

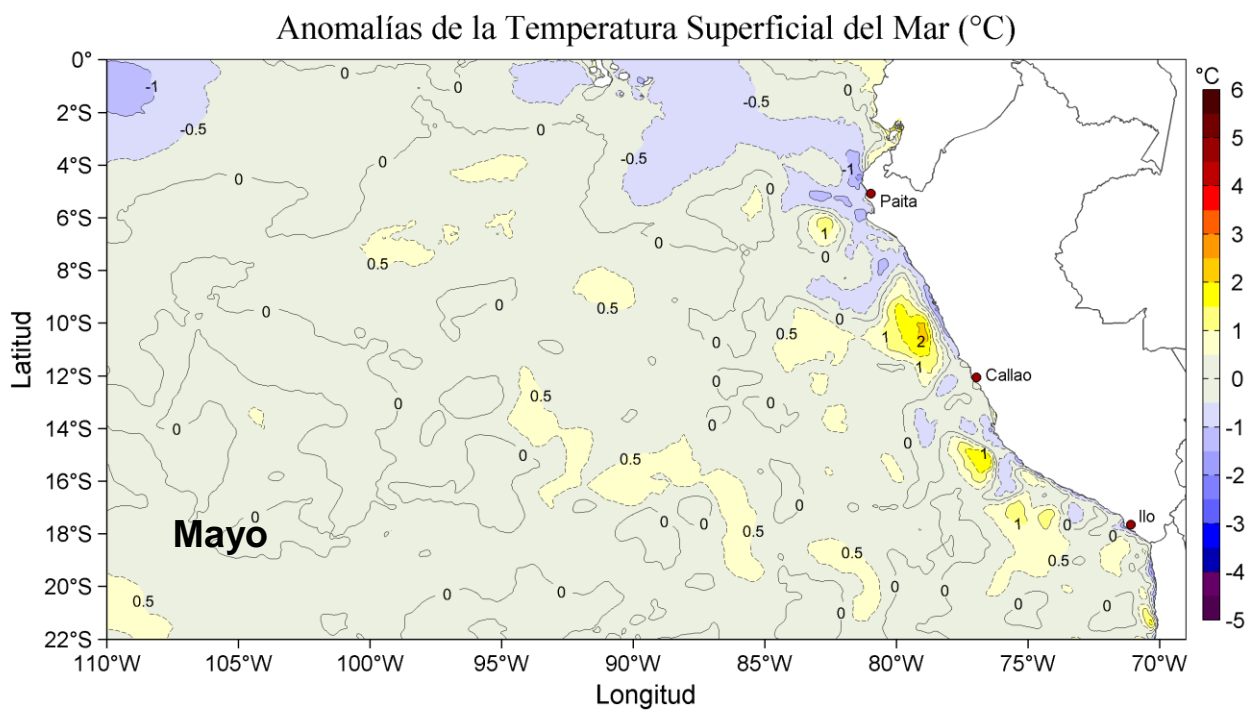
Presupuestal por Resultados N°068

“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 MAYO 2020



Mayo, 2020

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

GRUPO DE TRABAJO INSTITUCIONAL EL NIÑO

**Informe de las Condiciones Oceanográficas y Biológico Pesqueras
Mayo 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 MAYO 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. Temperatura superficial del mar..... | 16 |
| 2.2.2. Salinidad superficial del mar..... | 17 |
| 2.2.3. Nivel del mar..... | 17 |
| 2.2.4. Variabilidad de alta frecuencia registrada en flotadores ARGO | 18 |

| | |
|---|----|
| 2.3. Aspectos biogeoquímicos y de productividad..... | 19 |
| 2.3.1. Productividad..... | 19 |
| 3. INDICADORES ECOLÓGICOS Y BIOLÓGICO-PESQUEROS..... | 19 |
| 3.1. Condiciones biológico – pesqueras de los recursos pelágicos..... | 19 |
| 3.1.1. Anchoveta..... | 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 | |
| 3.2.1. Merluza..... | 20 |
| 3.2.2. Invertebrados..... | 21 |
| 3.2.3. Otros recursos..... | 21 |
| 3.2.3.1. Especies indicadoras en la pesca incidental de La actividad pesquera artesanal..... | 23 |
| 3.3. Indicadores ecológicos..... | 23 |
| 3.3.1. Depredadores superiores..... | 23 |
| 3.3.1.1. Aves..... | 23 |
| 4. PRONÓSTICO DE LAS CONDICIONES DEL PACIFICO ECUATORIAL Y FRENTE A LA COSTA PERUANA. | 23 |
| 4.1. Pronósticos a gran escala de las agencias internacionales..... | 23 |
| 4.2. Propagación de ondas Kelvin..... | 24 |
| 4.3. Pronósticos de la TSM frente a la costa del Perú..... | 24 |
| V. REFERENCIAS..... | 25 |
| VI. RECONOCIMIENTOS..... | 30 |
| VII. TABLAS..... | 32 |
| VIII. FIGURAS..... | 34 |

I. RESUMEN EJECUTIVO

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

A nivel de macroescala, el campo de presión a nivel del mar presentó anomalías positivas entre +1 hPa y +4 hPa en el Pacífico oriental subtropical, y anomalías positivas alrededor de +1 hPa en el Pacífico tropical y frente a la costa norte de Perú. La TSM en el Pacífico ecuatorial continuó descendiendo hasta pasar de una condición cálida a fría, y la ATSM en la región Niño 1+2 durante la última semana de mayo fue de -0,3 °C, mientras que, en la capa de 0 - 300 m del Pacífico ecuatorial (140 °W – 95 °W), las condiciones frías alcanzaron anomalías de ~-1,5 °C, que se atenuaron luego hacia finales de mes.

Frente a la costa peruana se presentaron vientos moderados a ligeramente fuertes entre Paita y Pisco y fuertes frente a San Juan de Marcona, manteniendo activo el afloramiento. La TSM varió de 26 °C a 17 °C, con anomalías que se mantuvieron cercanas a cero al sur de Paita, aunque en zonas oceánicas permanecieron anomalías de hasta +3 °C frente a Casma y Chancay. En mayo, el valor preliminar del ITCP fue de -0,3, indicando condiciones neutras. Predominaron aguas de mezcla (AES+ASS) entre Talara y Lambayeque, así como ASS entre Casma y Pisco, generando mezcla con las ACF, principalmente frente a Callao a 8 m.n., mientras que, frente a San Juan de Marcona y al sur de Atico, se observaron núcleos y proyecciones de ACF hacia mar adentro, propiciando mezcla con ASS por fuera de las 50 m.n.

En la franja de 60 m.n. los valores bajos de ANM se extendieron desde la zona ecuatorial hacia toda la costa peruana, asociado el efecto del arribo de una onda Kelvin fría.

A nivel sub-superficial frente a Paita (~82,5 °W), los datos provenientes de las boyas ARGO exhibieron un descenso y un ascenso de las isotermas, con anomalías negativas de -1,5 °C sobre los 50 m, que habrían estado asociados al efecto de la Onda Kelvin fría. La salinidad encima de los 30 m mostró aguas de mezcla entre ASS y AES, durante las tres primeras semanas, y luego predominaron ASS.

El afloramiento se mantuvo activo la mayor parte del mes. Sin embargo, la productividad primaria disminuyó respecto al mes anterior, debido a la mayor nubosidad, el cambio estacional y el acercamiento de las ASS hacia la costa.

La anchoveta presentó una amplia distribución latitudinal, con mayores capturas dentro de las 40 m.n. entre Chicama, Chimbote y Callao. La distribución latitudinal de este recurso estuvo restringida al sur de Pimentel debido a la presencia de AES y aguas de mezcla entre AES y ASS y, longitudinalmente restringido por las ASS hasta las 50 m.n. Los indicadores reproductivos (FD, IGS) mostraron un ligero incremento, pero por debajo aún de sus valores críticos, mientras que el contenido graso aumentó acorde a su patrón estacional.

El total de la cuota de pesca industrial de jurel y de la cuota artesanal de caballa fue capturado. La flota de merluza presentó una mayor actividad extractiva en Tumbes y Piura donde la talla media varió entre 30,1 cm a 35,1 cm. La extracción de los principales invertebrados (calamar gigante, calamar común, pulpo, concha de abanico) fue mayor respecto a abril, pero fue menor respecto a mayo de 2019.

En la costa norte y centro se encontraron especies de aguas cálidas, que sobrepasaron su límite normal de distribución sur, como el tollo mantequero, chiri lomo negro, falso volador y peje blanco. A lo largo de la costa se reportó una amplia distribución de munida, indicador de aguas frías.

En cuanto a las perspectivas, para la región Niño 1+2, las agencias internacionales pronostican valores dentro del rango de condición neutra con valores entre $-2,0\text{ °C}$ y $-0,25\text{ °C}$ en el trimestre julio–agosto–setiembre 2020. La llegada de una onda Kelvin fría (modo 2) en junio 2020 contribuirá a la persistencia de anomalías negativas de la TSM en la franja costera peruana. Para la franja adyacente a la costa, los modelos de pronóstico implementados en IMARPE señalan condiciones térmicas en el rango neutro para los meses de junio – setiembre del 2020.

II. INTRODUCCIÓN

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

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

III. MATERIALES Y MÉTODOS

1. VARIABLES

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

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

2. ÍNDICES

Índice del Anticiclón del Pacífico Sur (APS): Los índices de intensidad (IAPS) y posición (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 ILOE e ILAT se usan los percentiles 25 y 75, de tal forma que los valores positivos (negativos) de los índices ILOE 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 reanálisis 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 (DHN) desde 1976. Se determina de la media móvil corrida cada tres meses de las anomalías térmicas obtenidas en las estaciones costeras mencionadas. Categorías: LN Fuerte ($<-1,31$), LN Moderado ($-1,31 - -1,10$), LN Débil ($-1,10 - -0,78$), Neutro ($-0,78 - 0,27$), EN Débil ($0,27 - 0,78$), EN Moderado ($0,78 - 1,37$), EN Fuerte ($1,37 - 2,77$), EN Muy Fuerte ($>2,77$). Más detalles en Quispe & Vásquez (2015).

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

Índices de la termoclina, oxiclina, y profundidad de la Zona Mínima de Oxígeno (ZMO): Como indicador de la termoclina, definida como la capa con el máximo gradiente de temperatura en la columna de agua, se utiliza a la isoterma de 15 °C. Como indicador de la oxiclina costera, definida como la capa con el máximo gradiente de Oxígeno Disuelto (OD) en la columna de agua, se utiliza a la iso-oxígena de 1 mL L⁻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), siguiendo la metodología de Illig et al. (2004) y Dewitte et al. (2002). La señal de la OKE puede ser descompuesta en modos normales de oscilación que se propagan a diferentes velocidades. Los primeros dos modos (modo 1, modo 2) sumados proporcionan la mayor contribución a la anomalía del nivel del mar.

Modelos de pronóstico para el ITCP: Se emplearon dos metodologías para pronosticar la serie de tiempo del ITCP con un horizonte de 4 meses de anticipación. Las metodologías consisten en (1) un modelo estadístico basado en el volumen de agua cálida ecuatorial (Matellini et al., 2007) y el índice del APS siguiendo la metodología descrita en Quispe-Ccalluari et al. (2017), y (2) un modelo basado en las salidas de un modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia del Pacífico tropical ecuatorial (Dewitte et al., 2002; Gushchina et al., 2000) y siguiendo la metodología descrita en Quispe-Ccalluari et al. (2017).

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

| VARIABLE | FUENTE | | | | | | | | | | | | | | PERIODO | | FRECUENCIA | REFERENCIA | AREA RESPONSABLE | OBSERVACIONES | | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------------|----------------------|------------------|-----------|------------|------------------|-----------------------------------|---------------------------|---|-------------------------------|-----------|----------------------|-------------------|----------------|----------------|-----------------|---------------|------------|------------------|---------------|--------------|----------------|--|---|--|---|--|
| | Observaciones <i>in situ</i> | | | | | | | Satélite/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 | | |
| | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1960-Actual | 1981-2010 | mensual | | Domínguez et al (2017) | - Callao desde 1970 | |
| | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | 2015-Actual | 1993-2010 | quincenal | | Anculle et al (2015) | - Pisco desde 1976 | |
| | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | 1960-Actual | 1981-2010 | variable | | Domínguez et al (2017) | *Las estaciones fijas se dan en el marco del PPR-068 de IMARPE. | |
| | | | | | | 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° |
| | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1963-Actual | 1981-2010 | Diaria/mensual | | (Grados & Vásquez, en prep.) | | - A partir de este producto se derivan flujos geostróficos |
| | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2015-Actual | 1981-2010 | mensual | | Domínguez et al (2017) | | Paita desde 1963 |
| | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | 2015-Actual | 1993-2010 | quincenal | | Anculle et al (2015) | | Callao desde 1950 |
| | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | 1960-Actual | 1981-2010 | variable | | Domínguez et al (2017) | | Pisco desde 1976 |
| | Corrientes Marinas | | X | | | | | | | | | | | | | | | X | | | 1993-Actual | 1993-2015 | Diaria | | Lellouche, J.-M. et al. (2013) | | - Resolución: 0,083° |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1960-Actual | | mensual | | | | | | |

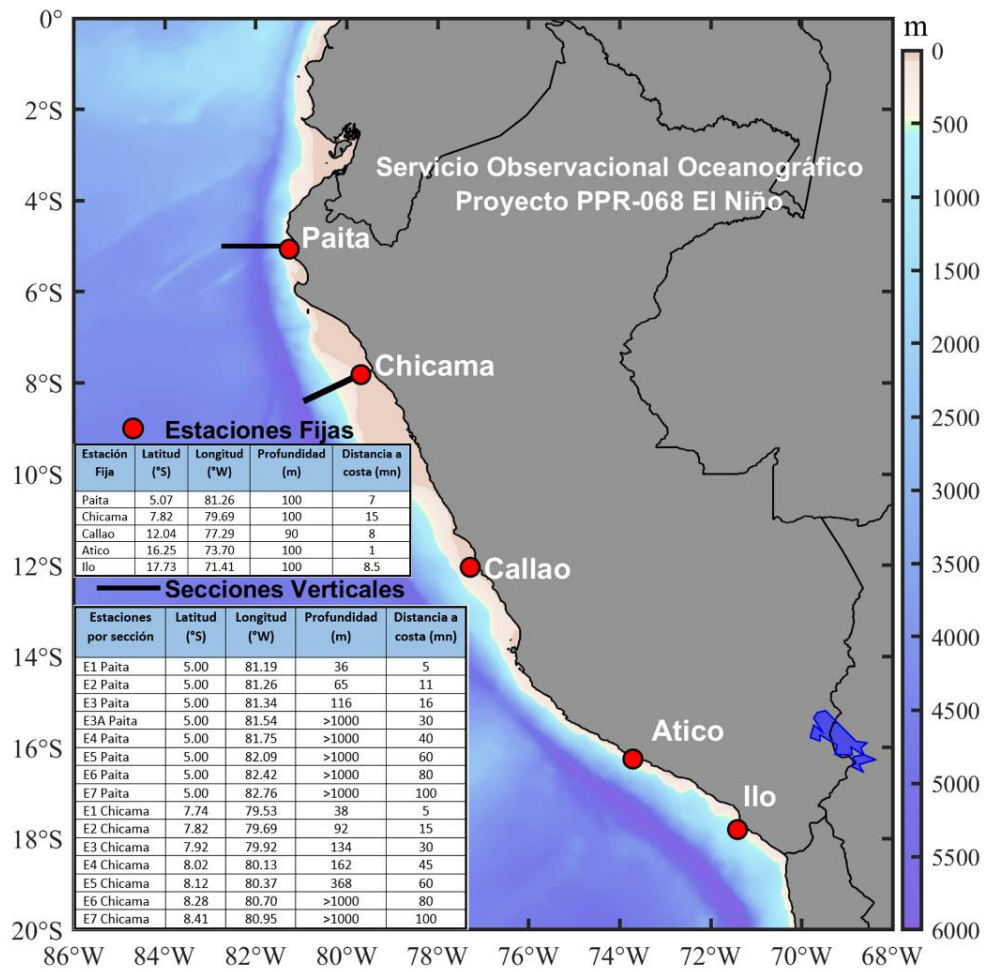


Figura 1. Ubicación geográfica de las estaciones fijas y secciones verticales de Paita y Chicama, sobre la batimetría con ETOPO1.

IV. CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS Y BIOLÓGICO-PESQUERAS EN MAYO 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 para mayo 2020 un núcleo centrado en los 90°W – 30°S con una intensidad máxima de ~1023,5 hPa, encontrándose desplazado al este de su posición normal con una intensidad máxima mayor que su valor climatológico (Figuras 2 y 3 a). El campo de anomalías de la presión mensual presenta anomalías positivas entre +1 hPa y +4 hPa en la región subtropical oriental, y anomalías positivas de presión alrededor de +1 hPa en la región tropical y frente a la costa norte peruana (Figura 3 b).

Los índices IAPS, ILON e ILAT del APS, para el trimestre MAM 2020, presentaron valores de +1,2 hPa, -2,6° y +0,8° respectivamente, indicando una intensidad y posición del APS dentro del rango normal (Figura 4 a). El valor mensual de la anomalía de la presión máxima en mayo 2020 fue de +2,8 hPa, mientras que, los valores mensuales de los desplazamientos longitudinal y latitudinal del APS fueron de +6,8° y +0,8° respectivamente (Figuras 4 b, c).

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

La radiación de onda larga (OLR, por sus siglas en inglés) presentó un comportamiento normal frente a las costas de Sudamérica, mientras que, en el Pacífico sudoeste, entre 150°W y 140°W, indicó una zona de subsidencia con núcleos intensos alrededor de la línea de cambio de fecha (180°). En el Pacífico noreste se observó ligeros núcleos de anomalías positivas y negativas (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 160°E y 100°W. En casi toda la banda que va desde los 180°E hasta los 120°W, la velocidad zonal presentó condiciones normales, mientras que, al este de los 170°E se observó un pequeño núcleo de anomalías del este alrededor de 5 m s⁻¹ a inicios del mes. Entre los 120°W y 80°W durante la segunda quincena las anomalías fueron del oeste (Figura 6).

1.2. Aspectos oceanográficos

1.2.1. Condiciones térmicas superficiales

En promedio, en la zona central del Pacífico ecuatorial, se presentaron condiciones frías, generadas por la expansión de anomalías de TSM de -1 °C. En el Pacífico oriental también se presentaron condiciones frías, pero en menor intensidad, disipándose las zonas con anomalías positivas que se encontraban frente a Perú y Ecuador (Figura 7). De acuerdo con el producto OISST.v2, se observó un promedio mensual de -0,2 °C en la región Niño 3.4 y de +0,1 °C en la región Niño 1+2.

De acuerdo con la variación semanal de las ATSM en las regiones Niño (Figura 8), durante mayo se observó el cambio de anomalías cálidas a anomalías frías, siendo este de mayor intensidad en la zona central y oriental, alcanzando en la última semana hasta el 03 de junio, valores de -0,4 °C en la región Niño 3.4 y -0,3 °C en la región Niño 1+2.

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, presentó condiciones neutras con predominio de anomalías negativas distribuidas por encima de los 200 m, que se propagaron hacia el este, alcanzando la superficie a mediados de mayo, entre 140°W a 110°W. En el extremo oriental (95°W), los remanentes de anomalías positivas ubicados encima de los 20 m terminaron por disiparse en la primera quincena de mayo (Figura 9).

El contenido de calor integrado en la capa de los primeros 300 m mantuvo la tendencia negativa en el Pacífico ecuatorial occidental (156°E – 155°W) desde mediados de diciembre del 2019 hasta los primeros días de mayo, alcanzando una anomalía de -0,5 °C, luego de los cuales se revirtió al rango neutral. En el lado oriental (140°W - 95°W), la tendencia negativa observada desde mediados de octubre 2019 se aceleró entre abril y mayo, generando una anomalía de --1,5 °C, que luego se fue atenuando hacia finales de mes. Esta tendencia fue similar para toda la región central y oriental (180°W - 95°W) (Figura 10).

La propagación de las anomalías térmicas negativas en la capa de 0 - 300 m a lo largo del Pacífico ecuatorial predominó durante todo mayo entre los 170°W y 100°W. Sin embargo, en el extremo occidental, desde los 160°E a 170°E, se observó la propagación de condiciones térmicas neutras hacia el Pacífico Ecuatorial central (Figura 11).

2. CONDICIONES FRENTE A LA COSTA PERUANA

2.1. Aspectos meteorológicos

2.1.1. Velocidad del viento en la costa peruana

Frente a la costa peruana se presentaron vientos entre débiles ($< 4,1 \text{ m s}^{-1}$) a ligeramente fuertes ($> 6,8 \text{ m s}^{-1}$) durante el mes. Entre los días 01 al 05, 11 al 15 y 21 al 25 de mayo los vientos fueron moderados a fuertes, registrándose estos últimos entre Pisco y San Juan de Marcona. Entre el 06 al 10 y del 16 al 20 de mayo, predominaron los vientos moderados desde el norte de Lambayeque hasta Tumbes. En la última pentada del mes predominaron vientos débiles frente a la mayor parte de la costa (Figura 12).

Respecto a las anomalías de la velocidad del viento (VV), fuera de la costa, entre el 01 y el 05 y del 11 al 15 de mayo, predominaron anomalías negativas al norte de Chimbote y anomalías positivas de Callao hacia el sur. Entre los días del 06 al 10 y del 16 al 20 de mayo predominaron anomalías negativas de VV frente a la mayor parte de la costa inferiores a 2 m s^{-1} . Finalmente, entre los días del 26 al 30 de mayo predominaron anomalías negativas de la VV, de magnitud inclusive superior a $2,0 \text{ m s}^{-1}$ (Figura 13).

A lo largo de la franja costera dentro de los 40 km, entre el 01 y 25 de mayo, se presentaron vientos ligeramente fuertes a moderados, con anomalías de VV entre -1 m s^{-1} y $+2,0 \text{ m s}^{-1}$ en promedio. Las mayores VV ($> 8,0 \text{ m s}^{-1}$) y anomalías positivas de VV ($> +3,0 \text{ m s}^{-1}$) se registraron entre Pisco y San Juan de Marcona. Entre el 26 y 30 de mayo se registró un debilitamiento generalizado de la VV en toda la costa peruana, con anomalías negativas de hasta $-3,0 \text{ m s}^{-1}$ en promedio (Figura 14 a y b).

De acuerdo con los registros del esfuerzo de viento, el afloramiento costero presentó un comportamiento activo en las tres primeras semanas del mes, desde Paita a San Juan de Marcona, con valores de IAC mayores a $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 100\text{m}^{-1}$. En la última semana el afloramiento colapsó, debido al debilitamiento del viento a lo largo de la costa (Figura 14 c).

2.2. Aspectos oceanográficos físicos

2.2.1. Temperatura superficial del mar

La TSM en presentó valores de hasta $26 \text{ }^\circ\text{C}$ a 350 m.n. frente al norte de la costa peruana, alcanzando $28 \text{ }^\circ\text{C}$ frente a Ecuador, y desde $17 \text{ }^\circ\text{C}$ en la celda de afloramiento de Pisco-San Juan de Marcona. Dentro de las 200 m.n., el mar peruano se caracterizó por presentar una franja costera con TSM menores de $21 \text{ }^\circ\text{C}$, advección de aguas relativamente más frías de Paita al Noroeste (NO), y un marcado frente térmico conformado por 7 isotermas (entre Chimbote y Huacho) debido a la permanencia de aguas cálidas de $21 \text{ }^\circ\text{C}$ a $23 \text{ }^\circ\text{C}$. En un contexto regional, al norte del ecuador geográfico, las isotermas tuvieron una configuración zonal, destacando el aporte significativo de aguas relativamente frías procedentes de la costa norte del Perú a la región ecuatorial (Figuras 15 a, 16). Las anomalías térmicas (Figura 15 b) indicaron el predominio de condiciones en el rango neutral con presencia de núcleos costeros de $-1 \text{ }^\circ\text{C}$ de Talara a Huarmey. Por fuera de las 60 m.n., persistieron zonas cálidas anómalas en el sector oceánico frente a Punta Falsa, así como entre Casma y Chancay ($+2 \text{ }^\circ\text{C}$), asociadas con la presencia de aguas de $22 \text{ }^\circ\text{C}$ y $23 \text{ }^\circ\text{C}$.

A escala pentadal (Figura 16), aguas con temperaturas menores a $21 \text{ }^\circ\text{C}$ se proyectaron paulatinamente hacia el sector oceánico, presentando gran amplitud al sur del Callao, especialmente frente a Matarani. Por otro lado, aguas mayores de $23 \text{ }^\circ\text{C}$ se replegaron hacia mar adentro durante el mes, siendo característica la presencia de aguas con TSM de $27 \text{ }^\circ\text{C}$ en la primera pentada del mes, para luego desaparecer y ser reemplazadas por aguas de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ al término del mes en el extremo oeste entre Paita y Huarmey. Otro sector donde se evidenciaron variaciones por el cambio estacional fue la zona frente a Paita que presentó una persistente advección de aguas relativamente más frías hacia el sector ecuatorial. Hacia el norte del ecuador geográfico, las isotermas continuaron presentando una configuración zonal frente al mar panameño y la Cuenca Pacífica Colombiana.

Las anomalías térmicas indicaron el enfriamiento continuo hacia el NO de Paita presentando una máxima intensidad al término del mes cuando la ATSM alcanzó $-3,0 \text{ }^\circ\text{C}$; esta condición se extendió a la costa norte y centro entre el 15 y 24 de mayo (Figuras 17 d, e), declinando posteriormente (Figura 17 f). La condición cálida anómala fue disminuyendo en intensidad, aunque prevalecieron dos núcleos significativos durante todo el mes, frente a Huarmey y San Juan de Marcona, con ATSM de hasta $+3 \text{ }^\circ\text{C}$ asociados con la presencia de una estructura anticiclónica (Figura 17).

