

**COMISIÓN MULTISECTORIAL ENCARGADA DEL  
ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO EL NIÑO**



**INFORME TÉCNICO ENFEN**

**Año 6 N°04**

**ABRIL 2020**

**Programa Presupuestal por Resultados N° 068:**

“Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”

**Producto:** Estudios Para la estimación del Riesgo de Desastres

**Modelo Operacional:** Generación de información y monitoreo del fenómeno El Niño

**Autor:** Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN)

**Comisión Multisectorial ENFEN**

Presidente:

Vice-Alm. (r) Javier Alfonso Gaviola Tejada

Presidente del Consejo Directivo, Instituto del Mar del Perú (IMARPE)

Vice-Presidente:

Calm. Jorge Manuel Paz Acosta

Director de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (DIHIDRONAV)

Dr. Hernando Jhonny Tavera Huarache

Presidente Ejecutivo, Instituto Geofísico del Perú (IGP)

Dr. Ken Takahashi Guevara

Presidente Ejecutivo, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)

Ing. Abelardo Amador De la Torre Villanueva

Jefe, Autoridad Nacional del Agua (ANA)

General de Brigada EP Jorge Chávez Cresta

Jefe, Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

Valm. (r) Wladimiro Giovannini Y Freire

Jefe del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED

**Grupo de Trabajo Científico Técnico**

Coordinador Científico Técnico: Dimitri Gutiérrez.

IMARPE: Dimitri Gutiérrez, Marilú Bouchon, Luis Vásquez, Carlos Quispe, Tony Anculle, Dante Espinoza y Cecilia Peña.

DIHIDRONAV: Rina Gabriel, Roberto Chauca.

SENAMHI: Grinia Ávalos, Nelson Quispe, Glicerio Canchari, Andrés Rodríguez.

IGP: Kobi Mosquera y Jorge Reupo

ANA: Litzia Cisneros, Benjamín Molina y Jairo Chunga.

INDECI: Jakie Rojas.

CENEPRED: Ena Jaimes.

**Año:** 6

**Redacción del informe:** Grupo de Trabajo Científico Técnico ENFEN

**Edición y Producción:** Luis Pizarro (Secretaría Técnica ENFEN)

**Diseño de carátula:** IMARPE

El contenido de este documento puede ser reproducido mencionando la fuente ENFEN.

Este documento se puede citar como:

Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) 2019.

Informe Técnico ENFEN. Año 6, N° 04, abril de 2020, 47 p.

El Informe Técnico ENFEN de abril 2020 y los informes previos están disponibles en la World Wide Web de las páginas electrónicas de las instituciones que conforman la Comisión. De tener inconveniente para acceder al informe, contacte a la Secretaría Técnica ENFEN a la dirección electrónica: [st\\_enfen@imarpe.gob.pe](mailto:st_enfen@imarpe.gob.pe).

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N°2015-09351

# Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú, abril 2020



**IMARPE**  
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ



**DIHIDRONAV**  
MARINA DE GUERRA DEL PERÚ



## PRESENTACIÓN

---

La gran diversidad y productividad de la zona continental como marítima del territorio peruano se altera eventualmente por eventos de la naturaleza que ocurren a diferentes escalas de tiempo y espacio. Entre ellos, el Fenómeno El Niño reviste singular importancia por sus impactos en el Perú como a nivel global.



Han transcurrido casi cuatro décadas desde que el Estado peruano estableciera el Comité Multisectorial encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN). Durante este tiempo, el Comité ha monitoreado, vigilado, analizado y alertado sobre las anomalías del océano y la atmósfera con el fin de prevenir y mitigar los impactos de El Niño en el Perú. Estas acciones se realizan de forma sinérgica, coordinada. En mayo de 2017 se recompone el Comité y adquiere la denominación de Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño, conformada por el Instituto del Mar del Perú IMARPE (Preside de la Comisión), el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN), el Instituto Geofísico del Perú (IGP), la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y de Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED).

Las capacidades observacionales (meteorológica, oceanográfica, biológico-pesquera e hidrológica), de infraestructura, analíticas y de gestión se vienen fortaleciendo actualmente con la participación de algunas instituciones de la Comisión ENFEN en el Programa Presupuestal por Resultados N° 068 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”, en el producto denominado “Estudios para la estimación del riesgo de desastres” y actividad “Generación de información y monitoreo del fenómeno El Niño”, emitiendo como resultado una versión resumida denominado “Comunicado Oficial” que se publica mensualmente, y en algunas oportunidades quincenalmente en períodos de contingencia, así como una versión extendida “Informe Técnico” de carácter mensual. Este último documento incorpora elementos de información, que tengo el honor de presentar, esperando que contribuya a mejorar el conocimiento y a adoptar decisiones y acciones oportunas hacia una eficiente y eficaz gestión del riesgo asociado a El Niño-Oscilación del Sur en nuestro país.

Cordialmente,

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'JAGT', located below the text 'Cordialmente,'.

Vice-Alm. (r) Javier Alfonso Gaviola Tejada  
Presidente de la Comisión Multisectorial para El  
Estudio Nacional del Fenómeno El Niño

# DIAGNÓSTICO CLIMÁTICO Y PREVISIÓN DE EL NIÑO- OSCILACIÓN DEL SUR EN EL PERÚ, ABRIL 2020

## ÍNDICE

Presentación

Resumen Ejecutivo

- I. Introducción
- II. Métodos
- III. Condiciones observadas en abril 2020
  - Condiciones atmosféricas y oceánicas en el Pacífico Ecuatorial
  - Condiciones atmosféricas a escala regional y en la costa peruana
  - Condiciones oceanográficas en el mar peruano
  - Impactos biológico-pesqueros
  - Impactos hidrológicos
  - Impactos agro-meteorológicos
- IV. Pronóstico
- V. Conclusiones
- VI. Referencias
- VII. Tablas
- VIII. Figuras

Anexos

1. Variables utilizadas
2. Información suplementaria

## RESUMEN EJECUTIVO

En abril de 2020, con respecto a marzo, las anomalías positivas de la temperatura superficial del mar (TSM) se mantuvieron en el Pacífico ecuatorial central (+0,6 °C); mientras que, en la región Niño 1+2, disminuyeron ligeramente (de +0,5 °C a +0,4 °C). En general, se observó un patrón normal de la circulación de Walker sobre el Pacífico ecuatorial; aunque a niveles bajos de la atmósfera, los vientos alisios se debilitaron hacia el lado este de la cuenca, a niveles altos predominaron flujos zonales del oeste, principalmente en la región central y oriental. En la capa superior del Pacífico ecuatorial se observaron núcleos de anomalías térmicas negativas subsuperficiales desplazándose desde la región central hacia la oriental, que alcanzaron la zona vecina a Galápagos (02 °S, 85 °W). Por otro lado, las anomalías del nivel del mar disminuyeron sobre el extremo del Pacífico oriental y de la franja adyacente a la costa norte del Perú, indicando el arribo de la onda Kelvin fría a la región Niño 1+2, la que fue pronosticada anteriormente. A escala regional, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS), en promedio, se mantuvo débil en su posición climática y ligeramente prolongado hacia el ecuador, fuera del litoral, lo cual favoreció el debilitamiento de los alisios del sureste, resultando en una mayor frecuencia de días con vientos costeros débiles. En el litoral peruano, la TSM disminuyó y en el norte las anomalías diarias negativas alcanzaron los -2 °C. En la franja de las 50 millas náuticas, adyacente al litoral, predominaron las condiciones frías anómalas y neutras, mientras que por fuera de esta franja aún se registró condiciones cálidas anómalas. Entre Paita y Casma se observó el predominio de aguas subtropicales superficiales (ASS, aguas de alta salinidad), así como condiciones de mezcla entre estas y las aguas costeras frías (ACF) dentro de las 50 millas náuticas. En la capa sub-superficial, sobre el talud continental, se detectaron condiciones térmicas cálidas y neutras frente a Paita y Chicama, respectivamente. Por su parte, a 150 millas náuticas de la costa norte y centro, sobre los 100 m de profundidad, se detectaron anomalías térmicas negativas y positivas en la primera y en la segunda quincena del mes, respectivamente. En lo relacionado a la productividad marina, la concentración de clorofila-a exhibió en promedio un incremento notable en sus concentraciones, con anomalías positivas dentro de las 40 millas náuticas, asociadas a las condiciones oceanográficas y a un mayor número de días sin nubes. En el aspecto biológico pesquero, las condiciones ambientales favorecieron la expansión del hábitat de la anchoveta, encontrándose dicho recurso con: una mayor cobertura espacial y densidad, un incremento de la estructura de tallas y una actividad desovante acorde a su estacionalidad. En el aspecto hidrológico, los principales ríos de la costa norte y centro de la “Región Hidrográfica Pacífico” mantuvieron caudales inferiores al promedio histórico, mientras que los ríos de la costa sur continuaron exhibiendo caudales superiores al promedio; en todos los casos, los caudales mostraron una tendencia descendente. Las condiciones climáticas continuaron favoreciendo el brote vegetativo del mango de la costa norte, así como el desarrollo vegetativo y reproductivo del cultivo de arroz en las zonas productoras de Piura y Lambayeque; además fueron favorables para la maduración de las aceitunas en zonas productoras de Tacna. Las perspectivas señalan el desarrollo a corto plazo de anomalías negativas de la temperatura del mar frente a la costa, aunque aún en el rango neutral, debido al efecto de la onda Kelvin fría. Conforme con el juicio experto de las condiciones observadas y de los resultados de los modelos numéricos (nacionales e internacionales), se prevé que las anomalías negativas se extenderían hasta inicios de primavera. Para el período de lluvias (desde diciembre 2020 hasta marzo 2021), se estima para la región Niño 1+2, una mayor probabilidad de condiciones neutras (63 %), seguida de condiciones de El Niño (21 %) y La Niña (16 %).

