agua de mar de la boya ARGO frente a Talara, entre marzo de 2019 y abril 2020, y d) ubicación de las últimas posiciones para abril donde brindo información el flotador ARGO. La anomalía de la temperatura (°C) se calculó en base al promedio climatológico de 1981-2010. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

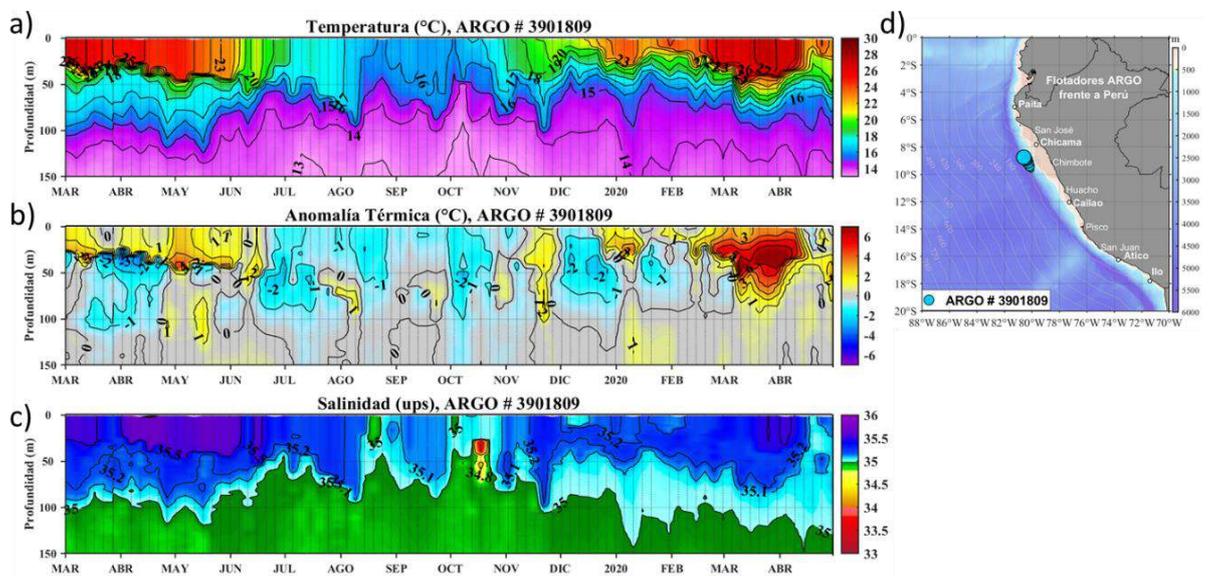


Figura 37. Evolución de la a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C) y c) salinidad (ups) del agua de mar de la boya ARGO frente a Chimbote, entre marzo de 2019 y abril 2020, y d) ubicación de las últimas posiciones para abril donde brindo información la boya ARGO. La anomalía de la temperatura (°C) se calculó en base al promedio climatológico de 1981-2010. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

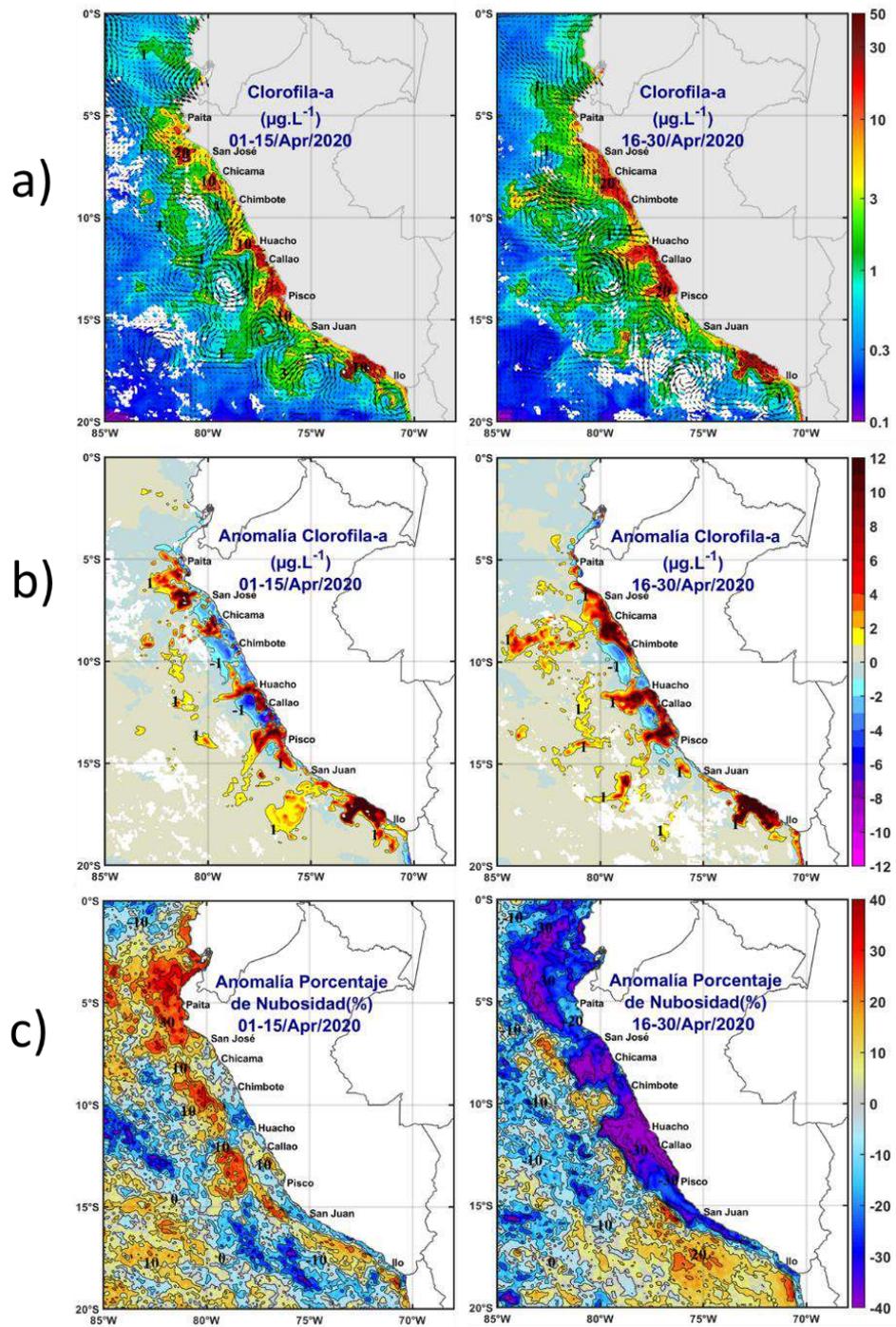


Figura 38. Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de clorofila-a satelital (en  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) proveniente de MODIS-AQUA y anomalías del porcentaje de nubosidad (c), durante la primera (izquierda) y segunda (derecha) quincena de abril 2020. Además, en (a) se muestran los flujos geostróficos calculados a partir de la información de CMEMS.