La disminución permanente de la TSM de una pentada a otra fue propia del cambio estacional, condición que ocurrió con mayor intensidad en la primera (Figura 18 a) y cuarta (Figura 18 d) pentadas. Por otro lado, se registraron incrementos moderados de la TSM en la segunda (Figura 18 b) y sexta (Figura 18 f) pentadas, focalizados al norte de Paita y Tumbes, respectivamente.

Asimismo, la variación temporal de la distribución latitudinal de las anomalías térmicas en la franja de 60 m.n. adyacente a la costa (Figura 19 a) indicó, en promedio, la disminución de la TSM en $1 \text{ }^\circ\text{C}$ a $2 \text{ }^\circ\text{C}$ con respecto al inicio del mes. Al término de mayo, se observó en promedio valores de TSM en el rango neutral de Paita al sur, y enfriamiento de leve a moderado de Paita al norte (Figura 19 b).

En el litoral, los valores promedio mensuales (Tabla 1) de la TSM (°C) y las ATSM (°C) para la grilla más costera del producto OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012) variaron entre 26,2 °C (Tumbes) y 16,6 °C (Atico). Las anomalías térmicas oscilaron entre -1,6 °C (Chimbote) y +0,9 °C (Tumbes). El registro de la TSM diaria se fue reestableciendo en la red de estaciones costeros del IMARPE (Figura 20).

2.2.1.1. Índices climáticos y oceánicos

Las series de tiempo de los índices climáticos ONI (Huang et al, 2017), ICEN (Takahashi, et al. (2014) e ITCP (Quispe-Ccalluari et al., 2016) se presentan en la Tabla 2 y la Figura 21.

A escala regional, el ICEN presentó un valor preliminar de +0,01 para mayo, manteniendo valores en el umbral de la condición neutral positiva desde marzo 2020 (Figura 21 c). Por otro lado, el valor preliminar para la primera componente principal del ITCP en mayo fue -0,3; los últimos valores estimados fueron -0,3 (abril), -0,3 (marzo), -0,2 (febrero) y -0,1 para enero de 2020, indicando que aún persiste una condición térmica neutral en la zona de afloramiento del mar peruano (Figura 21 b).

En conclusión, los índices climáticos como el ITCP e ICEN, así como el ONI, indican condiciones frías, neutral positiva y neutral negativa, respectivamente.

2.2.2. Salinidad superficial del mar

Según el producto Mercator Océan, la salinidad superficial del mar (SSM) continuó mostrando la intromisión de las Aguas Tropicales Superficiales (ATS; SSM < 34,0 ups) hasta Tumbes. Asimismo, entre Talara y Lambayeque persistieron condiciones de mezcla entre las aguas ecuatoriales superficiales (AES; SSM < 34,8 ups) y las aguas subtropicales superficiales (ASS ≥ 35,1 ups). Las ASS, se mantuvieron cerca de la costa principalmente entre Casma y Pisco, generando mezcla con las aguas costeras frías (ACF; SSM entre 34,9 ups y 35,1 ups). Frente a San Juan de Marcona y al sur de Atico, se observaron núcleos y proyecciones de ACF hacia mar adentro, propiciando mezcla con ASS por fuera de las 50 m.n. (Figura 22).

Contrastando la información del producto Mercator con la información de los flotadores ARGO entre los 8°S y 10 °S; se pudo confirmar el mayor predominio de las ASS. Asimismo se observaron aguas de mezcla (ASS-ACF) frente a Callao a 8 m.n., de acuerdo con la estación Fija Callao.

A nivel pentadal (Figura 23), una intromisión costera de las ATS hasta Tumbes se habría mantenido durante todo el mes, así como, entre Paita y Lambayeque, la mezcla entre AES y las ASS. Frente a Callao, el núcleo de 35,0 ups - 35,1 ups disminuyó en cobertura desde la tercera (Figura 23 c) hasta la última pentada (Figura 23 f).

2.2.3. Nivel del mar

Las anomalías del nivel del mar (ANM) durante mayo (Figura 24 b) en comparación a abril (Figura 24 a), se caracterizaron por una disminución que se extendió desde la zona ecuatorial hacia la costa peruana principalmente dentro de los 200 km y que estuvo asociada al arribo desde fines de abril de una onda Kelvin fría. Los valores de ANM variaron entre +4 cm, dentro de dos remolinos ciclónicos frente a Chicama y Callao, hasta +10 cm frente a Huarney. Por fuera de los 200 km al sur de Chimbote, se observó la permanencia de ANM positivas mayores a +10 cm, con núcleos de +12 cm frente a Huarney, Callao y sur de Pisco y +14 cm frente a Ilo (Figura 24 b).

A escala pentadal se pudo notar la disminución progresiva de las ANM a lo largo de la costa peruana desde la primera hasta la tercera pentada (Figuras 25 a-c), y luego hubo un ligero incremento frente a la costa centro-norte hasta la última pentada (Figura 25 d-f), donde se alcanzaron valores de hasta +10 cm entre Chicama y Huarney. Hacia mar afuera, permanecieron los núcleos de ANM mayores a +10 cm con flujos en sentido antihorario, tendiendo a debilitarse en la última pentada (Figura 25 f). Al sur de Chimbote y por fuera de los 200 km a la costa, se mantuvieron remolinos anticiclónicos; frente a Huarney con un radio > 100 km durante la primera semana y durante casi todo el mes con un radio ~60 km frente a Callao, sur de Pisco e Ilo. Resaltó además un remolino anticiclónico de gran tamaño (>100 km) frente a Chimbote y cerca de la costa durante la segunda quincena del mes (Figura 25).

En cuanto a la actividad de mesoescala, se detectaron en promedio entre 7 y 12 remolinos por día, valores similares a lo registrado durante abril, manteniendo así la preponderancia de los remolinos ciclónicos (60,5 %) sobre los anticiclónicos (Figura 26 a). El radio de estas estructuras en promedio tuvo un comportamiento oscilante con una tendencia a disminuir, desde 83,5 km a inicios de mes hasta 56,8 km durante la última semana (Figura 26 b). Comportamiento similar presentó la energía cinética promedio (Figura 26 c) disminuyendo de $300 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-2}$ a $100 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-2}$, estando el pico a inicios de mes asociado a un remolino ciclónico de gran tamaño (>100 km) localizado entre los 7°S y 9°S y que fue disminuyendo en tamaño a valores cerca al promedio (68 km), manteniéndose hasta el 24 de mayo entre los 100 y 200 km a la costa.

En el área próxima a la Isla Galápagos ($0,125^\circ\text{S}$, $90,125^\circ\text{W}$), las ANM (Figura 27 a) presentaron un comportamiento fluctuante, de descenso durante los 10 primeros días, seguido de un ascenso hasta el 19 de mayo, para luego declinar hasta un valor mínimo de +1,8 cm el 29 de mayo, estas ANM con un filtro de 120 días representan valores por debajo de lo normal (Figura 27 b). En cambio, la variación temporal de las ANM (Figura 27 a) dentro de las 60 m.n. del litoral peruano, tanto en las franjas al norte (5°S a 14°S) como al sur (14°S a 18°S) de la costa peruana mostraron un ligero descenso durante la primera quincena de mayo y luego una tendencia ascendente hasta fines de mes, comportamiento que es más evidente con las ANM filtradas donde se puede notar que la tendencia ascendente indicaría una normalización de las ANM frente a la costa peruana (Figura 27 b).

En la franja de 60 m.n. (111 km) adyacente a la costa entre el ecuador geográfico y 22°S , las ANM (Figura 28 a) mostraron un descenso general a lo largo de la costa, que al ser filtradas (Figura 28 b) dan a notar el impacto de la onda Kelvin fría desde fines de abril, haciendo notar su extensión hasta el extremo sur del litoral peruano hasta mediados de mayo. Entre la tercera y cuarta semana, la ANM tendió a ascender, particularmente al sur de Chimbote.

2.2.4. Variabilidad de alta frecuencia registrada en flotadores ARGO

Debido a la ausencia de información en la estación fija de Paita después de la primera semana de marzo, se utilizó datos de temperatura de un flotador ARGO, cuya última posición fue a 80 m.n. de la costa frente a Paita ($\sim 82,5^\circ\text{W}$ y $\sim 5,1^\circ\text{S}$). A partir de esta información se calculó la anomalía de temperatura en base a la climatología de temperatura desarrollada por IMARPE (1981 – 2010). A inicios del mes se observó un ascenso de las isotermas respecto a la última semana de abril, seguida de una ligera profundización y posteriormente un nuevo ascenso de las isotermas hasta fines de mayo. En promedio sobre los 50 m de profundidad predominaron anomalías negativas, con valores de hasta $-1,5^\circ\text{C}$, asociado al arribo de la onda Kelvin fría, cuyos efectos se evidenciaron previamente en la ANM (ver sección 2.2.3).

Por otro lado, los valores de salinidad sobre los 30 m evidenciaron la presencia de aguas de mezcla entre ASS y AES, con valores entre 34,8 ups a 35,0 ups durante las tres primeras semanas de mayo, mientras que, en el resto de la columna de agua se continuaron observando aguas de mezcla (ASS y AES), pero con un mayor predominio de las ASS (Figura 29).

2.3. Aspectos biogeoquímicos y de productividad

2.3.1. Productividad

Durante la primera quincena de mayo, la concentración de clorofila-a disminuyó respecto a abril, variando entre $1 \mu\text{g L}^{-1}$ y $3 \mu\text{g L}^{-1}$ a lo largo de la costa dentro de las 60 m.n., con núcleos más costeros de $10 \mu\text{g L}^{-1}$ a $20 \mu\text{g L}^{-1}$ entre Chicama-Chimbote, Huacho-Callao y al norte de Ilo. Durante la segunda quincena, las concentraciones de $1 \mu\text{g L}^{-1}$ predominaron a lo largo de la costa dentro de las 50 m.n., excepto al norte de Ilo donde variaron de $3 \mu\text{g L}^{-1}$ a $10 \mu\text{g L}^{-1}$ (Figura 30 a). En términos de anomalía, durante la primera quincena predominaron anomalías positivas ($+1$ a $+4 \mu\text{g L}^{-1}$) a lo largo de la costa; mientras que, en la segunda quincena, predominaron anomalías negativas ($-1,5 \mu\text{g L}^{-1}$), a excepción del norte de Ilo (Figura 30 b).

Dentro de las 60 m.n. y entre 6°S a 16°S , se detectaron anomalías positivas durante la primera quincena del mes ($\sim +1,5 \mu\text{g L}^{-1}$); mientras que, en la segunda quincena las concentraciones estuvieron dentro del rango neutro (Figura 31 a). Latitudinalmente, en la franja costera predominaron anomalías positivas al norte de 8°S y desde los 11°S a 13°S ; mientras que, desde 9°S a 11°S y al sur de los 13°S predominaron anomalías negativas ($-1 \mu\text{g L}^{-1}$) y concentraciones en el rango neutro durante todo el mes (Figura 31 b).

La cantidad de luz incidente que varía por la presencia de nubes influye en el crecimiento de fitoplancton y la producción de clorofila-a. La anomalía de la fracción de nubes (porcentaje de nubes por pixel) para la primera quincena del mes estuvo entre -30% a -10% al norte de Pisco dentro de las 50 m.n.; mientras que, al sur de Pisco se observaron anomalías positivas ($+20\%$). Durante la segunda quincena, se observaron anomalías negativas entre Paita y Huacho (-40% a -20%) y al norte de Ilo (-10%); mientras que, entre Callao y San Juan predominaron anomalías positivas ($+20\%$ a $+40\%$) (Figura 30 c).

La disminución de la productividad durante mayo, respecto a abril, se encontró asociada a su ciclo estacional y a una menor insolación debido a la mayor fracción de nubes diaria (Figura 32). Por otro lado, su distribución costa-océano se vio influenciada por el acercamiento de las ASS hacia la costa y por la actividad de mesoescala que influyó en el transporte de condiciones productivas fuera de la costa, como lo observado durante la primera quincena del mes frente a Chimbote y Callao.

3. INDICADORES ECOLÓGICOS Y BIOLÓGICO-PESQUEROS

3.1. Condiciones biológico – pesqueras de los recursos pelágicos

3.1.1. Anchoqueta (*Engraulis ringens*)

Mediante la R.M. N° 147-2020-PRODUCE, se autorizó el inicio de la primera temporada de pesca de anchoqueta 2020 en la zona norte – centro a partir del miércoles 13 de mayo 2020, otorgando un límite máximo total de captura permisible (LMTCP) de 2 413 000 toneladas. Al 30 de mayo, la captura ascendió a 547 398 toneladas (t).

3.1.1.1. Distribución, capturas, tallas

La anchoveta se distribuyó entre el sur de Pimentel y el sur de Bahía Independencia principalmente dentro de las 40 m.n. de distancia a la costa. Se observaron tres núcleos definidos, de Pacasmayo a Casma, entre el norte de Huarmey y Huacho, y entre Chancay a Punta Caballas. La distribución latitudinal del recurso estuvo restringida al área libre de influencia de las AES; y su distribución respecto a la distancia de la costa estuvo restringida por la presencia de ASS hasta las 50 m.n. y un núcleo de ATSM de hasta +2°C frente a Casma (Figura 33). Las mayores capturas se registraron dentro de las 20 m.n. entre Salaverry y Chicama.

La estructura de tallas presentó un rango entre 6,5 cm y 17,5 cm de longitud total (LT), con moda principal en 13,0 cm de LT y 11,8 % de porcentaje en número, que correspondió en peso al 7,3 % (Figura 34 a). Según grado latitudinal, entre Pimentel y Casma se registraron mayormente cardúmenes de ejemplares adultos con moda en 13,0 cm de LT y 3,9 % de juveniles. Al sur de Supe (11°S), se observó un incremento en la presencia de ejemplares juveniles, con moda principal en 12,0 cm y secundarias en 11,0 y 10,0 cm de LT, alcanzando un 40,5 % de juveniles (Figura 34 b). Debido a la alta presencia de juveniles se elaboraron 25 comunicados de suspensión de extracción en diversas zonas de pesca.

3.1.1.2. Indicadores reproductivos y somáticos

Los indicadores reproductivos de la anchoveta peruana del stock norte-centro mostraron un ligero incremento de los valores del FD y del GS; sin embargo, estos valores se mantuvieron muy por debajo de sus valores críticos respectivos, mientras que, el CG mostró un aumento acorde a su patrón (Figura 35).

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

El total de la cuota de pesca industrial de jurel y el total de la cuota artesanal de caballa fueron capturados. La caballa fue registrada como especie incidental en la pesquería de anchoveta.

3.1.3. Otras especies

Durante la primera temporada de pesca de anchoveta en la región norte-centro, se registraron, como captura incidental de la pesca industrial, peces costeros y oceánicos e invertebrados de importancia comercial para el consumo humano directo. Dentro de los peces costeros y demersales se registró a la merluza (*Merluccius gayi peruvianus*) y lorna (*Sciaenops ocellatus*); y, dentro de los transzonales y oceánicos se observó a la caballa (*Scomber japonicus*) y al bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*), mientras que, dentro de los invertebrados se registró la presencia de la pota (*Dosidicus gigas*). Las especies indicadoras de masas de aguas frías observadas fueron lorna y también el invertebrado *Pleurocondes monodon* "múnida" que presentó una amplia distribución (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 2019 – 30 junio 2020 (R.M. N° 290-2019-PRODUCE), durante el mes de mayo la flota industrial arrastrera desembarcó un total de 2 129,9 t de merluza y, el total acumulado desembarcado fue 14 281,1 t (24,3 % del límite máximo de captura total permisible - 58 766 t).

La distribución espacial de la flota arrastrera de merluza evidenció actividades extractivas principalmente en la región Tumbes al frente y al norte de Punta Sal (subárea A) y, en la región Piura entre el sur de Talara y Punta Gobernador (sub-área B) (Figura 37 a). La mayor talla media (35,1 cm) se presentó en la subárea A y la menor (30,1 cm) en la sub-área C (Figura 37 b). Cabe mencionar que en la subárea C los ejemplares menores a 28 cm superaron el 20 % permitido legalmente.

3.2.2. Invertebrados

Calamar gigante o pota (*Dosidicus gigas*)

En mayo 2020, los desembarques de calamar gigante fueron de 1583 t. En comparación con el mes precedente se incrementaron; en cambio disminuyeron con relación al mismo periodo del año 2019. A nivel de localidades los mayores desembarques se registraron en Callao (85,6 %) y en menor proporción en Paita (4,8 %), Camaná (4,1 %) Chimbote (1,1 %), Pisco (0,2 %) e Ilo (0,2 %) (Figura 38 a). Cabe mencionar que las actividades de pesca fueron afectadas como consecuencia de las disposiciones de aislamiento social obligatorio (cuarentena) dispuestas por el gobierno debido a la pandemia de COVID-19. Por ello, la información recuperada es preliminar, ya que en algunos lugares recién se han cerrado puertos y en otros lugares se están reiniciando actividades extractivas.

Calamar común (*Doryteuthis gahi*)

El calamar común presentó desembarques preliminares de 82 t, registrándose un incremento en comparación con el mes precedente y una disminución respecto a lo registrado en mayo de 2019. La localidad de Chimbote se constituyó en el principal lugar de desembarque de este recurso (99,6 %) (Figura 38 b).

Pulpo (*Octopus mimus*)

El pulpo desembarcado por la flota artesanal sumó 39 t, presentando incrementos en comparación con abril y con mayo de 2019. El mayor porcentaje de desembarque se registró en Piura (41,0 %), seguido de Chimbote (18,7 %), Callao (18,4 %), Ilo (15,3 %) y Pisco (6,7 %) (Figura 38 c).

Concha de abanico (*Argopecten purpuratus*)

En mayo de 2020, la concha de abanico presentó desembarques de 101 t, que representó un incremento en comparación con abril y una disminución en relación con mayo 2019. Los mayores desembarques se registraron en la bahía de Sechura (84,1 %) y en menor porcentaje en Callao (13,0 %), Chimbote (2,6 %) y Pisco (0,2 %) (Figura 38 d).

3.2.3. Otros recursos

En la zona norte, en Tumbes, las especies que registraron mayores desembarques fueron espejo (*Selene peruviana*) (21 %), falso volador (*Prionotus stephanophrys*) (12 %), chiri (*Peprilus medius*) (11 %) y en menores proporciones camotillo (*Diplectrum conceptione*), merluza, lisa (*Mugil cephalus*) y otros recursos. Cabe mencionar que estas especies están asociadas a AES, excepto la lisa que está asociada tanto a AES y ACF.

En Piura, los desembarques estuvieron representados principalmente por anchoveta (45 %) y en menores cantidades por merluza (10 %), caballa (9 %) y lisa (7 %), de las cuales la anchoveta está asociada a ACF (Ñiquen et al., 2000) y la caballa a ASS y ACF (Dioses, 1995). Respecto a la descarga de anchoveta, se resalta que hubo una disminución considerable respecto al mes de abril, debido a que algunos pescadores no salieron a faenar por temor al contagio de COVID-19, tras la aparición de pescadores contagiados en los desembarcaderos de Paita y de la Bahía de Sechura.

En Lambayeque, los desembarques estuvieron conformados principalmente por chiri lomo negro (*Peprilus snyderi*) (24 %) y bonito (24 %), seguido de tollo común (*Mustelus whitneyi*) (13 %) y cachema (*Cynoscion analis*) (13 %), entre otros recursos, cuya presencia en el caso de lomo negro y cachema está asociada AES, el bonito a aguas con temperatura relativamente baja, entre 15° y 22°C (Samamé, 1993), y el tollo común tanto a AES y ACF. El incremento del desembarque de lomo negro podría deberse por un lado a que en estos últimos años los pescadores han dirigido sus esfuerzos a la captura de este recurso, ya que, se ha hecho más comercial en esta zona, y por otro lado a la poca disponibilidad de recursos tradicionales como coco (*Paralonchurus peruanus*), lorna (*Sciaena deliciosa*), entre otros recursos, haciendo que los pescadores capturen a los recursos que están disponibles, como el lomo negro.

En la Libertad, las principales especies fueron el tiburón azul (*Prionace glauca*) (24 %), coco (*Paralonchurus peruanus*) (19 %), yuyo (*Chondracanthus chamissoi*) (13 %), lisa (10 %), chiri (8 %), entre otros. En general los desembarques de estas especies han mantenido una tendencia constante desde inicios del año, excepto la lisa que comenzó a disminuir desde febrero (Figura 39 a). En este caso podemos mencionar que típicamente el tiburón azul es una especie oceánica y altamente migratoria (Elliot et al., 1995), así como, el coco y yuyo a ACF.

En la zona centro, en Ancash, los desembarques estuvieron representados principalmente por pejerrey (*Odontesthes regia*) (33 %) y calamar (20 %), además, en menor proporción por machete (*Ethmidium maculatum*), lorna, entre otros recursos, de los cuales, el pejerrey según su distribución (Chirichigno y Cornejo, 2001), estaría asociado a ACF. Se observó un incremento importante en los desembarques del pejerrey, calamar y machete en relación al mes anterior, lo cual es propio de esta temporada

En Lima, las principales descargas estuvieron conformadas por pota (54 %) y bonito (36 %) principalmente, cuya presencia de la primera especie se asocia a aguas de mezcla (ACF + ASS) (Castillo et al., 2009).

En Ica, la actividad de la pesca artesanal estuvo influenciada por el estado de emergencia además de las malas condiciones ambientales. Sin embargo, se registraron desembarques principalmente de bonito (86 %), y en menor proporción de jurel, caracol (*Thaisella chocolata*), entre otros, siendo la segunda asociada a ASS y ACF (Dioses, 1995) y la tercera a ACF (Figura 39 b).

En el sur, en la región de Ica, Arequipa, Moquegua y Tacna la actividad de pesca fue afectada negativamente por el cierre de puertos, por el estado de emergencia y las malas condiciones ambientales, generando caídas drásticas en los desembarques de estas regiones. En Arequipa, los desembarques estuvieron representados casi en su totalidad por jurel, con 63 % del total desembarcado en esta región, seguido de bonito (22 %) y en menor proporción por caballa y pota, mientras que, en Moquegua, por jurel (48 %), bonito (44 %), caballa (4 %) y otros recursos menores al 1 %. Finalmente, en Tacna, los principales recursos registrados fueron jurel (61 %), bonito (27 %), pota (6 %) y otros recursos (menores al 2 %) (Figura 39 c).

3.2.3.1. Especies indicadoras en la pesca incidental de la actividad pesquera artesanal

Cabe mencionar que la obtención de datos en el campo se vio reducida desde el pasado 16 de marzo del 2020 debido a la pandemia de COVID-19. Sin embargo, durante mayo 2020 se registró igual número de especies indicadoras de condiciones cálidas que en abril 2020. En el norte y centro de Perú, se observó la presencia de cuatro especies de aguas cálidas en las zonas de Pacasmayo (La Libertad) y Huacho (Lima). Las especies de aguas cálidas que se encontraron en La Libertad fueron chiri lomo negro y tollo mantequero (*Carcharhinus falciformis*), cuyos límites de distribución sur se encuentran en el norte de Perú y Tumbes, respectivamente. En Lima se registró falso volador (*Prionotus stephanophrys*) y peje blanco (*Caulolatilus affinis*), cuyos límites normales de distribución sur son Islas Lobos de Afuera y Chimbote, respectivamente, pudiendo llegar ocasionalmente, ambas especies, hasta el Callao durante eventos cálidos. Los Laboratorios Costeros de Tumbes, Paita y Santa Rosa no reportaron ninguna especie inusual para su jurisdicción.

3.3. Otros 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

En mayo la información de la dieta de guanay (*Phalacrocorax bougainvillii*) fue obtenida mediante comunicación personal con algunos guardaislas (AGRORURAL). Estos indicaron que la anchoveta fue la presa predominante de las islas Guañape Norte, Ballestas, puntas San Juan y Coles. Comparados con abril, las poblaciones de guanay y piquero de las estas zonas presentaron una tendencia creciente en el número total de individuos (Figura 40). Además, en la población de piqueros (*Sula variegata*) de la isla Pescadores (11°47' LS), se observó nidos con presencia de huevos. Sin embargo, para consolidar el inicio y continuar con la etapa reproductiva es necesario que se mantenga la disponibilidad de alimento.

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

4.1 Pronósticos a gran escala de las agencias internacionales

En mayo 2020, las anomalías de TSM estuvieron por debajo de su promedio climatológico en el Pacífico ecuatorial central y oriental pero dentro del rango neutro de El Niño-Oscilación Sur (ENOS). La mayoría de los modelos dinámicos y estadísticos de predicción de ENOS (Niño 3.4) de las agencias internacionales (IRI, mayo 2020) (Figura 41), pronostican una tendencia a disminuir de las anomalías de TSM en el Pacífico ecuatorial central durante el invierno austral, pero dentro de las condiciones neutras del ENOS. Cabe señalar que algunos modelos indican una tendencia de enfriamiento con una posibilidad de alcanzar el umbral de una condición débil de La Niña durante el invierno-primavera austral 2020.

Para la región Niño 3.4, los valores de ATSM pronosticados por los modelos dinámicos y estadísticos varían entre $-0,02\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+0,39\text{ }^{\circ}\text{C}$ para el trimestre MJJ 2020, y entre $-0,17\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+0,33\text{ }^{\circ}\text{C}$ para el trimestre JJA 2020. Para el trimestre JAS 2020 el modelo ECMWF indica ATSM entre $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que, los modelos CFSv2 y NMME indican ATSM entre $-0,025\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Con respecto a la región Niño 1+2, para el trimestre JAS 2020, el modelo ECMWF indica valores entre $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que los modelos NMME y CFSv2 pronostican valores promedio entre $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-0,25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 42). En la franja costera frente a Perú, los modelos CFSv2 y NMME pronostican ATSM en un rango de $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-0,25\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que el modelo ECMWF pronostica valores entre $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por otro lado, en la zona oceánica frente a 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

La simulación del modelo oceánico de complejidad intermedia descrito por Illig *et al.* (2004 y Dewitte *et al.* (2002) aplicado en el IMARPE (Quispe-Ccalluari *et al.* 2017), con forzamiento hasta el 5 de junio del 2020 (Figura 43) indica que la onda Kelvin fría (modo 2) generada en abril en el Pacífico ecuatorial central, ha sido reforzada en mayo por la persistencia de las anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial oriental, y llegará frente a las costas de Sudamérica en junio 2020. Por otro lado, una nueva onda Kelvin fría (modo 1) ha sido generada debido a las anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial occidental y llegaría a Sudamérica en julio 2020. Los arribos de estas ondas Kelvin frías contribuirían a que la temperatura del mar persista por debajo de lo normal frente a la costa peruana.