## **I. INTRODUCCIÓN**

El Niño - Oscilación del Sur (ENOS) en sus dos fases, El Niño y La Niña, tiene repercusiones más intensas en algunas zonas del mundo, como es el caso de Perú, en particular en su zona norte y centro. En la fase El Niño, y en el contexto del denominado El Niño Costero, las condiciones cálidas sobre el Pacífico Oriental, particularmente frente a la costa norte de Perú durante el verano austral, propician lluvias intensas que generan impactos en los sectores socioeconómicos.

En este contexto, la Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) mantiene el monitoreo constante y las predicciones del desarrollo de ENOS, reportando periódicamente el análisis del monitoreo de parámetros oceánicos y atmosféricos en el Pacífico ecuatorial y Sudoriental, así como de la dinámica sub-superficial de parámetros oceanográficos, con mayor atención en la zona costera de Perú. Para los impactos en el ecosistema marino se analizan indicadores de la fertilidad y productividad del mar peruano, al igual que la respuesta de los principales recursos hidrobiológicos y la actividad pesquera. Asimismo, reporta los impactos hidrológicos, asociados a precipitaciones e incrementos súbitos del caudal de los principales ríos del territorio peruano. Finalmente, se formula la previsión futura de los principales indicadores asociados al ENOS, con énfasis en el Fenómeno El Niño, a corto, mediano y largo plazo.

## II. MÉTODOS

### 2.1. Variables

Las principales variables utilizadas en este informe están clasificadas en los siguientes tipos: atmosféricas, oceanográficas, hidrológicas y biológicas-pesqueras. En la Tabla A.1.1 se detallan las variables monitoreadas por el ENFEN, indicando la fuente de la información (in situ, satelital, re-análisis, modelos), la institución responsable del procesamiento de los datos, así como precisiones u observaciones respecto a la metodología.

### 2.2. TSM de OSTIA

Para el Océano Global, el producto de la TSM de la fundación global OSTIA proporciona mapas diarios sin espacios de: TSM de la Fundación a una resolución horizontal de  $0,05^\circ \times 0,05^\circ$ , utilizando datos *in situ* y satelitales de infrarrojos y micro ondas radiómetros; anomalías de la TSM en base a la climatología Pathfinder a una resolución horizontal de  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ ; y, estimaciones del sesgo de TSM en cada uno de los satélites que contribuyen al análisis OSTIA SST a una resolución horizontal de  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ .

El sistema operativo de análisis de la TSM y el hielo (OSTIA, por sus siglas en inglés) está a cargo de la Oficina Meteorológica del Reino Unido. Se producen tanto un análisis diario de alta resolución ( $1/20^\circ$ , aproximadamente 6 km) de la TSM, como un análisis diario de resolución reducida ( $1/4^\circ$ , aproximadamente 28 km) de la TSM para el océano global y algunos lagos.

Como parte del procedimiento de análisis, se realiza una estimación del sesgo en cada uno de los sensores de satélite contribuyentes. Esto se realiza calculando emparejamientos entre cada sensor de satélite y un conjunto de datos de referencia (actualmente compuesto por los datos *in situ* y un subconjunto de los datos de satélite MetOp AVHRR). Estas diferencias se introducen luego en un procedimiento de Interpolación óptima para producir campos de polarización cuadrículados en cada sensor. OSTIA utiliza datos satelitales proporcionados por el proyecto GHRSSST junto con observaciones in situ, para determinar la TSM.

### 2.3. Índices

**Índice Costero El Niño (ICEN):** es calculado a partir de la media móvil de 3 meses de las anomalías de la temperatura superficial del mar en la región Niño 1+2 con respecto a la climatología de 1981-2010 usando, hasta enero de 2020, los datos de ERSST v3b *real-time*, y en la actualidad ERSST v5. Se categoriza las condiciones como frías o cálidas; en el caso de frías con magnitudes de débil, moderada y fuerte, y en el caso de cálidas con magnitudes débil, moderada, fuerte y Extraordinaria (ENFEN, 2012; Takahashi, et al., 2014). El valor temporal del ICEN (ICEN-tmp) se calcula utilizando el promedio de los pronósticos de la ATSM de los modelos de North American Multi-Model Ensemble (NMME, Kirtman et al., 2014) de un mes y dos meses para el primer y segundo ICENtmp, respectivamente.

**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.

## **2.4. Modelos de Pronóstico**

**Modelo Oceánico Lineal (LOM-IGP):** El modelo se utiliza para representar la dinámica superior en el Pacífico ecuatorial y se trabaja con dos tipos de termoclina, constante o variable. Para el diagnóstico el modelo es forzado con esfuerzos de viento del re-análisis NCEP-CDAS (Kalnay et al. 1996) y vientos observados remotamente de WindSAT (Wentzet et al., 2013) obtenidos de <http://www.remss.com/missions/windsat/>. Para calcular la contribución de las ondas Kelvin y Rossby sobre el nivel del mar y las corrientes zonales se usa la metodología de Boulanger & Menkes (1995). Para el pronóstico el modelo continúa integrándose numéricamente en el tiempo usando dos artificios: 1) esfuerzo de viento igual a cero y 2) el promedio de los últimos treinta días de la anomalía del esfuerzo de viento. Ver más en Mosquera (2009), Mosquera et al. (2011) y Mosquera (2014).

**Modelo Oceánico de Complejidad Intermedia:** El modelo se utiliza para representar la propagación de las Ondas Kelvin Ecuatoriales (OKE), ejecutándose con 3 modos baroclínicos, forzado con vientos del NCEP (Kalnay et al. 1996) y siguiendo la metodología de Illig et al. (2004) y Dewitte et al. (2002). En el modelo la señal de la OKE se descompone en modos normales de oscilación (modo 1, modo 2), que se propagan a diferentes velocidades; y a la vez se considera la suma de ambos modos, resultado que proporciona mayor contribución en la anomalía del nivel del mar.

**Modelos Climáticos de Agencias Internacionales:** Los resultados de estos modelos numéricos se utilizan como insumo para el análisis de la perspectiva de mediano y largo plazo. En este caso particular se utiliza la información del conjunto de modelos denominado North American Multi-Model Ensemble (NMME, Kirtman et al., 2014).

**Modelo Probabilístico de Juicio Experto:** Para los pronósticos del período de lluvias (diciembre a marzo), se usa la información generada por las propias observaciones del ENFEN, así como la información basada en los Modelos Climáticos Globales (MCG), e información de diversos centros de investigación y agencias internacionales. Debido a las limitaciones comunes entre sí de estos modelos, se acude a la interpretación y el conocimiento experto de los científicos del ENFEN, quienes además de evaluar los resultados de los MCG aportan con sus modelos conceptuales y estudios retrospectivos que permiten inferir escenarios de pronóstico, los cuales son discutidos, consensuados y plasmados en probabilidades porcentuales de ocurrencia de las distintas categorías de El Niño y La Niña (ENFEN, 2015).

### **III. CONDICIONES OBSERVADAS EN ABRIL 2020**

#### **3.1 Condiciones atmosféricas y oceánicas en el Pacífico Ecuatorial**

El océano Pacífico ecuatorial central durante abril se mantuvo en condiciones ligeramente cálidas hasta la cuarta semana, para luego disminuir en los últimos días del mes (Figura 1). En promedio, la anomalía de la TSM en la región central (Niño 3.4) fue similar a marzo (+0,6 °C), mientras que, en la región Niño 1+2, que incluye a la costa norte del Perú, disminuyó ligeramente, de +0,5 °C a +0,4 °C. (Figura 2, Tabla 1).

El Índice Oceánico de El Niño (ONI, por sus siglas en inglés) para el mes de marzo y el valor temporal del ONI (ONI-tmp) para abril indicaron condiciones cálidas débiles y neutras, respectivamente, en la región El Niño 3.4. El Índice Costero El Niño (ICEN) para el mes de marzo y el ICEN temporal (ICEN-tmp) para abril continuaron indicando condiciones neutras frente a la costa norte y centro del Perú (Figura 3, Tabla 2).

En la baja atmósfera, sobre el Pacífico ecuatorial se observó el debilitamiento de los vientos alisios, favoreciendo las anomalías del norte frente a la costa peruana y con ello el ligero incremento térmico; por otro lado, en niveles altos, predominaron flujos zonales del oeste, principalmente en la región central y oriental del Pacífico ecuatorial. La actividad convectiva anómala sobre el Pacífico central-occidental evidenció un ligero desplazamiento hacia el oeste de los 180 °W (Figura 4). Asimismo, la actividad de la Zona de Convergencia Intertropical se vio fortalecida en el hemisferio norte conforme a su estacionalidad.

En la capa superior (0-300 m) del océano Pacífico ecuatorial se observó el desplazamiento de un núcleo con anomalía térmica negativa, desde el Pacífico Central hacia el Pacífico Oriental durante el mes de abril, aunque en esta última región y dentro de los 50 m de profundidad se observaron anomalías positivas, las cuales estarían asociadas a la onda Kelvin cálida detectada desde la segunda quincena de marzo (ENFEN, 2020) (Figura 5).

Esta onda cálida se observa más claramente en la evolución de la anomalía del nivel del mar a lo largo del Pacífico ecuatorial (Figura 6 a), así como de la anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C (termoclina) (ver anexo, figura A.2.1.1), que señalan una disminución de la intensidad de la onda cálida al acercarse al continente americano.

Por otra parte, en el extremo del Pacífico ecuatorial oriental, incluida la franja adyacente a la costa norte del Perú, las anomalías del nivel del mar disminuyeron durante la segunda quincena de abril (Figura 6). Estos indicadores señalan el arribo de la onda Kelvin fría a la región Niño 1+2, pronosticada anteriormente (ENFEN, 2020).