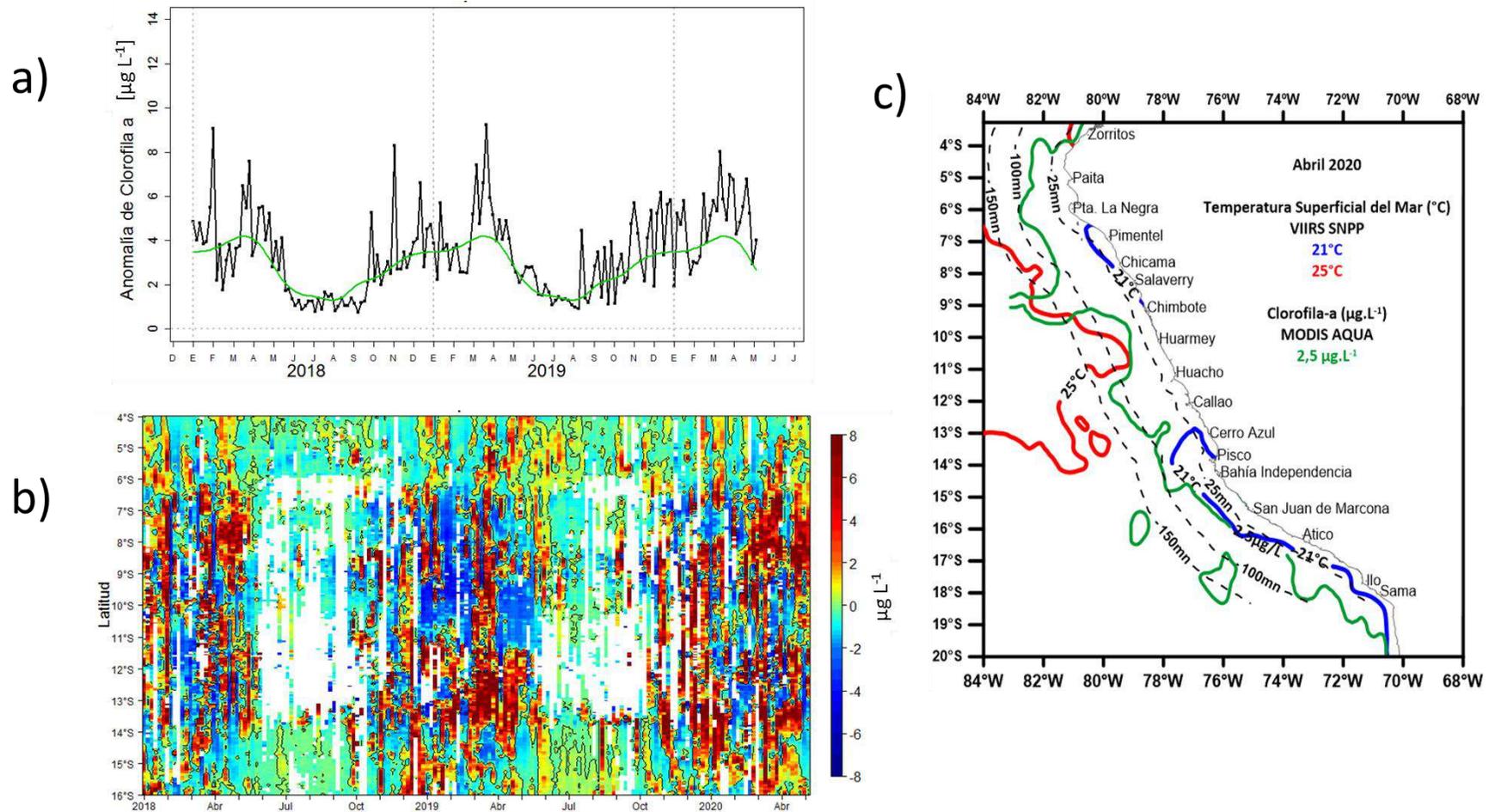


Figura 39. Serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (línea negra) y su climatología (línea verde) (a) proveniente de SeaWIFS+MODIS corregido (en  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), entre 4°S-16°S y dentro de los 100 km de la costa; (b) Diagrama Hovmöller de las anomalías de clorofila-a con respecto a la latitud; y en (c) las isothermas de 21 °C (línea azul) y 25 °C (línea roja) en superficie proveniente de VIIRS – SNPP y la isolínea de 2,5  $\mu\text{g L}^{-1}$  (línea verde) de MODIS-AQUA, durante abril 2020.

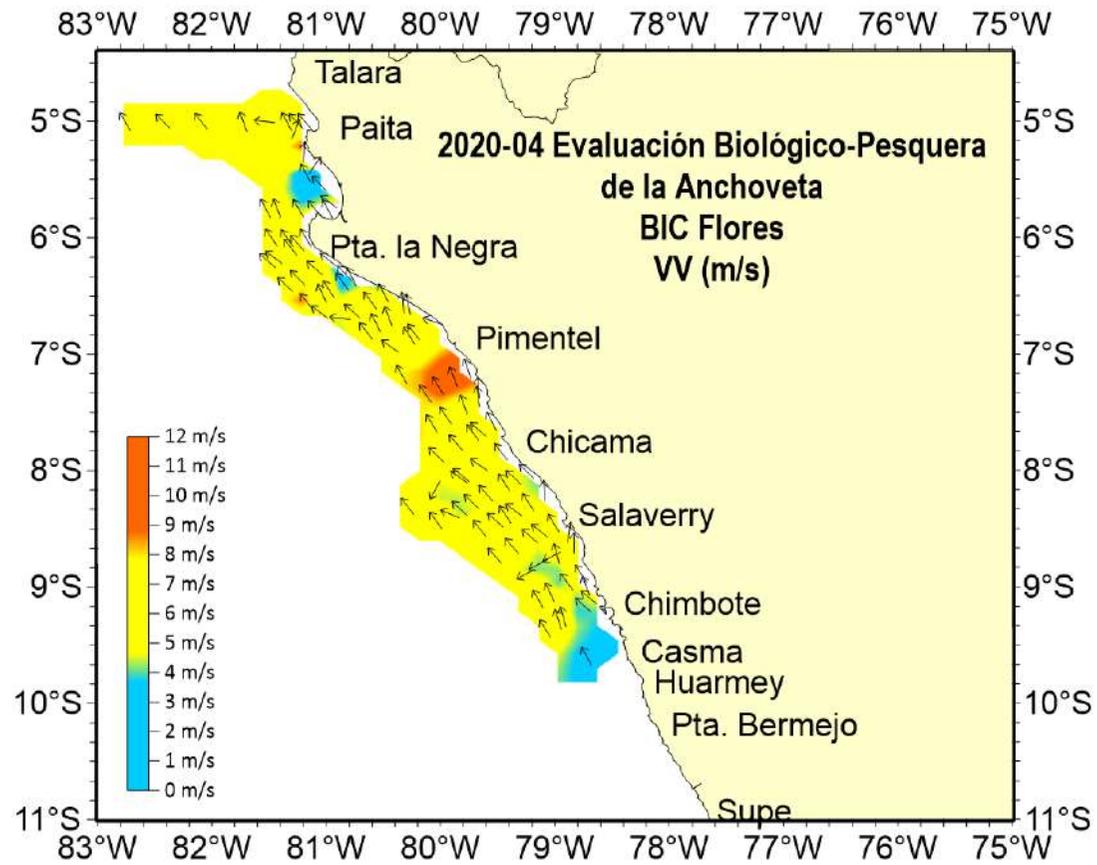


Figura 40. Distribución del campo de Viento ( $m s^{-1}$ ). Prospección Biológico-Pesquera 2020-04. BIC Flores. Fuente: IMARPE.

