

Presupuestal por Resultados N°068

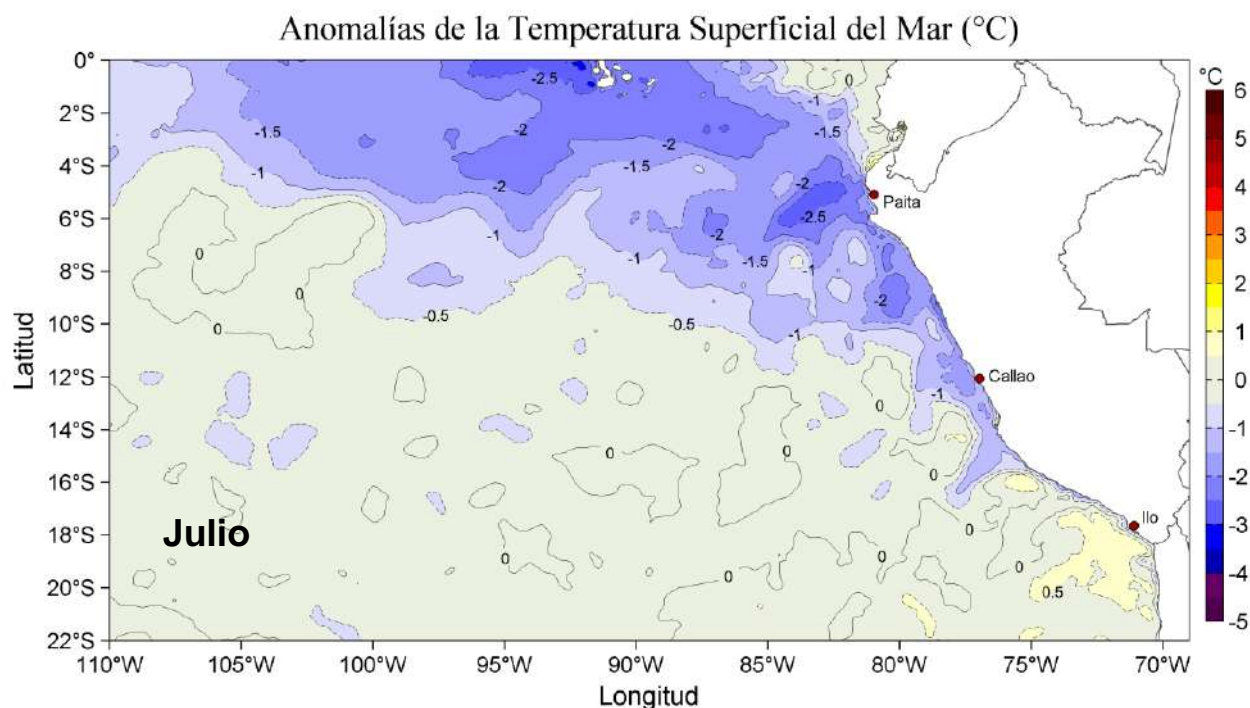
“Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de emergencias por Desastres”

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 JULIO 2020



Julio, 2020

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

GRUPO DE TRABAJO INSTITUCIONAL EL NIÑO

Informe de las Condiciones Oceanográficas y Biológico Pesqueras Julio 2020

| | |
|---|-----------|
| I. RESUMEN EJECUTIVO | 4 |
| II. INTRODUCCIÓN | 6 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 7 |
| 1. VARIABLES | 7 |
| 2. ÍNDICES | 7 |
| 3. IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES | 9 |
| 4. INDICADORES BIOLÓGICOS | 9 |
| 5. MODELOS DE PRONÓSTICO | 10 |
| IV: CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS Y BIOLÓGICO-PESQUERAS EN JULIO 2020 | 14 |
| 1. CONDICIONES FÍSICAS EN EL PACÍFICO ECUATORIAL Y SUDORIENTAL | 14 |
| 1.1. Aspectos Meteorológicos | 14 |
| 1.1.1. Distribución del campo de presión a nivel del mar | 14 |
| 1.1.2. Radiación de onda larga y Vientos en el Pacífico ecuatorial | 14 |
| 1.2. Aspectos oceanográficos | 14 |
| 1.2.1. Condiciones Térmicas superficiales | 14 |
| 1.2.2. Temperatura en la columna de Agua | 15 |
| 2. CONDICIONES FRENTE A LA COSTA PERUANA | 15 |
| 2.1. Aspectos meteorológicos | 15 |
| 2.1.1. Velocidad del viento en la costa peruana | 15 |
| 2.2. Aspectos oceanográficos físicos | 16 |
| 2.2.1. Nivel del Mar | 16 |
| 2.2.2. Temperatura superficial del mar | 17 |
| 2.2.2.1 Índice Climáticos y Oceánicos | 18 |
| 2.2.3. Salinidad superficial del mar | 18 |

| | |
|---|-----------|
| 2.2.4. Variabilidad de alta frecuencia registrada en flotadores ARGO | 18 |
| 2.2.5. Aspectos biogeoquímicos y de productividad | 19 |
| 2.2.5.1. Productividad | 19 |
| 3. INDICADORES ECOLÓGICOS Y BIOLÓGICO-PESQUEROS | 19 |
| 3.1. Condiciones biológico – pesqueras de los recursos pelágicos | 19 |
| 3.1.1. Anchoqueta | 19 |
| 3.1.1.1. Distribución, capturas, tallas | 20 |
| 3.1.1.2. Indicadores reproductivos y somáticos | 20 |
| 3.1.2. Jurel (<i>Trachurus murphy</i>) y Caballa (<i>Scomber japonicus</i>) | 20 |
| 3.1.3. Otras especies | 20 |
| 3.2. Condiciones biológico – pesqueras de los recursos demersales y litorales | 21 |
| 3.2.1. Merluza (<i>Merluccius gayi peruanus</i>) | 21 |
| 3.2.2. Invertebrados | 21 |
| 3.2.3. Recursos de la pesca artesanal | 21 |
| 3.2.3.1 Presencia de otras especies indicadoras | 22 |
| 3.3. Indicadores Ecológicos | 22 |
| 3.3.1 Aves | 22 |
| 4. PRONÓSTICO DE LAS CONDICIONES DEL PACIFICO ECUATORIAL Y FRENTE A LA COSTA PERUANA | 22 |
| 4.1. Pronósticos a gran escala de las agencias internacionales | 22 |
| 4.2. Propagación de ondas Kelvin | 23 |
| 4.3. Pronósticos de la TSM frente a la costa del Perú | 23 |
| V REFERENCIAS | 24 |
| VI RECONOCIMIENTOS | 29 |
| VII TABLAS | 30 |
| VIII FIGURAS | 33 |

I. RESUMEN EJECUTIVO

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

A nivel de macroescala, en el océano, las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) en el Pacífico ecuatorial presentaron condiciones frías, retraídas hacia el lado oriental, alcanzando anomalías de -3 °C cerca de las Islas Galápagos, mientras que, en la capa de 0 - 300 m del Pacífico ecuatorial oriental ($140^{\circ}\text{W} - 95^{\circ}\text{W}$), las anomalías negativas se atenuaron a mediados de mes alrededor de los 120°W , por la presencia de anomalías positivas de corta duración, aunque al finalizar el mes se intensificaron hasta aproximadamente $-0,7\text{ °C}$.

Por su parte, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se encontró ubicado alrededor de su posición habitual con una intensidad mayor que su valor climatológico. El campo de anomalías de presión a nivel del mar presentó anomalías positivas entre $+1$ y $+2$ hPa en el Pacífico oriental subtropical. Asimismo, el APS presentó episodios de intensificación próximos a la costa occidental sudamericana, así como periodos de debilitamiento como parte de su variabilidad, reflejándose ambos procesos en los vientos costeros frente a Perú. Es así que a lo largo de la franja costera dentro de los 40 km, predominaron vientos moderados a fuertes ($> 6,8\text{ m s}^{-1}$) entre Talara y Huacho, asociados a anomalías positivas ($> +1,5\text{ m s}^{-1}$); mientras que, en la zona centro sur se observaron ligeras anomalías negativas.

El afloramiento costero peruano, se mantuvo activo desde Talara hasta Huacho y entre Pisco a San Juan de Marcona, debido a la ocurrencia de vientos ligeramente fuertes a fuertes a lo largo de la costa peruana. En la zona oceánica se registraron predominantemente vientos moderados a fuertes, lo cual mantuvo activo el afloramiento costero, propiciando las condiciones neutras o el desarrollo de anomalías negativas en la costa peruana y frente a la zona norte de Perú.

El mar peruano se caracterizó por presentar un enfriamiento anómalo, principalmente entre Talara y San Juan de Marcona, siendo el máximo enfriamiento de $-1,5\text{ °C}$. El Índice Costero de El Niño (ICEN) señaló la presencia de condiciones neutras en la región Niño 1+2, ubicada frente a Ecuador y a la costa norte y centro del Perú, mientras que, el Índice Térmico Costero Peruano (ITCP) expresó la presencia de condiciones frías en la franja adyacente a la costa peruana.

Frente a Tumbes ocurrió la intromisión de las Aguas Tropicales Superficiales (ATS); mientras que, las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) se presentaron hasta Talara. Las aguas costeras frías (ACF) estuvieron presentes entre Punta Falsa y Pacasmayo y de Callao al sur; mientras que, en las demás zonas costeras se presentaron aguas de mezcla entre las ACF y las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS). Estas últimas se mantuvieron cerca de la costa principalmente entre Huanchaco y Huarmey, frente a Atico y frente al extremo sur.

Las anomalías del nivel del mar (ANM) promedio presentaron una ligera disminución frente a la costa peruana durante julio, variando entre $+4$ cm y $+6$ cm, con núcleos de mayor elevación frente a Huacho, Pisco y Atico, asociados a la presencia de remolinos anticiclónicos presentes durante todo el mes. Por fuera de los 200 km, se observó un mayor descenso de las ANM, presentando sus menores valores (entre 0 y $+2$ cm) al sur de Pisco, asociados a dos remolinos ciclónicos presentes durante la primera quincena del mes.

Dentro de los 100 km, las ANM mostraron un incremento desde el sector ecuatorial hacia Paita atenuando el efecto de la onda Kelvin fría durante la primera quincena del mes, extendiéndose este incremento hasta Callao durante la segunda quincena. Por el contrario, al este de Galápagos las ANM mantuvieron la tendencia a disminuir hasta mediados de mes para luego aumentar ligeramente hasta +4 cm.

La concentración de clorofila-a satelital mensual presentó una ligera disminución respecto al mes anterior. Predominaron concentraciones entre $1 \mu\text{g L}^{-1}$ a lo largo de la costa dentro de las 60 m.n., con núcleos de $3 \mu\text{g L}^{-1}$ frente a Pisco y al norte de Ilo, dentro de las 30 m.n., asociado a anomalías positivas (+1 a $+2 \mu\text{g L}^{-1}$), producto de la reducción de la nubosidad y en consecuencia, el aumento de la radiación incidente en superficie en esa zona.

La anchoveta mantuvo una extensa cobertura hasta la primera quincena de julio, la cual se redujo durante la segunda quincena, registrándose frente a la zona entre Pimentel y Chicama, debido principalmente a que la mayoría de las embarcaciones culminaron con su cuota de pesca. La estructura de tallas de la anchoveta presentó un rango de tallas, de 7,5 cm a 16,5 cm de longitud total, con moda principal en 12,5 cm y porcentaje de juveniles de 20 %. Los indicadores reproductivos, mostraron el avance del proceso de maduración gonadal de acuerdo con lo esperado para la época. Los recursos jurel y caballa presentaron una amplia distribución. Especies indicadoras de aguas frías como el calamar y la munida, mantuvieron su distribución, similar a junio, en la zona costera al sur de Pimentel, pero en menor cantidad. En Punta Coles, las poblaciones de aves guaneras, guanay, piquero y pelícano, han evidenciado un incremento respecto al mes anterior.

Las agencias internacionales pronostican que los valores negativos de las anomalías de TSM en el Pacífico ecuatorial central persistirán alrededor del umbral de una condición débil de La Niña durante la primavera austral 2020. Además, se espera la llegada de una onda Kelvin fría (modo 2) al extremo del Pacífico ecuatorial oriental entre fines de agosto e inicios de setiembre. Por otro lado, también se espera la llegada de dos ondas Kelvin frías (modo 1 y modo 2) al extremo del Pacífico ecuatorial oriental en setiembre.

Para la franja adyacente a la costa peruana, el modelo de complejidad intermedia del océano Pacífico tropical aplicado en IMARPE pronostica condiciones frías desde agosto hasta noviembre 2020, mientras que, el modelo estadístico pronostica valores negativos del ITCP, pero dentro de las condiciones neutras para el mismo período.

II. INTRODUCCIÓN

El Niño Oscilación Sur (ENOS) es el principal forzante que influye en la variación de las condiciones climatológicas interanuales en la cuenca del Océano Pacífico. El ENOS conjuga dos procesos, tanto oceánico (El Niño, EN) como el atmosférico (Oscilación del Sur) y se expresa mediante una fase cálida (EN) y una fase fría (La Niña, LN). Debido a los diversos efectos e impactos de este proceso en el ecosistema del afloramiento costero 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 (MARPE), cuya misión es el estudio y monitoreo de las condiciones oceanográficas frente a Perú y de sus efectos ecológicos y biológico-pesqueros. Mensualmente se reporta el análisis del monitoreo de parámetros océano-atmosféricos en el Pacífico Ecuatorial oriental, poniendo mayor énfasis en la zona costera de Perú. Para estimar y entender los impactos de El Niño y de La Niña en el ecosistema del marino se analizan indicadores de la fertilidad y productividad del mar peruano, así como también la respuesta de los principales recursos hidrobiológicos y la actividad pesquera. Además, se presentan especies indicadoras de condiciones cálidas y frías registradas durante los monitoreos mensuales de IMARPE y la incidencia de las condiciones oceanográficas en las principales pesquerías. Finalmente, mediante el análisis de los pronósticos de las agencias internacionales y el uso de modelos numéricos implementados en IMARPE, se formula la previsión futura de los principales indicadores climáticos y oceanográficos asociados a El Niño / La Niña, principalmente a corto y mediano plazo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

1. VARIABLES

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

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

2. ÍNDICES

Índice del Anticiclón del Pacífico Sur (APS): Los índices de intensidad (IAPS) y posición (ILON, ILAT) 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): Estima la intensidad del afloramiento o el transporte de masas de agua con referencia a la línea de costa. El IAC se basa en el transporte de Ekman, el cual es calculado, de acuerdo a Bakun (1975), a partir del esfuerzo de viento sobre la superficie y el parámetro de Coriolis. El cálculo final del IAC (Bakun 1975) toma en cuenta el transporte de masa entre la densidad del mar, multiplicado por el coseno de ángulo formado por la diferencia entre el ángulo de costa y la dirección del viento. El ángulo usado para la línea de costa fue de 145° . Existe información de este índice desde enero 2000 hasta la actualidad, tomando en cuenta información satelital de los satélites de vientos de QuickScat y ASCAT.

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

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

Se calcula a partir de promedios mensuales de las anomalías de la TSM (ATSM) obtenidas de las estaciones costeras Paita, Chicama, Chimbote, Callao, Pisco e Ilo del IMARPE, así como la estación costera San Juan de la Dirección de Hidrografía y Navegación 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-oxígeno de 1 mL L⁻¹. La ZMO se define como los cuerpos de agua con concentraciones menores a 0,5 mL L⁻¹ 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 sus presas, así como cambios en el medio marino. Para evidenciar esta información se utilizó bibliografía especializada de Murphy (1936), Jordán & Fuentes (1966), Tovar et al. (1984, 1987, 1988), Crawford (1987), Cairns (1987), Vanstreet (2011), Trigo (2011), Quiñones et al. (2010), Trites (1997), Majluf & Trillmich (1981).

5. MODELOS DE PRONÓSTICO

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

Modelo Oceánico de Complejidad Intermedia: Con el fin de detectar la propagación de las Ondas Kelvin Ecuatoriales (OKE), se ejecuta un modelo oceánico de complejidad intermedia con 3 modos baroclínicos, forzado con vientos del NCEP (Kalnay et al. 1996), implementado en IMARPE, 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 emplean dos metodologías implementadas en IMARPE para pronosticar la serie de tiempo del ITCP con un horizonte de 4 meses de anticipación. Las metodologías consisten en (1) un modelo estadístico basado en el volumen de agua cálida ecuatorial (Matellini et al., 2007) y el índice del APS siguiendo la metodología descrita en Quispe-Ccalluari et al. (2017), y (2) un modelo basado en las salidas de un modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia del Pacífico tropical ecuatorial (Dewitte et al., 2002; Gushchina et al., 2000) y siguiendo la metodología descrita en Quispe-Ccalluari et al. (2017).

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

| VARIABLE | FUENTE | | | | | | | | | | | | | | PERIODO | | FRECUENCIA | REFERENCIA | AREA RESPONSABLE | OBSERVACIONES | | | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------------|----------------------|------------------|-----------|------------|------------------|-----------------------------------|---------------------------|---|-------------------------------|-----------|----------------------|-------------------|----------------|----------------|-----------------|------------|------------|------------------|---------------|---------------|-------------|--|--|---|---|-------------------------|---|
| | Observaciones <i>in situ</i> | | | | | | | Satélite/Reanálisis | | | | | Modelos | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Estraciones costeras | Secciones verticales | Estaciones fijas | Cruceiros | Boyas ARGO | Boyas TAO/TRITON | Programa Bifócoras de Pesca (PBP) | Seguimiento de Pesquerías | Monitoreo de islas, puntas, playas, estuarios, etc. | Alerta de fauna marina varada | ESRL/NOAA | Reanálisis NCEP/NOAA | QuickScat + ASCAT | Producto OSTIA | Producto CMEMS | SeaWiFS + MODIS | | | | | MODIS + VIIRS | GFS | MERCATOR Ocean | Operatividad | Climatología | | | |
| VARIABLES ATMOSFÉRICAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Condiciones Atmosféricas | Radiación de Onda Larga | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | 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 | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | 1948-Actual | 1981-2010 | Diario | Kalnay et al. (1996) | | - Resolución: 2,5"x2,5° | | |
| | Vientos | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | 1948-Actual | 1981-2010 | Diario | Kalnay et al. (1996) | | - Resolución: 2,5"x2,5° | |
| | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | 2000-Actual | 2000-2014 | Pentadal/mensual | Chelton et al. (2006) Bentamy et al. (2009) | LCSR/LHFM/AFIOF/DGIOCC | - Resolución: 0,25° | |
| | Fracción de nube | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | 1970-Actual | 2000-2014 | Diaria | https://pae-paha.pacioos.hawaii.edu/erddap/griddap/ncep_global.html | | - Resolución: 0,5° | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | 2002-Actual | 2002-2016 | Diaria | https://atmosphere-imager.gsfc.nasa.gov/MOD06_L2/atbd.html http://www.globcolour.info/CDR_Docs/GlobCOLOUR_PUG.pdf | | - Resolución: 4 km | | |
| VARIABLES OCEANOGRÁFICAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Condiciones Oceanográficas Físicas | Temperatura del Mar | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1963-Actual | 1981-2010 | Diaria/mensual | (Grados & Vásquez, en prep.) | LHFM/AFIOF/DGIOCC | - Paita desde 1963 - Callao desde 1970 - Pisco desde 1976 *Las estaciones fijas se dan en el marco del PPR-068 de IMARPE. (Figura 1) | | |
| | | | 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 | | | | | | | | | | | | | | | | 1998-Actual | 1998-2010 | variable | | | | |
| | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | 1977-Actual | | Diaria | | www.pmel.noaa.gov/tao/drupal/disdell/ | | |
| | Nivel del Mar | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | 2006-Actual | 2007-2016 | Diaria | Donlon et al. (2012) | | | - Resolución: 0,054° | |
| | Salinidad | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | 1993-Actual | 1993-2012 | Diaria | | Schaeffer et al. (2016) Pujol et al. (2016) | | - Resolución: 0,25° - A partir de este producto se derivan flujos geostróficos |
| | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1963-Actual | 1981-2010 | Diaria/mensual | | (Grados & Vásquez, en prep.) | | Paita desde 1963 Callao desde 1950 Pisco desde 1976 |
| | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2015-Actual | 1981-2010 | mensual | | Domínguez et al (2017) | | |
| | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2015-Actual | 1993-2010 | quincenal | | Anculle et al (2015) | | |
| | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | 1960-Actual | 1981-2010 | variable | | Domínguez et al (2017) | | |
| | Corrientes Marinas | | X | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | 1998-Actual | 1998-2010 | variable | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1993-Actual | 1993-2015 | Diaria | Lellouche, J.-M. et al. (2013) | | - Resolución: 0,083° | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1960-Actual | | mensual | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------------------|-----------------|-------------|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------------|-----------------|----------------|---|--|--|---|---|
| Condiciones Oceanográficas biogeoquímicas y de Productividad | Oxígeno y Nutrientes | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2015-Actual | 1981-2010 | mensual | Graco et al (2020, en prensa) | LHQM/AFIOQG | | | |
| | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2015-Actual | 1993-2010 | quincenal | | Anculle et al (2015) | | |
| | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1960-Actual | 1981-2010 | | variable | | |
| Indicadores Ecológicos y Biológico-Pesquero | 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. | |
| | | Fitoplancton | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2014-Actual | | Mensual | | LFPF/AFIOB/DGIOCC | - Categorías según abundancia: Muy abundante" (>4 mL L ⁻³) Abundante (>3 mL L ⁻³) Escaso (>2 mL L ⁻³) Presente (>1 mL L ⁻³) |
| | | | 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 |
| Floraciones Algales Nocivas | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2014-Actual | | Quincenal | Sánchez & Delgado (2001) | LFPF/AFIOB/DGIOCC | | |
| Indicadores Ecológicos y Biológico-Pesquero | Bentos | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1993-Actual | | Mensual | | LBM/AFIOB/DGIOCC | | |
| | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1976-Actual | | Anual | | LBM/AFIOB/DGIOCC | 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 | | | 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 | | | | X | | | X | X | | | | | | | | | | | | | 1985-Actual | | Mensual/Semestral | | | | |
| | | Anchoveta | | | | X | | | X | X | | | | | | | | | | | | | 1959-Actual | | | | | |
| | Biometría | Jurel y Caballa | | | | X | | | X | X | | | | | | | | | | | | | 1980-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/AFIMM | Se realiza el crucero de pota una vez al año. |
| | Indicadores reproductivos | | | | X | | | | X | X | | | | | | | | | | | | | 1986-Actual | | | Bouchón et al (2001) | LBR / AFIRNP | |
| Aves | | | | X | | | | X | | X | X | | | | | | | | | | | 1996-Actual | | Mensual | 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 III.1.

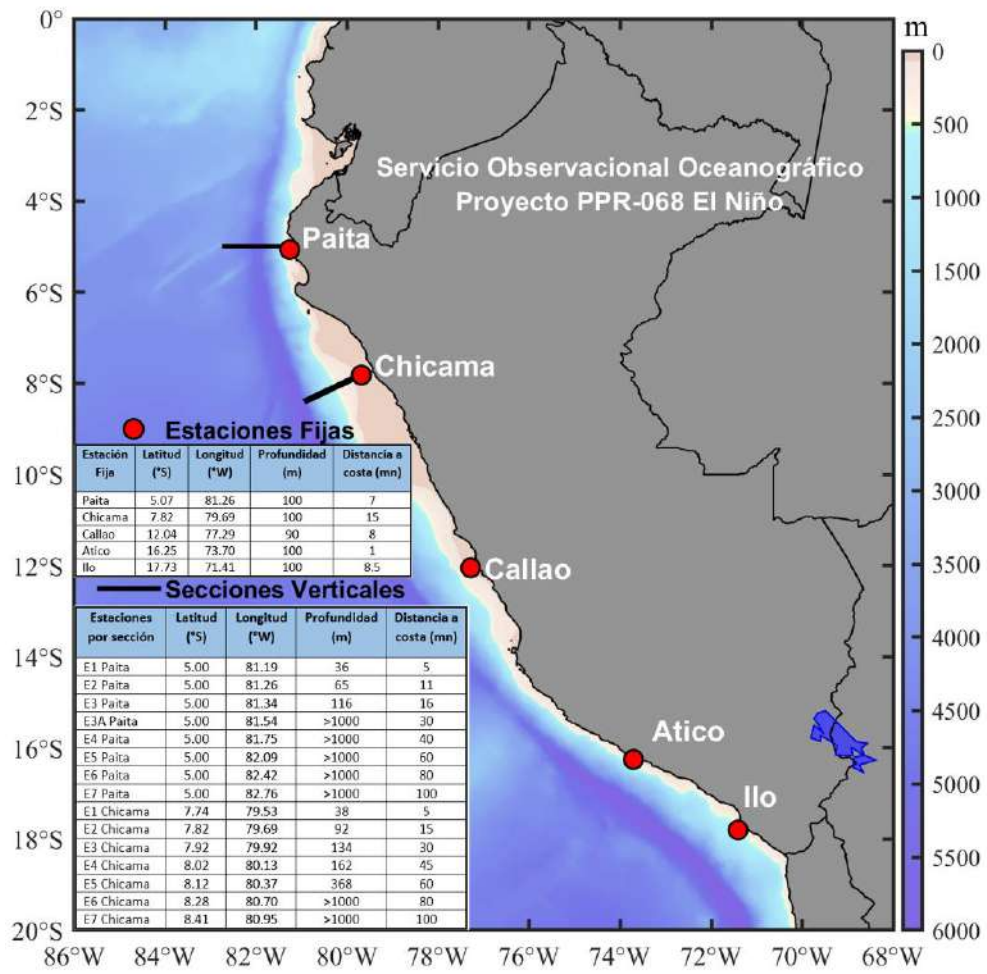


Figura 1. Ubicación geográfica de las estaciones fijas y secciones verticales de Paita y Chicama, sobre la batimetría con ETOPO2.

IV. CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS Y BIOLÓGICO-PESQUERAS EN JULIO 2020

1. CONDICIONES FÍSICAS EN EL PACÍFICO ECUATORIAL Y SUDORIENTAL

1.1. Aspectos Meteorológicos

1.1.1. Distribución del campo de presión a nivel del mar

En el Pacífico Sudoriental, se observó que el APS presentó en promedio un núcleo centrado en los 95° W y 27,5° S, con una intensidad máxima de ~1024,5 hPa, encontrándose desplazado al norte de su posición habitual con una intensidad máxima mayor que su valor climatológico en +1,8 hPa (Figura 2 y 3 a). El campo de anomalías de la presión mensual presentó valores positivos entre +1 y +2 hPa en la región subtropical oriental, y valores alrededor de cero en el Pacífico ecuatorial y frente a la costa peruana (Figura 3 b).

Los índices de intensidad (IAPS) y posición (ILAT, ILON) del APS presentaron para el trimestre mayo-julio 2020 valores de +2,2 hPa, +2,5° y +1,4° respectivamente, evidenciando que la presión a nivel del mar en el núcleo del APS aumentó en intensidad en el último trimestre, mientras que, en promedio, la posición del APS permaneció de acuerdo a su normal. El valor mensual de la anomalía de la presión máxima en fue de +1,8 hPa, mientras que, los valores mensuales de los desplazamientos longitudinal y latitudinal del APS fueron de +0,8° y +1,8° respectivamente (Figura 4).

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 un comportamiento normal frente a las costas de Sudamérica, mientras que, al norte de la banda ecuatorial se presentaron anomalías positivas entre 100°W a 80°W. Así también, se observó un núcleo de anomalías positivas al oeste de la línea de cambio de fecha 180°, indicando una fuerte zona de subsidencia en esa región (Figura 5). La componente zonal del viento en la franja ecuatorial de 5°S a 5°N, mantuvo una dirección predominante de los vientos alisios con un rango entre 2,0 m s⁻¹ a 7,0 m s⁻¹ en el área comprendida entre 140°E y 90°W. En casi toda la banda que va desde los 180°E hasta los 80°W la velocidad zonal presentó condiciones normales, mientras que al oeste de los 150°E se observaron pequeños núcleos de anomalías del este alrededor de 4 m s⁻¹ (Figura 6).

1.2. Aspectos oceanográficos

1.2.1. Condiciones térmicas superficiales

En el Pacífico ecuatorial central, las anomalías negativas de TSM, disminuyeron en extensión, mostrándose retraídas hacia el lado oriental. En promedio las anomalías de -2 °C se expandieron desde el norte de Perú hasta los 97°W, intensificándose cerca de las Islas Galápagos hasta -3 °C, reflejando condiciones más frías anómalas que junio (Figura 7).

La variación semanal de la ATSM (OISST v2) (Figura 8) en la región Niño 1+2 presentó un pico de -1,5 °C a mediados de julio. En la región Niño 3 se mantuvieron constantes las ATSM negativas; mientras que, en las regiones Niño 3.4 y Niño 4 mostraron una tendencia negativa, con la particularidad de que en la región Niño 4 pasó de ATSM positiva a negativa. El promedio mensual de estas anomalías en las regiones Niño 1+2 y Niño 3.4 fue de -1,1 °C y -0,8 °C, respectivamente.

Por otro lado, las ATSM de ERSSTv5, para las regiones Niño 1+2 y Niño 3.4 presentaron una media mensual de $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ respectivamente.