#### **3.2. Condiciones atmosféricas a escala regional y en la costa peruana**

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) durante el mes de abril, en promedio, se mantuvo débil en su posición climática y ligeramente prolongado hacia el Ecuador, fuera del litoral (Figura 7), lo cual favoreció el debilitamiento de los alisios del sureste, resultando en una mayor frecuencia de días con vientos costeros débiles (Figura 8) y reducción de la nubosidad frente a la costa.

Las temperaturas extremas del aire (máxima y mínima) durante abril, en promedio, continuaron con valores por encima de lo normal a lo largo de la costa, principalmente en la región sur (Figura 9).

### 3.3. Condiciones oceanográficas en el mar peruano

En el litoral peruano la TSM disminuyó respecto al mes de marzo, en la zona norte se presentaron anomalías diarias negativas de hasta  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , posiblemente debido al efecto de la onda Kelvin fría, mientras que en la zona centro se alcanzó la anomalía de  $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , similar a la de marzo. En cambio, en la zona sur se presentaron anomalías positivas de hasta  $+2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  en San Juan de Marcona, posiblemente asociadas al debilitamiento de los vientos del sudeste y el afloramiento costero durante el mes (Figura 10).

En la franja de 50 millas náuticas adyacente a la costa peruana, la TSM en promedio exhibió condiciones normales a ligeramente frías ( $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Las áreas con anomalías negativas se presentaron al norte de Pimentel, así como frente a Chicama, Huacho, Pisco e Ilo (Figuras 11 a, b). Por fuera de la franja de 50 millas hasta las 300 millas persistieron condiciones cálidas con núcleos de hasta  $+2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  sobre los 50 m de profundidad y temperaturas hasta  $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ , principalmente frente a la costa centro, asociados a remolinos anticiclónicos de meso-escala (Figuras 11 c, d y Figura 12). Entre Paita y Casma se observó el predominio de altas salinidades, así como condiciones de mezcla entre estas y las ACF, estas últimas asociadas a las anomalías negativas de TSM (Figura 13).

A nivel sub-superficial, cerca de Galápagos ( $02\text{ }^{\circ}\text{S} - 85\text{ }^{\circ}\text{W}$ ), la temperatura presentó anomalías negativas dentro de los 60 m de profundidad, que alcanzaron  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  a fines del mes. A 150 millas frente a la costa norte ( $04\text{ }^{\circ}\text{S}$ ) y centro ( $09\text{ }^{\circ}\text{S}$ ), en la primera quincena de abril se detectó un pulso de anomalías negativas de hasta  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  (0 - 40 m); mientras que, en la segunda quincena, un pulso de anomalías positivas de hasta  $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , cuyo núcleo se ubicó por encima de los 100 m (Figura 14). Dentro de las 100 millas, en la sección oceanográfica frente a Paita, entre los 80 m y 250 m, también se observó un núcleo positivo de hasta  $+1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  sobre la plataforma y el talud, con una profundización de la isoterma de  $15^{\circ}\text{C}$  y de la oxiclina (definida como la iso-oxígena de  $1\text{ mL L}^{-1}$ ), debido a flujos hacia el sur propios de la extensión sur de la Corriente de Cromwell que mantuvieron velocidades de  $30\text{ cm s}^{-1}$  en su núcleo (Figura 15 a). En cambio, frente a Chicama, no se detectaron anomalías positivas subsuperficiales, la oxiclina se presentó somera y los flujos predominantes fueron hacia el norte (Figura 15 b).

En cuanto a la concentración de clorofila-a (indicador de la producción de fitoplancton), durante abril en promedio se observó un incremento notable en sus concentraciones, con anomalías positivas de clorofila-a ( $+10\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$ ) dentro de las 40 millas náuticas, asociado a las condiciones oceanográficas y al aumento de los días despejados que favorecieron los procesos fotosintéticos. Se presentaron núcleos de anomalías positivas (entre  $+1\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$  y  $+3\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$ ) hasta las 300 millas náuticas, asociados a la presencia de remolinos que habrían favorecido el traslado de nutrientes de la zona costera hacia la zona oceánica. Sin embargo, se observaron algunas anomalías negativas en la franja adyacente a la costa central, asociadas a un mayor acercamiento de las ASS (Figura 16).

### **3.4. Impactos biológico-pesqueros**

Las condiciones ambientales registradas favorecieron la expansión del hábitat de la anchoveta, encontrándose una mayor cobertura espacial y densidad de este recurso en la región norte (Figura 17 a), con un incremento en la talla modal y reducción de la abundancia relativa de juveniles (Figura 17 b). La actividad desovante del recurso estuvo acorde a su patrón histórico. En cuanto a las aves guaneras, se identificó a la anchoveta como el ítem principal en la dieta del guanay y se observó en la zona centro el posible inicio del comportamiento de cortejo de piqueros y guanayes relacionado a la expansión de las ACF y el aumento de la productividad, que generaría la reactivación de la red trófica (Figura 18).

### **3.5. Impactos hidrológicos**

Durante el mes de abril, los principales ríos de la costa norte de la Región Hidrográfica Pacífico presentaron caudales inferiores al promedio histórico, con una tendencia descendente, a excepción del río Chancay Lambayeque. Los ríos de la costa centro, presentaron en general caudales inferiores al promedio histórico, con una tendencia ligeramente ascendente hacia fines de mes a excepción del río de Pisco que mantuvo bajos caudales. Además, los principales ríos de la costa sur presentaron caudales superiores al promedio histórico, a diferencia del río Ocoña, con la mayor diferencia en la segunda y tercera semana de abril. En la Región Hidrográfica Titicaca, los principales ríos presentaron caudales inferiores al promedio histórico, con una tendencia descendente. En la zona sur de la Región Hidrográfica Amazonas, los principales ríos presentaron caudales superiores al promedio histórico, con una tendencia descendente; mientras que, en la zona centro y norte, la mayoría de los ríos presentaron caudales inferiores, aunque cercanos, al promedio histórico, con una tendencia ascendente (Figura 19).

Por otro lado, en la costa norte, los embalses Poechos y San Lorenzo presentaron en promedio un porcentaje de almacenamiento del 92 %; mientras que, los embalses Tinajones y Gallito Ciego presentaron en promedio un porcentaje de almacenamiento del 34,3 % y 40 %, respectivamente siendo estos volúmenes inferiores a los registros históricos. En la costa centro, el embalse Viconga llegó al 60,8 % de su capacidad de almacenamiento. En la costa sur, los principales embalses presentaron en promedio un porcentaje de almacenamiento del 83 %. Finalmente, los principales embalses de la sierra centro y sur, presentaron en promedio porcentajes de almacenamiento del 82,3 % y 85,1 % respectivamente (Figura 20 y Tabla 3).

### **3.6. Impactos agro-meteorológicos**

En las zonas productoras de mango de la costa norte, las temperaturas diurnas cálidas y las nocturnas con valores entre normales y superiores a su variabilidad climática fueron favorables para el brote vegetativo de las plantas de mango; asimismo, estas condiciones ambientales favorecieron el desarrollo vegetativo y reproductivo del cultivo de arroz, instalados en los valles de la región norte como Bajo Piura, Alto Piura y La Leche. En la costa sur (Tacna), en los sectores como La Yarada, las temperaturas diurnas con valores de normales a inferiores a su climatología continuaron siendo propicias para la maduración de las aceitunas (Tabla 4).

#### **IV. PRONÓSTICO**

Hasta inicios del invierno se espera el desarrollo de anomalías negativas de la temperatura del mar frente a la costa, aunque aún en el rango neutral, principalmente debido al efecto de la onda Kelvin fría (Figura 21). Esta onda Kelvin fría sería de modo 1, es decir con un mayor impacto en la capa superficial (Figura 22).

El pronóstico de los modelos climáticos de agencias internacionales para el Pacífico ecuatorial central (región Niño 3.4), indica condiciones neutras hasta el mes de agosto, y condiciones frías débiles entre los meses de setiembre y noviembre (Tabla 5). En el Pacífico oriental (región Niño 1+2, el cual incluye la costa peruana), los modelos indican anomalías negativas de la TSM hasta noviembre, aunque dentro del rango neutral (Tabla 6).

De acuerdo con el análisis experto de las observaciones y los modelos por parte de la Comisión Multisectorial ENFEN, se esperan anomalías negativas de la temperatura del mar en el Pacífico oriental hasta inicios de primavera, inclusive, sin descartar el desarrollo de condiciones frías débiles ( $<-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Respecto al período de lluvias (diciembre 2020 a marzo 2021), la Comisión Multisectorial ENFEN estima, para el Pacífico Central una mayor probabilidad de condiciones neutras (59 %), seguida de condiciones de La Niña (24 %) (Tabla 7), mientras que para la región Niño 1+2 que incluye la costa peruana, la mayor probabilidad corresponde a las condiciones neutras (63 %), seguida de condiciones de El Niño (21 %) y La Niña (16 %) (Tabla 8).

#### **V. CONCLUSIONES**

La Comisión Multisectorial ENFEN mantiene el estado de Alerta No Activo debido a que hasta inicios de invierno se espera el desarrollo de temperaturas del mar ligeramente por debajo de lo normal frente a la costa del Perú, aunque manteniéndose en el rango de las condiciones neutras.

## VI. REFERENCIAS

A.O.A.C. 1990. Official Methods of analysis. 15 th Edition, USA.

Boulanger, J.-P., & C. Menkes, 1995: Propagation and reflection of long equatorial waves in the Pacific Ocean during the 1992–1993 El Niño, *J. Geophys. Res.*, 100(C12), 25,041–25,059.

Buitrón B., A. Perea, J. Mori, J. Sánchez, C. Roque. 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

Carrasco V. R. 2016. Relación entre las temperaturas y el rendimiento del olivo (*Olea europaea*) en la zona de Lanchas – Pisco. Tesis para obtener el título de Maestro. Maestría en Producción Agrícola en la Universidad Nacional Agraria La Molina. 75 pp.