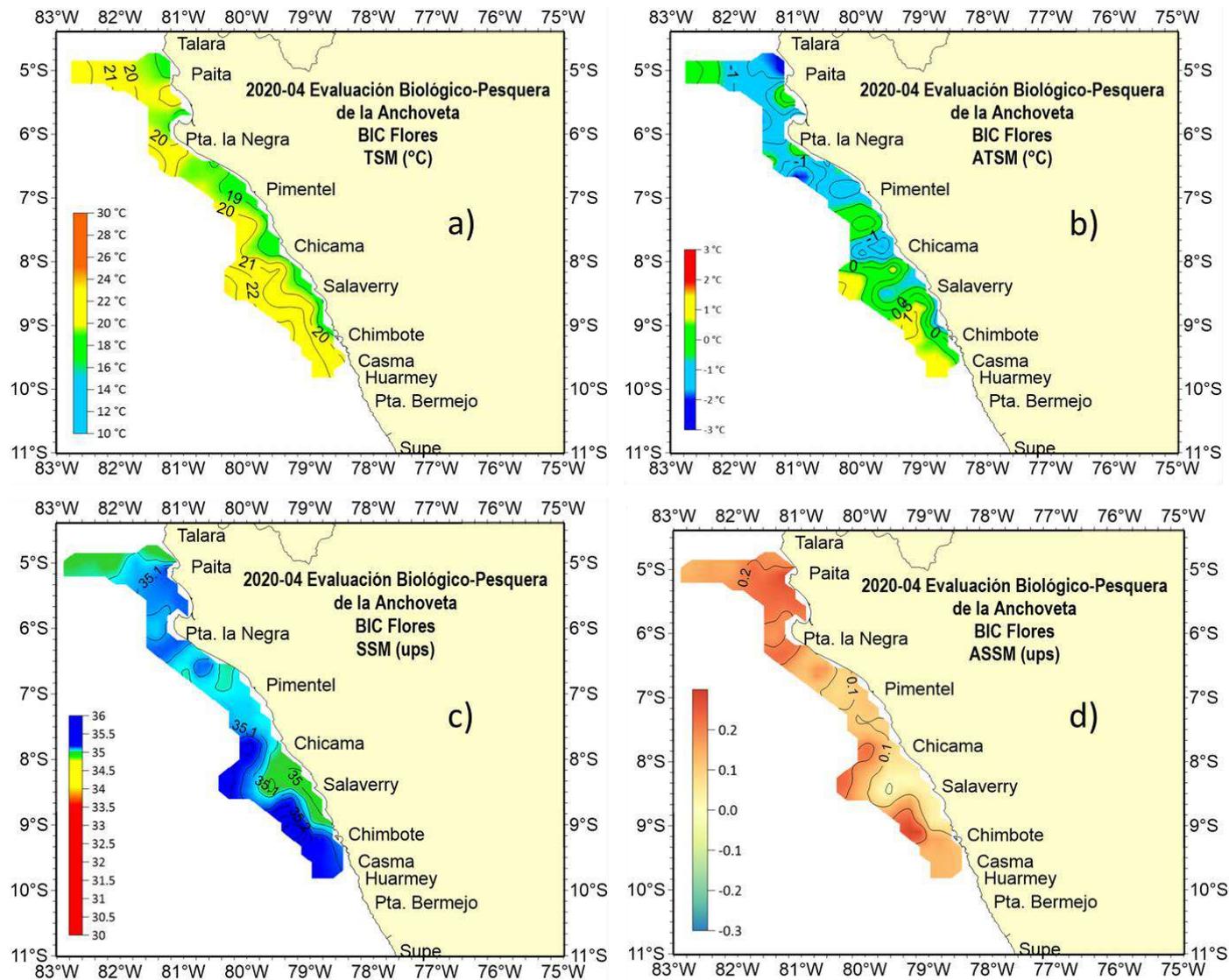


Figura 41. Distribución a) temperatura superficial del mar (°C), b) anomalías térmicas (°C), c) salinidad superficial del mar (ups) y d) anomalías halina (ups). Prospección Biológico-Pesquera 2020-04. BIC Flores. Fuente: IMARPE.

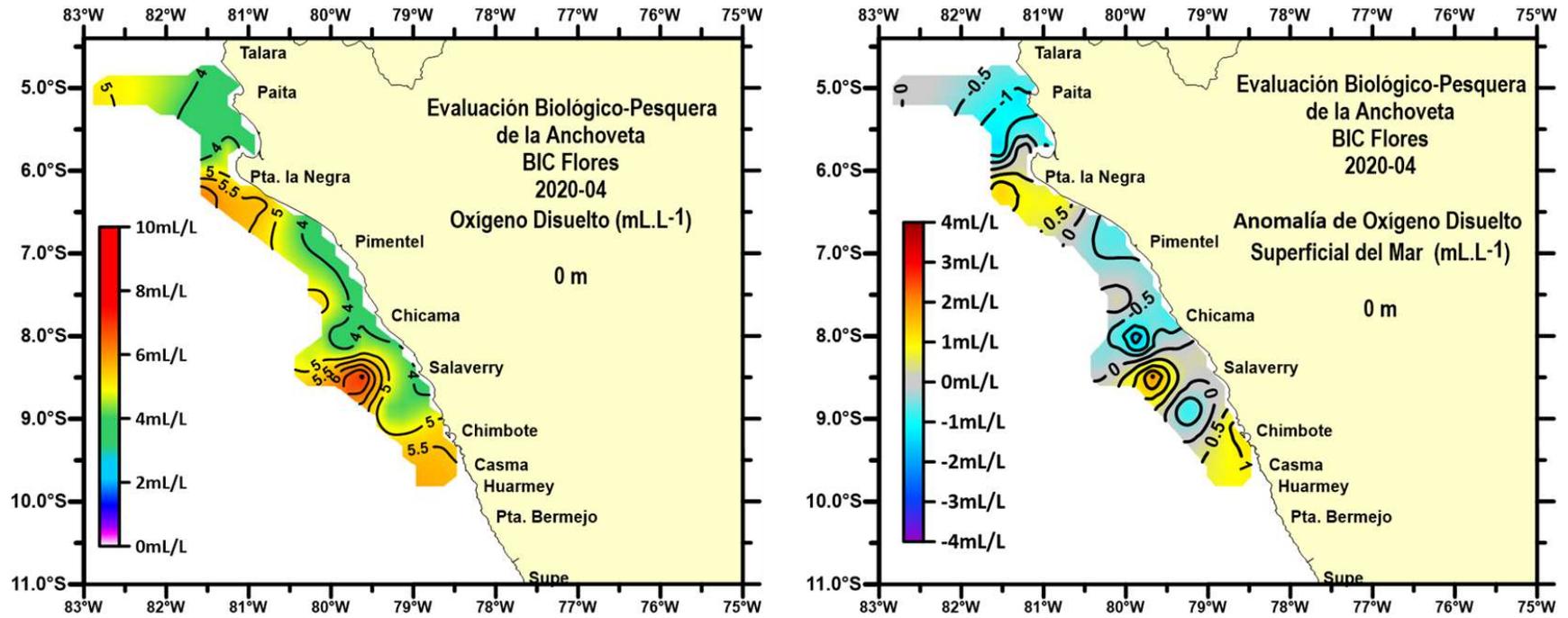


Figura 42. Concentración (izquierda) y anomalías (derecha) de OD ( $\text{mL L}^{-1}$ ) observadas durante el Crucero de Evaluación Biológica-Pesquera de la Anchoveta. Fuente: IMARPE.