4.3 Pronósticos de la TSM frente a la costa del Perú

En relación con las condiciones térmicas en la franja adyacente a la costa, 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) pronostica valores negativos del ITCP (Quispe-Ccalluari *et al.*, 2018), primero dentro del rango de condición neutra en junio-julio, y luego de condición fría en agosto-setiembre 2020.

Por otro lado, el modelo estadístico basado en el volumen de agua cálida ecuatorial (Matellini *et al.*, 2007) y la influencia del APS, siguiendo la metodología descrita en Quispe-Ccalluari *et al.* (2017), también pronostica valores negativos del ITCP, pero dentro de una condición neutra durante junio-setiembre 2020 (Figura 44 y 45).

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. Queffeulou, C. Liu y H. Roquet (2009), Evaluation of high-resolution surface wind products at global and regional scales, J. Ocean. Operational, 2 (2), 15-27.
- Boden B.P, Johnson M.W & Brinton E. 1955. The Euphausiacea (Crustacea) of the North Pacific. Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography of the University of California, La Jolla, Vol. 6, N° 8. pp. 282-394.
- Boltovskoy, D. 1981. Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. INIDEP. Argentina.
- Boltovskoy, D. 1999. South Atlantic Zooplankton. Backhuys Publishers, Leiden. 2:869-1706.
- Bouchon M., Ñiquen M., Arias Shreiber M., Bello R. 1997. Manual de Operaciones del Proyecto Bitácoras de Pesca. Inf. Prog. Inst. Mar Perú N° 74: 44 p.
- Bouchon M, Ñiquen M, Mori J, Echevarría A, Cahuín S. 2001. Manual de muestreo de la pesquería pelágica. Inf. Prog. Inst. Mar Perú – Callao. 157: 38pp.
- Brinton, E. 1962. The distribution of Pacific euphausiids. Bull. Scripps Inst. Oceanogr. 8 (2): 51-270.
- Buitrón, B., Perea, A., Mori, J., Sánchez, J. & Roque, C. 2011. Protocolo para estudios sobre el proceso reproductivo de peces pelágicos y demersales. Protocol for studies on the reproductive process of pelagic and demersal fishes. Boletín Instituto del Mar Perú, 38: 373-384.

- Cairns, D. 1987. Seabird as indicators of marine food supplies. *Biological oceanography*. 5: 261-271
- Carrasco S. 1989. Anfípodos planctónicos del área comprendida entre Paita y norte de Chimbote. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas. URP. Perú.
- Castillo, R.; Gutiérrez, 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 it. Oceanogr*. 5: 1-237.
- Dewitte B, Gushchina D, duPenhoat Y, Lakeev S. 2002. On the importance of subsurface variability for ENSO simulation and prediction with intermediate coupled models of the Tropical Pacific: A case study for the 1997-1998 El Niño. *Geoph. Res. Lett.*, 29(14), 1666, 10.1029/2001GL014452.
- Domínguez N. et al. 2017. Climatología termohalina frente a las costas del Perú. Periodo: 1981-2010. *Informe IMARPE 44(1)*, pag. 5-13.
- Einarsson, H. & B. Rojas de Mendiola. 1963. Descripción de huevos y larvas de anchoveta peruana (*Engraulis ringens* J.). *Bol. Inst. Invest. Recurs. Mar*. 1(1):1-23.
- 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 Sen. 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 Auubon Society, New York.
- García- Godos, A. 2001. Patrones morfológicos del otolito sagitta de algunos peces óseos del mar peruano. *Boletín Instituto del Mar del Perú* 20 (1-2). 83 pp.
- Gómez, O. 1972. Contribución al conocimiento de los copépodos de la costa peruana. Tesis de licenciatura, Facultad de biología. UNMSM. Perú.

- Graco M., Anculle, T., Chaigneau A., Ledesma J., Flores G., Morón, O., Monetti F. & D. Gutiérrez. 2020. Variabilidad espacial y temporal del oxígeno disuelto y de la ZMO en el sistema de afloramiento frente a Perú. Boletín Instituto del Mar del Perú, Volumen Especial. En prensa.
- Gushchina D, Dewitte B, Petrossiants M A. 2000. A coupled ocean-atmosphere model of tropical Pacific: The forecast of the 1997-1998 El Niño Southern Oscillation. *Izvestiya atmospheric and oceanic physics*. 36(5): 533-554.
- Gutiérrez D., K. Aronés, F. Chang, L. Quipúzcoa & P. Villanueva .2005. Impacto de la variación oceanográfica estacional e interanual sobre los ensambles de microfitorplancton, mesozooplancton, ictioplancton y macrozoobentos de dos áreas costeras del norte del Perú entre 1994 y 2002. *Bol. Instituto Mar del Perú-Callao*, Vol. 22 / N°. 1 y 2.
- Guzmán, S. & P. Ayón. 1995. Larvas de peces del área norte del mar peruano. *Inf. Inst. Mar Perú*. 109:1-48.
- Halo, I., B. Backeberg, P. Penven, I. Ansorge, C. Reason & J. E. Ullgren. 2014. Eddy properties in the Mozambique Channel: A comparison between observations and two numerical ocean circulation models, *Deep Sea Res., Part II*, 100, 38– 53, doi:10.1016/j.dsr2.2013.10.015.
- Harrison, P. & Peterson, R. 1991. *Seabirds: An Identification Guide: A Complete Guide to the Seabirds of the World*. Houghton Mifflin Company, Boston.
- Hasle G. & Syvertsen E. E. 1996. Marine diatoms. In: Tomas C. (ed.). *Identifying. Marine Diatoms and Dinoflagellates*. Academic Press, Inc. San Diego. 1-383pp.
- Hendey, N.I. 1964. An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V: Bacillariophyceae (Diatoms). Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Fishery Investigations, Series 4. Her Majesty's Stationery Office, London, 317 pp.
- Hobson, K.D. & Banse, K. 1981. Sedentariate and archiannelid polychaetes of British Columbia and Washington. *Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences*, 209, 1– 144.
- Hustedt F. 1930. Die Kieselalgen Deutschlands, Osterreichs und der Schweiz mit Beucksichtigung der ubrigen Lander Europas sowie der angerzenden Meerresgebiete. En: L. Rabenhorst (ed) *Kryptogamenflora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz*. 1 Teil. Akat. Verlagsges. Leipzig, Reprint Johnson Rep. Goop, New York 1971: 920 pp.
- Illig S, Dewitte B, Ayoub N, duPenhoat Y, Reverdin G, De Mey P, Bonjean F, Lagerloef G S E. 2004. Interannual long equatorial waves in the Tropical Atlantic from a high resolution OGCM experiment in 1981-2000, *J. Geophys. Res.* 109 (C2): C02022.
- Jiménez A., R. Marquina & L. Quipúzcoa. 2018. Anfípodos bentónicos Amphilochidea y Senticaudata) en el centro norte de la plataforma continental del Perú. *Revista peruana de biología* 25(4): 371 – 406. doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v25i4.15531>
- Jordán, R. & Fuentes, H. 1966. Las poblaciones de aves guaneras y su situación actual. *Inf. Inst. Mar Perú* 10: 1- 31.
- Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, S. Saha, G. White, J. Woollen, Y. Zhu, A. Leetmaa, B. Reynolds, M. Chelliah, W. Ebisuzaki, W. Higgins, J. Janowiak, K. Mo, C. Ropelewski, J. Wang, R. Jenne, & D. Joseph. 1996. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 437–471.
- Lellouche, J.-M., Le Galloudec, O., Drévilion, M., Régnier, C., Greiner, E., Garric, G., Ferry, N., Desportes, C., Testut, C.-E., Bricaud, C., Bourdallé-Badie, R., Tranchant, B., Benkiran, M., Drillet, Y., Daudin, A., and De Nicola, C. 2013. Evaluation of global monitoring and forecasting systems at Mercator Océan, *Ocean Sci.*, 9, 57-81.
- Moscoso, V. 2012. Catálogo de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. *Bol Inst Mar Perú* 27(1-2), 2012, 209 p.
- Moser, H. 1996. The Early Stages of Fishes in the California Current Region. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Atlas N°33*: 1505 pp.
- Matellini B, Tam J, Quispe C. 2007. Modelo empírico para previsión de la temperatura superficial del mar peruano. *Rev. peru. biol.* 14: 101-108.

- Majluf, P. & Trillmich, F. 1981. Distribution and abundance of sea lions (*Otaria byronia*) and fur seal (*Arctocephalus australis*) in Peru. *Saugetierkunde* 46, 384 – 393.
- Murphy, RC. 1936. *Oceanic bird of South America*. America Museum of Natural History. New York. 1245 pp.
- 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.º 2, pp. 1 – 60.
- Pujol, M.-I., Faugère, Y., Taburet, G., Dupuy, S., Pelloquin, C., Ablain, M., & Picot, N. 2016. DUACS DT2014: the new multi-mission altimeter data set reprocessed over 20 years, *Ocean Sci.*, 12, 1067-1090, doi: 10.5194/os-12-1067-2016.
- Quesquén, R. 2005. Moluscos holoplanctónicos heteropoda y pteropoda colectados en noviembre y diciembre de 1996 en el mar peruano. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Quesquén, R. 2017. Moluscos gasterópodos holoplanctónicos en el mar peruano recolectados entre 1994 y 2005. *Boletín IMARPE*: 32(2).
- Quispe, J. & L. Vásquez, 2015. Índice “LABCOS” para la caracterización de evento El Niño y La Niña frente a la costa del Perú, 1976-2015. En: *Boletín Trimestral Oceanográfico*, Volumen 1, Números 1-4, pp.: 14-18.
- Quispe-Ccalluari C, Tam J, Arellano C, Chamorro A, Espinoza-Morriberón D, Romero C & J Ramos. 2017. Desarrollo y aplicación de índices y simulaciones para la vigilancia y el pronóstico a mediano plazo del impacto del ENOS frente a la costa peruana. *Inf Int. Mar Perú*, 44(1): 28-34.
- Quispe-Ccalluari, C., J. Tam, H. Demarcq, A. Chamorro, D. Espinoza-Morriberón, C. Romero, N. 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) Kriptogamenflora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz., Vol. X Flagellatae, Section III3, Part. I. Reprint by Johnson Repr. Corp. New York, London: 617 pp.
- Schulenberg, T., Stotz, D., Lane, D., O'neil, J. & Parker, T. 2009. Aves del Perú. Serie Biodiversidad Corbidi 01. Lima, Perú.
- Sournia A. 1967. Le genre *Ceratium* (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], Volumen Extraordinario, pp. 329-333.

- Trigo, F. 2011. Patología sistémica veterinaria. 5ta edición. México D.F. México. 99-101pp.
- Trites, A. 1997. The role of pinnipeds in the ecosystem. Pinniped population, Eastern north Pacific: status, trend and issues. Stone, Goebles y Webster (Eds.): 31 – 39. A symposium of the 127th Annual Meeting of the American Fisheries Society. Boston.
- UNESCO. 1981. Programa de plancton para el Pacífico Oriental. Informes de la UNESCO sobre Ciencias del Mar. Informe final del Seminario-Taller realizado en el Instituto del Mar del Perú, Callao 11.
- Vanstreet, R.E., Adornes, A.C., Cabana, A.L., Neymeyer, C., Kolesnikovas, CKM., Dantas, G.P.M., Araujo, J., Catão-Dias, J.L., Gronch, K.R., Silva, L.A., Reinfeld, R.C., Bradaõ, M.L., Xavier, M.O., Viera, O.A.G., Serafini, P.P., Baldassin, P., Canabarro, P.L., Hurtado, R.F., Silva-Fiho, R.P., Campos, S.D.E., Ruoppolo, V. 2011. Manual de campo para a colheita e armazenamento de informações e amostras biológicas provenientes de pinguins de Magalhães (*Spheniscus 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 poblaciones de Peixes. Reproducción y Crecimiento. CNP/PN2, 108 pp.
- Véliz, M. 1981. Sifonóforos como posibles indicadores biológicos. En: Memorias del Seminario sobre indicadores planctónicos del plancton. IMARPE. Callao-Perú, 8-11 setiembre 1980. UNESCO. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe. Montevideo-Uruguay.
- Zuta, S. & O.G. Guillén. 1970. Oceanografía de las aguas costeras del Perú. Bol. Inst. Mar Perú (2): 157-324.

VI. RECONOCIMIENTOS

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

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

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

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

VII. TABLAS

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

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

Tabla 2. Valores promedio mensuales de los índices ITCP, ICEN y ONI para el periodo abril 2019 a mayo 2020. Los valores de mayo son valores preliminares ⁽¹⁾. Los índices de las regiones Niño fueron obtenidos del Climate Diagnostic Bulletin (www.cpc.ncep.noaa.gov/products/CDB/Tropics/table2.shtml).

| AÑO | MES | ÍNDICES CLIMÁTICOS | | | | | | |
|------|-----|--------------------|--------------------|--------------------|----------|--------|----------|--------|
| | | ITCP | ICEN | ONI | Niño 1+2 | Niño 3 | Niño 3.4 | Niño 4 |
| 2019 | 04 | -0,5 | 0,38 | 0,7 | 0,1 | 0,7 | 0,8 | 0,7 |
| 2019 | 05 | -0,4 | 0,28 | 0,6 | 0,2 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |
| 2019 | 06 | -0,5 | -0,21 | 0,5 | -0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,8 |
| 2019 | 07 | -0,7 | -0,62 | 0,3 | -0,3 | 0,1 | 0,4 | 0,9 |
| 2019 | 08 | -0,7 | -0,86 | 0,1 | -0,4 | -0,1 | 0,2 | 0,9 |
| 2019 | 09 | -0,6 | -1,03 | 0,1 | -0,8 | -0,2 | 0,0 | 0,6 |
| 2019 | 10 | -0,5 | -0,87 | 0,3 | -0,8 | 0,2 | 0,6 | 1,0 |
| 2019 | 11 | -0,2 | -0,78 | 0,5 | -0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,9 |
| 2019 | 12 | 0,0 | -0,58 | 0,5 | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 1,0 |
| 2020 | 01 | -0,1 | -0,58 | 0,5 | 0,0 | 0,2 | 0,5 | 1,0 |
| 2020 | 02 | -0,2 | -0,15 ¹ | 0,6 | | | | |
| 2020 | 03 | -0,3 | 0,10 ¹ | 0,5 | | | | |
| 2020 | 04 | -0,3 | 0,15 ¹ | 0,3 | | | | |
| 2020 | 05 | -0,3 ¹ | +0,11 ¹ | -0,17 ¹ | | | | |

¹ Valor preliminar

VIII. FIGURAS

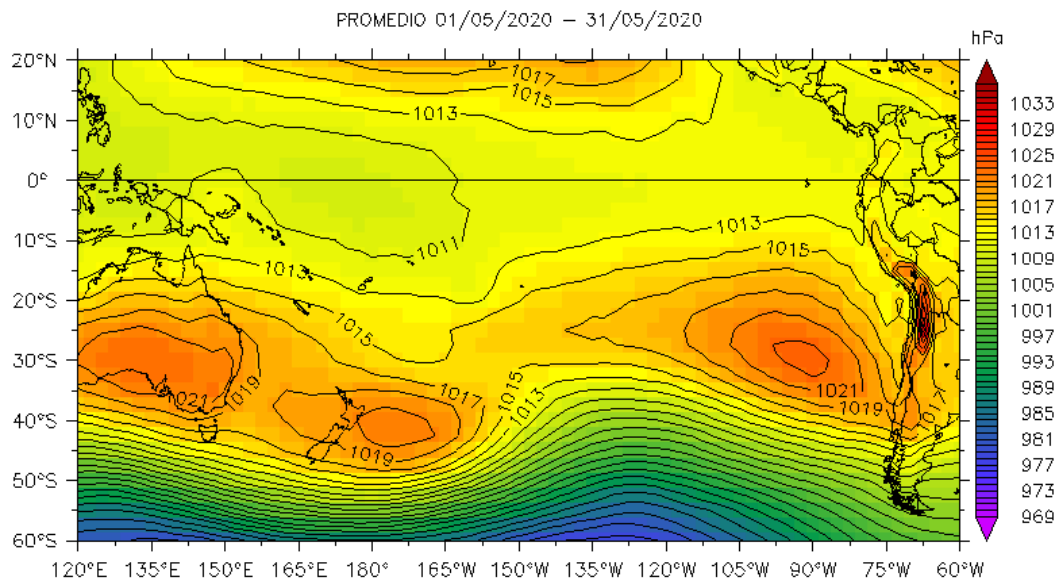
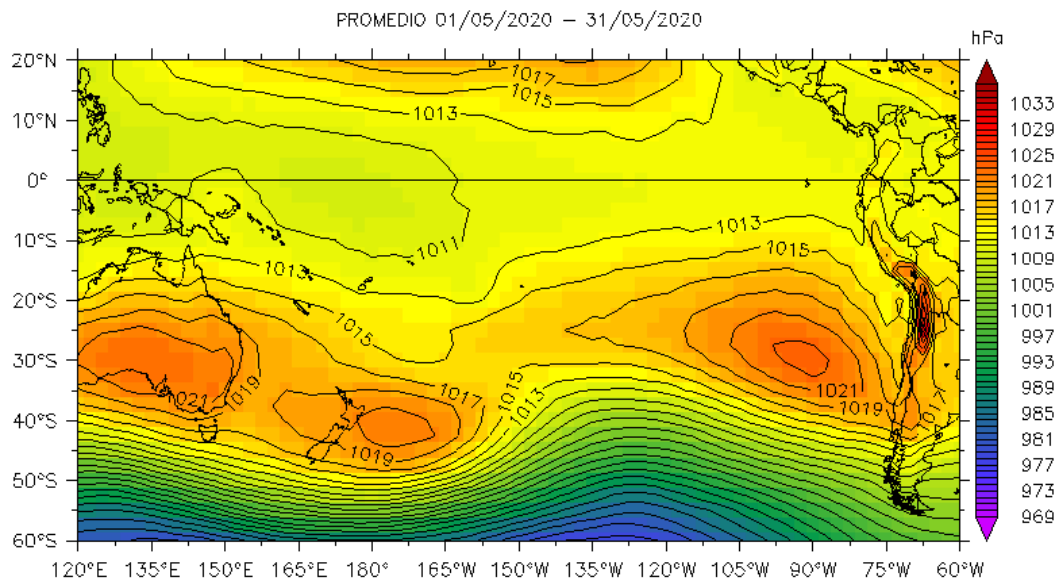


Figura 2. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, promedio 1 - 30 mayo 2020, Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

a)



b)

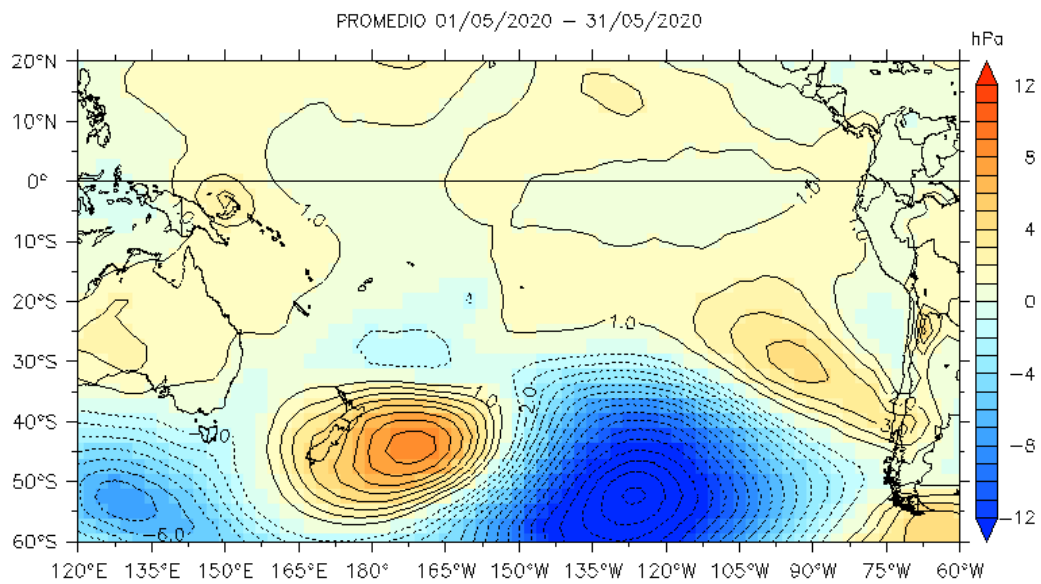


Figura 3. Presión atmosférica a nivel del mar (PNM) en hPa, a) climatología y b) anomalías promedio de mayo 2020. Fuente: NCEP-NOAA/LMOECC-IMARPE.

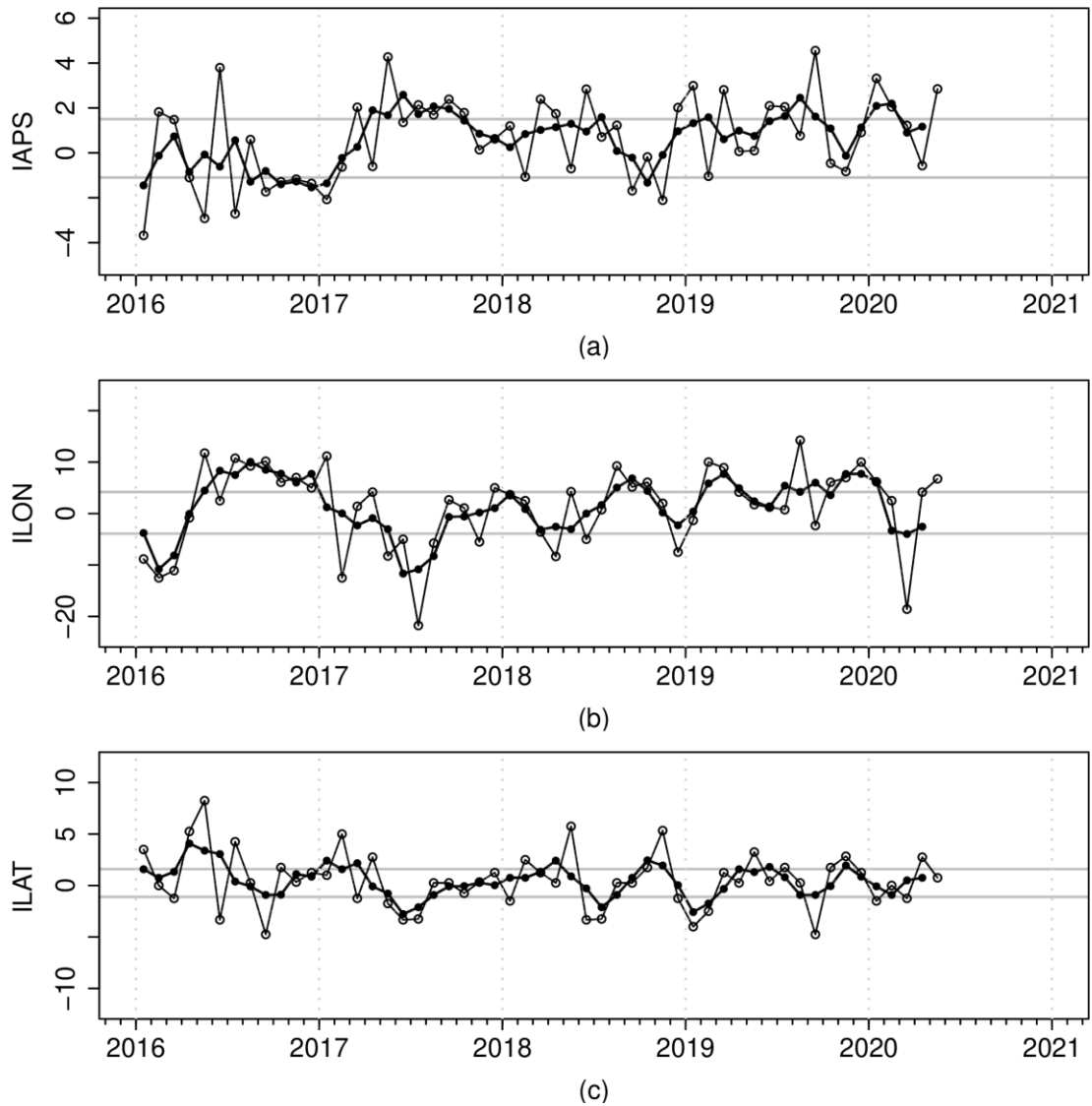


Figura 4. Variación temporal de los índices del APS: a) índice de intensidad (IAPS) e índices de posición b) longitudinal (ILON) y c) latitudinal (ILAT) hasta el trimestre FMA 2020 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2016 – mayo 2020.

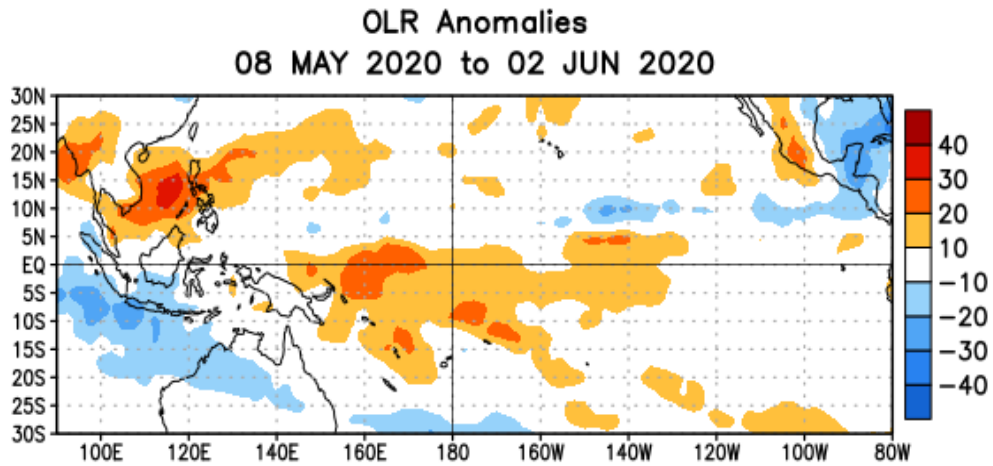


Figura 5. Anomalías del promedio de la radiación de onda larga emitida (OLR, por sus siglas en inglés) ($W m^{-2}$) durante el mes de mayo 2020. Las anomalías de OLR se calculan como desviaciones de los penta-promedios del período base de 1981-2010 (Fuente NOAA).