Dewitte B., D. Gushchina, Y. duPenhoat and S. Lakeev, 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.*, vol. 29, no. 14, 1666, 10.1029/2001GL014452.

Du Preez J. 2013. The use of temperature data in mango production (*Mangifera indica*). *Subtrop Quarterly Journal*, 2, 79-81.

ENFEN, 2012. Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú. Nota Técnica ENFEN, 2 pp.

ENFEN, 2015. Pronóstico probabilístico de la magnitud de El Niño costero en el verano 2015-2016. Nota Técnica ENFEN, 7 pp.

ENFEN 2020. Comunicado Oficial ENFEN N°05-2020, 5 pp.

Illig S., B. Dewitte, N. Ayoub, Y. du Penhoat, G. Reverdin, P. De Mey, F. Bonjean and G.S. E. Lagerloef, 2004: Interannual Long Equatorial Waves in the Tropical Atlantic from a High Resolution OGCM Experiment in 1981-2000. *J. Geophys. Research*, 109, C02022, doi: 10.1029/2003jc001771.

Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, S. Saha, G. White, J. Woollen, Y. Zhu, A. Leetmaa, B. Reynolds, M. Chelliah, W. Ebisuzaki, W. Higgins, J. Janowiak, K. Mo, C. Ropelewski, J. Wang, R. Jenne, and D. Joseph, 1996: The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 437–471.

Kirtman BP, Min D, Infanti JM, Kinter JL, Paolino DA, Zhang Q, van den Dool H, Saha S, Peña M, Becker E, Peng P, Tripp P, Huang J, DeWitt DG, Tippett MK, Barnston AG, Li S, Rosati A, Schubert SD, Rienecker M, Suarez M, Li ZE, Marshak J, Lim YK, Tribbia J, Pegion K, Merryfield WJ, Denis B, Wood EF, 2014: The North American Multimodel Ensemble: Phase-1 Seasonal-to-Interannual Prediction; Phase-2 toward Developing Intraseasonal Prediction. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 95, 585–601. doi: 10.1175/BAMS-D-12-00050.1

Mosquera, K., 2009: Variabilidad Intra-estacional de la Onda de Kelvin Ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación Numérica y datos observados. Tesis para optar el grado de Magíster en Física - Mención Geofísica en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Mosquera, K., B. Dewitte y P. Lagos, 2011: Variabilidad Intra-estacional de la onda de Kelvin ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): simulación numérica y datos observados. Magistri et Doctores, Revista de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Año 5, No9, julio-diciembre de 2010, 55 pp.

Mosquera, K., 2014: Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, enero, 1, 1, 4-7.

Takahashi, K., K. Mosquera y J. Reupo, 2014: El Índice Costero El Niño (ICEN): historia y actualización, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, febrero, 1, 2, 8-9.

Vazzoler A E.1982. Manual y métodos para estudios biológicos de populacoes de Peixes. Reproducción y Crecimiento. CNP/PN2, 108 pp.

## VI. TABLAS

Tabla 1. Valores promedio de la TSM (en azul) y sus anomalías (en rojo) en las regiones El Niño en el Pacífico durante los últimos 7 meses. Procesamiento: DIHIDRONAV.

| ATSM – TSM Mensual 2020 |        |      |          |      |        |      |          |      |
|-------------------------|--------|------|----------|------|--------|------|----------|------|
| R. Niño                 | Niño 4 |      | Niño 3.4 |      | Niño 3 |      | Niño 1+2 |      |
| <b>Abr.</b>             | +0.8   | 29.3 | +0.6     | 28.3 | +0.5   | 28.0 | +0.4     | 26.0 |
| <b>Mar.</b>             | +1.1   | 29.3 | +0.6     | 27.8 | +0.2   | 27.4 | +0.5     | 27.1 |
| <b>Feb.</b>             | +1.1   | 29.2 | +0.4     | 27.1 | +0.2   | 26.6 | +0.3     | 26.5 |
| <b>Ene.</b>             | +1.0   | 29.3 | +0.5     | 27.1 | +0.2   | 25.8 | 0.0      | 24.5 |
| <b>Dic.</b>             | +1.0   | 29.5 | +0.5     | 27.1 | +0.3   | 25.5 | +0.3     | 23.2 |
| <b>Nov.</b>             | +0.8   | 29.5 | +0.6     | 27.3 | +0.5   | 25.5 | -0.3     | 21.3 |
| <b>Oct.</b>             | +1.0   | 29.6 | +0.6     | 27.3 | +0.2   | 25.1 | -0.8     | 20.0 |

Tabla 2. Valores del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) y el Índice Costero El Niño (ICEN) de julio de 2019 hasta marzo de 2020, así como sus valores temporales para abril y mayo de 2020. Fuente IGP.

| Valores del Índice Costero El Niño |         |            |         |            |         |           | ONI    |           |
|------------------------------------|---------|------------|---------|------------|---------|-----------|--------|-----------|
| Mes                                | ICEN v3 | Categoría  | ICENOI  | Categoría  | ICEN v5 | Categoría | ONI    | Categoría |
| 07/2019                            | -0.62   | Neutro     | -0.63   | Neutro     | -0.54   | Neutro    | 0.32   | Neutro    |
| 08/2019                            | -0.86   | Neutro     | -0.97   | Neutro     | -0.73   | Neutro    | 0.10   | Neutro    |
| 09/2019                            | -1.03   | Fría Débil | -1.16   | Fría Débil | -0.78   | Neutro    | 0.14   | Neutro    |
| 10/2019                            | -0.87   | Neutro     | -1.07   | Fría Débil | -0.60   | Neutro    | 0.30   | Neutro    |
| 11/2019                            | -0.78   | Neutro     | -0.56   | Neutro     | -0.40   | Neutro    | 0.46   | Neutro    |
| 12/2019                            | -0.58   | Neutro     | -0.23   | Neutro     | -0.25   | Neutro    | 0.56   | C. Débil  |
| 01/2020                            | -0.58   | Neutro     | 0.10    | Neutro     | -0.16   | Neutro    | 0.53   | C. Débil  |
| 02/2020                            | ----    | -----      | 0.26    | Neutro     | -0.15   | Neutro    | 0.51   | C. Débil  |
| 03/2020                            | ----    | -----      | 0.47    | C. Débil   | 0.10    | Neutro    | 0.50   | C. Débil  |
|                                    |         |            |         |            |         |           |        |           |
| Mes                                | ICENtmp | Categoría  | ICENtmp | Categoría  | ICENtmp | Categoría | ONItmp | Categoría |
| 04/2020                            | -----   | -----      | 0.39    | Neutro     | 0.15    | Neutro    | 0.35   | Neutro    |
| 05/2020                            | -----   | -----      | 0.03    | Neutro     | 0.01    | Neutro    | 0.13   | Neutro    |

Tabla 3. Volumen de agua almacenado en los reservorios principales para el mes de abril.  
Fuente ANA.

| Zona               | Reservorio          | Fecha Reporte | Departamento de Influencia | Volumen (hm³) |            | Porcentaje de Almacenamiento (%) |
|--------------------|---------------------|---------------|----------------------------|---------------|------------|----------------------------------|
|                    |                     |               |                            | Útil/Total    | Almacenada |                                  |
| Costa - Norte      | Poecho**            | 30-abr        | Piura                      | 438.3         | 417.5      | 95.3                             |
|                    | San Lorenzo**       | 30-abr        | Piura                      | 195.6         | 173.5      | 88.7                             |
|                    | Tinajones**         | 30-abr        | Lambayeque                 | 331.5         | 113.8      | 34.3                             |
|                    | Gallito Ciego       | 30-abr        | La Libertad                | 366.6         | 146.7      | 40.0                             |
| Costa - Centro     | Vicos**             | 30-abr        | Lima                       | 30.0          | 18.2       | 60.8                             |
| Costa - Sur        | Choclococha         | 30-abr        | Ica                        | 131.1         | 126.2      | 96.3                             |
|                    | Condoroma           | 30-abr        | Arequipa                   | 259.0         | 259.4      | 100.0                            |
|                    | El Paño             | 30-abr        | Arequipa                   | 99.6          | 98.3       | 98.7                             |
|                    | Dique Los Españoles | 30-abr        | Arequipa                   | 9.1           | 6.0        | 66.0                             |
|                    | Pillones            | 30-abr        | Arequipa                   | 78.5          | 77.0       | 98.1                             |
|                    | El Frayle           | 30-abr        | Arequipa                   | 127.2         | 127.2      | 100.0                            |
|                    | Aguada Blanca       | 30-abr        | Arequipa                   | 30.4          | 16.8       | 55.2                             |
|                    | Chalhuanca          | 30-abr        | Arequipa                   | 25.0          | 25.6       | 100.0                            |
|                    | Bamputaño           | 30-abr        | Arequipa                   | 40.0          | 37.3       | 93.3                             |
|                    | Pasto Grande**      | 30-abr        | Moquegua                   | 200.0         | 176.5      | 88.3                             |
|                    | Paucarani           | 30-abr        | Tacna                      | 10.5          | 9.5        | 90.5                             |
|                    | Jarumas             | 30-abr        | Tacna                      | 13.0          | 13.0       | 100.0                            |
|                    | Laguna Aricota      | 30-abr        | Tacna                      | 280.0         | 224.9      | 80.3                             |
| Sierra - Centro    | Lago Junín**        | 29-abr        | Junín                      | 441.0         | 285.0      | 64.6                             |
|                    | Cuchoquesera        | 29-abr        | Ayacucho                   | 80.0          | 81.3       | 100.0                            |
| Sierra - Sur       | Lagunillas          | 30-abr        | Puno                       | 585.1         | 497.5      | 85.0                             |
|                    | Sibinacocha         | 30-abr        | Cusco                      | 110.0         | 104.5      | 95.0                             |
| Situación Nacional |                     |               |                            | 3 881.6       | 3 035.8    | 78.2                             |

