

Presupuestal por Resultados N°068

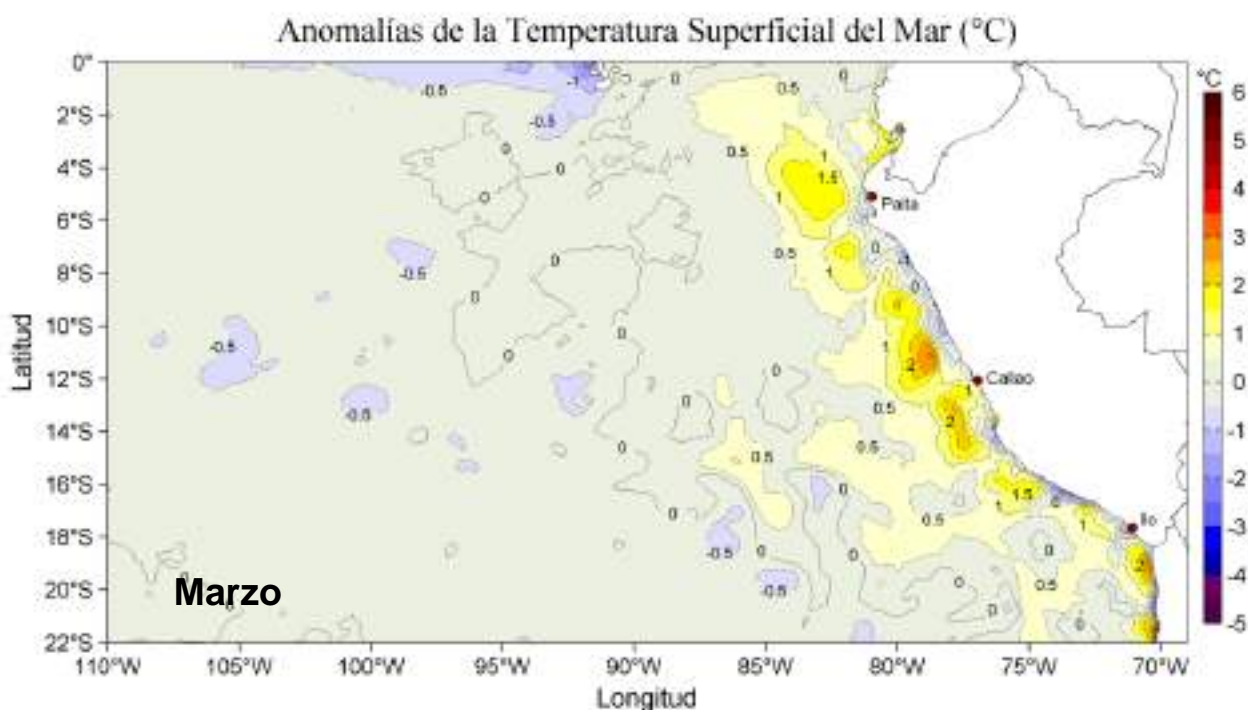
“Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de emergencias por Desastres”

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 MARZO 2020



Marzo, 2020

**INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ**

**GRUPO DE TRABAJO INSTITUCIONAL EL NIÑO**

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

**I. RESUMEN EJECUTIVO**

**II. INTRODUCCIÓN**

**III. MATERIALES Y MÉTODOS**

**IV. CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS Y BIOLÓGICO-PESQUERAS MARZO 2020**

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

**1.1. Aspectos Meteorológicos**

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

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

**1.2. Aspectos oceanográficos**

**1.2.1. Condiciones Térmicas superficiales**

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

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

**2.1. Aspectos meteorológicos**

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

**2.2. Aspectos oceanográficos físicos**

**2.2.1. Temperatura superficial del mar**

**2.2.2. Salinidad superficial del mar**

**2.2.3. Nivel del mar**

**2.2.4. Estaciones fijas costeras**

**2.2.5. Otras observaciones**

**2.3. Aspectos biogeoquímicos y de productividad**

**2.3.1. Oxígeno**

**2.3.2. Productividad**

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

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

**3.1.1. Zooplancton**

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

#### **3.2.1. Anchoveta**

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

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

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

#### **3.2.3. Otras especies**

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

#### **3.3.1. Merluza**

#### **3.3.2. Otros recursos**

### **3.4. Indicadores ecológicos**

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

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

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

##### **3.4.2.2. Mamíferos marinos**

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

##### **3.4.3.1. Tortugas marinas**

##### **3.4.3.2. Mortandades/varamientos**

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

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

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

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

### **4.4. Pronóstico probabilístico de las condiciones oceanográficas**

## **V. REFERENCIAS**

## **VI. RECONOCIMIENTOS**

## **VII. TABLAS**

## **VIII. FIGURAS**

## 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 marzo de 2020 y actualizó las perspectivas ambientales.

A nivel de macroescala en el Pacífico, el APS presentó una intensidad mayor que su valor climatológico y se encontró desplazado al oeste de su posición normal. Los índices climáticos de la TSM del Pacífico ecuatorial, en las regiones Niño 1+2 y Niño 3.4 presentaron en marzo una condición neutra con anomalías de +0,44 °C y -0,05 °C.

A nivel regional, frente a Perú, predominaron vientos débiles en la zona norte-centro, asociados a condiciones neutras y anomalías negativas de la velocidad del viento, durante las tres primeras semanas (asociadas a la persistencia del posicionamiento de la zona de convergencia intertropical al sur de la línea ecuatorial), así como vientos moderados persistentes en la zona centro-sur, asociados a anomalías positivas.

Respecto a las condiciones térmicas superficiales frente a la costa peruana, predominaron condiciones cálidas al norte de los 5 °S (+1 °C), condiciones neutras entre los 5 °S y 13 °S y alternancia de anomalías positivas (entre +1 °C a +2 °C) y temperaturas en el rango neutro al sur de los 14 °S. También se evidenció, la persistencia de la intromisión de las aguas ecuatoriales superficiales mar (AES) frente a la costa de Piura, así como núcleos de esta más hacia el sur, generando condiciones de mezcla con aguas subtropicales superficiales (ASS) y aguas costeras frías (ACF) hasta frente a Chicama inclusive. Al sur de Chicama, en promedio el acercamiento a la costa de las ASS fue mayor que su climatología, particularmente entre Callao e Ilo. No obstante, los procesos de mezcla estuvieron activos frente a todo el litoral durante todo el período. Sobre las condiciones promedio, se registraron cambios en la extensión de las ACF del afloramiento y por consiguiente, fluctuaciones en el acercamiento de las ASS hacia la costa; procesos de mezcla entre ambas y proyección eventual de plumas de ACF hacia la zona oceánica.

En la columna de agua, tanto en Chicama y Chimbote, encima de los 50 m, se observó la presencia de condiciones térmicas neutras dentro de las 20 m.n. y anomalías de ~+2 °C en la zona oceánica; asimismo, entre los 50 m a 300 m se observaron anomalías de +1°C, dentro de las 70 m.n., en ambas estaciones. En Callao, encima de los 20 m, se observaron condiciones neutras dentro de las 20 m.n. y condiciones cálidas en la zona oceánica, del mismo modo, se observaron valores de +0,5 °C, dentro de las 40 m.n. entre 20 m y 120 m, y por fuera de las 60 m.n. entre los 100 m y 450 m. En Pisco y San Juan, sobre los 20 m, se observaron condiciones cálidas (>+3 °C), aunque en Pisco se profundizaron hasta los 100 m fuera de las 60 m.n.; mientras que, entre los 50 m y 400 m, dentro de las 60 m.n. se observaron anomalías de +0,5 °C, en ambas secciones. Respecto a los flujos geostroficados, encima de los 80 m en la zona costera predominaron los flujos hacia el norte (<15 cm s<sup>-1</sup>); mientras que, en sub-superficie predominaron flujos hacia el sur, asociados a una actividad moderada de la Corriente Submarina Perú-Chile (CSPCh).

Las anomalías del nivel del mar a lo largo de la costa exhibieron un descenso durante la primera semana, debido al paso de una onda Kelvin fría, mientras que, durante la segunda semana de marzo se incrementaron (con valores >+ 10 cm) debido al arribo de una onda Kelvin cálida. El paso de las ondas Kelvin también fue detectado a partir de los registros térmicos en la columna de agua en un flotador ARGO ubicado a 145 m.n. de la costa frente a Talara. A mitad y a fin de mes se observaron anomalías térmicas negativas y positivas (entre 40 m – 70 m), asociadas al arribo de las ondas Kelvin fría y cálida, respectivamente.

En base a información satelital de clorofila-a superficial, se pudo inferir condiciones de alta productividad dentro de las 60 m.n. a lo largo de la costa ( $3 \mu\text{g L}^{-1}$  a  $10 \mu\text{g L}^{-1}$ ), con algunos núcleos que llegaron a presentar valores de  $20 \mu\text{g L}^{-1}$ , principalmente en la zona norte-centro y entre Callao y Pisco, asociados a anomalías positivas. Estos núcleos habrían respondido a la intensificación de frentes/mezcla de las aguas costeras con las aguas oceánicas; a la llegada de la onda Kelvin fría que habría generado el desarrollo o aumento de las anomalías positivas entre febrero y marzo; y a una menor cobertura de nubes.

Durante el Crucero Hidroacústico de Evaluación de Recursos Pelágicos 2020- 0203 se observó la presencia de huevos y larvas de anchoveta (*Engraulis ringens*), pez linterna (*Vinciguerría* sp) y larvas de las especies transzonales y oceánicas como caballa (*Scomber japonicus*), perico (*Coryphaena hippurus*), entre otras. Además, los indicadores reproductivos de la anchoveta mostraron la disminución de la actividad reproductiva del recurso. Asimismo, se detectó la presencia de especies de aguas cálidas como el jurel (*Trachurus murphy*) y caballa a 180 m.n. frente Morro Sama y en la zona norte. En el crucero se registraron especies oceánicas como bonito (*Sarda chiliensis*), barrilete (*Katsuwonus pelamis*), melva (*Auxis rochei*) y perico, desde las 30 m.n. – 60 m.n. hasta las 80 m.n. – 90 m.n., aunque el bonito se observó desde la primera m.n. En la pesca artesanal en las regiones de Lambayeque, La Libertad y Lima se observaron algunas especies indicadoras de aguas cálidas y oceánicas, tales como anchovia (*Anchovia macrolepidota*), bereche (*Larimus effulgens*), langostino blanco (*Penaeus vannamei*), chiri lomo negro (*Peprilus Snyderi*) y bonito.

La evaluación de la dieta del guanay evidenció la presencia de juveniles de anchoveta en la zona central. Se registró, entre las 40 m.n. a 80 m.n. desde Callao hacia el sur, la presencia de aves oceánicas y frente a Pisco una gran presencia de aves guaneras. Por último, se observó el varamiento de aves a los  $12^{\circ}\text{S}$  en las playas Pulpos y San Pedro, siendo la causa de muerte en los individuos juveniles, probablemente la exposición a una inanición prolongada.

Se espera la llegada en abril de una Kelvin fría (modo 1) al extremo del Pacífico ecuatorial oriental. Asimismo, en abril llegará una onda Kelvin cálida (modo 2) debilitada. Cabe señalar que una onda Kelvin cálida (modo 2) podría generarse en el extremo del Pacífico ecuatorial occidental.

Las agencias internacionales pronostican anomalías positivas de TSM en Pacífico ecuatorial central durante el otoño austral 2020 dentro del rango neutro del ENOS. Por otro lado, para la región Niño 1+2 se pronostican valores dentro del rango entre  $-1^{\circ}\text{C}$  y  $-0,2^{\circ}\text{C}$  en el trimestre MJJ 2020. El pronóstico del ITCP durante abril-julio 2020 indica condiciones neutras frente a Perú, con valores positivos para el modelo de complejidad intermedia y valores negativos para el modelo estadístico. Además, en base al juicio experto, para el período AMJJ, tomando como indicadores al ICEN y el ITCP frente a Perú se espera una mayor probabilidad de condiciones neutras, con valores de 74 % y 69 % de probabilidad para el ICEN y el ITCP, respectivamente.

## **II. INTRODUCCIÓN**

El Niño Oscilación Sur (ENOS), es el 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 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 las anomalías 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 IAPS. 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) representa 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):** Representa 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.

**Índices climáticos 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 generaron en base a data 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 de la Marina (DHNM) 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 utilizan 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 utilizan 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 consulta 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 utiliza 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 y que dependen de estas 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 presa, 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 de 4 hasta 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 la 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/Re-análisis				Modelos															
	Estaciones costeras	Secciones verticales	Estaciones fijas	Cruceiros	Boyas TAO/TRITON	Programa Bitácoras de Pesca (pBP)	Seguimiento de Pesquerías	Monitoreo de islas, puntas, playas, estuarios, etc.	Alerta de fauna marina varada	ESR/NOAA	Reanálisis NCEP/NOAA	QuickScat + ASCAT	Producto OSTIA	Producto CMEMS	SeaWIFS + MODIS					GFS	MERCATOR Ocean	Operatividad	Climatología			
<b>VARIABLES ATMOSFÉRICAS</b>																										
Aspectos Atmosféricos	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>																										
Aspectos Oceanográficos Físicos	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/drupal/disdsl/	
	Nivel del Mar																			2006-Actual	2007-2016	Diaria		Donlon et al. (2012)		- Resolución: 0,054°
																					1993-Actual	1993-2012		Diaria	Schaeffer et al. (2016) Pujol et al. (2016)	
	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																				1993-Actual	1993-2015	Diaria	Lellouche, J.-M. et al. (2013)		- Resolución: 0,083°	
Aspectos			X																1960-Actual		mensual					
			X																2015-Actual	1981-2010	mensual	Graco et al (2020, en prensa)				

Oceanográficos biogeoquímicos y de Productividad	Oxígeno y Nutrientes			X															2015-Actual	1993-2010	quincenal	Anculle et al (2015)	LHQM/AFIOQG					
				X																1960-Actual	1981-2010	variable						
	Clorofila																			Set.1997-Actual	2000-2015	Pentadal/mensual	Ocean Biology Processing Group (2003) Espinoza-Morriberón et al. (2017)	LMOECC/AFIOF/DGIOCC	- Promedio mensual y pentadal de MODIS y SeaWiFS + MODIS corregido, respectivamente. - La cobertura nubosa mensual de MODIS.			
Indicadores Ecológicos y Biológico-Pesquero	Fitoplancton			X																2014-Actual		Mensual		LFPP/AFIOB/DGIOCC	- Categorías según abundancia: Muy abundante (>4 mL L <sup>-3</sup> ) Abundante (>3 mL L <sup>-3</sup> ) Escaso (>2 mL L <sup>-3</sup> ) Presente (>1 mL L <sup>-3</sup> )			
	Zooplancton	X		X	X															2014-Actual		Mensual, bimensual y anual	Compendio de procedimientos técnicos para la investigación científica en el Imarpe, IMARPE; agosto del 2017	LZPS/AFIOB/DGIOCC	Categorías: Biovolumen: (mL 100m <sup>3</sup> ) y mL/muestra. Abundancia: Ind. 100m <sup>3</sup> , Ind. m <sup>2</sup> y presencia.			
	Floraciones Algales Nocivas			X																2014-Actual		Quincenal	Sánchez & Delgado (2001)	LFPP/AFIOB/DGIOCC				
	Bentos				X																1993-Actual		Mensual		LBM/AFIOB/DGIOCC			
					X																1976-Actual		Anual			Muestreo durante el Crucero Demersal.		
	Desembarques pesqueros							X												1959-Actual		Diario/Mensual	Bouchon et al. (1997) Bouchon et. al (2001)	AFIRNP/AFIRTAM				
	Distribución espacial de recursos				X	X														1985-Actual		Mensual/Semestral	Bouchon et al. (1997)	AFIRNP AFIRTAM PBP/AFDPERP	El muestreo del PBP representa 1% de los viajes de pesca de la flota de cerco de anchoveta peruana.			
	Capturas incidentales	Biometría	Anchoveta			X	X	X												1985-Actual								
			Jurel y Caballa			X	X	X													1959-Actual						Bouchon et al. (1997) Bouchon et. al (2001)	
			Merluza			X		X													1980-Actual		Mensual/anual		DGIRD/AFIPDBL			
	Recursos Invertebrados				X		X													1997-Actual		Mensual/anual	Arguelles et al. (2016) Espinoza et al. (2016) Sanjinez et al. (2016) Tafur et al. (2016)	DGIRD/AFIIMM	Se realiza el crucero de pota una vez al año.			
	Indicadores reproductivos				X	X	X													1986-Actual		Mensual	Bouchón et al (2001)	LBR / AFIRNP				
	Aves				X	X		X	X										1996-Actual				García – Godos (2001), Schulenberg, et al. (2009), Harrison & Peterson (1991), Crawford (1987) y Cairns (1987), Vanstreet (2011) y Trigo (2011).			ODS / AFIRNP		
	Mamíferos marinos				X	X		X	X										1996-Actual		2 veces al año		Trites (1997), Majluf & Trillmich (1981), Reyes (2009), Folkens & Reeves (2002).					
	Tortugas marinas				X	X		X	X										2011-Actual		3 veces al año		Quiñones et al. (2010)					

\*Continuación de la Tabla II.1.

## **IV. CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS Y BIOLÓGICO-PESQUERAS MARZO 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 marzo 2020, en el Pacífico sudoriental se observó que el APS presentó en promedio un núcleo centrado en los 127,5 °W – 35 °S y una intensidad máxima de ~1023 hPa, encontrándose desplazado al oeste de su posición normal con una intensidad máxima mayor que su valor climatológico en +3 hPa (Figuras 1 y 2 a). El campo de anomalías de presión mensual presentó anomalías negativas de presión entre 1 hPa y 4 hPa en la región subtropical y anomalías positivas alrededor de 1 hPa en la región tropical. Frente a la costa peruana se presentaron condiciones climatológicas de la presión a nivel del mar (Figura 2 b).

Los índices IAPS, ILAT, ILON del APS presentaron valores de +2,2 hPa, -3,3° y -0,9° respectivamente, para el trimestre EFM 2020, indicando una intensidad arriba de lo normal del APS (Figura 3 a) y un núcleo ubicado alrededor de su posición climatológica. El valor mensual de la anomalía de la presión máxima fue de +1,2 hPa, mientras que, los valores mensuales de la posición longitudinal y latitudinal del APS fueron de -18,6° y -1,3° respectivamente, confirmando un alejamiento anómalo del APS respecto a la costa sudamericana (Figuras 3 b, c).

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

La radiación de onda larga (OLR, por sus siglas en inglés) presentó anomalías positivas sobre el Pacífico este (frente a las costas de Sudamérica y Centroamérica). Al sur de la línea Ecuatorial hasta aproximadamente los 180 °W se observaron anomalías positivas, las cuales indicaron una zona de subsidencia, mientras que, al norte de la línea Ecuatorial entre 170 °W y 130 °W se observó anomalías negativas relacionadas a la convección (Figura 4). La componente zonal del viento en la franja ecuatorial entre 5 °S a 5 °N, mantuvo una dirección predominante de los vientos alisios con un rango entre 2,0 m s<sup>-1</sup> a 7,0 m s<sup>-1</sup> en el área comprendida entre 170 °W y 100 °W. En casi toda la banda que va desde los 120 °E hasta los 80 °W, la velocidad zonal presentó ligeras anomalías del oeste alrededor de 1 m s<sup>-1</sup> (Figura 5).

#### **1.2. Aspectos oceanográficos**

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

La ATSM obtenida de OSTIA, para el Pacífico ecuatorial central se atenuó respecto al mes anterior, mostrando en promedio una amplia distribución espacial de anomalías de condición cálida débil y condición neutra. En el Pacífico ecuatorial oriental, frente a Panamá y Colombia, se expandieron las áreas con anomalías negativas de -1 °C hasta la región Niño 3 (100 °W), mientras que, en la zona costera de Perú y Ecuador se intensificaron y expandieron áreas de anomalías positivas > +1 °C (Figura 6).

Los índices climáticos de la TSM en el Pacífico ecuatorial, mostraron anomalías positivas en todas las regiones (Figura 7). En las regiones Niño 1+2 y Niño 3, las anomalías positivas continuaron con tendencia a incrementarse, en la región Niño 3.4 se mantuvieron alrededor de +0,5 °C, mientras que en la región Niño 4 disminuyeron de +1,2 °C a +0,6 °C durante la segunda quincena de marzo.

El último valor semanal de anomalía en la región Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 y Niño 4, fue de +0,8 °C, +0,6 °C, +0,6 °C y +0,7 °C, respectivamente. La condición térmica mensual estimada a partir de ERSST.v5, presentó para la región Niño 1+2 una anomalía de -0,44 °C y para la región Niño 3.4 una anomalía de -0,05 °C. Consecuentemente, en el trimestre EFM la región Niño 1+2 presentó una anomalía promedio de -0,1 °C, en el rango de una condición neutra, mientras que, para la región Niño 3.4 el valor fue de +0,5 °C, ubicándose en el límite de una condición cálida débil.

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

En el Pacífico ecuatorial central, por encima de los 100 m, se presentó un núcleo de anomalías positivas de temperatura de +2 °C a inicios del mes entre 180° y 140°W que se propagó hacia el este, ubicándose a fines de mes entre 160 °W y 100 °W, pero con una intensidad reducida (~+1 °C). Entre los 100 m y 200 m y al oeste de los 170 °W a inicios del mes, se observó un núcleo de anomalías negativas que superaron los -2 °C, que se expandió hasta los 140 °W hacia fines del mes. En el Pacífico ecuatorial oriental, encima de los 100 m, se observaron anomalías negativas (~ -2 °C) que se habrían propagado hacia las costas de Sudamérica a mediados de mes, siendo reemplazadas luego por una celda pequeña de anomalías positivas que superaron los +2 °C y que en los últimos 5 días del mes se habría fortalecido con las anomalías positivas procedente del Pacífico central; mientras que, debajo de los 100 m se mantuvieron condiciones neutras durante el mes (Figura 8).

La evolución de anomalías del contenido de calor en la capa de 300 m promediadas entre 2°S a 2°N, mostró a lo largo del ecuador (entre los 180° a 95°W, de TAO/TRITON), un núcleo de anomalías negativas de baja intensidad (~-0,5 °C) que aparecieron entre enero y febrero 2020 y se mantuvo replegado a los 160°E; sin embargo, para marzo se fortaleció y expandió hasta los 150°W, llegando a presentar anomalías negativas de al menos ~-1,2 °C entre los 180 ° y 160 °W en la última semana. En el Pacífico Occidental, entre los 170 °E a 150 °W y durante la primera quincena del mes, se presentaron anomalías positivas de +0,5 °C, las cuales en enero-febrero presentaban mayor intensidad (>+1 °C). Estas anomalías se propagaron hacia el este, contribuyendo a la aparición de un núcleo fortalecido de anomalías positivas a los 100 °W (~+1,2 °C), reemplazando al núcleo de anomalías negativas observadas durante la primera quincena del mes de marzo en el Pacífico oriental (Figura 9).

La variación temporal de las anomalías del contenido de calor en el Pacífico occidental entre los 156 °E y 155 °W continuó con una tendencia decreciente desde diciembre del 2019, observándose que durante marzo hubo un cambio de anomalías positivas a negativas (de +0,3 °C a -0,3 °C). En el Pacífico oriental, entre 140 °W y 95 °W, las anomalías positivas presentaron una tendencia decreciente desde mediados de octubre de 2019, sin presentar valores negativos, destacando un pulso a mediados de marzo de +0,5°C, el cual fue más intenso que el observado durante febrero 2020. En el Pacífico ecuatorial central-oriental (180 °W a 95 °W), también continuó la tendencia decreciente, variando en el rango de anomalías positivas con un pulso de +0,3 °C a mediados del mes (Figura 10).

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

### **2.1. Aspectos meteorológicos**

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

Durante las tres primeras semanas del mes, vientos débiles ( $< 4,1 \text{ m s}^{-1}$ ) a moderados (entre  $4,1 \text{ m s}^{-1}$  a  $6,8 \text{ m s}^{-1}$ ) se presentaron en gran parte de la costa peruana, y durante la última semana de marzo, predominaron los vientos moderados. En la zona oceánica, predominaron vientos moderados a fuertes ( $> 6,8 \text{ m s}^{-1}$ ) durante todo el mes (Figura 11).

Respecto a las anomalías de la velocidad del viento (VV), en la zona costera predominaron condiciones neutras a anomalías negativas, con algunos pulsos de anomalías positivas de VV (entre el 16 y 20 de marzo, principalmente entre Chicama y Chimbote), mientras que, en la zona oceánica predominaron condiciones neutras y anomalías negativas. Por otro lado, al norte de Paita, se presentaron anomalías de viento negativas, asociadas a vientos débiles, debido al posicionamiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) aún persistente en el lado sur de la línea ecuatorial, evidenciado también por la presencia de anomalías positivas de los vientos provenientes de Panamá (Figura 12).

A lo largo de la franja adyacente a la costa peruana dentro de los 40 km, predominaron vientos débiles, menores a  $4,1 \text{ m s}^{-1}$ , con presencia de vientos moderados, principalmente durante la segunda quincena de marzo a los  $10^\circ\text{S}$  y entre los  $14^\circ\text{S}$  a  $16^\circ\text{S}$  (Figura 13). Respecto a las anomalías de la VV, durante las tres primeras de marzo, se presentaron condiciones neutras y anomalías negativas inferiores a  $1,0 \text{ m s}^{-1}$ , mientras que, durante la última semana de marzo se presentaron anomalías positivas, principalmente en la zona centro – sur peruana (Figura 14).

El afloramiento costero exhibió una reactivación frente a Chimbote en la segunda quincena, mientras que al sur de Callao continuó persistiendo durante todo el mes. En la zona norte-centro, prevalecieron valores de IAC menores a  $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 100\text{m}^{-1}$ , principalmente durante las tres primeras semanas de marzo; mientras que, en la zona centro-sur, predominaron valores mayores a  $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 100\text{m}^{-1}$ , durante el mes (Figura 15).

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

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

En promedio durante el mes de marzo 2020, a escala regional la TSM en el Pacífico tropical oriental presentó valores máximos entre  $29^\circ\text{C}$  y  $30^\circ\text{C}$  en la zona oceánica frente a las costas de Colombia y un valor mínimo de  $19^\circ\text{C}$ , relacionados a la celda de afloramiento de Pisco-San Juan (Figura 16 a).

En este contexto, el mar peruano dentro de las 200 m.n., se caracterizó por presentar, en promedio: i) la franja adyacente a la costa con TSM menores a  $23^\circ\text{C}$  desde Paita hacia el sur, ii) advección de aguas relativamente más frías desde Paita hacia el Norte y Noroeste; iii) temperaturas de  $27^\circ\text{C}$  en el sector oceánico a  $\sim 110$  m.n. de Talara y Pimentel; y iv) zonas de contrastes térmicos por el acercamiento de aguas relativamente cálidas hacia la costa de  $27^\circ\text{C}$  y  $25^\circ\text{C}$ , alcanzando un gradiente de  $\sim 7^\circ\text{C}$  frente a Chicama y Bahía de la Independencia.

Acorde con el ciclo estacional, fue notable el desplazamiento hacia el sur (420 m.n.) de la isoterma de 28 °C desde el sector ecuatorial hasta los 6 °S, así como de la isoterma de 27 °C mar adentro desde Punta Falsa hasta Callao (Figura 16 a). En términos de ATSM (Figura 16 b), dentro de las 100 m.n. a lo largo de la costa peruana, se observaron condiciones de neutras a levemente frías en las celdas de afloramiento (hasta -1 °C) con un valor mínimo de -2 °C frente a Atico; mientras que, entre las 100 m.n. a 250 m.n., predominaron condiciones cálidas superiores a +1 °C, observándose entre Huarney y Barranca el mayor calentamiento anómalo (+3 °C) debido al acercamiento a la costa de las isotermas de 24 °C a 26 °C.

La evolución de la TSM durante el mes de marzo frente al litoral peruano exhibió los mayores cambios durante la segunda quincena, tales como el enfriamiento del sector costero dentro de las 100 m.n., la advección de aguas de 28 °C hasta 84 °W entre 2 °N y 8 °S (Figura 17 f). Asimismo, del 21 al 25 de marzo (Figura 17 e), la isoterma de 27 °C presentó su máxima aproximación a la costa frente a Paramonga, intensificando el gradiente térmico costa-océano en este sector. A nivel regional, la advección de aguas relativamente frías provenientes del Golfo de Panamá hacia la zona ecuatorial fue más intensa durante la primera (Figura 17 a), cuarta (Figura 17 d) y quinta (Figura 17 e) pentadas. Por el contrario, al término del mes se intensificó la advección de las aguas relativamente frías provenientes del sector norte del Perú hacia la zona ecuatorial (Figura 17 f).

Asimismo, las ATSM indicaron el predominio durante todo el mes de condiciones cálidas anómalas al norte de Talara, así como en la región entre Huacho a Pisco (Figura 18). Entre Paita y Huacho persistieron condiciones neutras a ligeramente frías (~-0,5 °C) dentro de las 40 m.n. Por otro lado, condiciones de enfriamiento y calentamiento intermitentes caracterizaron la zona sur especialmente entre la tercera y quinta pentada (Figuras 18 c-e). En el sector ecuatorial las condiciones más frías del mar ocurrieron durante la primera pentada (Figura 18 a) y durante la segunda quincena del mes, en la cual la ATSM alcanzó un valor de -2,5 °C (Figura 18 e), condición asociada con la surgencia costera por efecto del sistema de vientos frente a Panamá que, climatológicamente, alcanzan mayor intensidad en el mes de marzo.