1.2.2. Temperatura en la columna de agua

El contenido de calor en la capa superior (0 a 300 m) del Pacífico ecuatorial central oriental, presentó dos celdas de anomalía negativa propagándose hacia el este, una disipándose cerca de Sudamérica encima de los 100 m y el otro en el Pacífico central debajo de los 100 m que se intensificó hacia finales de mes. En el extremo occidental del Pacífico, se observó débiles anomalías positivas encima de los 100 m. Asimismo, al oeste de los 120°W se notó una intensificación de anomalías positivas encima de los 100 m en los últimos diez días (Figura 9).

La variación temporal del contenido de calor en la zona occidental ($156^{\circ}\text{E} - 155^{\circ}\text{W}$), mostró una tendencia negativa desde mediados de junio, es así que en julio pasó de presentar anomalías positivas a negativas. En el lado oriental ($140^{\circ}\text{W} - 95^{\circ}\text{W}$), las anomalías negativas se atenuaron hasta mostrar un pico débil de anomalía positiva a mediados de julio, que luego volvieron a cambiar a negativas. En general, la capa de 300 m, entre $180^{\circ} - 95^{\circ}\text{W}$, las anomalías negativas variaron en rangos parecidos al lado oriental, observándose a finales del mes valores de $\sim -0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, favorecido por las condiciones frías en el Pacífico central (Figura 10). A lo largo del Pacífico ecuatorial, mientras que en junio se detectó una propagación de anomalías positivas desde el lado occidental hacia el Pacífico central; en julio se observaron anomalías negativas de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ entre 150°W a 130°W , con tendencia a desplazarse hacia el este, mientras que las anomalías positivas perdieron intensidad hacia el sector oriental (Figura 11).

2. CONDICIONES FRENTE A LA COSTA PERUANA

2.1. Aspectos meteorológicos

2.1.1. Velocidad del viento en la costa peruana

De acuerdo con la información procedente del satélite ASCAT, frente a la costa peruana predominaron velocidades de vientos moderados ($> 4,1\text{ m s}^{-1}$) a fuertes ($> 6,8\text{ m s}^{-1}$) en la zona costera y oceánica. Entre los días del 01 al 10 y del 21 al 25 de julio se presentaron vientos fuertes; mientras que, entre los días del 11 al 20 y del 26 al 30 predominaron vientos moderados a ligeramente fuertes (Figura 12).

Respecto a las anomalías de viento, en la zona oceánica estas fluctuaron entre negativas a positivas. Del 01 al 10 y del 21 al 25 de julio, predominaron anomalías positivas ($> +1,0\text{ m s}^{-1}$); mientras que, entre los días del 11 al 20 y del 26 al 31 predominaron anomalías de viento negativas ($> -1,0\text{ m s}^{-1}$) o cercanas a cero (Figura 13).

A lo largo de la franja costera dentro de los 40 km, predominaron vientos moderados a fuertes ($> 6,8\text{ m s}^{-1}$). Entre el 01 al 10 y entre el 21 a 25 de julio, se presentaron vientos ligeramente fuertes a fuertes ($> 6,8\text{ m s}^{-1}$), con anomalías de viento positivas ($> +1,5\text{ m s}^{-1}$), entre Talara a Huacho y anomalías negativas en la zona central y sur; mientras que, entre el 11 al 20 y entre el 26 al 31 de julio se presentaron vientos moderados a ligeramente fuertes en el rango neutro (Figura 14 a, b). En general, el viento presentó un incremento promedio de su intensidad y con mayor presencia de anomalías positivas en comparación al mes de junio.

El afloramiento costero fue persistente durante todo el mes en la mayor parte de la costa, alcanzando mayor intensidad que en junio. El IAC presentó valores mayores a $150 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 100 \text{ m}^{-1}$, desde Talara a Huacho y de Pisco a San Juan de Marcona, mientras que entre Huacho a Pisco presentó valores menores a $150 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 100 \text{ m}^{-1}$. Al sur de San Juan de Marcona, el IAC presentó valores menores a $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 100 \text{ m}^{-1}$, como consecuencia de la ocurrencia de vientos débiles (Figura 14 c).

2.2. Aspectos oceanográficos físicos

2.2.1. Nivel del mar

Las ANM promedio durante julio (Figura 15 b) en comparación al mes de junio (Figura 15 a), presentaron una ligera disminución frente a la costa peruana, variando entre +4 cm y +6 cm, con núcleos de +9 cm, +8 cm y +10 cm frente a Huacho, Pisco y Atico, respectivamente, asociados a la presencia de remolinos anticiclónicos presentes durante todo el mes. Por fuera de los 200 km, se observó un mayor descenso de las ANM, presentando sus menores valores (entre 0 y +2 cm) entre los 15°S y 20°S (Figura 15 b).

A escala pentadal se puede notar que entre Huarmey y Callao se ha mantenido la presencia de un remolino anticiclónico (frente a Huacho) desde junio, aunque disminuyó en intensidad desde la primera hasta la última pentada (Figuras 16 a-f), movilizándose hacia el oeste hasta por fuera de los 200 km durante la quinta pentada (Figura 16 e). Entre los 15°S y 20°S , persistieron dos remolinos ciclónicos durante la primera quincena del mes (Figuras 16 a-c) con ANM cercanas a cero.

En cuanto a la actividad de mesoescala, se detectaron en promedio entre 4 y 10 remolinos por día, manteniéndose la tendencia a disminuir desde mayo, aunque con un mayor predominio de los remolinos anticiclónicos (63 %) sobre los ciclónicos (Figura 17 a). El radio de estas estructuras en promedio tuvo un comportamiento oscilante variando entre 63 km y 78 km, con una ligera disminución respecto al mes anterior (Figura 17 b). Del mismo modo la energía cinética promedio (Figura 17 c) disminuyó ligeramente respecto al mes anterior, variando entre $117 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-2}$ y $224 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-2}$. Además de los remolinos ya mencionados, durante la primera semana de julio, se mantuvo el remolino anticiclónico registrado el mes anterior entre Huanchaco y Chimbote; mientras que, durante la segunda quincena se observó la presencia de un remolino anticiclónico próximo a las costas de Chimbote y Huarmey.

En el área próxima a la Isla Galápagos ($0,125^\circ\text{S}$, $90,125^\circ\text{W}$), las ANM presentaron una tendencia a disminuir hasta mediados de mes (Figura 18 a), para luego aumentar ligeramente hasta +4 cm. Con un filtro pasa banda de 10-120 días, las ANM exhibieron un descenso en la primera quincena, asociado al paso de la onda Kelvin fría, para luego incrementarse durante la segunda quincena del mes (Figura 18 b). Del mismo modo, la variación temporal de las ANM (Figura 27 a) dentro de las 60 m.n., en la franja al norte (5°S a 14°S) y sur (14°S a 18°S) de la costa peruana mostró una tendencia al aumento a mediados de mes. La costa norte presentó un aumento intenso de las ANM filtradas; mientras que, en la costa sur predominaron valores cercanos al rango neutro durante la última semana (Figura 18 b).

En la franja de 60 m.n. (111 km) adyacente a la costa entre el ecuador geográfico y 22°S (Figura 19 a) se pudo notar el incremento de las ANM desde el sector ecuatorial hacia Paita, atenuando el efecto de la onda Kelvin fría durante la primera quincena del mes, extendiéndose este incremento hasta Callao durante la segunda quincena. Las ANM con un filtro pasa banda de 10-120 días (Figura 19 b) indican el descenso predominante del nivel del mar al sur de Paita en la primera quincena, mientras que, en la segunda, predominó un incremento, principalmente en la zona norte y centro.

2.2.2. Temperatura superficial del mar

La TSM en el mar peruano exhibió valores entre 24 °C frente a Tumbes y 15 °C entre Pisco y Matarani. En la zona norte persistió la zona de gradientes térmicos asociada con la presencia del frente ecuatorial, característica que presentó su límite sur frente a Máncora, en la zona costera, y al norte del ecuador geográfico en el extremo occidental. Frente a Paita, en el sector oceánico, continuó la proyección hacia el Noroeste (NO) de aguas superiores a 19 °C, mientras que el sector costero al sur de Máncora, distinguió una franja costera con TSM menores de 18 °C. El sector de Callao a Matarani presentó las menores TSM, así como una mayor proyección de aguas costeras hacia mar adentro frente a San Juan de Marcona y Atico. Por el contrario, entre Huarmey y Huacho, las isothermas de 18 °C y 19 °C persistieron cerca de la costa asociadas, en parte, con la presencia de estructuras de mesoescala (Figura 20 a). Este mes persistió el enfriamiento anómalo entre Máncora y San Juan de Marcona, declinando en intensidad y amplitud de norte a sur. El máximo enfriamiento alcanzó $-2,5$ °C y se localizó frente al sector entre Paita y Punta Falsa. Al sur de Atico ocurrieron condiciones térmicas en el rango neutral con áreas cálidas de leve intensidad cerca de la costa frente a Atico y de Matarani a la costa norte de Chile (Figura 20 b).

A escala pentadal (Figura 21), durante el mes, persistió una permanente ampliación del sector costero más frío hacia mar adentro, proceso notable de las isothermas de 18 °C a 21 °C de Paita al Noroeste (NO) como de las isothermas de 13 a 18 °C de Pisco a Atico, destacando la intensificación y amplitud de la surgencia costera en sectores adyacentes a la costa central y especialmente en la celda de afloramiento de Pisco a San Juan de Marcona; en este último sector la TSM disminuyó en 1 °C – 1,5 °C entre la primera (Figura 21 a) y la última pentada (Figura 21 f). El frente ecuatorial con un gradiente térmico de 6 °C exhibió su límite sur entre Talara y Máncora debido al encuentro de aguas costeras y aguas cálidas del norte. Hacia el norte, a escala regional, se observó el sector oceánico del frente ecuatorial al norte del ecuador geográfico y una configuración zonal de las isothermas de 26 °C y 27 °C que fue migrando hacia el norte con el transcurso del mes. Por su parte, el enfriamiento anómalo fue ampliando su cobertura como intensidad y presentó el mayor enfriamiento (-3 °C) en la cuarta pentada, ampliando su cobertura en las dos últimas (Figuras 22 e, f). Al norte de Talara como al sur de Atico ocurrieron condiciones en el rango neutral y condiciones cálidas anómalas leves, de manera correspondiente. En el primer caso, un incremento puntual ocurrió por la incursión de aguas ecuatoriales del norte.

Los cambios semanales de la TSM indicaron condiciones similares en el sector costero; el cambio más significativo (de hasta $-1,5$ °C) ocurrió de la primera a la segunda semana (Figura 23 b) y de manera puntual, frente a Paita -Talara en la última semana (Figura 23 f). A escala regional, el sector ecuatorial al este de Galápagos se distinguió por su intensa variabilidad (Figuras 23 c-f); entre la segunda y tercera semanas se detectó un notable enfriamiento (5 °C) (Figura 18 d), mientras que entre la tercera y cuarta semanas se registró un calentamiento de hasta 3 °C (Figura 23 e).

En la franja de ~111 km adyacente a la costa, las variaciones latitudinales de las anomalías térmicas (Figura 24 a) indicaron, en promedio, la disminución de la TSM en 1-2 °C con respecto al inicio del mes, presentando -en promedio- enfriamiento anómalo de Paita a San Juan de Marcona y condiciones neutras y cálidas leves de este último punto al sur.

En el litoral, la información disponible (Tabla 1 y Figura 25) de la TSM (°C) y las ATSM (°C) para las estaciones costeras variaron entre 26,8 °C (Tumbes) y 15,3 °C (Huacho, Callao e Ilo). Las anomalías térmicas oscilaron entre +1,7 °C (Tumbes) y -1,5 °C (Chimbote).

2.2.2.1. Índices climáticos y oceánicos

Las series de tiempo de los índices climáticos LABCOS (Quispe & Vásquez, 2015), ITCP (Quispe-Ccalluari et al., 2016), ICEN (Takahashi, et al. (2014), y ONI (Huang et al, 2017) se presentan en la Tabla 2 y la Figura 26. De mayo a julio, el LABCOS declinó paulatinamente como se aprecia en la Tabla 2.

El ITCP en julio fue -0,8; en junio, indicando una tendencia hacia el enfriamiento respecto a los meses anteriores. A escala regional, el ICEN presentó un valor preliminar de -0,72 para el mes de julio, manteniendo una condición neutral con tendencia a enfriamiento desde marzo 2020. De manera similar, las series de ATSM para las regiones Niño 1+2 y Niño 3.4 presentaron una tendencia negativa desde marzo 2020. De este modo, el enfriamiento en la región siguió el mismo patrón que exhibe el Pacífico central, ya que el ONI (-0,21 en julio) también muestra una tendencia descendente, desde febrero 2020.

2.2.3. Salinidad superficial del mar

Según el producto Mercator Océan, la salinidad superficial del mar (SSM) continuó mostrando la presencia de aguas tropicales superficiales (ATS; SSM < 34,0 ups) de Tumbes hacia el norte y de aguas ecuatoriales superficiales (AES; SSM < 34,8 ups) hasta Talara. Las aguas costeras frías (ACF; SSM entre 34,9 y 35,1 ups) predominaron entre Punta Falsa y Pacasmayo y de Callao al sur. Las demás zonas costeras presentaron aguas de mezcla entre las ACF y aguas subtropicales superficiales (ASS). Estas últimas se mantuvieron cerca de la costa principalmente entre Huanchaco y Huarmey, frente a Atico y el extremo sur (Figura 27).

Al contrastar la información del producto Mercator con la información de las boyas ARGO frente a Paita y Chimbote a 60 m.n. y 120 m.n. de la costa, respectivamente, se confirmó el predominio de aguas de mezcla (ACF+ASS) frente a Paita y ASS frente a Chimbote.

A nivel pentadal (Figura 28), la proyección de las ACF frente a Callao ocurrió entre la cuarta y la sexta pentada (Figuras 28 d-f), extendiéndose hacia Pisco durante la última pentada; mientras que, las ASS próximas a la costa se mantuvieron durante todo el mes.

2.2.4. Variabilidad de alta frecuencia registrada en flotadores ARGO

En base a la información de alta frecuencia de las boyas ARGO se analizó los datos de temperatura y salinidad en la columna de agua frente a la costa peruana. A partir de los datos de temperatura y salinidad se calculó sus respectivas anomalías en base a la climatología de temperatura y salinidad desarrollada por IMARPE (1981 – 2010). La boya ubicada a 69 m.n. de la costa frente a Paita (~82,2°W y ~5,2°S), detectó temperaturas entre 12 °C y 16 °C en la capa sobre los 300 m durante el mes, y las isotermas de 17 °C a 19 °C registradas sobre los 50 m en junio no se registraron en el mes de julio. Se registraron anomalías térmicas negativas sobre los 100 m, con valores de -2 °C sobre los 50 m en la primera quincena, asociado al paso de la onda Kelvin fría. Por otro lado, los valores de salinidad sobre los 50 m evidenciaron la presencia de aguas de mezcla (ASS+AES), siendo valores típicos para la época (Figura 29).

Además, en la boya ARGO ubicada a 117 m.n. frente a Chimbote ($\sim 80,4^{\circ}\text{W}$ y $\sim 9,3^{\circ}\text{S}$) se observó un ascenso de las isotermas de 17°C durante todo el mes y anomalías de -1°C sobre los 30 m. La salinidad evidenció la presencia de ASS sobre los 60 m durante el mes, siendo valores acordes a su climatología (Figura 30). En ambas boyas se apreció el desarrollo de anomalías positivas débiles ($< +1^{\circ}\text{C}$) entre los 100 y ~ 250 m en la segunda quincena del mes.

2.2.5. Aspectos biogeoquímicos y de productividad

2.2.5.1. Productividad

La concentración de clorofila-a satelital mensual presentó una ligera disminución respecto al mes anterior. Predominaron concentraciones entre $1\ \mu\text{g L}^{-1}$ a lo largo de la costa dentro de las 60 m.n., con núcleos de $3\ \mu\text{g L}^{-1}$ frente a Pisco y al norte de Ilo, dentro de las 30 m.n. (Figura 31 a). Entre Paita y Pisco persistieron condiciones de neutras a anomalías ligeramente negativas ($-1\ \mu\text{g L}^{-1}$), mientras que del sur de Pisco hasta Ilo, se observaron anomalías positivas ($+1$ a $+2\ \mu\text{g L}^{-1}$) (Figura 31 b).

El promedio pentadal dentro de las 60 m.n. y entre 6°S a 16°S , nos indica que han predominado ligeras anomalías negativas durante el mes de julio ($\sim 0,25\ \mu\text{g L}^{-1}$); sin embargo, los últimos días de julio y primeros días de agosto, las concentraciones se han recuperado, llegando a presentar anomalías positivas (hasta $+1\ \mu\text{g L}^{-1}$) (Figura 31 d).

La cantidad de luz incidente que varía por la presencia de nubes influye en el crecimiento de fitoplancton y la producción de clorofila-a. La fracción de nube, expresada en porcentaje de nubes por pixel (%), fue superior al 80 % entre San José y el norte de Pisco; sin embargo, frente a Paita y entre Pisco e Ilo, el porcentaje estuvo alrededor de 50 % y ~ 30 %, respectivamente, dentro de las 50 m.n. (Figura 31 c).

En la región norte-centro, la disminución de la productividad se encuentra asociada a su ciclo estacional, asociado a un alto porcentaje de fracción de nubes. En la región sur, la baja cobertura de nubes y la presencia de vientos costeros débiles a moderados, que favorecen la estratificación de la capa superficial, podrían haber influenciado en la presencia de anomalías positivas (Figuras 31 c y 14 a). Por otro lado, su distribución costa-océano se vio influenciada por la actividad de mesoescala, debido a que los remolinos pueden transportar condiciones productivas desde la costa hacia el océano (Figura 31 a).

3. INDICADORES ECOLÓGICOS Y BIOLÓGICO-PESQUEROS

3.1. Condiciones biológico – pesqueras de los recursos pelágicos

Durante el periodo 01 enero – 31 de julio 2020, el desembarque de los principales recursos pelágicos ascendió a 2 451 552 toneladas (t). El mayor desembarque correspondió a la anchoveta (*Engraulis ringens*) con el 96,6 %, seguido del jurel (*Trachurus murphyi*) con el 2,5 % y caballa (*Scomber japonicus*). También se observó la presencia de otros recursos pelágicos costeros, siendo el crustáceo *Pleurocondes monodon* “múnida” el de mayor abundancia.

3.1.1. Anchoveta (*Engraulis ringens*)

Al 31 de julio, la captura ascendió a 2 363 536 t correspondiente al 97,5 % de la cuota establecida mediante la R.M. N° 147-2020-PRODUCE (Tabla 3).

3.1.1.1. Distribución, capturas, tallas

Durante la primera quincena de julio se observó una extensión de los cardúmenes de anchoveta hacia el norte, generado por un cambio en las condiciones oceanográficas, pasando de anomalías cálidas desde la segunda quincena de mayo a una condición de neutralidad y núcleos de -1 °C y -2 °C entre Paita y San Juan de Marcona. Se observó la presencia permanente de ejemplares adultos al norte de Huarmey, mientras que los ejemplares juveniles se presentaron a lo largo de la distribución, disminuyendo en forma gradual al norte de Chimbote. Durante la segunda quincena de julio, se redujo la distribución de la anchoveta a la zona entre Pimentel y Malabrigo (Chicama) debido a que la mayoría de las embarcaciones industriales, de mayor capacidad de bodega, acabaron su cuota de pesca en la primera quincena de julio (Figura 32).

La estructura de tamaños de anchoveta durante la primera temporada de pesca en el norte – centro 2020, presentó un rango de tallas entre 7,5 cm hasta 16,5 cm de longitud total (LT), con modas de 13 cm en mayo y junio, y de 12,5 cm en julio. Al comparar las estructuras de tallas en forma mensual en relación con la temporada 2019, se observó que durante el presente año los porcentajes de juveniles fueron mayores a excepción del mes de junio, en el cual se presentó una moda en 12 cm y 43 % de juveniles en el 2019 respecto a un 28 % observado durante el presente año (Figura 33).

3.1.1.2. Indicadores reproductivos y somáticos

Los indicadores reproductivos de la anchoveta del stock norte-centro, evidenciaron un incremento de los procesos de maduración gonadal y desove, lo cual es un comportamiento reproductivo, de acuerdo con lo esperado para la época. El contenido graso de la anchoveta del stock norte-centro, mostró una disminución de su reserva energética con respecto al mes de junio, que va acorde a su condición reproductiva (Figura 34).

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

Los recursos jurel y caballa se distribuyeron dentro las 80 m.n. desde Punta La Negra a Ilo. La presencia de jurel fue mayor de San Juan de Marcona a Ilo; mientras que, la caballa presentó mayor presencia, con dos zonas principales de pesca, al norte entre Punta La Negra y Malabrigo, y en el sur, donde presentó una distribución similar al jurel (Figura 35).

3.1.3. Otras especies pelágicas

En julio, durante la primera temporada de pesca de anchoveta en la región norte - centro se ha registrado la captura incidental de peces costeros y oceánicos e invertebrados de importancia comercial para el consumo humano directo. Dentro de los costeros se capturó a *Sciena deliciosa* “lorna”, los transzonales y oceánicos caballa y bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*), aunque en menor proporción respecto al mes anterior. Los invertebrados capturados fueron *Dosidicus gigas* “pota”, *Dorytheuthis (Amerigo) gahi* “calamar” y *Pleurocondes monodon* “múnida”, los cuales se presentaron en dos zonas principales, de Punta La Negra a Malabrigo (Chicama), observándose una reducción de las capturas respecto a junio, en forma similar a los peces transzonales. Este cambio se ha presentado por la reducción del esfuerzo de pesca en la segunda quincena de julio (Figura 36).

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

3.2.1. Merluza (*Merluccius gayi peruanus*)

En el marco del Régimen Provisional de Pesca del recurso Merluza para el periodo 01 de julio 2020 – 30 junio 2021 (R.M. N° 188-2020-PRODUCE), durante el mes de julio 2020 la flota industrial arrastrera desembarcó un total de 2 810,3 t de merluza, lo que representa, a su vez, el total acumulado por tratarse del primer mes de la temporada (5,5 % del Límite Máximo de Captura Total Permisible – 50 823 t).

La distribución de la flota dirigida a la merluza estuvo fuertemente concentrada al frente y al norte de Punta Sal (sub-área A) en la región Tumbes y, en menor medida, frente a Paita y Talara (entre las sub-áreas B y C) en la región Piura (Figura 37 a). La talla media del recurso fluctuó entre los 30 cm y 37 cm (Figura 37 b). Durante el mes de julio no se pudo realizar los perfiles oceanográficos de oxígeno para las secciones de Paita o Chicama; sin embargo, el paso de la onda Kelvin fría pudo haber promovido la superficialización de las isóneas de oxígeno y el debilitamiento de los flujos del norte, lo que explicaría la alta concentración del stock en el extremo norte del litoral.

3.2.2. Invertebrados

En relación con el calamar gigante (*Dosidicus gigas*), los desembarques realizados por la flota artesanal fueron de 44 982 t, mostrando incrementos en relación con el mes anterior y a julio 2019. A nivel de localidades, el desembarque en Paita fue el más importante (92,4 %), seguido de Chimbote (6,6 %) (Figura 38 a). Así mismo, la distribución del recurso se localizó entre Salaverry y Pisco, observándose las mayores concentraciones entre Chimbote y Huarmey entre las 20 y 75 m.n. de la costa. Esto difiere con lo registrado en julio 2019, en donde se registraron tres núcleos: entre Paita y Pimentel, entre Huacho y Cerro Azul y Mollendo y Morro Sama (Figura 38 b).

El calamar común (*Doryteuthis gahi*) presentó desembarques de 47 t, evidenciando una disminución en comparación con el mes precedente y lo registrado en julio 2019. A nivel de localidades pesqueras, el mayor desembarque se observó en Chimbote con 90,6 % (Figura 39 a).

Respecto al pulpo (*Octopus mimus*) registró un desembarque de 34 t, presentando un incremento en comparación con el mes precedente y a julio 2019. Los mayores desembarques se realizaron en Callao (40,3 %) y Chimbote (39,1 %) (Figura 39 b).

Por último, la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) presentó desembarques de 658 t (preliminar), representando una disminución comparado con el mes precedente y julio 2019. A nivel de localidades pesqueras, el mayor desembarque se realizó en Piura – Sechura (92,2 %) (Figura 39 c).

3.2.3. Recursos de la pesca artesanal

El desembarque de los recursos hidrobiológicos registrados por la pesca artesanal de enero a julio de 2020 fue de 178 mil toneladas (Fuente: IMARPE preliminar), lo que significó un 39 % y 54 % menos que el volumen registrado en el mismo período del 2018 y 2019, respectivamente (Figura 40). El incremento de los volúmenes de desembarque durante este mes se debió principalmente a la finalización de la cuarentena el 30 de junio, propiciando que la flota potera desplegara su esfuerzo de pesca ante la disponibilidad de pota o calamar gigante en la zona centro del litoral.

3.2.3.1. Presencia de otras especies indicadoras

En las regiones de La Libertad y Lima se observaron dos especies indicadoras de aguas cálidas en la pesca artesanal, tales como “chiri lomo negro” *Peprilus snyderi*, y “langosta” *Panulirus gracilis*, de acuerdo con la distribución descrita en la bibliografía especializada (Tabla 4).

3.3. Indicadores ecológicos

3.3.1. 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.

3.3.1.1. Aves

A causas de la coyuntura nacional que se viene presentando a lo largo del 2020, en el mes de julio no se realizaron salidas a las islas y puntas guaneras para evaluar la dieta de aves guaneras. Sin embargo, se pudo obtener información preliminar de la dieta del ave guanera *Phalacrocorax bougainvillii* “guanay” en punta Coles (17°42' LS). La presa principal en la dieta del guanay fue la anchoveta adulta, seguido de la anchoveta juvenil. Además, se observaron otolitos de *Isacia conceptionis* “cabinza” y restos de múnida en los bolos que se fueron observados en el campo.

En el caso de la información poblacional de las aves guaneras, se obtuvo información de dos zonas de evaluación ubicadas al sur de la costa peruana: Punta San Juan y Punta Coles. En relación con el mes de junio, las poblaciones de guanay y *Sula variegata* “piquero” del mes de julio presentaron una tendencia creciente en el número total de individuos. Sin embargo, se informó que la población de aves guaneras de Punta Coles fue inestable a lo largo del mes (Figura 41).

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

4.1 Pronósticos a gran escala de las agencias internacionales

Las anomalías de TSM tuvieron valores negativos en el Pacífico ecuatorial central y oriental pero dentro del rango neutro del ONI indicando condiciones neutras del ENOS. La mayoría de los modelos dinámicos (17 modelos) y estadísticos (8 modelos) de predicción de ENOS (Niño 3.4) de las agencias internacionales (IRI, julio 2020) (Figura 42), pronostican que los valores negativos de las anomalías de TSM en el Pacífico ecuatorial central persistirán durante la primavera austral 2020. En promedio, los modelos dinámicos tuvieron valores menores que los modelos estadísticos. Con respecto a los valores del pronóstico de la ATSM en la región Niño 3.4 para los periodos julio-setiembre y agosto-octubre, los modelos dinámicos indican -0,47 °C y -0,57 °C, respectivamente; mientras que, los modelos estadísticos indican -0,38 °C y -0,43 °C, respectivamente. Por lo tanto, en promedio los modelos estadísticos y dinámicos muestran valores de las anomalías de TSM alrededor del umbral de una condición débil de La Niña en el Pacífico central durante la primavera austral 2020.

Con respecto a la región 1+2, para el trimestre setiembre-noviembre 2020, el modelo ECMWF indica valores entre $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que, los modelos de CFSv2 y NMME pronostican valores promedio entre $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-0,25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 43). En la franja costera frente al Perú, el modelo ECMWF pronostica valores promedio con un rango entre $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, el modelo CFSv2 pronostica valores promedio con un rango entre $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y el modelo NMME pronostica valores de anomalías de TSM con un rango entre $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-0,25\text{ }^{\circ}\text{C}$; asimismo, en la zona oceánica frente al Perú, los modelos ECMWF, CFSv2 y NMME pronostican anomalías de TSM con un rango entre $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4.2 Propagación de ondas Kelvin

Según la simulación de un modelo de oceánico de complejidad intermedia (Illig et al., 2004; Dewitte et al., 2002) forzado hasta el 6 de agosto del 2020 (Figura 44) se aprecia la propagación de una onda Kelvin fría (modo 2) generada en julio en el Pacífico ecuatorial central debido a las anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial central, que llegaría al extremo del Pacífico ecuatorial oriental entre fines de agosto e inicios de setiembre. Asimismo, otra onda Kelvin fría (modo 2) generada entre fines de junio e inicios de julio en el Pacífico ecuatorial occidental debido a las anomalías de vientos del este, llegaría al extremo del Pacífico ecuatorial oriental en setiembre. Entre fines de julio e inicios de agosto, la persistencia de las anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial occidental-central podría generar una nueva onda Kelvin fría (modo 1). Se espera que el efecto de estas ondas frías contribuya a mantener las condiciones frías anómalas frente a la costa peruana durante fines del invierno e inicio de la primavera austral.

4.3 Pronósticos de la TSM frente a la costa del Perú

El modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia del Pacífico tropical ecuatorial (Dewitte et al., 2002; Gushchina et al., 2000), siguiendo la metodología descrita en Quispe-Ccalluari et al. (2017) que usa el ITCP (Quispe-Ccalluari et al. 2018) como indicador, pronostica valores negativos del ITCP dentro del rango de las condiciones frías anómalas en la franja adyacente a la costa durante agosto-noviembre 2020. Por otro lado, de acuerdo con el modelo estadístico basado en el volumen de agua cálida ecuatorial (Matellini et al., 2007) y en el índice del APS, siguiendo la metodología descrita en Quispe-Ccalluari et al. (2017), se pronostica valores negativos del ITCP, pero dentro de una condición neutra durante el mismo período (Figuras 45 y 46).