\* Volumen total

Tabla 4. Monitoreo fenológico de los principales cultivos de mango, arroz y olivo durante el mes de abril del 2020. Fuente: SENAMHI.

| CULTIVO | REGIÓN     | ESTACIÓN   | VARIEDAD  | FECHA DE SIEMBRA | FASE FENOLÓGICA     | ESTADO | OBSERVACIONES                                            |
|---------|------------|------------|-----------|------------------|---------------------|--------|----------------------------------------------------------|
| MANGO   | Tumbes     | Cañaveral  | Criollo   |                  | Brote Vegetativo    | Bueno  |                                                          |
|         | Piura      | Chulucanas | Edward    |                  | Brote Vegetativo    | Bueno  |                                                          |
|         | Piura      | Bigote     | Criollo   |                  | Brote Vegetativo    | Bueno  |                                                          |
|         | Lambayeque | Olmos      | Edward    |                  | Brote Vegetativo    | Bueno  |                                                          |
|         | Lambayeque | Tongorrape | Kent      |                  | Brote Vegetativo    | Bueno  |                                                          |
|         | Lambayeque | Jayanca    | Kent      |                  | Brote Vegetativo    | Bueno  |                                                          |
| ARROZ   | Piura      | Bernal     | IR-43     | 02703/2020       | Macollaje           | Bueno  |                                                          |
|         | Piura      | Partidor   | Tinajones | 20/01/2020       | Maduración          | Bueno  |                                                          |
|         | Piura      | Morropón   | Mallares  | 13/01/2020       | Maduración          | Bueno  |                                                          |
|         | Lambayeque | Oyotun     | El Valor  | 13/12/2019       |                     |        |                                                          |
|         | Lambayeque | Puchaca    | El Valor  | 25/01/2020       | Inicio de panoja    | Bueno  |                                                          |
|         | Lambayeque | Lambayeque | IR-43     | 14/12/2019       |                     |        |                                                          |
| OLIVO   | Moquegua   | Ilo        | Sevillana |                  |                     |        |                                                          |
|         | Tacna      | La Yarada  | Sevillana |                  | Maduración en verde | Bueno  | Se realizó la primera cosecha el 27 de abril y 4 de mayo |

Tabla 5. Pronóstico del ONI por los modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías de la TSM en la región Niño 3.4). Fuente: IGP.

|            | MAM  | AMJ   | MJJ   | JJA   | JAS   | ASO   | SON   | OND   |
|------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CFS2       |      | 0.08  | -0.30 | -0.61 | -0.88 | -1.04 | -1.18 | -1.21 |
| CanCM4i    |      | 0.25  | 0.03  | -0.11 | -0.22 | -0.30 | -0.42 | -0.53 |
| GEM_NEMO   |      | 0.02  | -0.30 | -0.43 | -0.47 | -0.50 | -0.55 | -0.55 |
| GFDL       |      | 0.27  | 0.08  | -0.06 | -0.05 | 0.04  | 0.19  | 0.30  |
| NASA       |      | -0.05 | -0.46 | -0.68 | -0.81 | -0.99 | -1.20 | -1.36 |
| GFDL_FLOR  |      | 0.23  | 0.04  | -0.07 | -0.12 | -0.18 | -0.24 | -0.27 |
| NCAR_CCSM4 |      | 0.13  | -0.33 | -0.66 | -0.86 | -0.85 | -0.91 | -0.96 |
| NMME       |      | 0.13  | -0.17 | -0.37 | -0.49 | -0.55 | -0.61 | -0.65 |
| ONItmp     | 0.35 |       |       |       |       |       |       |       |

Tabla 6. Pronóstico del ICEN por los modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías de la TSM en la región Niño 1+2). Fuente: IGP.

| Modelo     | MAM  | AMJ   | MJJ   | JJA   | JAS   | ASO   | SON   | OND   |
|------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CFS2       |      | -0.03 | -0.46 | -0.84 | -0.85 | -0.76 | -0.66 | -0.68 |
| CanCM4i    |      | 0.21  | -0.05 | -0.33 | -0.39 | -0.36 | -0.30 | -0.24 |
| GEM_NEMO   |      | -0.05 | -0.50 | -0.83 | -0.95 | -0.89 | -0.75 | -0.62 |
| GFDL       |      | 0.14  | -0.21 | -0.46 | -0.39 | -0.14 | 0.05  | 0.14  |
| NASA       |      | -0.43 | -1.10 | -1.43 | -1.39 | -1.21 | -1.06 | -1.05 |
| GFDL_FLOR  |      | 0.26  | -0.09 | -0.49 | -0.47 | -0.23 | 0.01  | 0.13  |
| NCAR_CCSM4 |      | 0.00  | -0.25 | -0.35 | -0.34 | -0.33 | -0.39 | -0.51 |
| NMME       |      | 0.01  | -0.38 | -0.67 | -0.68 | -0.56 | -0.44 | -0.40 |
| ICENtmp    | 0.15 |       |       |       |       |       |       |       |

Tabla 7. Probabilidades estimadas de las magnitudes de El Niño – La Niña en el Pacífico central en el verano diciembre 2020 – marzo 2021.

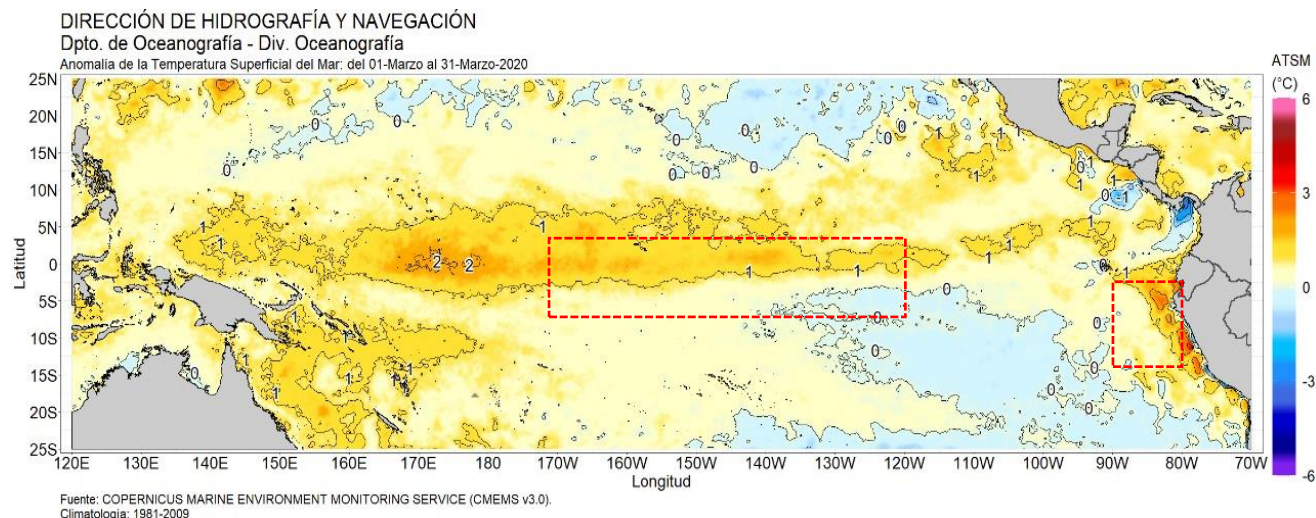
| <b>Magnitud del evento<br/>diciembre 2020 - marzo 2021</b> | <b>Probabilidad de<br/>Ocurrencia</b> |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>El Niño moderado</b>                                    | 1%                                    |
| <b>El Niño débil</b>                                       | 14%                                   |
| <b>Neutro</b>                                              | 59%                                   |
| <b>La Niña débil</b>                                       | 21%                                   |
| <b>La Niña moderada</b>                                    | 3%                                    |

Tabla 8. Probabilidades estimadas de las magnitudes de El Niño – La Niña en el Pacífico oriental en el verano diciembre 2020 – marzo 2021.

| <b>Magnitud del evento<br/>diciembre 2020 - marzo 2021</b> | <b>Probabilidad de<br/>ocurrencia</b> |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>El Niño fuerte</b>                                      | 1%                                    |
| <b>El Niño moderado</b>                                    | 4%                                    |
| <b>El Niño débil</b>                                       | 16%                                   |
| <b>Neutro</b>                                              | 63%                                   |
| <b>La Niña débil</b>                                       | 15%                                   |
| <b>La Niña moderada</b>                                    | 1%                                    |

## VII. FIGURAS

### a) Marzo



### b) Abril

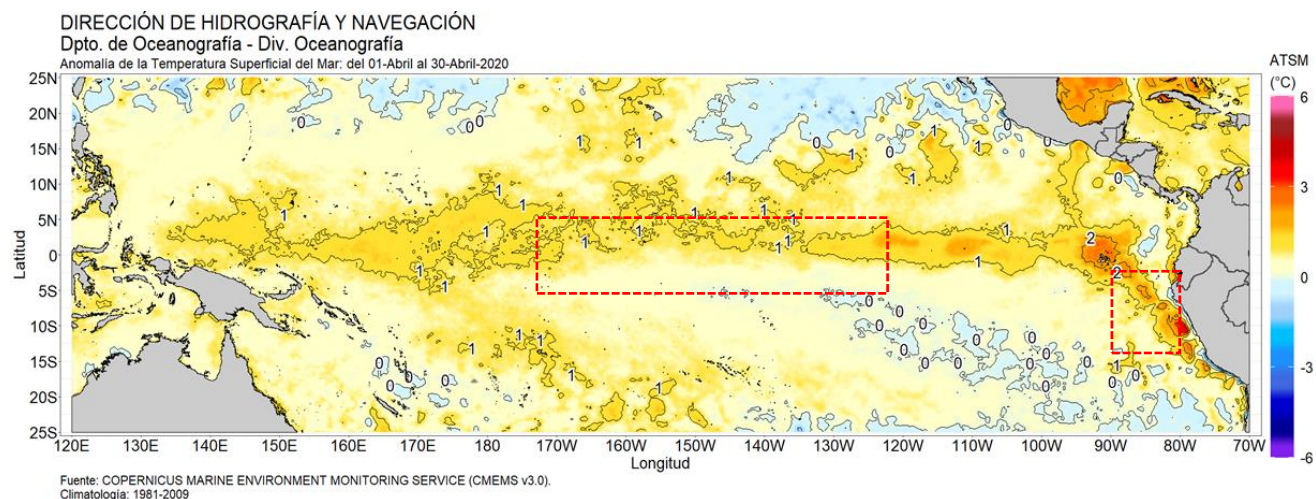


Figura 1. Promedio mensual de las anomalías de TSM en el Pacífico central durante marzo (a) y abril 2020 (b). Las regiones El Niño 3.4 y El Niño 1+2 están delimitadas con los recuadros rojos. Fuente: CMEMS v.3.0, Procesamiento: DIHIDRONAV.