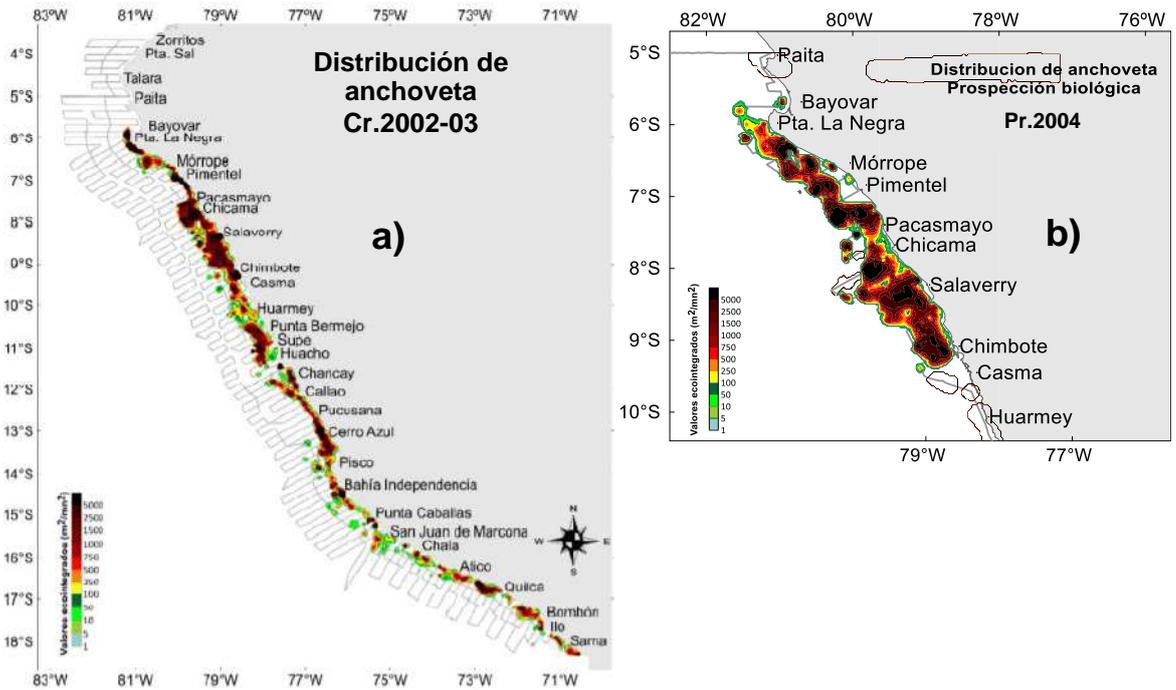


Figura 43. Distribución horizontal de anchoveta durante el a) Crucero de Evaluación de Verano Cr.2002-03 y durante la b) Prospección Biológica pesquera de la anchoveta Pr. 2020-04. Fuente: AFH/ DGIHSA/IMARPE

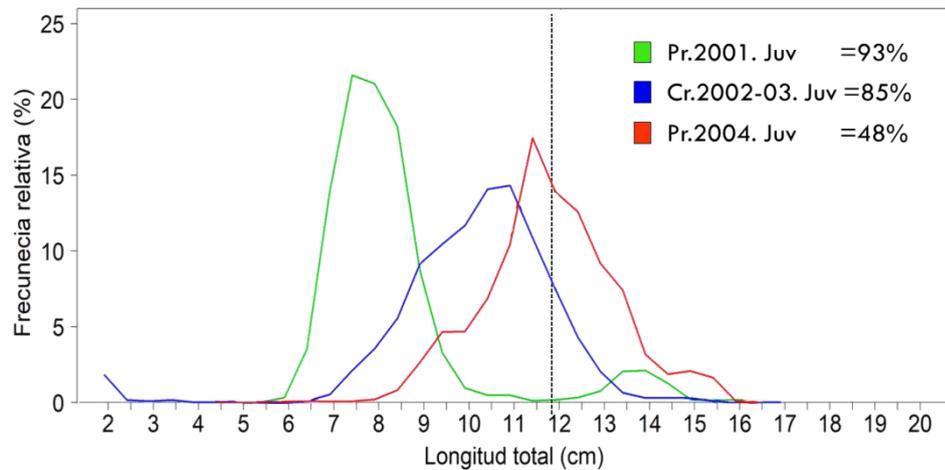


Figura 44. Comparación de la estructura de tamaños de la anchoveta según salida científica al mar durante enero - abril 2020. Fuente: AFDPERP/DGIRP/IMARPE.

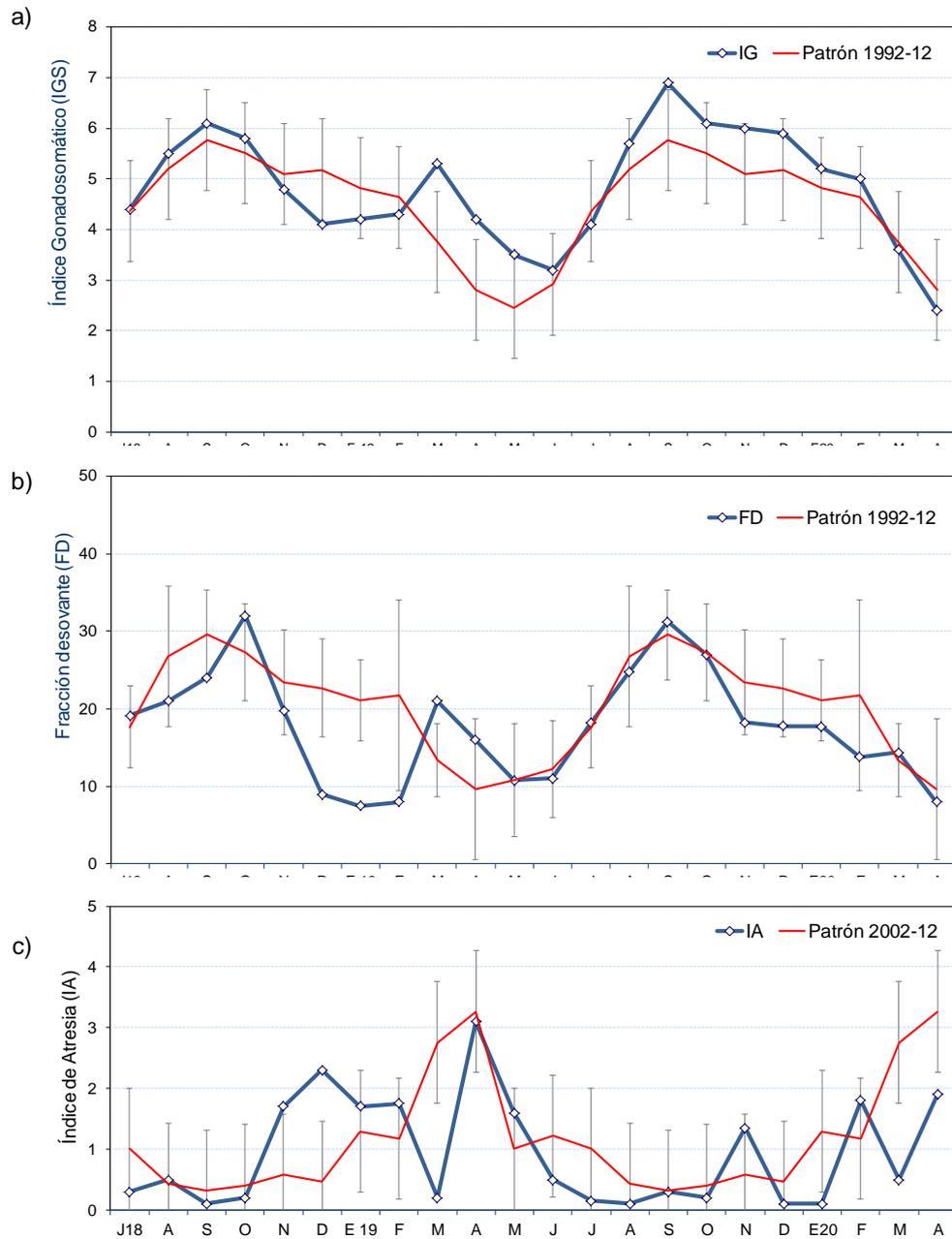


Figura 45. Indicadores de la condición reproductiva del stock norte – centro de la anchoveta. a) índice gonadosomático (IGS), b) fracción desovante (FD) y c) índice de atresia (IA). Serie mensual: julio del 2018 a abril del 2020. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