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.
- Alamo, 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 América, 1967-73. U.S. Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS-SSRS-693: 113p.
- Barnard, J. & L. Karaman, G. S. 1991. The families and genera of marine gammaridean Amphipoda (except marine gammaroids). Part 1. Records of the Australian Museum, Supplement. 13 (1): 1-417.
- Bentamy, A., D. Croize-Fillon, P. 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.
- Castillo, R.; Gutierrez, M.; Peralta, S.; Ganoza, F. 2009. Distribución y biomasa de algunos recursos pelágicos peruanos en primavera 2003. Inf. Inst. Mar Perú. Vol. 36, Números 1-2. p: 45-51.
- 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 Inst. 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. Geophys. 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.
- Dioses T. 1995. Análisis de la distribución y abundancia de los recursos jurel y caballa frente a la costa peruana. Inf. Prog. Inst. Mar Perú-Callao (N°03). Disponible en: <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/885/1/IP%203.pdf>
- 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 Sens. Env., 116, 140-158.
- Elliott W., Paredes F., Bustamante M. (1995). Biología y Pesquería de tiburones de las Islas Lobos, Perú. Inf. Prog. Inst. Mar Perú (N°16).
- ENFEN, 2020 a. Comunicado Oficial ENFEN, N°.01-2020, 13 de enero de 2020.
- ENFEN, 2020 b. Comunicado Oficial ENFEN, N°.02-2020, 24 de enero de 2020.
- Espinoza-Morriberon D., Echevin V., Colas F., Tam J., Ledesma J., Graco M., Vásquez L. 2017. Impact of the El Niño event on the productivity of the Peruvian Coastal Upwelling System. Journal Geophysical Research Oceans, 122 (7): 5423–5444, doi:10.1002/2016JC012439
- Fauchald, K. 1977. The polychaete worms, definitions and keys to the orders, families and genera. Natural History Museum of Los Angeles County: Los Angeles, CA (USA), Science Series. 28:1-188.
- Fischer W., F. Krupp, W. Scheneider, et al. (eds.). 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Roma, FAO. Volumen II y III. 1199p.
- Folkens, P. & Reeves, R. 2002. Guide to marine mammals of the world. National Audubon Society, New York.
- García- Godos, A. 2001. Patrones morfológicos del otolito sagitta de algunos peces óseos del mar peruano. Boletín Instituto del Mar del Perú 20 (1-2). 83 pp.
- Gómez, O. 1972. Contribución al conocimiento de los copépodos de la costa peruana. Tesis de licenciatura, Facultad de biología. UNMSM. Perú.
- Graco M., Anculle, T., Chaigneau A., Ledesma J., Flores G., Morón, O., Monetti F. & D. Gutiérrez. 2020. Variabilidad espacial y temporal del oxígeno disuelto y de la ZMO en el sistema de afloramiento frente a Perú. Boletín Instituto del Mar del Perú, Volumen Especial. En prensa.
- Gushchina D, Dewitte B, Petrossians 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. Ansoorge, 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. Saugtierkunde 46, 384 – 393.
- Murphy, RC. 1936. Oceanic bird of South America. America Museum of Natural History. New York. 1245 pp.
- Ñiquen M., Bouchon M., Cahuin., Díaz E. (2000). Pesquería de anchoveta en el mar peruano. 1950-1999. Bol.Inst. Mar Perú: 117-123.
- 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. Squema-Ediciones. Lima. 159 pp.
- Reynolds, R. W., T. M. Smith, C. Liu, D. B. Chelton, K. S. Casey, & M. G. Schlax, 2007: Daily high-resolution-blended analyses for sea surface temperature. *Journal of Climate*, 20, 5473–5496, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00293.1>
- Rojas de Mendiola B., Ochoa N. & Gómez O. 1981. Los dinoflagelados como indicadores biológicos de masas de agua – Fenómeno El Niño 1972. Mem. Seminario sobre Indicadores Biológicos del Plancton. Instituto del Mar del Perú-UNESCO: 54-73 p.
- Samamé M. 1993. Algunos aspectos de la biología y pesquería del bonito *Sarda chiliensis chiliensis* de la costa norte del Perú. Pag. 261-272. En: E. Castillo de Marrueda (Ed.) Memoria X CONABIOL, 02-07 agosto 1992. Lima-Perú.
- 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 euphausidos en la zona de Callao-Chimbote y la composición general del zooplancton en agosto de 1961. Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología, UNMSM. Perú.
- Santander, H. & Carrasco, S. 1985. Cambios en el zooplancton durante El Niño 1982-1983 en el área de Chimbote. In: Aguilar AET (ed) I Congreso Nacional de Biología Pesquera, Trujillo, 201-206 pp.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1969. Desarrollo y distribución de huevos y larvas de merluza, *Merluccius gayi* (guichenot) en la costa peruana. *Bol. Inst. Mar Perú-Callao*. 2 (3):80-126.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1971. Desarrollo y distribución de huevos y larvas de jurel, *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en la costa peruana. *Inst. Mar Perú-Callao*. 36:23p.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1972. Desarrollo y distribución de huevos y larvas de caballa, *Scomber japonicus peruanus* (Jordan y Hubbs) en la costa peruana. *Inf. Esp. Inst. Mar Perú-Callao*. N° 103:1-10.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1973. Estudios sobre las primeras etapas de vida de la anchoveta. *Inf. Inst. Mar Perú. Callao* 41:1-3.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1977. Variaciones en la intensidad del desove de la sardina, *Sardinops sagax sagax* (J) en la costa peruana en los años 1966-1973. *Bol. Inst. Mar Perú*. 3(3): 73-94.
- Santander H. & O. Sandoval de Castillo. 1979. El ictioplancton de la costa peruana. *Bol. Inst. Mar Perú*. 4(3): 69-112.
- Santander H., Luyo, G., Carrasco, S., Veliz, M. & Sandoval, O. 1981. Catálogo de zooplancton en el mar peruano, primera parte: Área Pisco-San Juan. *Boletín Instituto del Mar del Perú*. 6:1-75.
- Schaeffer P., I. Pujol, Y. Faugere, A. Guillot, N. Picot. 2016. The CNES CLS 2015 Global Mean Sea surface. Presentation OSTST 2016, http://meetings.aviso.altimetry.fr/fileadmin/user_upload/tx_ausyclsseminar/files/GEO_03_Pres_OSTST2016_MSS_CNES_CLS2015_V1_16h55.pdf(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* (Peridinién 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], Volúmen Extraordinario, pp. 329-333.
- Trenberth, K. 1997. The Definition of El Niño. Bulletin of the American Meteorological Society, 78 (12): 2771 – 2777.
- Trigo, F. 2011. Patología sistémica veterinaria. 5ta edición. México D.F. México. 99-101pp.
- Trites, A. 1997. The role of pinnipeds in the ecosystem. Pinniped population, Eastern north Pacific: status, tren and issues. Stone, Goebles y Webster (Eds): 31 – 39. A symposium of the 127th Annual Meeting of the American Fisheries Society. Boston.
- UNESCO. 1981. Programa de plancton para el Pacífico Oriental. Informes de la UNESCO sobre Ciencias del Mar. Informe final del Seminario-Taller realizado en el Instituto del Mar del Peru, Callao 11.
- Vanstreet, R.E., Adornes, A.C., Cabana, A.L., Neymeyer, C., Kolesnikovas, CKM., Dantas, G.P.M., Araujo, J., Catão-Dias, J.L., Gronch, K.R., Silva, L.A., Reisfeld, R.C., Bradaõ, M.L., Xavier, M.O., Viera, O.A.G., Serafini, P.P., Baldassin, P., Canabarro, P.L., Hurtado, R.F., Silva-Fiho, R.P., Campos, S.D.E., Ruoppolo, V. 2011. Manual de campo para a colheita e armazenamento de informações e amostras biológicas provenientes de pinguins de Magalhães (*Spheniscus megallenicus*). São Paulo Brasil. Centro de Pesquisa e Conservação de aves silvestres. 62 p.
- Vazzoler A E. 1982. Manual y métodos para estudios biológicos de populacoes de Peixes. Reproducción y Crecimiento. CNP/PN2, 108 pp.
- Véliz, M. 1981. Sifonóforos como posibles indicadores biológicos. En: Memorias del Seminario sobre indicadores planctónicos del plancton. IMARPE. Callao-Perú, 8-11 setiembre 1980. UNESCO. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe. Montevideo-Uruguay.
- Zuta, S. & O.G. Guillén. 1970. Oceanografía de las aguas costeras del Perú. Bol. Inst. Mar Perú (2): 157-324.

VI. RECONOCIMIENTOS

The Group for High Resolution Sea Surface Temperature (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 1. Valores promedio mensuales de la temperatura superficial del mar (°C) y las anomalías térmicas (°C). Los valores de abril y mayo proceden de la grilla más cercana al muelle costero del producto OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). La TSM en los muelles costeros en los meses de abril y mayo, así como en el mes de junio en el caso de Chimbote no se registró debido a las disposiciones sanitarias por el COVID-19.

| Muelle costero | Lat, °S | TSM, °C | | | | | ATSM, °C | | | | |
|-----------------|---------|---------|------------------|------------------|------|------|----------|------------------|------------------|------|------|
| | | MAR | ABR ¹ | MAY ¹ | JUN | JUL | MAR | ABR ¹ | MAY ¹ | JUN | JUL |
| Tumbes | 3,66 | 29,5 | 27,2 | 26,2 | 27,5 | 26,8 | +1,6 | +1,8 | +0,9 | +1,6 | +1,7 |
| Paita | 5,01 | 23,8 | 21,3 | 20,0 | 17,1 | 17,8 | +0,95 | +0,7 | -0,3 | -1,1 | +0,3 |
| San José | 6,77 | 22,7 | 18,4 | 19,1 | 18,9 | 18,1 | +0,3 | -0,9 | -0,1 | -0,3 | -0,8 |
| Chicama | 7,84 | 18,8 | 17,8 | 18,1 | 16,7 | 16,1 | -0,3 | -1,2 | -0,8 | -0,5 | -0,7 |
| Chimbote | 9,09 | 22,8 | 17,2 | 17,4 | | 17,2 | +0,5 | -1,9 | -1,6 | | -1,5 |
| Huacho | 11,11 | 18,3 | 17,4 | 17,7 | 16,4 | 15,3 | +0,2 | -1,0 | -0,8 | -0,3 | -1,4 |
| Callao | 12,06 | 17,7 | 17,9 | 18,0 | 16,2 | 15,3 | +0,1 | -0,4 | -0,2 | -0,2 | -0,8 |
| Pisco | 13,71 | 23,7 | 19,5 | 18,9 | 19,6 | 18,5 | +0,6 | +0,8 | +0,4 | +0,2 | +0,2 |
| Ilo | 17,63 | 17,3 | 16,8 | 17,6 | 16,4 | 15,3 | +0,3 | -2,1 | -1,2 | +0,5 | -0,0 |

Tabla 2. Valores promedio mensuales de los índices LABCOS, Índice Térmico Costero Peruano (ITCP), Índice Costero El Niño (ICEN), Índice Niño Oceánico (ONI) disponibles para el periodo de abril 2019 a julio 2020. Los índices de las regiones Niño fueron obtenidos del Climate Diagnostics Bulletin (<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/CDB/Tropics/table2.shtml>) y del <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/sst/>.

| AÑO | MES | ÍNDICES CLIMÁTICOS | | | | | | | |
|------|-----|--------------------|------|--------------------|-------|----------|--------|----------|--------|
| | | LABCOS | ITCP | ICEN | ONI | Niño 1+2 | Niño 3 | Niño 3.4 | Niño 4 |
| 2019 | 04 | 0,24 | -0,5 | 0,38 | 0,7 | 0,1 | 0,7 | 0,8 | 0,7 |
| 2019 | 05 | 0,29 | -0,4 | 0,28 | 0,6 | 0,2 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |
| 2019 | 06 | 0,05 | -0,5 | -0,21 | 0,5 | -0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,8 |
| 2019 | 07 | -0,14 | -0,7 | -0,62 | 0,3 | -0,3 | 0,1 | 0,4 | 0,9 |
| 2019 | 08 | -0,15 | -0,7 | -0,86 | 0,1 | -0,4 | -0,1 | 0,2 | 0,9 |
| 2019 | 09 | -0,05 | -0,6 | -1,03 | 0,1 | -0,8 | -0,2 | 0,0 | 0,6 |
| 2019 | 10 | 0,13 | -0,5 | -0,87 | 0,3 | -0,8 | 0,2 | 0,6 | 1,0 |
| 2019 | 11 | 0,32 | -0,2 | -0,78 | 0,5 | -0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,9 |
| 2019 | 12 | 0,48 | 0,0 | -0,58 | 0,5 | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 1,0 |
| 2020 | 01 | 0,47 | -0,1 | -0,16 | 0,5 | 0,03 | 0,18 | 0,53 | 0,98 |
| 2020 | 02 | 0,45 | -0,2 | -0,15 | 0,6 | 0,42 | 0,24 | 0,42 | 1,08 |
| 2020 | 03 | 0,47 | -0,3 | 0,10 | 0,5 | 0,48 | 0,29 | 0,61 | 1,03 |
| 2020 | 04 | (¹) | -0,3 | 0,19 | 0,3 | 0,40 | 0,51 | 0,54 | 0,78 |
| 2020 | 05 | 0,29 | -0,5 | 0,02 | 0,0 | 0,1 | -0,2 | -0,2 | 0,2 |
| 2020 | 06 | 0,09 | -0,7 | -0,51 | -0,2 | -0,7 | -0,7 | -0,4 | 0,2 |
| 2020 | 07 | -0,05 | -0,8 | -0,93 ² | -0,21 | -1,2 | -0,5 | -0,6 | -0,2 |

¹ Dato no disponible.

² ICEN temporal.

Tabla 3. Captura (en toneladas) mensual de anchoveta durante la Primera Temporada de Pesca de la anchoveta en la región norte centro 2020.

| Mes/Flota | Industrial | Ind. Madera | Total | % |
|------------------------------|------------|-------------|-----------|--------|
| Mayo | 511 186 | 48 706 | 559 892 | 23.69 |
| Junio | 1 024 918 | 311 953 | 1 336 871 | 56.56 |
| Julio | 377 210 | 89 563 | 466 773 | 19.75 |
| Total | 1 913 314 | 450 222 | 2 363 536 | 100.00 |
| % | 80.94 | 19.06 | 100.0 | |
| Alcance de la cuota: 97.95 % | | | | |

Tabla 4. Especies cuyo límite sur de su distribución típica varió en las costas de Perú durante el mes de julio 2020.

| Especie | Área registrada | D. Costa (m.n.) | Captura (k) | N de ejemplares | Distribución típica |
|---|-----------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------------------|
| CHIRI LOMO NEGRO <i>Peprilus snyderi</i> | La Libertad | ~1 | 4400 | S/R | Hasta el norte del Perú |
| | Huacho | S/R | 0,164 | 3 | |
| LANGOSTA <i>Panulirus gracilis</i> | La Libertad | S/R | 8 | S/R | Hasta Paita, Piura |

S/R: Sin Registro

VIII. FIGURA

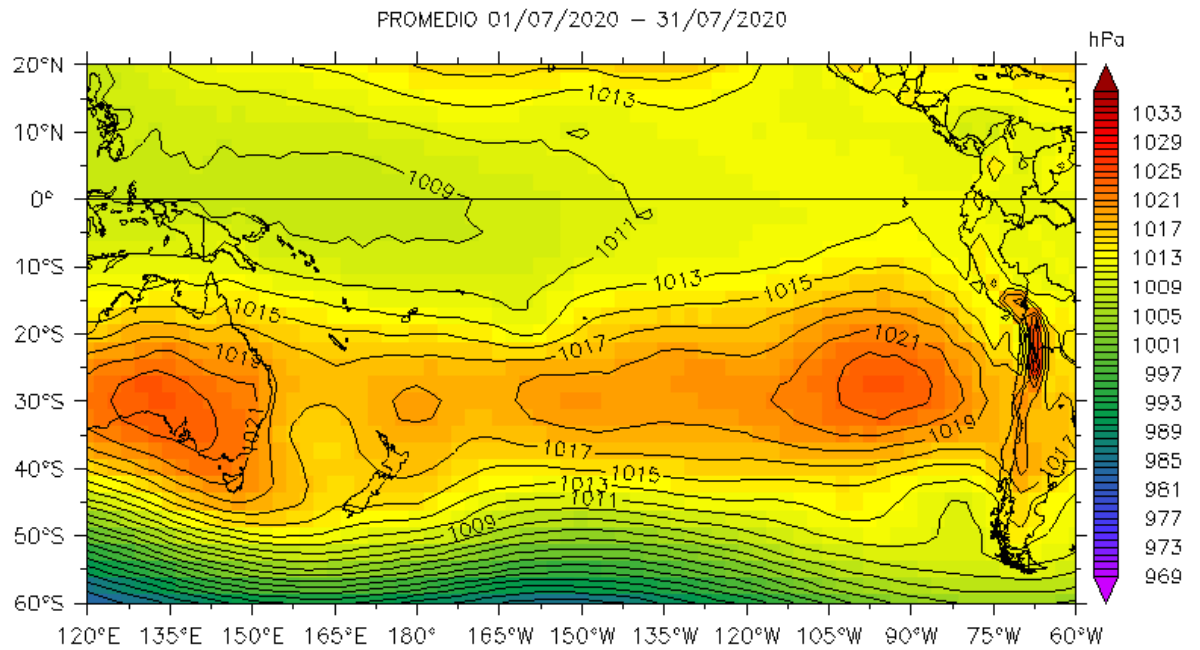


Figura 2. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, promedio 1-31 julio 2020, Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

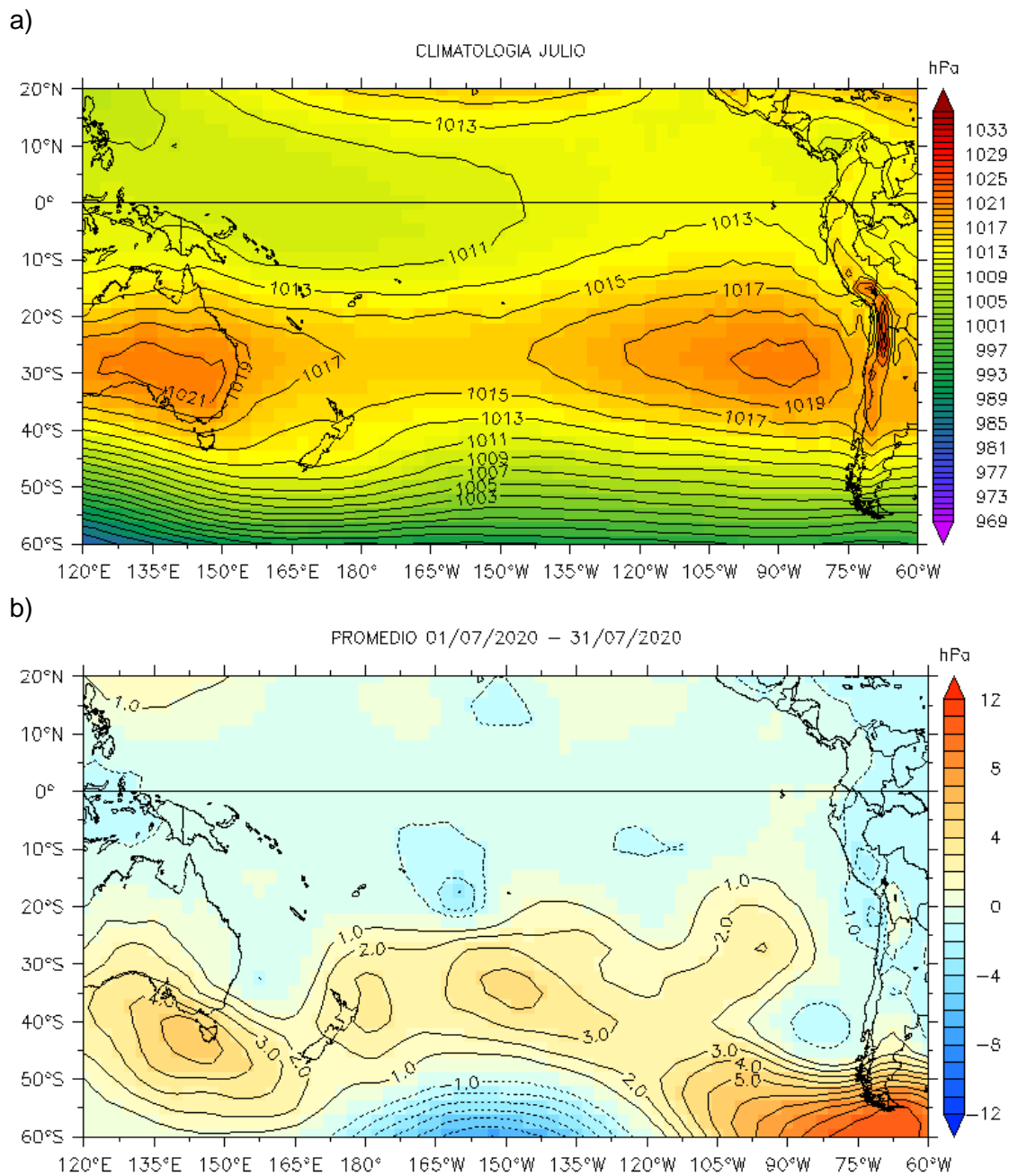


Figura 3. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, climatología (a) y anomalías promedio 1-31 (b) de julio 2020. Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

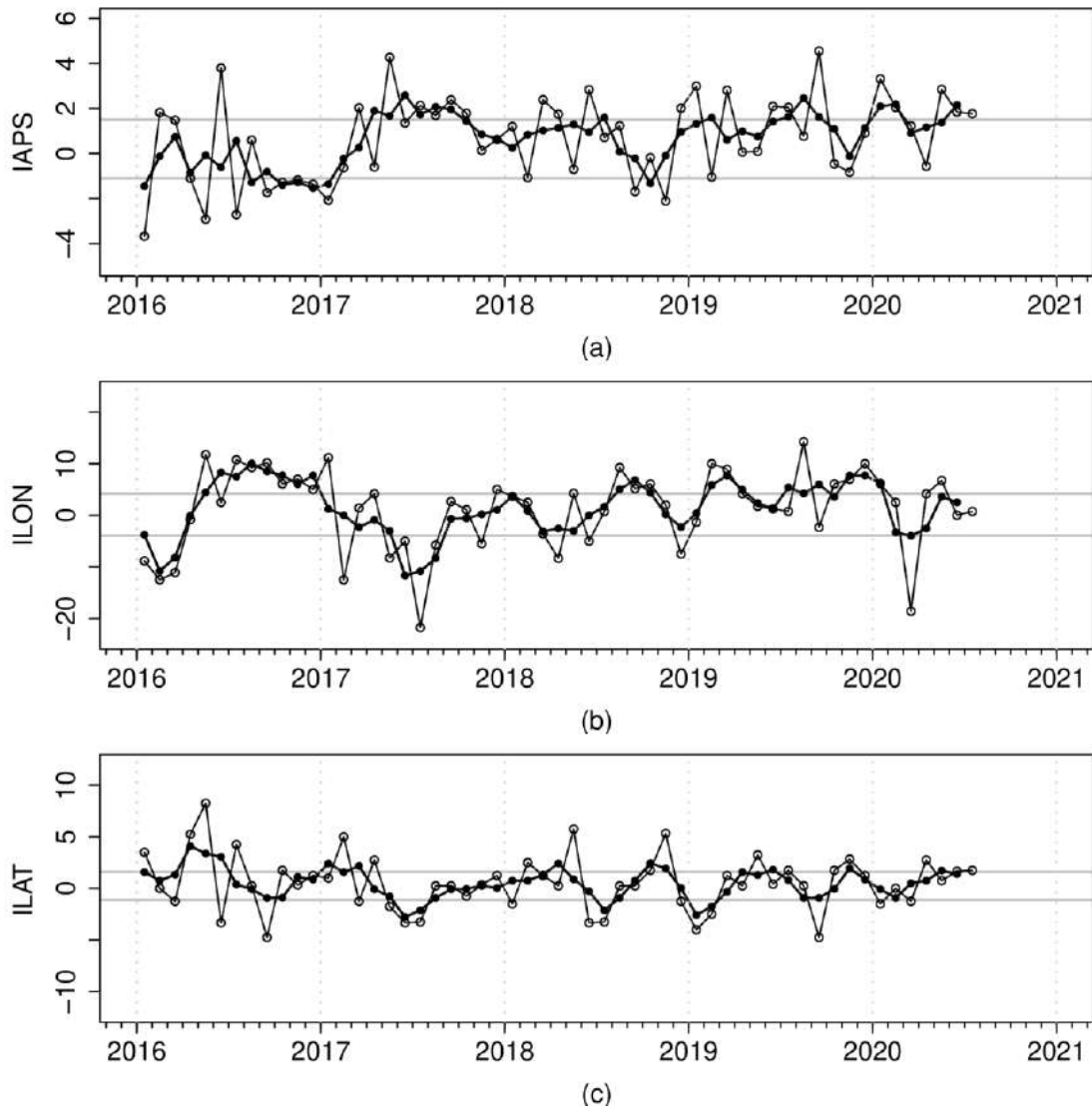


Figura 4. Variación temporal de los índices del APS: a) índice de intensidad (IAPS) e índices de posición b) longitudinal (ILON) y c) latitudinal (ILAT) hasta el trimestre mayo-julio 2020 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2016 – julio 2020.

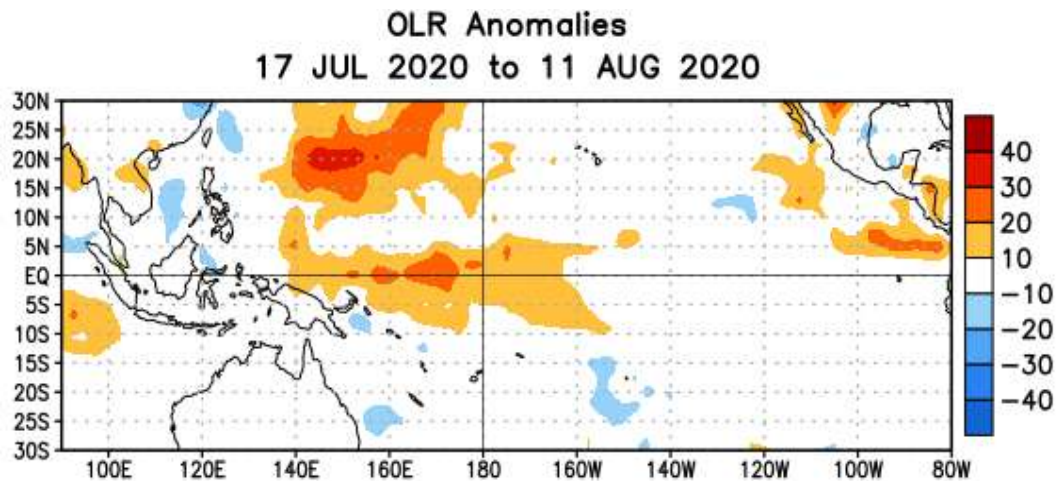


Figura 5. Anomalías del promedio de la radiación de onda larga emitida (OLR, por sus siglas en inglés) ($W m^{-2}$) durante el mes de julio 2020. Las anomalías de OLR se calculan como desviaciones de los penta-promedios del período base de 1981-2010 (Fuente NOAA).

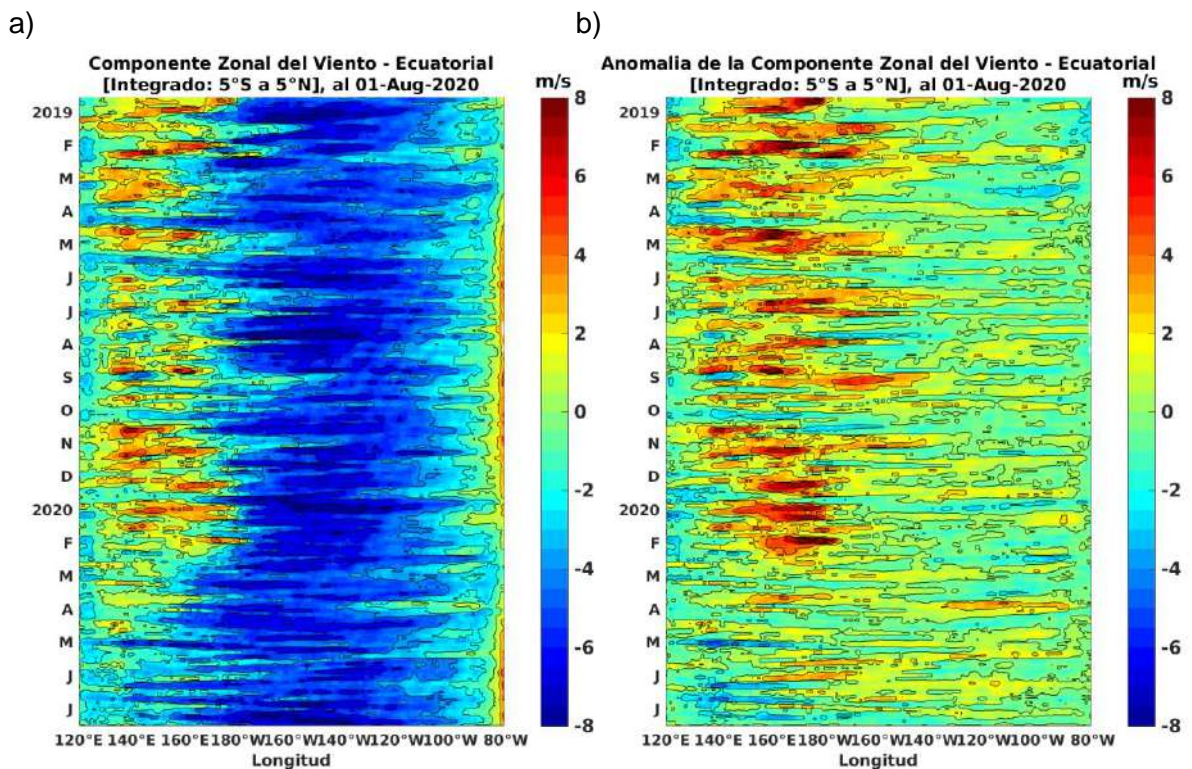


Figura 6. Viento Satelital (integrado en el Ecuador): a) Componente Zonal del viento (m/s), b) Anomalia de la Componente zonal del viento (m/s), durante el último año (Fuente: Satélite ASCAT y modelo GSF, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 01/08/2020.