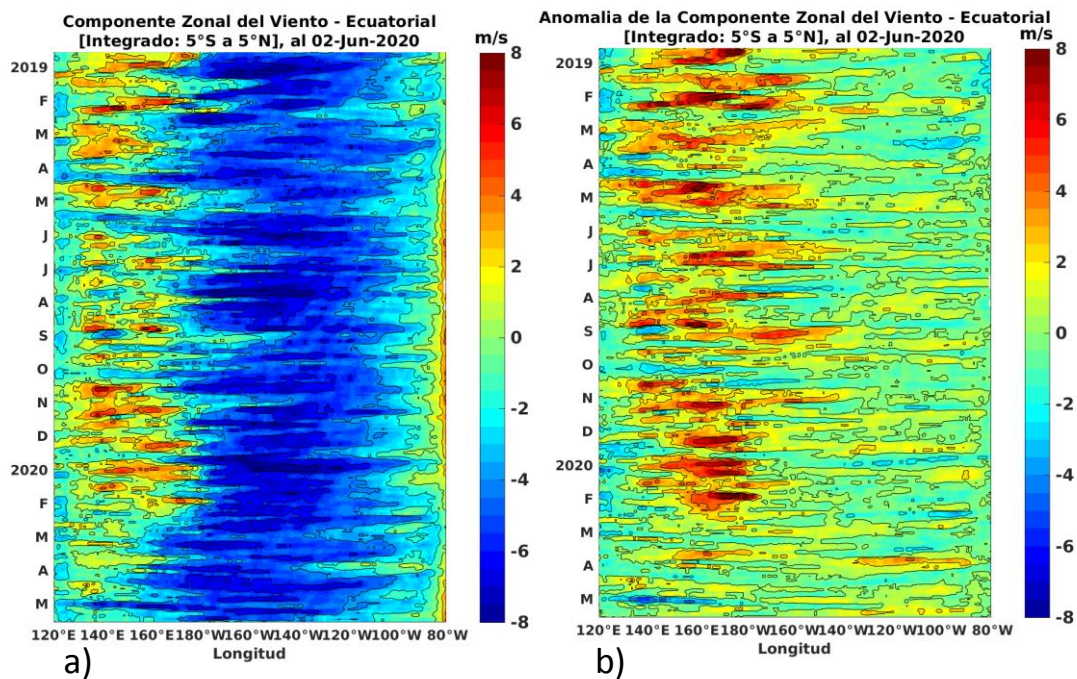


Figura 6. Viento Satelital (integrado en el Ecuador): a) Componente Zonal del viento ($m s^{-1}$), b) Anomalia de la Componente zonal del viento ($m s^{-1}$), durante el último año (Fuente: Satélite ASCAT y modelo GSF, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 02/06/2020.

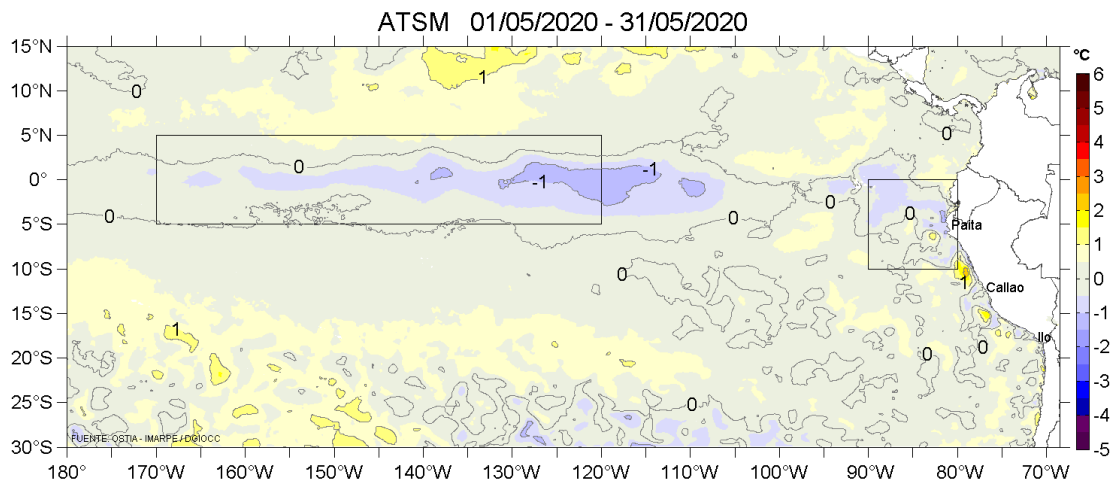


Figura 7. Anomalías promedio de la temperatura superficial del mar (°C) para el mes de mayo 2020. Periodo base de 2007-2016. Fuente: PODAAC/OSTIA. Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

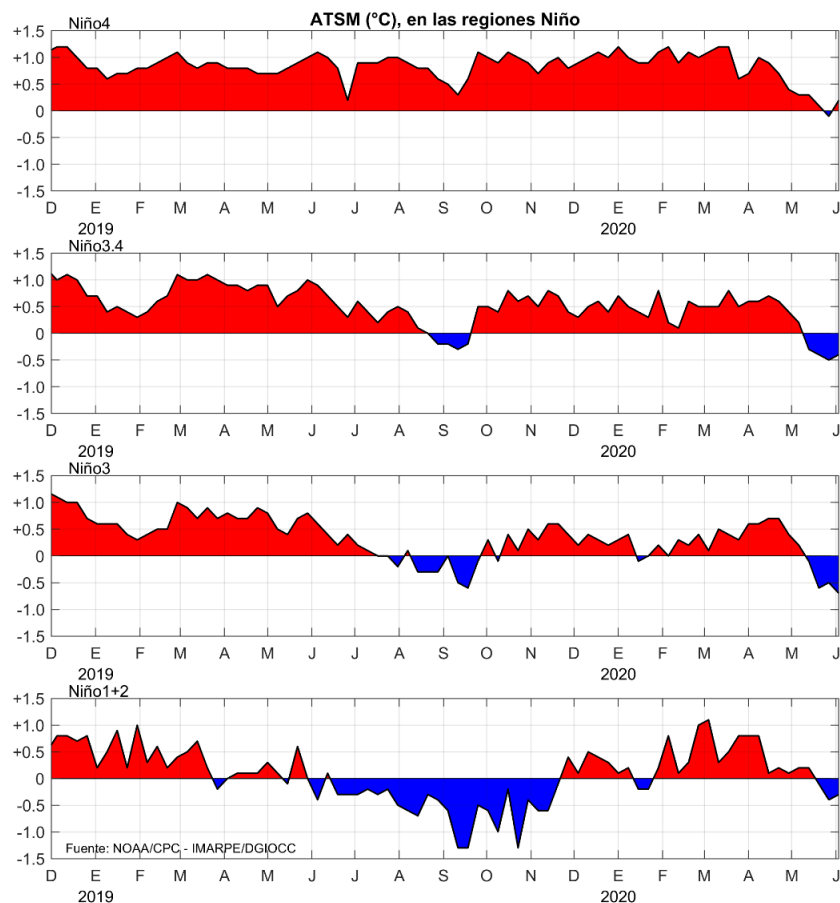


Figura 8. Anomalías semanales promedio de la TSM (°C), en las regiones El Niño, durante dieciocho meses, hasta fines de mayo del 2020. Fuente CPC/NOAA, Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

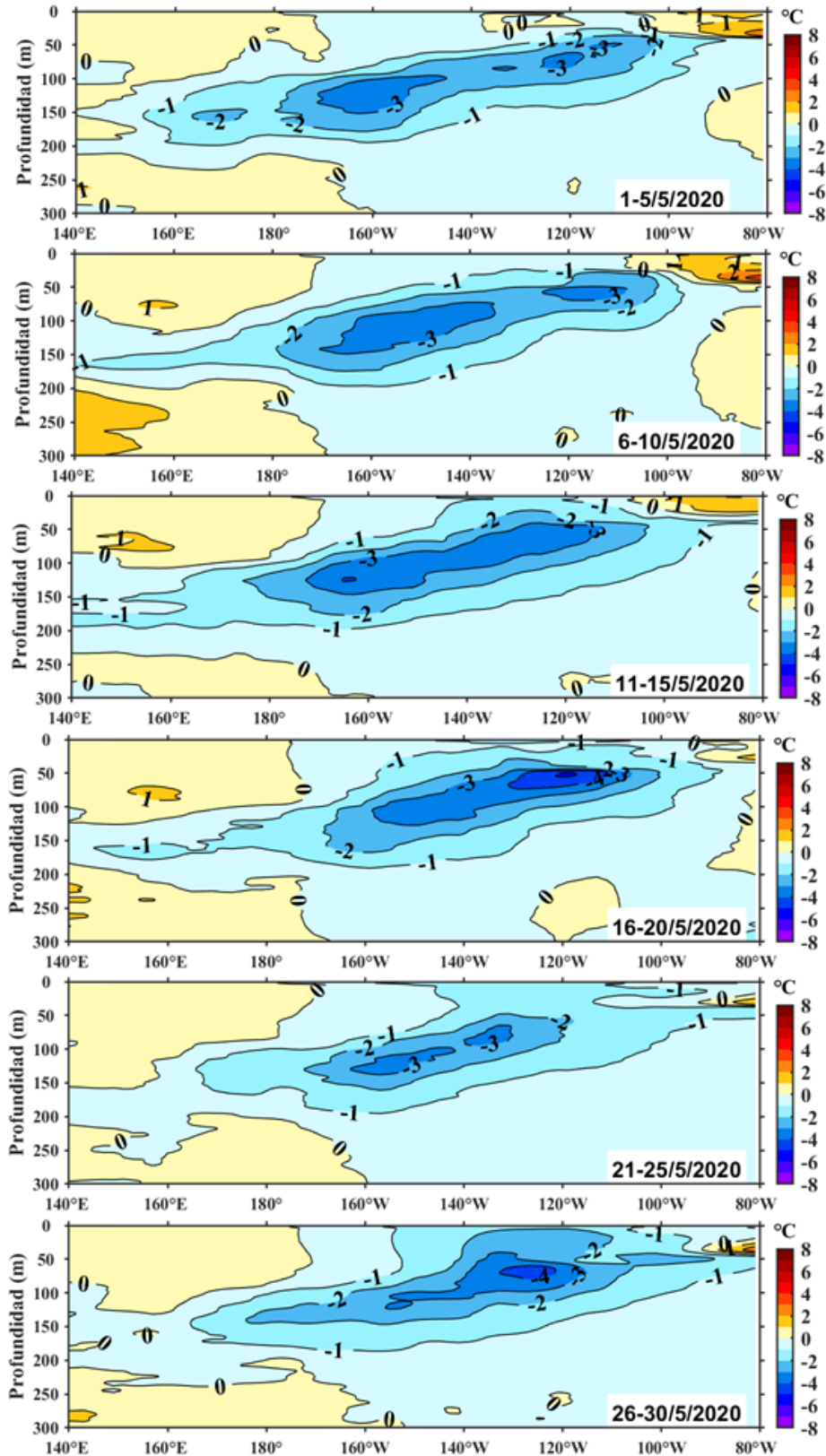


Figura 9. Anomalías de temperatura (°C) en la capa superior (0-300 m) del Pacífico Ecuatorial (140°E - 80°W y 2°S - 2°N), en promedios de cinco días durante mayo de 2020, se aplica una interpolación lineal a lo largo de la longitud. Periodo base 1993-2010. Fuente ARGO – TAO/TRITON, Procesamiento AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

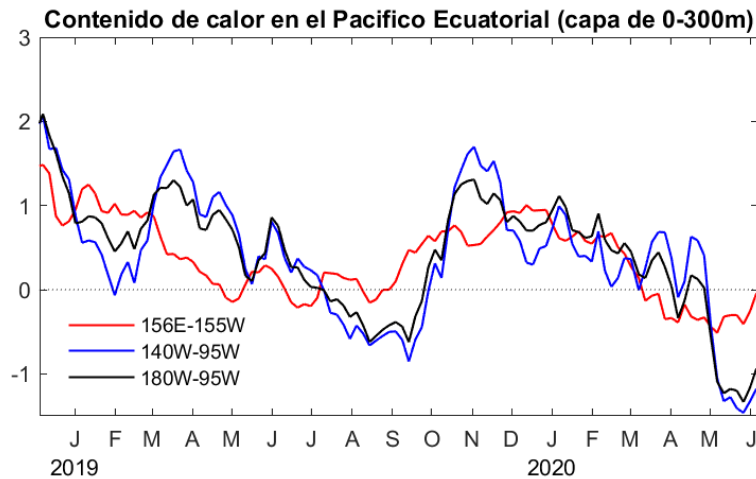


Figura 10. Anomalías del contenido de calor promediado en la capa de 0–300 m del Pacífico ecuatorial (2°S – 2°N y 180° - 100°W). Periodo base de 1981-2010. Fuente CPC/NOAA, Procesamiento AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

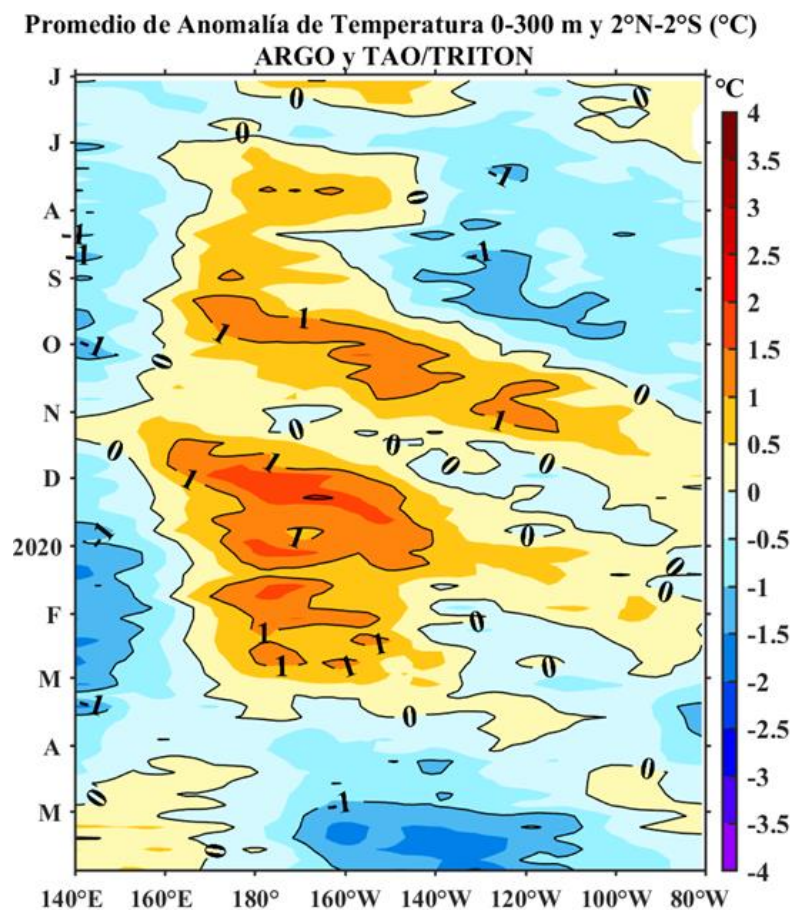


Figura 11. Variación espacio-temporal del promedio de las anomalías de temperatura en la capa de 0-300 m en el Pacífico ecuatorial (140°E - 80°W y 2°S – 2°N), en el periodo de un año, hasta fines de mayo de 2020, se aplica una interpolación lineal a lo largo de la longitud. Fuente: ARGO y TAO-TRITON. Procesamiento: AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

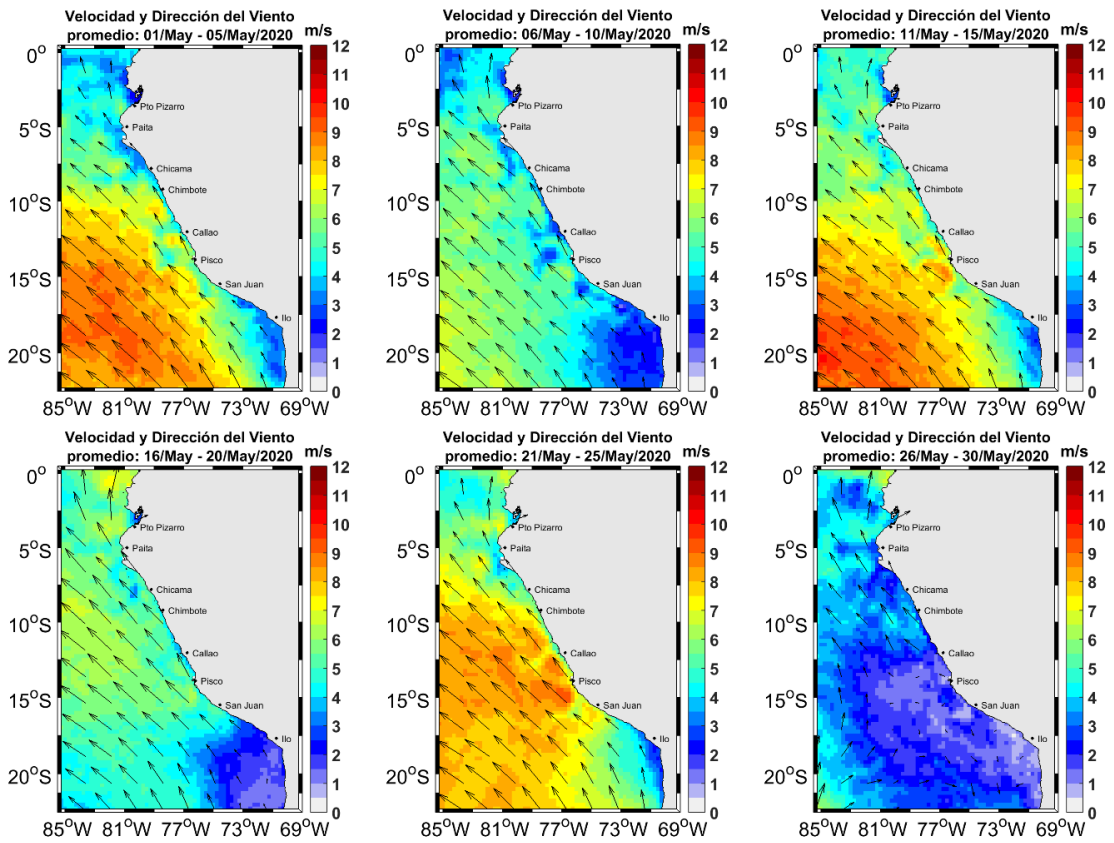


Figura 12. Mapas promedio 5 días de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de mayo del 2020 (Fuente: Satélite ASCAT). Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/05/2020.

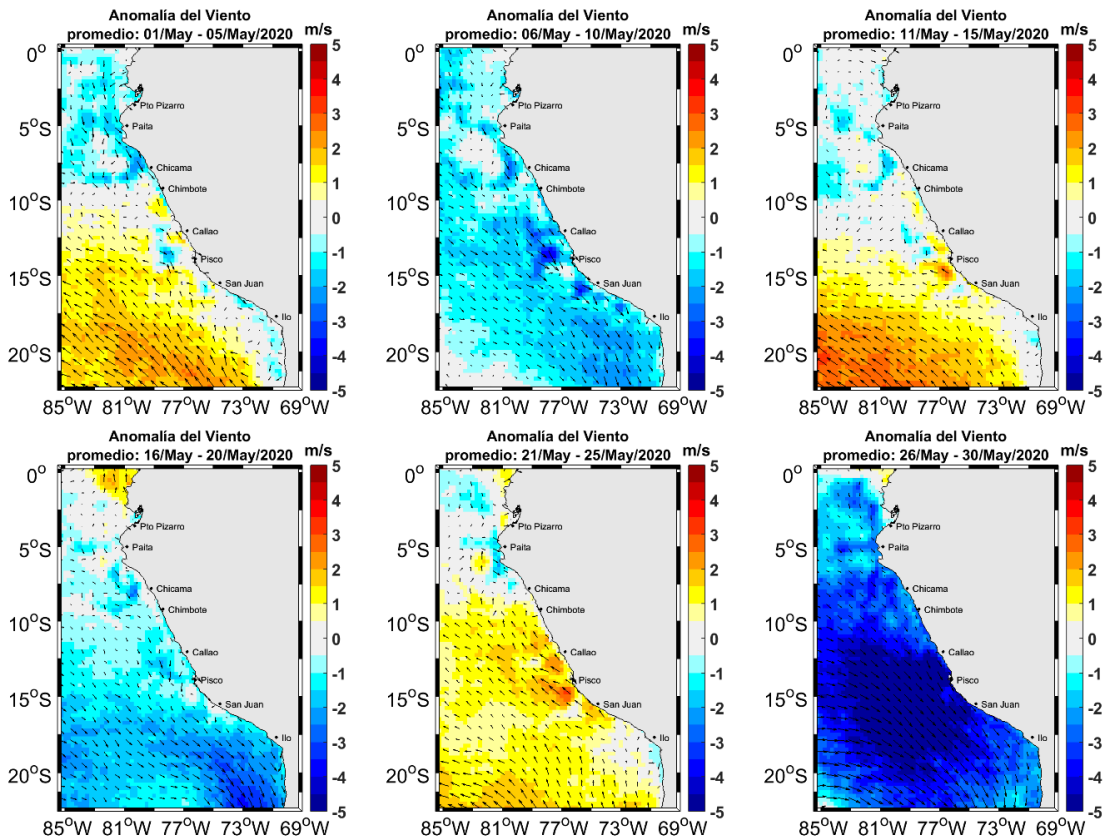


Figura 13. Mapas promedio 5 días de anomalía de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de mayo del 2020 (Fuente: Satélite ASCAT), Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE). Actualizada hasta el 30/05/2020.

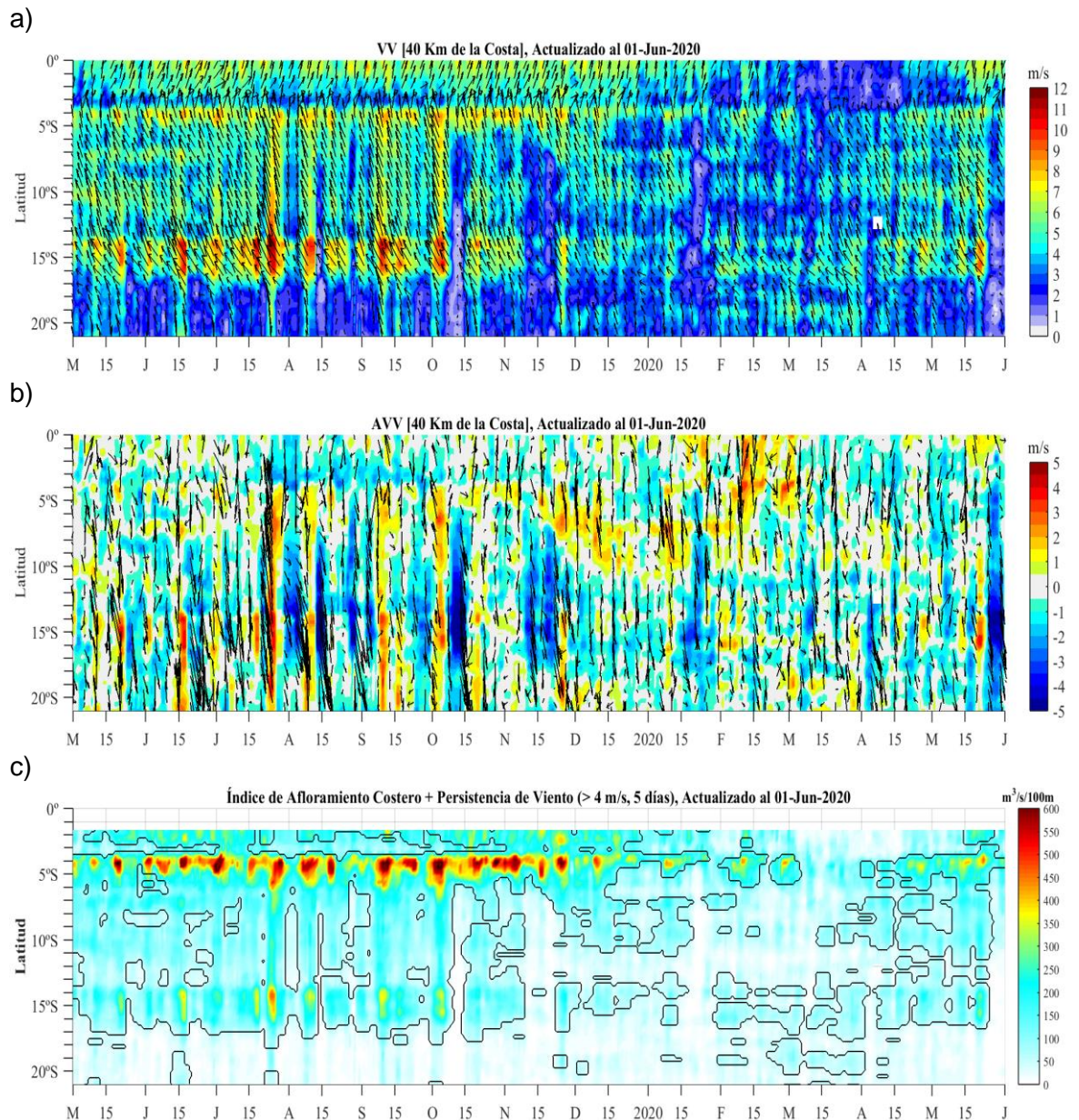


Figura 14. Diagrama Hovmöller de (a) la Velocidad del Viento, (b) la Anomalía del Viento y del Índice de Afloramiento Costero ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} \times 100\text{m}$) a lo largo de la costa peruana. El IAC en (c), fue calculado a 40 km frente a la costa del Perú y los contornos señalan la persistencia del afloramiento bajo condiciones de velocidad $> 4 \text{ m s}^{-1}$ durante 5 días o más. Fuente: Satélite ASCAT y productos del proyecto COPERNICUS. Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE. Actualizada hasta el 31/05/2020.