Las variaciones de la TSM dentro de la franja de ~111 km adyacente a la costa peruana (Figura 19 a) indicaron la permanencia de aguas de 23 °C frente a la costa centro-sur, así como, cambios térmicos durante la última semana del mes, en la cual predominó una TSM de 21 °C – 22 °C entre Talara y San Juan de Marcona, presentando esta última región un valor mínimo de TSM de 20 °C. En términos de ATSM en la misma franja, al norte de los 5 °S predominaron anomalías positivas (+1 °C) durante las tres primeras semanas, las cuales fueron reemplazadas por anomalías negativas durante la última semana (-1 °C), mientras que, entre 5 °S - 13°S y al sur de 14 °S predominaron condiciones neutras a frías (mínimo de -1 °C) y condiciones cálidas (entre +1 °C a +2 °C) durante todo el mes, respectivamente (Figura 19 b).

En el litoral, los valores promedio de la TSM y la ATSM para la primera quincena de marzo de 2020 en los muelles costeros de IMARPE (Tabla IV.1) variaron entre 29,5 °C (Tumbes) y 17,3 °C (Ilo). Los muelles costeros en su mayoría presentaron valores de TSM dentro del rango normal, con excepción de Tumbes (+1,6 °C), Paita (+0,95 °C) y Pisco (+0,6 °C). A escala diaria, las series de tiempo de ATSM (Figura 20), disponibles hasta el 16 de marzo, reflejaron condiciones predominantemente cálidas en la mayoría de los muelles costeros a excepción de San José y Chicama que presentaron varios días con anomalías negativas. Cabe precisar que la presencia de condiciones cálidas más significativas se dio en Tumbes, Paita y Chimbote y con intermitencia en Pisco en la primera quincena del mes (Figura 20).



### **2.2.1.1. Índices climáticos**

El índice LABCOS de noviembre 2019 (+0,32) a enero 2020 (+0,47) presentó una tendencia sostenida al incremento, declinando a +0,02 en febrero 2020. Su valor preliminar para marzo fue de +0,47 °C (considerando la primera quincena), indicando la persistencia de condiciones térmicas cálidas de categoría débil en el litoral peruano (Figura 21 a).

Respecto al ITCP, su valor preliminar para marzo 2020 fue de -0,4, indicando una condición neutra, condición que se ha mantenido durante lo que va del verano 2020, pero con valores negativos (Figura 21 b).

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

La salinidad superficial del mar (SSM) para el mes de marzo 2020, según el producto Mercator Océan contrastado con la información obtenida del Crucero de Evaluación de Recursos Pelágicos 2020 02-03, se caracterizó por la intromisión costera de las Aguas Tropicales Superficiales (ATS; SSM < 34,0 ups) principalmente frente a Tumbes, mientras que, las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES, SSM < 34,8 ups) se ubicaron entre Punta Sal y Paíta, aunque con una delgada franja hacia el sur, generando amplias zonas con aguas de mezcla entre AES, Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) y aguas costeras frías (ACF), entre Paíta y Chicama.

Al sur de Chicama ocurrieron ACF en una estrecha franja hasta Pisco y al sur de San Juan, mientras que, aguas de mezcla (ACF+ASS), se mantuvieron principalmente entre Chicama-Chimbote y desde San Juan hacia el sur, debido al constante desplazamiento hacia la costa de las ASS, que se ubicaron entre Salaverry e Ilo principalmente por fuera de las 20-30 m.n., presentando su mayor aproximación a la costa frente a Pucusana, San Juan y Mollendo. Asimismo, el filamento de baja salinidad (< 34,8 ups) al norte de Ilo, estuvo asociado a la descarga del río Osmore (Figura 22).

A nivel pentadal, el desplazamiento paulatino de las ATS hacia Tumbes se habría producido principalmente desde la segunda pentada (Figura 23 b) hasta la última pentada (Figura 23 f) del mes, mientras que, las AES se habrían desplazado hacia el norte manteniéndose hasta los 6 °S durante la segunda (Figura 23 b) y tercera pentada (Figura 23 c), en asociación a un mayor acercamiento de las ASS hacia las costas de Lambayeque y La Libertad (Figura 23). Dentro de la franja de 60 m.n. adyacente a la costa las AES habrían presentado un repliegue hacia el norte, hasta los 6 °S al término del mes (Figura 24).

### **2.2.3. Nivel del mar**

En el presente mes, las anomalías del nivel del mar (ANM) presentaron una disminución sustancial respecto al mes anterior desde Tumbes hasta Huarmey, con valores en promedio entre +7 cm y +10 cm, mientras que, al sur de Huarmey, en promedio se mantuvieron valores similares al mes anterior, destacando estructuras del tipo anticiclónico por fuera de los 100 km de la costa. Al norte de Tumbes, se alcanzó una disminución de hasta 5 cm, en comparación a febrero, asociado principalmente a la intensificación de los vientos de Panamá y la divergencia causada por estos (Figura 25).

A escala pentadal dentro de los 100 km, por fuera de los 100 km, la primera quincena de marzo se caracterizó por la presencia de remolinos ciclónicos y anticiclónicos con núcleos de ANM menores a 5 cm y mayores a 10 cm, respectivamente, mientras que, durante la segunda quincena predominaron remolinos anticiclónicos con ANM mayor a +15 cm localizados frente a Huacho, Pisco, San Juan e Ilo (Figura 26), detallados más adelante.

En la franja dentro de los 60 m.n. (111 km) adyacente a la costa entre el ecuador geográfico y 22 °S, se detectó el impacto del paso de una onda Kelvin fría durante la primera y segunda semana de marzo, en las cuales la ANM descendió al rango entre +7 cm y +9 cm hasta Callao y al sur de Pisco. Durante la segunda quincena de marzo, se observó el incremento de las ANM al sur de Paita, generando valores de ANM entre +10 cm y +13 cm. Este cambio habría sido ocasionado por el arribo de una onda Kelvin cálida, cuyo efecto en el nivel del mar en la zona ecuatorial fue atenuada por la divergencia causada por los vientos de Panamá que se dio desde fines de febrero (Figura 27). Es así que al comparar la variación temporal de las ANM al este de islas Galápagos con las de las áreas entre 5 °S y 14 °S y entre 14 °S y 18 °S, para la franja de 60 m.n. adyacente al litoral, se observó durante los primeros 15 días valores entre +8 cm y +10 cm en las tres áreas. En cambio, durante la segunda quincena se registró un declive de las ANM al este de las islas Galápagos (~ +5 cm), mientras que se observó el incremento de las ANM frente al litoral, variando entre +8,5 cm y +11,5 cm (5 °S – 14 °S) y entre +10 cm y +12 cm (14 °S – 18 °S). Los picos más altos en las dos áreas de la franja adyacente a la costa fueron registrados el 25 y 22 de marzo, respectivamente (Figura 28).

En cuanto a la actividad de mesoescala, la Figura 29 a indica que, en promedio, se detectaron entre 8 y 12 remolinos por día, siendo estos valores superiores a lo registrado durante febrero, maniéndose la preponderancia de los remolinos ciclónicos sobre los anticiclónicos, con un 54,7 %. El radio de estas estructuras en promedio fue de 67 km, cuyo valor fue ligeramente por debajo del presentado el mes anterior, debido a que se continuaron detectando en su mayoría remolinos con un radio menor a 60 km, disminuyendo así el promedio mensual (Figura 29 b). La energía cinética promedio de los remolinos detectados (Figura 29 c) osciló entre 82 cm<sup>2</sup> s<sup>-2</sup> y 190 cm<sup>2</sup> s<sup>-2</sup>, siendo estos valores similares a lo registrado durante febrero. El radio y la energía cinética de estas estructuras presentaron una tendencia a disminuir durante la primera quincena del mes, para luego aumentar y mantener valores sobre el promedio para el radio (> 67 km) y mayores a 100 cm<sup>2</sup> s<sup>-2</sup> para la energía.

El remolino de mayor tamaño (> 100 km) se localizó frente a Huacho, alcanzando este tamaño durante la segunda quincena del mes. Al sur de esta localidad los remolinos disminuyeron de tamaño, alcanzando un radio promedio de 60 km frente a Pisco y de 50 km frente a San Juan e Ilo, estos 3 remolinos se mantuvieron por más de 15 días. Además, destacó un remolino de 80 km frente a Chicama localizado entre los 100 km y 150 km a la costa, durante la última semana de marzo.

#### **2.2.4. Estaciones fijas costeras**

El monitoreo de alta frecuencia de la columna de agua (<100 m) que se realiza en las estaciones fijas del IMARPE mostró durante el último mes que en Callao la temperatura varió entre 16 °C y 20 °C. Las estaciones fijas de Paita, Chicama y Callao evidenciaron una profundización de las isotermas entre fines de febrero e inicios de marzo; sin embargo, después se detectó un ascenso de las isotermas en Paita durante la primera semana de marzo y en Callao durante todo el mes. Ático mostró un ascenso de las isotermas en las dos primeras semanas de marzo (Figura 30).

Respecto a las anomalías de temperatura, se detectó núcleos con valores de hasta +1,0 °C en Paita (sobre los 60 m), Chicama (40 m – 100 m) y Callao (10 m – 30 m) entre fines de febrero e inicios de marzo, asociado al arribo de la onda Kelvin cálida pronosticada por el ENFEN (ENFEN, 2020 a) y descrita en el Informe del GTI El Niño 02-2020 (IMARPE, 2020).

En Paita a inicios de la segunda semana de marzo se detectó un núcleo de  $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  entre 10 m – 40 m de profundidad, asociado al arribo de la onda Kelvin fría cuyo efecto en la ANM fue indicado líneas arriba. En Callao se observó condiciones normales durante el mes de marzo, en promedio (Figura 31)

En Paita, los registros de salinidad y temperatura evidenciaron la presencia de AES sobre los 40 m, mientras que, por debajo de estas, prevalecieron aguas de mezcla entre AES + ASS durante la primera semana de marzo. En Callao se observó un predominio de aguas de mezcla (ACF + ASS) durante todo el mes (Figura 32).

Debido a la ausencia de información en la estación fija de Paita después de la primera semana de marzo, se utilizó datos de temperatura de un flotador ARGO ubicado a 145 m.n. de la costa frente a Talara ( $\sim 83,8\text{ }^{\circ}\text{W}$  y  $\sim 4,2\text{ }^{\circ}\text{S}$ ). A partir de esta información se calculó la anomalía de temperatura en base a la climatología de temperatura desarrollada por IMARPE (1981 – 2010). En la quincena de marzo se detectó anomalías térmicas negativas, con valores de hasta  $-1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  entre 40 m – 70 m, asociado a la onda Kelvin fría. A fines de marzo (40 – 70 m) de evidenció una transición de anomalías negativas a anomalías positivas, con valores de hasta  $+1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , asociado a la llegada de la onda Kelvin cálida (ENFEN 2020 b), cuyos efectos se evidenciaron previamente en la ANM (ver 2.2.3). Por otro lado, los valores de salinidad sobre los 20 m evidenciaron la presencia de AES, con valores entre 34,40 ups a 34,80 ups durante todo el mes (Figura 33).

El OD registrado en las estaciones fijas no presentó información completa durante marzo 2020, a excepción de Callao (Figura 34). En Paita, durante la primera semana se observó una superficialización de la iso-oxigenas de  $1\text{ mL L}^{-1}$  y  $2\text{ mL L}^{-1}$  de 100 m a 75 m y de 60 m a 40 m, respectivamente. En Chicama, fines de febrero - primeros días de marzo continuó presentando una oxiclina (70 m) y ZMO (85 m) más profunda respecto a la primera quincena de febrero. En Callao encima de los 20 m durante todo el mes, se presentó una oxiclina pronunciada, presentándose las iso-oxígenas de  $1\text{ mL L}^{-1}$  a  $6\text{ mL L}^{-1}$ , mientras que, debajo de los 20 m predominaron valores menores a  $0,5\text{ mL L}^{-1}$ . En Atico, durante los últimos días de febrero la iso-oxígena de  $1\text{ mL L}^{-1}$  se superficializó de 80 m a 25 m; sin embargo, durante la primera quincena de marzo, se profundizó de 25 m a 40 m.

### **2.2.5. Otras observaciones**

Durante el mes de marzo 2020 se continuó desarrollando el Crucero de Evaluación de Recursos Pelágicos 2020 02-03 en los BICs Humboldt, Olaya y Flores abarcando las áreas marítimas desde  $7^{\circ} 50' \text{ S}$  hasta los  $18^{\circ} \text{ S}$  y desde la costa hasta las 100 m.n.

Las condiciones térmicas evidenciaron un predominio de las isotermas mayores de  $23^{\circ}\text{C}$  por fuera de las 30 mn entre Talara y Atico y por fuera de las 10 m - 15 m frente a Mollendo. Los valores menores de  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , asociados a procesos de afloramiento reciente, se ubicaron en zonas muy costeras dentro de las 10 m.n., entre Atico – Mollendo, Pisco – San Juan y entre Huarmey - Casma. Resaltaron San Juan y Atico como las zonas más frías con valores menores a  $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Asimismo, fue evidente la aproximación de temperaturas mayores a  $25^{\circ}\text{C}$  por fuera de las 50 – 60 m.n. asociadas a aguas oceánicas, al norte de Bahía Independencia y por fuera de las 20 m.n. frente a Mollendo (Figura 35 a). Este comportamiento genero condiciones neutras en la zona costera (dentro de las 40 mn) al norte de Huacho, entre Pisco – San Juan y dentro de las 15 m.n. entre Atico – Mollendo e Ilo. Además, se observaron condiciones cálidas en el resto del área evaluada, resaltando núcleos con anomalías positivas de  $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$  frente a Huarmey – Chancay, Pucusana – Bahía Independencia, San Juan y Atico-Mollendo; así como el núcleo frío ( $>-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) en la zona costera de San Juan (Figura 35 b).

La SSM osciló entre 32,43 ups y 35,71 ups. El área evaluada se caracterizó por presentar AES entre Punta Sal y Paita, las ACF en una franja costera de amplitud variable, con proyecciones hasta las 30 m.n. frente a Salaverry, Chancay y Pisco y hasta las 50 m.n. frente a Morro Sama. Las ASS se ubicaron entre Salaverry e Ilo, principalmente por fuera de las 20 m.n. – 30 m.n., presentando su mayor aproximación a la costa frente a Pucusana, San Juan y Mollendo. Por otro lado, se evidenciaron amplias zonas con agua de mezcla, entre Paita y Malabrigo, asociada a la mezcla de AES, ASS y ACF, disminuyendo la influencia de AES al sur de Punta Aguja, desde mar afuera hacia la costa. Al sur de Malabrigo la mezcla se debió a la interacción de las ASS y ACF; asimismo, en la zona muy costera se observó influencia del agua dulce que aportaron los ríos (Figura 35 c).

Los mayores valores de OD superficial estuvieron asociados a eventos de alta actividad fotosintética con iso-oxigenas superiores a  $6,0 \text{ mL L}^{-1}$ , que se encontraron distribuidas frente a Bayóvar, entre Pimentel y Chicama, frente a Chancay, entre Cerro Azul y Punta Caballas y entre San Juan e Ilo. Por otro lado, los procesos de afloramiento costero estuvieron restringidos dentro de las 5 m.n. a 10 m.n. de costa, asociados a valores menores a  $4,5 \text{ mL L}^{-1}$  de OD, destacando las zonas frente a Punta La Negra, Chicama, entre Salaverry a Huarmey, Callao y frente a bahía Independencia. Las iso-oxígenas de  $5,0 \text{ mL L}^{-1}$  ubicadas por fuera de las 40 m.n. de costa, estuvieron mayormente asociadas a ASS y TSM entre  $24 \text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $26 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Los valores mayores a  $7 \text{ mL L}^{-1}$ , ubicados frente a Salaverry, Pisco y Morro Sama se asociaron a floraciones fitoplanctónicas intensas (mareas rojas observadas visualmente) (Figura 35 d).

Respecto a las condiciones subsuperficiales, la columna de agua frente a Chicama presentó condiciones próximas a lo normal dentro de las 40 m.n. sobre los 50 m, en tanto que, por fuera de las 40 m.n. fueron cálidas con de hasta  $+3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Por debajo de los 60 m se hallaron valores próximos a  $+0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $+1,0^{\circ}\text{C}$  indicando aguas cálidas. Las ASS se localizaron por fuera de las 70 m.n., sin embargo, en la capa superficial se registraron bajas salinidades debido a la influencia de las AES y de la descarga continental en la zona costera (Figura 36 a).

Frente a Chimbote se encontraron condiciones cálidas sobre los 50 m por fuera de las 20 m.n. con valores superiores a  $+3 \text{ }^{\circ}\text{C}$  y condiciones neutras dentro de las 20 m.n., Sin embargo, entre los 50 m y 300 m, cerca de la plataforma y talud, las condiciones fueron cálidas con anomalías de hasta  $+1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Las ASS se proyectaron hasta 10 m.n., generando anomalías halinas positivas cercanas a  $+0,1$  ups sobre los 50 m, principalmente por debajo de esta profundidad las anomalías indicaron una condición neutra. (Figura 36 b).

En la sección Callao se evidenciaron condiciones cálidas con anomalías de hasta  $+3 \text{ }^{\circ}\text{C}$  en la capa superficial. Asimismo, la capa entre 100 m a 450 m también fue cálida, de menor magnitud y a diferencia de las secciones anteriores esta capa cálida se ubicó lejos de la costa ( $\sim 70$  m.n.). La salinidad indicó presencia de ACF dentro de las 20 m.n. y ASS sobre los 50 m y por fuera de las 20 m.n., asociadas a anomalías de  $+0,1$  ups (Figura 36 c)

Frente a Pisco se presentaron condiciones cálidas asociadas a la presencia de ASS sobre los 100 m y por fuera de las 50 m.n. – 60 m.n. En la zona costera también se registraron anomalías térmicas positivas debido al efecto de la morfología del lugar (bahía Paracas) y anomalías halinas negativas por el aporte de agua dulce del río Pisco. Asimismo, la zona adyacente al talud, dentro de las 50 m.n., mostró condiciones cálidas con anomalías mayores a  $+1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Por otro lado, entre los 130 m y 155 m por fuera de las 80 m.n., se observó un núcleo de baja salinidad ( $-0,1$  ups) asociado a la presencia de las Aguas intermedias del Pacífico Sur Este (AIPSE) (Figura 36 d).

Frente a San Juan, dominaron las ASS sobre los 50 m, asociadas a anomalías térmicas positivas mayores a 2 °C sobre los 20 m y por fuera de las 40 m.n. Por debajo de las ASS, se observaron núcleos con anomalías de +1 °C principalmente dentro de las 50 m.n. Dentro de las 20 m.n. se observaron procesos de afloramiento, sin embargo, el agua aflorada fueron características de ASS y aguas de mezcla. También fue notorio las singularidades (núcleos) en la distribución térmica y halina, lo cual estaría relacionados a grandes procesos de mezcla (Figura 36 e)

Respecto a las secciones verticales de OD, se obtuvo información de Chicama, Chimbote, Callao, Pisco y San Juan (Figura 37). Chicama mostró sobre los 60 m iso-oxígenas de 2 mL L<sup>-1</sup> a 6 mL L<sup>-1</sup>, y debido al intenso afloramiento se registraron el ascenso de las iso-oxígenas de 2 mL L<sup>-1</sup> a 4 mL L<sup>-1</sup> cerca de costa. La profundidad de la ZMO se ubicó entre los 200 m y 225 m, ubicándose más profunda cerca a la costa. En Chimbote también se registró sobre los 50 m valores de 2 mL L<sup>-1</sup> a 6 mL L<sup>-1</sup>, con una superficialización de la iso-oxígena de 3 mL L<sup>-1</sup> cerca de la costa por el afloramiento costero. En cambio, fuera de las 60 m.n. y hasta los 50 m se evidenció la influencia de ASS debido a la presencia de concentraciones de OD entre 4 mL L<sup>-1</sup> a 5 mL L<sup>-1</sup>. Las iso-oxígenas de 1 mL L<sup>-1</sup> a 0,5 mL L<sup>-1</sup> abarcaron un espesor variable de 10 m a 75 m, registrando el límite superior de la ZMO desde los 50 m hasta los 125 m. La sección Callao presentó, sobre la capa de los 50 m, una oxiclina más pronunciada, comparada con las otras secciones al norte de Callao y estuvo conformada por las isolíneas de 5 mL L<sup>-1</sup> a 1 mL L<sup>-1</sup>, visualizando el ascenso de la iso-oxígena de 3 mL L<sup>-1</sup> desde los 25 m hacia la superficie, desplegada entre las 80 m.n. y la zona costera. La iso-oxígena de 1 mL L<sup>-1</sup> se registró desde los 10 m de profundidad en la zona costera y se profundizó hasta los 50 m por la presencia de ASS entre las 40 m.n. a 60 m.n. El límite superior de la ZMO se ubicó entre los 25 m hasta los 140 m. En Pisco, el OD presentó valores en superficie de alrededor de 6 mL L<sup>-1</sup> debido a la alta actividad fotosintética; mientras que, debajo de los 25 m y dentro de las 50 mn, se observaron concentraciones inferiores a 0,5 mL L<sup>-1</sup> debido a una intensa re-mineralización. La sección San Juan registró más superficial a la iso-oxígena de 3 mL L<sup>-1</sup> desde los 60 m hasta los 10 m en la zona costera. El límite superior de la ZMO también se vio influenciado por las ASS, que profundizaron la iso-oxígena de 0,5 mL L<sup>-1</sup> hasta los 100 m, entre las 60 m.n. a 100 m.n.

Los flujos geostroficó mostraron una dirección dominante hacia el norte dentro de la zona costera con valores menores a 15 cm s<sup>-1</sup> sobre los 80 m. También se presentaron flujos hacia el sur asociados principalmente a la Corriente Submarina Perú-Chile (CSPCh), con velocidades de hasta 20 cm s<sup>-1</sup> en el caso del Paita y Punta Falsa y de 10 cm s<sup>-1</sup> frente a Pisco (Figura 38).

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

### **2.3.1. Productividad**

La concentración de clorofila-a (Cl-a) satelital mostró que a lo largo de la costa (dentro de las 60 m.n. a la costa) predominaron valores de 3 µg L<sup>-1</sup> a 10 µg L<sup>-1</sup>; y se observaron núcleos de alta productividad que alcanzaron valores de 20 µg L<sup>-1</sup>, dentro de las 30 m.n., entre San José – Chimbote, y entre Callao – Pisco (Figura 39 a). En términos de anomalía, predominaron anomalías positivas (de +1 µg L<sup>-1</sup> a +10 µg L<sup>-1</sup>) entre Paita – Chimbote (dentro de las 60 m.n.), y entre Huacho – Ilo (dentro de las 30 m.n.). Estas anomalías positivas presentaron una proyección hacia la zona oceánica frente a San Juan (hasta las 150 m.n.). Además, se observaron anomalías negativas (de -1 µg L<sup>-1</sup> a -2 µg L<sup>-1</sup>) entre Chicama – Huacho entre las 60 m.n. y 120 m.n. fuera de la costa (Figura 39 b).

Dentro de las 60 m.n. y entre 6°S – 16°S, se presentaron anomalías positivas durante todo el mes (entre +2  $\mu\text{g L}^{-1}$  a +4  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) y los mayores valores de CI-a se observaron durante la primera quincena del mes (8  $\mu\text{g L}^{-1}$ , Figura 39 d). Latitudinalmente en la franja costera, durante la primera semana, predominaron anomalías positivas (entre +2  $\mu\text{g L}^{-1}$  a +6  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) a lo largo de la costa; sin embargo, el resto del mes, esta alta productividad se observó solo entre los 6 °S – 9 °S y entre los 14 °S – 16 °S. Entre los 9 °S – 14 °S, en las últimas 3 semanas predominaron anomalías negativas (-0,5  $\mu\text{g L}^{-1}$  a -2  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) (Figura 39 e).

La cantidad de luz incidente que varía por la presencia de nubes influye en el crecimiento de fitoplancton y la producción de CI-a. La media mensual del porcentaje de nubosidad para este mes estuvo entre 40 % y 50 % a lo largo de la costa dentro de las 120 m.n., sin embargo, entre Huacho – Pisco, predominaron valores entre 60 % y 80% en una franja muy costera de 15 m.n. (Figura 39 c).

La alta productividad observada durante marzo 2020 estaría relacionada al paso de la onda Kelvin fría durante la primera quincena del mes que influyó en una nutriclina más superficial, la intensificación de frentes/mezcla de las aguas costeras con las aguas oceánicas y a la mayor incidencia de luz solar debido a una menor cobertura de nubes.

### 3. INDICADORES ECOLÓGICOS Y BIOLÓGICO-PESQUEROS

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

##### 3.1.2. Zooplancton

Con información proveniente del “Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos 2002-03” se observó que la distribución de especies del zooplancton indicadoras de masas de agua ha concordado con las condiciones oceanográficas registradas en la operación. El copépodo *Centropages furcatus*, indicador de AES, se registró en el extremo norte hasta Punta La Negra, mientras que, especies indicadores de ASS como los copépodos *Acartia danae*, *Calocalanus pavo*, *Ischnocalanus plumulosus* y *Oncaea conifera* presentaron una mayor distribución latitudinal y principalmente por fuera de la plataforma continental. El copépodo *Centropages brachiatus*, indicador de ACF, también presentó una amplia distribución, pero principalmente dentro de las 15 m.n. de la costa (Figura 40).

Respecto al ictioplancton, se observó la presencia de huevos y larvas de especies costeras, principalmente de anchoveta (*Engraulis ringens*), de peces mesopelágicos, en su mayoría de pez luminoso (*Vinciguerria lucetia*), así como, larvas de especies transzonales y oceánicas como caballa (*Scomber japonicus*) y perico (*Coryphaena hippurus*), entre otras especies.

En el caso de la anchoveta, los huevos presentaron una distribución costera y continúa dentro de las 15 m.n. de costa, no obstante, entre Bayovar y Pimentel se registraron hasta las 80 m.n. de la costa. Las larvas de anchoveta también presentaron una distribución costera, pero discontinua, donde las concentraciones más altas (> 20 larvas muestra<sup>-1</sup>) fueron reportadas frente a Bayovar y Chancay a distancias entre 10 m.n. y 15 m.n. de la costa (Figura 41 a).

Los huevos y larvas de vinciguerria fueron reportados a lo largo del área evaluada, aunque principalmente por fuera de la plataforma continental asociados a ASS. En el caso de las larvas de esta especie, se presentaron en tres zonas, desde Punta Sal a Huarmey, de Chancay a Punta Caballas y desde San Juan de Marcona a Ilo (Figura 41 b).

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

### **3.2.1. Anchoqueta (*Engraulis ringens*)**

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

Las condiciones ambientales juegan un rol importante en el comportamiento de la anchoqueta. Desde el segundo semestre 2019 hasta la actualidad se vienen realizando diferentes actividades de monitoreo y evaluación del recurso. Los cruceros de “Estimación de la Biomasa Desovante de la anchoqueta por el Método de Producción de Huevos” (MPH, agosto – setiembre 2019) y de “Evaluación de los Recursos Pelágicos” (setiembre – noviembre 2019), fueron efectuados en un escenario ambiental neutro con algunos núcleos de anomalías negativas. Sin embargo, a fines de noviembre, se observó un cambio importante en el mar peruano, el acercamiento de aguas cálidas de las AES en el norte, con núcleos de +2 °C, causó el repliegue a la costa del recurso. Teniendo en cuenta que la presencia de aguas cálidas cercanas a costa se ha mantenido durante los últimos meses, el hábitat de la anchoqueta se redujo creando una redistribución de los cardúmenes, registrando, desde mediados de diciembre 2019 hasta la fecha una alta presencia de cardúmenes de ejemplares juveniles muy próximos o en mezcla.

Es así que los resultados sobre distribución y tallas de anchoqueta provenientes del “Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos 2020-0203” serán re-evaluados con la información que se obtendrá durante la “Prospección biológico pesquera de la anchoqueta (*Engraulis ringens*) en la zona comprendida de Paita a Callao” que se realizará del 14 al 28 de abril 2020 (Figura 42).

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

Los indicadores reproductivos de la anchoqueta peruana del stock Norte-Centro mostraron la disminución de la actividad reproductiva del recurso, reflejado en la reducción de los valores del IGS y aunque en marzo el FD mostró un ligero incremento, este último se mantuvo por debajo de su patrón. (Figura 43). La sostenida disminución del proceso reproductivo puede estar relacionada a la presencia de aguas cálidas presentes desde setiembre en la zona norte del mar peruano.

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

La pesquería de los recursos jurel y caballa se inició después de la quincena de enero 2020 (R.M. 025-2020-PRODUCE), estableciéndose la cuota de estos recursos para el año 2020 en 100 mil toneladas (t) en el caso del jurel y 94 mil t para la caballa.

Las capturas de jurel y caballa alcanzaron durante enero a febrero 2020 aproximadamente 87 mil t, de las cuales 70 % correspondieron a jurel y el 30 % restante a la caballa. El jurel y la caballa desde el mes de enero han ido ampliando su distribución hacia el sur. En marzo, estos recursos fueron capturados a 180 m.n. frente a Morro Sama (18 °S) por la flota artesanal. Sin embargo, durante el “Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos 2020-0203”, se observó una mayor distribución latitudinal hacia el norte, siendo la caballa la especie con mayor amplitud (Figura 44).

### 3.2.3. Otras especies

El ingreso de AES por el norte y el acercamiento de ASS del oeste hacia la costa, propiciaron la ampliación del hábitat disponible para las especies transzonales y oceánicas como el bonito (*Sarda chiliensis*), barrilete (*Katsuwonus pelamis*), perico (*Coryphaena hippurus*), melva (*Auxis rochei*), entre otros; así también, para especies del macrozooplancton como la malagua (*Scyphozoa Chrysaora plocamia*) y pyrosoma (*Pyrosoma sp*), indicadoras de aguas frías y de condiciones cálidas, respectivamente, dentro de las 20 m.n. frente a la costa donde se presentaron ACF y aguas de mezcla entre ACF + ASS (Figura 45).