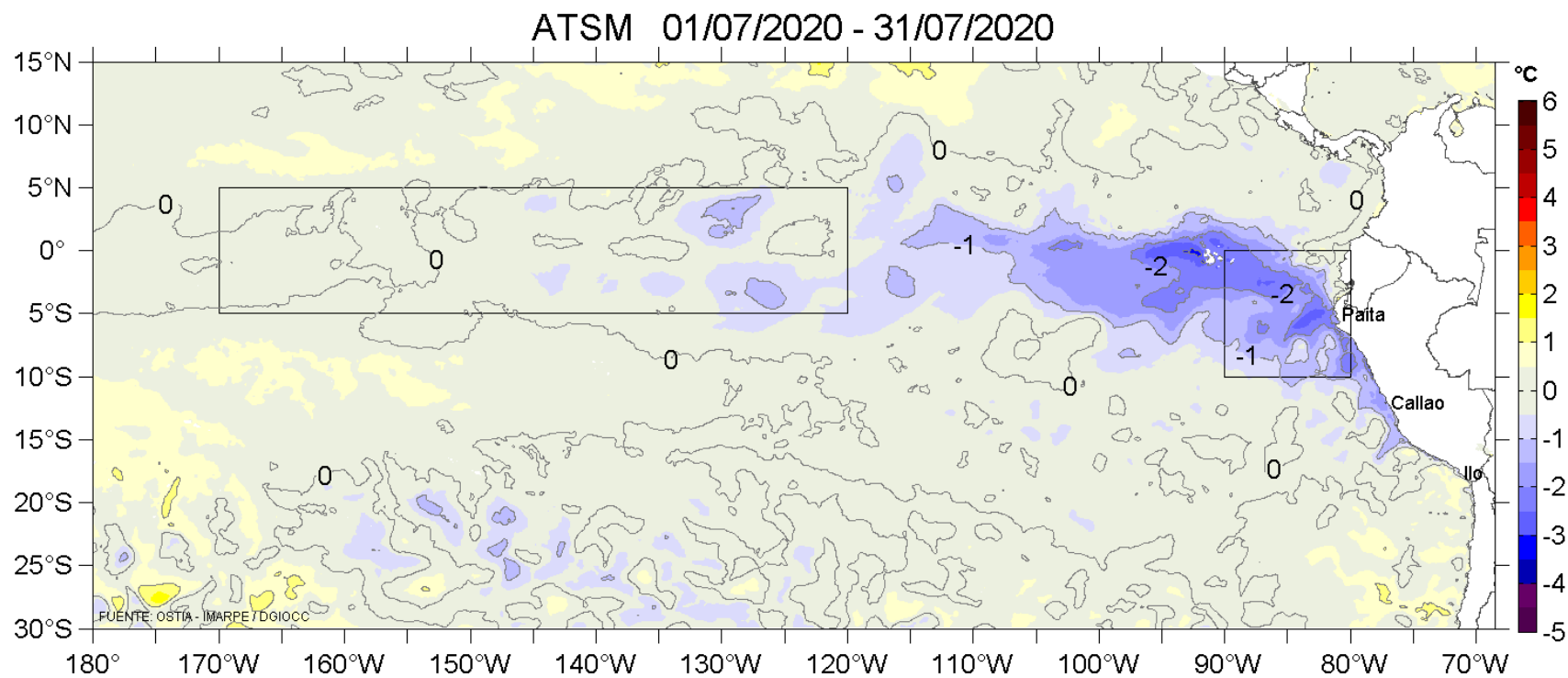


Figura 7. Anomalías promedio de la temperatura superficial del mar (°C) para el mes de julio 2020. Periodo base de 2007-2016. Fuente: PODAAC/OSTIA, Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

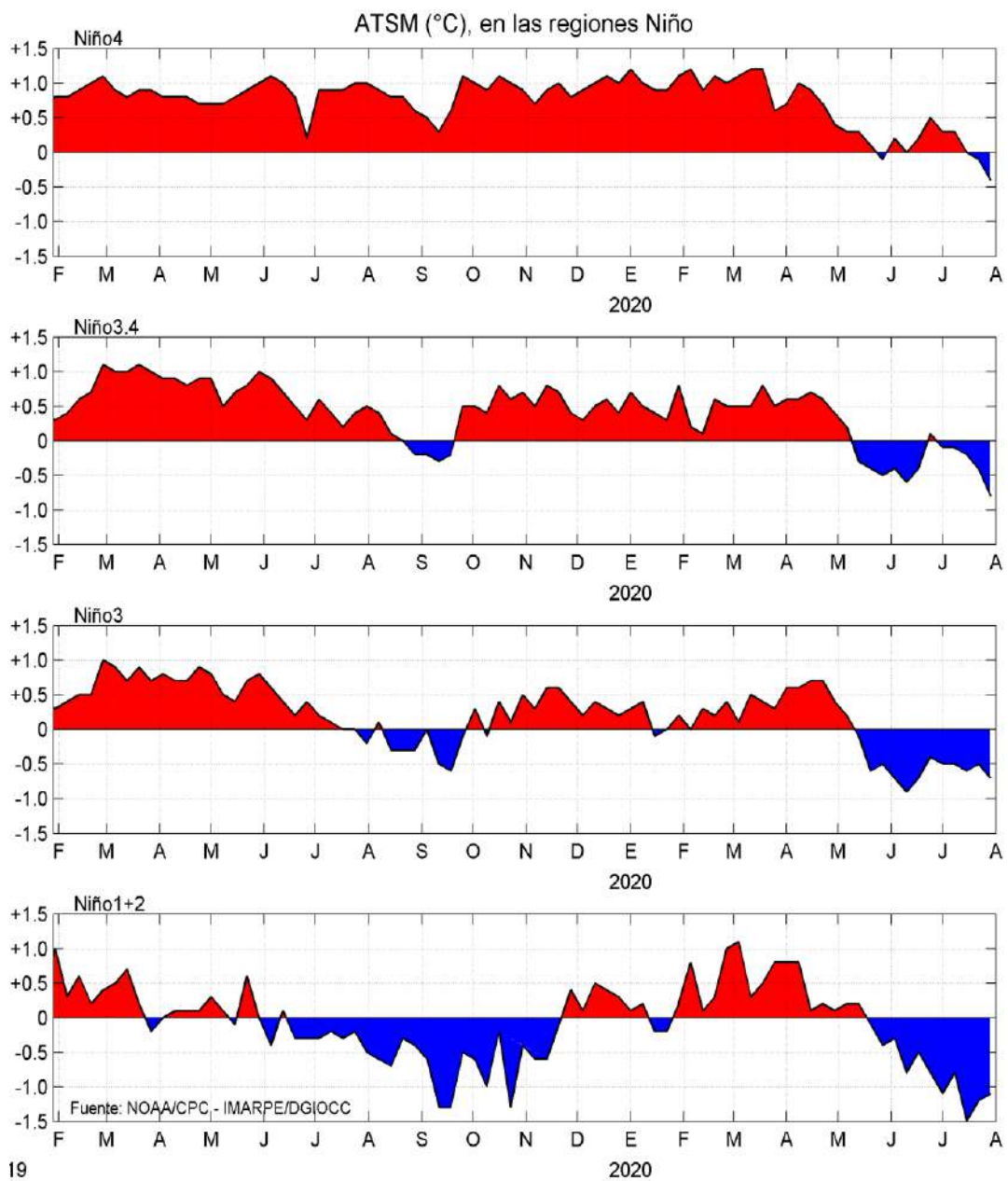


Figura 8. Anomalías semanales promedio de la temperatura superficial del mar (°C) durante dieciocho meses, hasta fines de julio del 2020. Fuente CPC/NOAA, Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

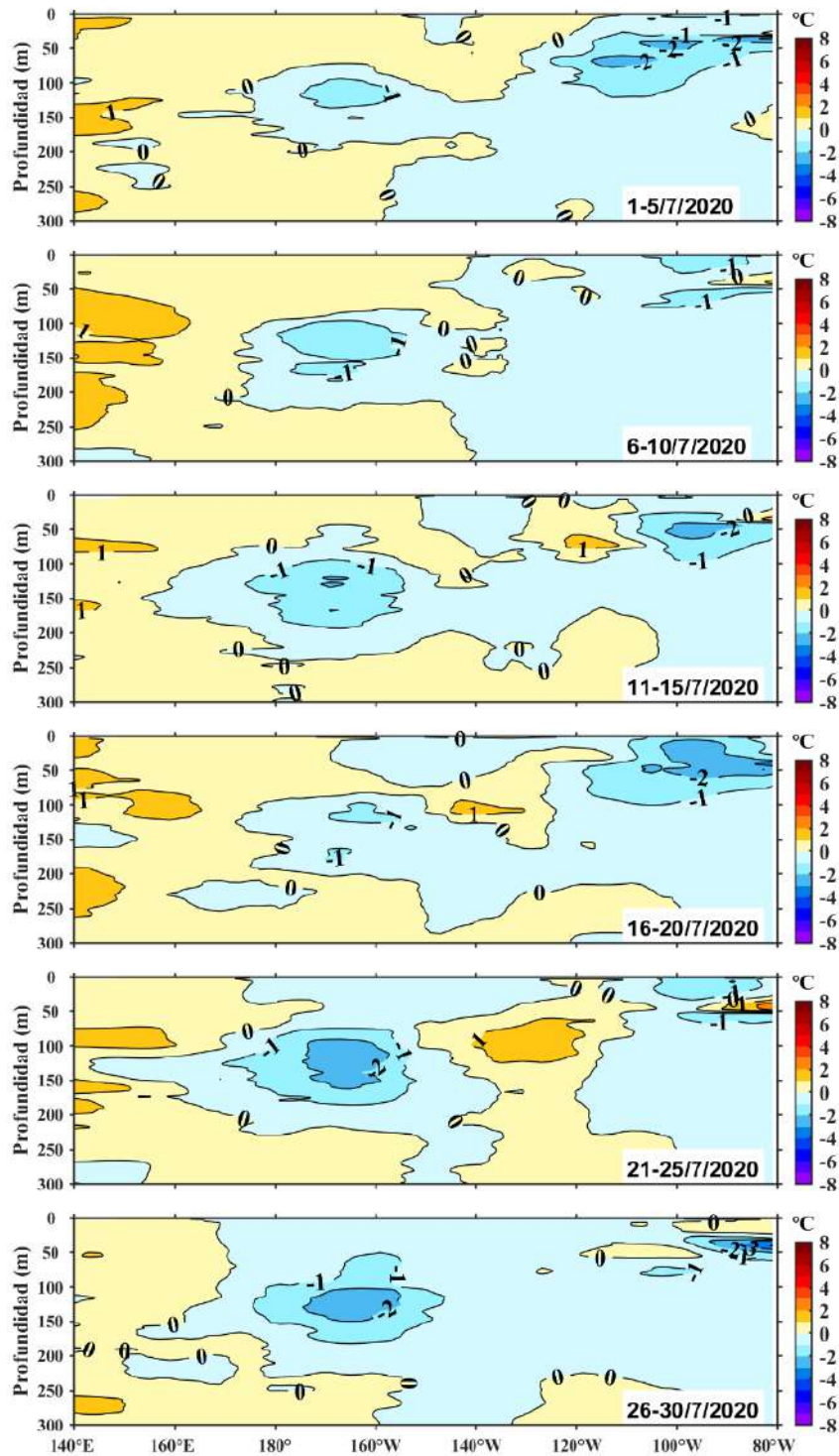


Figura 9. Anomalías de temperatura (°C) en la capa superior (0-300 m) del Pacífico ecuatorial (140°E - 80°W y 2°S - 2°N), en promedios de cinco días durante junio de 2020. Periodo base 1993-2010. Fuente ARGO - TAO/TRITON, Procesamiento AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

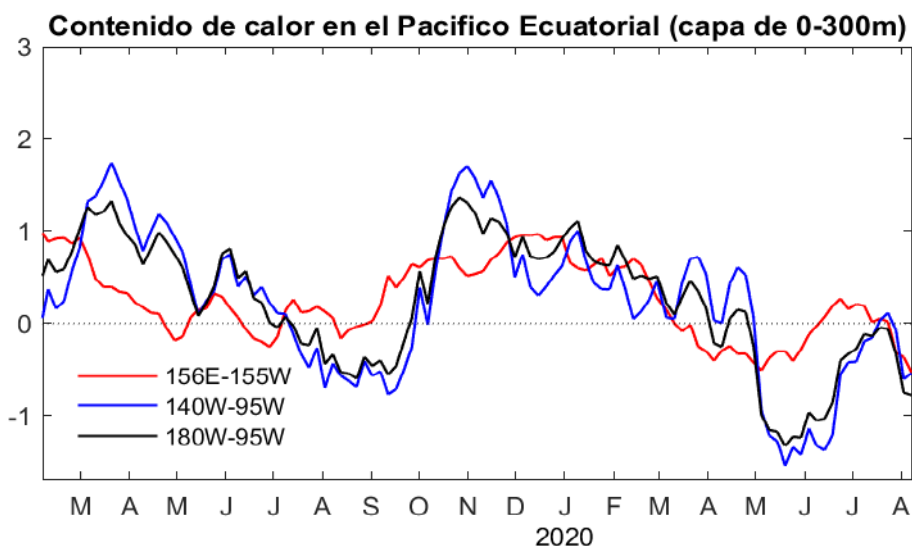


Figura 10. Anomalías del contenido de calor promediado en la capa de 0–300 m del Pacífico ecuatorial (2°S – 2°N y 156°E - 95°W). Periodo base de 1981-2010. Fuente TAO-TRITON/PMEL/NOAA, Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

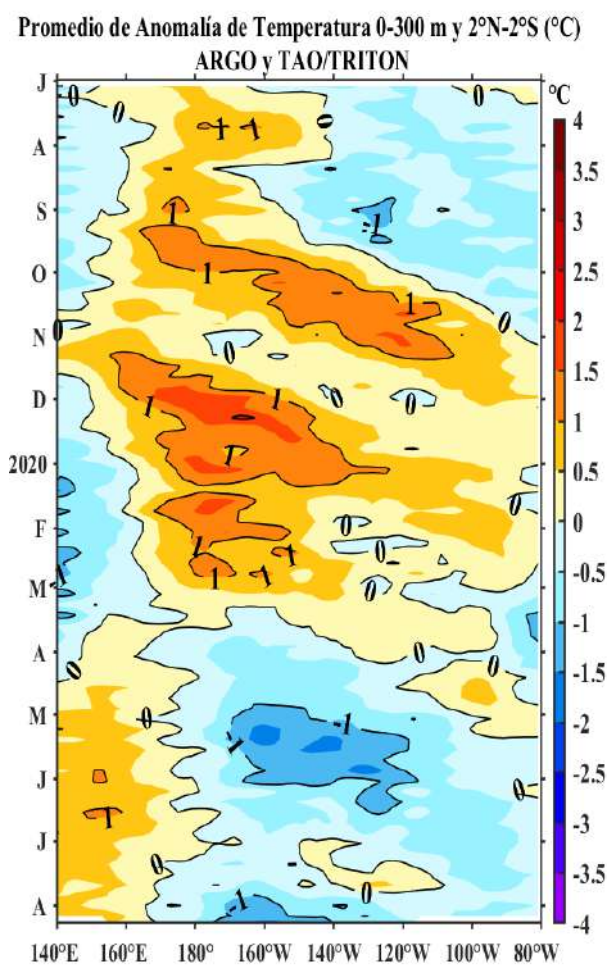


Figura 11. Evolución de las anomalías del contenido de calor promedio en la capa de 0-300 m en el Pacífico ecuatorial (140°E a 80°W), en el periodo de un año, hasta fines de julio del 2020. Fuente: TAO-TRITON – ARGO. Procesamiento: DGIOCC/IMARPE.

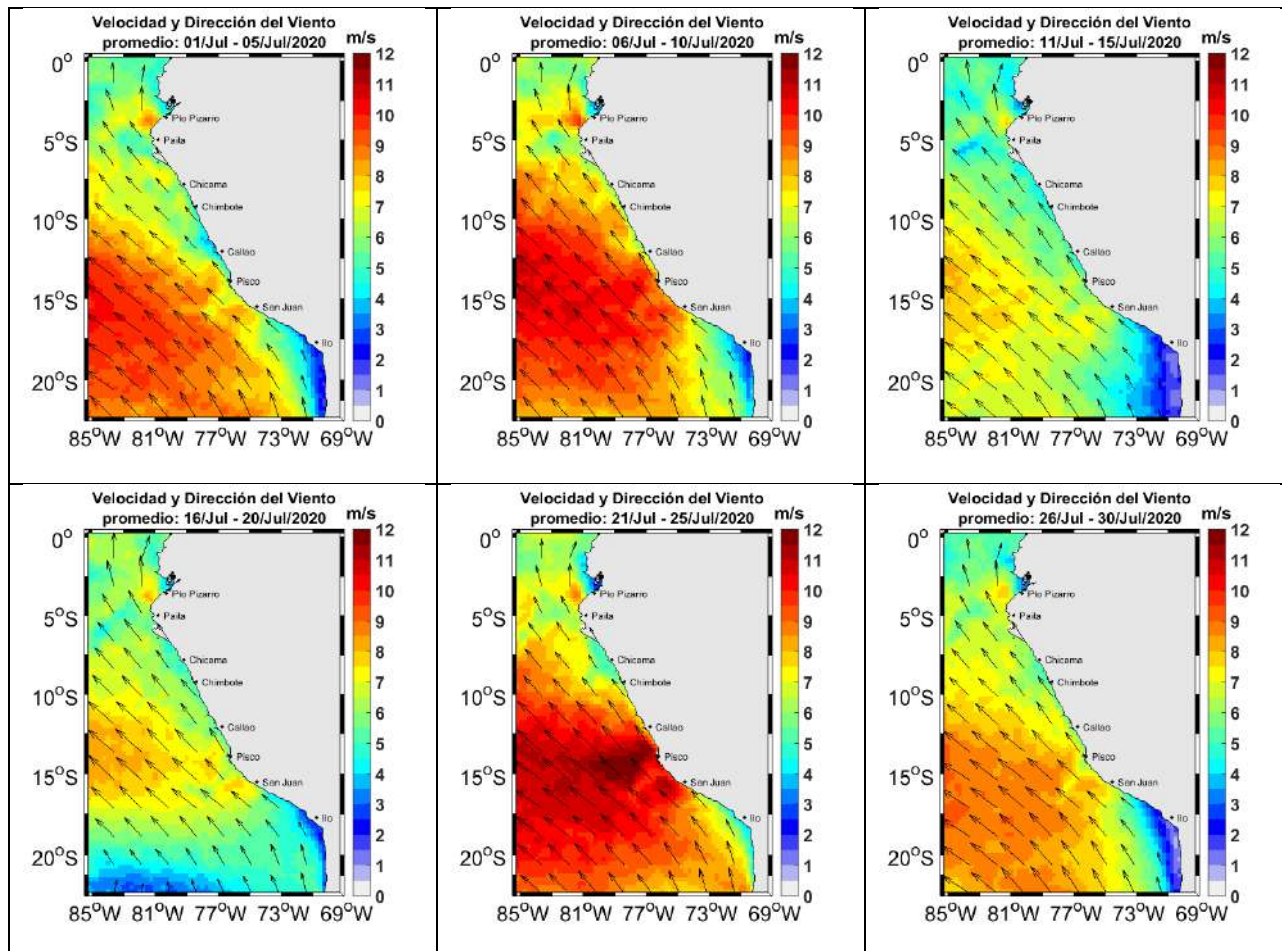


Figura 12. Mapas promedio 5 días de la velocidad del viento satelital (frente a la costa entre el norte de Panamá y la costa peruana): Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio Costero de Santa Rosa/Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.

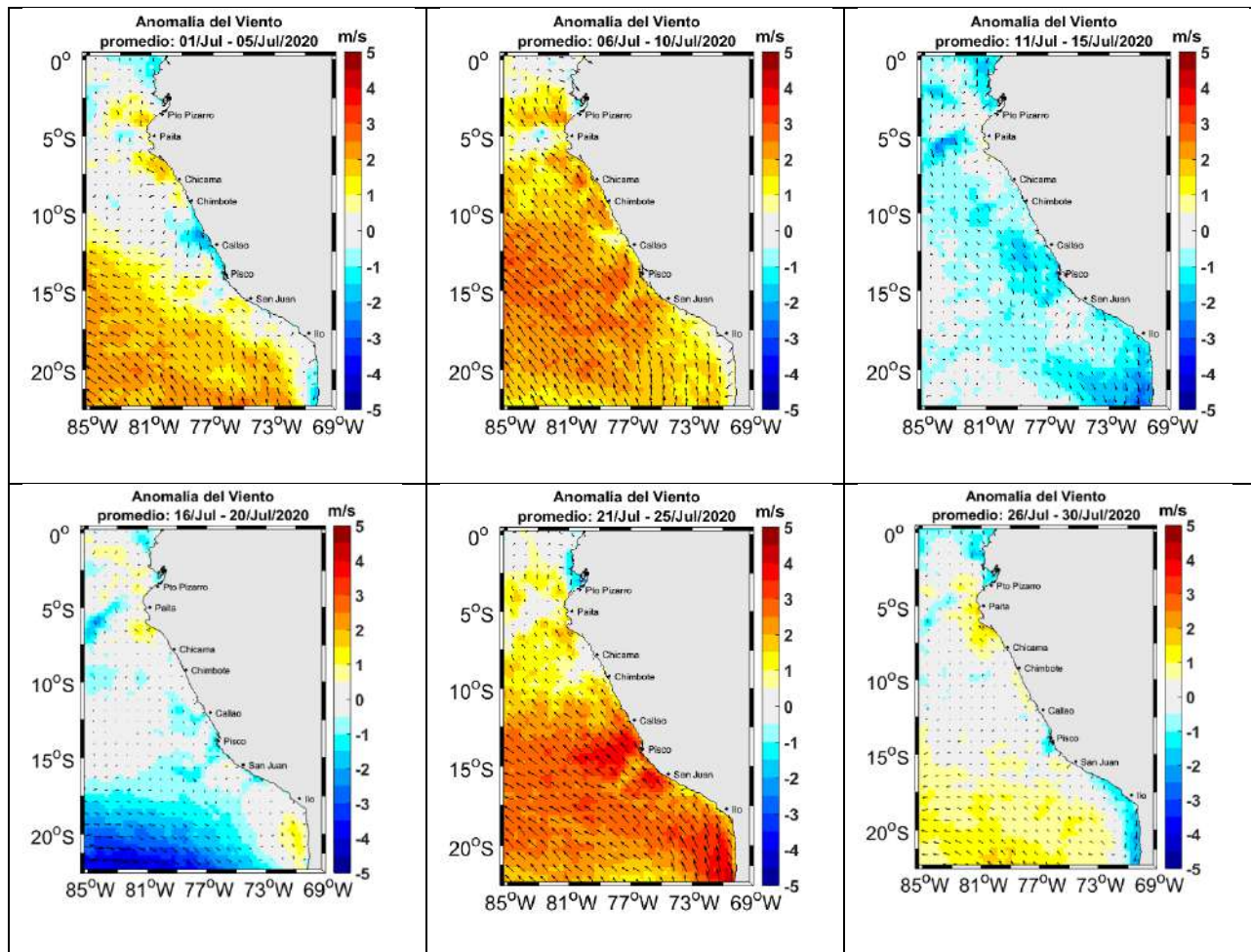


Figura 13. Mapas promedio 5 días de la anomalía de la velocidad del viento satelital (frente a la costa entre el Norte de Panamá y la costa peruana): Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio Costero de Santa Rosa/Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE.

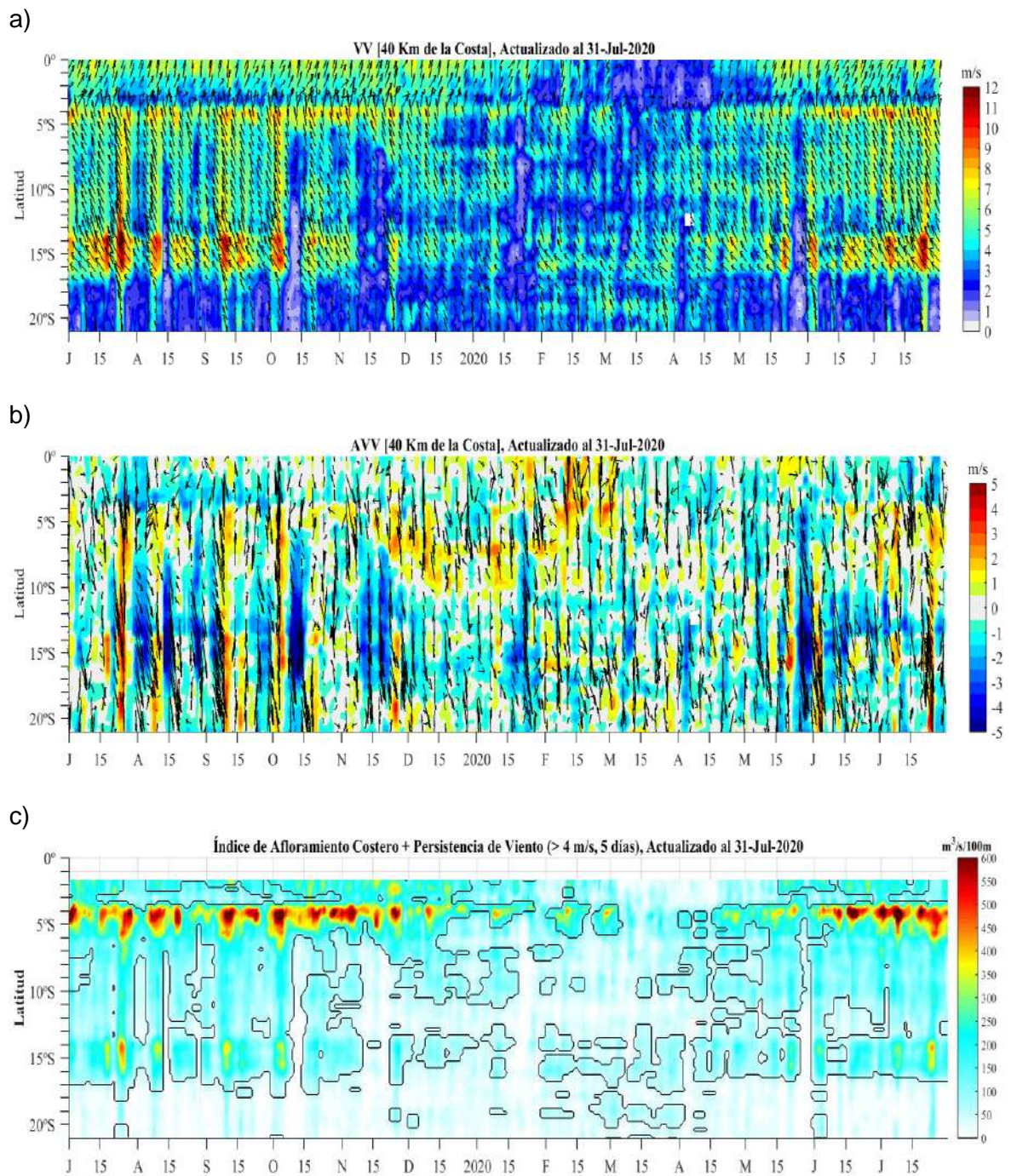


Figura 14. Diagrama Hovmöller de (a) la Velocidad del Viento, (b) la Anomalía del Viento y del Índice de Afloramiento Costero ($m^3 s^{-1} \times 100m$) a lo largo de la costa peruana. El IAC en (c), fue calculado a 40 km frente a la costa del Perú y los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad $> 4 m s^{-1}$ durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT y productos del proyecto COPERNICUS. Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 31/07/2020.