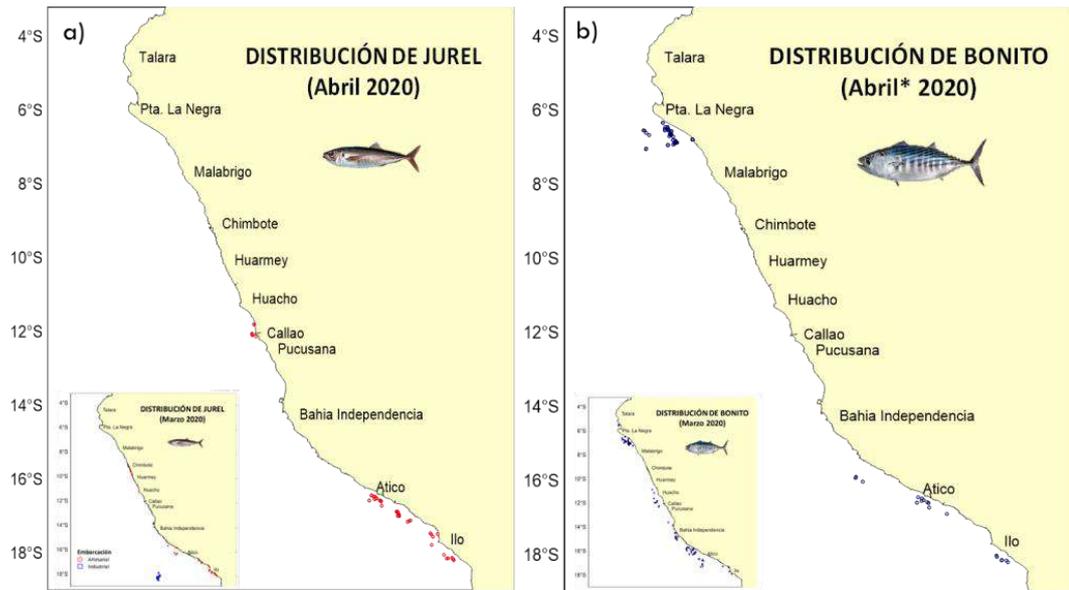


Figura 46. Distribución latitud de a) jurel y b) bonito registrado en la pesca artesanal durante abril 2020. Los recuadros en la parte inferior izquierda corresponden a lo registrado en el mes anterior. Fuente: AFIRTAM//DGIRP//IMARPE.

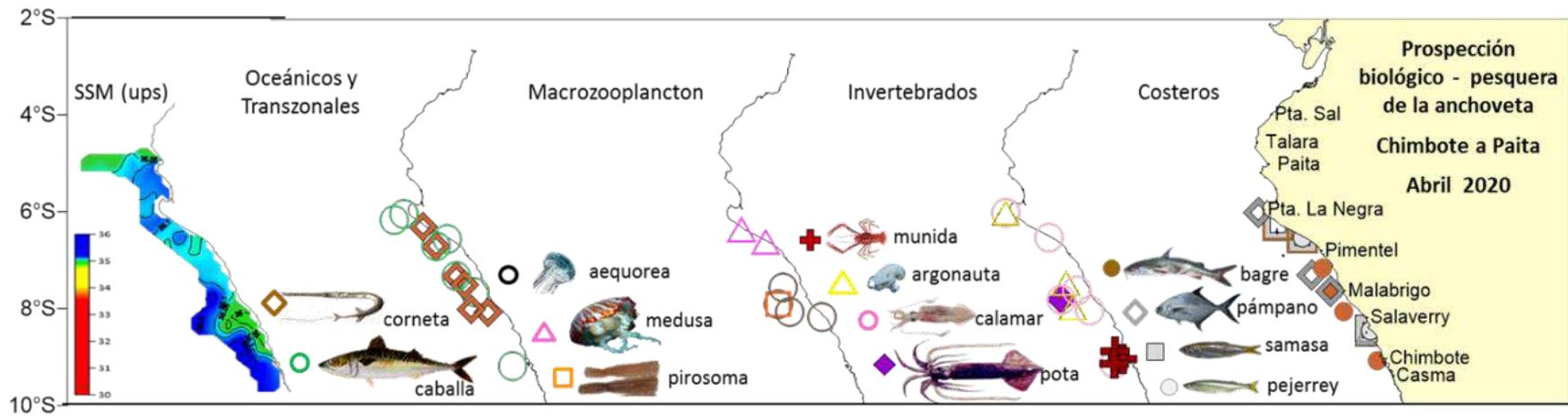


Figura 47. Distribución de otras especies observadas durante la Prospección Biológico-pesquera 2020-04. Elaborado: AFDPRP/DGIRP/IMARPE

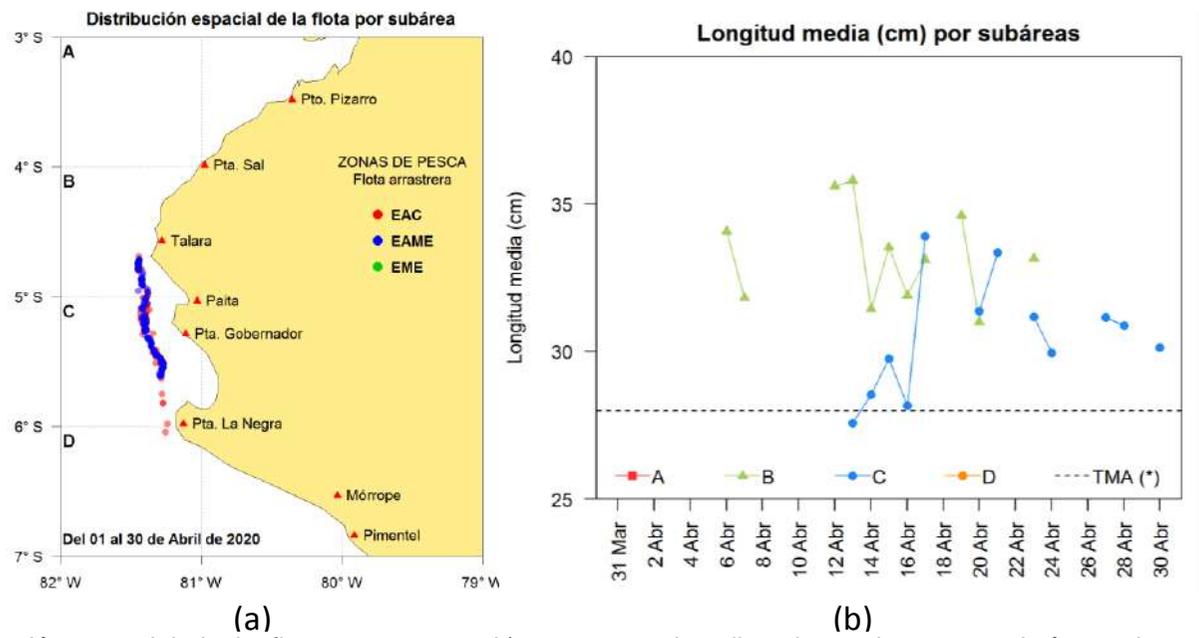


Figura 48. a) Distribución espacial de la flota arrastrera y b) estructura de tallas de merluza por sub-áreas durante abril 2020. Fuente: AFIPDBL/DGIRDL/IMARPE.