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

### 3.3.1. Merluza (*Merluccius gayi peruanus*)

En el marco del Régimen Provisional de Pesca del recurso Merluza para el periodo 01 de julio 2019 – 30 junio 2020 (R.M. N° 290-2019-PRODUCE), durante el mes de marzo 2020 la flota industrial de arrastre desembarcó un total de 70,7 t de merluza y, el total acumulado desembarcado alcanzó 10 990,7 t (18,6 % del Límite Máximo de Captura Total Permisible – 58 766 t).

La distribución de la flota dirigida a la merluza estuvo ubicada principalmente al norte de Punta Sal (sub-área A) en la región Tumbes y, al norte de Paita (sub-área B) en la región Piura (Figura 46 a). La talla media del recurso presentó su mayor valor (31,2 cm) en la sub-área A, mientras que el menor (28,1 cm) se encontró en la sub-área B (figura 46 b). Esto podría estar relacionado a la presencia de una CSPCh de actividad moderada al norte del Perú observada durante el “Crucero de evaluación hidro-acústica de recursos pelágicos 2020-0203”, que podría haber profundizado la termoclina y oxiclina en esa región (Figura 38). También, se destaca la suspensión temporal de las actividades extractivas de merluza en determinadas áreas en el ámbito de su pesquería, debido a que el porcentaje de ejemplares menores a 28 cm de longitud total, en algunos casos, superó el 20% permitido legalmente.

### 3.3.2. Otros recursos

Durante marzo, en la zona norte, en Piura las principales especies desembarcadas fueron la caballa, anchoveta, bonito y pota (*Dosidicus gigas*), observándose que el desembarque de la caballa se presentó de manera intermitente entre enero y febrero 2020, a diferencia de la anchoveta y bonito, donde se observó un incremento en sus desembarques en el presente mes, mientras que, la pota disminuyó considerablemente desde el mes de enero 2020. Tener en cuenta que, la caballa y el bonito se encuentran asociados a ASS, la anchoveta a ACF y la pota a aguas de mezcla (ACF + ASS). En Lambayeque, los desembarques estuvieron principalmente representados por el bonito, el cual presentó una tendencia positiva en los últimos meses. En la Libertad, las principales especies fueron el bonito, lisa (*Mugil cephalus*), tiburón martillo (*Sphyrna mokarran*), y raya águila (*Myliobatis peruvianus*). En este caso podemos mencionar, que, típicamente la lisa está asociada a aguas de mezcla (ACF + ASS), tiburón martillo a ASS y la raya águila a ACF. Además, en esta última región, se observó que la descarga de bonito se incrementó de enero a febrero 2020 y se ha mantenido hasta marzo, mientras que la lisa ha venido disminuyendo desde enero 2020.

Por otro lado, en la región centro, en Ancash, los desembarques estuvieron representados principalmente por pota y en menor proporción por caracol (*Stramonita chocolata*), lorna (*Sciaena deliciosa*) y calamar (*Loligo gahi*), de los cuales el caracol se asocia a aguas de mezcla, y la lorna y el calamar se asocian a ACF.



Respecto a la pota, su desembarque presentó un incremento, respecto a los meses anteriores. Las descargas de caracol y lorna se mantuvieron, y la de calamar disminuyó respecto a febrero 2020. En Lima, solo se consiguió información de Huacho y en esta caleta el personal de campo solo registró información de la primera quincena, observándose que las principales especies desembarcadas fueron el bonito, la caballa y el pejerrey (*Odontesthes regia regia*), siendo esta última especie asociada a ACF. En Ica, los principales desembarques fueron de anchoveta y bonito, y en menor proporción de lorna y jurel. Además, se observó que la anchoveta tuvo un incremento considerable, respecto a enero y febrero 2020, así como el bonito; mientras que, los desembarques de la lorna y el jurel disminuyeron.

Finalmente, en la región sur, en Arequipa, los desembarques estuvieron representados principalmente por el bonito y en menor proporción por el jurel, caballa y perico, todas especies de aguas cálidas. El bonito presentó una tendencia positiva, a diferencia del perico, el cual muestra una tendencia negativa. En Moquegua, y Tacna, donde solo se obtuvo información de la primera quincena de marzo, las principales especies desembarcadas fueron el tiburón azul (*Prionace glauca*), perico, jurel y tiburón diamante (*Isurus oxyrinchus*) para Moquegua, todas especies de aguas cálidas, mientras que, para Tacna fueron el jurel, choro (*Aulacomya atra*) y caracol, de las cuales el choro es asociado a ACF.

### **3.4. Indicadores ecológicos**

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

Se analizó la información proveniente de los Laboratorios Costeros de IMARPE, referida a las observaciones de especies atípicas de la región o el lugar. Cabe mencionar que debido a la coyuntura de la pandemia de Covid-19, la obtención de los datos en el campo se vio interrumpida a partir del pasado 16 de marzo de 2020. Los datos y la información que a continuación se presentan reflejan en gran medida solo la observación de la primera quincena del mes.

Durante la primera quincena de marzo 2020 se registraron menos especies indicadoras que las registradas en el mes de febrero 2020 (7). En regiones del centro y norte de Perú, se observó la presencia de 4 especies de aguas cálidas (Lambayeque, La Libertad y Huacho) y 1 de aguas oceánicas (La Libertad). Las especies de aguas cálidas que se encontraron en Lambayeque fueron anchovia (*Anchovia macrolepidota*) (6 kg) y bereche (*Larimus effulgens*) (15 kg), cuyos límites de distribución sur se encuentran en Zorritos y Puerto Pizarro (Tumbes), respectivamente. En La Libertad se registró langostino blanco (*Penaeus vannamei*), cuyo límite de distribución sur es Tumbes. En Lima se registró "chiri lomo negro" (*Peprilus snyderi*) (15 kg), cuyo límite normal de distribución sur es el norte de Perú. Finalmente, se registró bonito (> 95 t) en La Libertad, cuya distribución abarca toda la costa de Perú y Chile; sin embargo, se registró su presencia en grandes cantidades más cerca a la costa (5 m.n. - 23 m.n.), como consecuencia de un posible desplazamiento de las ASS u oceánicas (Figura 47, Tabla IV.2). Los Laboratorios Costeros de Tumbes y Paita no reportaron ninguna especie inusual para su jurisdicción.

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

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

### 3.4.2.1. Aves

La dieta del guanay en la zona centro estuvo compuesta de especies de peces como anchoveta, pejerrey, cabinza (*Isacia conceptionis*), lorna, entre otros. Desde noviembre 2019, la presa predominante en la dieta del guanay (*Phalacrocorax bougainvillii*) fue la anchoveta, registrando en mayor porcentaje el consumo de ejemplares juveniles alrededor de 85 % en Islas Mazorca y Pescadores (Lima) y en 33 % en Isla Ballestas frente a Pisco (Figura 48). Es necesario precisar que aves abundantes a lo largo del litoral peruano, como el guanay, el pelícano (*Pelecanus thagus*) y el piquero (*Sula variegata*) son especies endémicas de la Corriente Costera Peruana (CCP), por lo que se asocian a aguas frías.

Información actualizada del “Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos 2020-0203”, indica que por fuera de las 30 m.n. en la zona centro – sur se observó un total de 7 305 individuos, divididas en 37 especies de aves marinas. El orden Procellariiformes (albatros, petreles, golondrinas de mar y pardelas) fue el más abundante, con 68 % del total de aves registradas. La especie más abundante fue la golondrina de mar acollarada (*Oceanodroma hornby*) con 29,38 % (2 146 individuos), seguido por la golondrina de mar peruana (*Oceanodroma tethys*) con 18,69 % (1365 individuos). Hay que tener en cuenta que estas aves son oceánicas, por lo que en su mayoría están relacionadas a aguas cálidas. Las mayores concentraciones de aves guaneras se pudieron ver frente a la zona de Pisco (13 °S) y en San Juan de Marcona (15 °S) (Figura 49).

### 3.4.2.2. Mamíferos marinos

Durante el “Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos 2020-0203”, entre el Callao e Ilo se observaron un total de 4 792 individuos de mamíferos marinos. Se realizaron 72 avistamientos de pinnípedos (120 individuos), 16 avistamientos de delfínidos (4 632 individuos) y 14 avistamientos de cetáceos mayores (27 individuos). La especie más abundante fue *Delphinus delphis* (3002 individuos) registrados principalmente en las latitudes 12°S, 15°S a 17,5°S, es decir frente al Callao y Bahía Independencia (Figura 50). Es necesario mencionar, que esta especie se observa en la zona oceánica, y se ha registrado en aguas templado-frías y aguas tropicales.

### 3.4.3. Otros indicadores

#### 3.4.3.1. Tortugas marinas

A lo largo de las caminatas de varamientos y avistamientos de tortugas marinas en el estuario, en el mes de marzo, se registró un total de 46 ejemplares varados. Se registraron carcasas de tortugas verdes (*Chelonia mydas agassizii*), de las cuales el 89 % (n=41) se encontraron en estado esquelético o restos dispersos e incompletos, el 7 % (n=3) en descomposición avanzada. Los grados de vivo o moribundo y muertos recientemente representaron el 2 % (n=1). Del 71 % de los ejemplares varados en el estuario de Virrilá (Sechura) no se pudo determinar la causa de muerte, el 24 % tuvo como causa de muerte la causa dirigida, las cuales presentaron el caparazón y el pastron totalmente desprendidos y la muerte del 5 % restante fue producto de colisiones por embarcaciones (Figura 51). Es importante recalcar, que, de acuerdo a su estado de desarrollo ontogénico, la tortuga verde se asocia a determinadas condiciones ambientales. Típicamente en el estuario de Virrilá, encontramos ejemplares sub-adultos, asociados a condiciones de mezcla entre aguas frías y cálidas.

### 3.4.3.2. Mortandades/varamientos

En la primera quincena de marzo, durante los monitoreos realizados en Lima, en las playas Pulpos (12°18'24" S) y San Pedro (12°17'21" S), se registraron un total de 58 aves marinas varadas muertas, de las cuales el 67 % fueron individuos adultos. La especie más afectada fue el guanay, representando el 60 % del total de individuos varados, seguido de pelícano (19 %), entre otras especies con menor proporción (Figura 52).

Del total de individuos registrados, el 52 % de los individuos hallados correspondían a varamientos ocurridos hace buen tiempo ya que se encontraron solo esqueletos o restos, el 34 % en avanzado estado de descomposición, el 7 % moribundos, y el 5 % muertos recientemente.

De los 23 individuos en los que se pudo determinar la condición corporal, el 74 % de éstos se encontraron magros, es decir, con poca cantidad de musculatura pectoral, mientras que el restante 26 % se encontraron caquéuticos (escasa musculatura pectoral y ausencia de tejido graso subcutáneo y visceral).

Se realizó la necropsia de seis ejemplares: un pelícano juvenil, dos guanayes adultos, un cormorán o cuervo de mar (*Phalacrocorax brasilianus*), un chuita adulta (*Phalacrocorax gaimardi*) y un piquero juvenil (Figura 53). Se observó que los adultos tenían una condición magra, presencia de líquido en tráquea y pulmones, alimento semi digerido y sin digerir en estómago, lo que podría indicar que la probable causa de muerte fue por ahogamiento por interacción con la pesca. Cabe resaltar que se lograron identificar en los contenidos estomacales de dos guanayes en playa Pulpos, otolitos de anchoveta y samasa (*Anchoa nasus*). En los ejemplares juveniles se observó la quilla con facilidad, escasa musculatura pectoral y ausencia de tejido graso subcutáneo y visceral (caquéuticos), severa deshidratación, gastritis y úlceras hemorrágicas, contenido de sangre digerida y parasitosis en tracto gastrointestinal.

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

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

Entre febrero y marzo 2020, las anomalías de TSM observadas en el Pacífico ecuatorial central presentaron valores positivos, pero dentro del rango neutral del ENOS. La mayoría de los modelos dinámicos y estadísticos de predicción de ENOS (Niño 3.4) de las agencias internacionales (IRI, marzo 2020) (Figura 54), pronostican que las ATSM positivas en Pacífico ecuatorial central durante el otoño austral, pero con una tendencia a disminuir, y estas continuarían durante el invierno austral del presente año. De acuerdo a los modelos dinámicos y estadísticos las ATSM en la región Niño 3.4 variarán entre +0,26 °C y +0,35 °C en MAM 2020 y entre +0,21 °C y +0,23 °C en AMJ 2020.

Espacialmente, para el trimestre MJJ 2020, en el Pacífico ecuatorial central el modelo ECMWF indica anomalías de TSM alrededor de cero, mientras que los modelos CFSv2 y NMME indican ATSM entre -0,5 °C y -0,25 °C para la región Niño 3.4. Con respecto a la región Niño 1+2, para el trimestre MJJ 2020, los modelos ECMWF, NMME y CFSv2 pronostican valores promedio entre -1 °C y -0,2 °C. Frente a la costa peruana, durante el mismo trimestre, los modelos ECMWF y CFSv2 pronostican en la franja costera valores de ATSM con un rango entre -1 °C y -0,2 °C, mientras que, el modelo NMME pronosticó valores con un rango entre -0,5 °C y +0,25 °C. A su vez, en la zona oceánica frente al Perú, los modelos NMME y CFSv2 pronosticaron valores de ATSM con un rango entre -0,25 °C y +0,25 °C (Figura 55).

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

Según la simulación del modelo oceánico de complejidad intermedia aplicado en el IMARPE, forzado hasta el 10 abril del 2020 (Figura 56) se espera el arribo en abril de una nueva onda Kelvin fría (modo 1), que fue generada en el extremo del Pacífico ecuatorial occidental y fue reforzada gracias a las anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial central y oriental. Asimismo, en abril se espera el arribo de otra onda Kelvin cálida (modo 2) al extremo del Pacífico ecuatorial oriental, aunque debilitada por la persistencia de las anomalías de vientos del este en el Pacífico Ecuatorial central y oriental durante el mes de marzo. Por último, cabe señalar que podría generarse una nueva onda Kelvin cálida (modo 2) debido a las anomalías de vientos del oeste observadas en el Pacífico ecuatorial occidental ocurridas entre 160 °E y 180° durante los días 01 – 10 de abril en promedio.

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

Para el ITCP, el modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia del Pacífico tropical ecuatorial pronostica valores positivos dentro del rango de la condición neutra entre abril y julio 2020; mientras que, de acuerdo al modelo estadístico basado en el volumen de agua cálida ecuatorial y el índice del APS, se pronostican valores negativos dentro de una condición neutra durante abril – julio 2020 (Figuras 57 y 58).

#### **4.4. Pronóstico probabilístico de las condiciones oceanográficas**

En base al juicio experto, se proyectó la probabilidad de las condiciones oceanográficas para el período AMJ, tomando como indicadores al ICEN y el ITCP. Para cada indicador, se estimó las probabilidades en cada mes (abril a julio), y finalmente se estimó el valor promedio de estas probabilidades para todo el período. Los resultados indicaron que para el caso del ICEN (Tabla IV.3) la proyección de las condiciones oceanográficas durante el periodo AMJJ son condiciones Neutras con un 74 % de probabilidad, mientras que, para el ITCP (Tabla IV.4) la mayor probabilidad, también son condiciones neutras con 69 % de probabilidad, seguida por la probabilidad de condiciones frías con 27 %, con una tendencia al incremento de la probabilidad de las condiciones frías para el mes de julio.

## 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.
- 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 America, 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. Queffeuilou, 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. Oceanogr. 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. Guia 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 microfitoplancton, mesozooplancton, ictioplancton y macrozoobentos 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. Sedentary and archannelid 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 Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. 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.
- 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. peru. 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° 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. Dominguez, 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. Squeama-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.avisoft.com/altimetry/fr/fileadmin/user\\_upload/tx\\_ausycslseminar/files/GEO\\_03\\_Pres\\_OSTST2016\\_MSS\\_CNES\\_CLS2015\\_V1\\_16h55.pdf](http://meetings.avisoft.com/altimetry/fr/fileadmin/user_upload/tx_ausycslseminar/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) *Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich 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, trend 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 Perú, 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., Reinfeld, 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 magellanicus*). São Paulo Brasil. Centro de Pesquisa e Conservação de aves silvestres. 62 p.
- Vazzoler A E. 1982. Manual y métodos para estudios biológicos de poblaciones 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 (GHRSSST) Multi-scale Ultra-high Resolution (MUR) Level 4 OSTIA Global Foundation Sea Surface Temperature Analysis (GDS version 2). Ver. 2.0 data were obtained from the NASA EOSDIS Physical Oceanography Distributed Active Archive Center (PO.DAAC) at the Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, CA (<http://dx.doi.org/10.5067/GHGMR-4FJ01>).

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

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

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

## VII. TABLAS

Tabla IV.1. Valores promedio mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y las anomalías térmicas (°C) para los meses de noviembre de 2019 a marzo de 2020 en los laboratorios costeros de IMARPE. El promedio de marzo 2020, solo contempla observaciones hasta el 16 de marzo.

Muelle costero	Lat, °S	TSM, °C					ATSM, °C				
		2019		2020			2019		2020		
		NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
Tumbes	3,66	26,4	26,8	27,8	29,1	29,5	0,3	0,0	0,4	1,1	1,6
Paíta	5,01	19,6	20,3	20,9	22,9	23,8	1,6	1,5	0,3	-0,2	0,95
San José	6,77	18,9	21,3	21,4	21,5	22,7	-0,6	1,1	0,6	-1,1	0,30
Chicama	7,84	17,1	19,3	19,4	19,1	18,8	0,9	2,5	2,0	0,3	-0,3
Huanchaco	8,08	17,1	19,2	19,6	19,1	19,0	0,9	2,4	2,2	0,3	-0,1
Chimbote	9,09	19,5	21,7	22,2	22,7	22,8	0,0	1,2	0,9	0,5	0,5
Huacho	11,11	15,6	16,9	17,8	18,0	18,3	-0,2	0,4	0,5	0,2	0,2
Callao	12,06	15,0	16,0	16,8	17,7	17,7	-0,1	0,2	0,5	0,7	0,1
Pisco	13,71	19,9	21,2	21,0	23,3	23,7	-0,2	-0,4	-1,7	0,2	0,6
Atico	16,21	16,0	17,0	17,4							
Matarani	17,02	15,1	16,3	16,9							
Ilo	17,63	16,0	16,4	17,7	17,3	17,3	0,1	-0,3	0,5	0,1	0,3

Tabla IV.2. Especies de aguas cálidas cuyo límite sur de su distribución típica varió en las costas de Perú durante el mes de marzo 2020.

Especie	Área registrada	Captura (kg)	Distribución típica	Observaciones
ANCHOVIA <i>Anchovia macrolepidota</i>	Lambayeque	6	Zorritos, Tumbes	Ocasionalmente hasta Chimbote
BERECHE <i>Larimus effulgens</i>	Lambayeque	15	Puerto Pizarro, Tumbes	
LANGOSTINO BLANCO <i>Penaeus vannamei</i>	La Libertad	S/R	Tumbes	
CHIRI LOMO NEGRO <i>Peprilus snyderi</i>	Lima	15	Norte de Perú	
BONITO <i>Sarda chiliensis chiliensis</i>	La Libertad	>95000	Perú y Chile	Se encontró más disponible cerca a la costa (5-23 m.n.)

S/R: sin registro  
LT: longitud total

Tabla IV.3. Cuadro resumen de las probabilidades de las categorías del ICEN para el período abril a julio 2020. Las condiciones observadas y su categoría correspondiente (neutro) desde enero hasta marzo se incluyen como referencia. Los valores presentados corresponden al promedio de las estimaciones expertas de 04 investigadores de la DGIOCC.

		Observado			Proyectado				
ICEN (Niño 1 +2)		Enero	Febrero*	Marzo *	Abril	Mayo	Junio	Julio	Promedio AMJ
Valor del índice		-0.21	0.30	0.40	X	X	X	X	X
Probabilidades									
>+1,7 C	cálido fuerte y muy fuerte	X	X	X	0	0	0	0	0.0
>+1,0 C	cálido moderado	X	X	X	0.3	0.0	0.8	0.3	0.3
>+0,4 C	cálido débil	X	X	X	10.5	5.1	5.3	4.8	6.4
	neutro	OK	OK	OK	80.0	77.0	72.3	68.5	74.4
<-1,0 C	frío débil	X	X	X	8.5	15.8	18.5	22.3	16.3
<-1,2 C	frío moderado	X	X	X	0.8	2.0	3.0	4.0	2.4
<-1,4C	frío muy fuerte	X	X	X	0.0	0.0	0.3	0.3	0.1
					100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

\* basado en datos de OI. Para enero, promedios de productos IRSST (v3, v5) y OI.

Tabla IV.4. Cuadro resumen de las probabilidades de las categorías del ITCP para el período abril a julio 2020. Las condiciones observadas y su categoría correspondiente (neutro) desde enero hasta marzo se incluyen como referencia. Los valores presentados corresponden al promedio de las estimaciones expertas de 04 investigadores de la DGIOCC.

		Observado			Proyectado				
ITCP		Enero	Febrero	Marzo *	Abril	Mayo	Junio	Julio	Promedio AMJ
Valor del índice		-0.2	-0.3	-0.30	X	X	X	X	X
Probabilidades									
>+0,4	cálido	X	X	X	4.8	2.0	4.3	3.0	3.5
	neutro	OK	OK	OK	77.5	73.5	66.0	59.3	69.1
<-0,6	frío	X	X	X	17.8	24.5	29.8	37.8	27.4
					100	100	100	100	100

\* Valor estimado temporal, considerando observaciones in situ de marzo.

## VIII. FIGURAS

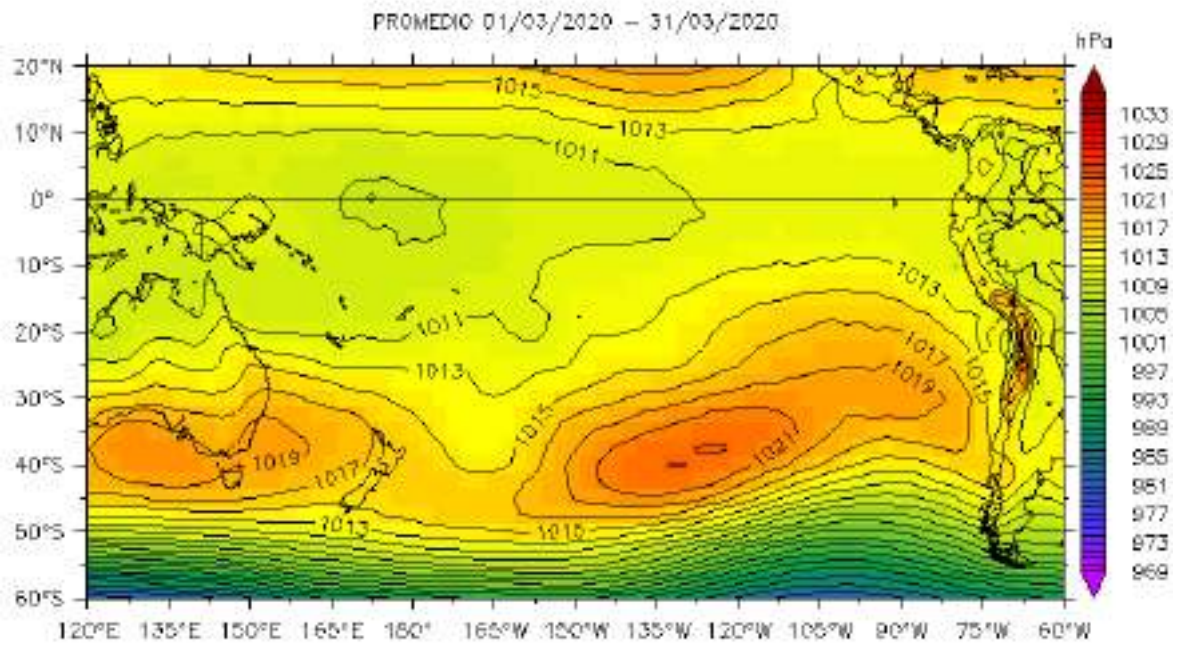
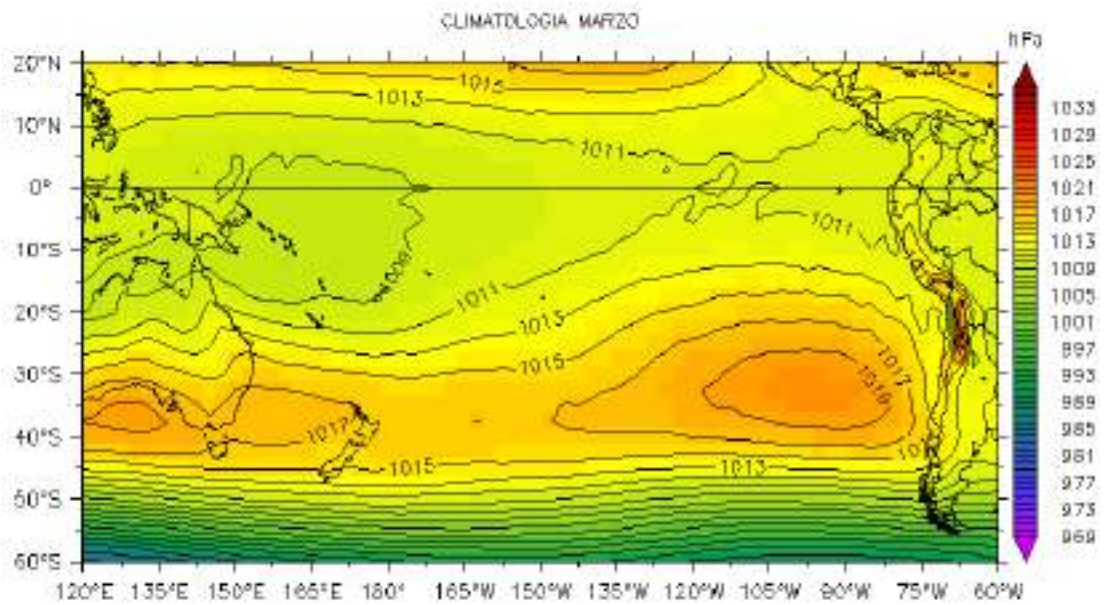


Figura 1. Presión atmosférica a nivel del mar en hPa, promedio del 01 al 31 marzo 2020, Fuente: NCEP-NOAA. Procesamiento: LMOECC-IMARPE.

(a)



(b)

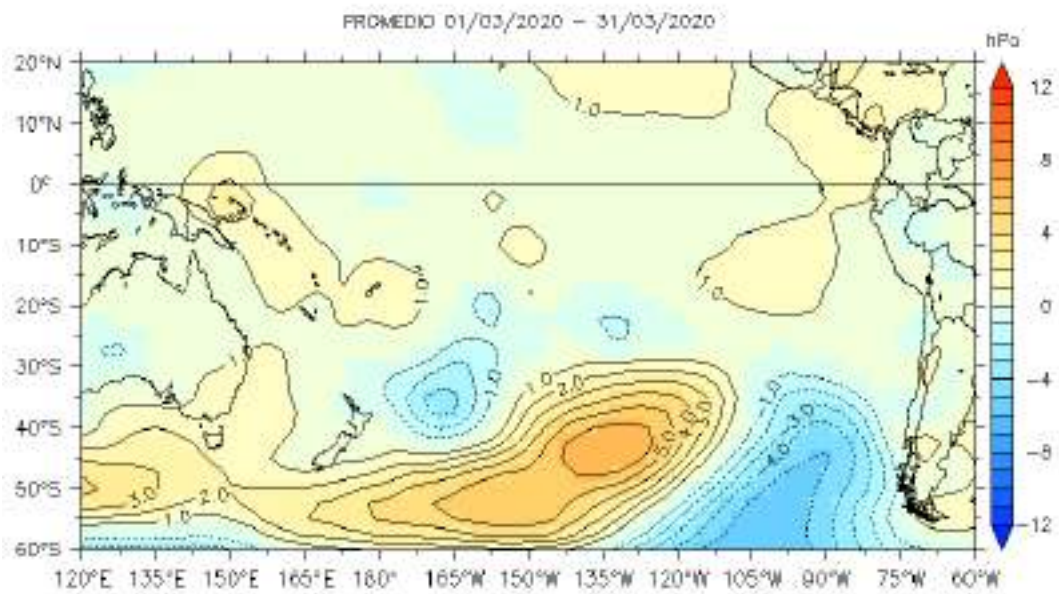


Figura 2. Presión atmosférica a nivel del mar en hPa, climatología (a) y anomalías promedio (b) de marzo 2020. Fuente: NCEP-NOAA. Procesamiento: LMOECC-IMARPE.