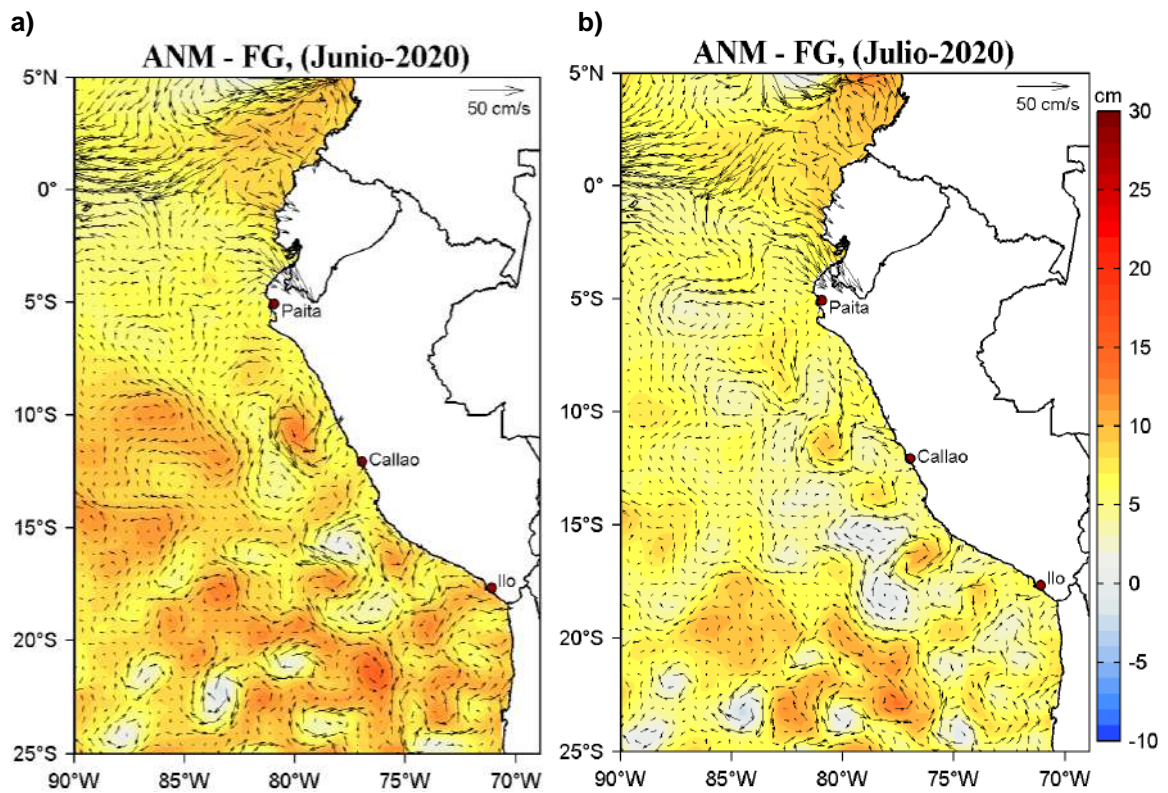


Figura 15. Distribución mensual de las Anomalías del Nivel del Mar (ANM, cm) y los flujos geostroficados (FG, cm s-1) en el Pacífico Sudeste para a) junio y b) julio de 2020. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

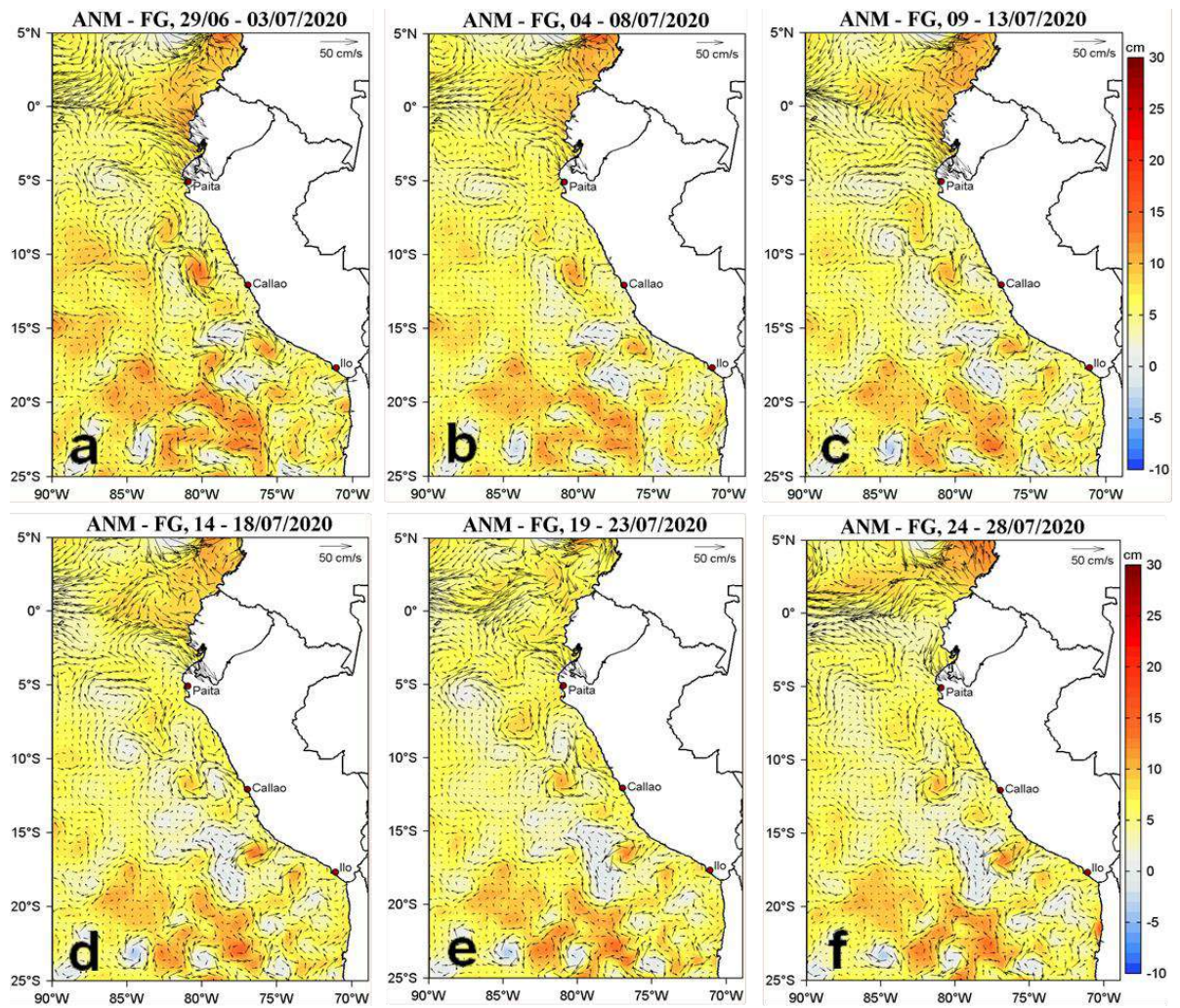


Figura 16. Distribución pentadial de las Anomalías del Nivel del Mar (ANM, cm) y los flujos geostroficados (FG, cm s^{-1}) en el Pacífico Sudeste durante el mes de julio de 2020. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

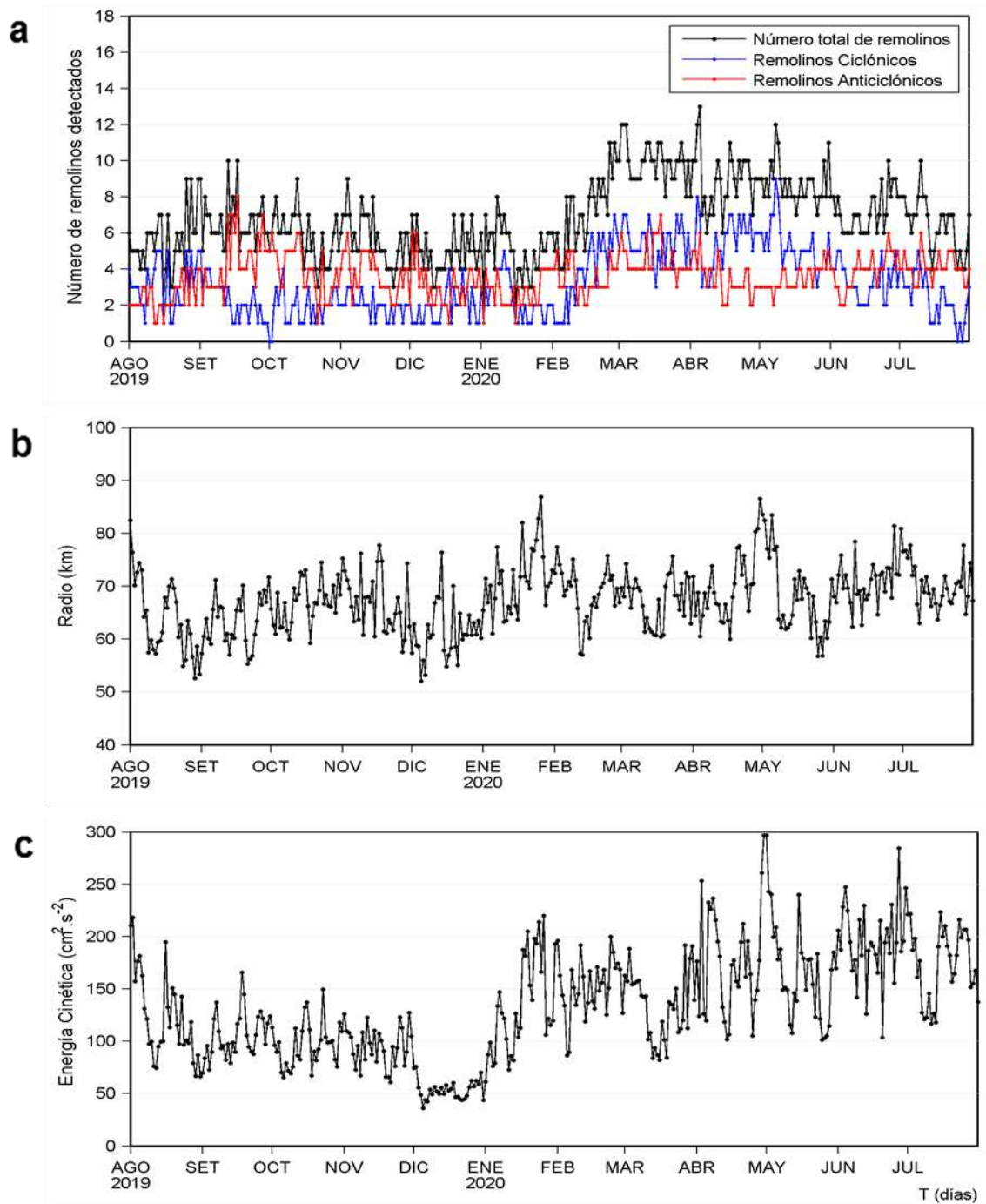


Figura 17. Variación diaria de: a) número de remolinos detectados, b) radio promedio (km) y c) la energía cinética promedio ($\text{cm}^2 \text{s}^{-2}$) de los remolinos entre 3°S y 18°S y de 70°W a 84°W de agosto de 2019 a julio de 2020. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

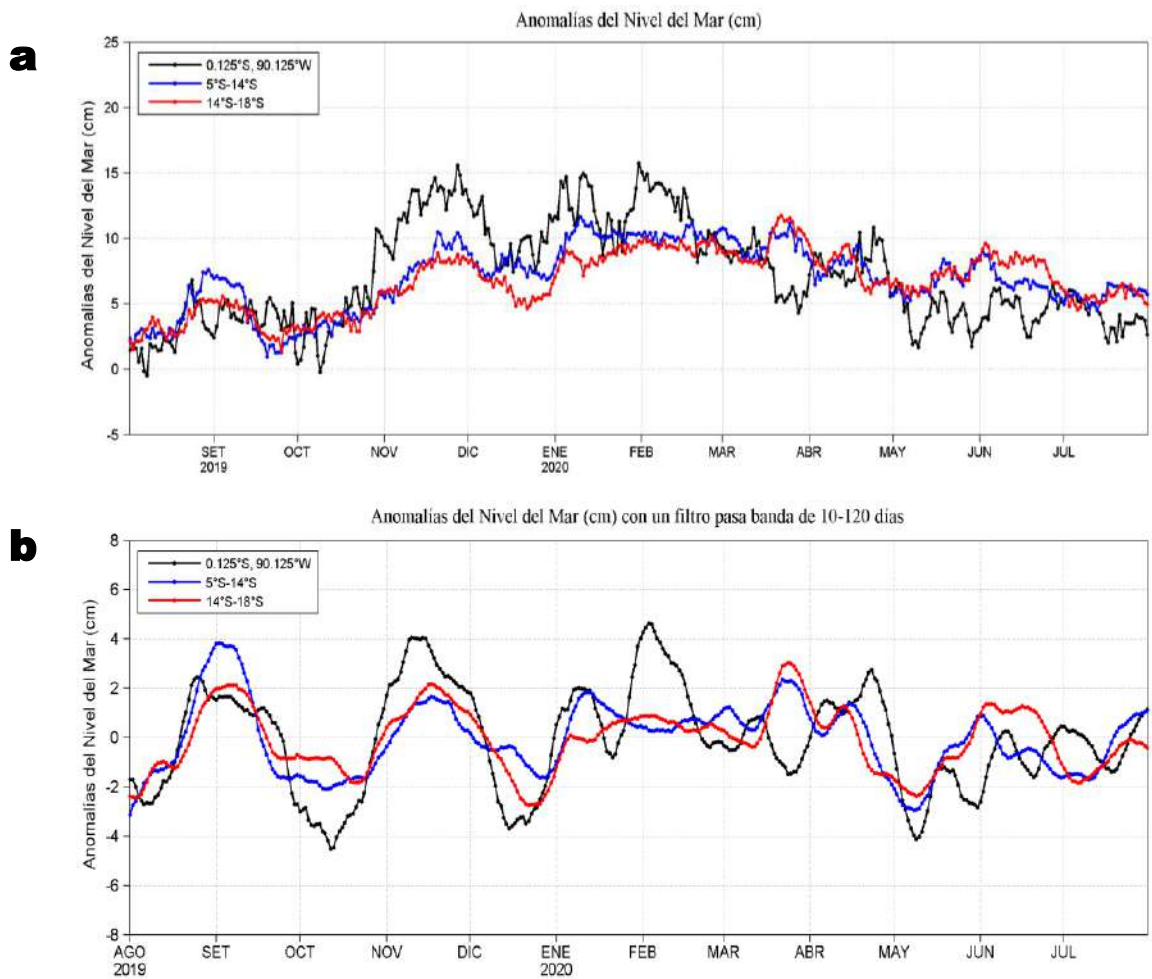


Figura 18. Variación temporal de las a) Anomalías del Nivel del Mar (cm) y b) Anomalías del Nivel del Mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para tres áreas promedio para los últimos doce meses: i) Área de 75 km centrada en 0,125°S y 90,125°W, ii) Área promedio de 60 m.n. (~111 km) entre 5°S – 14°S y iii) Área promedio de 60 m.n. (~111 km) entre 14°S – 18°S. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 (a) y 1993-2010 (b). Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

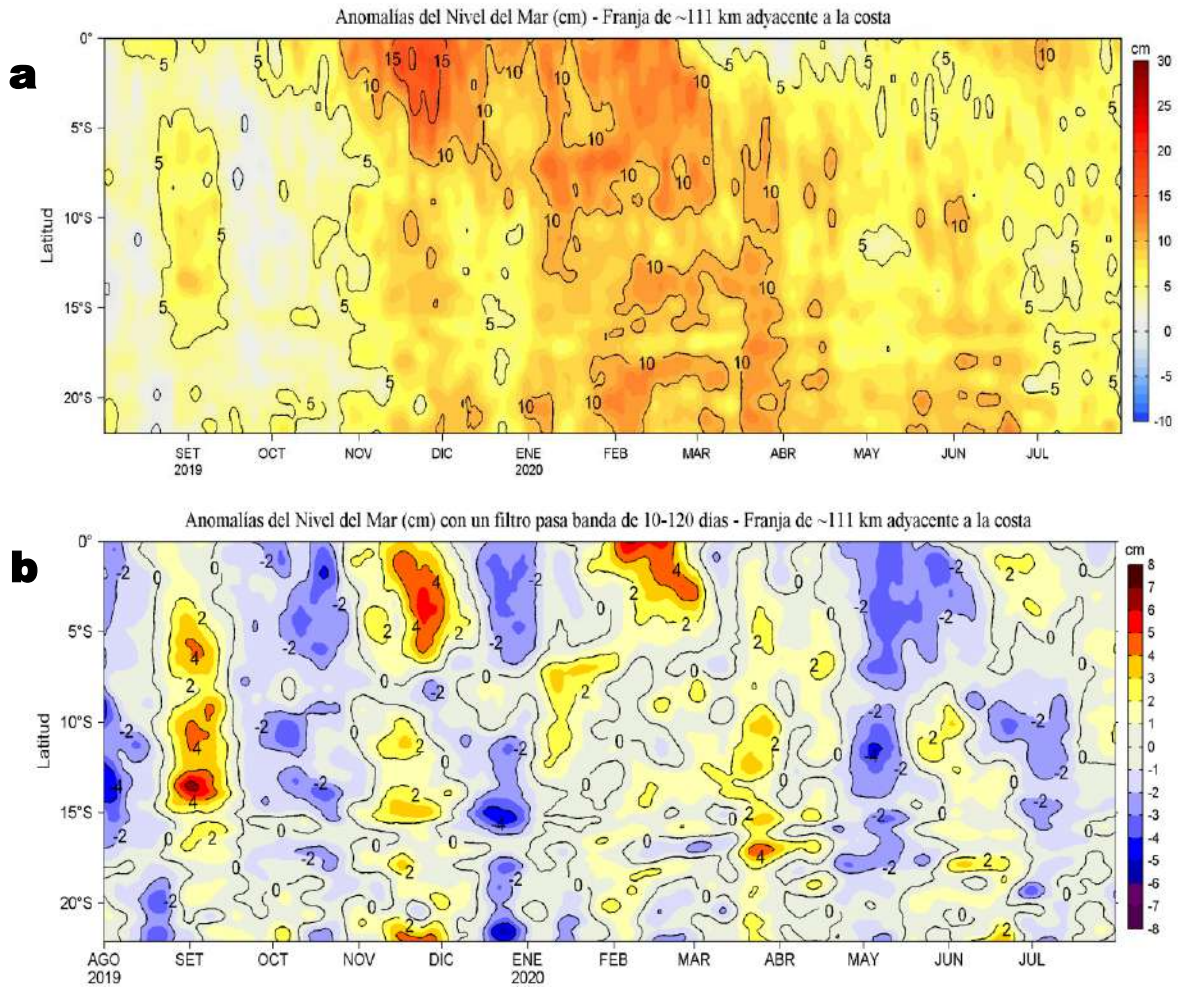


Figura 19. Evolución diaria de las a) Anomalías del Nivel del Mar (cm) y b) Anomalías del Nivel del Mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para una franja de 60 m.n. (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos doce meses. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 para (a) y 1993-2010 para (b). Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

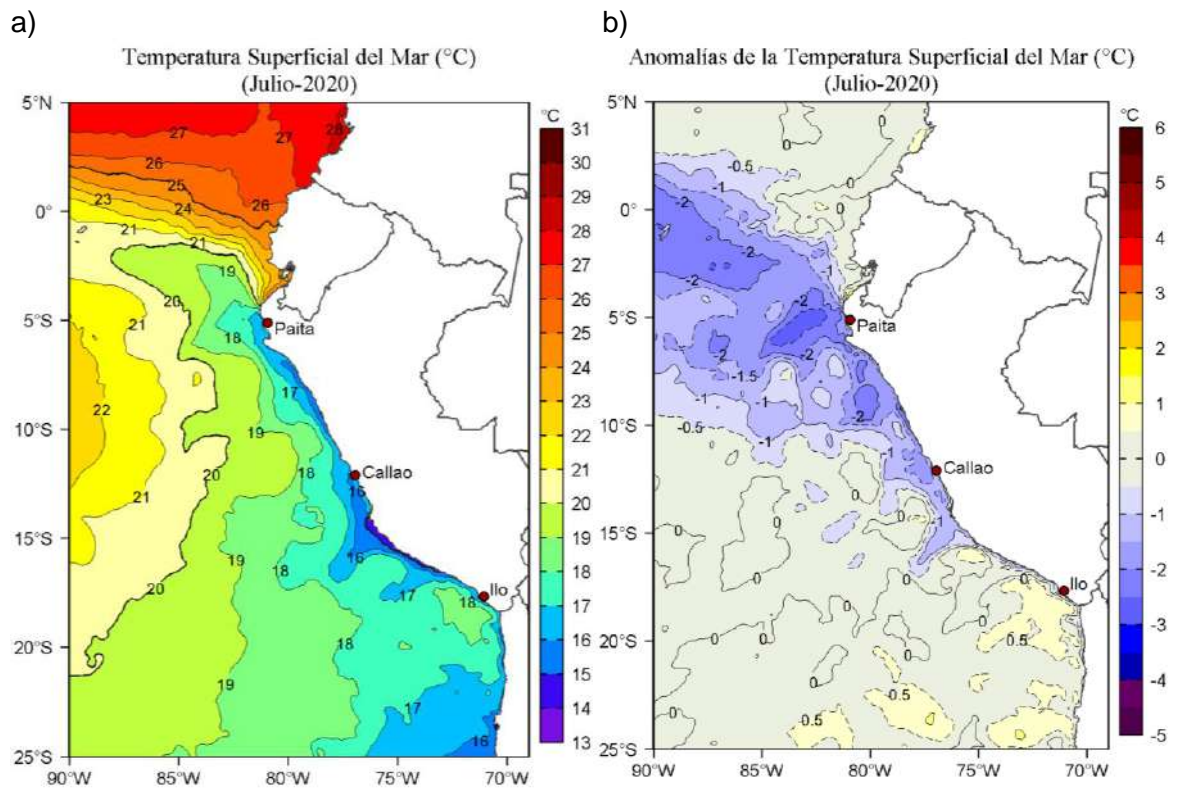


Figura 20. Distribución espacial promedio mensual de: a) Temperatura superficial del mar (TSM, °C) y b) Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar (ATSM, °C) para el mes de julio de 2020 en el océano Pacífico tropical oriental. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

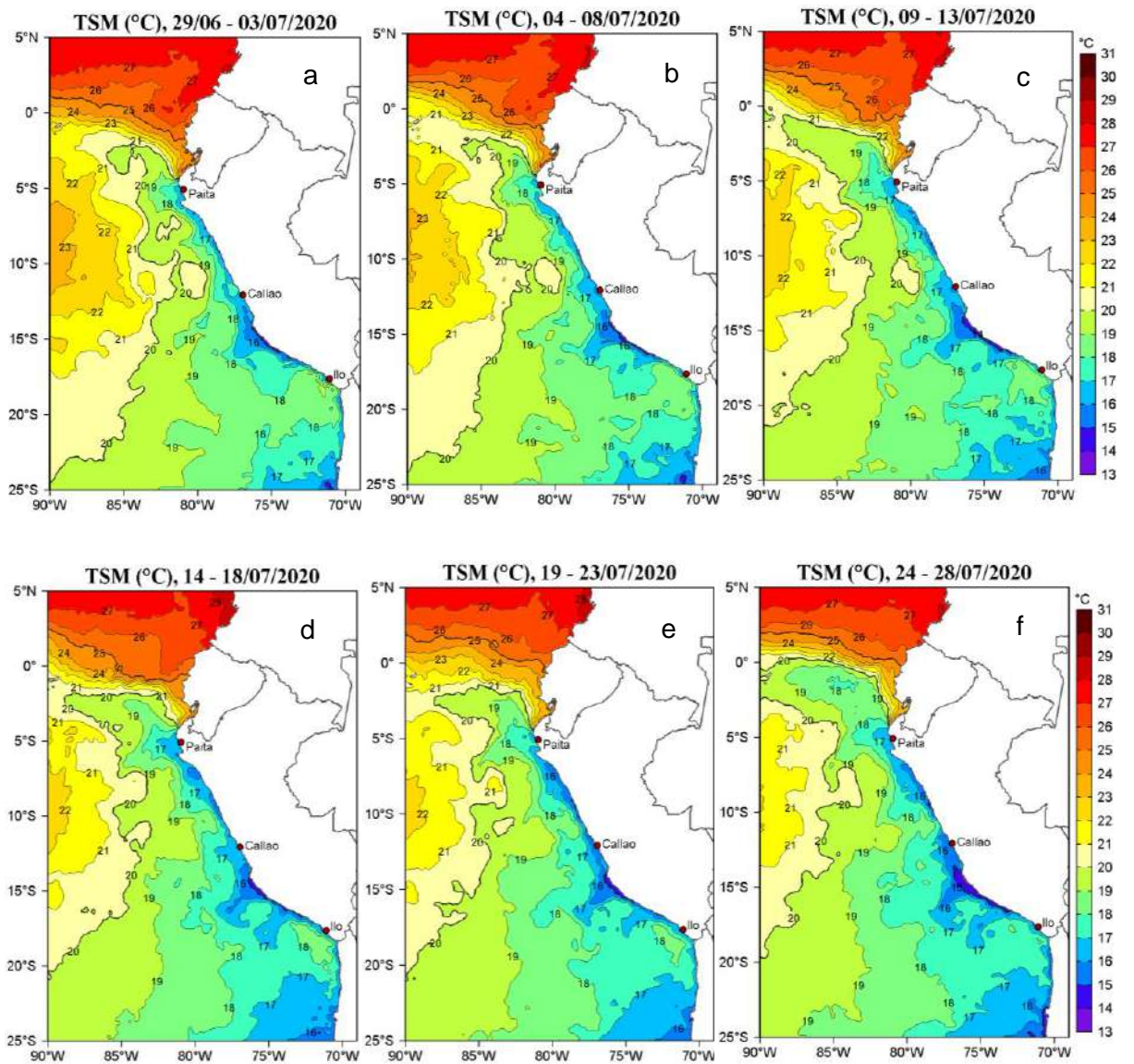


Figura 21. Distribución espacial promedio pentadal de la temperatura superficial del mar (TSM, °C) para el mes de julio de 2020 en el océano Pacífico tropical oriental para las pentadas: a) 29 de junio-03 de julio, b) 04-08 de julio, c) 09-13 de julio, d) 14-18 de julio, e) 19-23 de julio y f) 24-28 de julio. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). La escala de colores de la TSM se presenta a la derecha. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

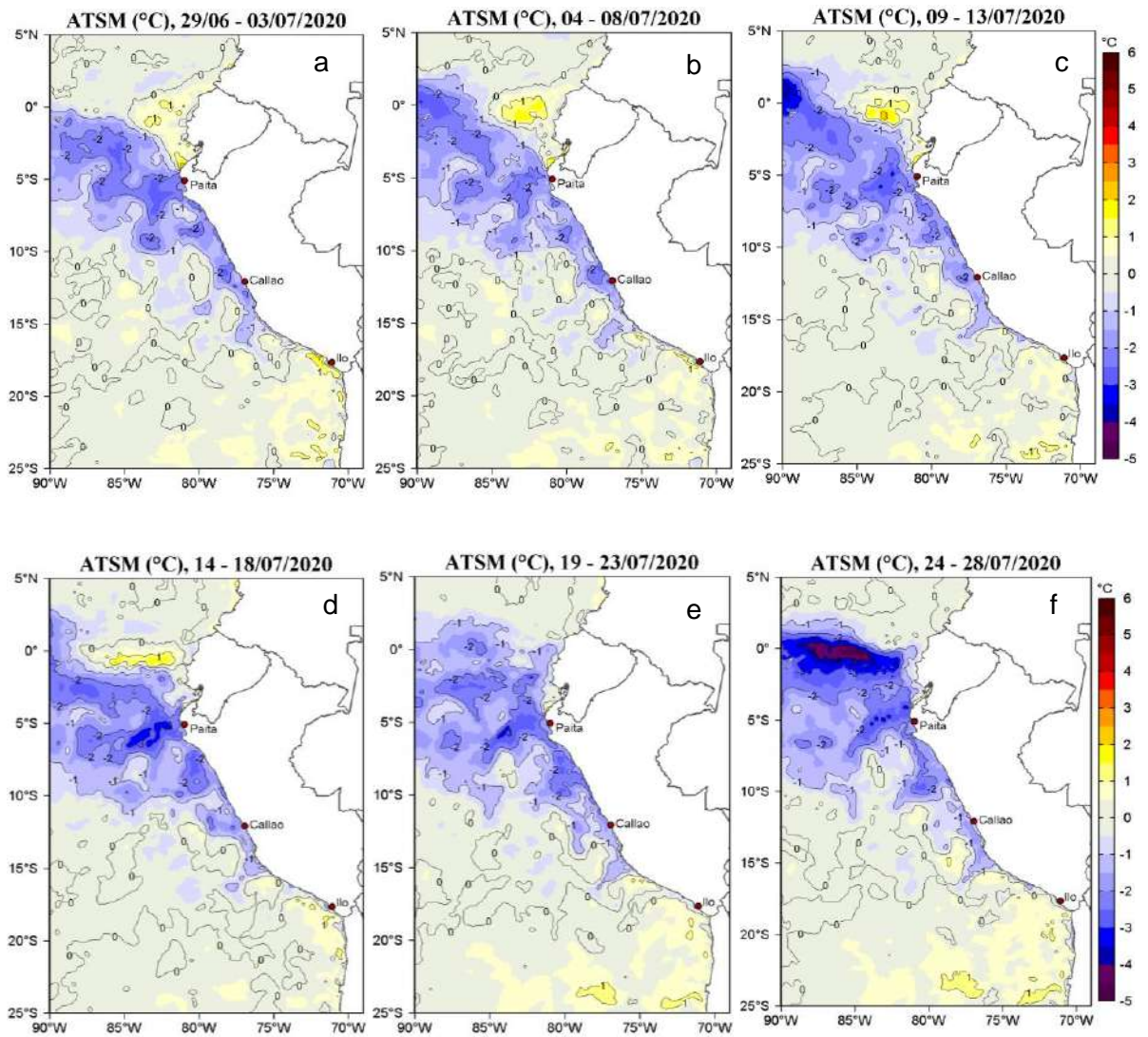


Figura 22. Distribución espacial promedio de las anomalías de temperatura superficial del mar (TSM, °C) para el mes de julio de 2020 en el océano Pacífico tropical oriental para las pentadas: a) 29 de junio-03 de julio, b) 04-08 de julio, c) 09-13 de julio, d) 14-18 de julio, e) 19-23 de julio y f) 24-28 de julio. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). La escala de colores de la TSM se presenta a la derecha. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