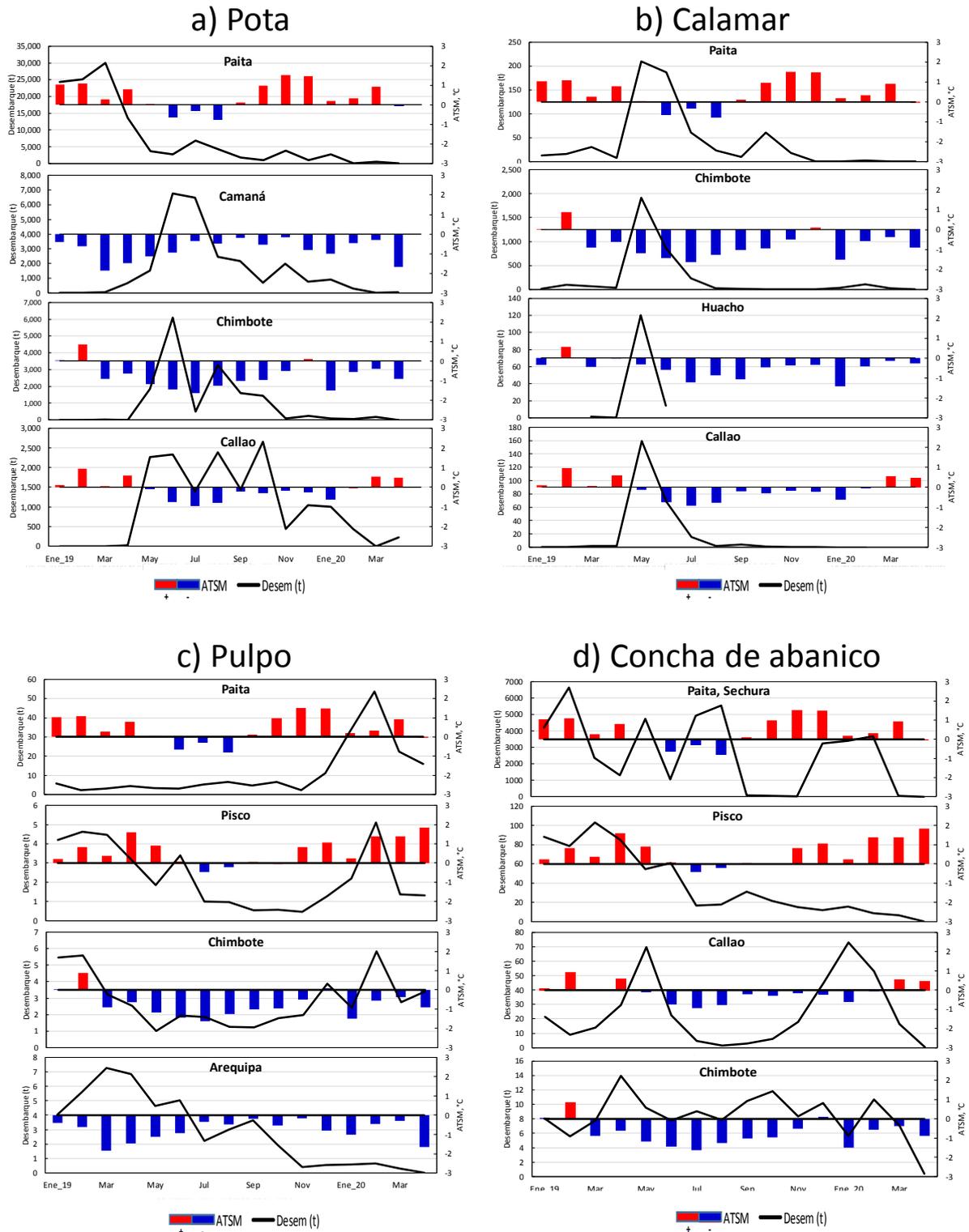


Figura 49. Desembarque (en toneladas) de la flota artesanal y anomalías de la TSM (°C) satelital de a) pota, b) calamar común, c) pulpo y d) concha de abanico durante el periodo enero 2019 – abril 2020. Datos de TSM: OSTIA-UKMO - L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). Fuente: AFIIMM/DGIRDL/IMARPE.

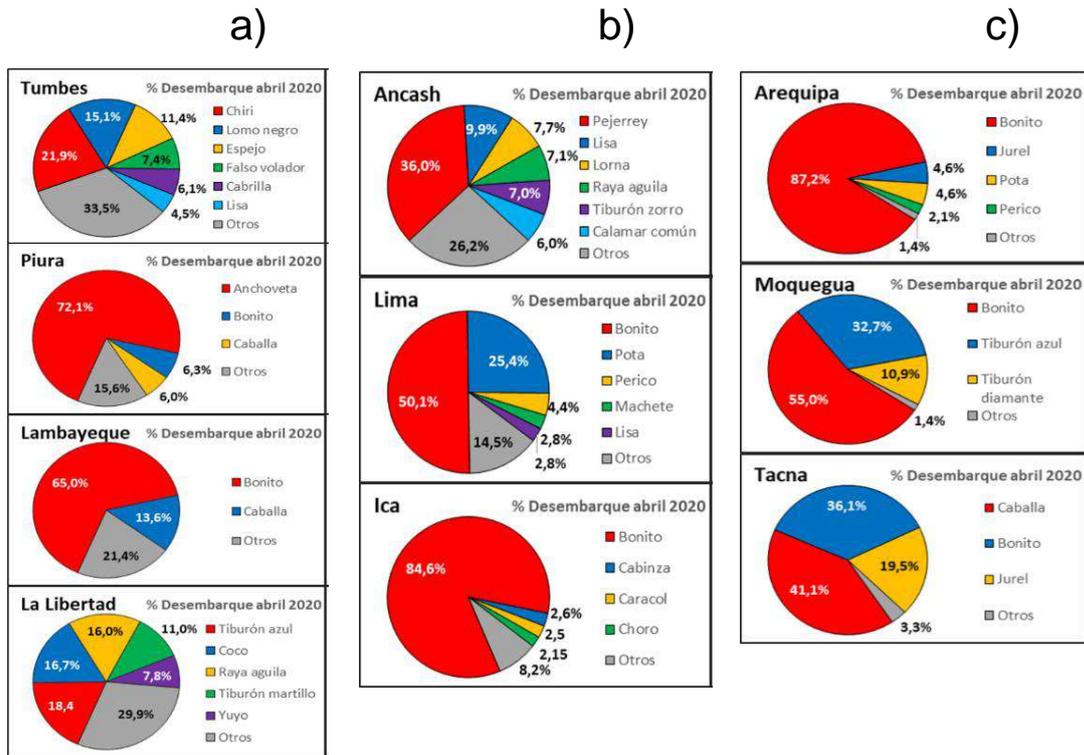


Figura 50. Principales recursos pesqueros según volumen de desembarque (t) por departamentos registrados por la pesca artesanal en las zona a) norte, b) centro y c) sur, durante abril 2020. Fuente: AFIPDBL /DGIRDL/IMARPE