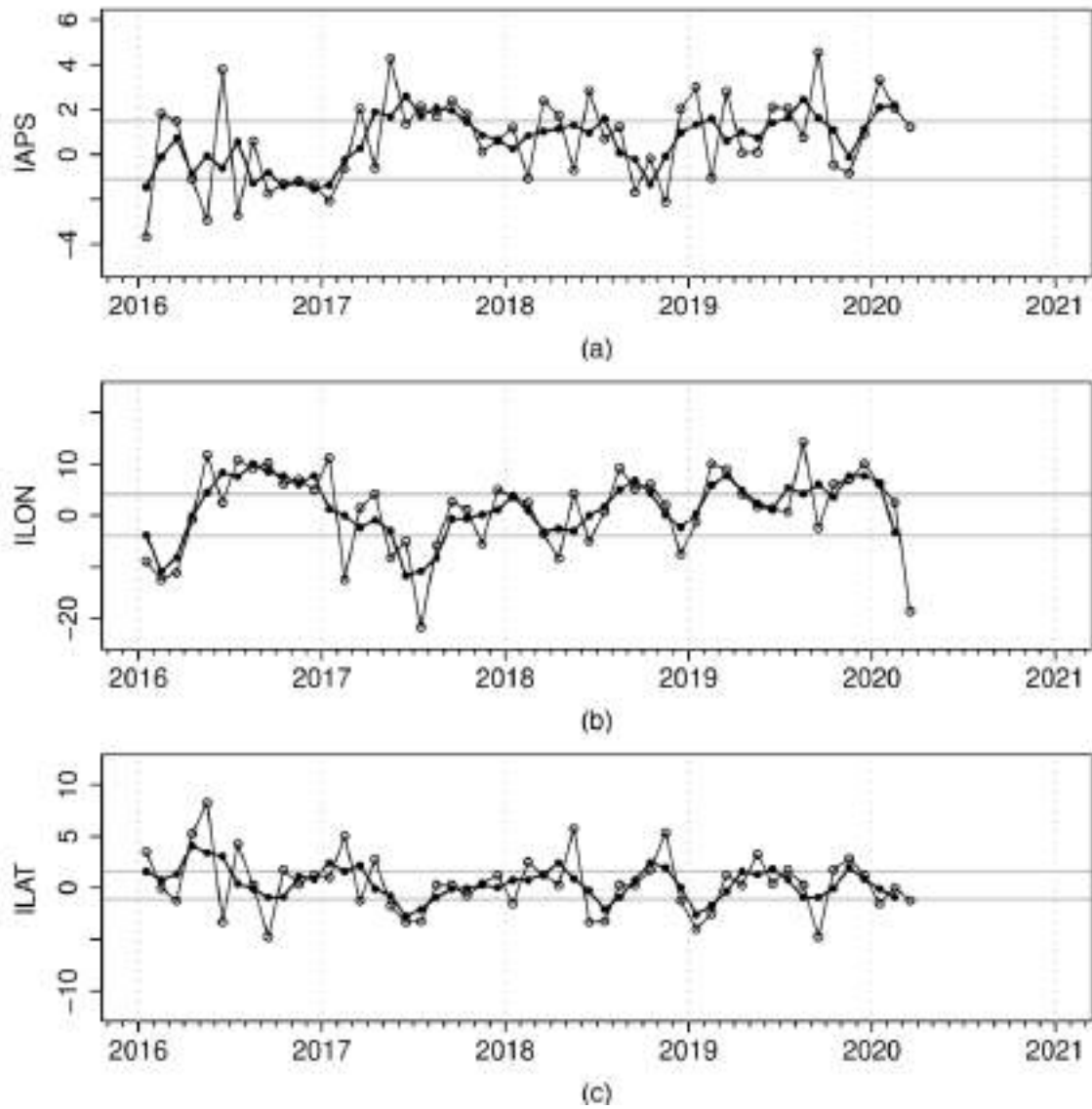


Figura 3. Variación temporal de los índices del APS: a) índice de intensidad (IAPS) e índices de posición b) longitudinal (ILON) y c) latitudinal (ILAT) hasta el trimestre EFM 2020 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2016 – marzo 2020.

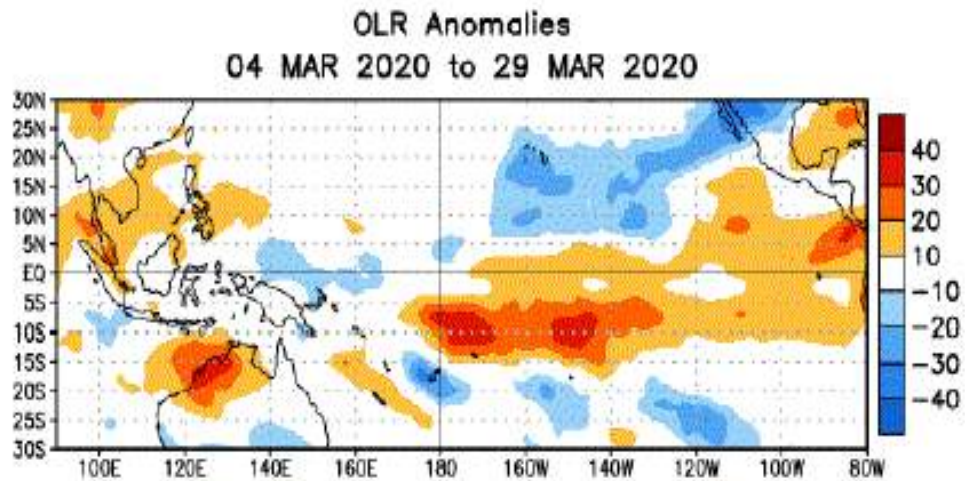


Figura 4. Anomalías del promedio de la radiación de onda larga emitida (OLR, por sus siglas en inglés) ( $W m^2$ ) durante el mes de marzo 2020. Las anomalías de OLR se calculan como desviaciones de los penta-promedios del período base de 1981-2010. Fuente: NOAA.

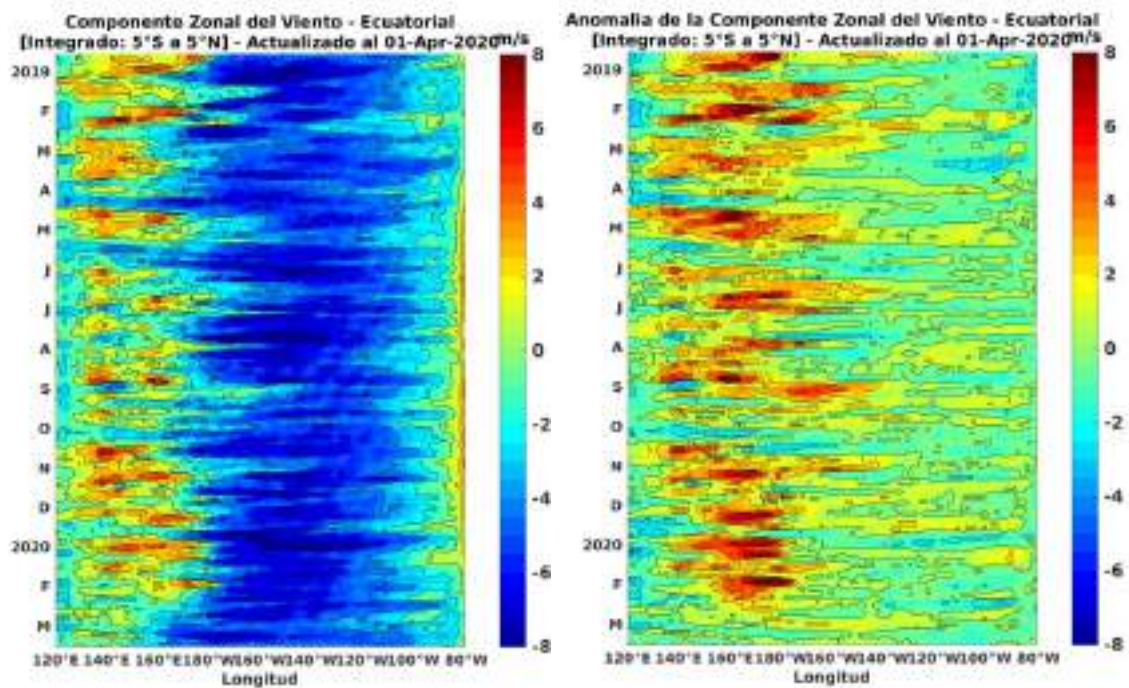


Figura 5. Viento satelital (integrado en el Ecuador): a) Componente zonal del viento ( $m s^{-1}$ ) y b) Anomalía de la componente zonal del viento ( $m s^{-1}$ ), de enero 2019 a marzo 2020 (Fuente: Satélite ASCAT y modelo GSF, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 01/04/2020.



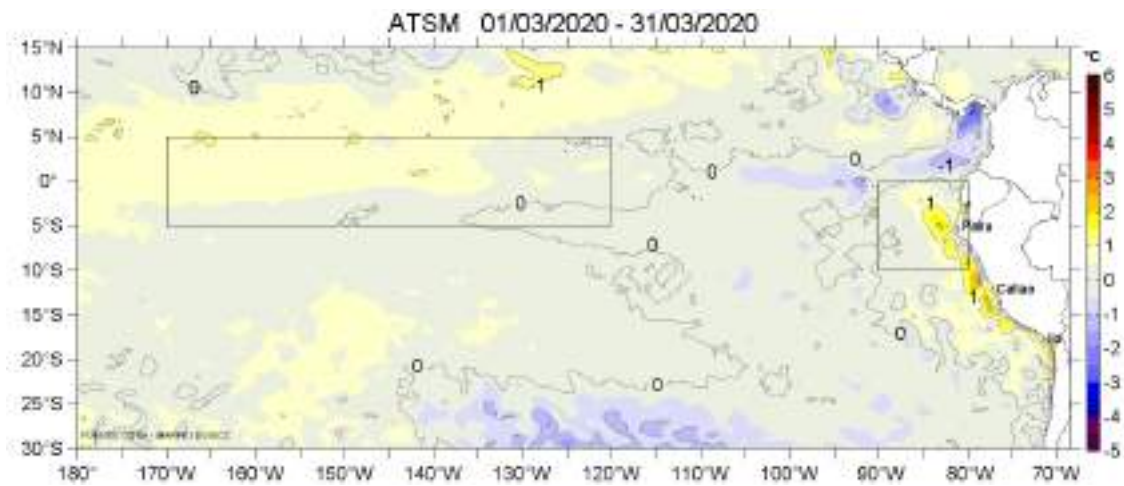


Figura 6. Anomalías promedio de la TSM (°C) para el mes de marzo 2020. Periodo base de la climatología de 2007-2016. Fuente: PODAAC/OSTIA. Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

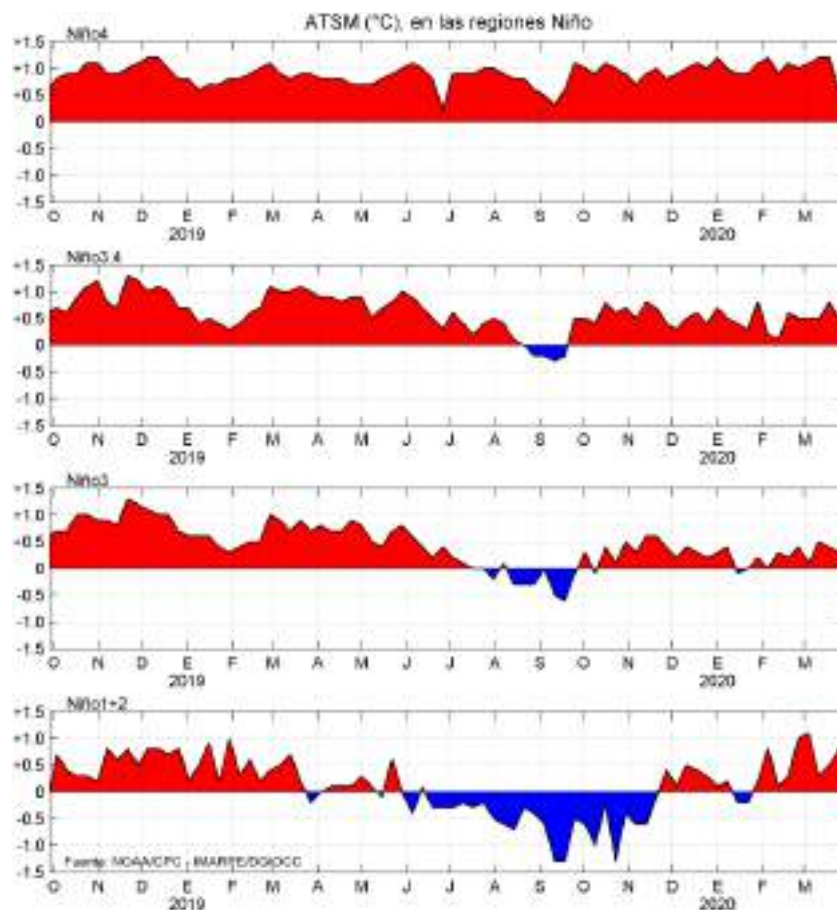


Figura 7. Anomalías semanales promedio de la TSM (°C) entre octubre 2018 a marzo 2020. Fuente CPC/NOAA, Procesamiento: AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

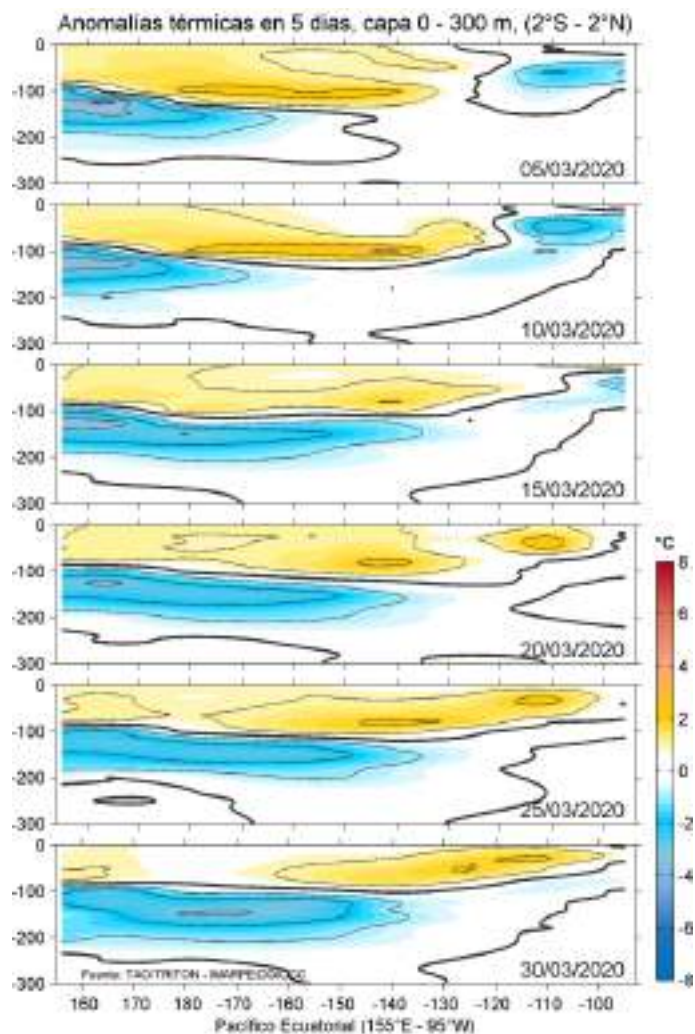


Figura 8. Anomalías de temperatura (°C) en la capa superior (0-300 m) del Pacífico ecuatorial (2 °S – 2 °N), en promedios de cinco días durante marzo de 2020 (las fechas indican el último día). Periodo base de la climatología 1981-2010. Fuente CPC/NOAA, Procesamiento: AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

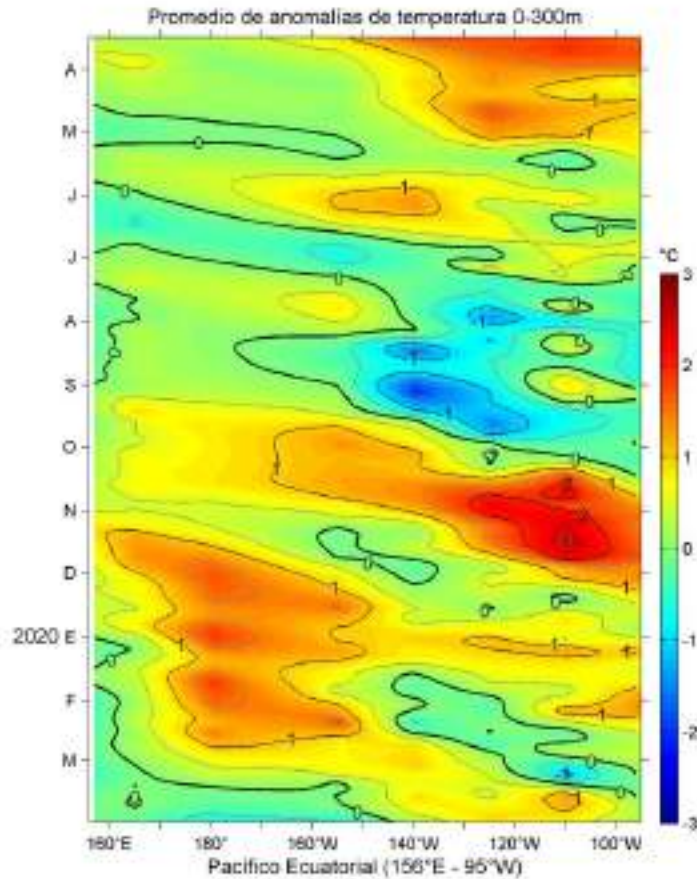


Figura 9. Evolución de las anomalías del contenido de calor promedio en la capa de 0-300 m en el Pacífico Ecuatorial (156 °E a 95 °W), entre abril 2019 hasta fines de marzo del 2020. Fuente: TAO-TRITON/PMEL/NOAA. Procesamiento: AFIOF/DGIOCC/IMARPE.



Figura 10. 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 la climatología 1981-2010. Fuente TAO-TRITON/PMEL/NOAA, Procesamiento: AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

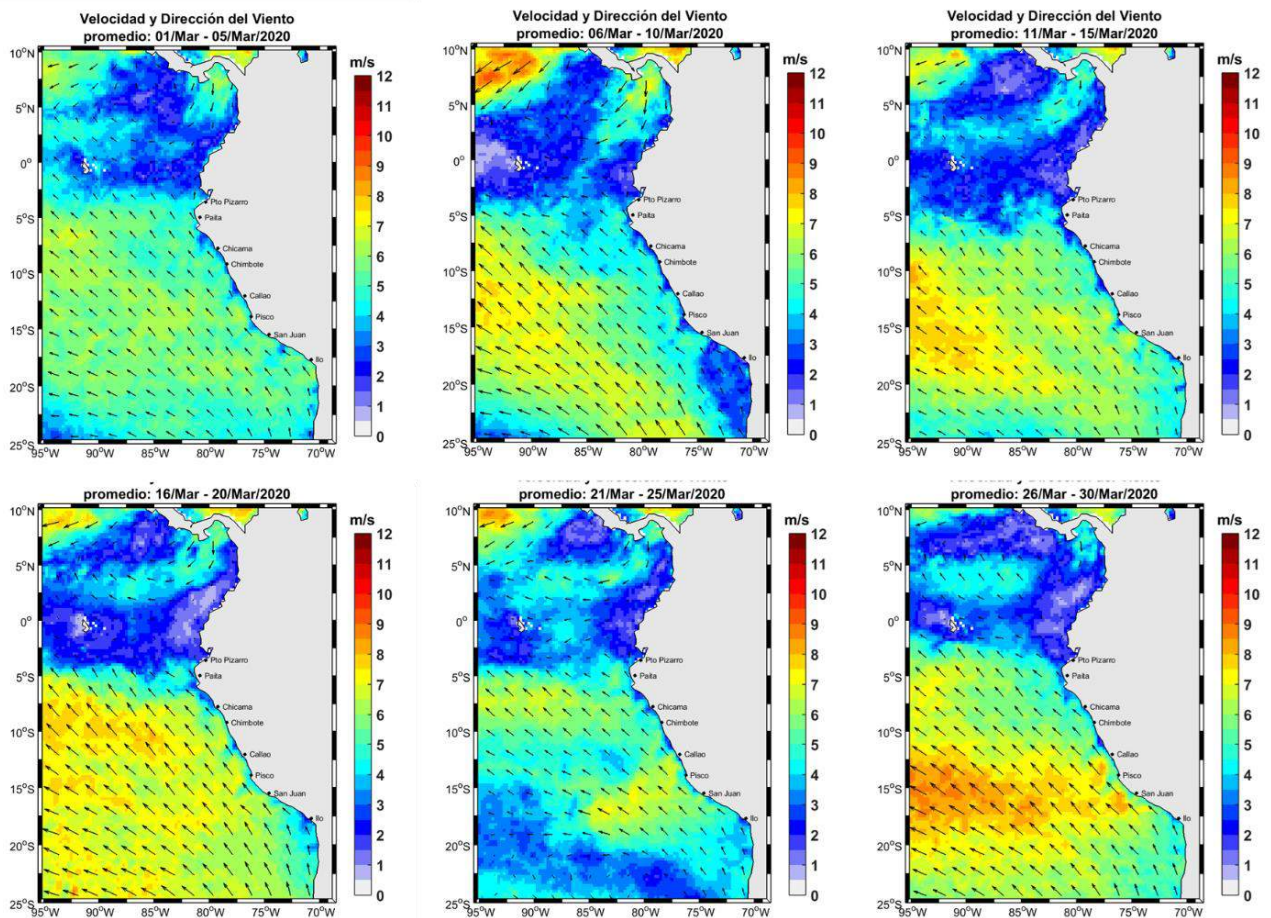


Figura 11. Mapas promedio cada 5 días de la velocidad del viento satelital (frente a la costa entre el norte de Panamá y la costa Peruana): Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio Costero de Santa Rosa/Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.

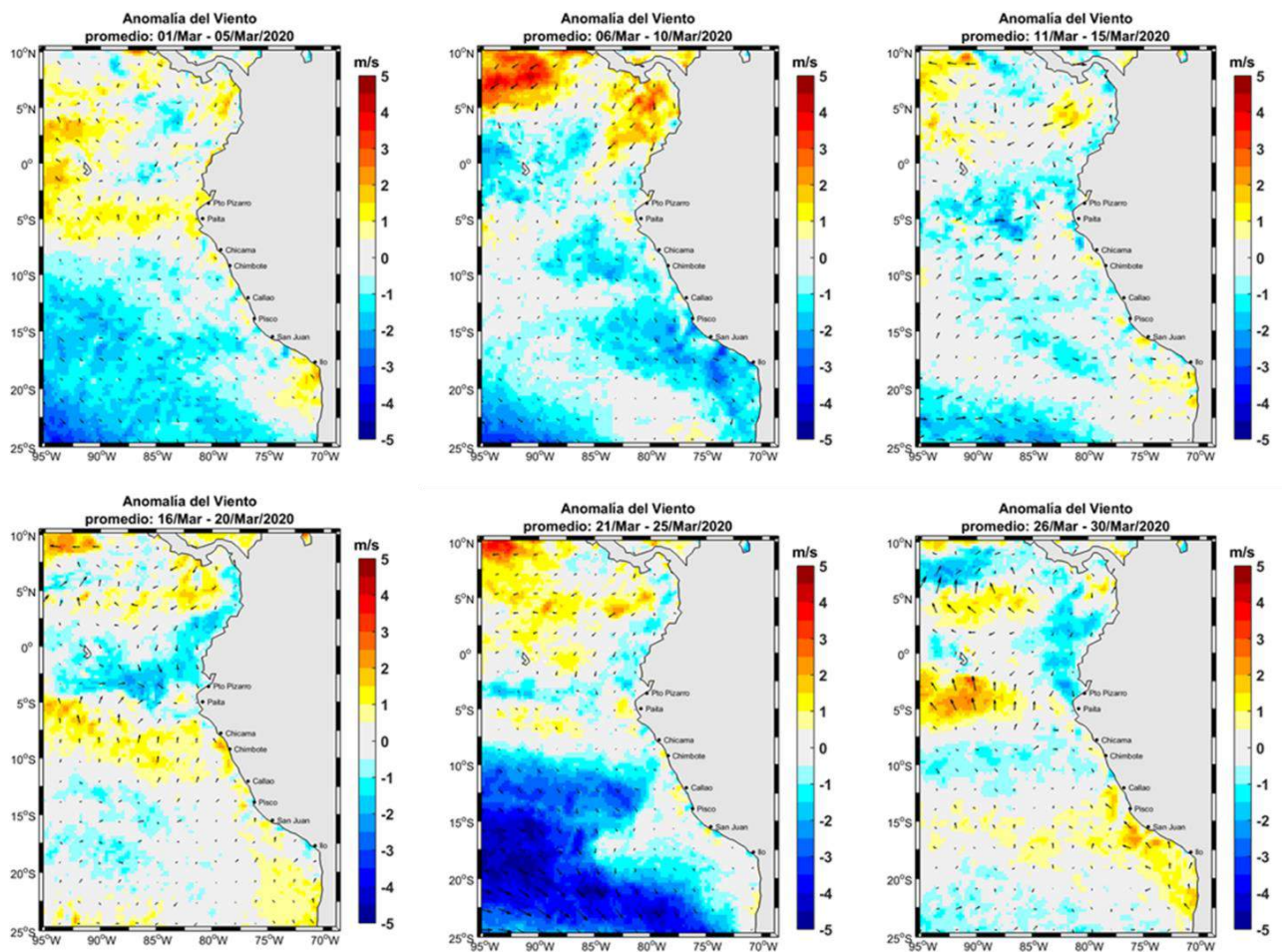


Figura 12. Mapas de anomalía de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de marzo del 2020 (Fuente: Satélite ASCAT), Procesamiento: Laboratorio de Hidrofísica Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/03/2020.

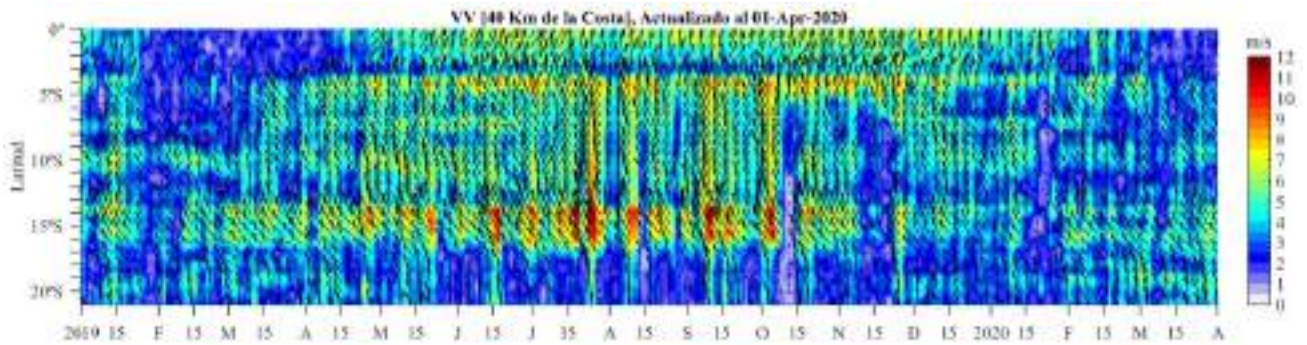


Figura 13. Diagrama Hovmöller de la velocidad del viento a lo largo de la costa peruana (Fuente: Satélite ASCAT y productos del proyecto COPERNICUS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 31/03/2020.

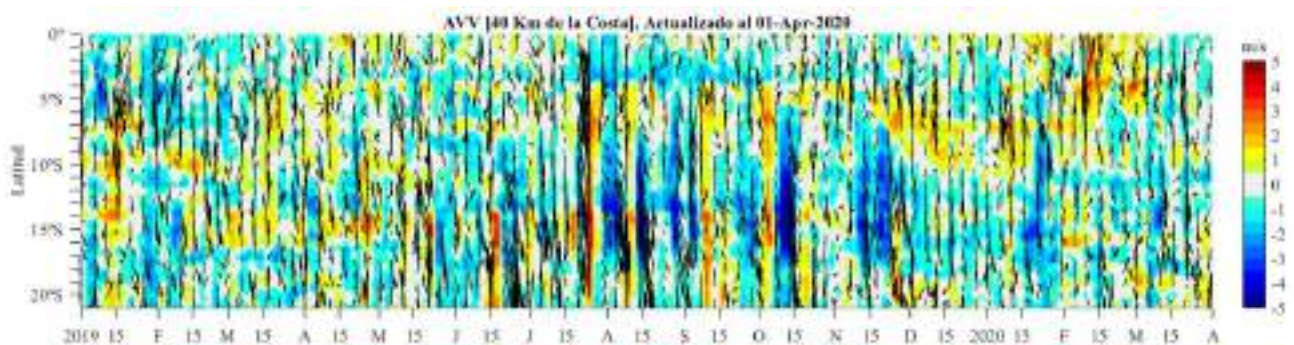


Figura 14. Diagrama Hovmöller de la anomalía del viento a lo largo de la costa peruana meses (Fuente: Satélite ASCAT y productos del producto COPERNICUS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 31/03/2020.

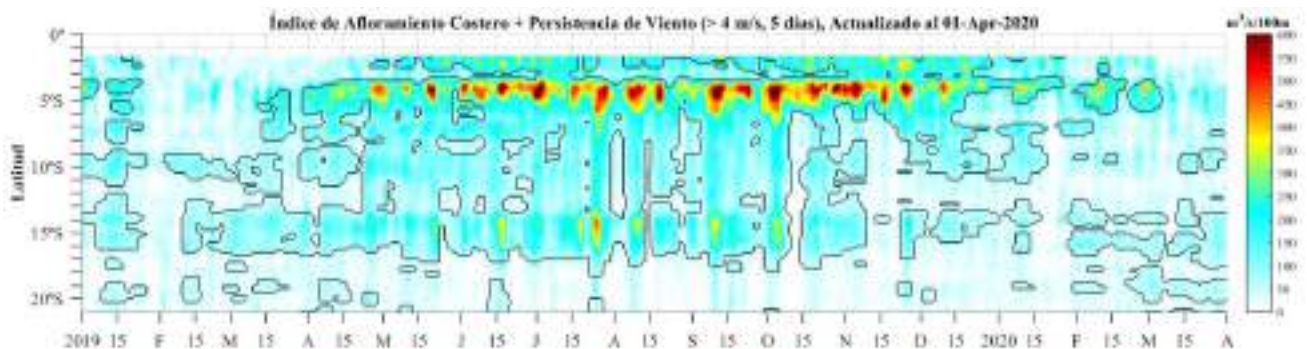


Figura 15. Diagrama de Hovmöller del Índice de Afloramiento Costero ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100\text{m}$ ), calculado a partir del viento satelital ASCAT y productos del proyecto COPERNICUS a 40 km frente a la costa del Perú. Los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad  $> 4 \text{ m s}^{-1}$  durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 31/03/2020.