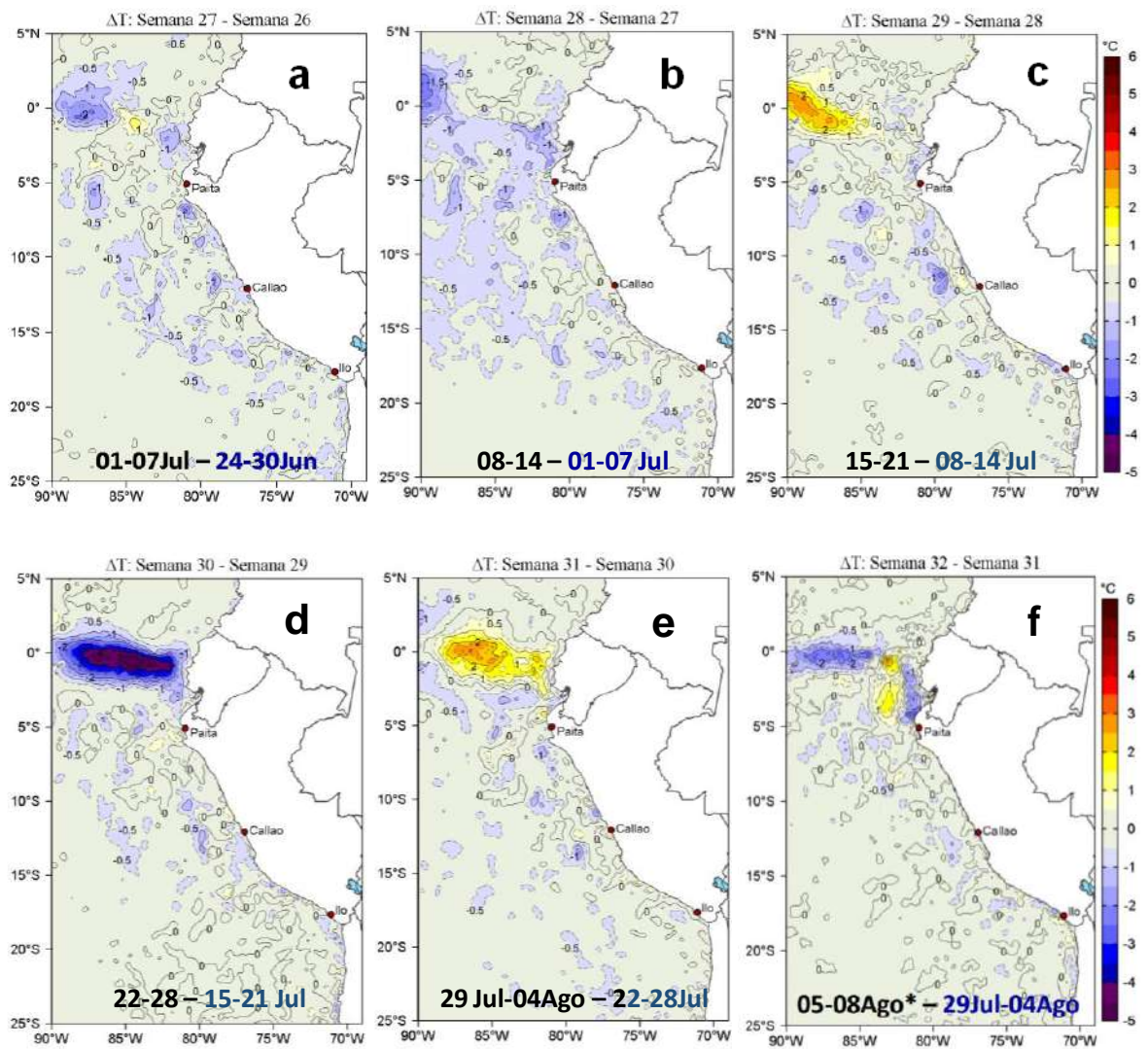
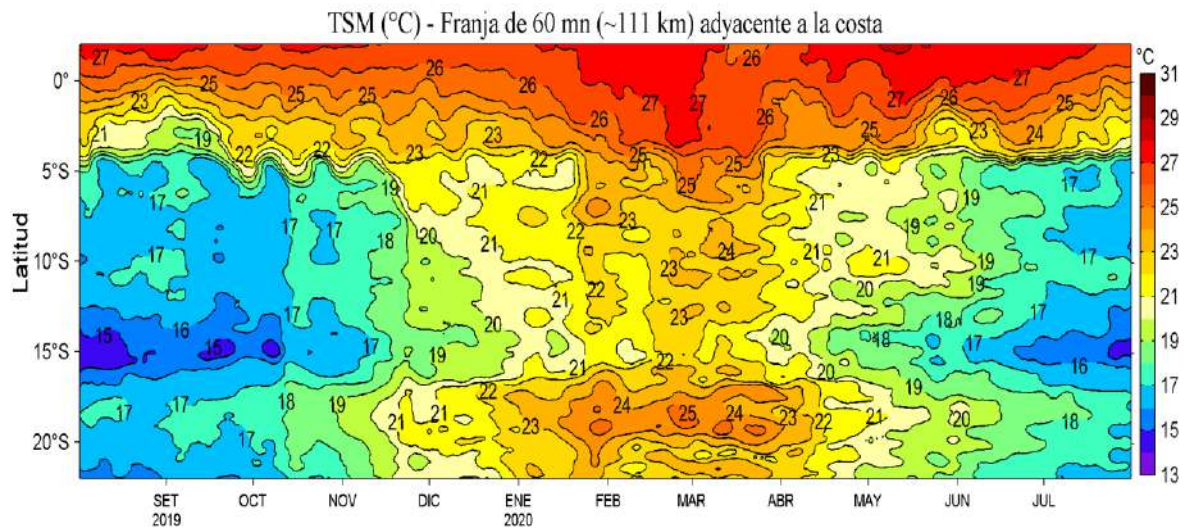


Figura 23. Cambio semanal de la Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) en el Pacífico Sudeste. Fuente: OSTIA. Climatología: 2007-2016. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC.

a)



b)

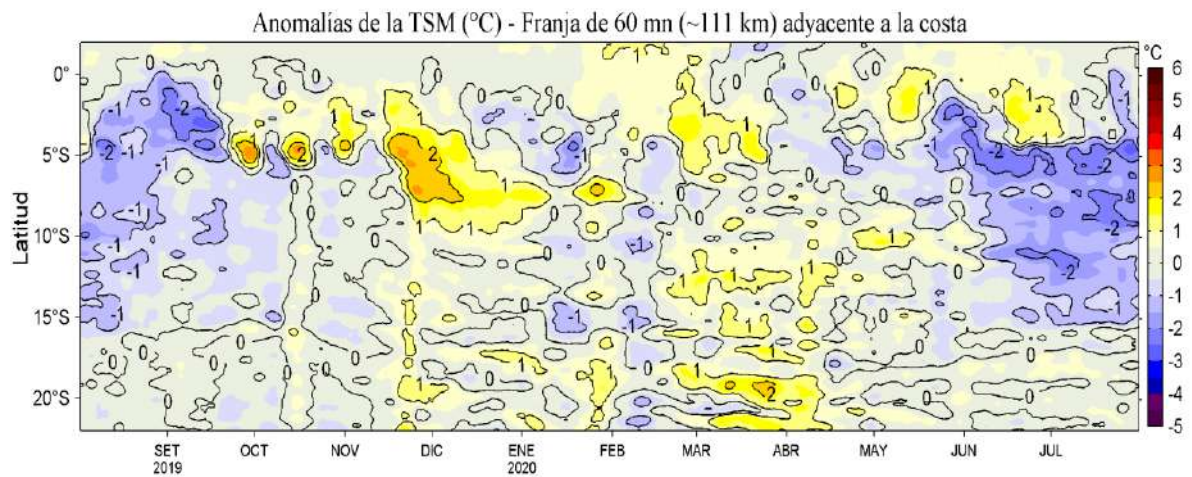


Figura 24. Evolución diaria de: a) Temperatura superficial del mar (°C) y b) Anomalías de la Temperatura superficial del mar (°C) de julio 2019 a junio de 2020 para una franja de 111 km adyacente a la costa entre el ecuador geográfico y 22°S. Los promedios climatológicos de referencia consideran los años del 2007 al 2016. La barra de colores a la derecha muestra la escala de la temperatura y las anomalías, respectivamente. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0. Procesamiento: LHFm/AFIOF/DGIOCC.

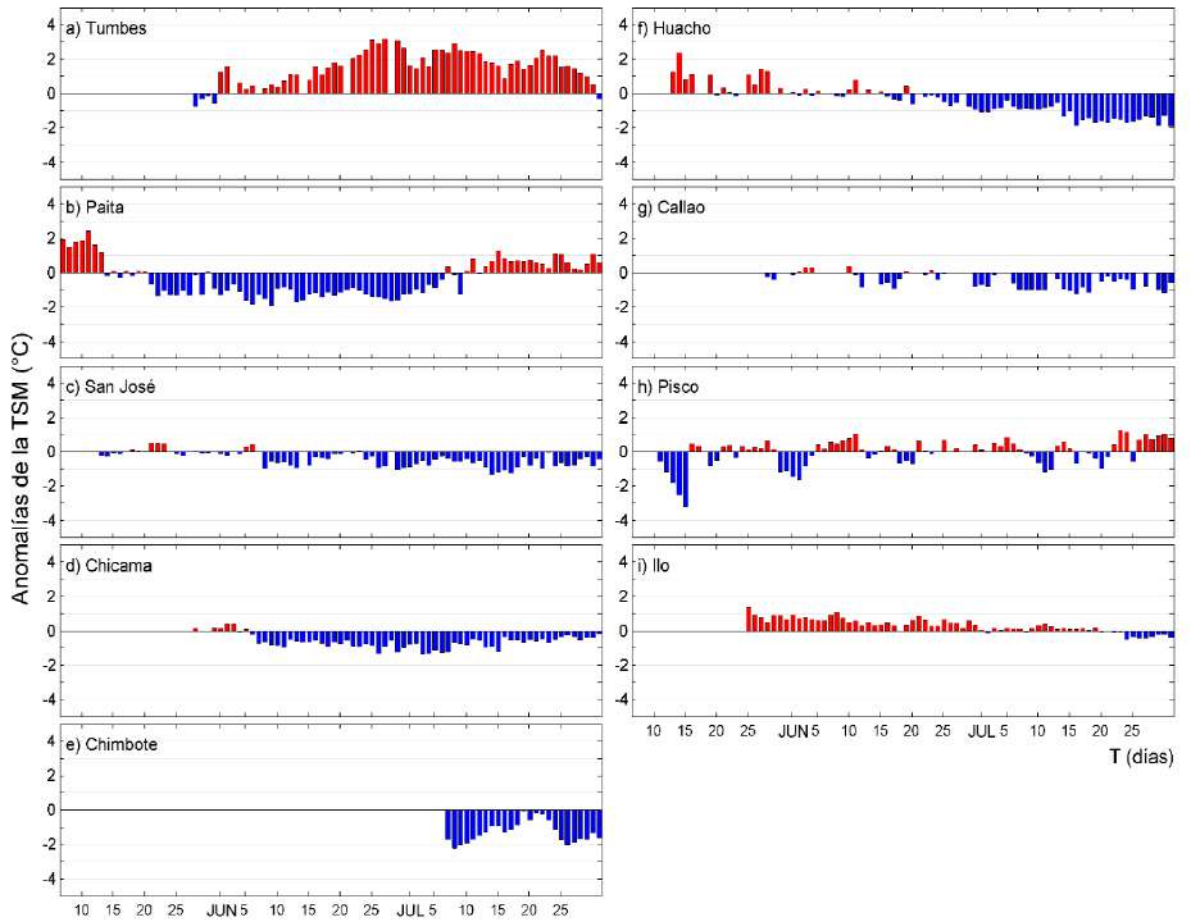


Figura 25. Series de tiempo de las anomalías de la temperatura superficial del mar (ATSM, °C) en la red de estaciones costeras del IMARPE de mayo a julio de 2020.

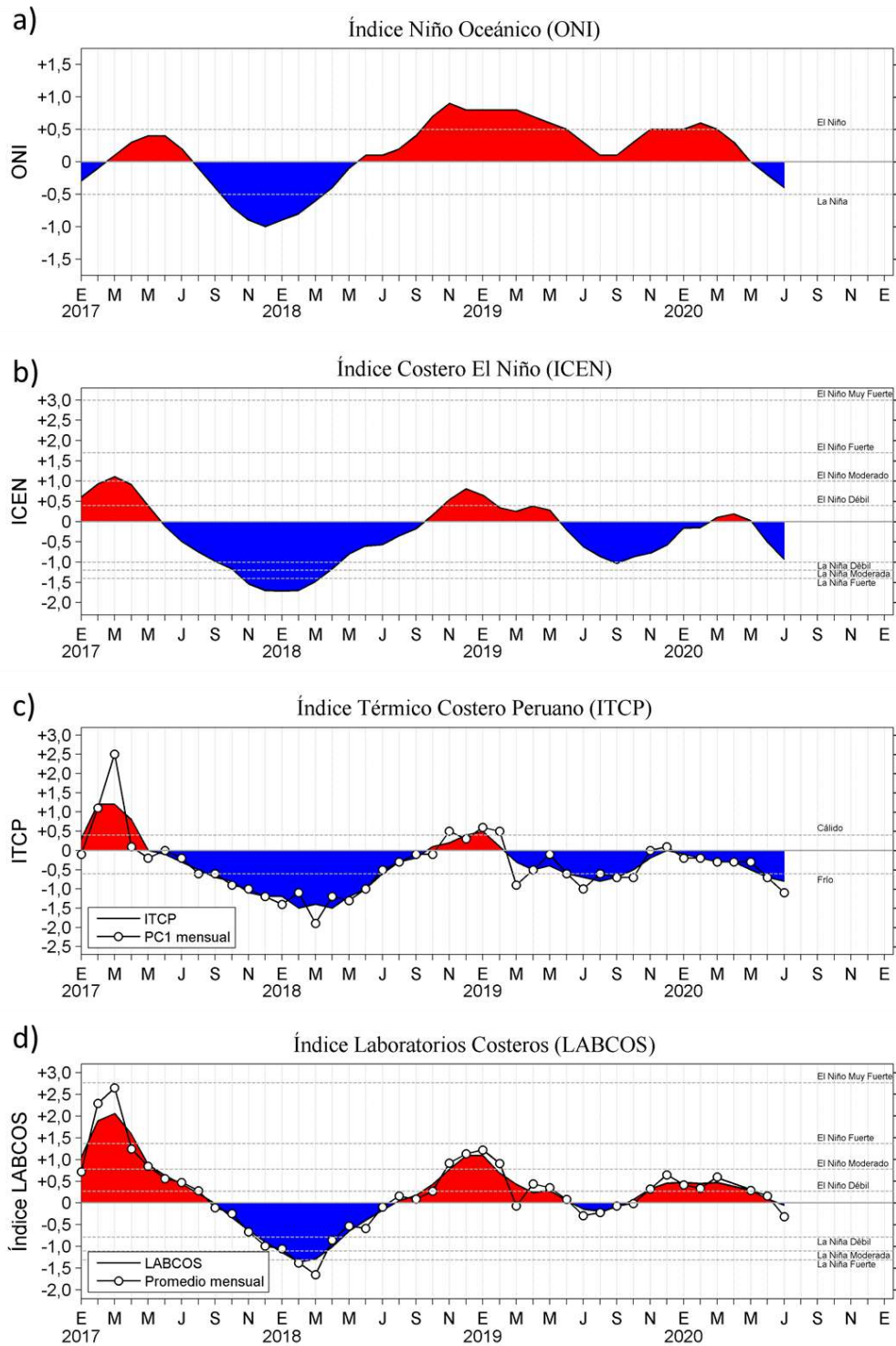


Figura 26. Serie de tiempo mensuales de los índices: a) Índice Niño Oceánico (ONI), b) Índice Costero El Niño (ICEN), c) Índice Térmico Costero Peruano (ITCP) y d) LABCOS; en c y d se presenta en círculos el promedio mensual de las anomalías de TSM en los muelles costeros desde enero de 2017.

Salinidad Superficial del Mar (UPS)
(Julio-2020)

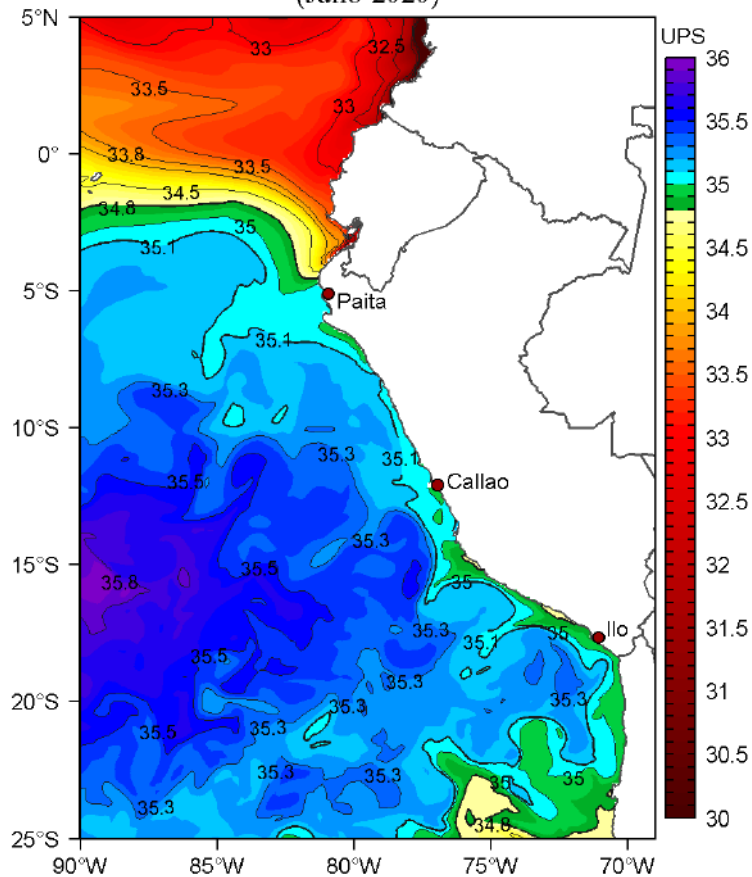


Figura 27. Distribución mensual de la Salinidad Superficial del Mar (SSM, ups) en el Pacífico Sudeste durante el mes de julio de 2020. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. et al, 2013) disponible en http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

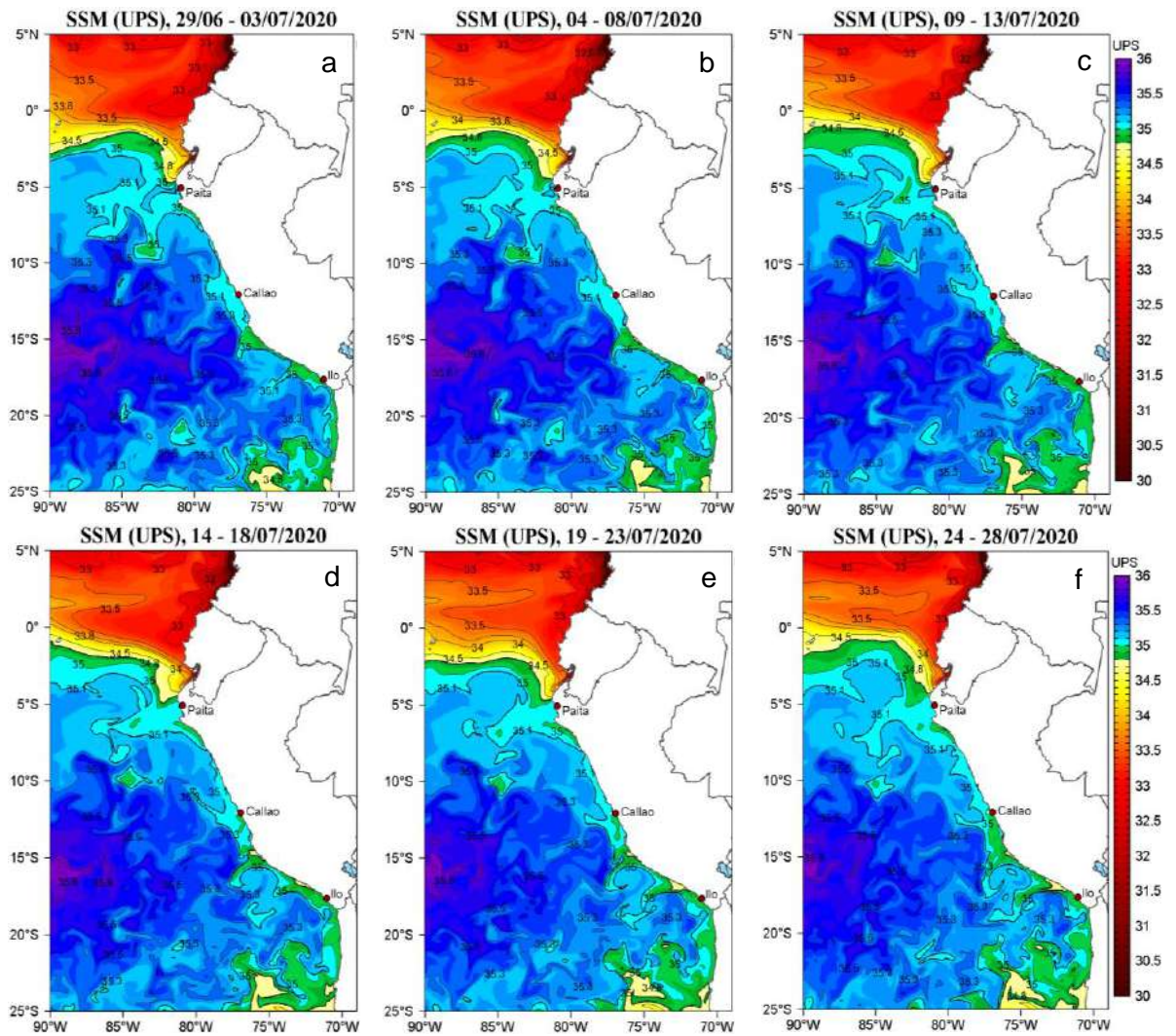


Figura 28. Distribución pentadal de la Salinidad Superficial del Mar (SSM, ups) en el Pacífico Sudeste, durante el mes de julio de 2020. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. et al, 2013) disponible en http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

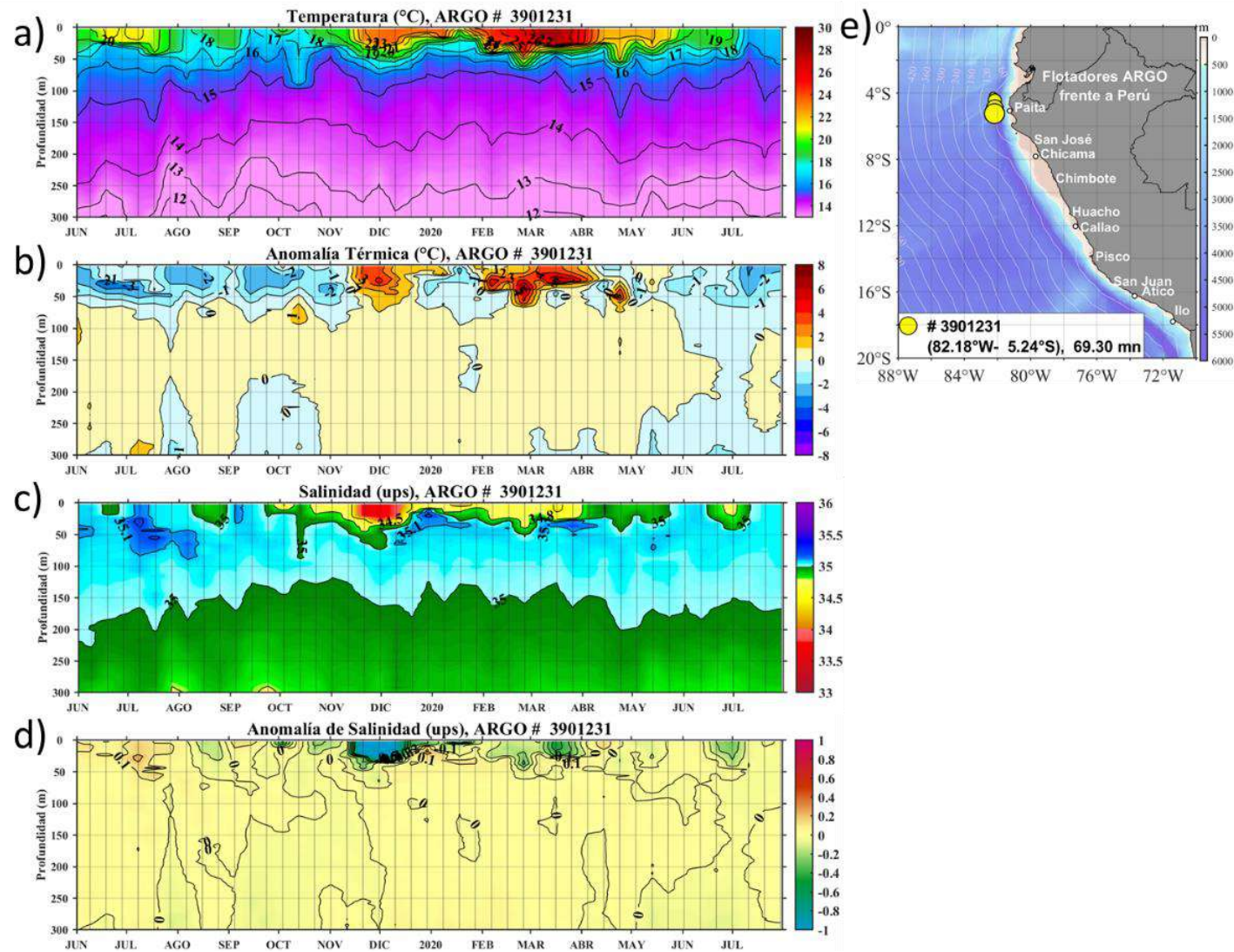


Figura 29. Evolución de la a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C), c) salinidad (ups) y d) anomalía de salinidad (ups) del agua de mar de la boya ARGO frente a Talara, entre junio de 2019 y julio 2020, y e) ubicación de las últimas posiciones para abril donde brindó información el flotador ARGO. La anomalía de la temperatura (°C) se calculó en base al promedio climatológico de 1981-2010. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