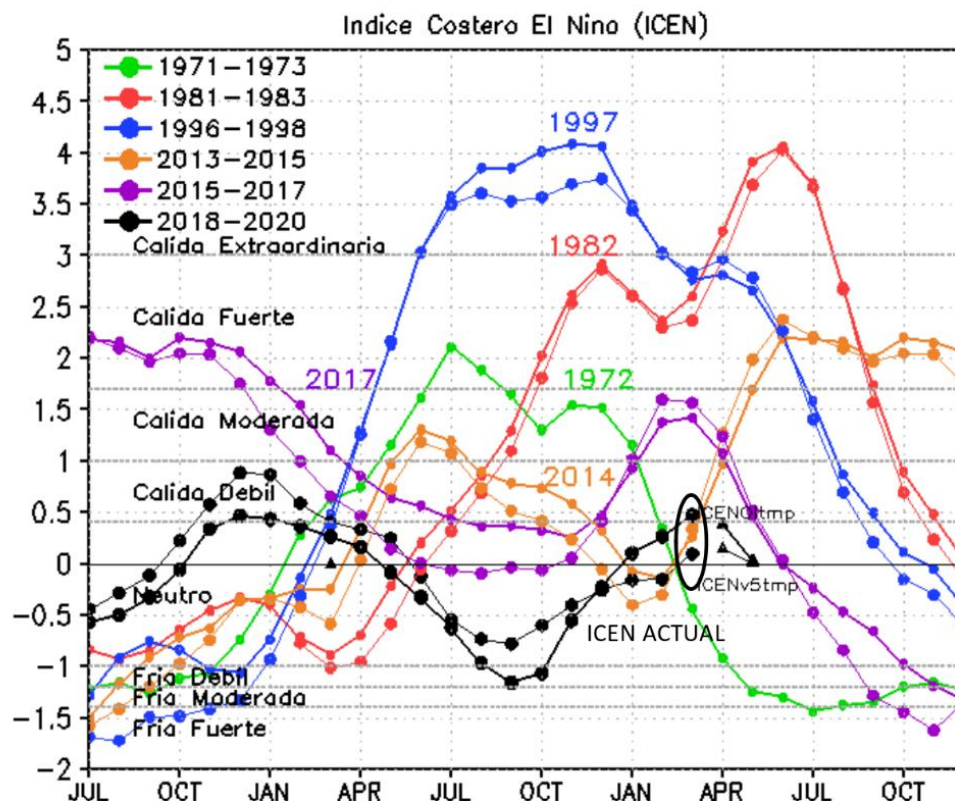


Figura 3. Variabilidad temporal del ICEN (líneas gruesas estimado con OISSTv2 y líneas delgadas con ERSSTv5) para los años 1971-1973 (verde), 1981-1983 (rojo), 1996-1998 (azul), 2013-2015 (anaranjado), 2015-2017 (morado), y 2019-2021 (negro). Fuente: IGP.

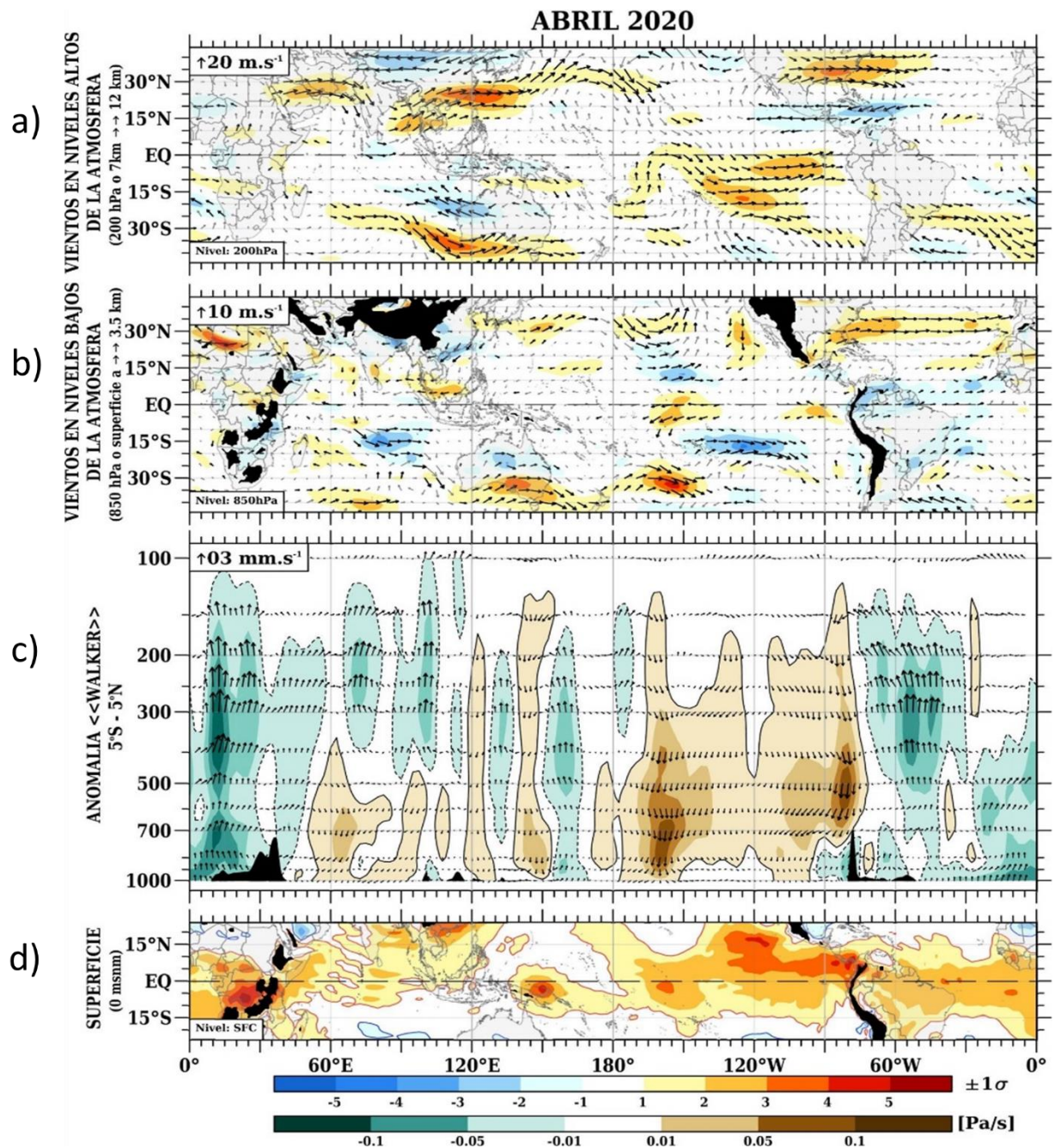


Figura 4. (a) Anomalías de los vientos (colores) y su dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) de la atmósfera para el mes de abril del 2020. (c) Patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker) para el mes de abril de 2020. (d) Anomalías de presión a nivel del mar; a), b) y d) expresado en valores de desviación estándar. Fuente: SPC/SENAMHI.