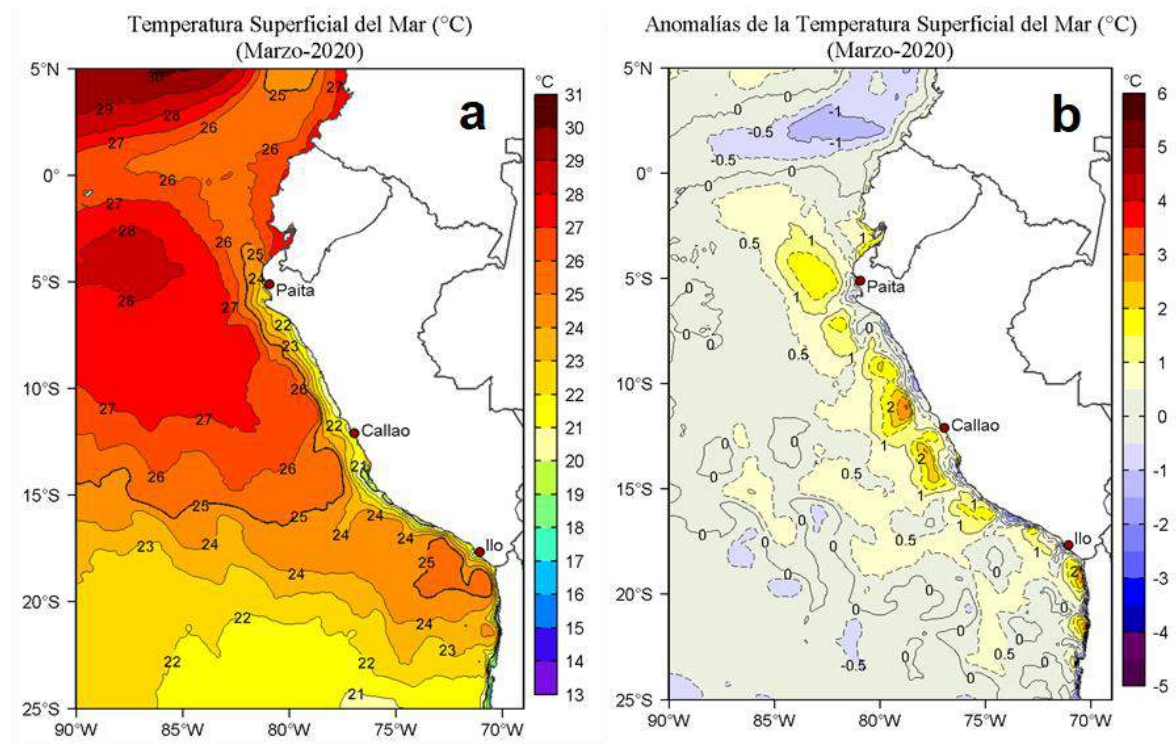


Figura 16. Distribución espacial promedio mensual de: a) TSM y b) ATSM ambos en °C, para el mes de marzo de 2020 en el océano Pacífico tropical oriental. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

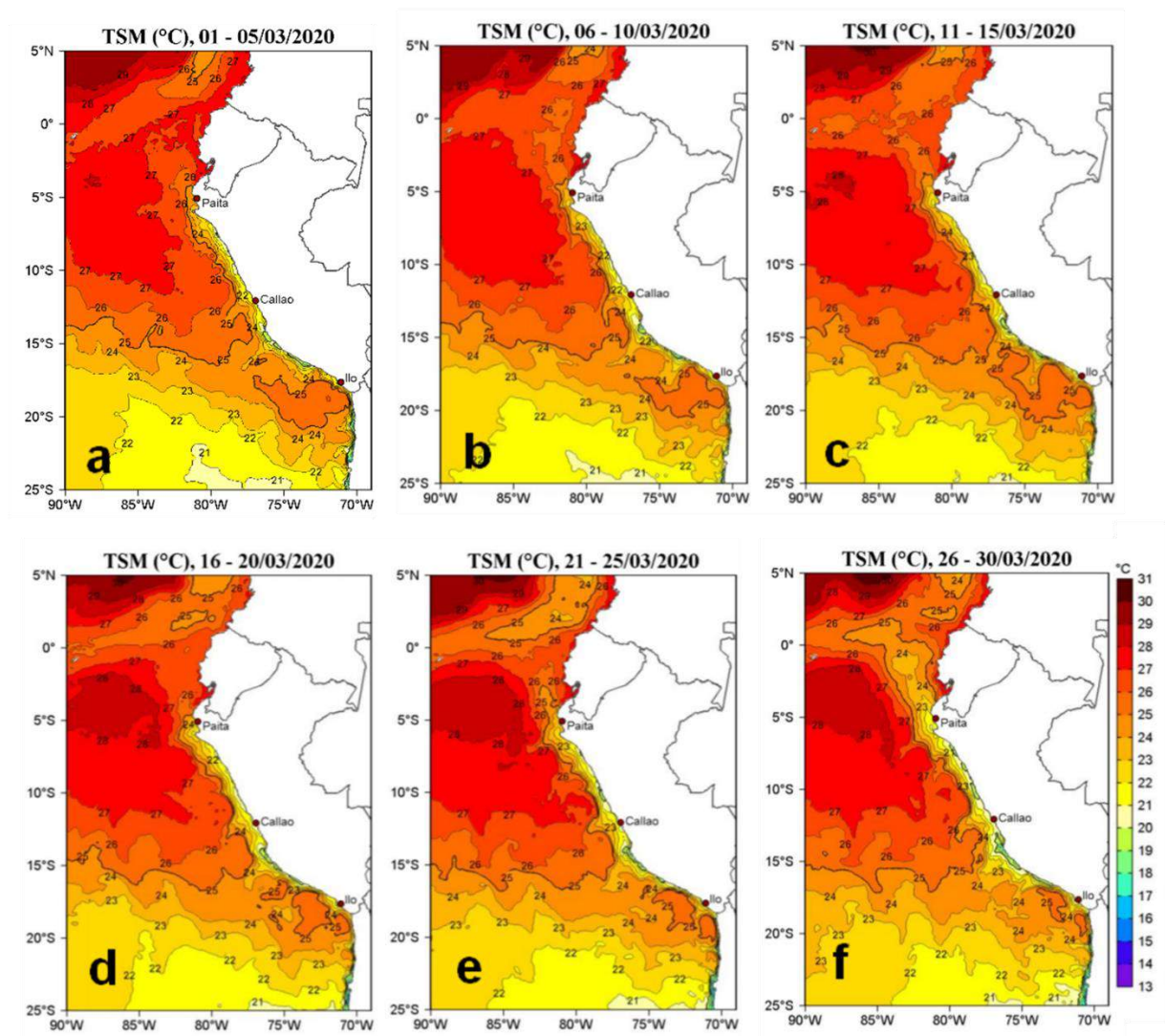


Figura 17. Distribución espacial promedio pentadal de la TSM (°C) para el mes de marzo de 2020 en el océano Pacífico tropical oriental. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.



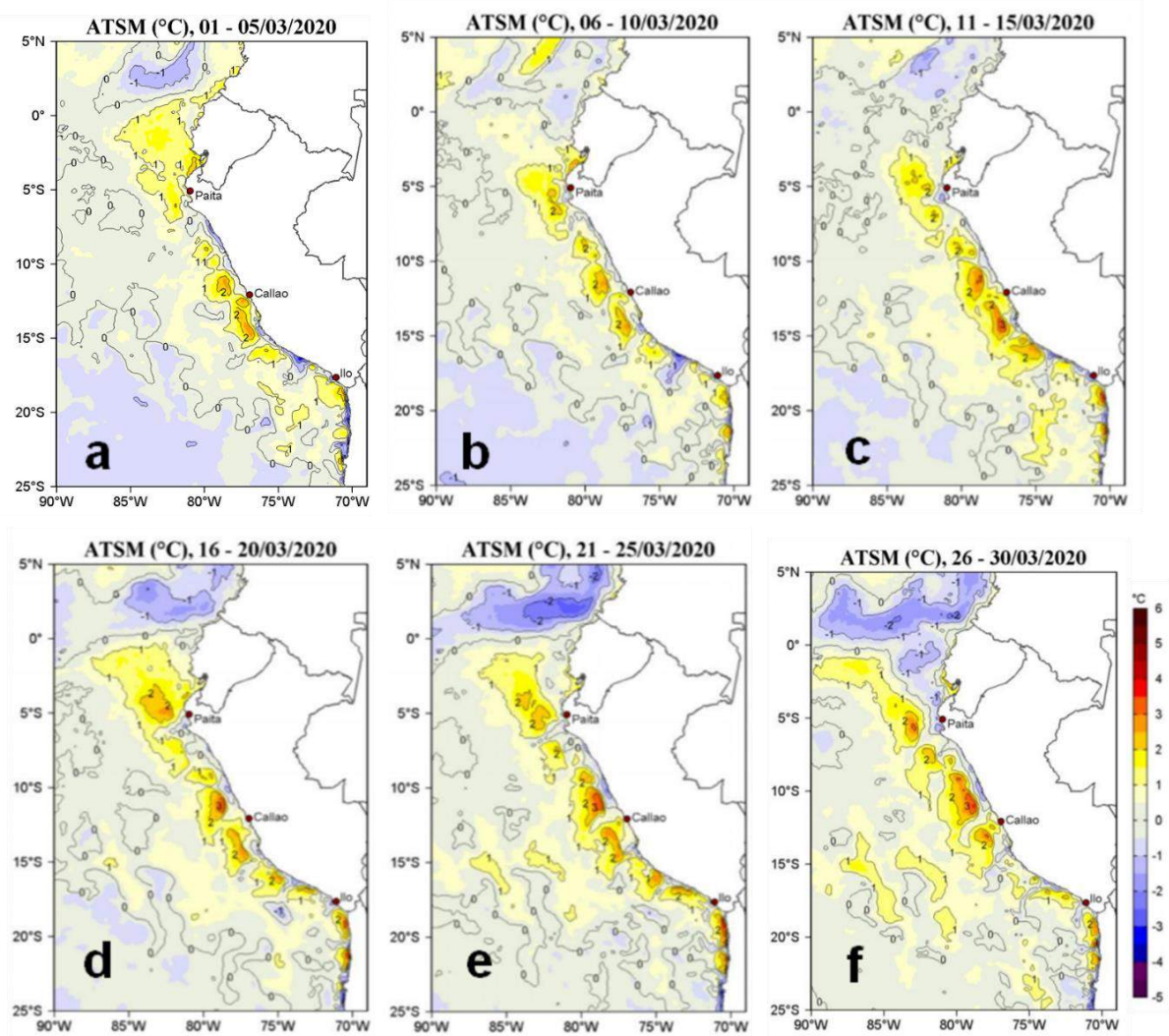
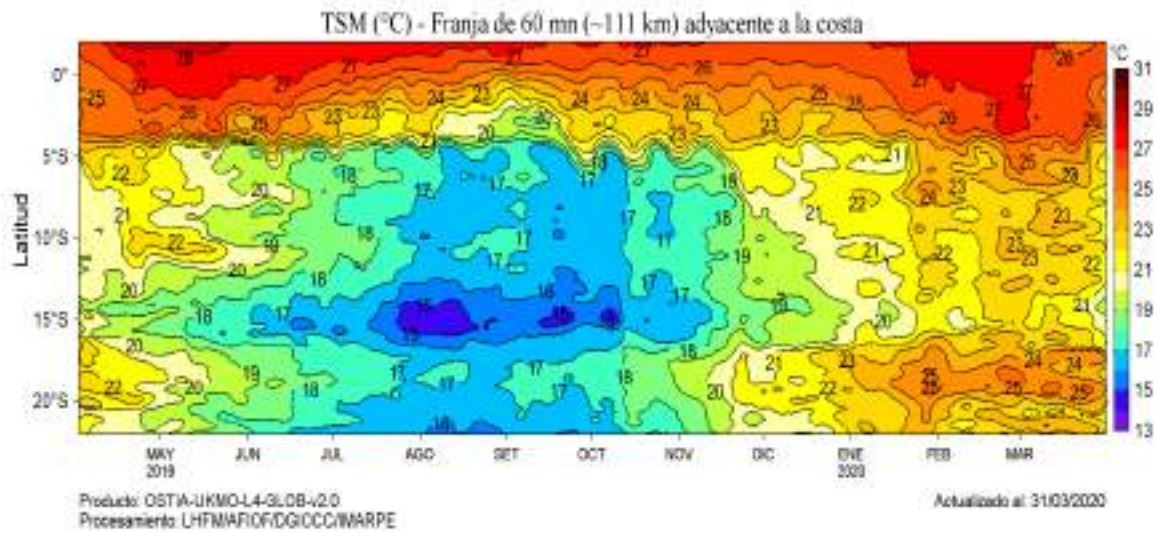


Figura 18. Distribución espacial promedio pentadal de ATSM (°C) para el mes de marzo de 2020 en el océano Pacífico tropical oriental. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

(a)



(b)

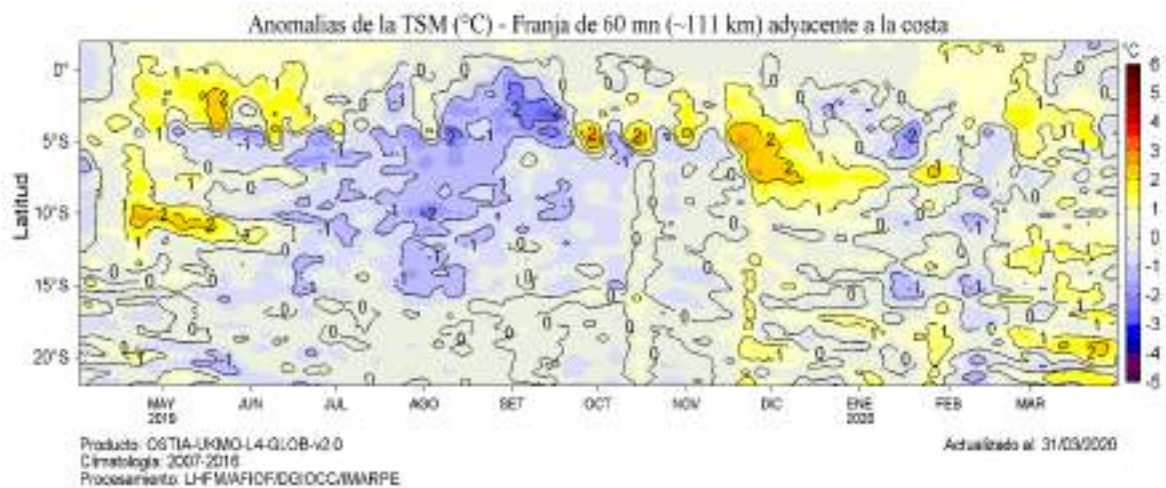


Figura 19. Evolución diaria de: a) TSM y b) ATSM, ambas en °C, de abril 2019 a marzo de 2020 para una franja de 111 km adyacente a la costa entre el ecuador geográfico y 22 °S. Los promedios climatológicos de referencia consideran los años del 2007 al 2016. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0. Procesamiento: LHFMAFIOF/DGIOCC /IMARPE.

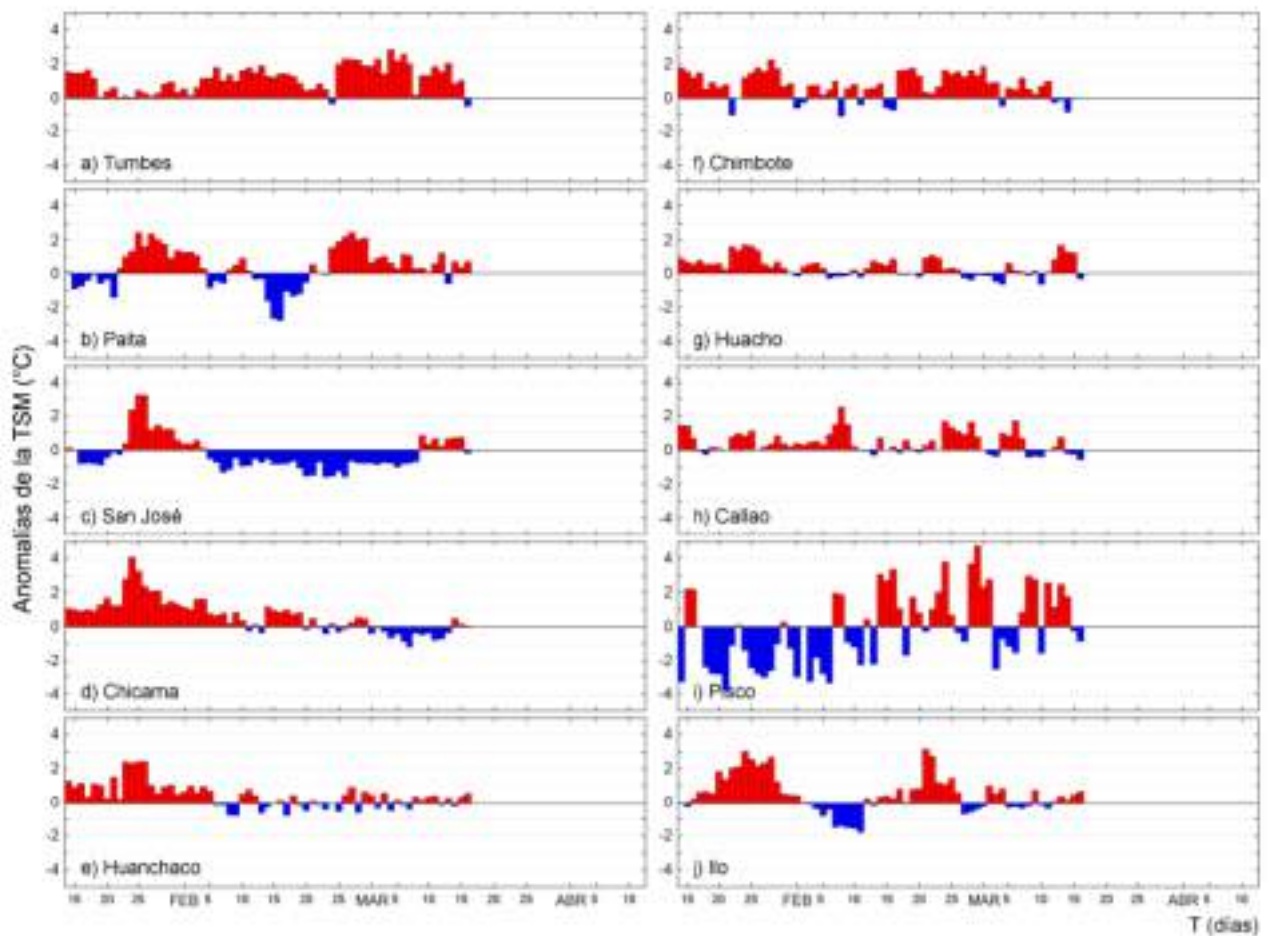
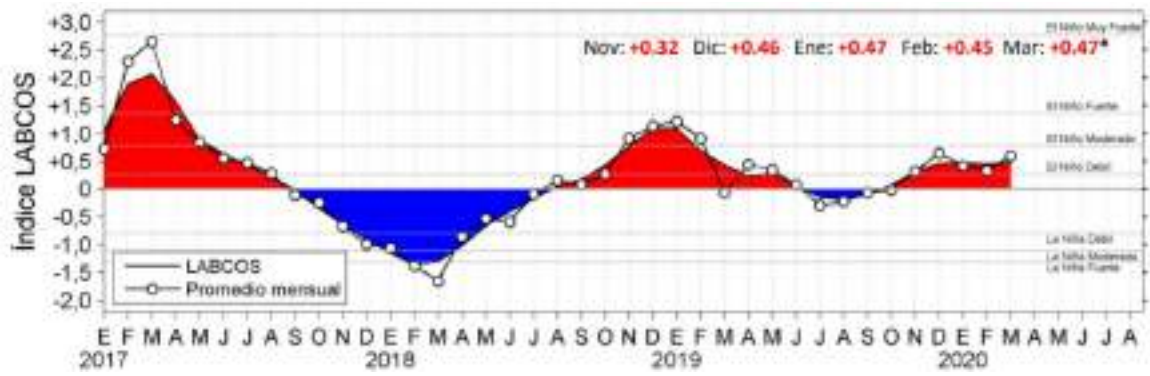


Figura 20. Series de tiempo del promedio diario de las ATSM ( $^{\circ}\text{C}$ ) en la red de muelles costeros que administra IMARPE en el litoral peruano de 15 de enero al 16 de marzo. Las anomalías se calcularon respecto del promedio climatológico pentadal. Datos y procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

(a)



(b)

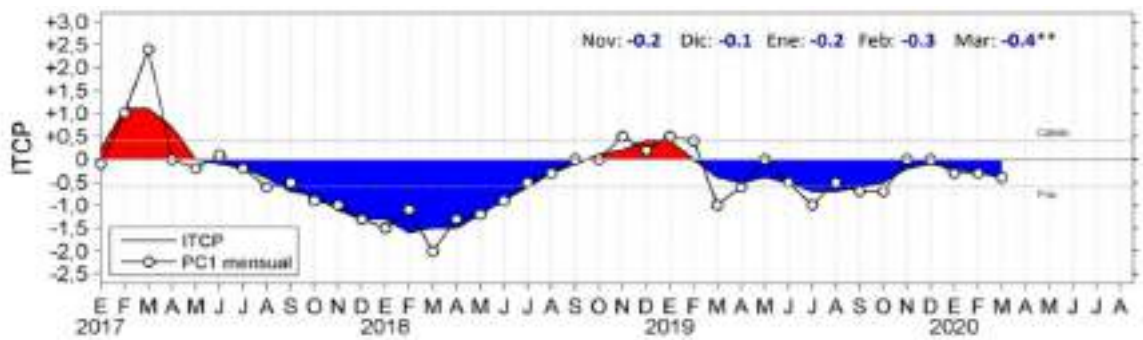


Figura 21. Serie de tiempo mensuales de los índices: a) LABCOS (área sombreada) y el promedio mensual de las anomalías de TSM (en círculos); b) Índice Térmico Costero Peruano (ITCP) y la primera componente principal (PC1).

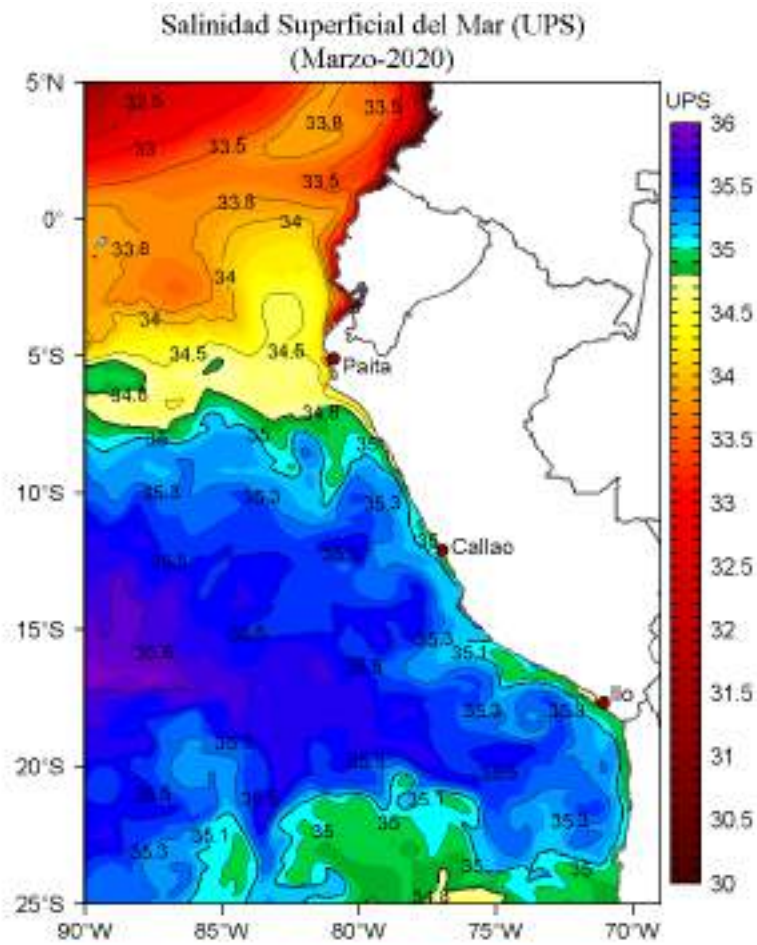


Figura 22. Distribución mensual de la SSM (ups) en el Pacífico sudeste durante el mes de marzo de 2020. Datos: GLOBAL\_ANALYSIS\_FORECAST\_PHY\_001\_024. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

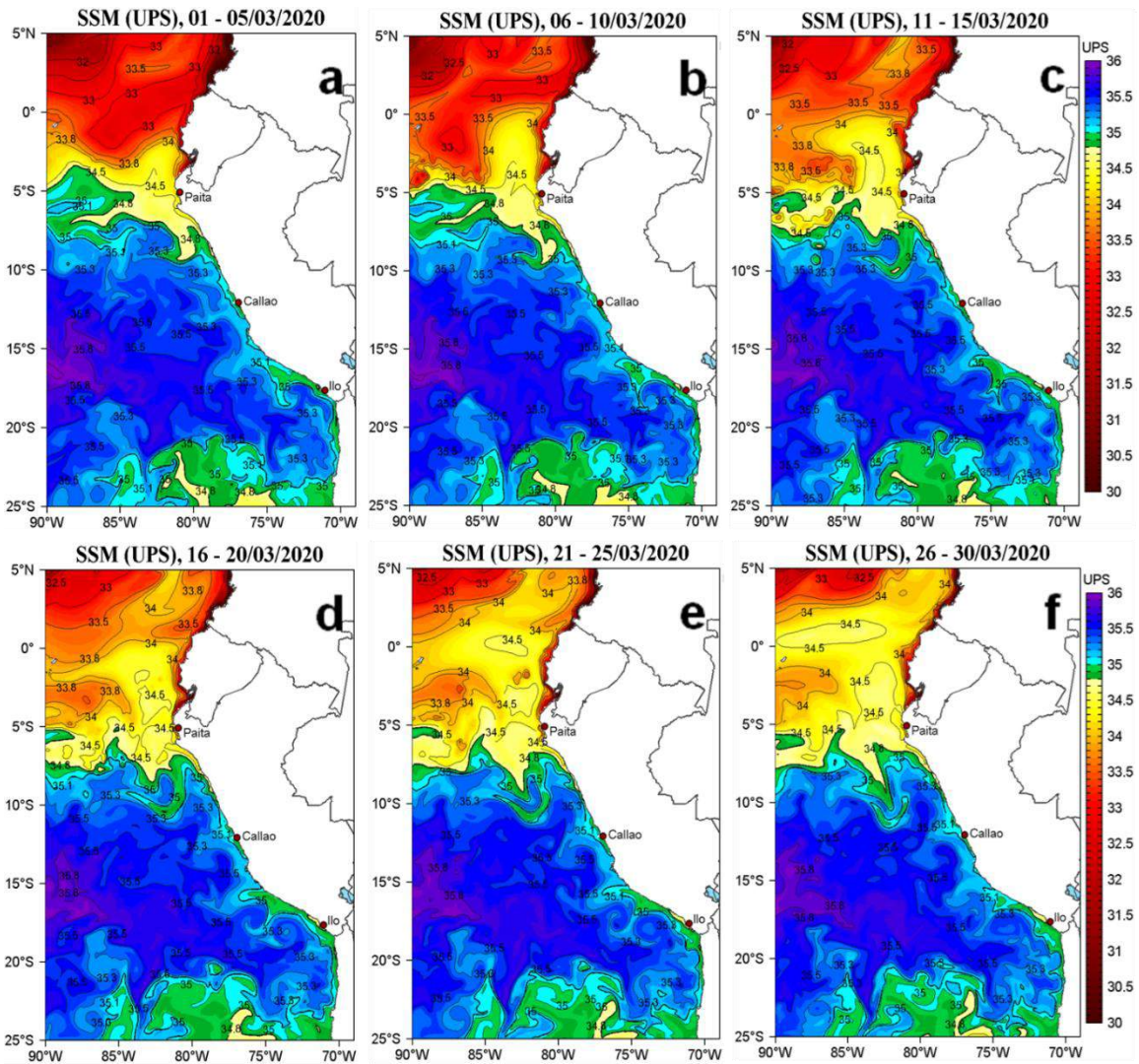


Figura 23. Distribución pentadal de la SSM (ups) en el Pacífico sudeste, durante el mes de marzo de 2020. Datos: GLOBAL\_ANALYSIS\_FORECAST\_PHY\_001\_024  
 Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

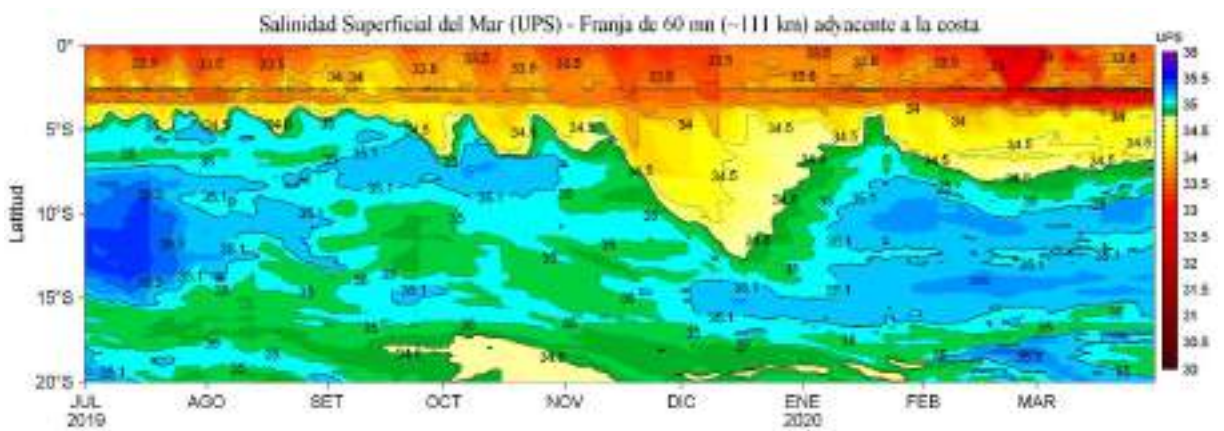


Figura 24. Evolución diaria de la Salinidad Superficial del Mar (SSM, ups) para la franja de 60 m.n. (~111 km) adyacente al litoral peruano de julio de 2019 a marzo de 2020. Datos: GLOBAL\_ANALYSIS\_FORECAST\_PHY\_001\_024. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