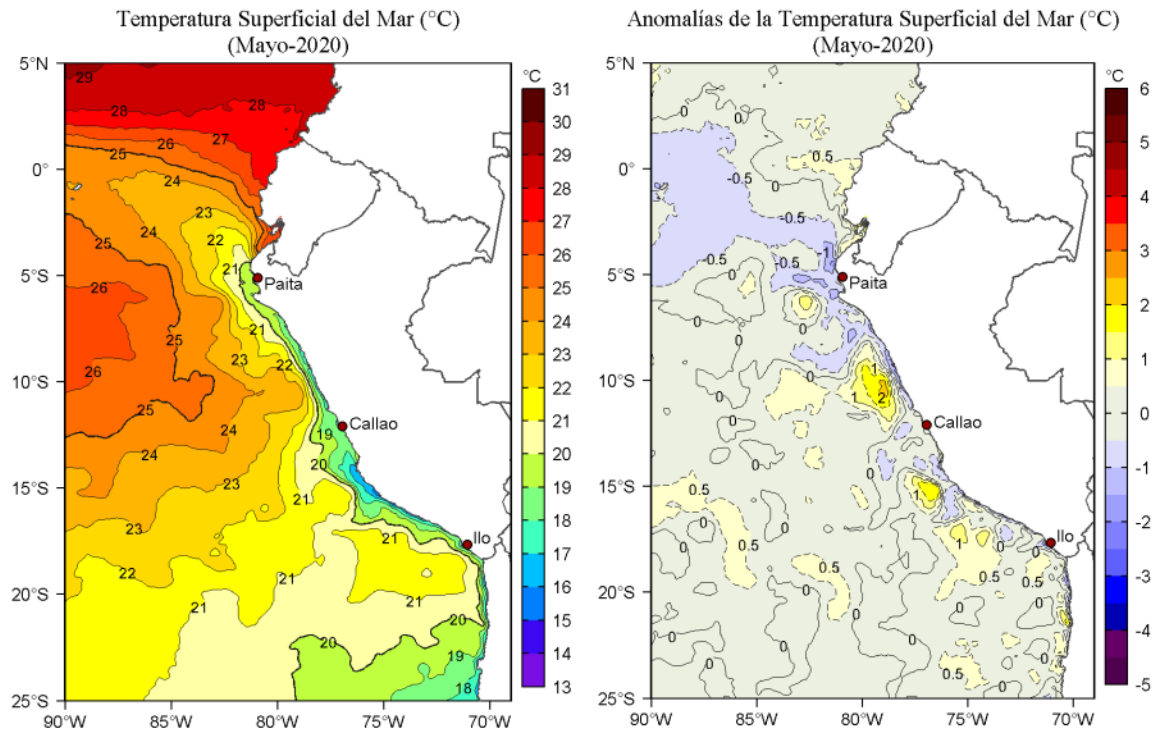


Figura 15. Distribución espacial promedio mensual de TSM (°C, izquierda) y ATSM (°C, derecha) para el mes de mayo de 2020 en el océano Pacífico tropical oriental. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). Las escalas de colores de la TSM como de la ATSM se presentan a la derecha de cada gráfico. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

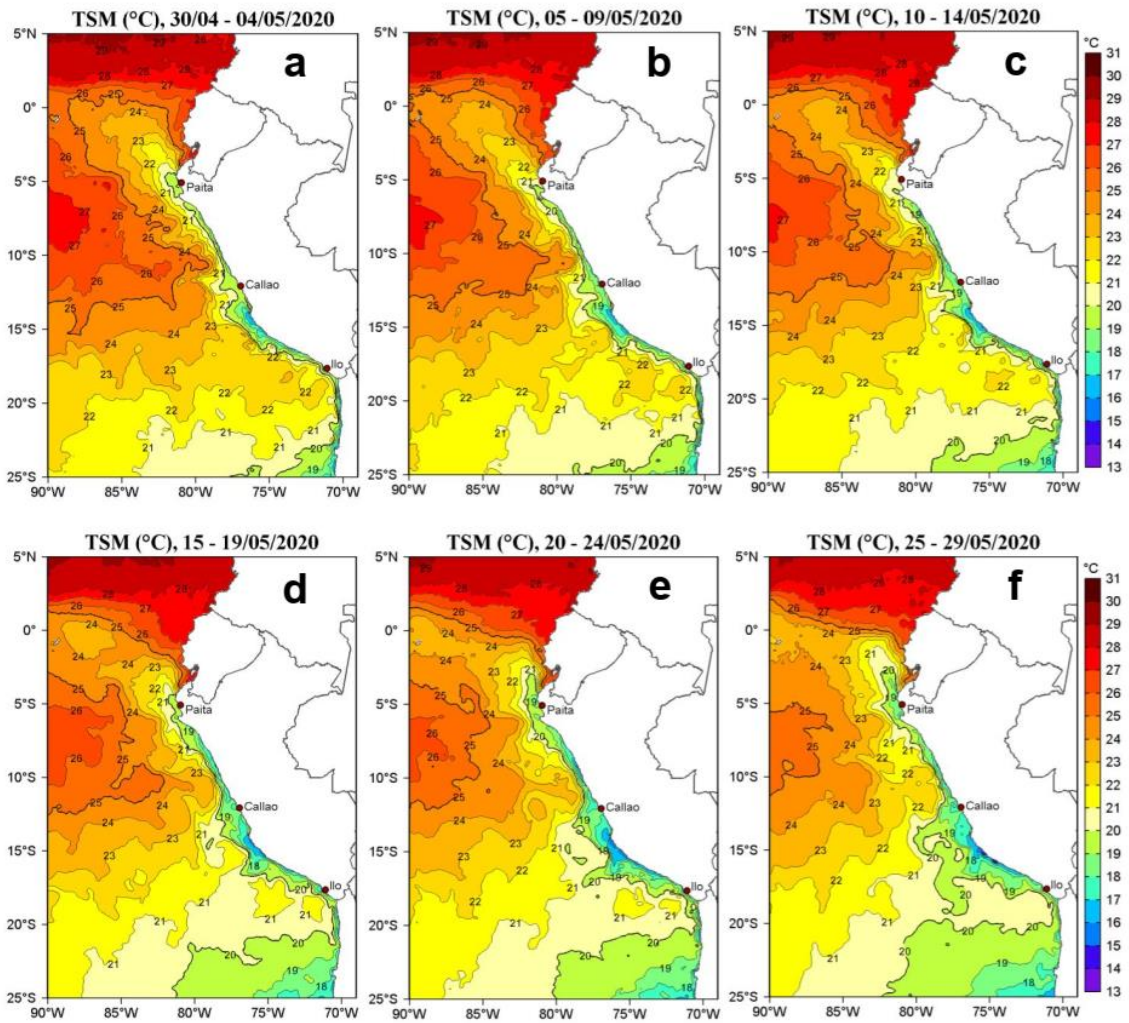


Figura 16. Distribución espacial promedio pentadal de la Temperatura superficial del mar (TSM, °C) para el mes de mayo de 2020 en el océano Pacífico tropical oriental. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). La escala de colores de la TSM se presenta a la derecha. Procesamiento: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

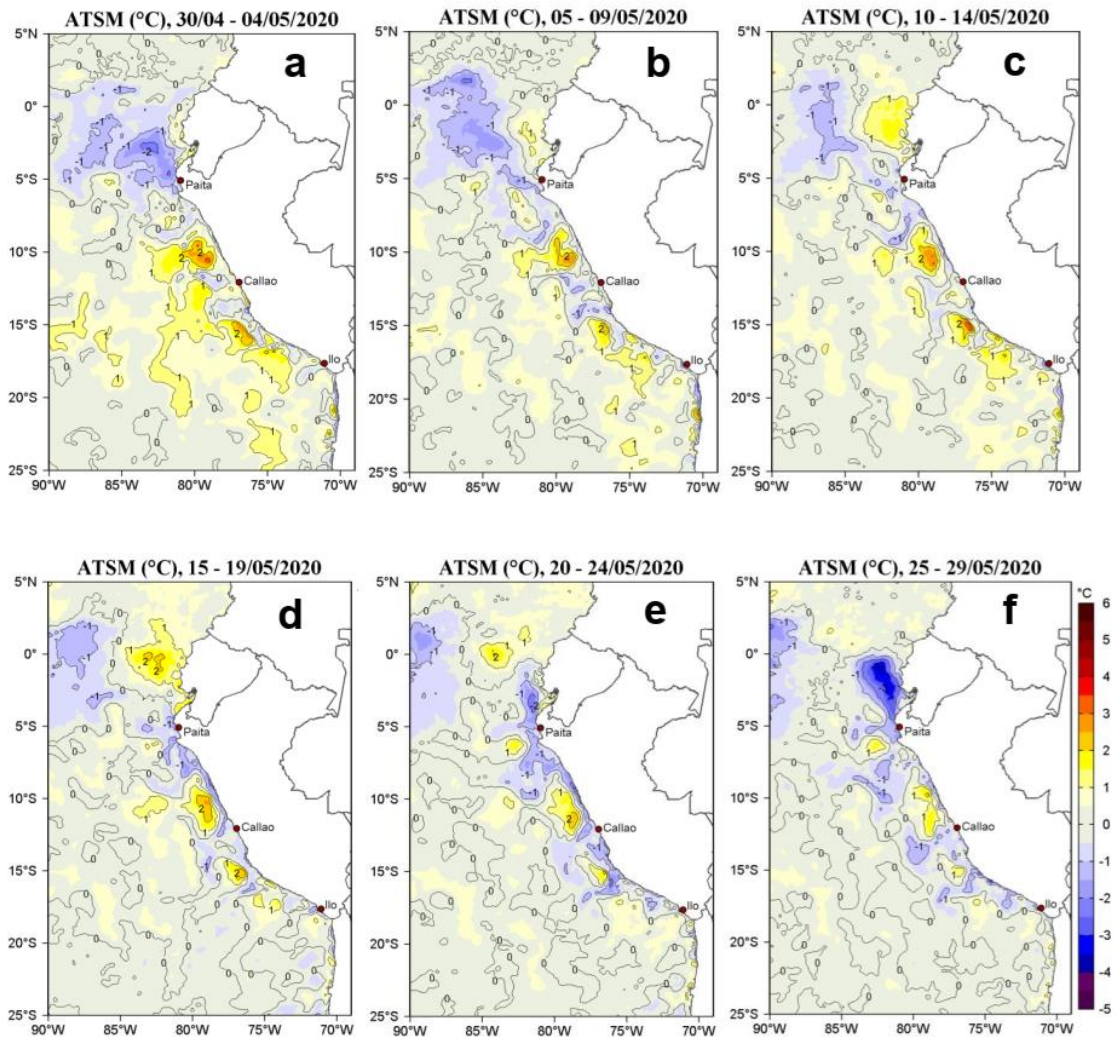


Figura 17. Distribución espacial promedio pentadal de las anomalías de temperatura superficial del mar (TSM, °C) para el mes de mayo de 2020 en el océano Pacífico tropical oriental. Datos: OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). La escala de colores de la TSM se presenta a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

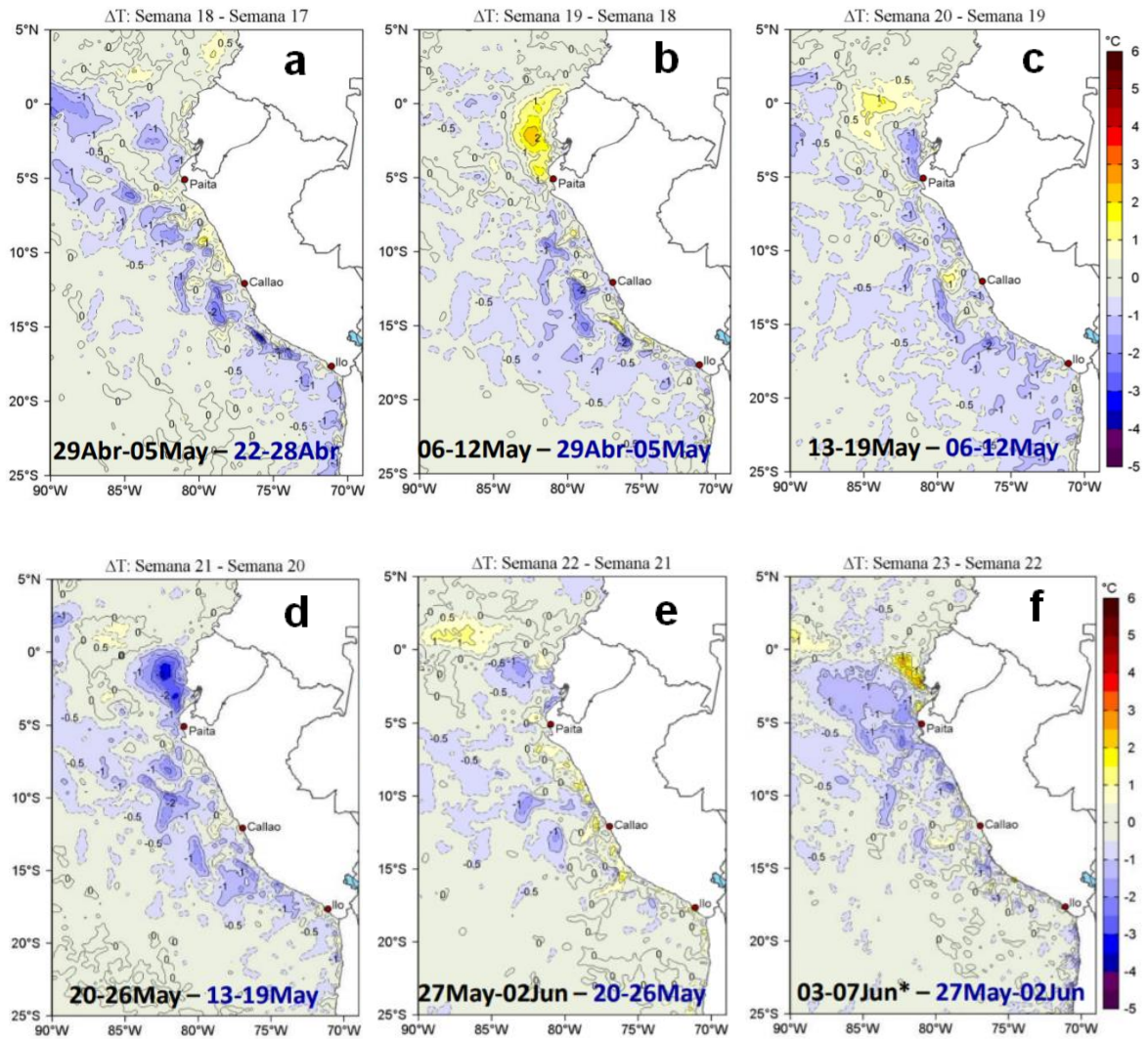


Figura 18. Cambio semanal de la TSM ($^{\circ}\text{C}$) en el Pacífico sudeste. Fuente: OSTIA, Climatología: 2007-2016. Procesamiento: LHFMAFIOF/DGIOCC/IMARPE.

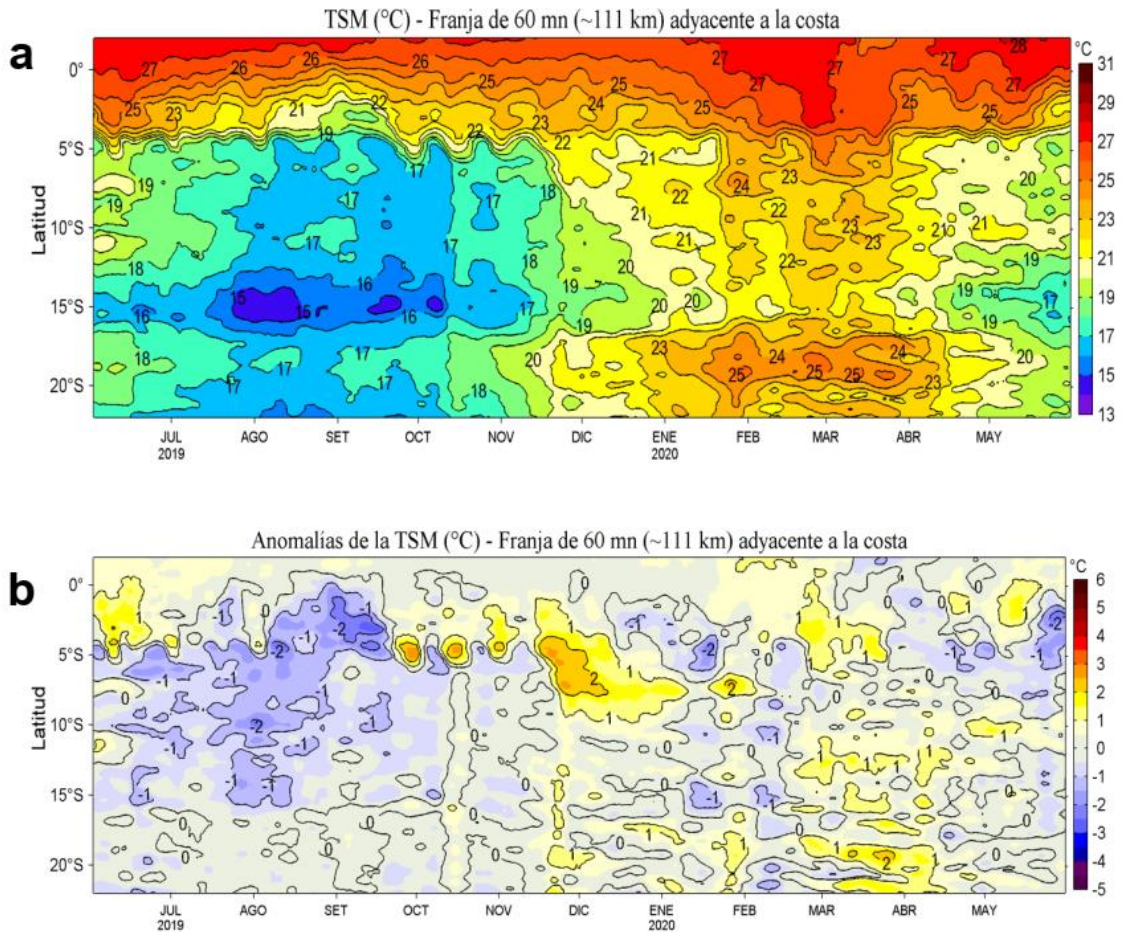


Figura 19. Evolución diaria de: a) Temperatura superficial del mar (°C) y b) Anomalías de la Temperatura superficial del mar (°C) de junio de 2019 a mayo de 2020 para una franja de 111 km adyacente a la costa entre el ecuador geográfico y 22 °S. Los promedios climatológicos de referencia consideran los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

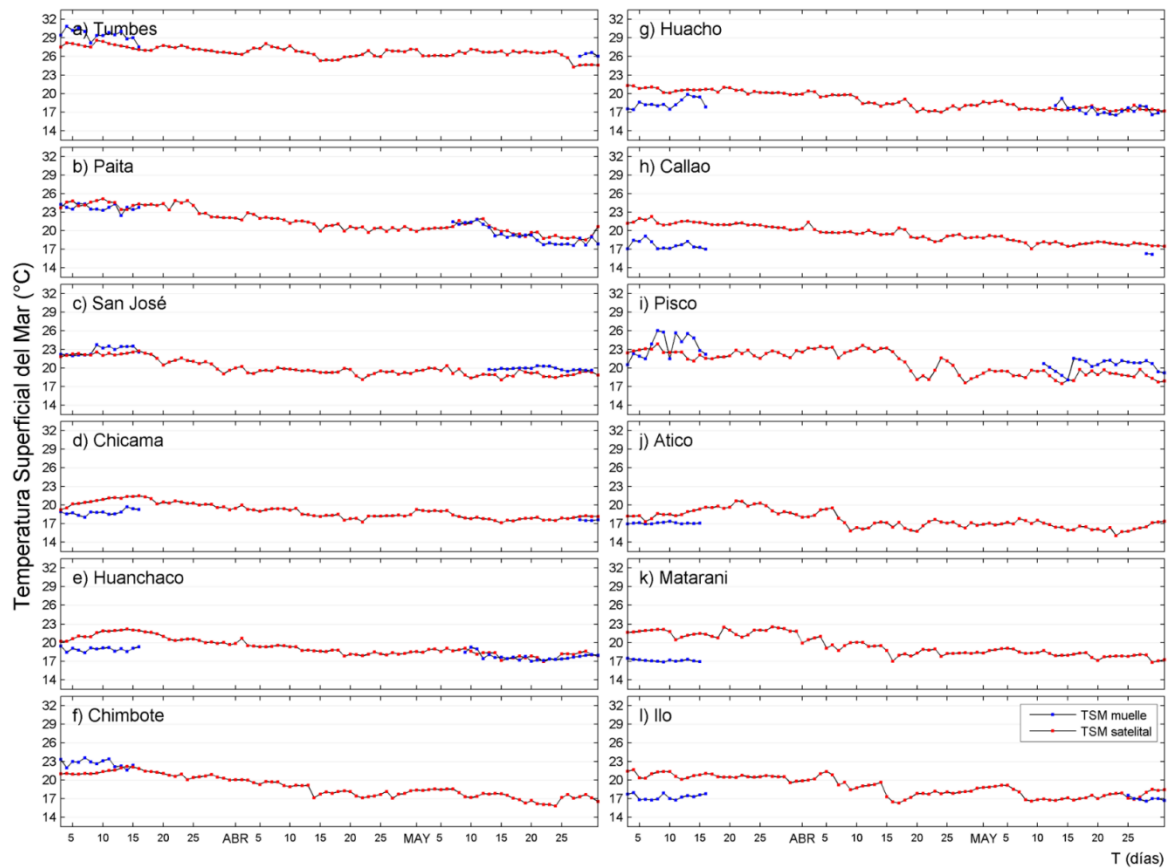


Figura 20. Temperatura superficial del mar (TSM, °C) en la red de estaciones costeras del IMARPE (línea de color azul) y satelital (línea de color rojo) durante el último trimestre. La TSM satelital corresponde a la grilla (~ 6 km) más cercana a la costa (línea roja) frente al muelle costero de IMARPE correspondiente y proviene del producto OSTIA-UKMO-L4-GLOB-v2.0 (UK Met Office, 2012; Donlon et al, 2012). Datos y procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

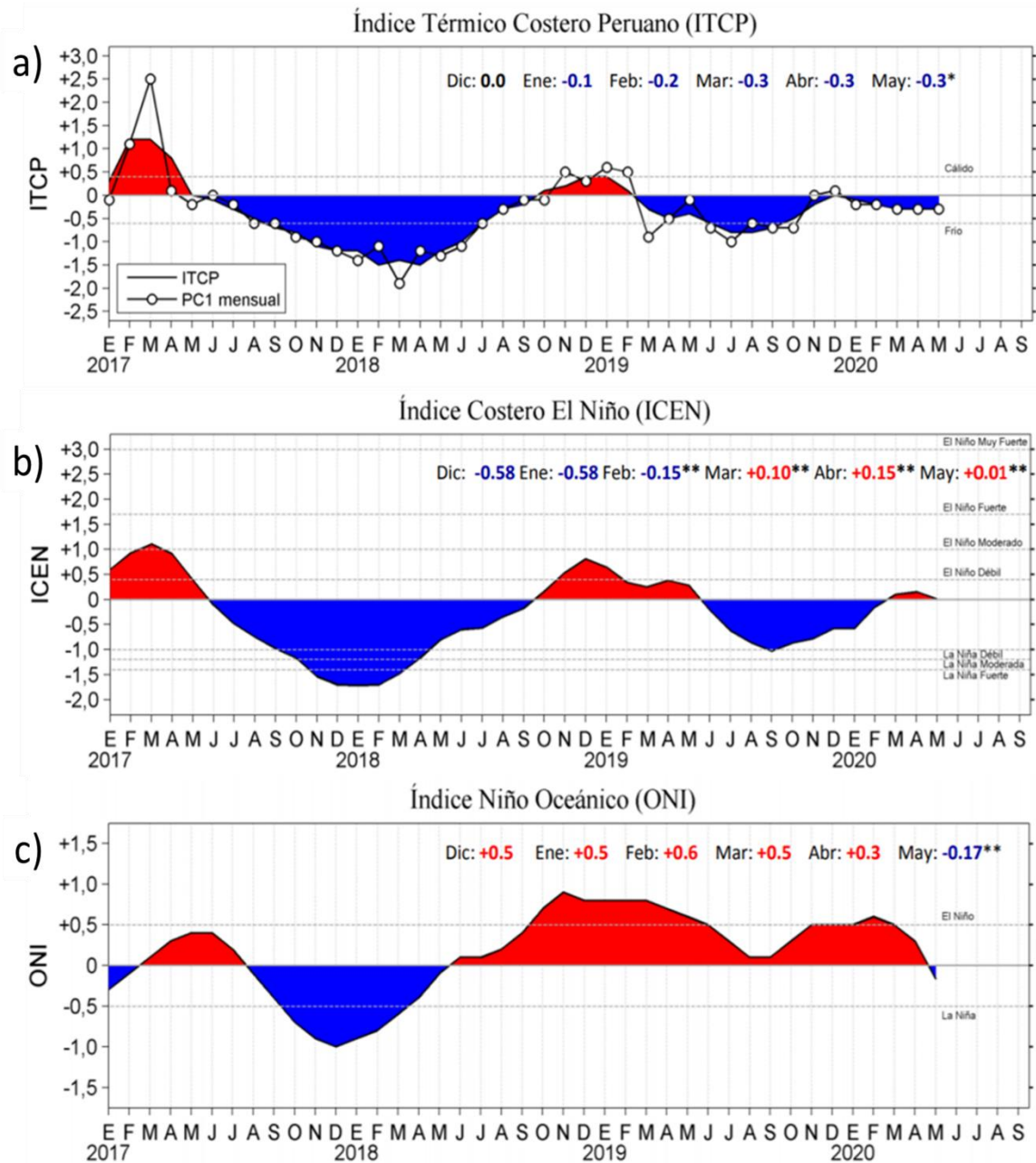


Figura 21. Serie de tiempo mensuales de los índices: a) Índice Térmico Costero Peruano (ITCP) y la primera componente principal (PC1); b) Índice Costero El Niño (ICEN) y c) Índice Niño Oceánico (ONI) para el periodo de enero de 2017 a mayo de 2020. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