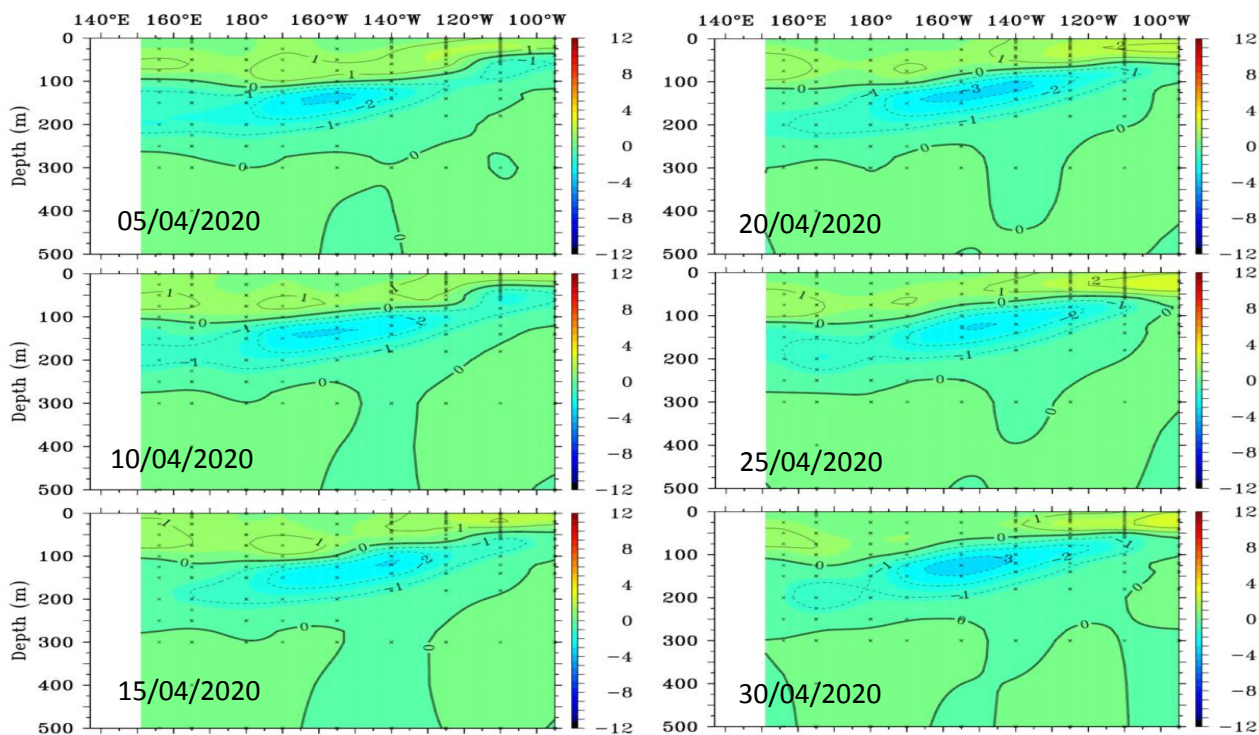
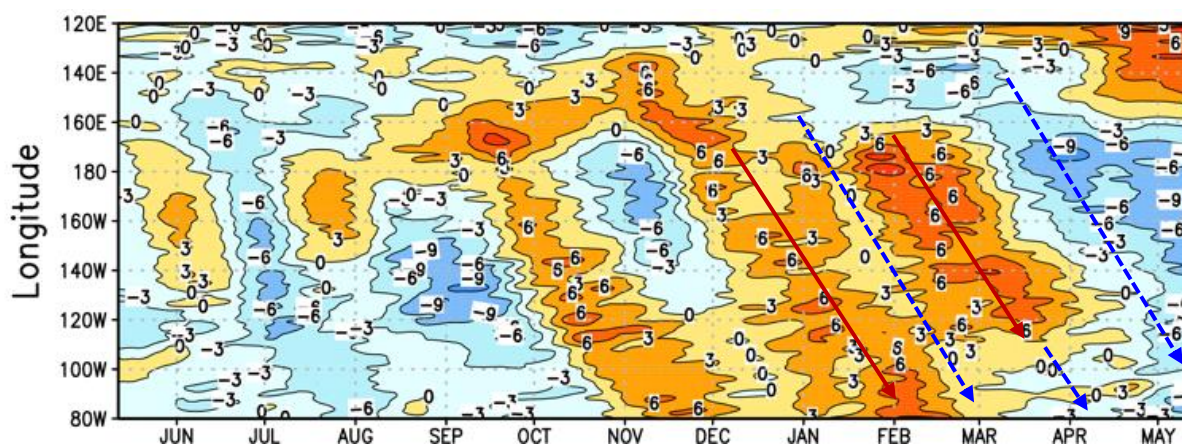
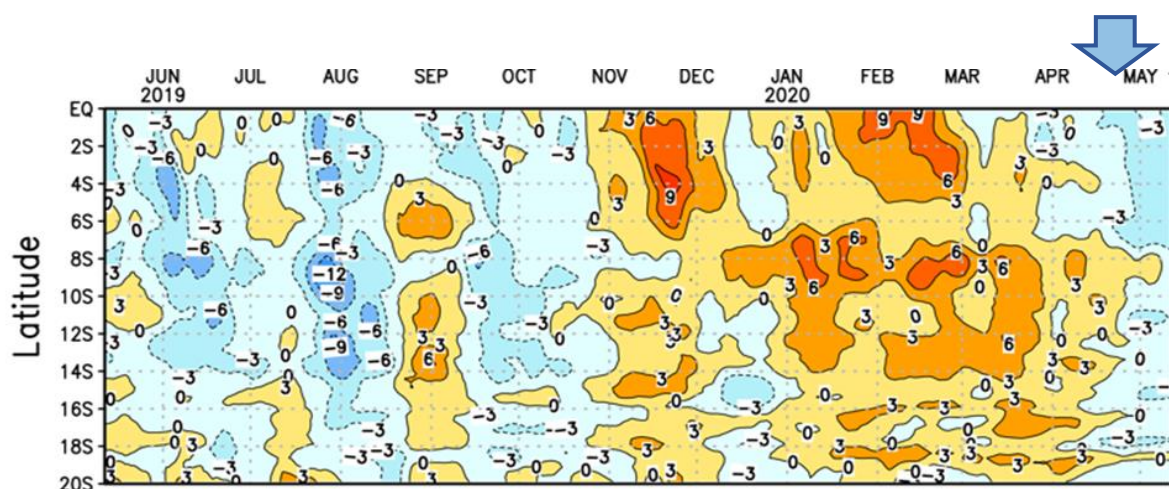


Figura 5. Anomalías de temperatura (°C) en la capa superior (0-500 m) del Pacífico ecuatorial (2 °S – 2 °N), en promedios cada 5 días durante abril de 2020 (las fechas indican el último día, los contornos están separados cada 1°C). Periodo base 1981-2010. Fuente TAO/TRITON, Adaptado PMEL/NOAA.

a)



b)



c)

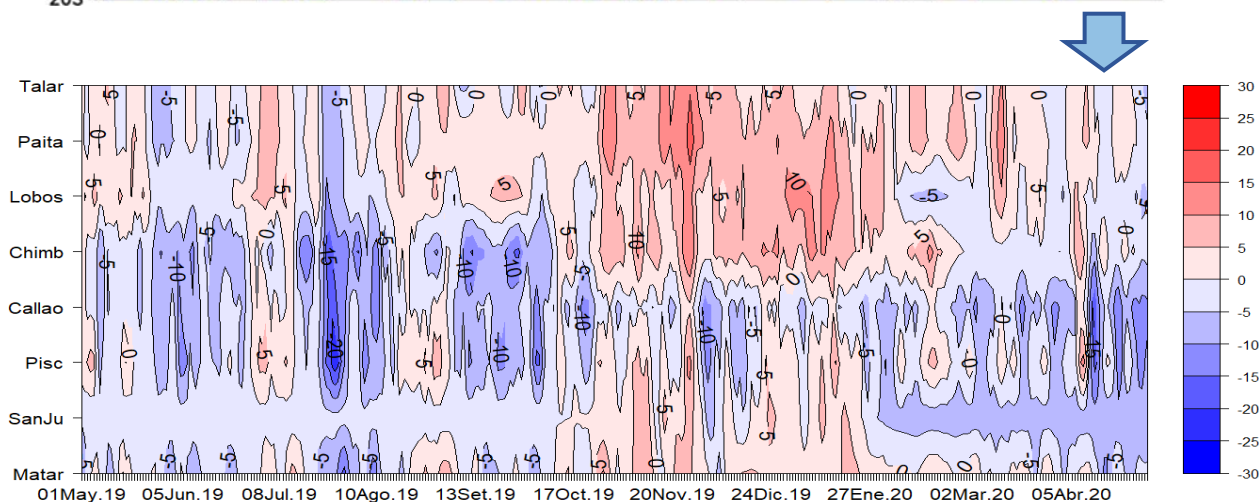
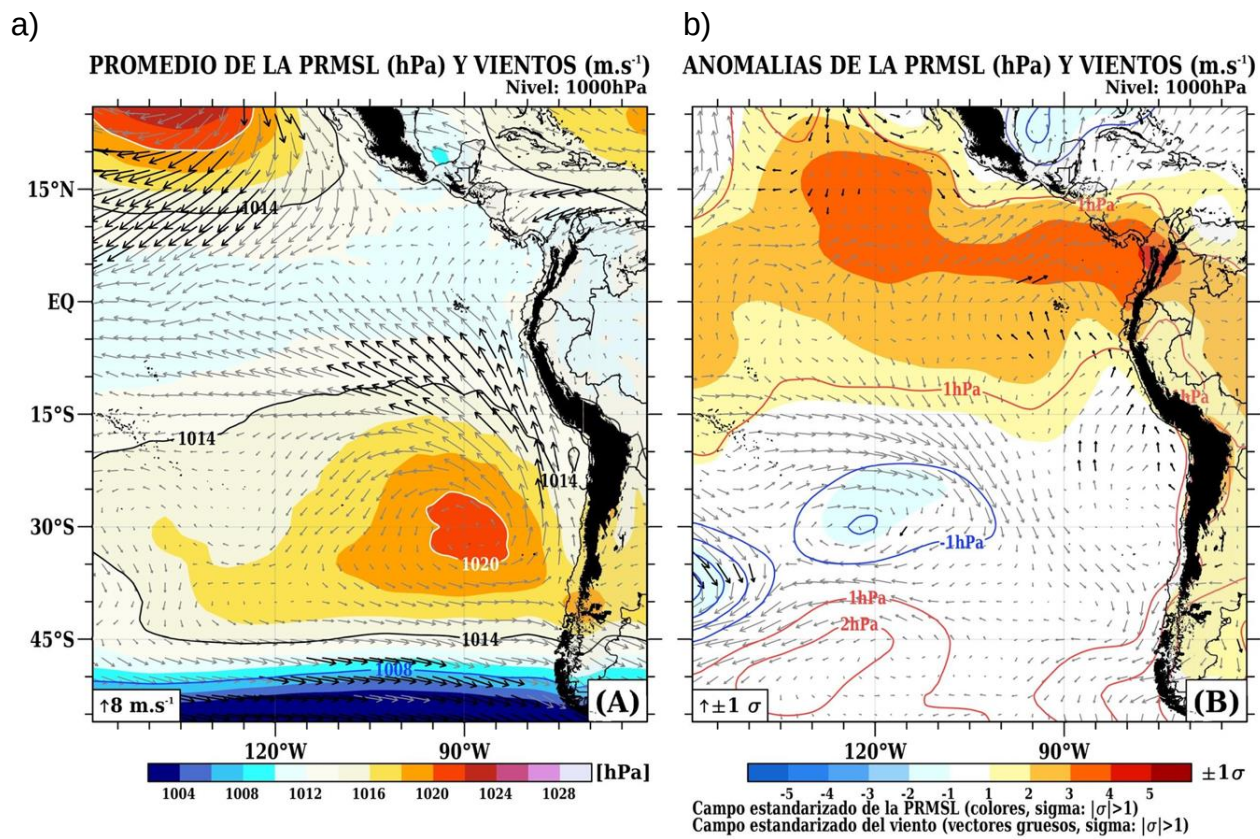
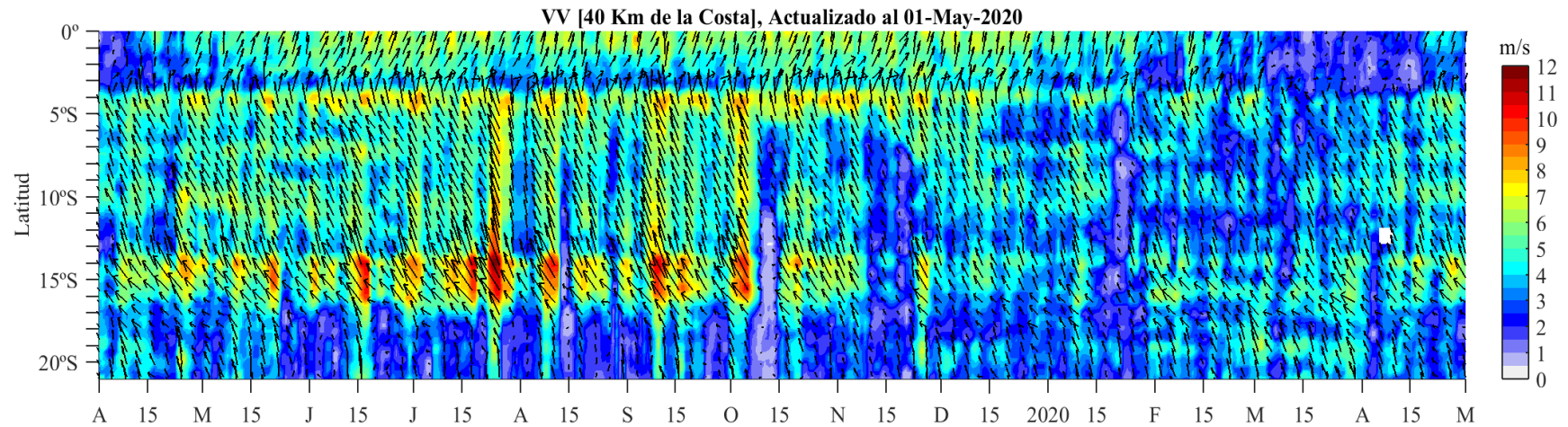