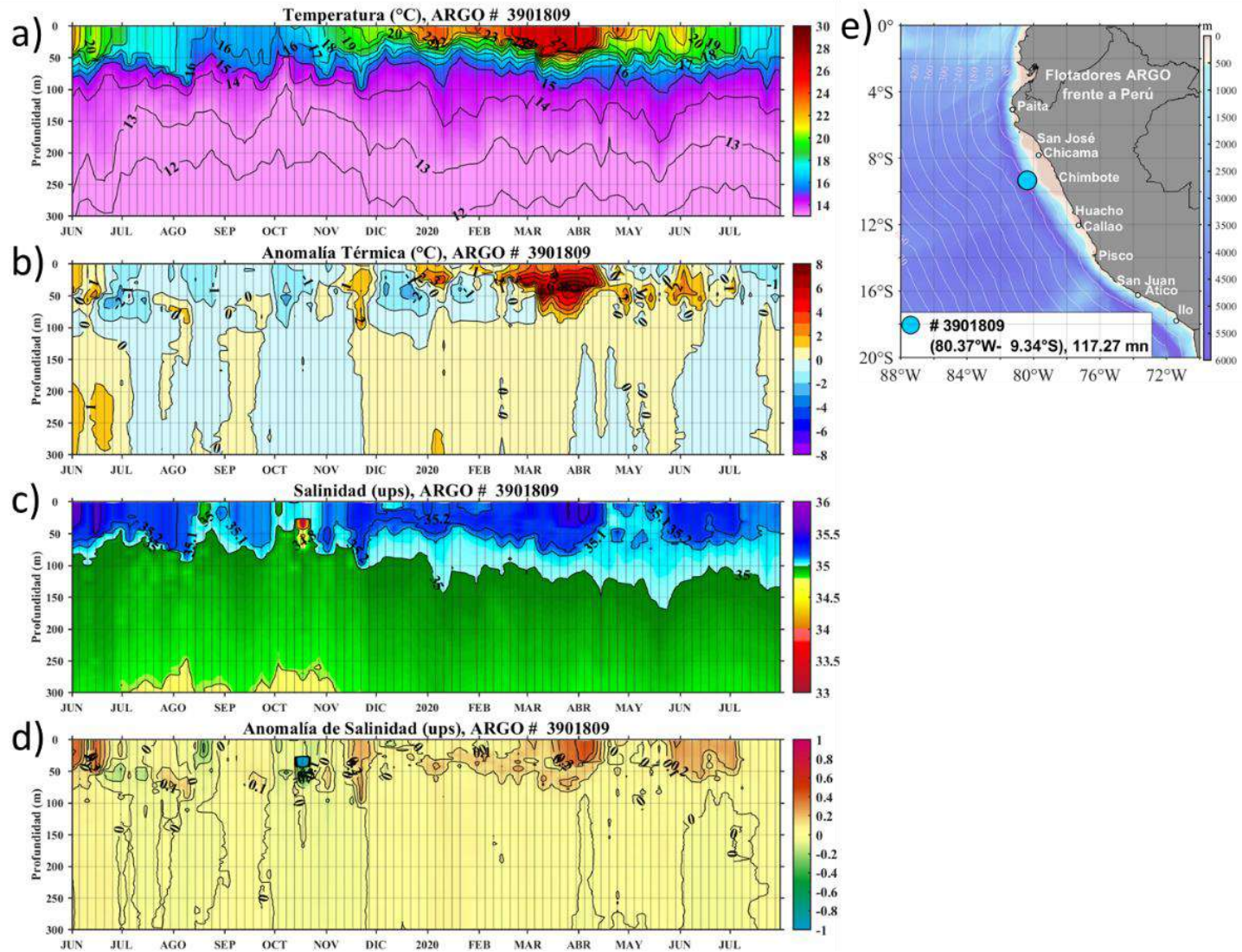


Figura 30. Evolución de la a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C), c) salinidad (ups) y d) anomalía de salinidad (ups) del agua de mar de la boya ARGO frente a Chimbote, entre junio de 2019 y julio de 2020, y e) ubicación de las últimas posiciones para abril donde brindó información el flotador ARGO. La anomalía de la temperatura (°C) se calculó en base al promedio climatológico de 1981-2010. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

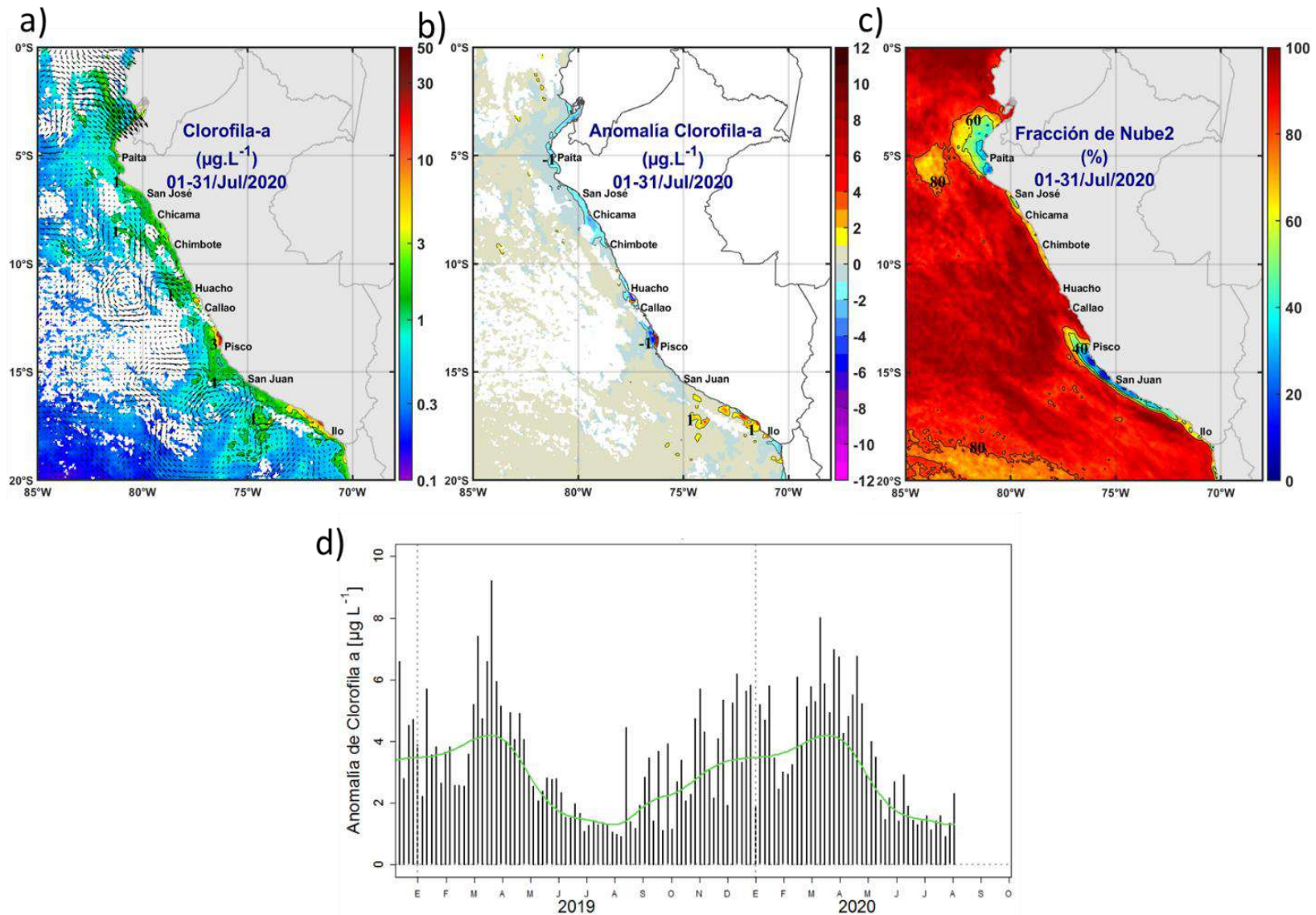


Figura 31. Mapa de la concentración con los flujos geostróficos superficiales de CMEMS v3.0 (flechas) y mapa promedio de la concentración de clorofila-a satelital (colores) (a), y su anomalía (b), y la fracción de nubes (c) proveniente de MODIS-AQUA durante julio de 2020 ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$). En (d), se muestra la serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (línea negra) y su climatología (línea verde) proveniente de SeaWIFS-MODIS ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) entre 4°S-16°S y dentro de los 100 km de la costa. Fuente: IMARPE.

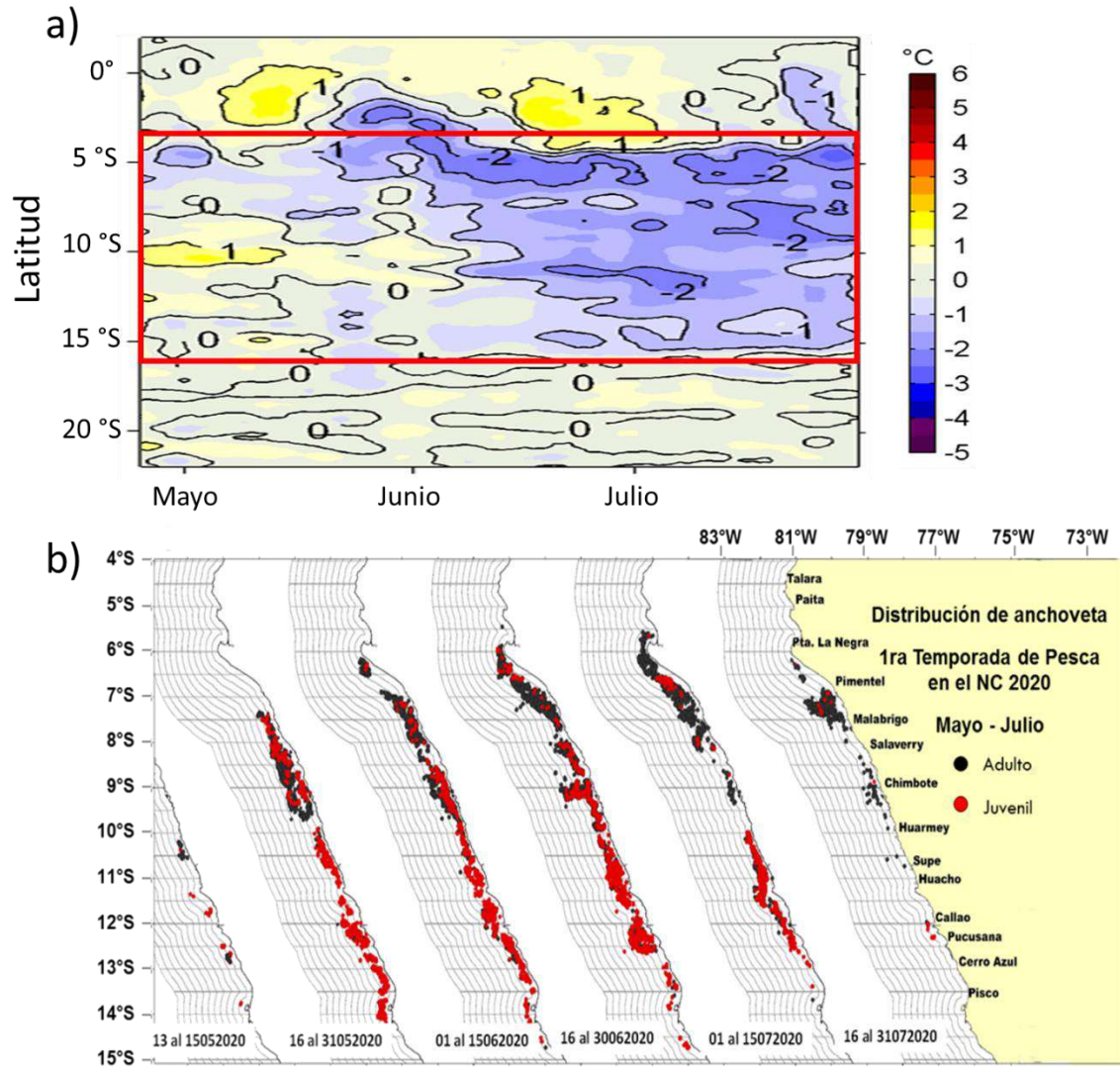


Figura 32. a) Anomalía de ATSM y b) distribución quincenal de la anchoveta durante la primera temporada de pesca de la región norte – centro 2020.

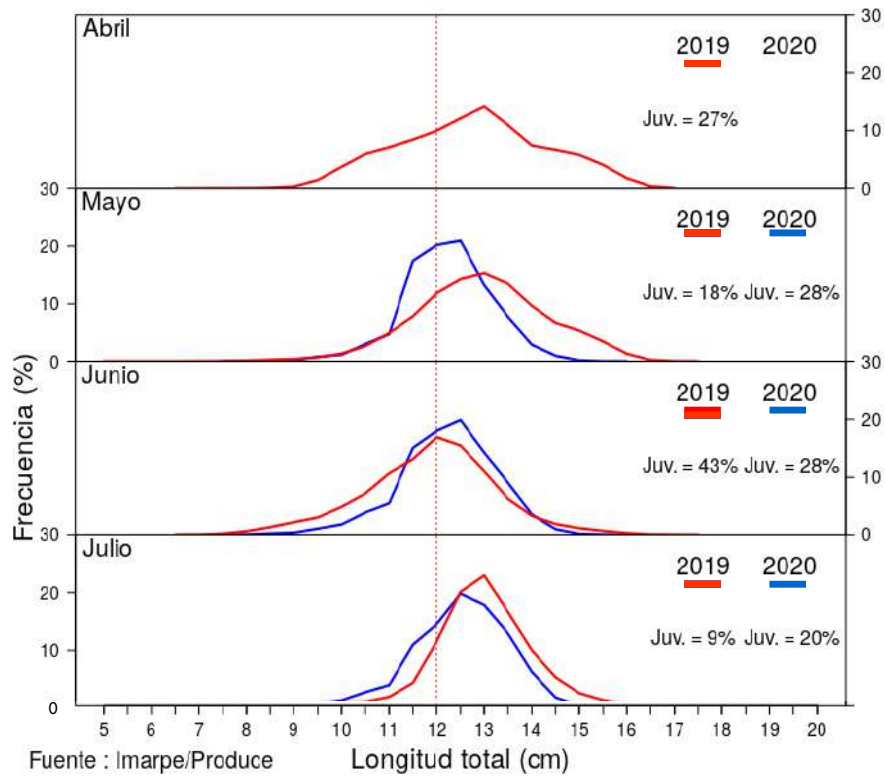


Figura 33. Comparación mensual de la estructura de tamaños de la anchoveta según primera temporada de pesca (2019 – 2020).

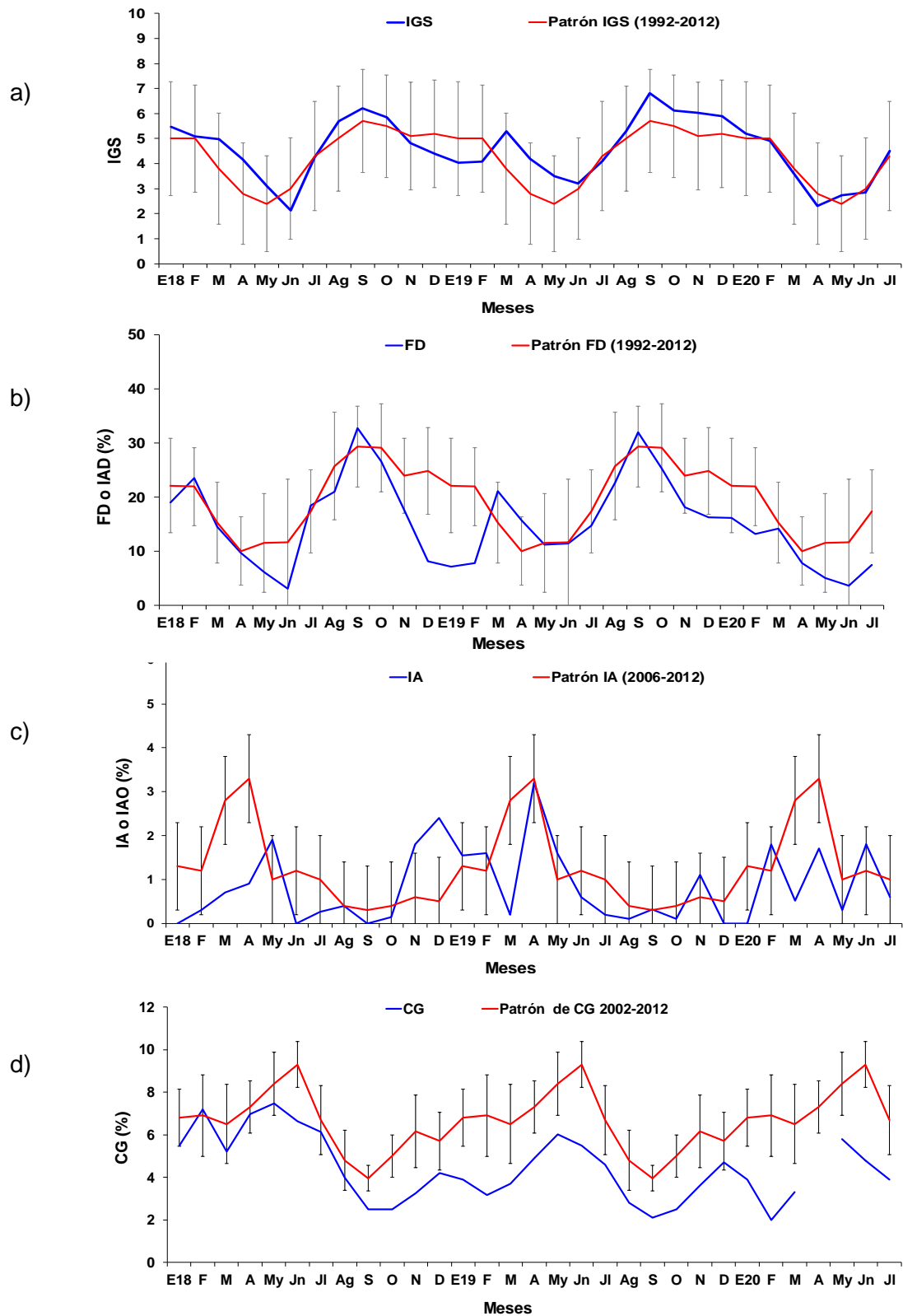


Figura 34. Indicadores reproductivos, a) Índice Gonadosomático (IGS), b) Fracción desovante (FD), c) Índice de atresia (IA), e indicador somático, d) Contenido graso (CG), de anchoveta de la región norte centro durante el periodo enero 2018 y julio 2020.

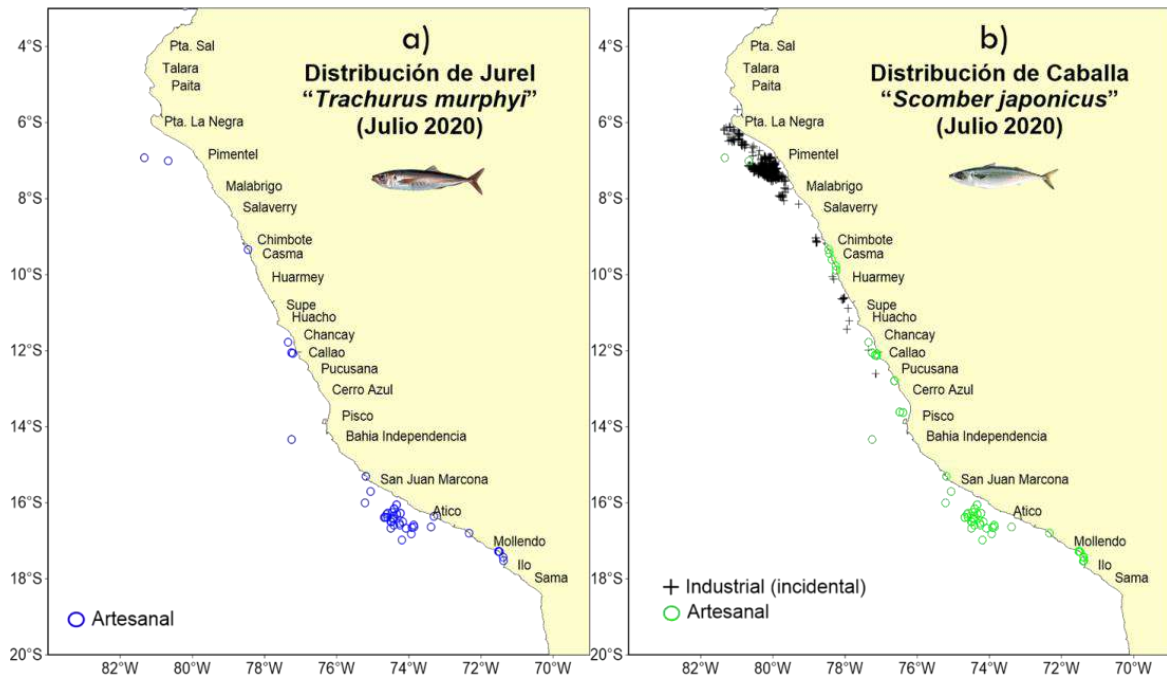


Figura 35. Distribución de jurel y caballa durante julio 2020.

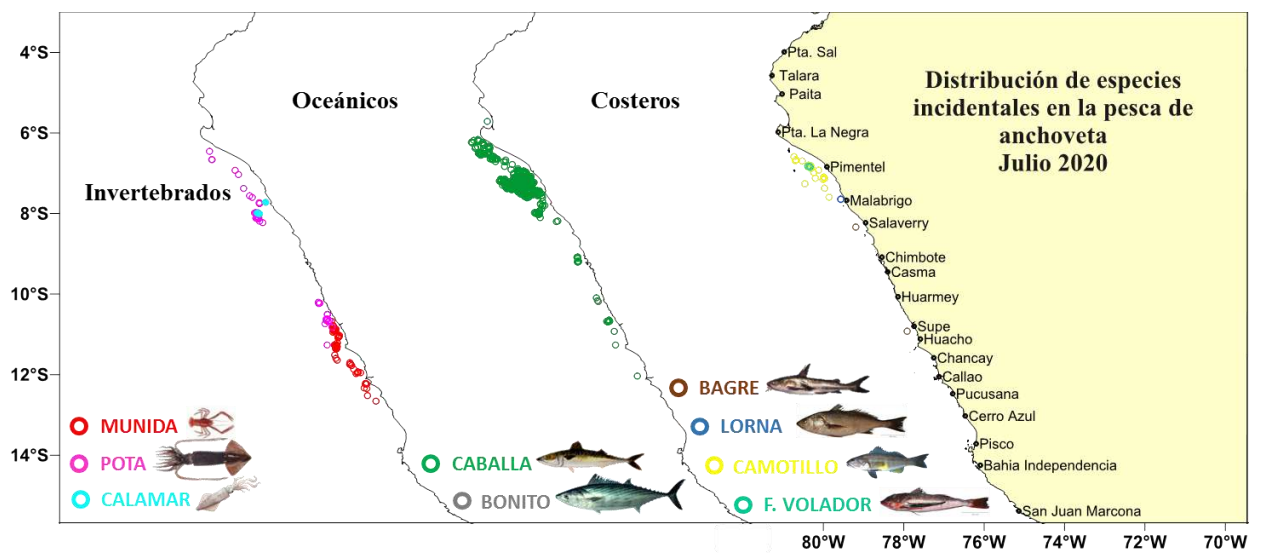
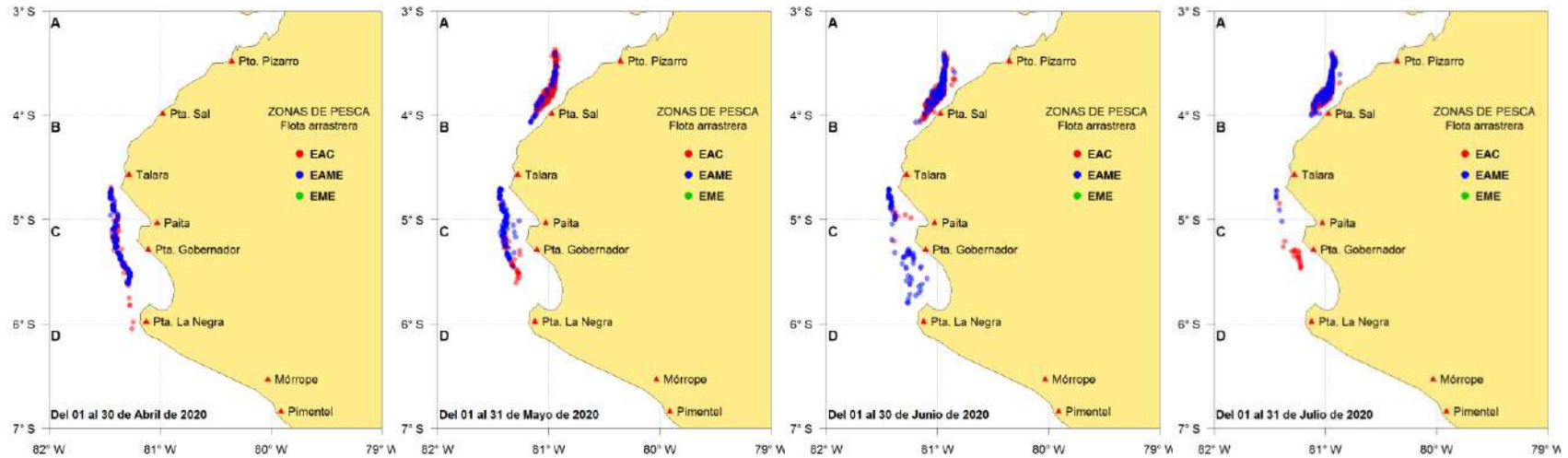


Figura 36. Distribución de otras especies observadas en la primera temporada de pesca de anchoveta en la región norte – centro. Julio 2020.

a)



b)

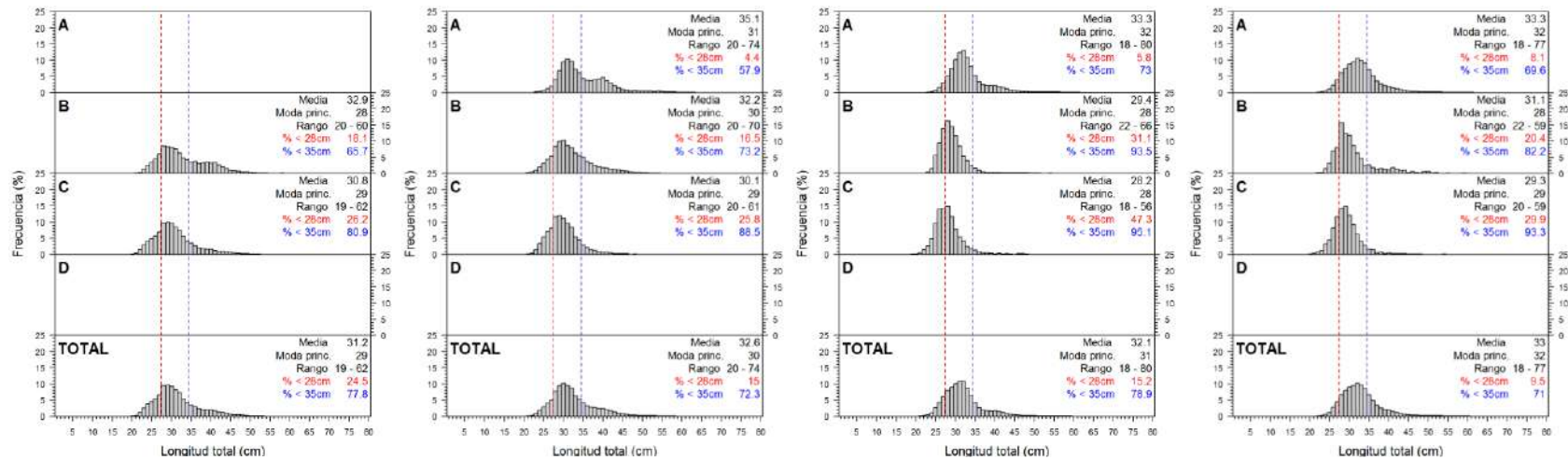


Figura 37. a) Zonas de pesca y b) Distribución de tallas por sub-área (latitud) de la flota industrial de arrastre de merluza, entre los meses de abril y julio 2020. Fuente: AFIPDBL/DGIRDL/IMARPE.