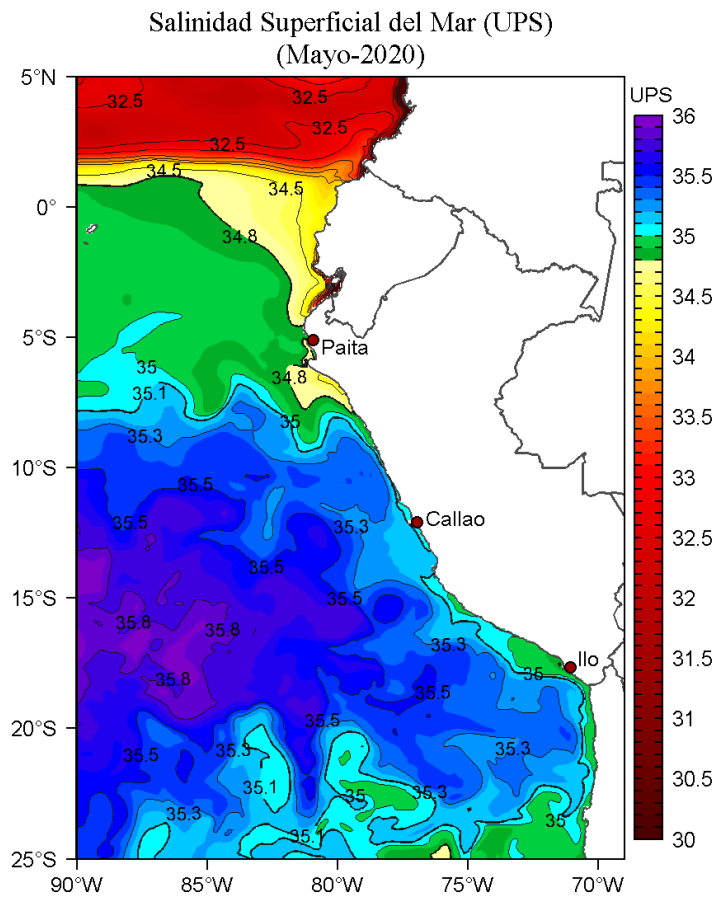


Figura 22. Distribución mensual de la Salinidad Superficial del Mar (SSM, ups) en el Pacífico Sudeste durante el mes de mayo de 2020. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. et al, 2013) disponible en http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

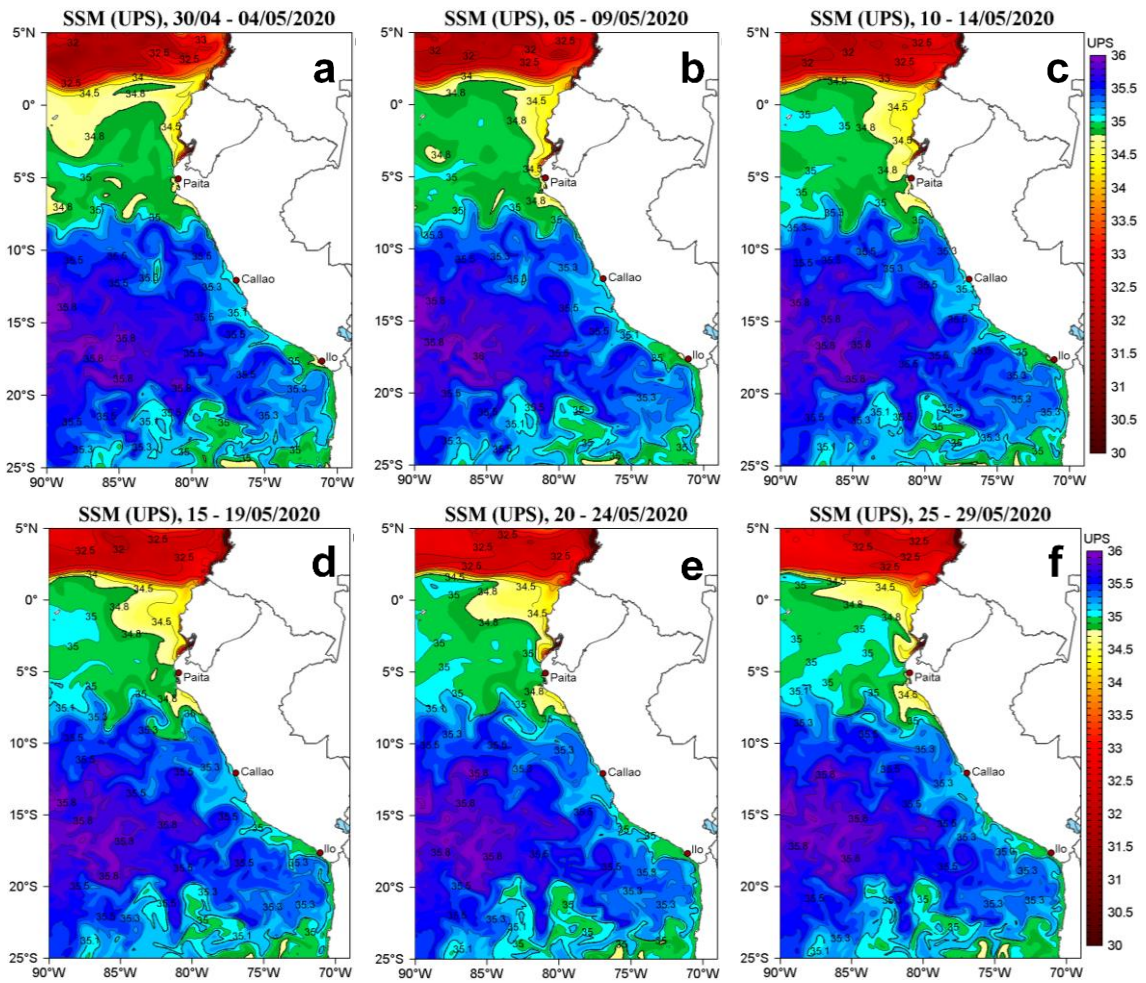


Figura 23. Distribución pentadal de la Salinidad Superficial del Mar (SSM, ups) en el Pacífico Sudeste, durante el mes de mayo de 2020. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. et al, 2013) disponible en http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_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

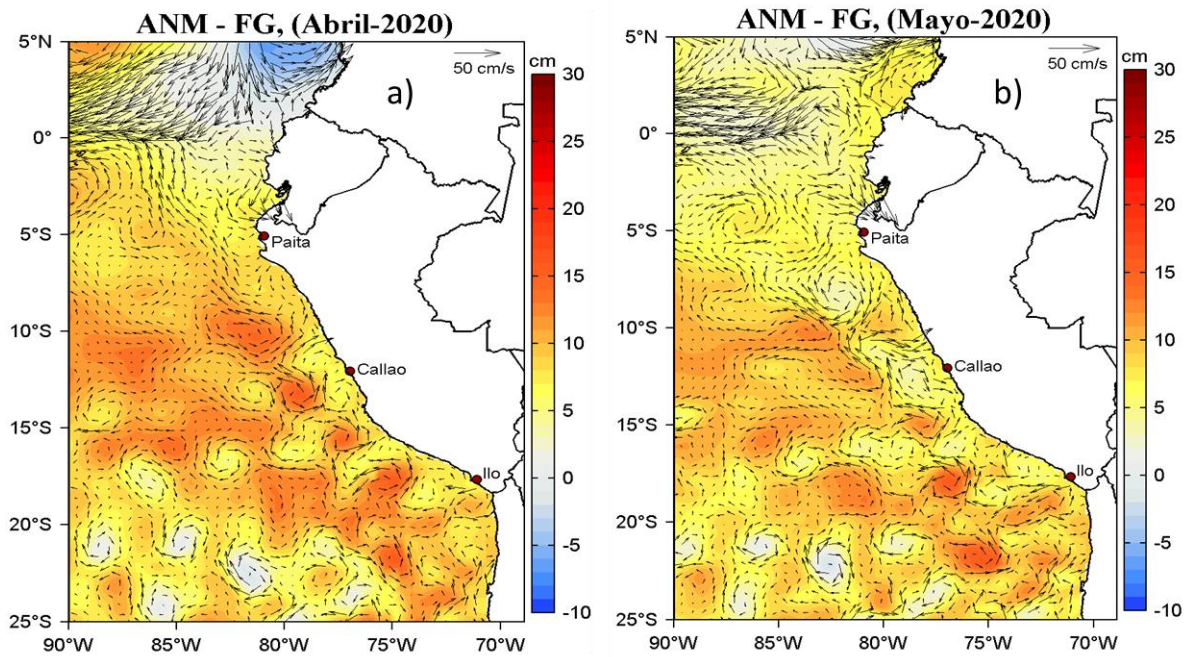


Figura 24. Distribución mensual de las Anomalías del Nivel del Mar (ANM, cm) y los flujos geostróficos (FG, cm s^{-1}) en el Pacífico Sudeste para a) abril y b) mayo de 2020. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

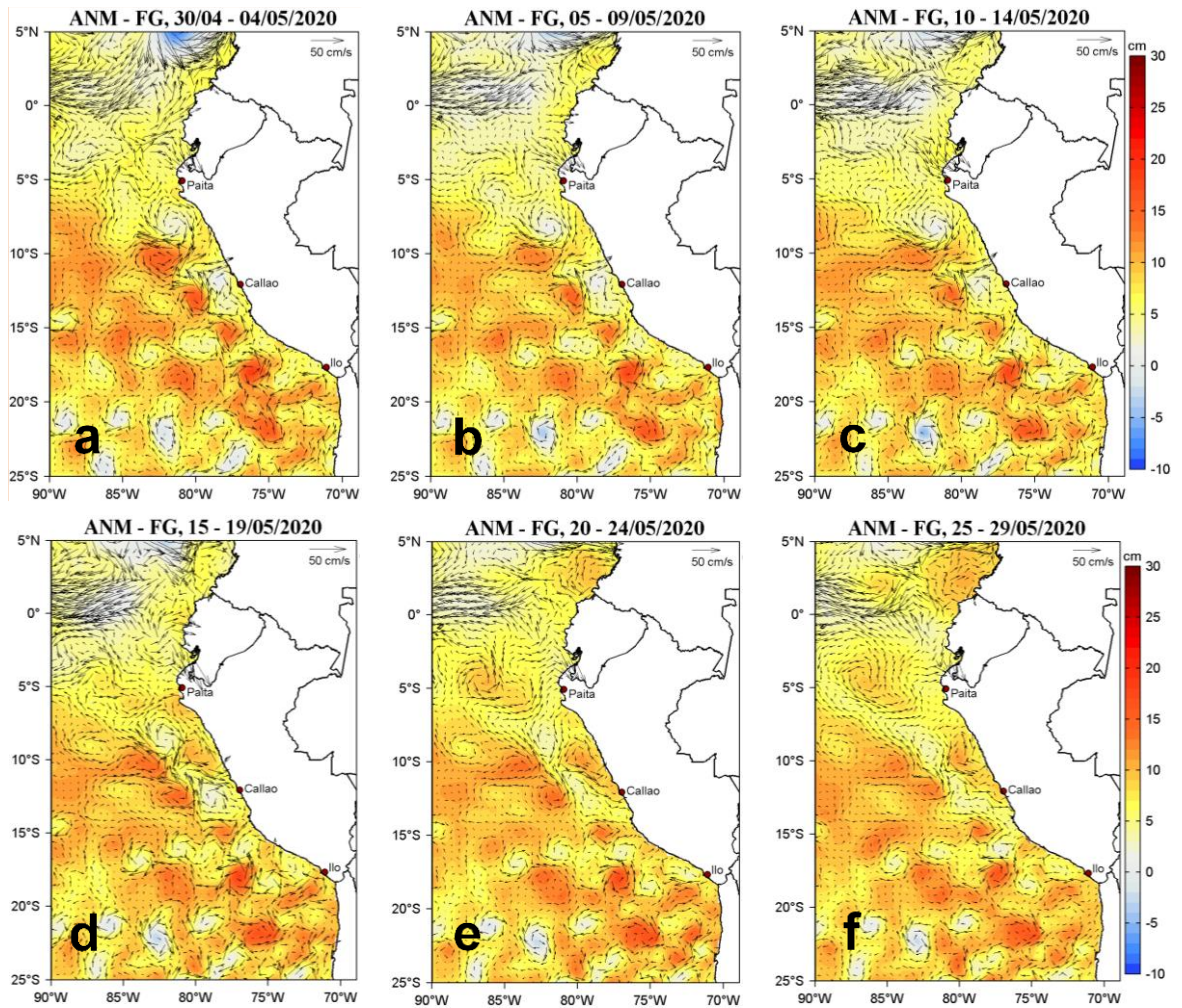


Figura 25. Distribución pentadal de las Anomalías del Nivel del Mar (ANM, cm) y los flujos geostroficados (FG, cm.s⁻¹) en el Pacífico Sudeste durante el mes de mayo de 2020. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

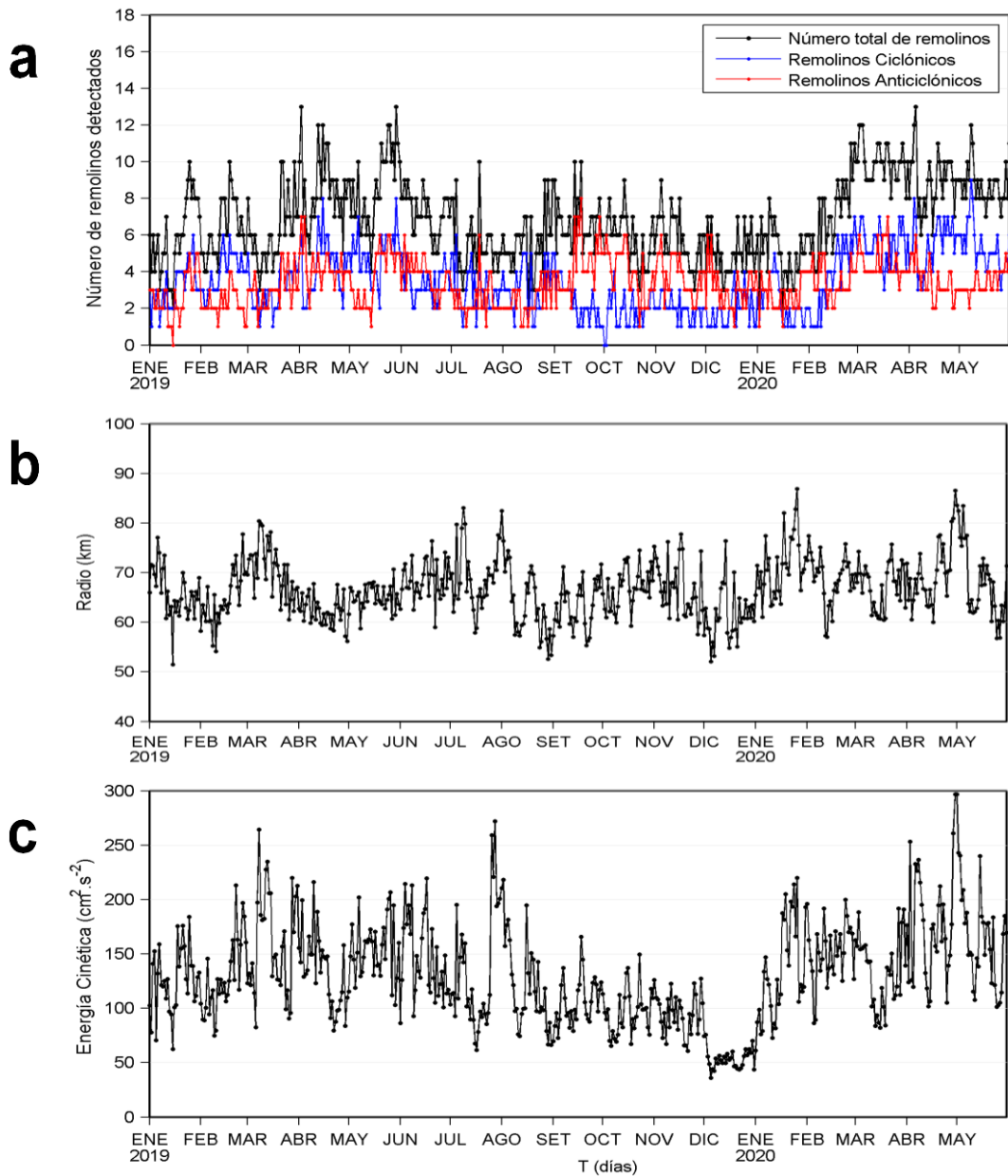


Figura 26. Variación diaria de: a) número de remolinos detectados, b) radio promedio (km) y c) la energía cinética promedio ($\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$) de los remolinos entre 3°S y 18°S y de 70°W a 84°W de enero de 2019 a mayo de 2020. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

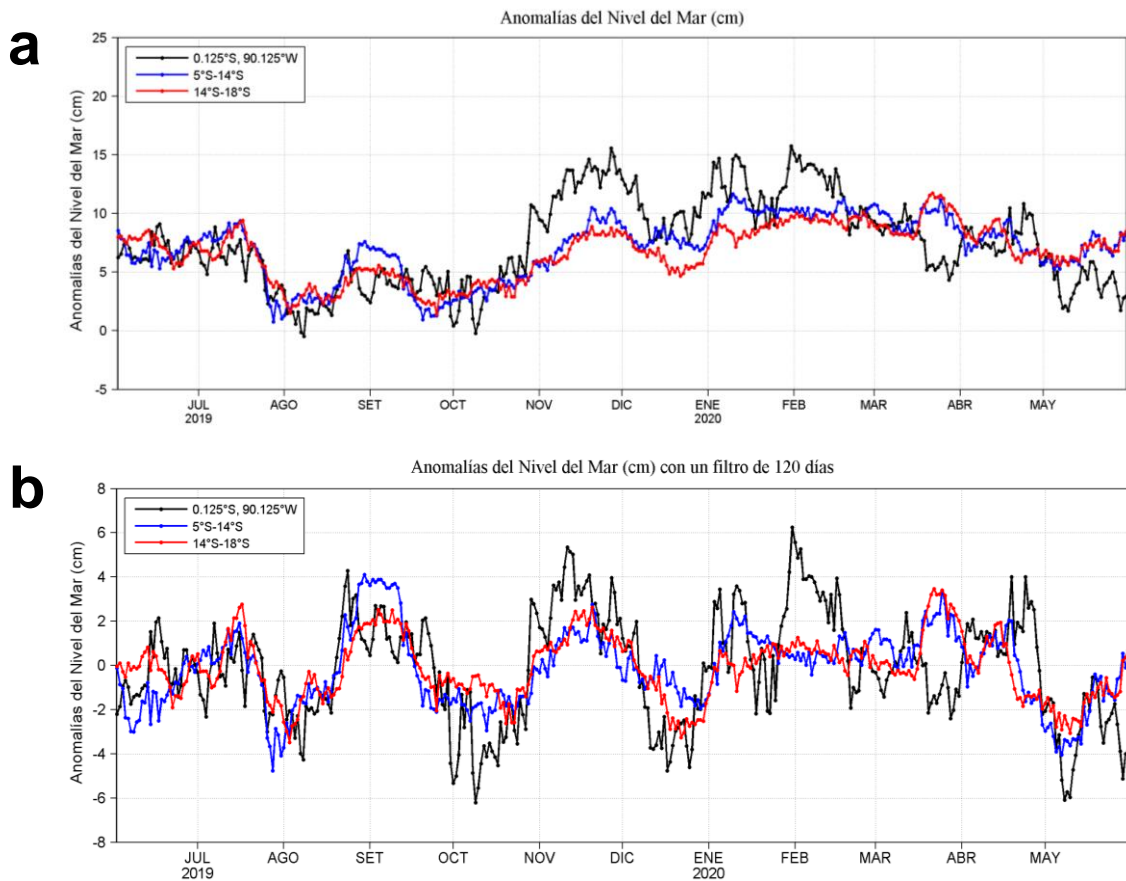


Figura 27. Variación temporal de las a) Anomalías del Nivel del Mar (cm) y b) Anomalías del Nivel del Mar (cm) con un filtro (media móvil) de 120 días, para tres áreas promedio para los últimos doce meses: i) Área de 75 km centrada en 0.125°S y 90.125°W, ii) Área promedio de 60 m.n. (~111 km) entre 5°S-14°S 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: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

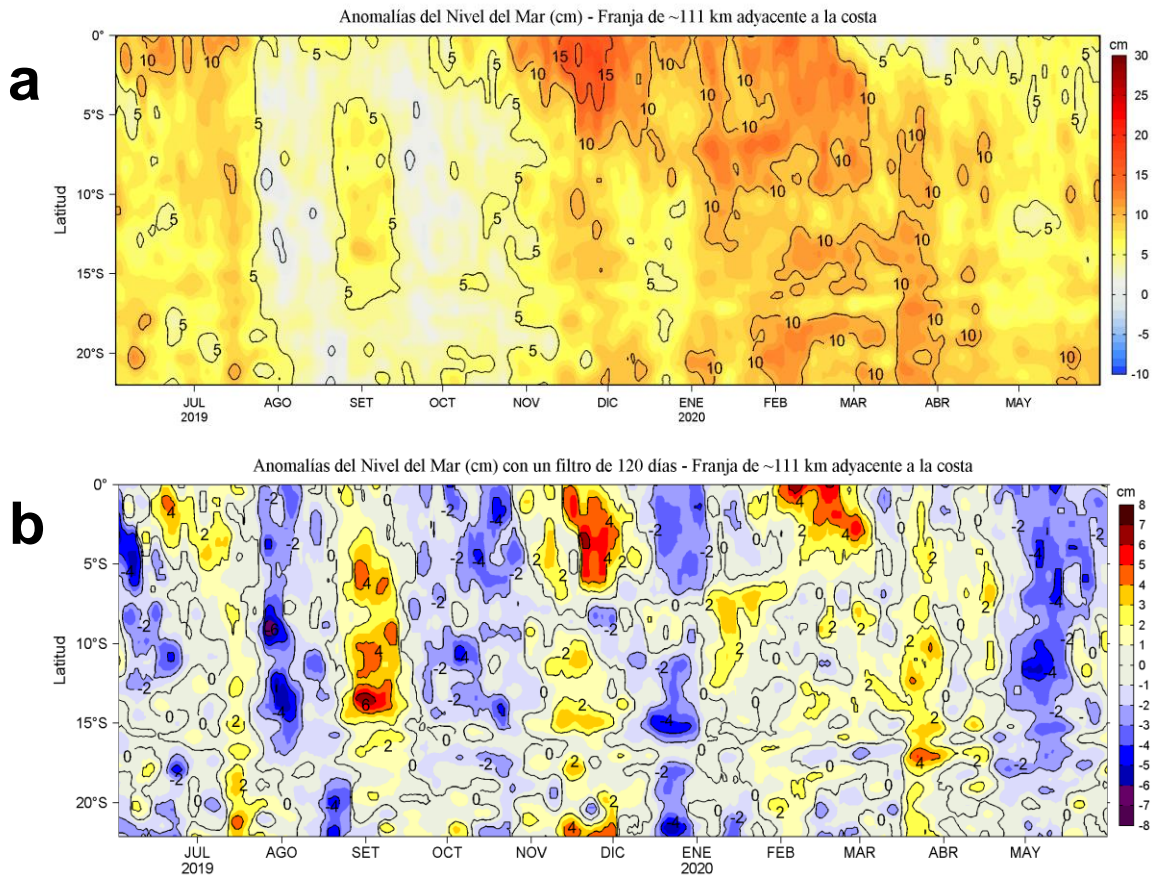


Figura 28. Evolución diaria de las a) Anomalías del Nivel del Mar (cm) y b) Anomalías del Nivel del Mar (cm) con un filtro (media móvil) de 120 días, para una franja de 60 m.n. (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos doce meses. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 para (a) y 1993-2010 para (b). Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