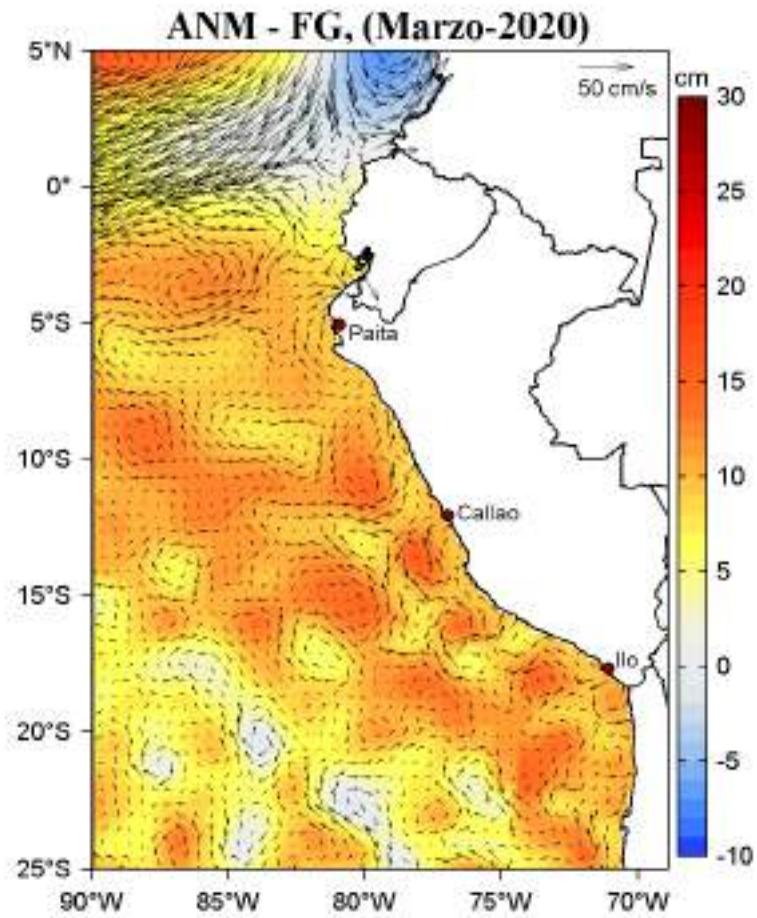


Figura 25. Distribución mensual de la ANM (cm) y los flujos geostróficos (FG,  $\text{cm s}^{-1}$ ) en el Pacífico sudeste en marzo de 2020. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

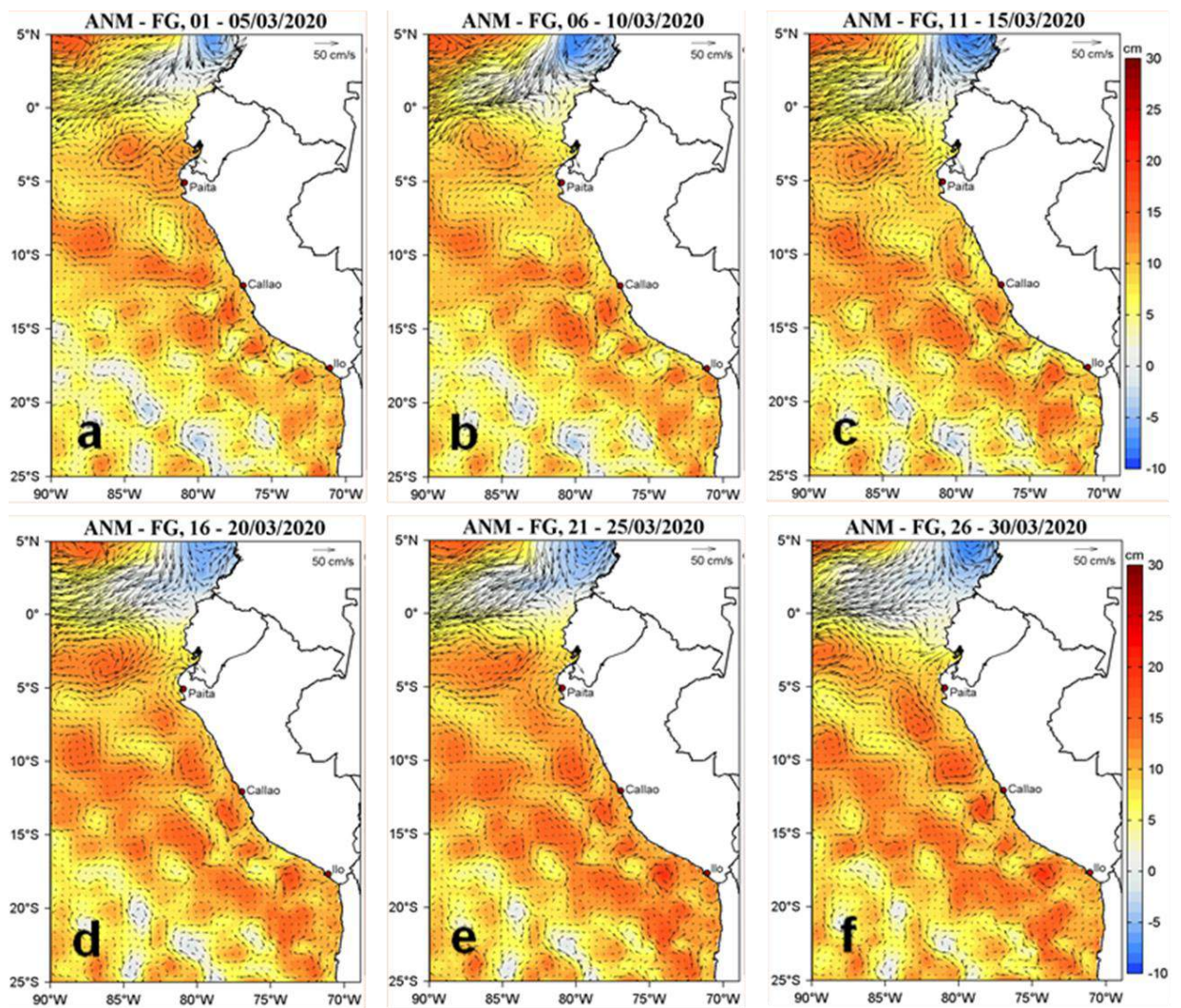


Figura 26. Distribución pentadal de la ANM (cm) y los flujos geostróficos (FG,  $\text{cm s}^{-1}$ ) en el Pacífico sureste durante el mes de marzo de 2020. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.



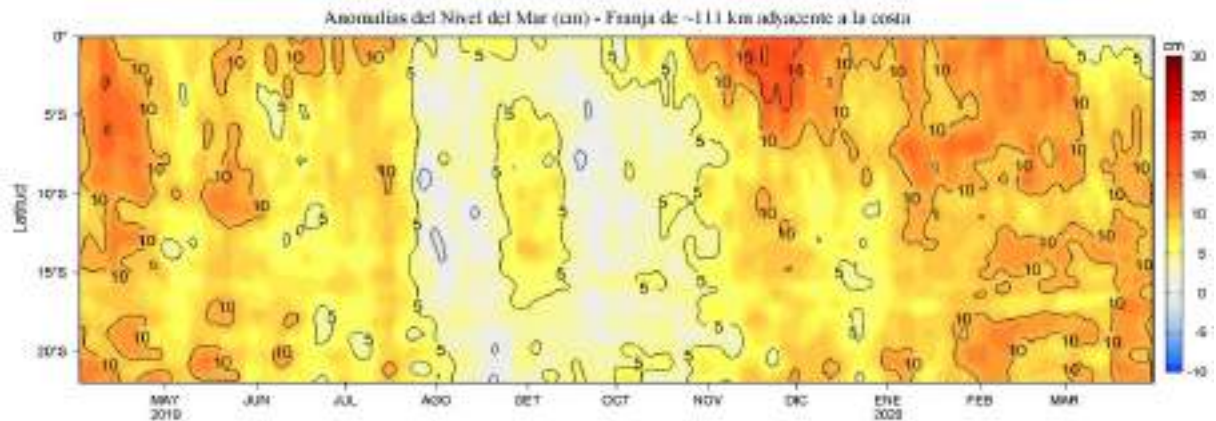


Figura 27. Evolución de las anomalías diarias del NMM (cm) calculadas dentro de una franja de 111 km adyacente a la costa entre el ecuador geográfico y 22°S, desde abril de 2019 a marzo de 2020. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.



Figura 28. Variación temporal de la ANM (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/IMAR

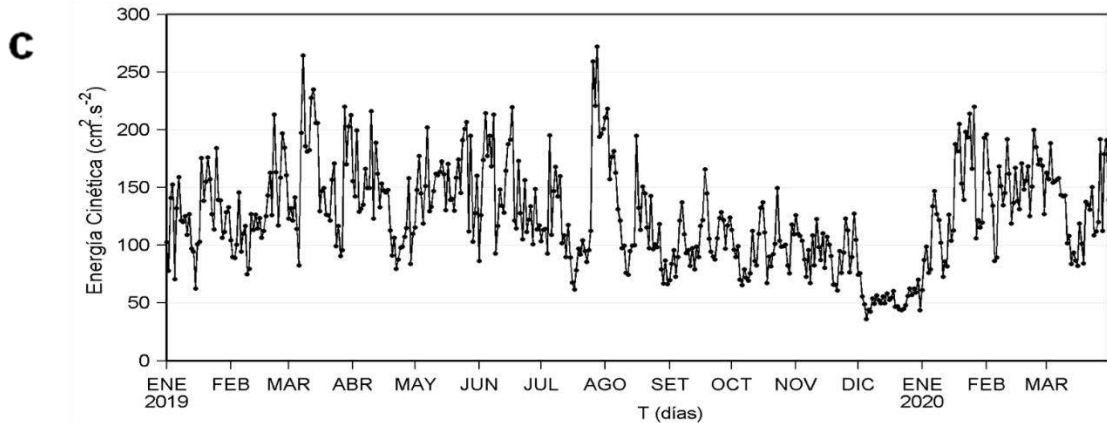
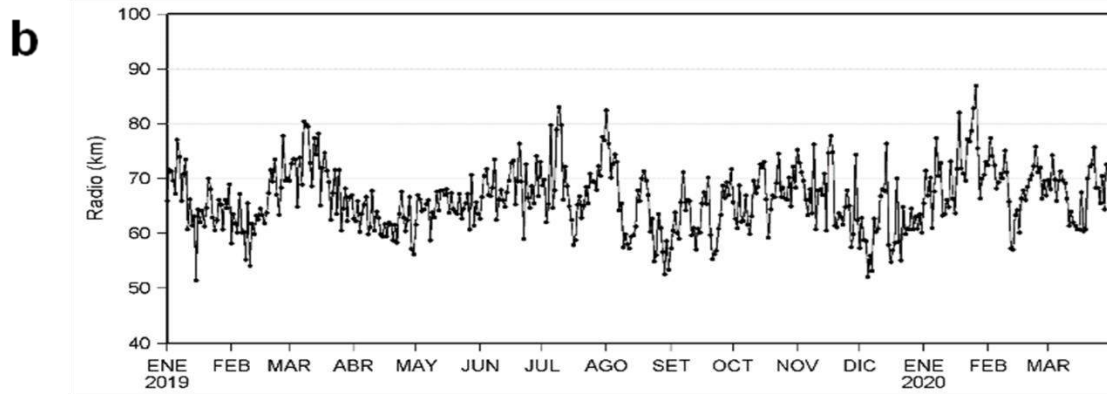
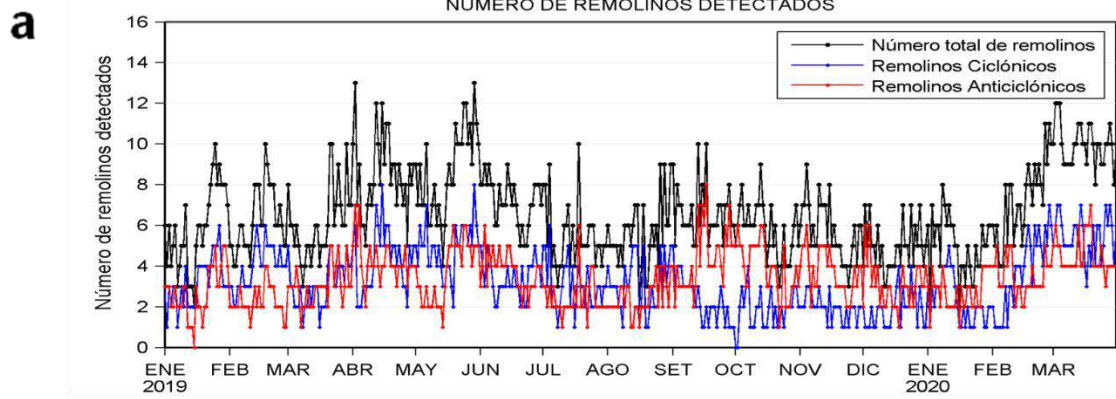


Figura 29. Variación diaria de: a) número de remolinos detectados, b) radio promedio (km) y c) la energía cinética promedio ( $\text{cm}^2 \text{s}^{-2}$ ) de los remolinos entre  $3^\circ \text{S}$  y  $18^\circ \text{S}$  y de  $70^\circ \text{W}$  a  $84^\circ \text{W}$  de enero de 2019 a marzo de 2020. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC.

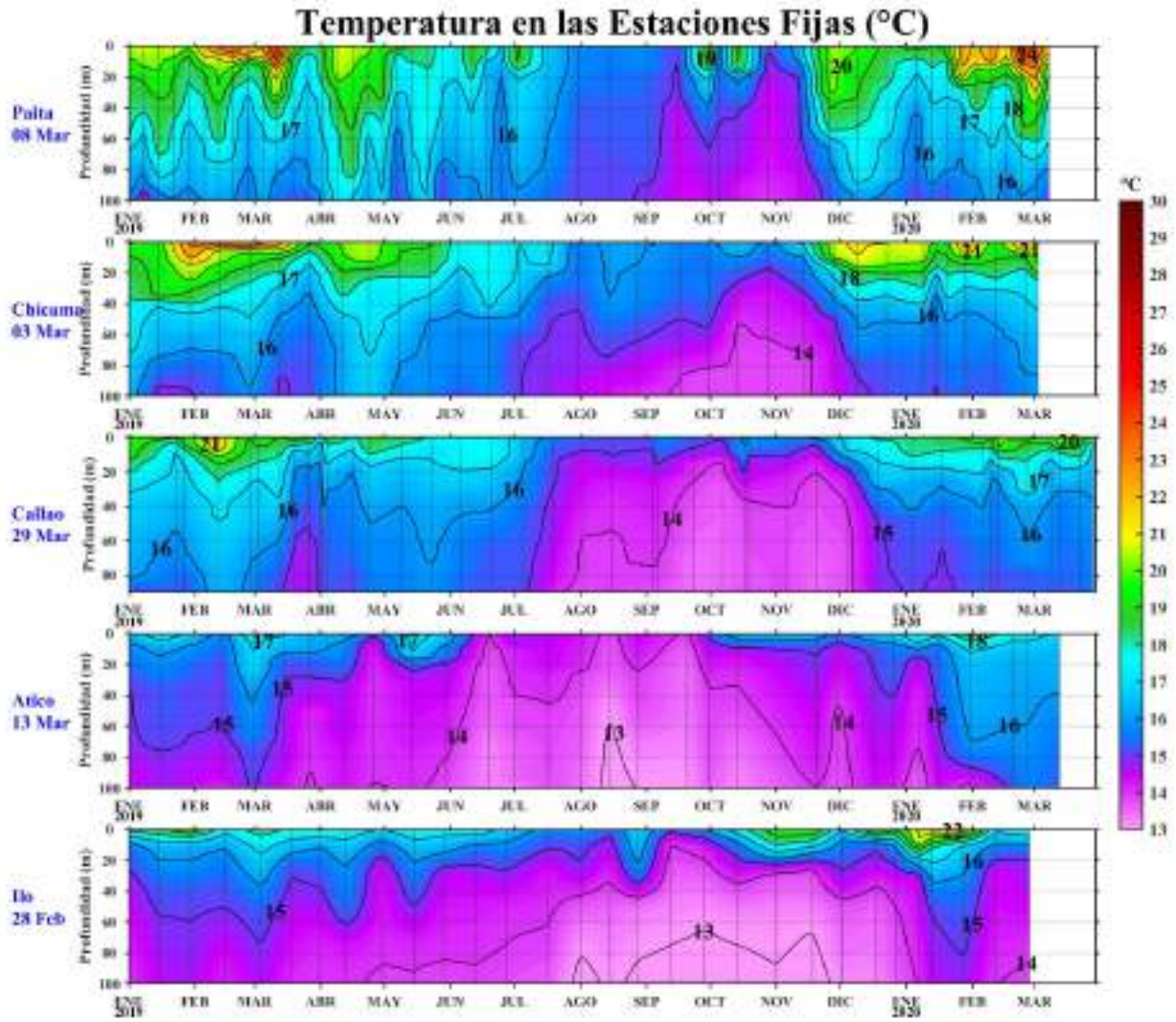


Figura 30. Evolución de la temperatura del agua de mar (°C) para las Estaciones Fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico y e) Ilo desde enero 2019 a febrero a marzo de 2020. Los puntos en la columna de agua indican los días en que se realizaron los monitoreos. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

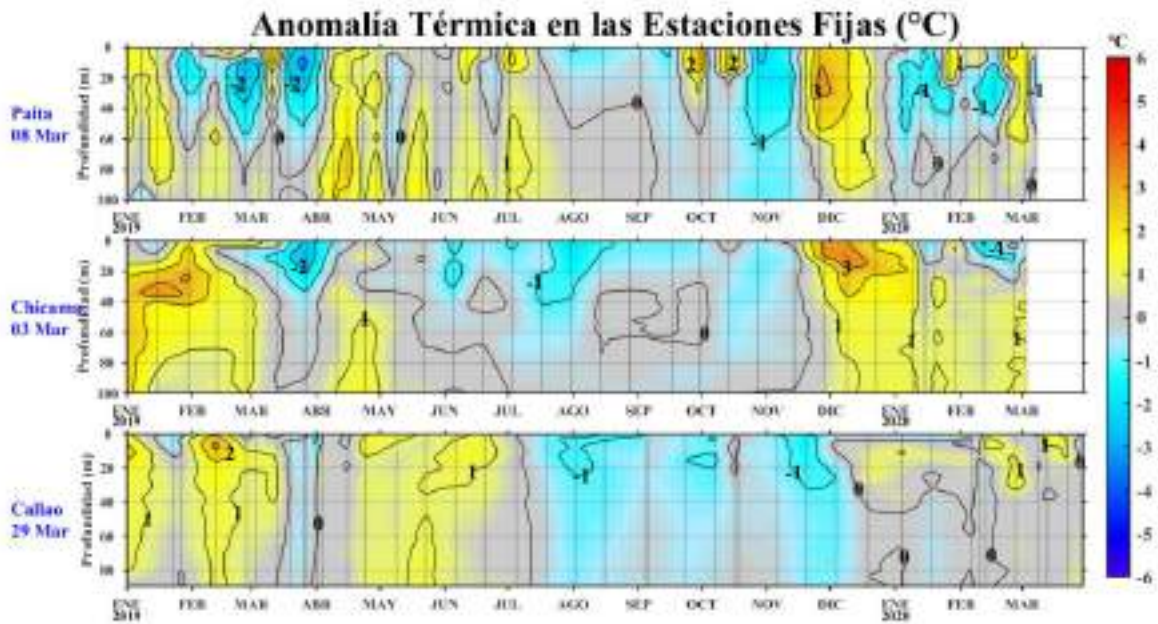


Figura 31. Evolución de las anomalías de la temperatura del agua de mar (°C) para las Estaciones Fijas de: a) Paita, b) Chicama y c) Callao desde enero 2019 a febrero a marzo de 2020. Las anomalías de la temperatura del agua (°C) se calcularon en base al promedio climatológico de 1993-2010 de acuerdo 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 período de 2013 a la fecha. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

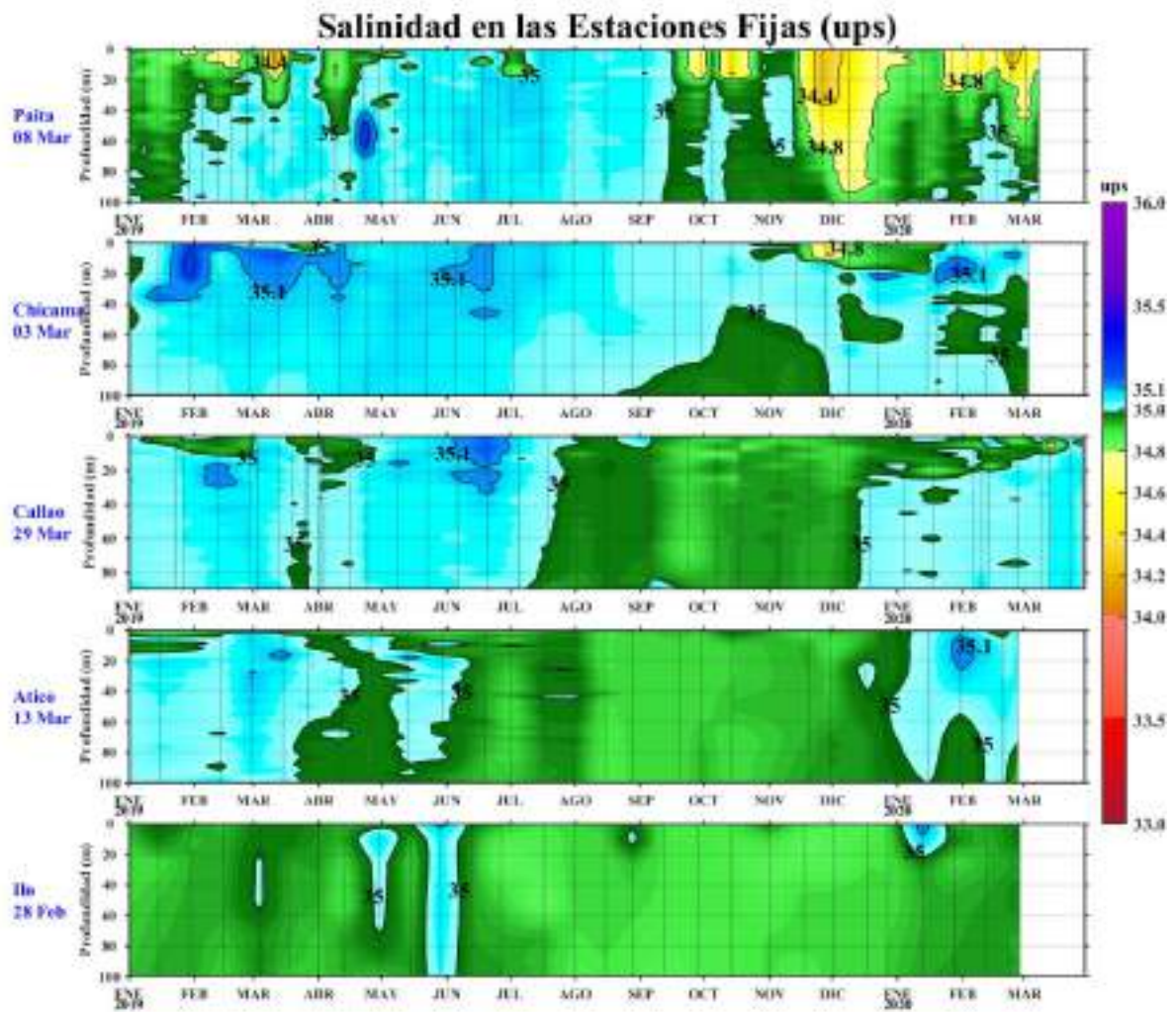


Figura 32. Evolución de la Salinidad del agua de mar (ups) para las Estaciones Fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico y e) Ilo desde enero 2019 a febrero - marzo de 2020. Los puntos en la columna de agua indican los días en que se realizaron los monitoreos. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

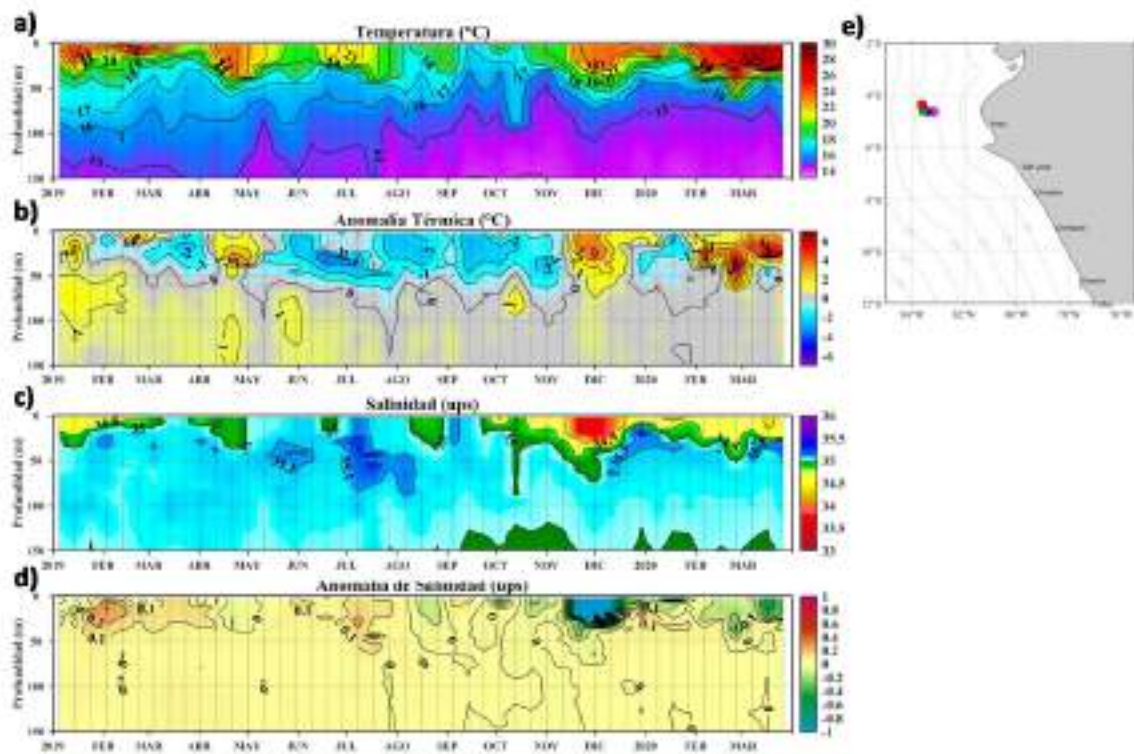


Figura 33. Evolución de la a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) anomalía de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), c) salinidad (ups), d) anomalía de la salinidad (ups) del agua de mar del flotador ARGO frente a Talara, entre enero de 2019 y marzo 2020, y e) ubicación de las cuatro últimas posiciones donde brindó información el flotador ARGO, para el mes de febrero y marzo de 2020. Las anomalías de la temperatura y salinidad del agua ( $^{\circ}\text{C}$ ) se calcularon en base al promedio climatológico de 1981-2010 de acuerdo a Domínguez, *et al* (2017). Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

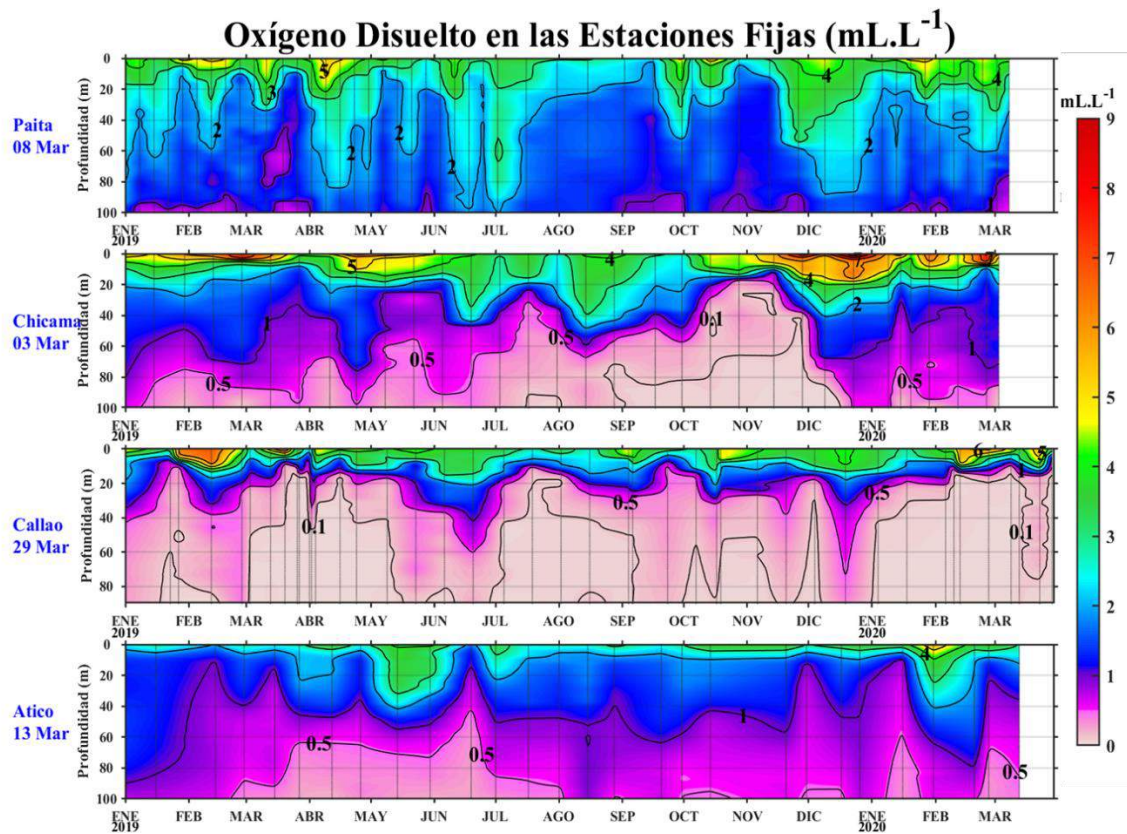


Figura 34. Evolución del contenido de oxígeno disuelto (mL L<sup>-1</sup>) para las Estaciones Fijas de: a) Paita, b) Chicama, c) Callao, d) Atico y e) Ilo de enero 2019 a febrero - marzo de 2020. Los puntos en la columna de agua indican los días en que se realizaron los monitoreos. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

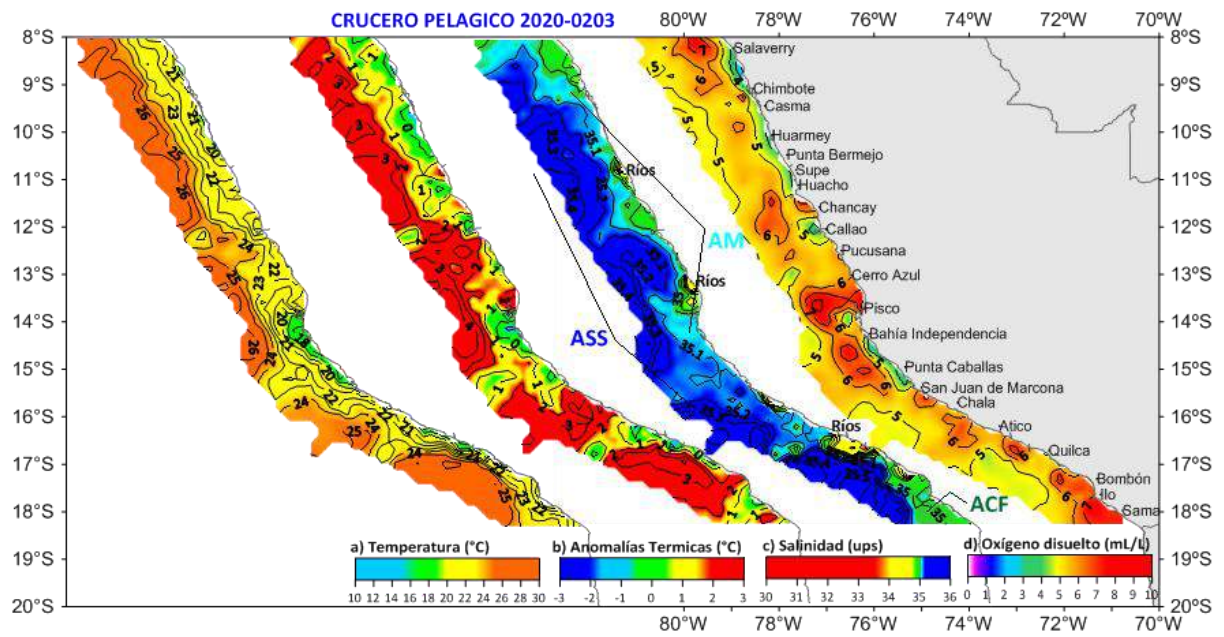


Figura 35. Distribución de: a) TSM ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) ATSM ( $^{\circ}\text{C}$ ), c) SSM (ups), y d) Oxígeno superficial ( $\text{mL L}^{-1}$ ). Datos: Cr. Pelágico 2020-0203. BIC Flores. BIC Olaya. BIC Humboldt. Fuente: IMARPE.