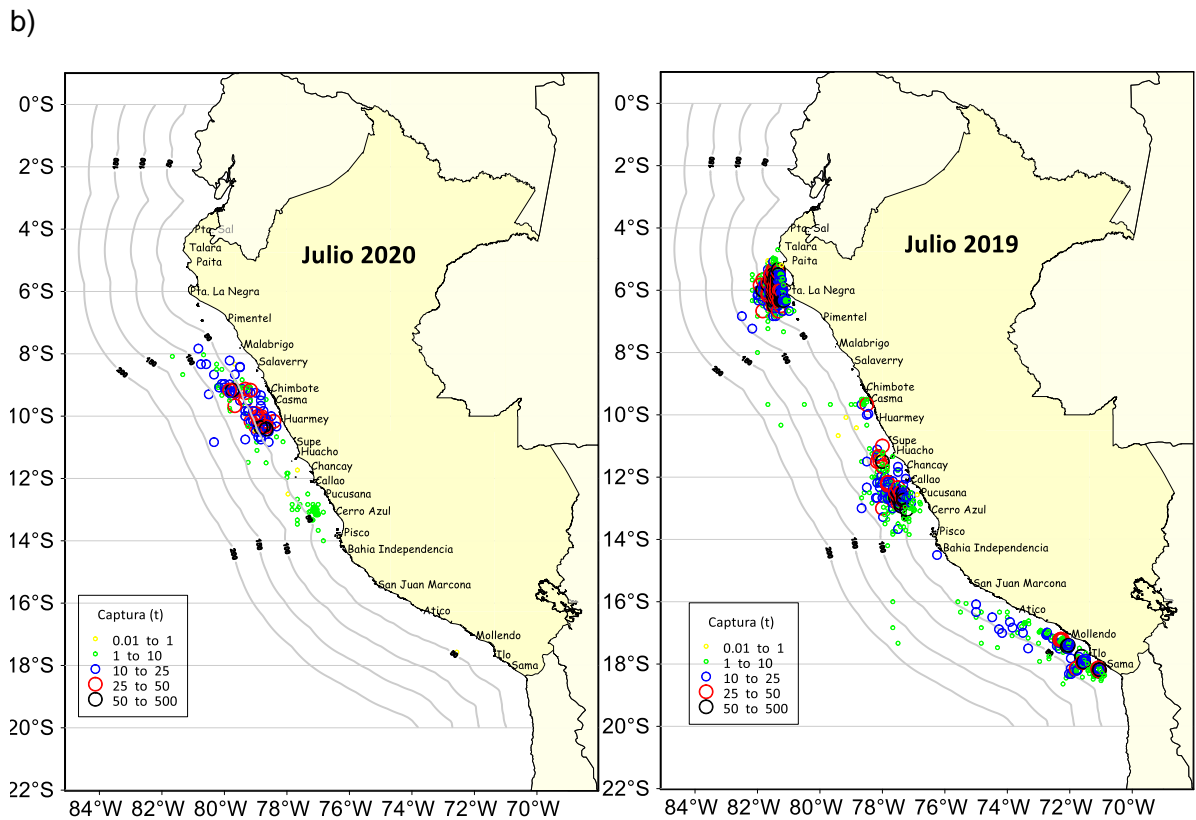
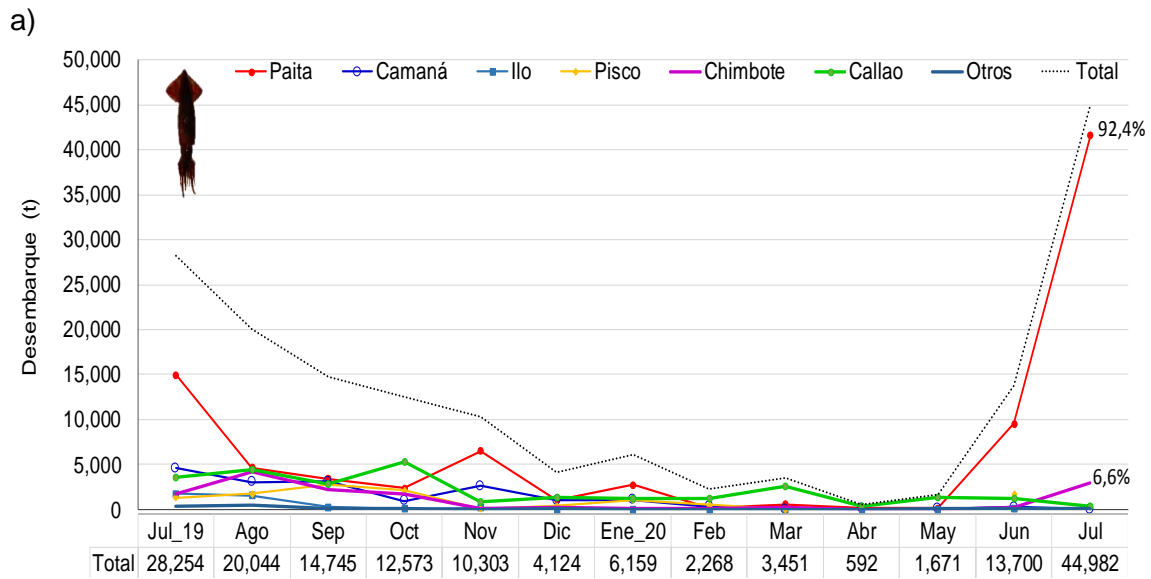
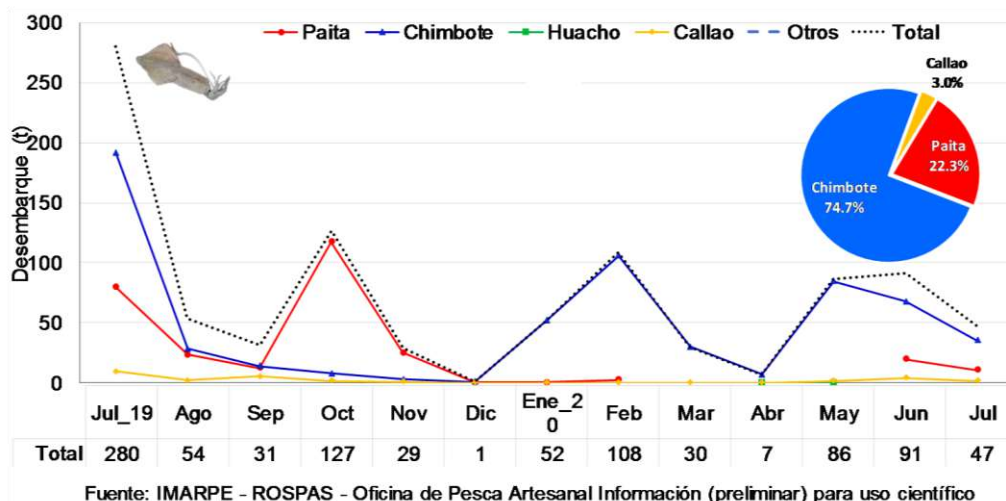
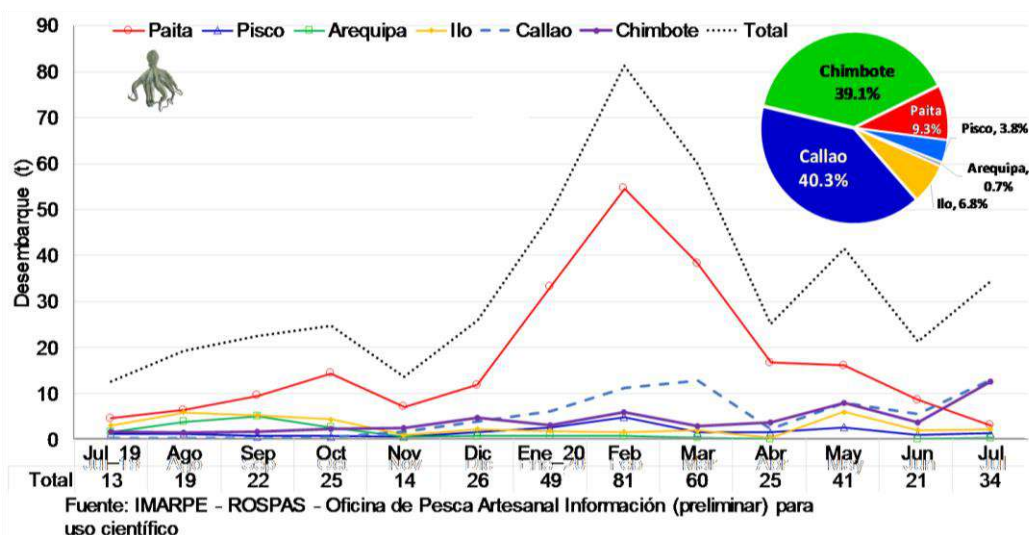


Figura 38. a) Figura 3. Desembarque (t) de calamar gigante *Dosidicus gigas*, durante 2019-2020; b) Distribución espacial de la flota artesanal de calamar gigante *Dosidicus gigas*.

a)



b)



c)

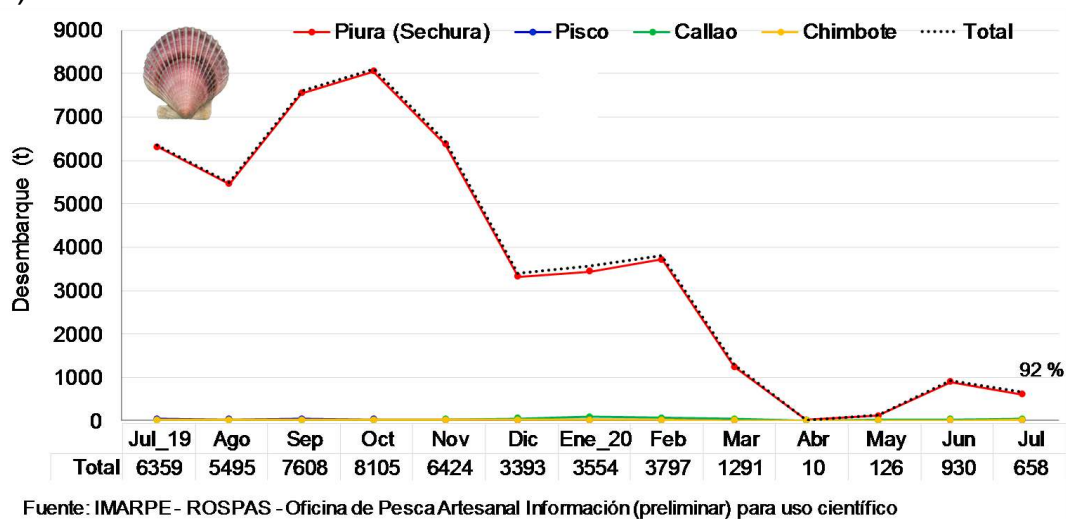


Figura 39. Desembarque (en toneladas) de la flota artesanal a) pota, b) calamar común, c) pulpo y d) concha de abanico durante el periodo julio 2019 – julio 2020. Fuente: AFIIIMM/DGIRDL/IMARPE.

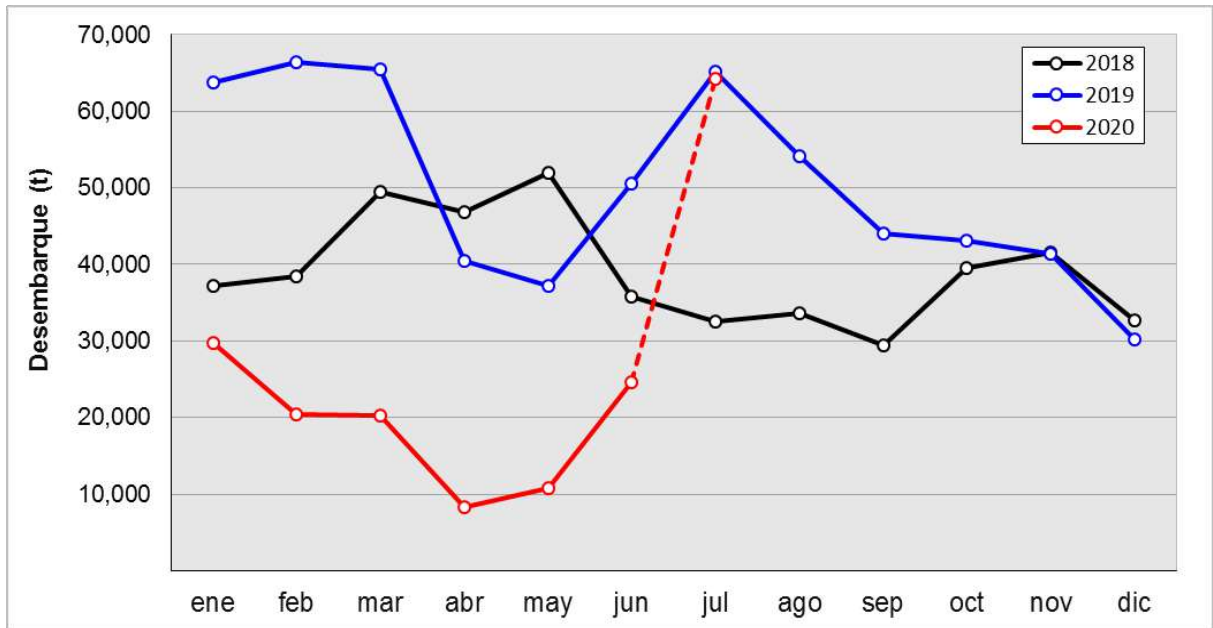


Figura 40. Desembarque (t) mensual de los recursos hidrobiológicos registrados por la pesca artesanal en el litoral peruano durante el periodo enero 2018 y julio 2020.

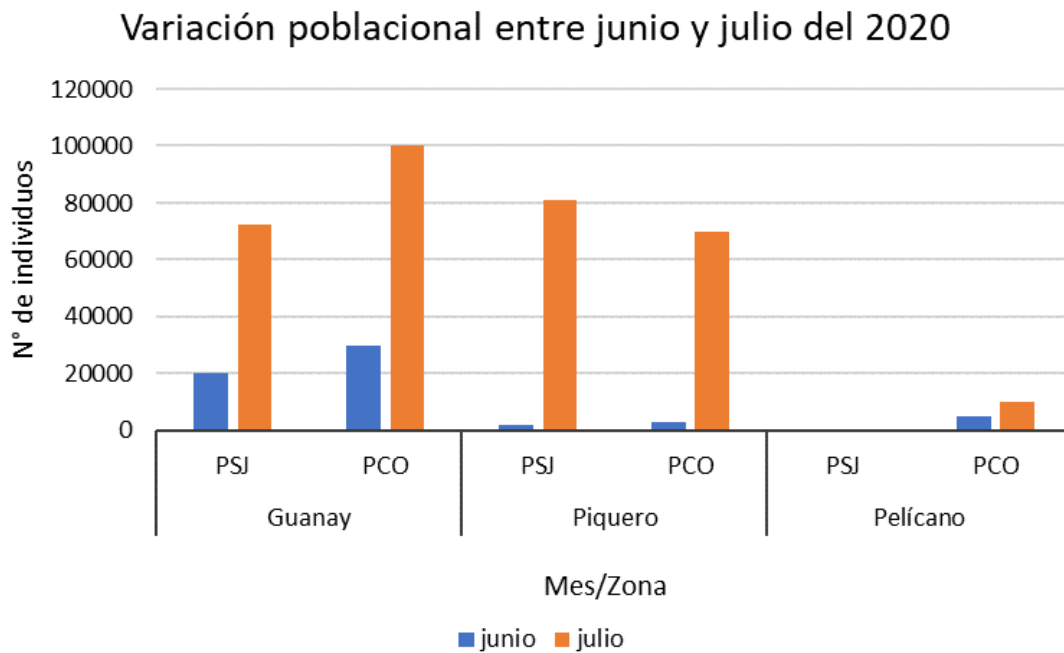


Figura 41. Variación poblacional de guanay, piquero y pelicano en junio y julio del 2020 en dos zonas de evaluación: PSJ = Punta San Juan y PCO = Punta Coles.

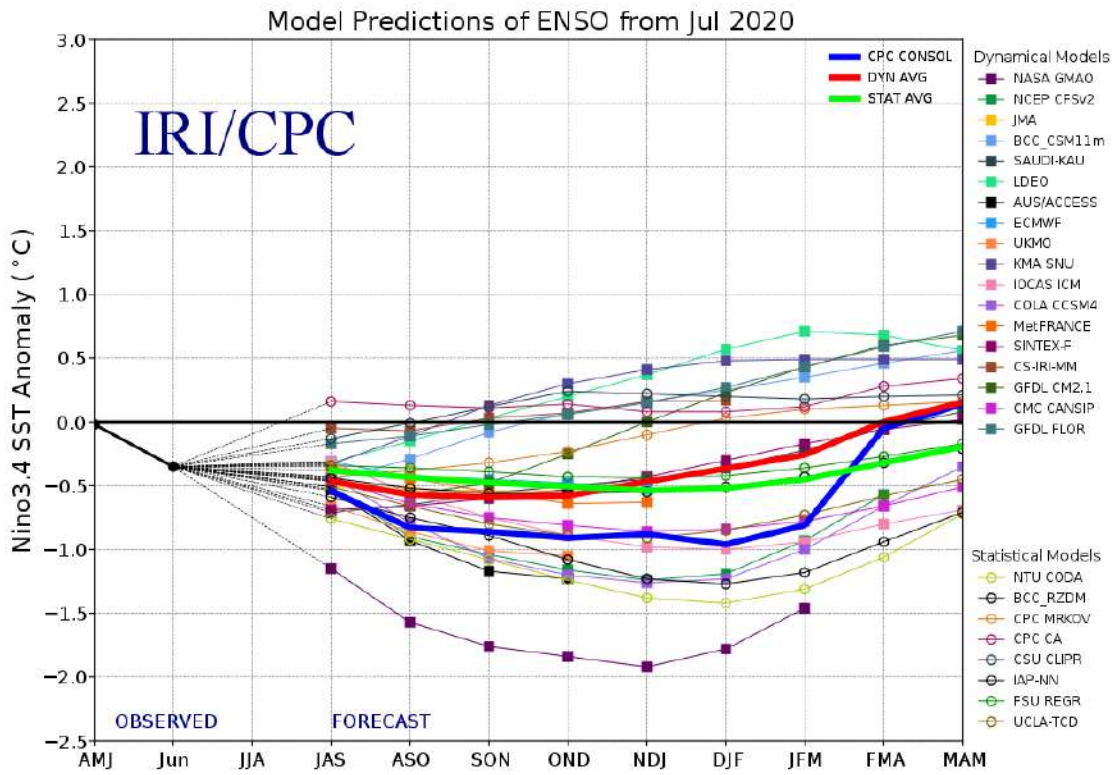


Figura 42. Pronóstico del índice Niño 3.4 mediante modelos climáticos estadístico y dinámico. Fuente: IRI/CPC, julio 2020.

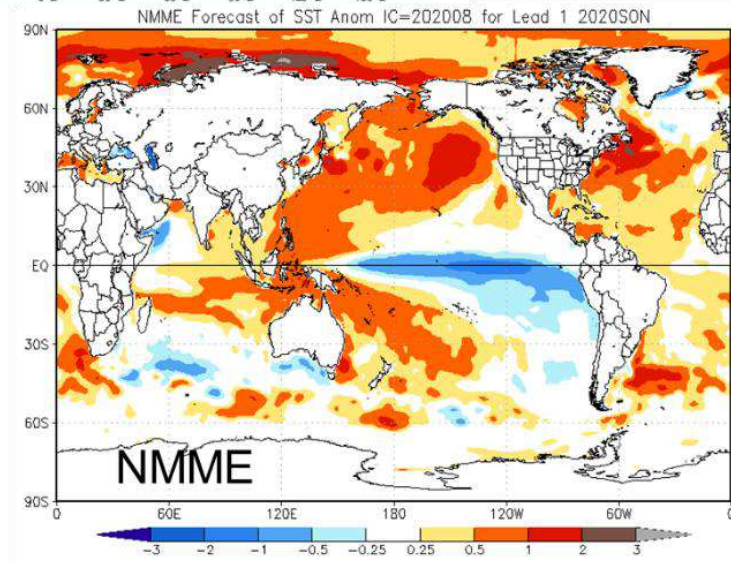
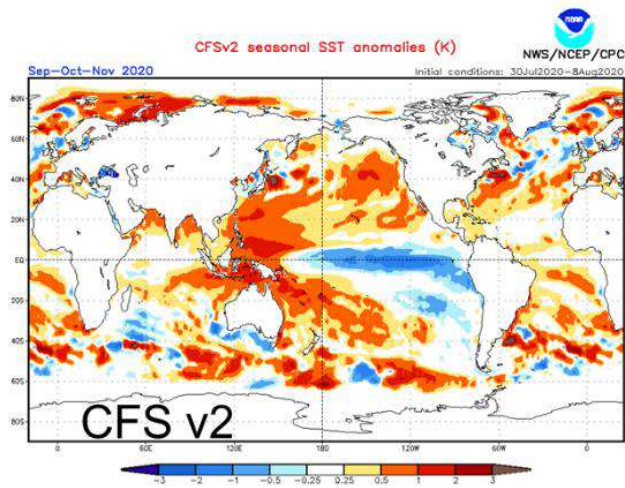
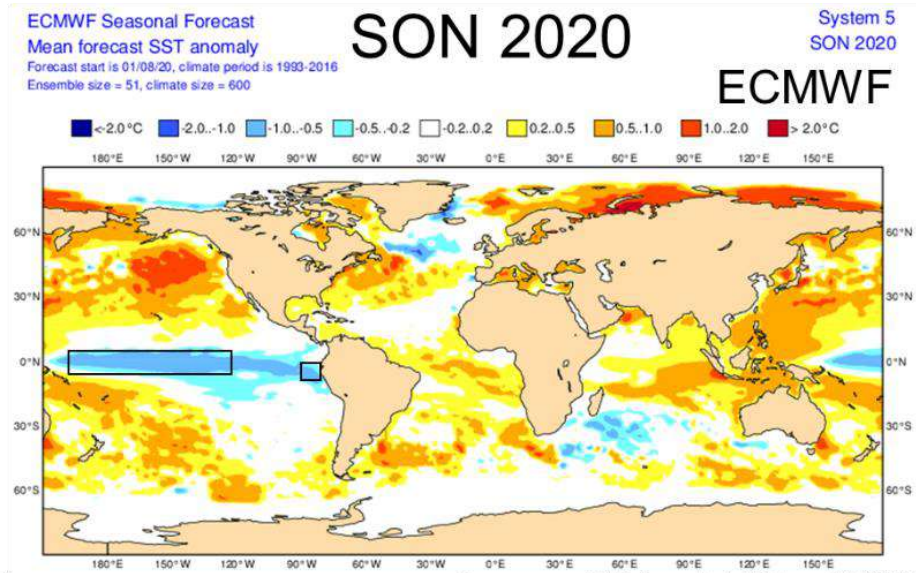


Figura 43. Pronóstico de la TSM para el trimestre setiembre-noviembre 2020 del modelo ECMWF, CFSv2, y NMME (condiciones iniciales: inicios de agosto 2020). Los recuadros indican la región El Niño 3.4 y 1+2. Fuente: IRI/CPC.

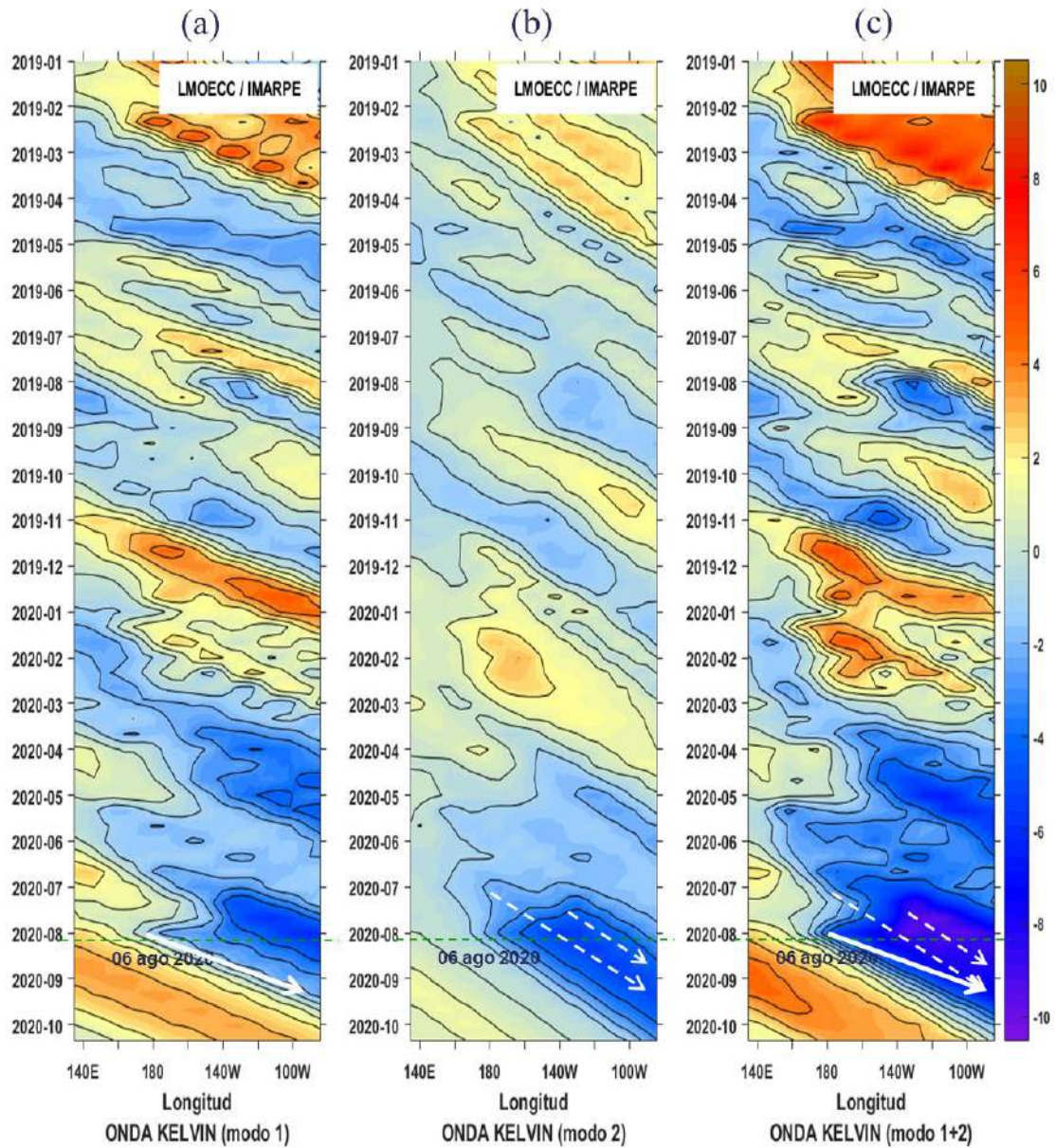


Figura 44. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: LMOECC/AFIOF/DGIOCC/IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).

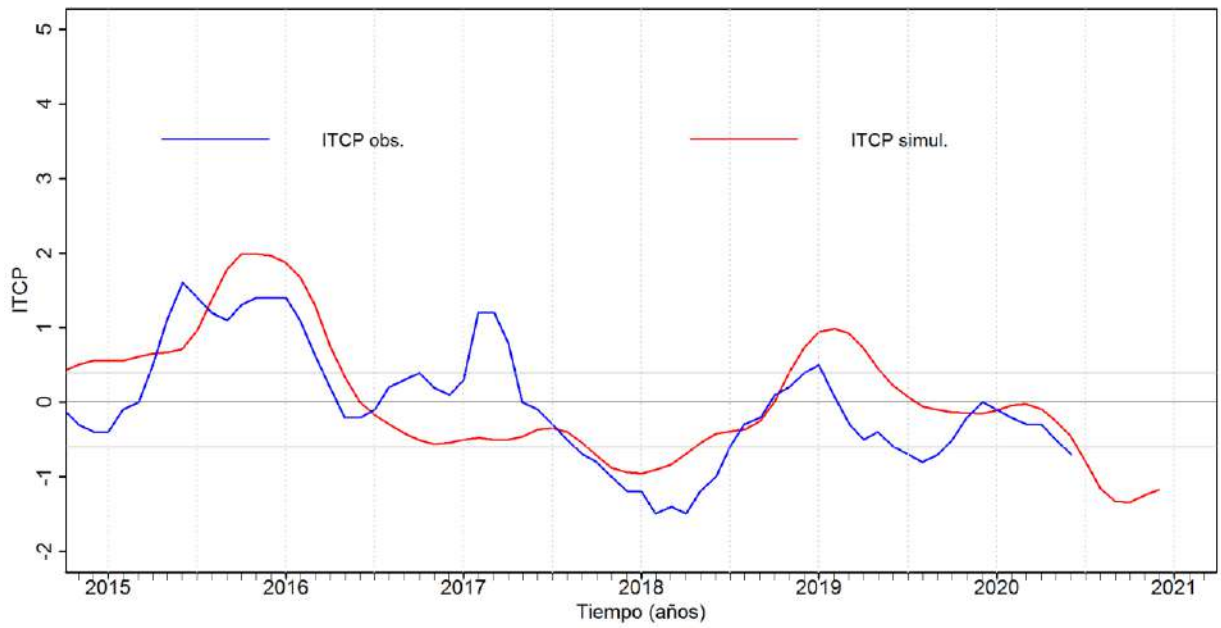


Figura 45. Pronóstico del ITCP mediante un modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia, con datos actualizados hasta el mes de julio 2020. Fuente: IMARPE.

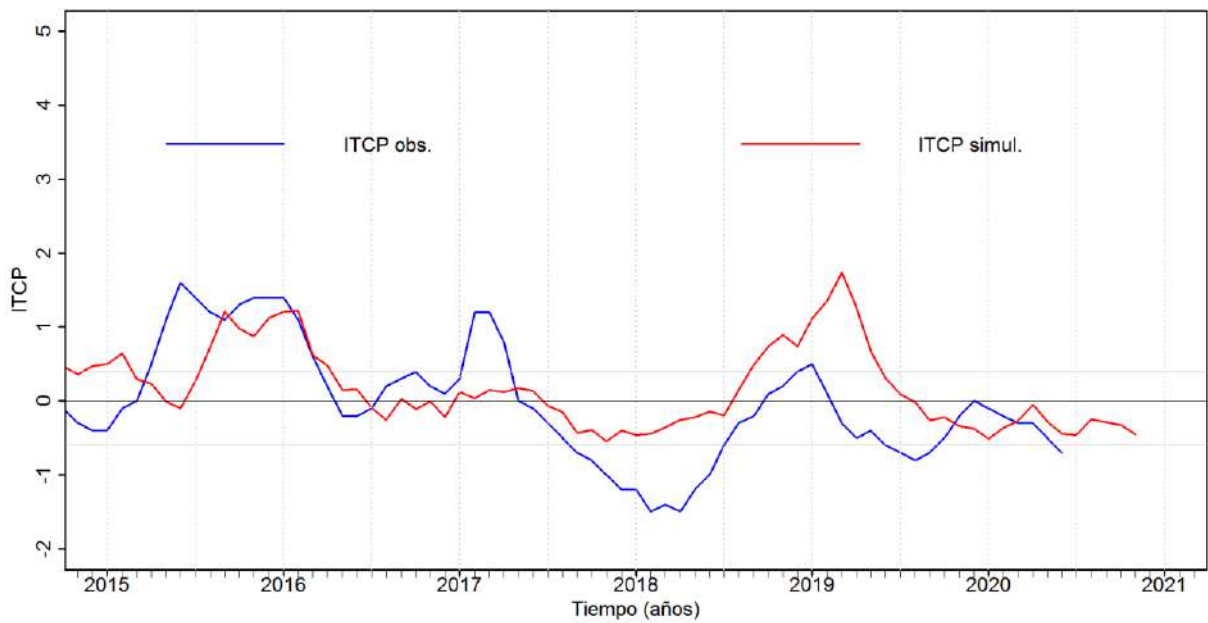


Figura 46. Pronóstico del ITCP mediante un modelo estadístico, con datos actualizados hasta el mes de julio 2020. Fuente: IMARPE.