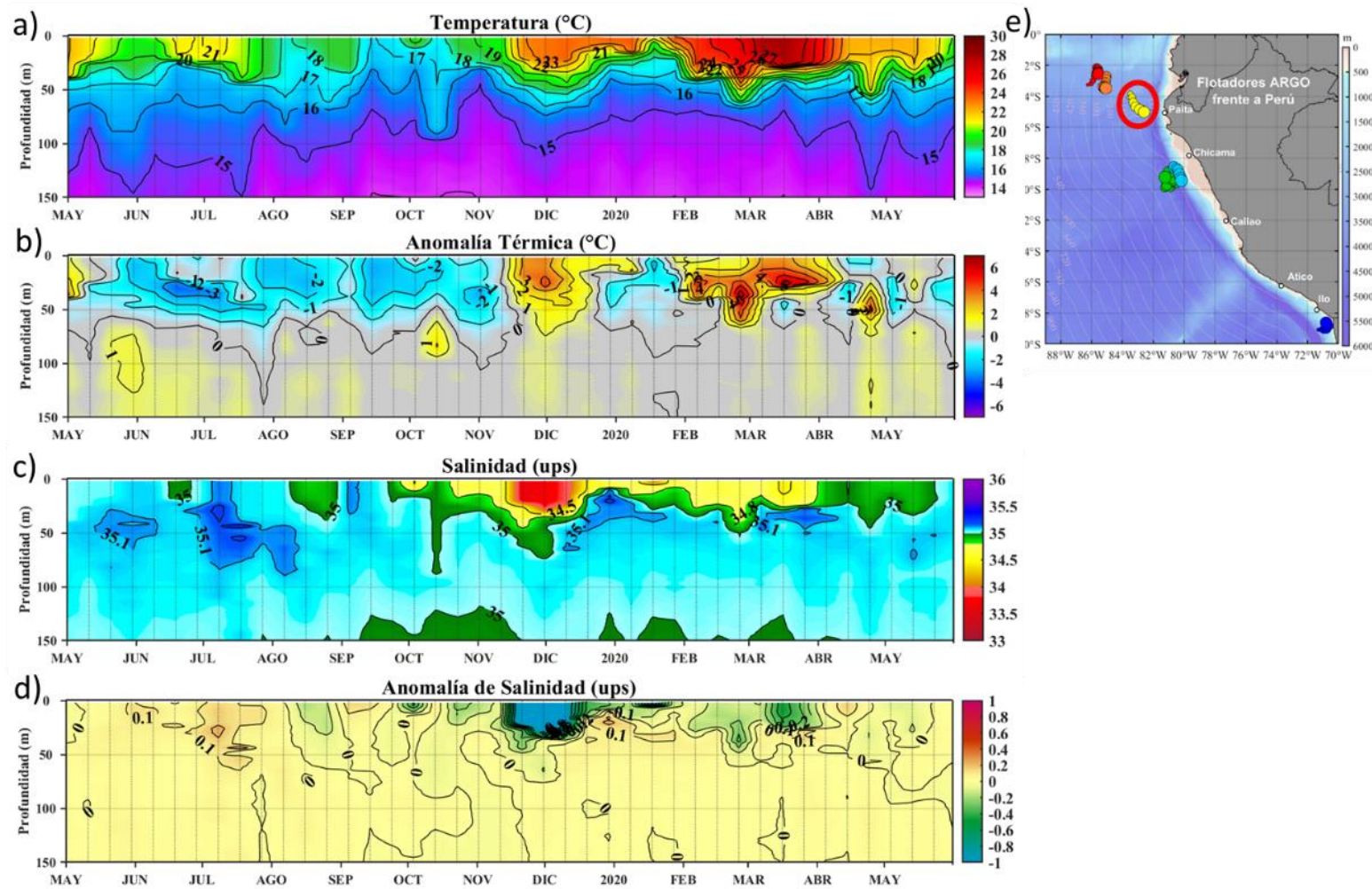


Figura 29. Evolución de la a) temperatura (°C), b) anomalía de la temperatura (°C), c) salinidad (ups), d) anomalía de la salinidad (ups) del agua de mar del flotador ARGO frente a Talara, entre mayo de 2019 y mayo de 2020, y e) ubicación de las cuatro últimas posiciones donde brindó información el flotador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

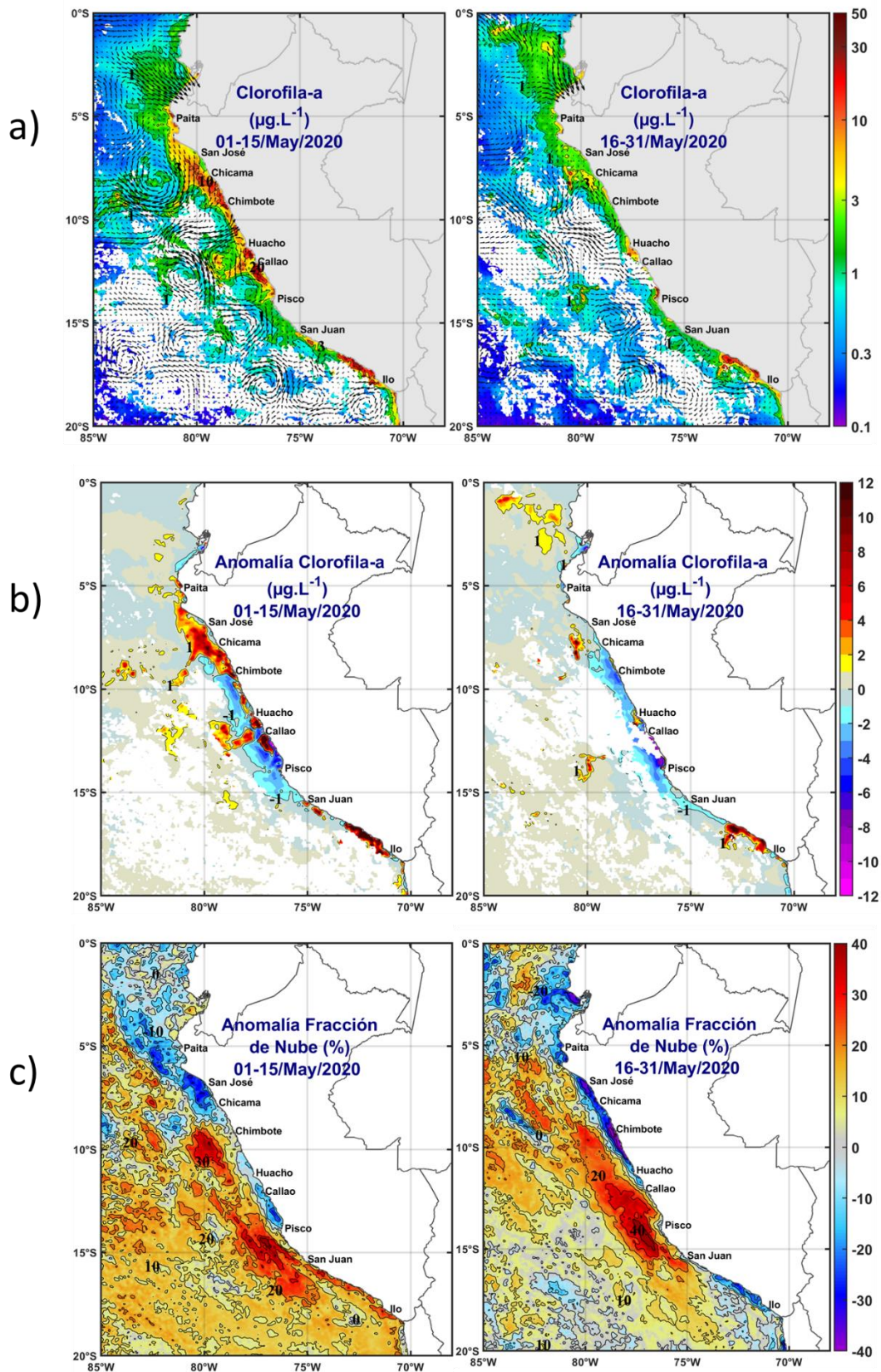


Figura 30. Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de clorofila-a satelital (en $\mu\text{g L}^{-1}$) proveniente de MODIS-AQUA y anomalías de la fracción de nubes (c), durante la primera (izquierda) y segunda (derecha) quincena de mayo 2020. Además, en (a) se muestran los flujos geostroficados calculados a partir de la información de CMEMS.

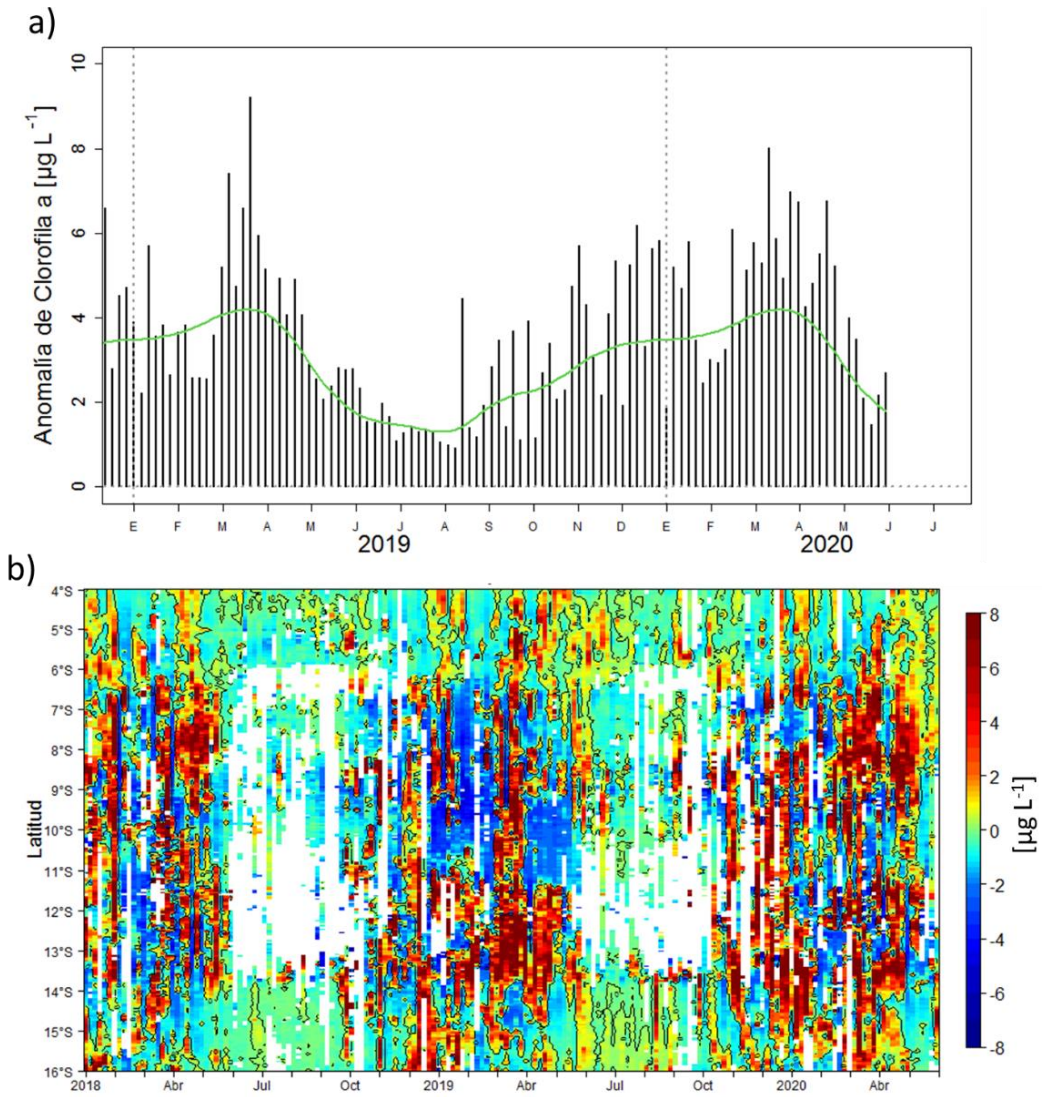


Figura 31. Serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barra negra) y su climatología (línea verde) (a) proveniente de SeaWIFS+MODIS corregido (en $\mu\text{g L}^{-1}$), entre 4°S - 16°S y dentro de los 100 km de la costa; (b) Diagrama Hovmöller de las anomalías de clorofila-a con respecto a la latitud; y en (c) las isotermas de 21°C (línea azul) y 25°C (línea roja) en superficie proveniente de VIIRS – SNPP y la isolínea de $2,5 \mu\text{g L}^{-1}$ (línea verde) de MODIS-AQUA, durante mayo 2020.

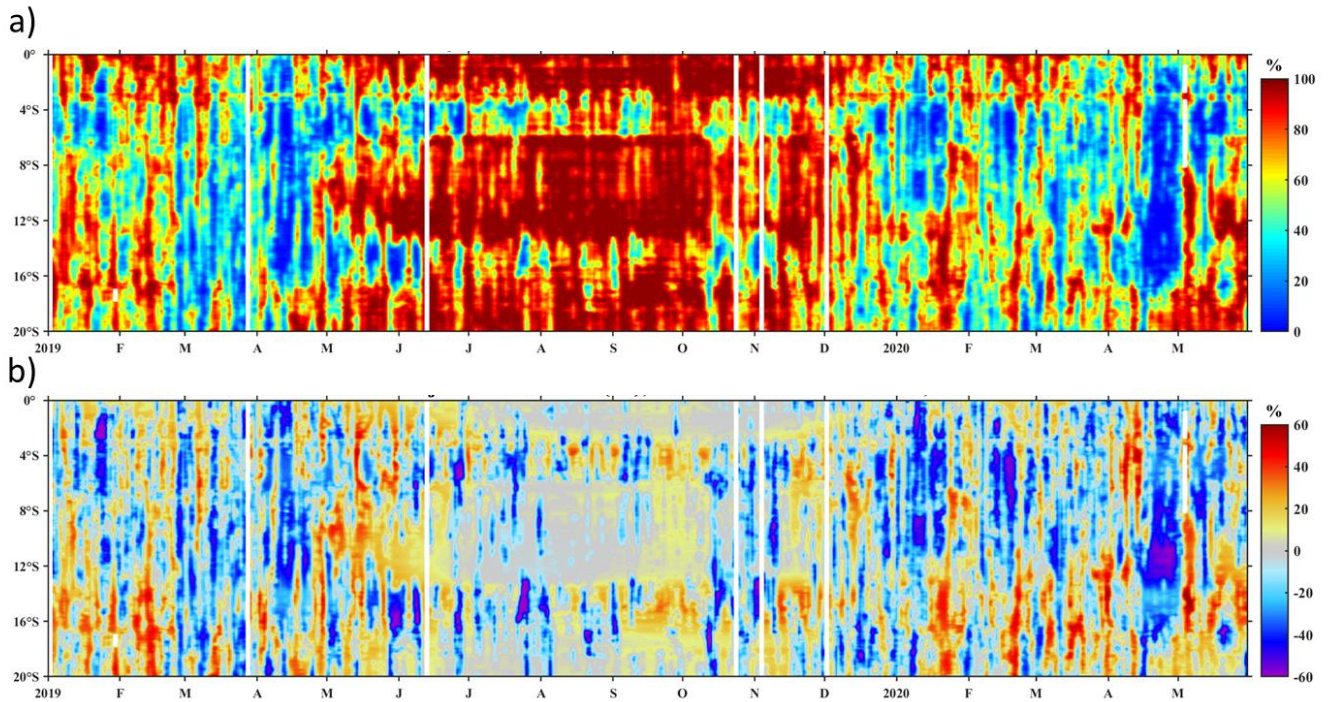


Figura 32. Diagrama Hovmöller de la fracción de nubes (a), y anomalía de la fracción de nubes (b) diarias en superficie, dentro de las 60 m.n. a la costa. Fuente: MODIS-AQUA y VIIRS – SNPP, durante enero de 2019 a mayo 2020. Climatología de 2002-2016, Procesamiento AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

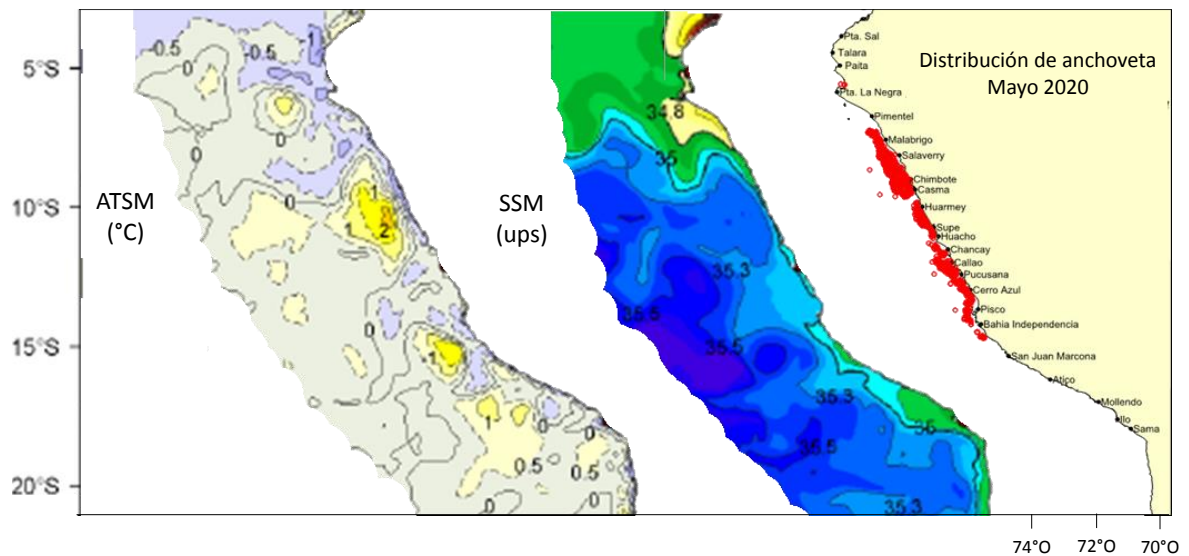


Figura 33. Distribución de la anchoveta durante mayo 2020. Fuente: IMARPE.

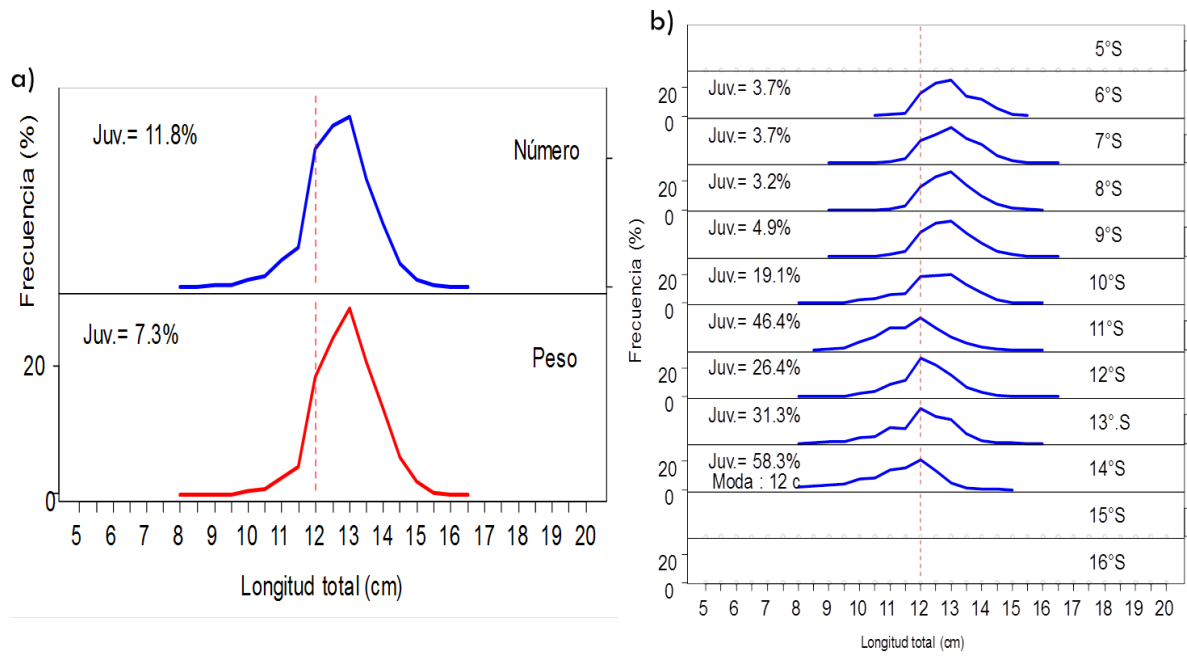


Figura 34. Estructura de tamaños de la anchoveta a) en número y peso, y b) grado latitudinal durante mayo 2020. Fuente: AFDPERP/DGIRP/IMARPE.

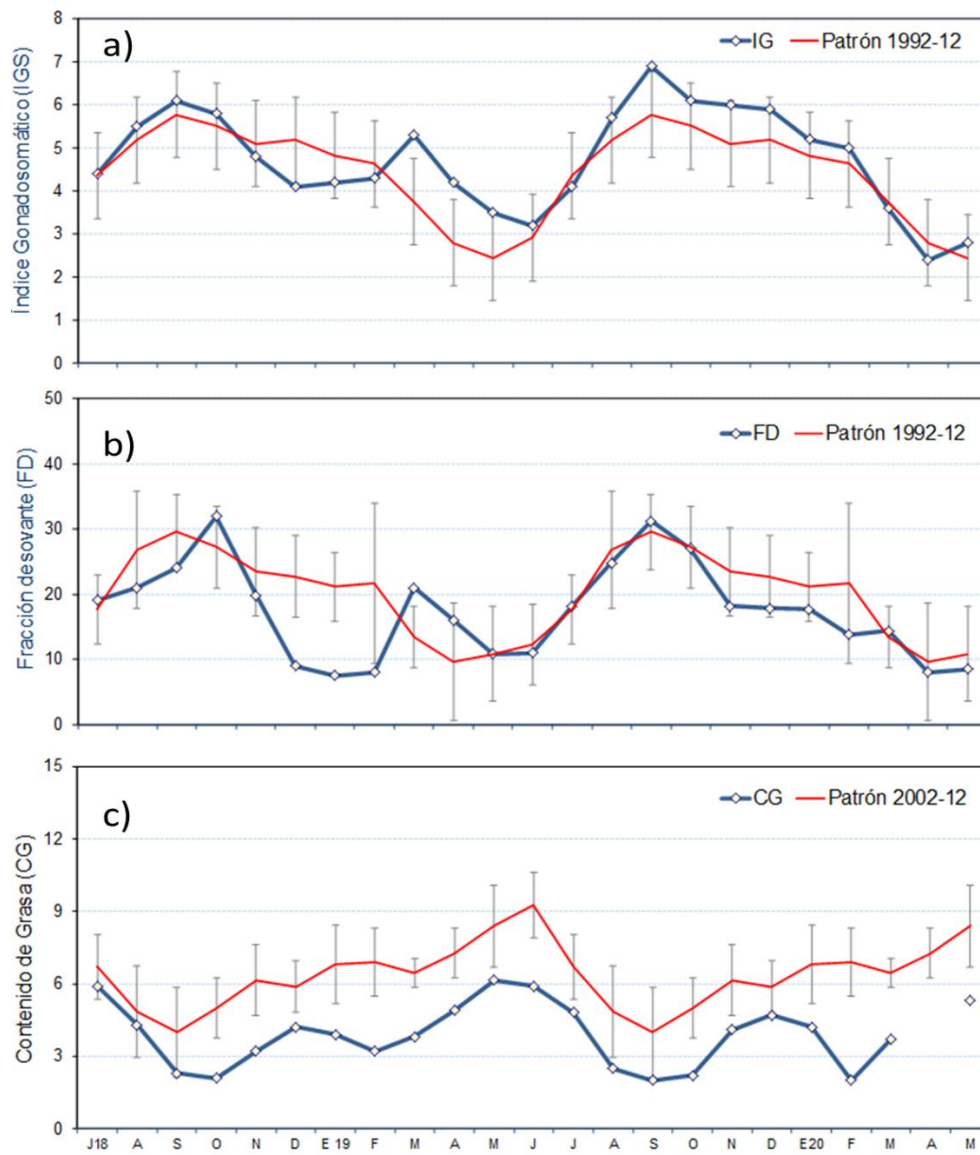


Figura 35. Indicadores de la condición reproductiva del stock norte – centro de la anchoveta. a) índice gonadosomático (IGS), b) fracción desovante (FD) y c) contenido grasa (CG). Serie mensual: julio 2018 a mayo 2020. Fuente: LBR/AFIRNP/DGIRP/IMARPE.

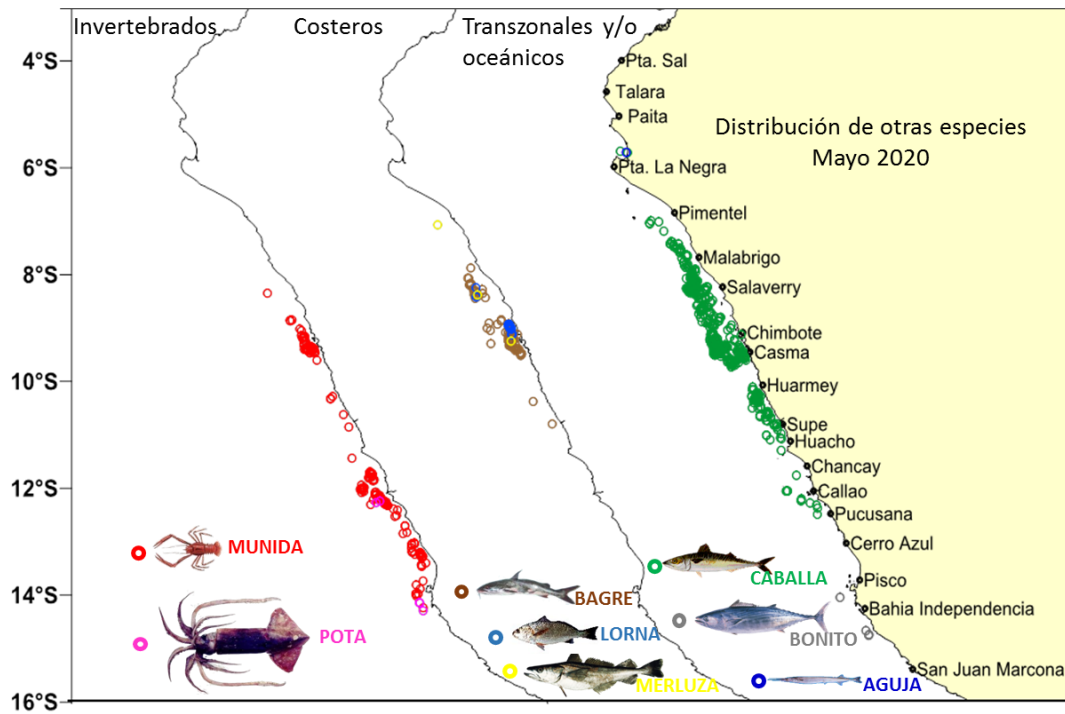


Figura 36. Distribución de otras especies observadas en la primera temporada de pesca de anchoveta en la región norte – centro. Mayo 2020. Fuente: AFDPRP/DGIRP/IMARPE

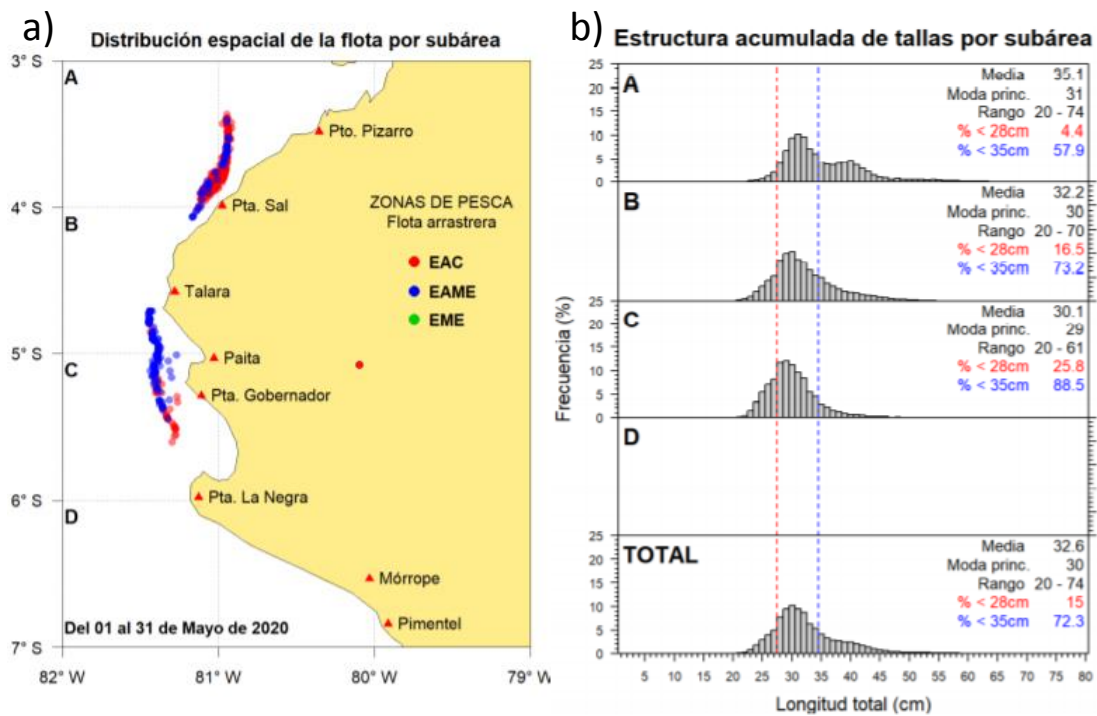


Figura 37. a) Distribución espacial de la flota arrastrera y b) estructura de tallas de merluza por subáreas durante mayo 2020. Fuente: AFIPDBL/DGIRDL/IMARPE.