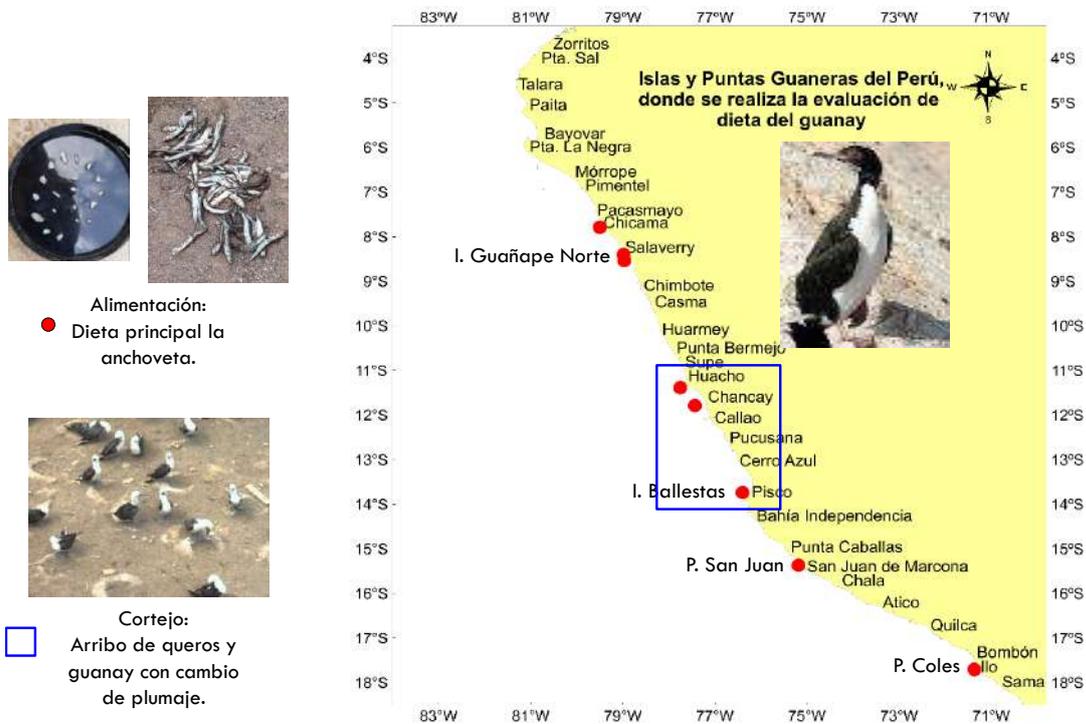


Figura 51. Aves guaneras del mar peruano. Evaluación de la dieta del Guanay (en islas identificada en el mapa) y, piqueros y guanayes en comportamiento y/o plumaje de cortejo. Fuente: ODS/AFDPERP/IMARPE

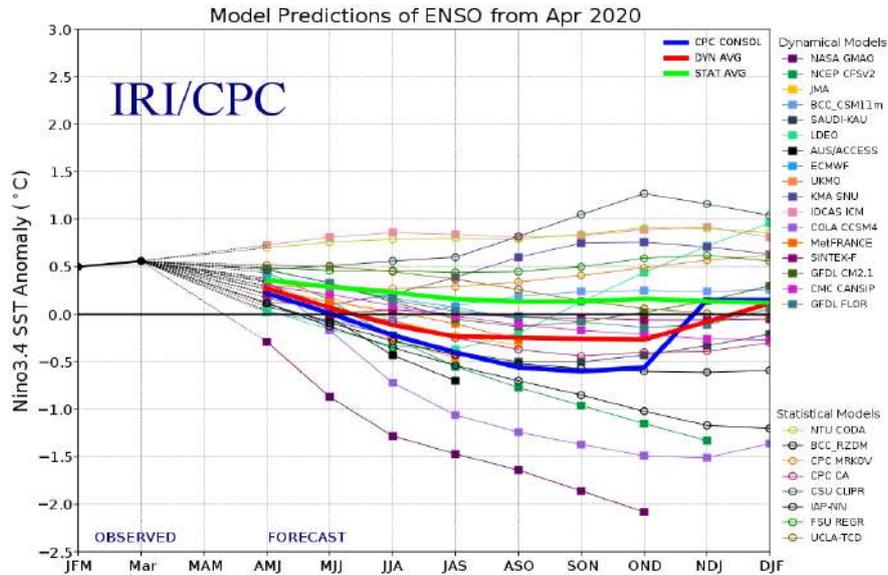


Figura 52. Pronóstico del índice Niño 3.4 mediante modelos climáticos estadístico y dinámico. Fuente: IRI/CPC, abril 2020

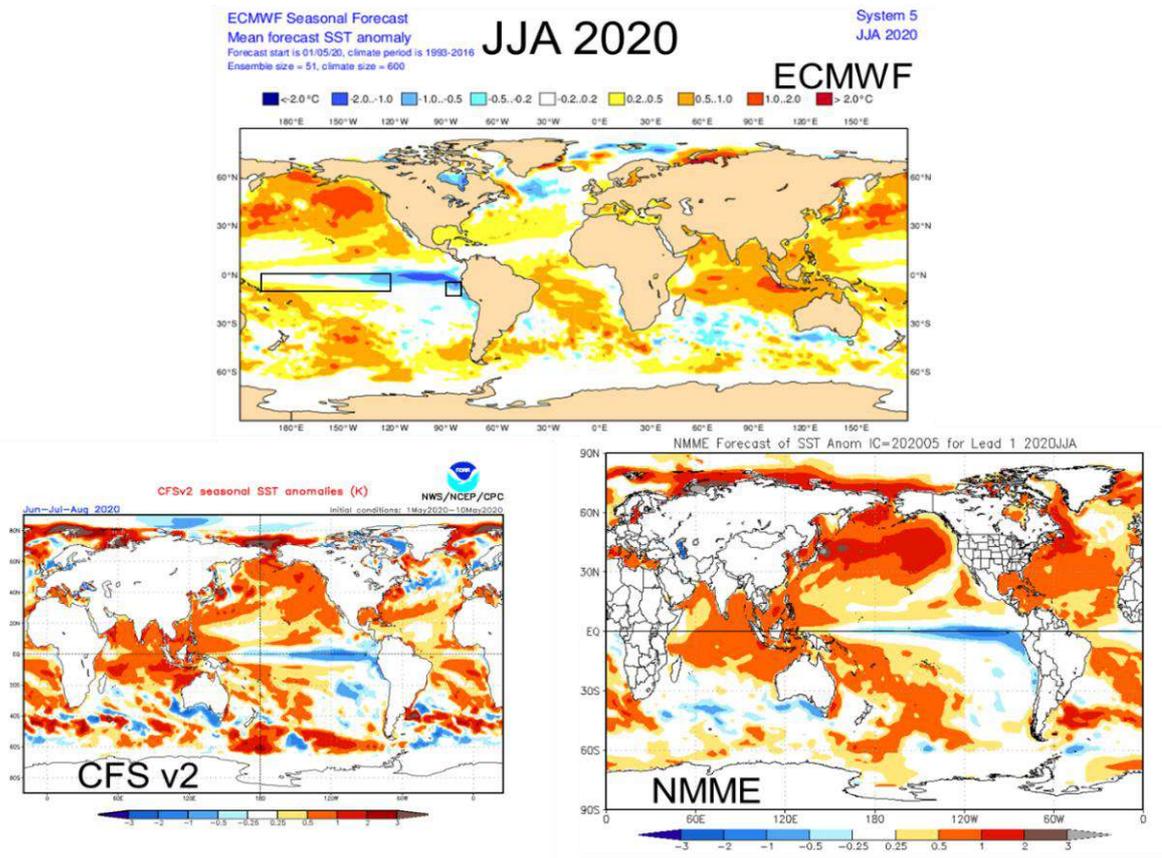


Figura 53. Pronóstico de la TSM para el trimestre JJA 2020 del modelo ECMWF, CFSv2, y NMME (condiciones iniciales: inicios de mayo 2019). Los recuadros indican la región El Niño 3.4 y 1+2. Fuente: IRI/CPC.