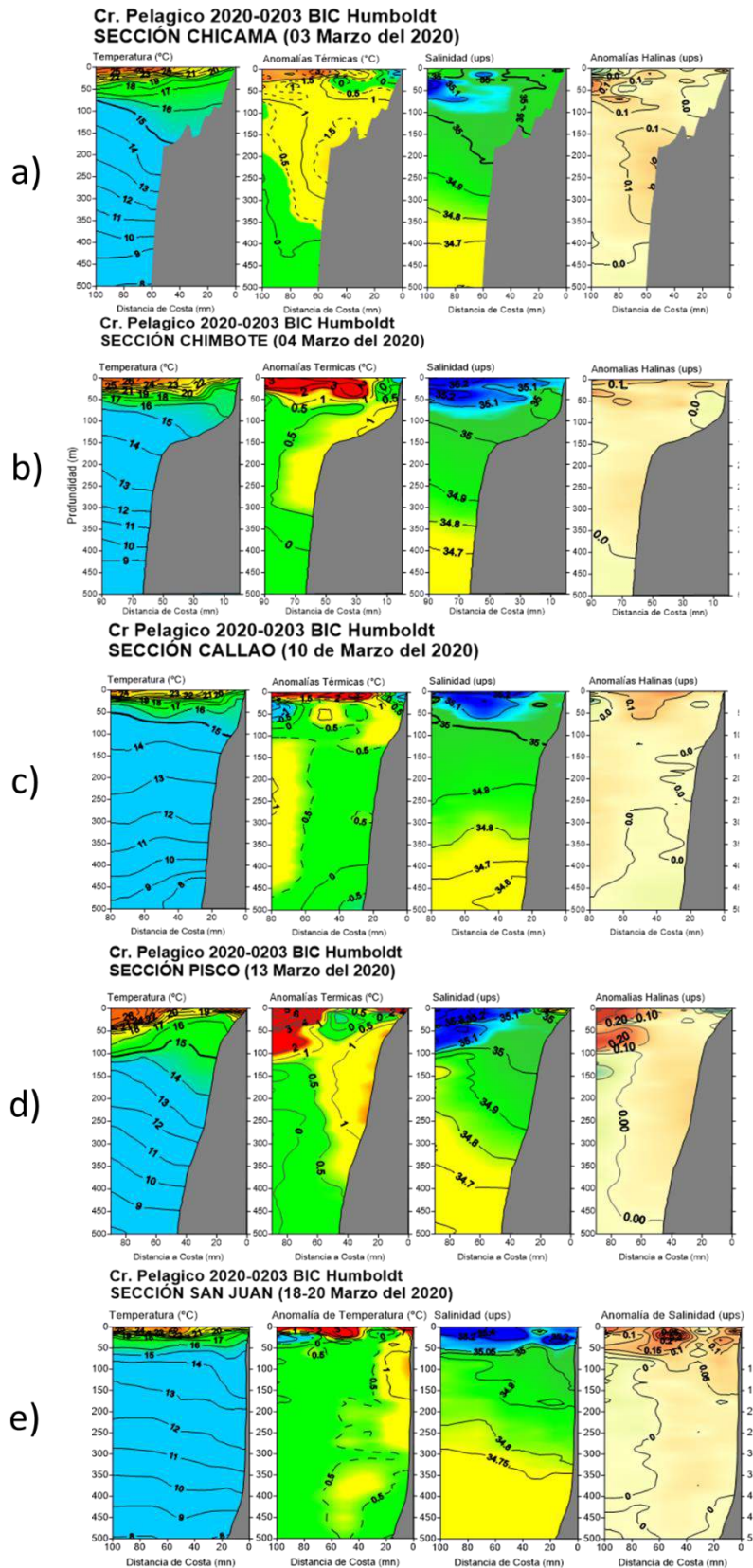


Figura 36. Secciones oceanográficas de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), anomalía térmica ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (ups) y anomalía halina (ups) hasta 500 m frente a Chicama (a), Chimbote (b), Callao (c), Pisco (d) y San Juan (e), registrada durante el “Crucero de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos 2020-0203”, a bordo del BIC Humboldt y BIC Olaya. Fuente: IMARPE.

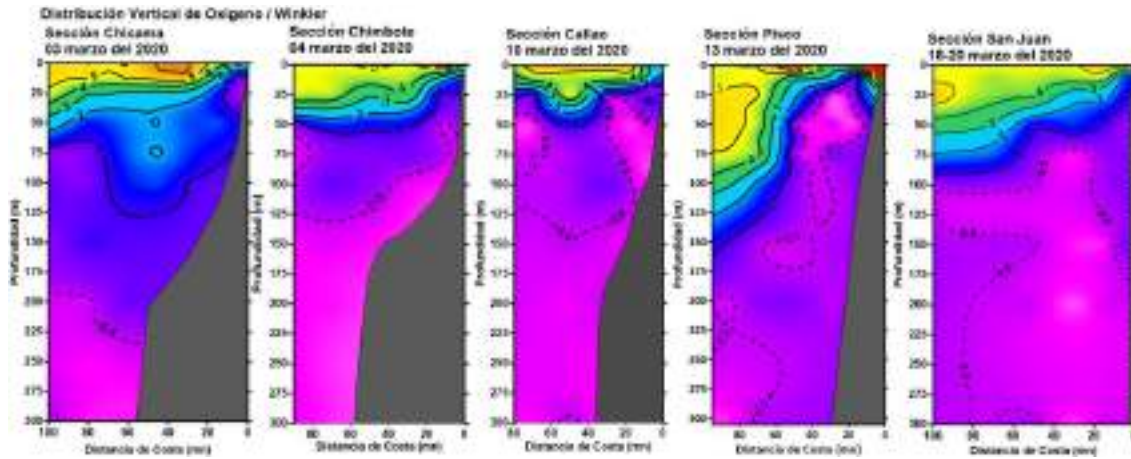


Figura 37. Secciones oceanográficas de oxígeno ( $\text{mL L}^{-1}$ ) hasta 300 m frente a Chicama, Chimbote, Callao, Pisco y San Juan registradas durante el “Crucero de evaluación hidro-acústica de recursos pelágicos 2020-0203”, a bordo del BIC Humboldt y BIC Olaya. Fuente: IMARPE.

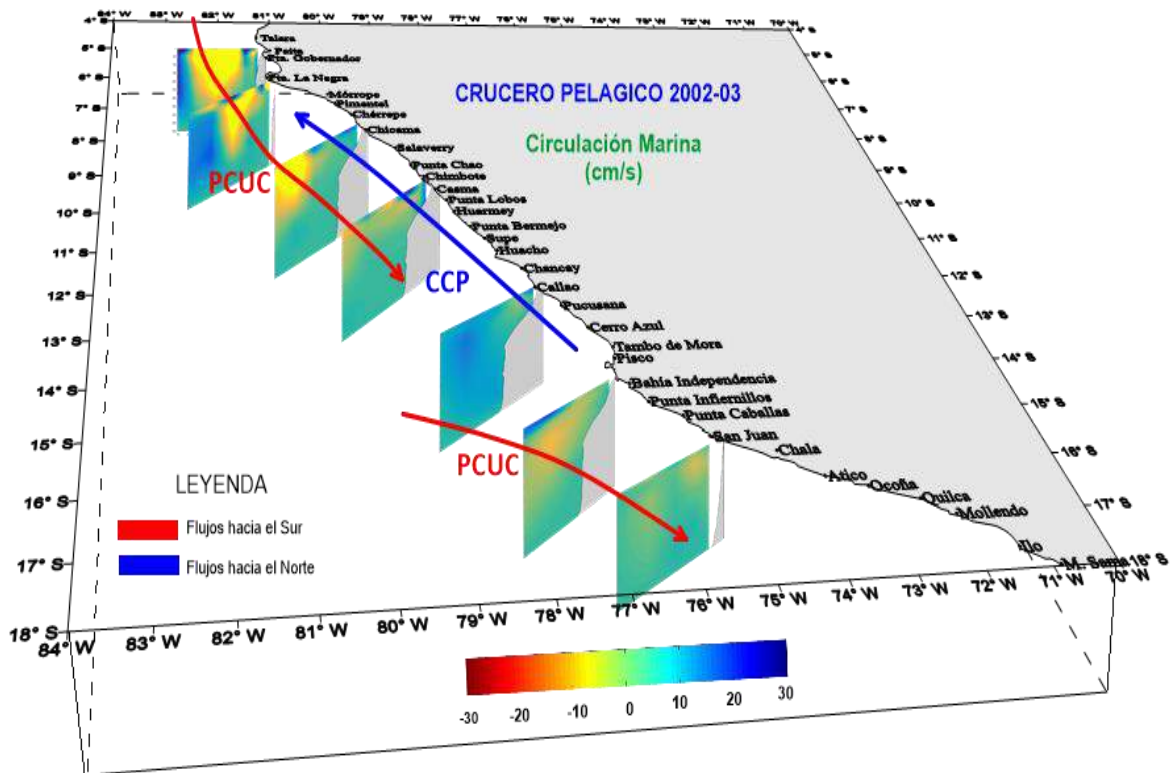


Figura 38. Corrientes Marinas ( $\text{cm s}^{-1}$ ) en base al balance geostroficó (método indirecto) el “Crucero de evaluación hidro-acústica de recursos pelágicos 2020-0203”, a bordo del BIC Humboldt y BIC Olaya. Fuente: IMARPE.

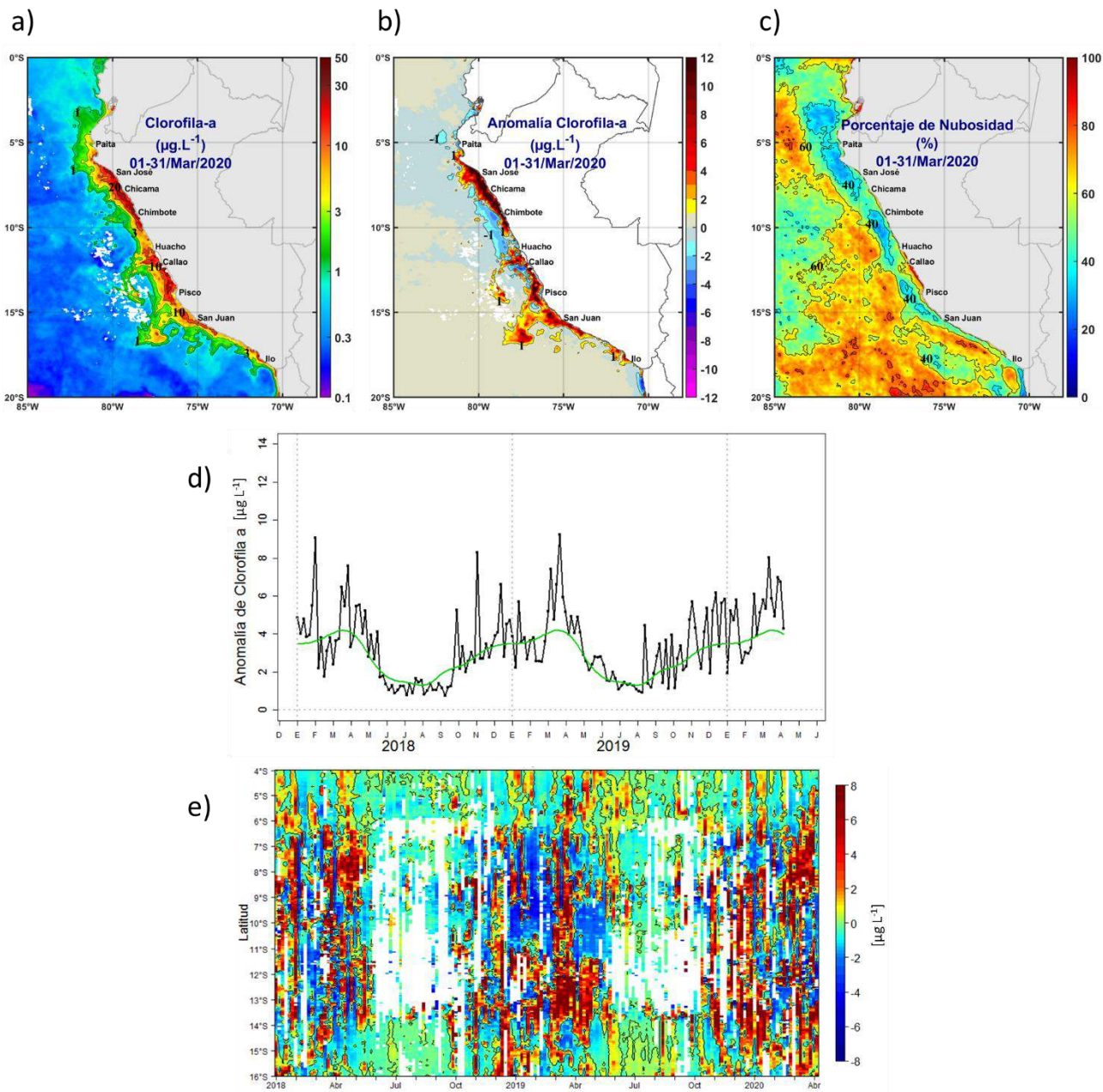


Figura 39. Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de clorofila-a satelital proveniente de MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante marzo 2020 (en  $\mu\text{g L}^{-1}$ ). Número de días con nubes en (c). Serie de tiempo (d) para 4 °S-16 °S y dentro de los 100 km de la costa, de las concentraciones de clorofila-a satelital (línea negra) y su climatología (línea verde) proveniente de MODIS (en  $\mu\text{g L}^{-1}$ ); y (e) Diagrama Hovmöller de las anomalías de clorofila-a con respecto a la latitud.

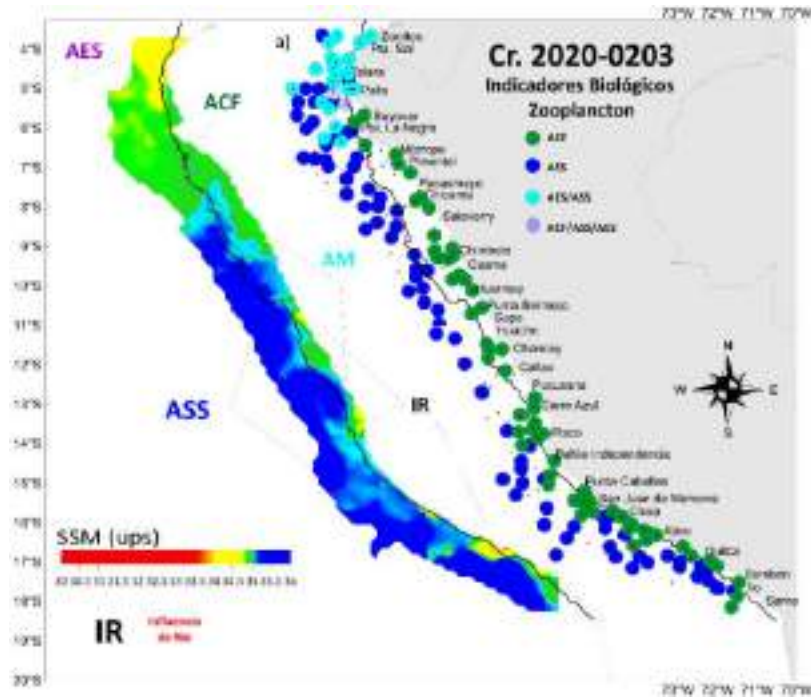


Figura 40. Indicadores biológicos de zooplancton durante el “Crucero de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos 2020-0203”, a bordo del BIC Humboldt y BIC Olaya. Fuente: IMARPE.

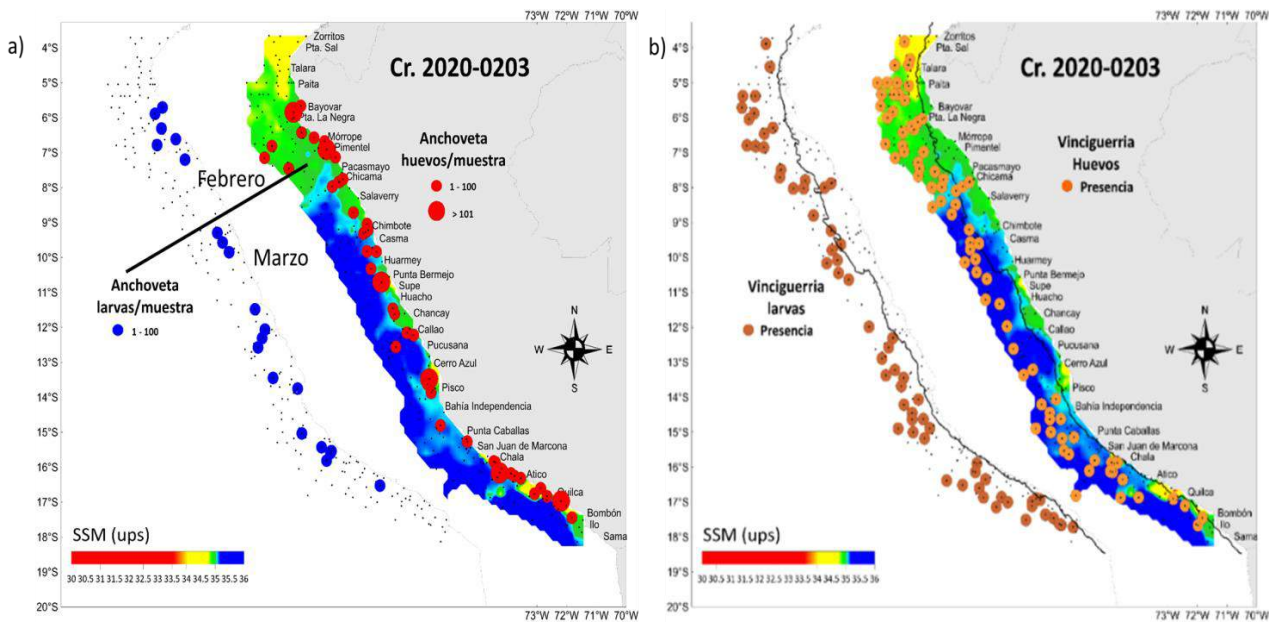


Figura 41. Distribución de huevos y larvas de a) anchoveta y b) vinciguerria, durante el “Crucero de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos 2020-0203”, a bordo del BIC Humboldt y BIC Olaya. Fuente: IMARPE.

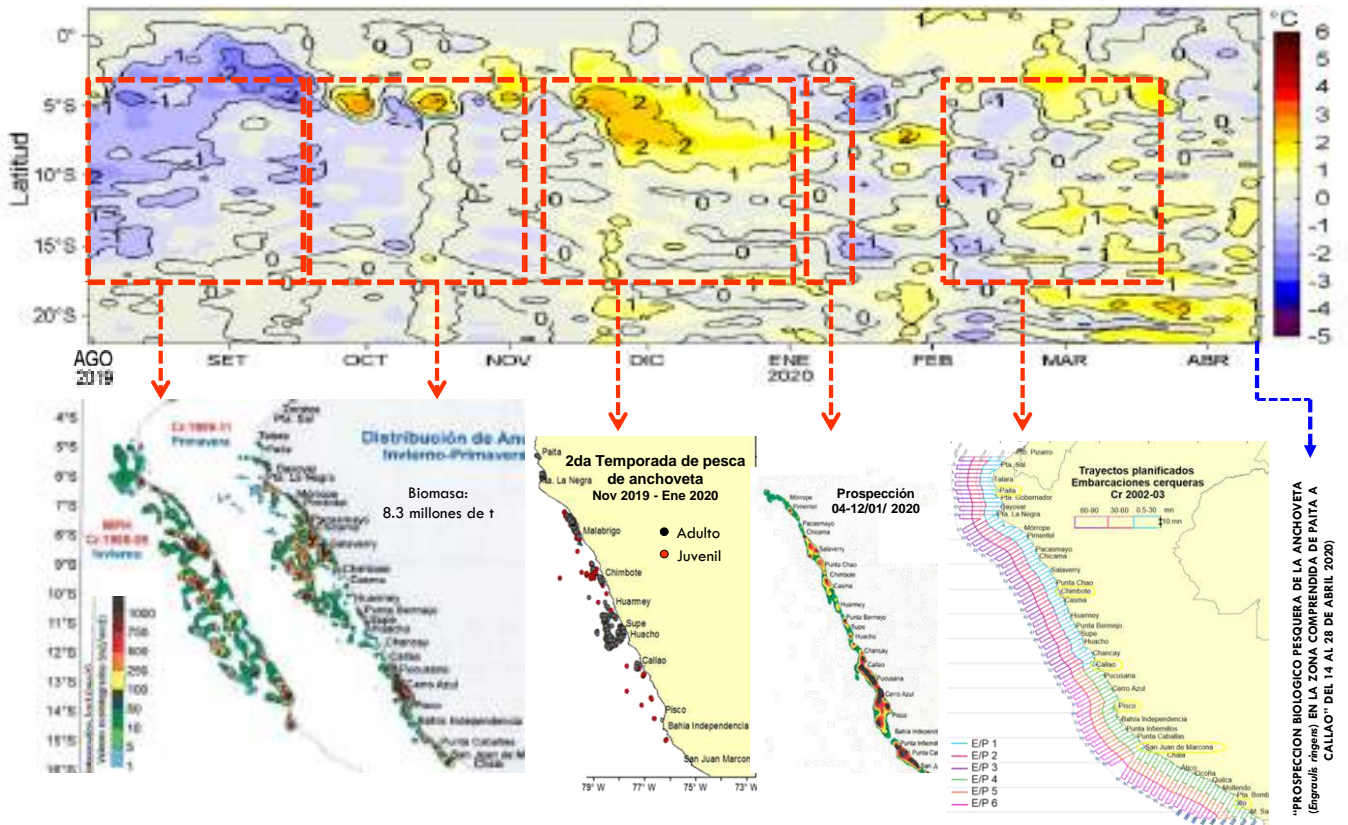


Figura 42. Prospecciones y pesquería de anchoveta y su escenario ambiental durante agosto 2019 a inicios de abril 2020.

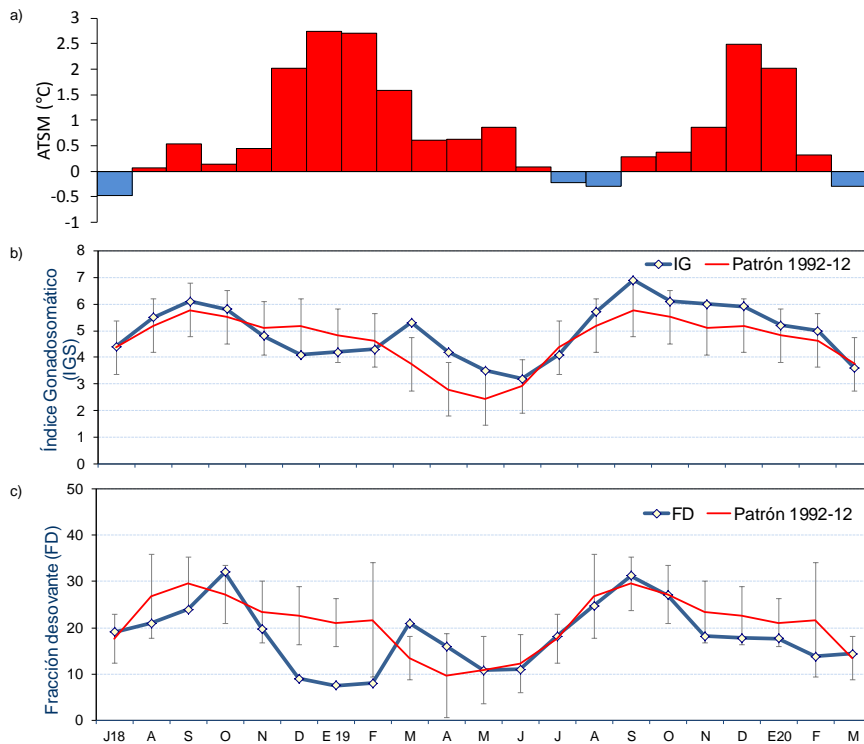


Figura 43. a) ATSM (°C) de Chicama, e indicadores reproductivos como b) el IGS y c) FD del stock norte – centro de anchoveta desde julio 2018 a marzo del 2020. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

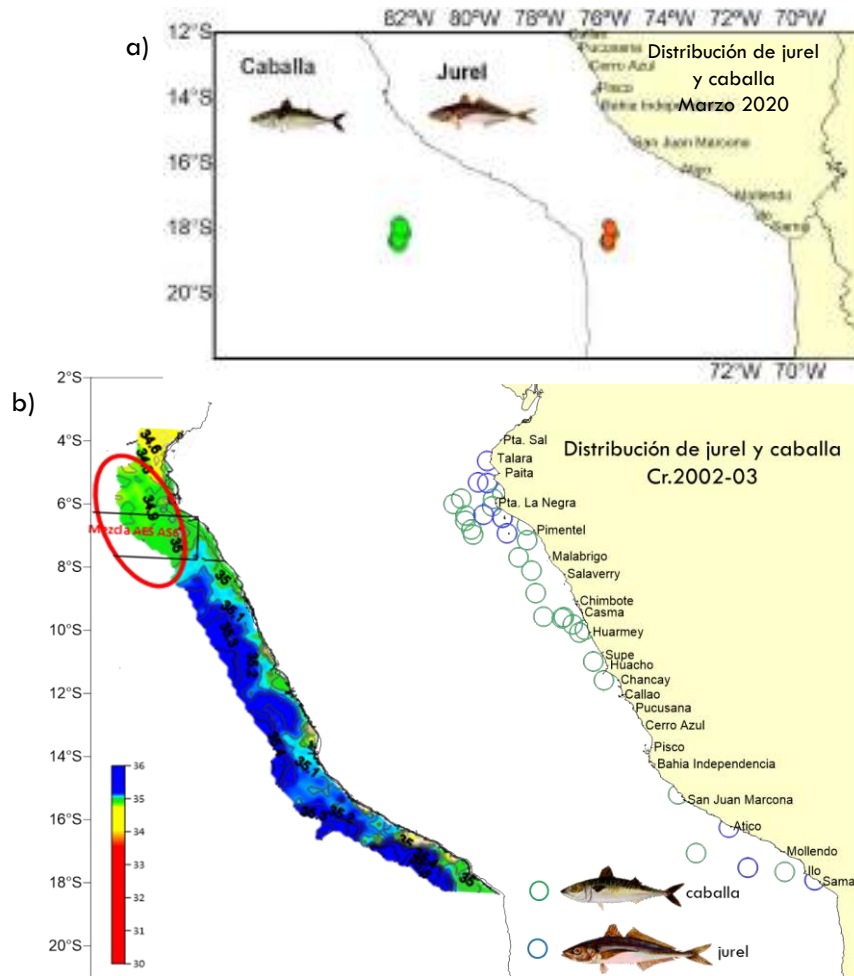


Figura 44. Distribución latitud de jurel y caballa registrado en a) pesca artesanal y b) el “Crucero de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos 2020-0203”.