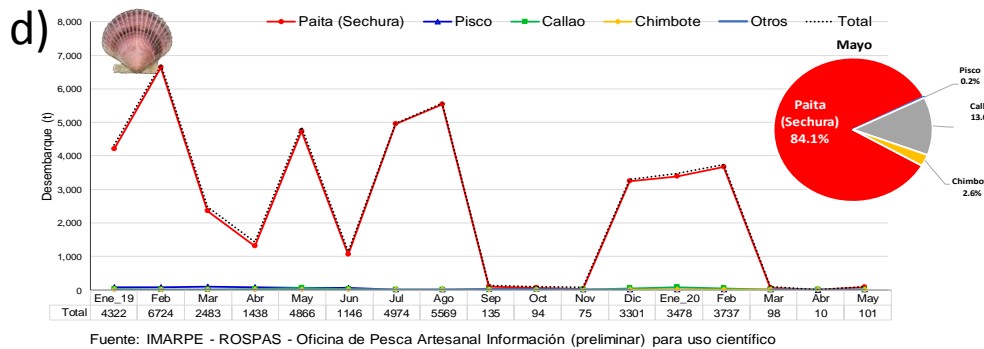
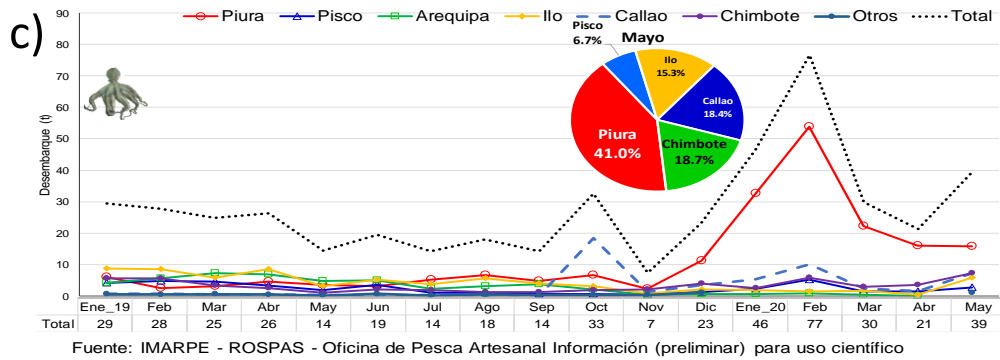
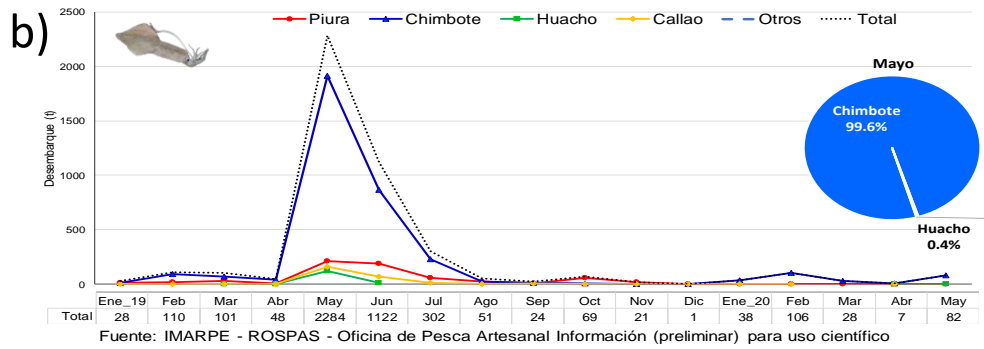
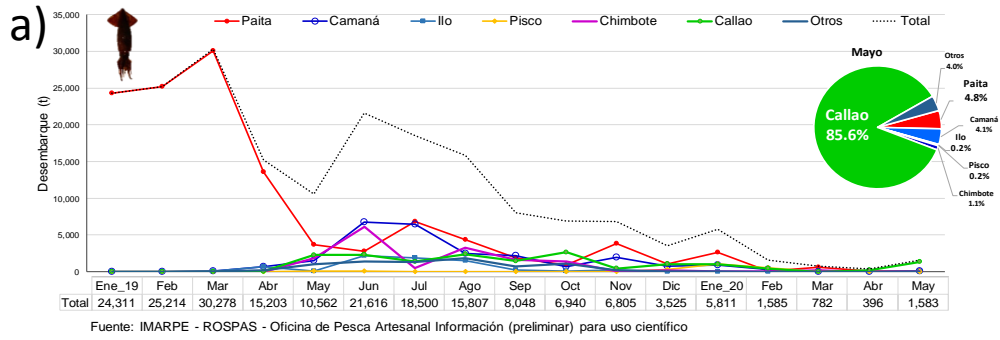


Figura 38. Desembarque (en toneladas) de la flota artesanal a) pota, b) calamar común, c) pulpo y d) concha de abanico durante el periodo enero 2019 – mayo 2020. Fuente: AFIIMM/DGIRDL/IMARPE

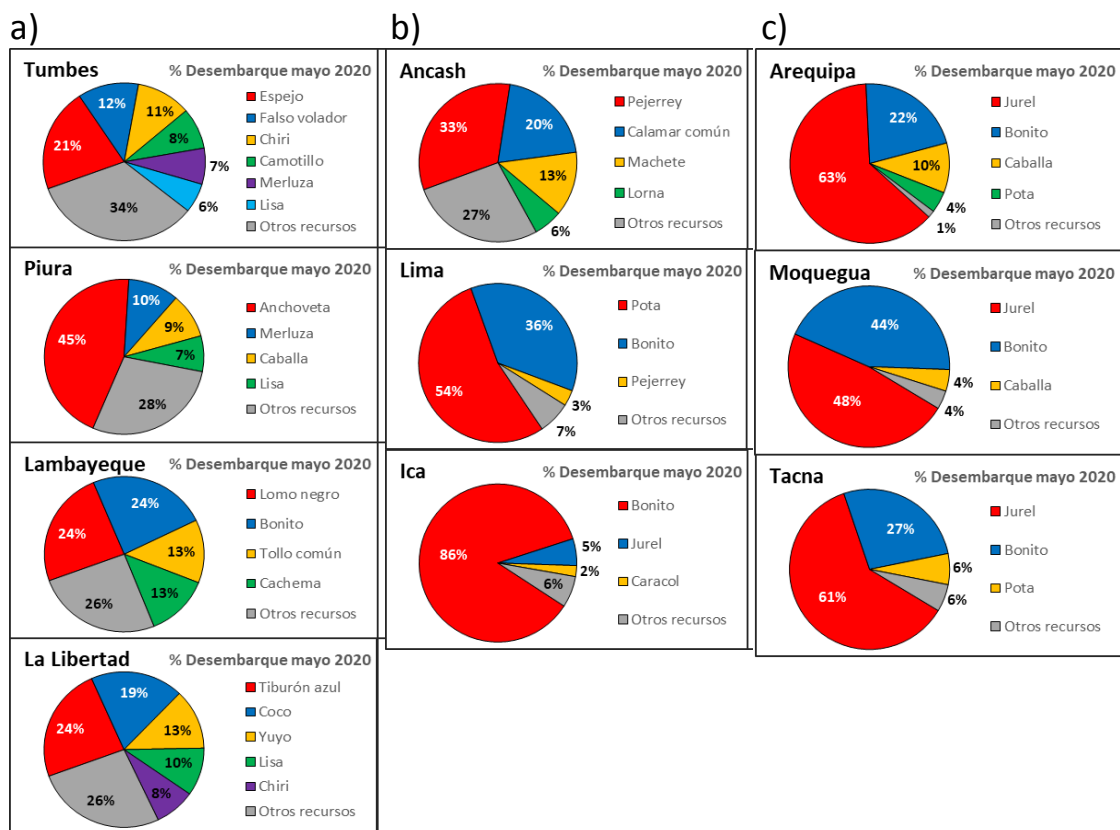


Figura 39. Principales recursos pesqueros según volumen de desembarque (t) por departamentos registrados por la pesca artesanal en las zona a) norte, b) centro y c) sur, durante mayo 2020. Fuente: AFIPDBL /DGIRDL/IMARPE

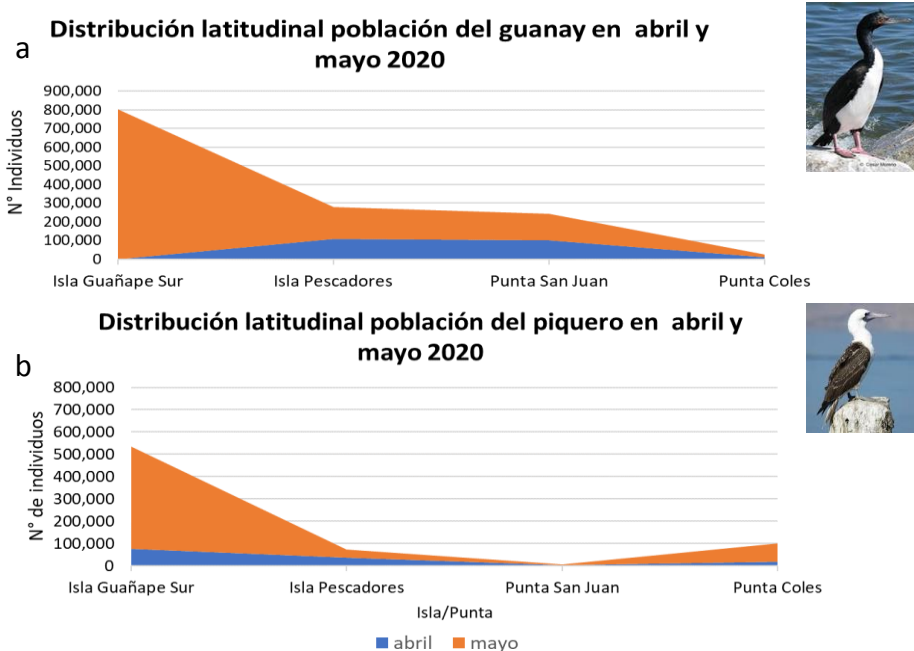


Figura 40. Comparación de la población de a) guanay y b) piquero entre abril y mayo 2020 según islas y puntas. Fuente: ODS/AFDPERP/IMARPE

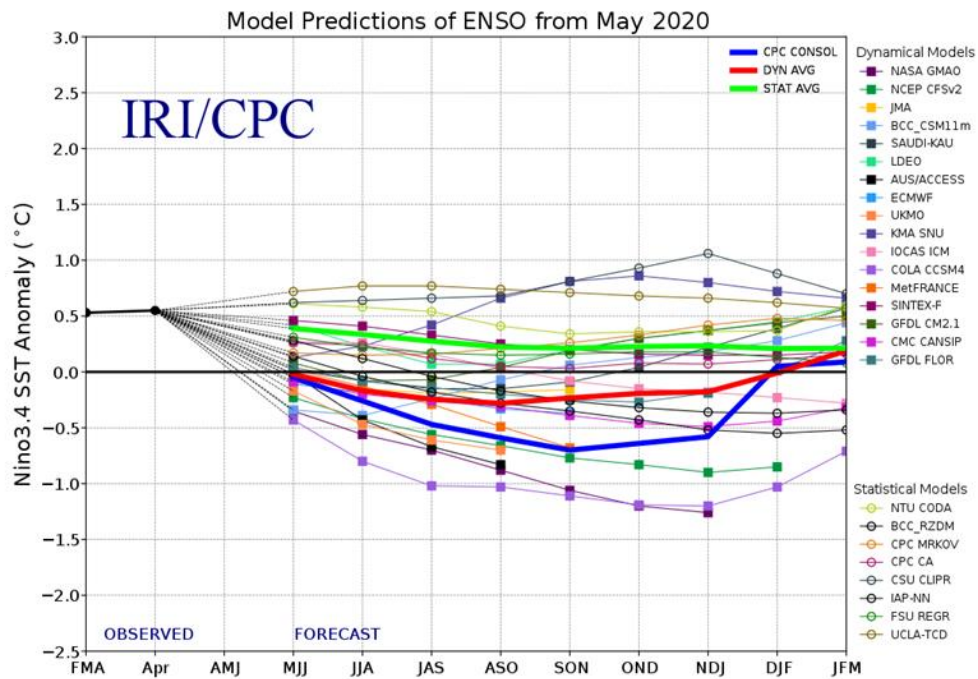


Figura 41. Pronóstico del índice Niño 3.4 mediante modelos climáticos estadístico y dinámico. Fuente: IRI/CPC, mayo 2020

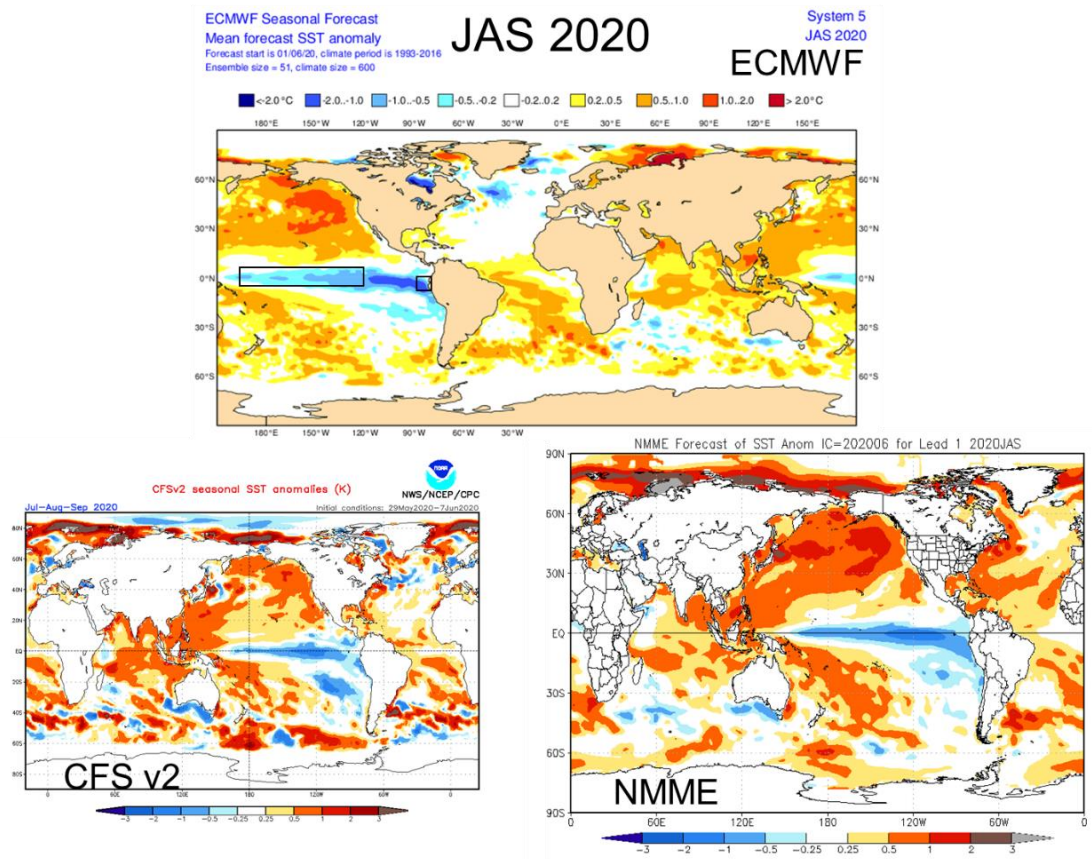


Figura 42. Pronóstico de la TSM para el trimestre JAS 2020 del modelo ECMWF, CFSv2, y NMME (condiciones iniciales: inicios de junio 2020). Los recuadros indican la región El Niño 3.4 y 1+2. Fuente: IRI/CPC.

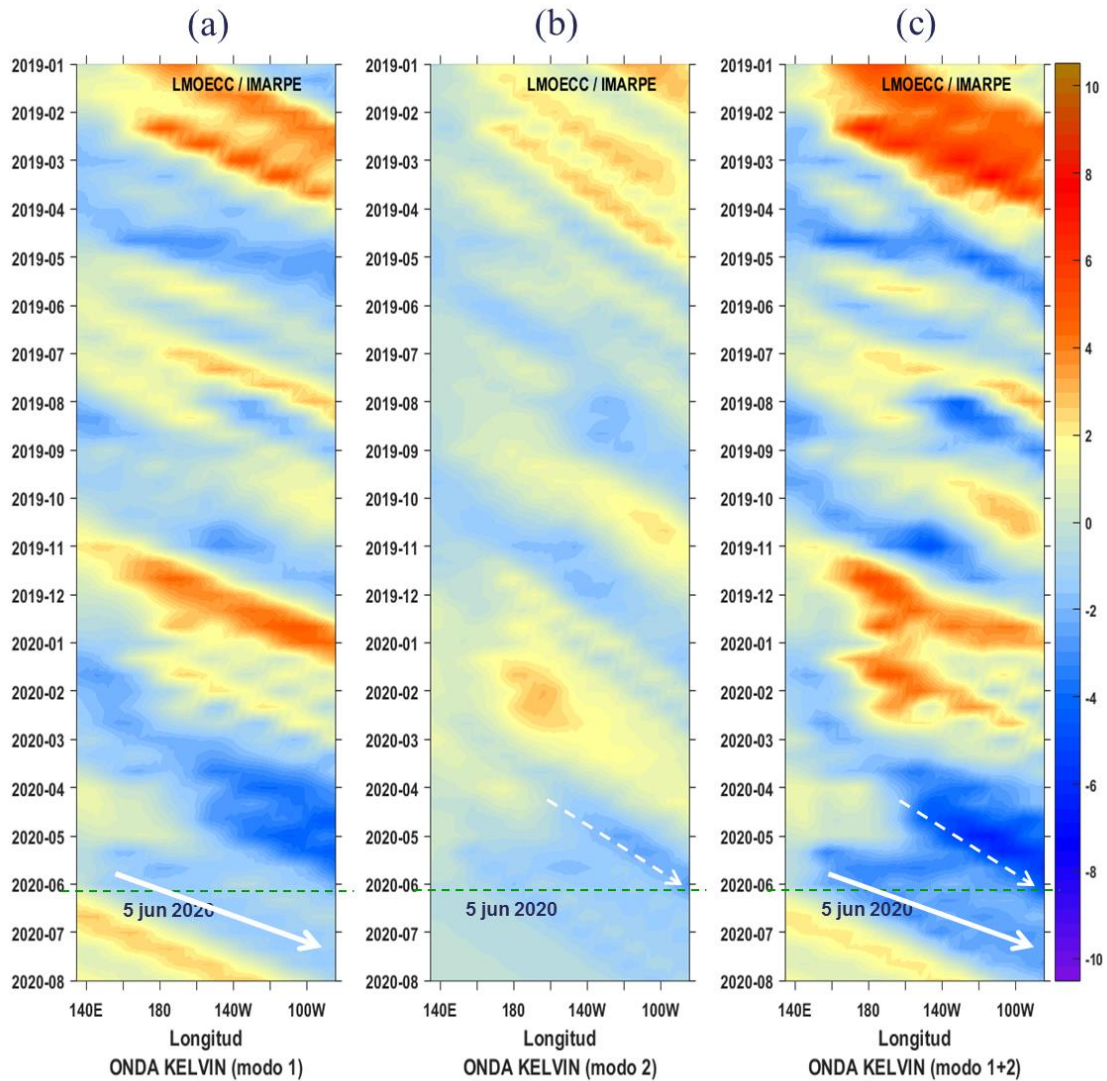


Figura 43. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modos 1+2. La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico sin el forzante de vientos. Fuente: IMARPE, forzado con vientos de NCEP (Figuras a-c).

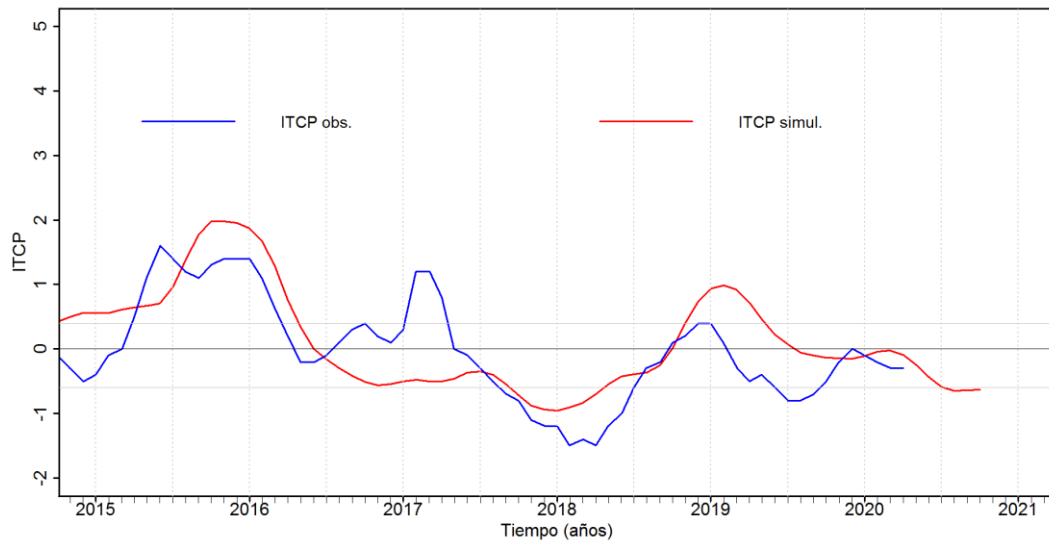


Figura 44. Pronóstico del ITCP mediante un modelo acoplado océano-atmósfera de complejidad intermedia, con datos actualizados hasta el mes de mayo 2020. Fuente: IMARPE.

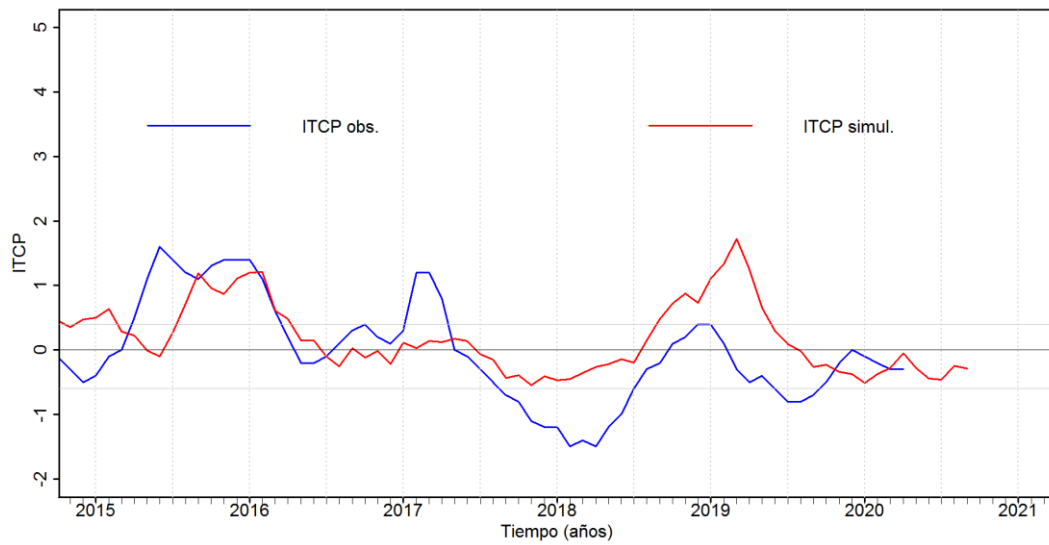


Figura 45. Pronóstico del ITCP mediante un modelo estadístico, con datos actualizados hasta el mes de mayo 2020. Fuente: IMARPE.