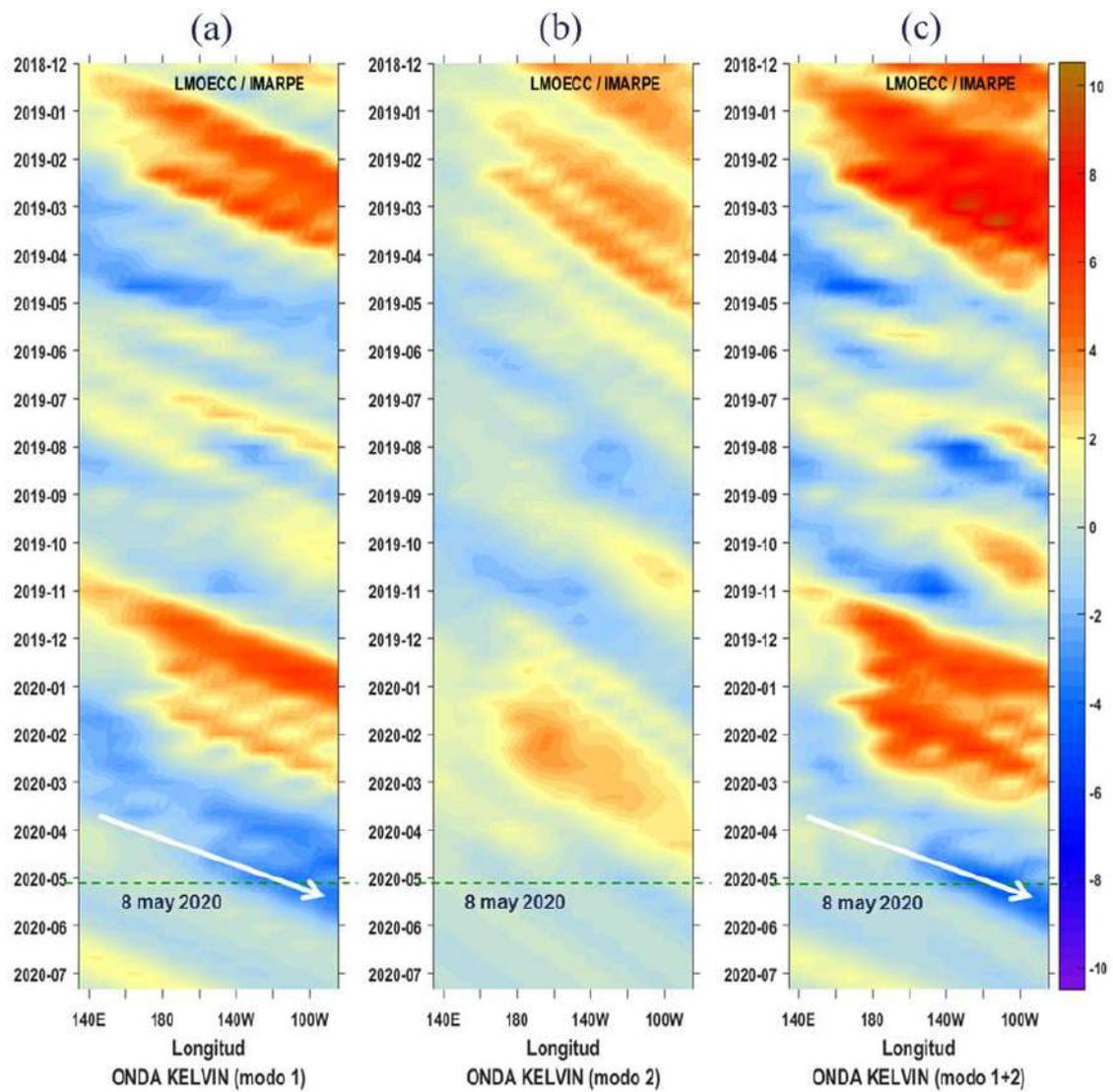


Figura 54. Diagrama Hovmöller longitudud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).

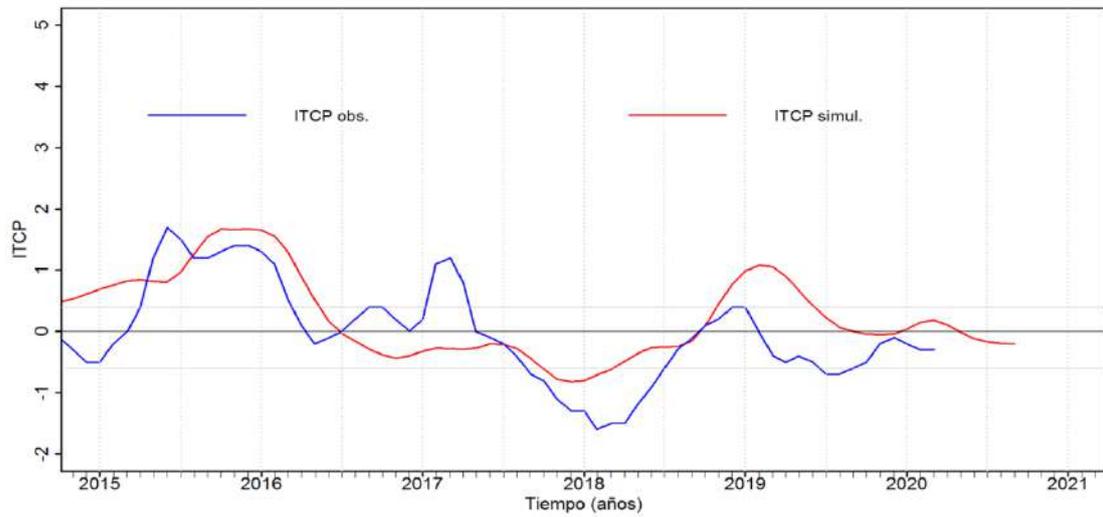


Figura 55. Pronóstico del ITCP mediante un modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia, con datos actualizados hasta el mes de abril 2020. Fuente: IMARPE.

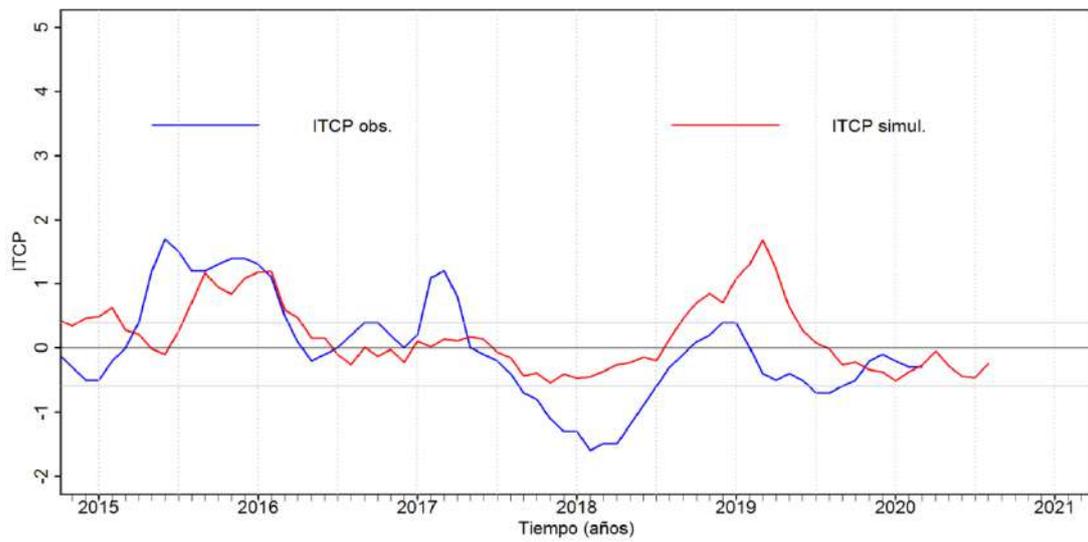


Figura 56. Pronóstico del ITCP mediante un modelo estadístico, con datos actualizados hasta el mes de abril 2020. Fuente: IMARPE.