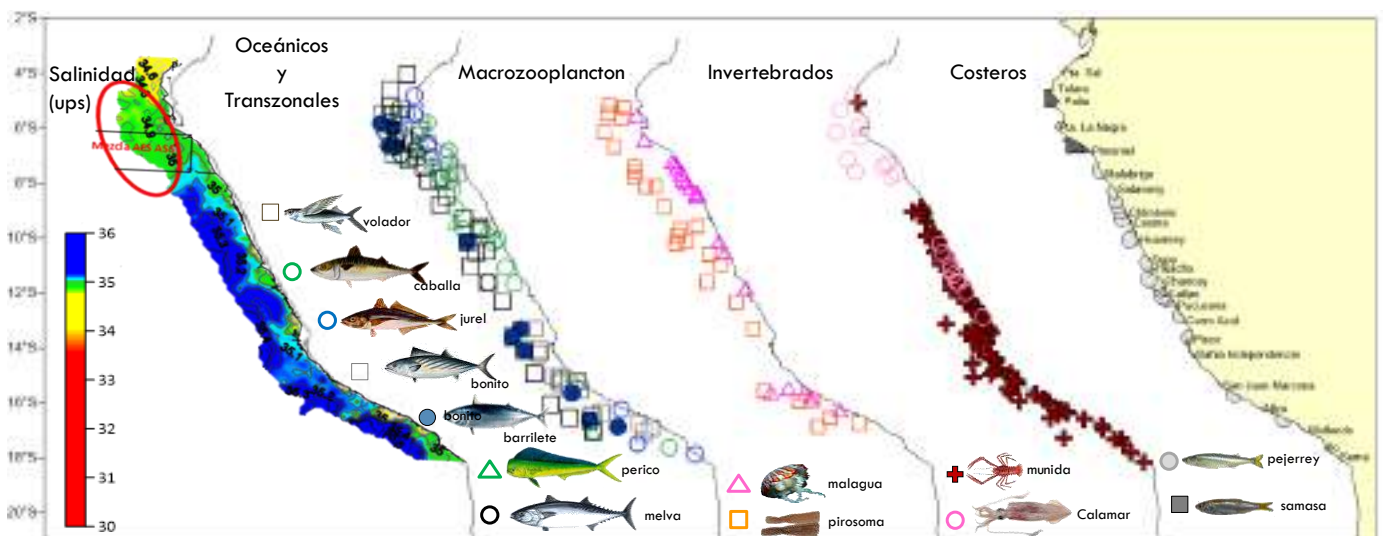


Figura 45. Distribución de especies indicadoras observadas durante el “Crucero de Evaluación Hidroacústica de recursos pelágicos 2020-0203”. Fuente: IMARPE.

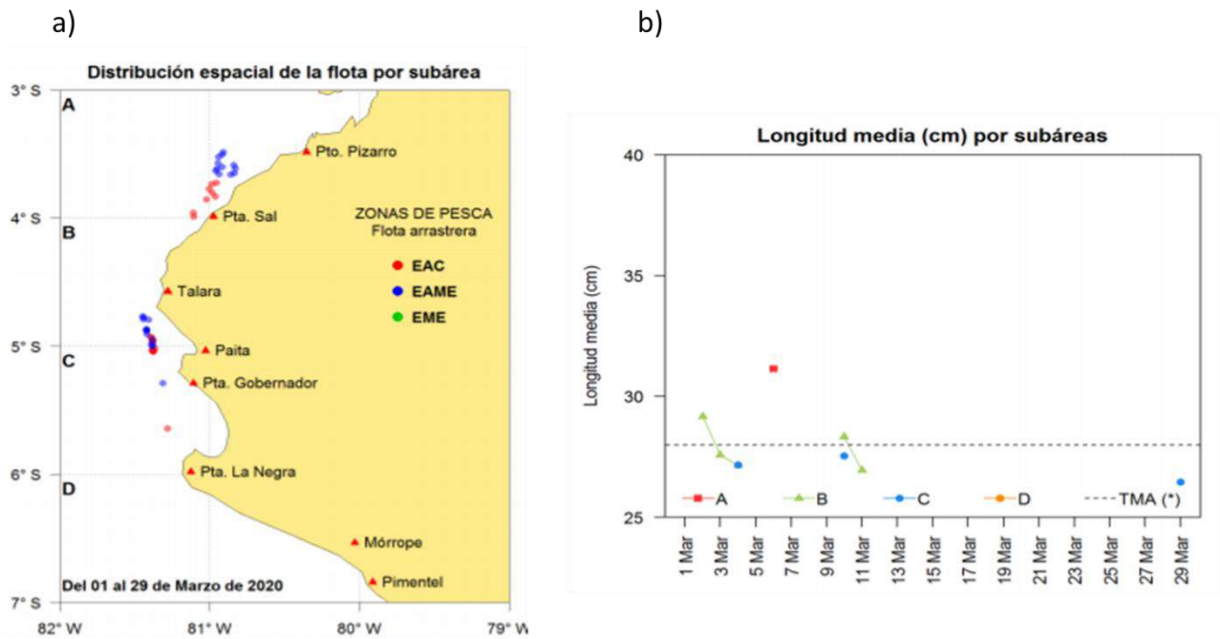


Figura 46. (a) Distribución espacial de la flota arrastrera de merluza, por sub-áreas durante marzo 2020. (b) Longitud media (cm) por sub-áreas durante marzo 2020.

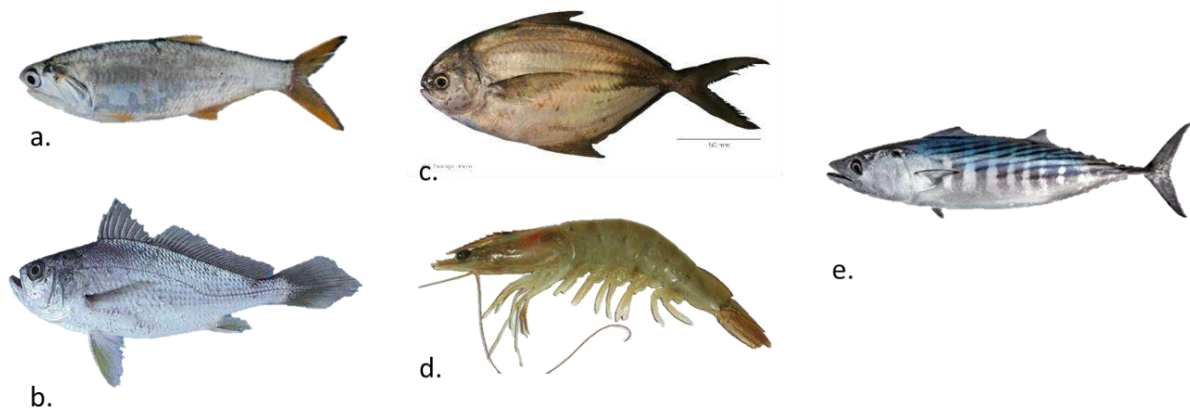


Figura 47. Principales especies reportadas fuera de su distribución normal durante marzo 2020. Especies de aguas cálidas: a) “Anchovia” *Anchovia macrolepidota*, b) “Bereche” *Larimus effulgens*, c) “Chiri lomo negro” *Peprilus snyderi*, d) “Langostino blanco” *Penaeus vannamei*. Especies más disponibles cerca a la costa (5 m.n. – 23 m.n.): e) “Bonito” *Sarda chiliensis chiliensis*.

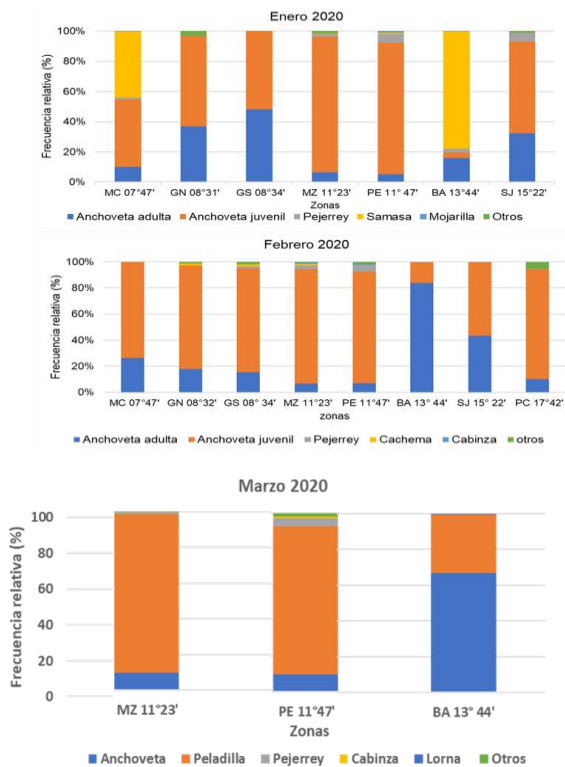


Figura 48. Variación latitudinal mensual de la composición por especies de la dieta del guanay a lo largo de la costa durante marzo 2020. Donde MZ: Isla Mazorcas, PE: Isla Pescadores, BA: Isla Ballestas.



*Oceanodroma hornbyi*



*Oceanodroma thethys*

golondrinas de mar

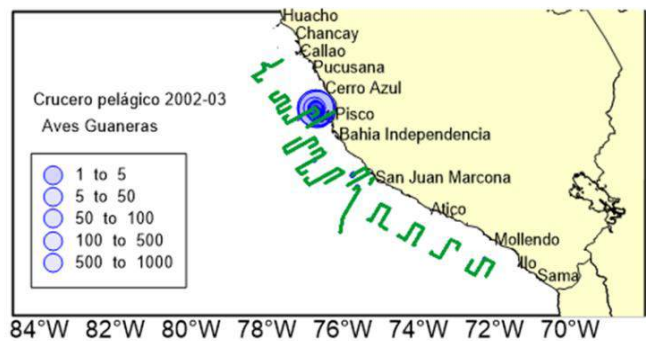
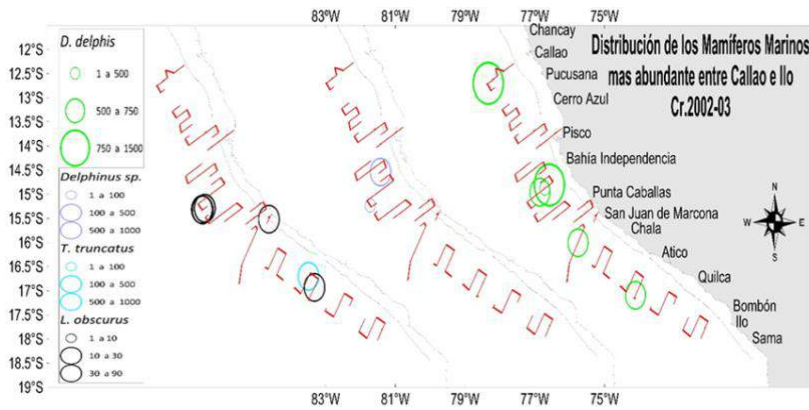


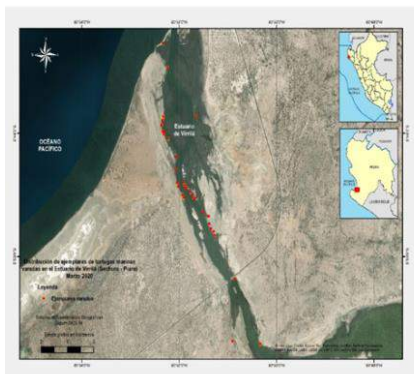
Figura 49. Distribución y abundancia de aves marinas registradas desde Callao hasta Ilo a bordo del BIC Humboldt durante el "Crucero de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos 2002-0203". Fuente: IMARPE.



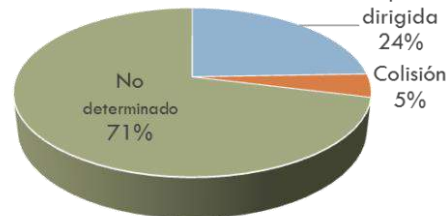


*Delphinus delphis*  
Delfín común oceánico

Figura 50. Distribución y abundancia de mamíferos marinos registradas desde Callao hasta Ilo a bordo del BIC Humboldt durante el “Crucero de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos 2020-0203”. Fuente: IMARPE.



**Causa de muerte de ejemplares de tortuga verde varados**



*Chelonia mydas agassizii*  
Tortuga verde

Estado: a) Carcasas esquelético o restos dispersos, b) descomposición avanzada y c) moribundo.

Figura 51. Porcentaje de causas de muerte de ejemplares de tortuga verde (*Chelonia mydas agassizii*) registrados a lo largo del Estuario de Virrilá, Sechura (Piura) en marzo del 2020.

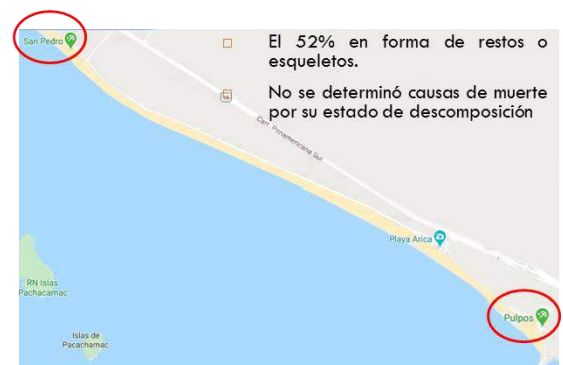
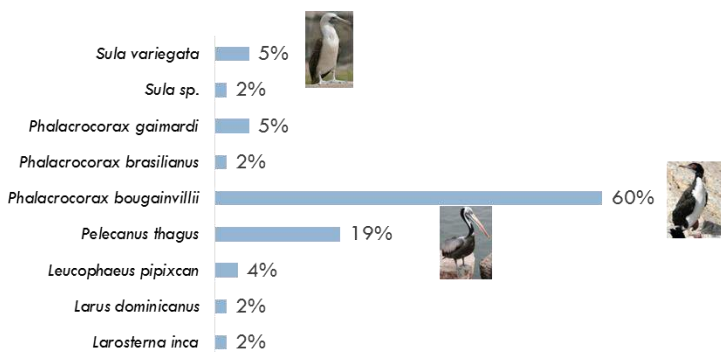


Figura 52. Variación porcentual de especies halladas en los monitoreos realizados en la playa Pulpos y playa San Pedro el 04 de marzo y 10 de marzo del 2020, respectivamente.



Figura 53. Necropsia realizada en aves marinas muertas. 1) Presencia de alimento sin digerir (*Anchoa nasus* “samasa”) en guanay. 2) Cormorán adulto con condición corporal magra. 3) Abundante contenido de espuma en pulmones (probable ahogamiento). 4) Pelicano con condición corporal caquéctica. 5) Cavity estomacal de pelicano donde se observa presencia de úlceras hemorrágicas.

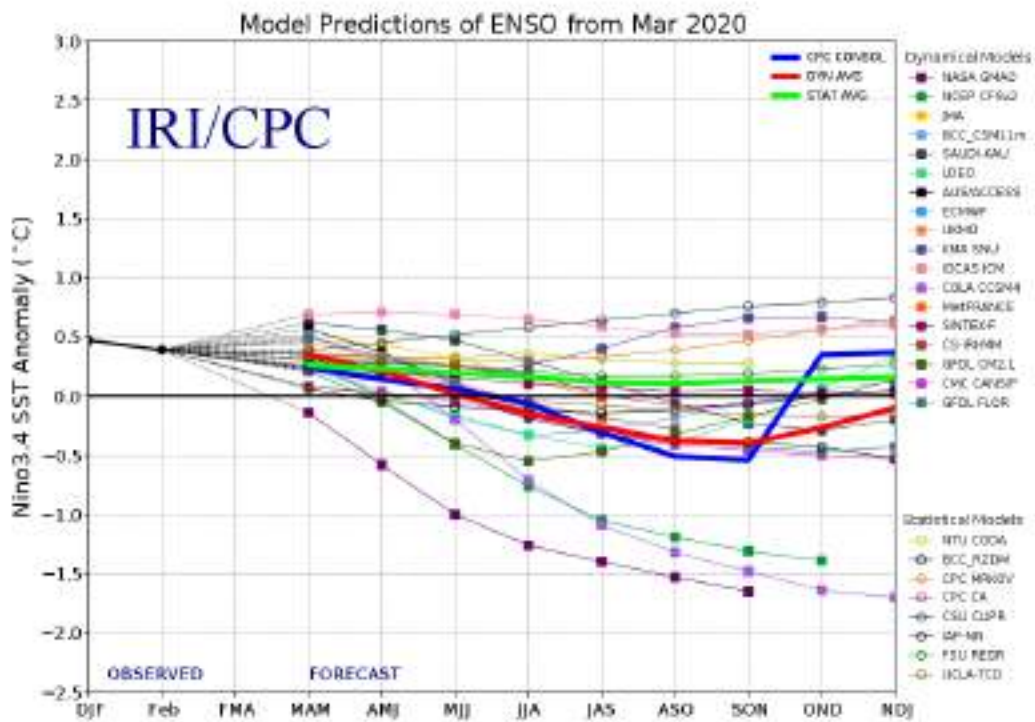


Figura 54. Pronóstico del índice Niño 3.4 mediante modelos climáticos estadístico y dinámico. Fuente: IRI/CPC, marzo 2020

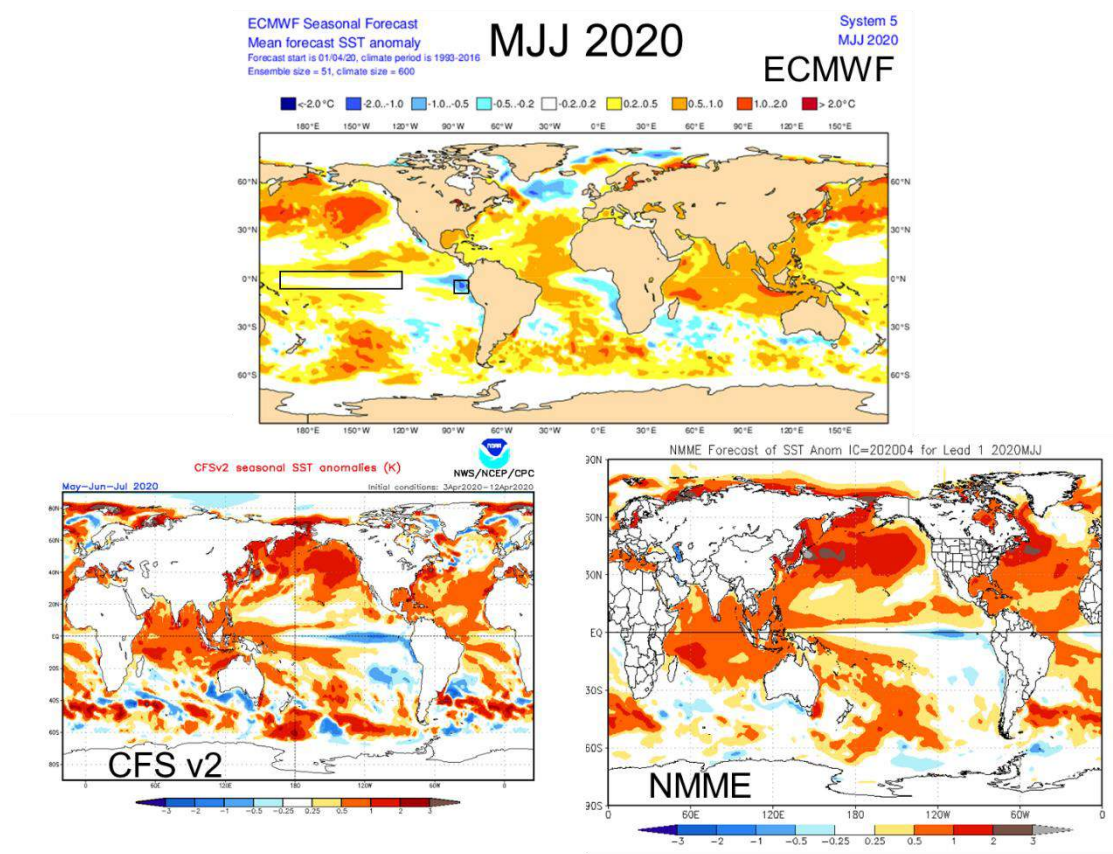


Figura 55. Pronóstico de la TSM para el trimestre MJJ 2020 del modelo ECMWF, CFSv2, y NMME (condiciones iniciales: inicios de abril 2019). Los recuadros indican la región El Niño 3.4 y 1+2. Fuente: IRI/CPC.

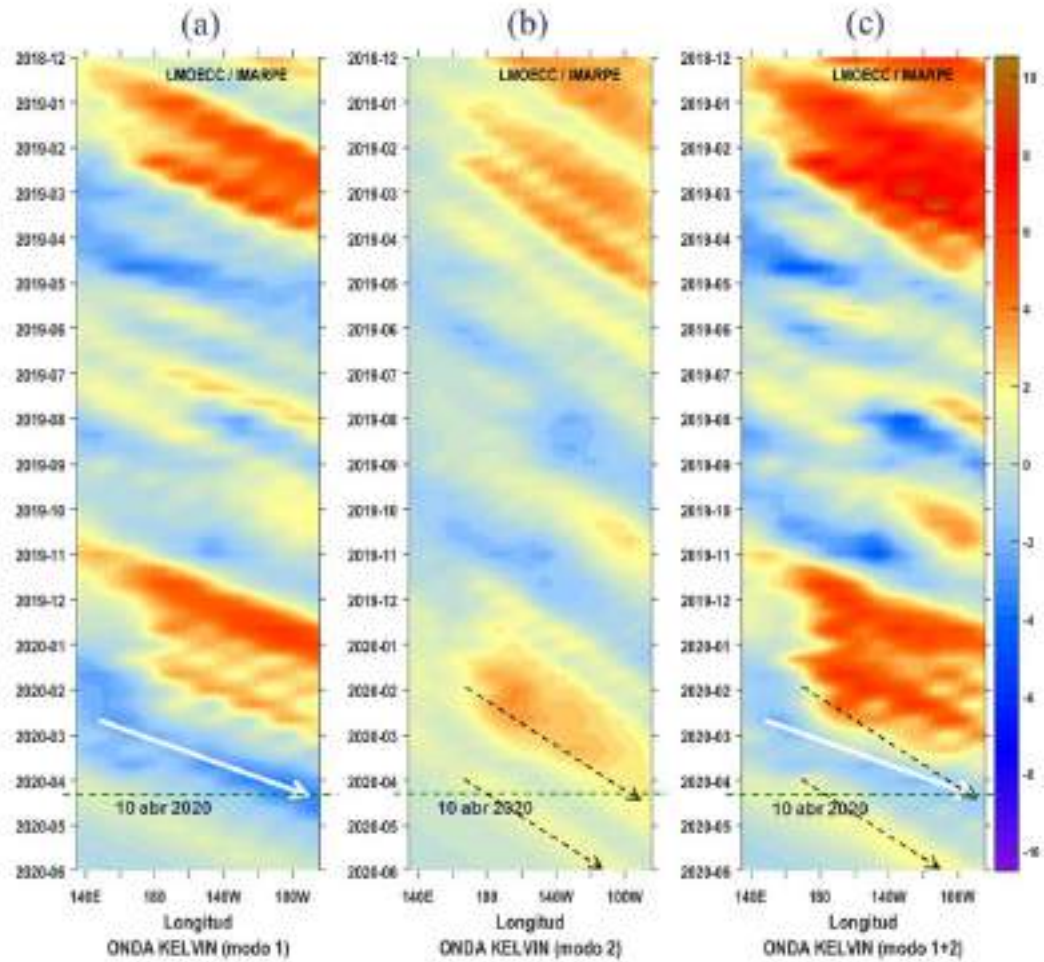


Figura 56. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial ( $0^{\circ}\text{N}$ ): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).

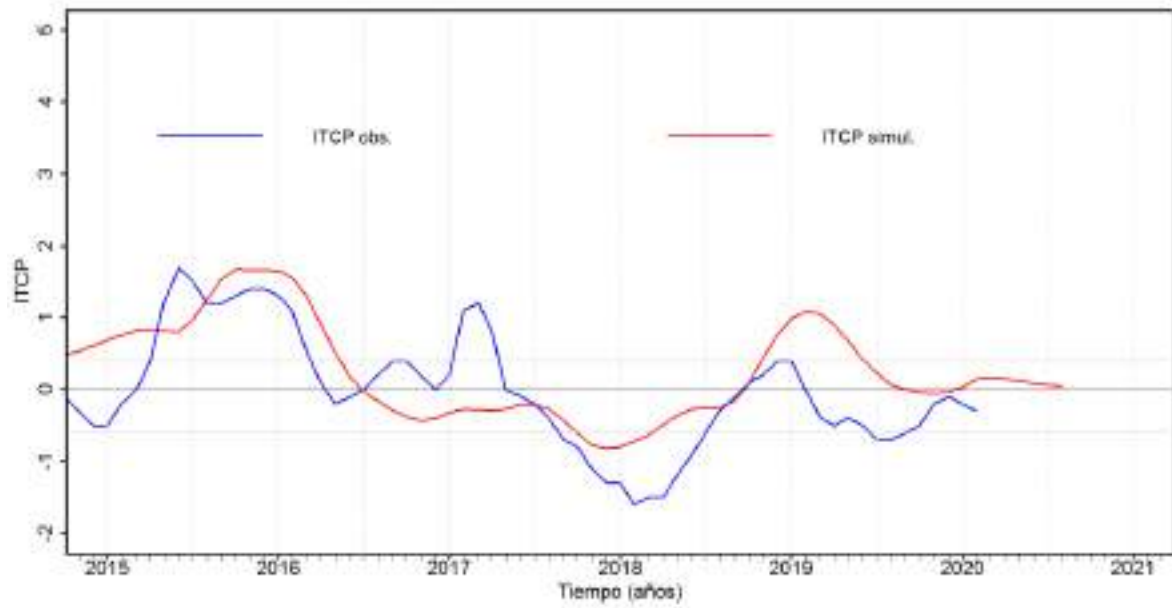


Figura 57. Pronóstico del ITCP mediante un modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia, con datos actualizados hasta el mes de marzo 2020. Fuente: IMARPE.

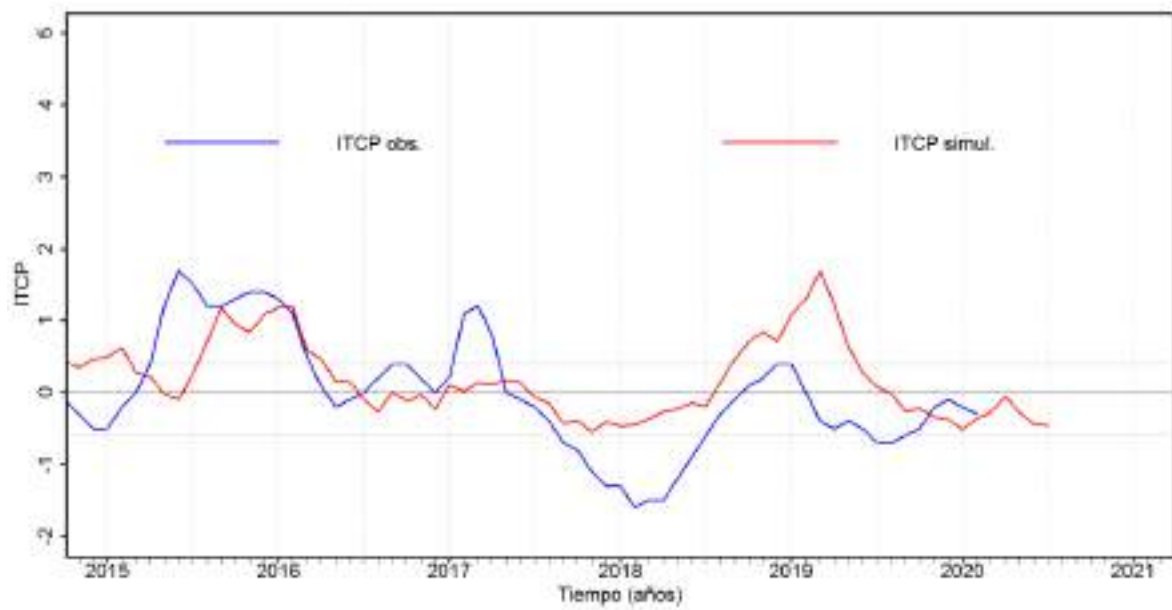


Figura 58. Pronóstico del ITCP mediante un modelo estadístico, con datos actualizados hasta el mes de marzo 2020. Fuente: IMARPE.