Figura 6. Diagramas Hovmoller de las anomalías del nivel del mar diario (cm) (a) en el ecuador con una media móvil de 11 días y (b) en la franja de 100 km a lo largo de la costa frente a Perú con una media móvil de 5 días y (c) en las estaciones mareo-gráficas del litoral peruano de mayo 2019 a mayo 2020. En (a) y (b), Fuente: CMEMS v3.0, climatología: 1993-2012. Procesamiento: IGP y DIHIDRONAV.



a)



b)

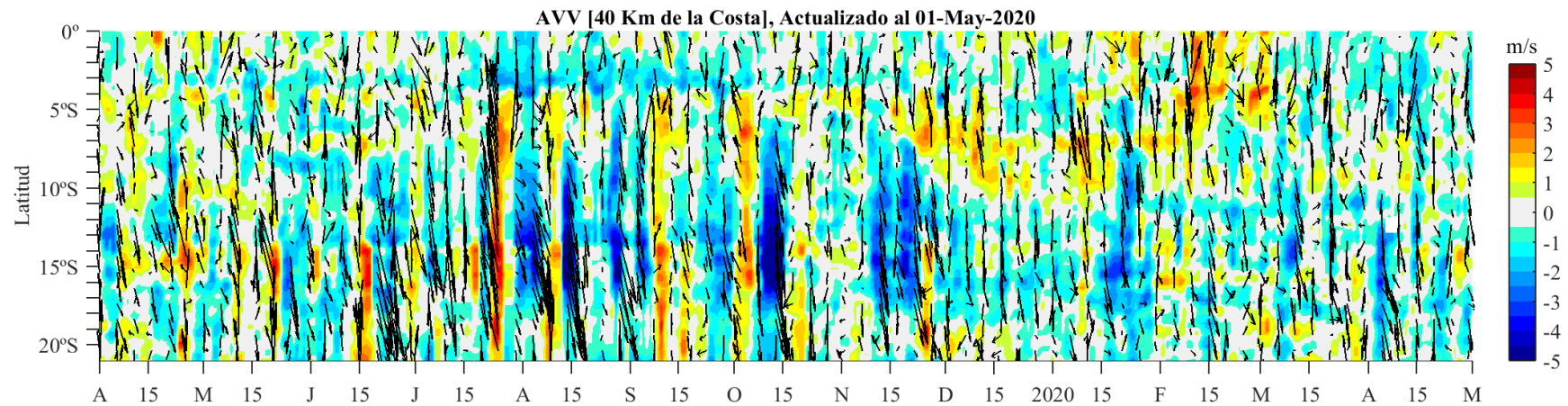


Figura 8. a) Velocidad del viento ( $\text{m s}^{-1}$ ), y b) anomalía del viento ( $\text{m s}^{-1}$ ), desde los 0° hasta 20°S en el periodo durante los últimos 16 meses. Los vectores representan la dirección del viento y anomalía de la dirección del viento, respectivamente. Actualizado al 30 de abril. Datos: ASCAT. Procesamiento: IMARPE.

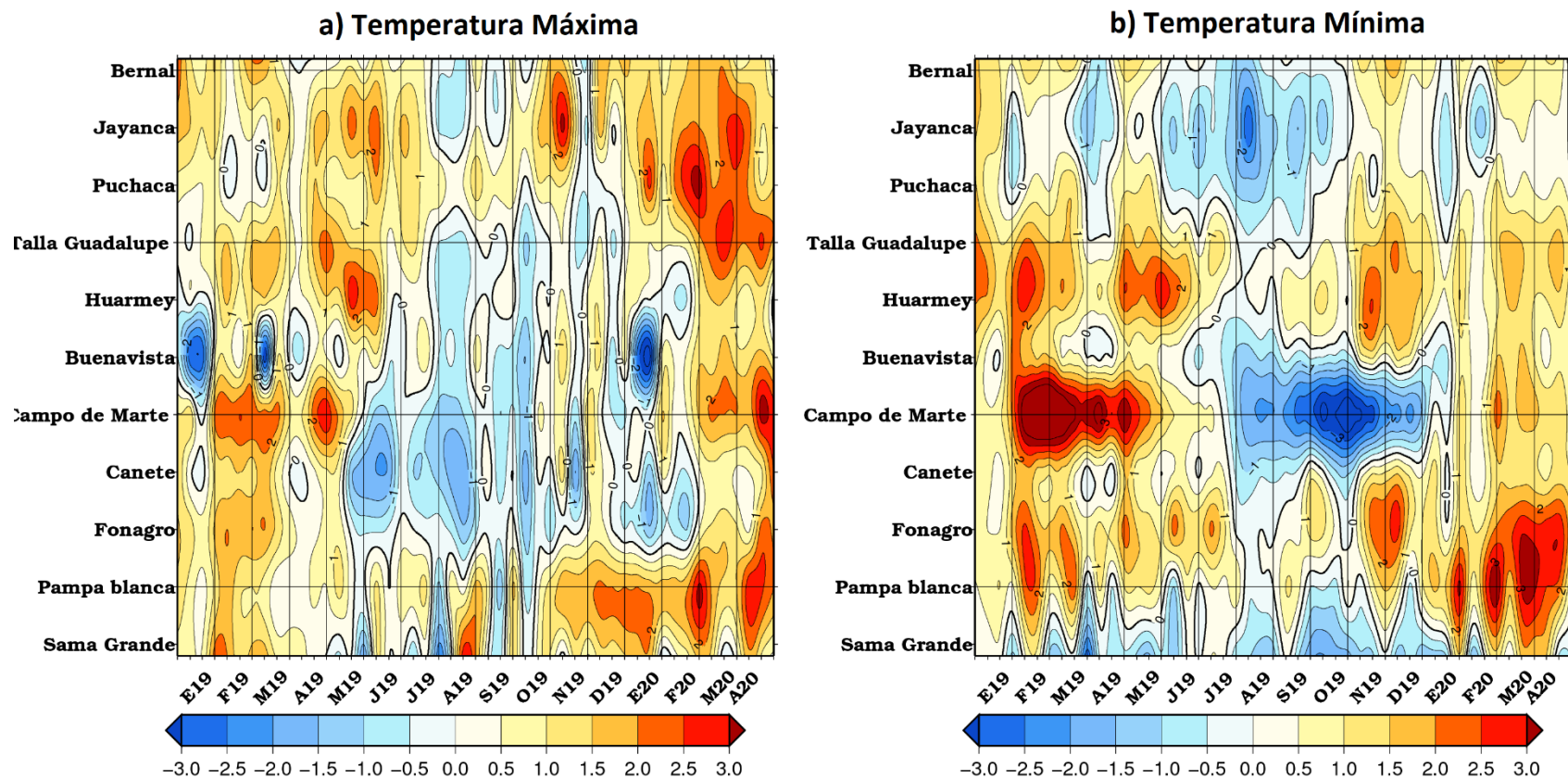


Figura 9. Temperaturas del aire máxima (a) y mínima (b) en las estaciones costeras de SENAMHI desde enero 2019 hasta abril del 2020. Fuente: SENAMHI.

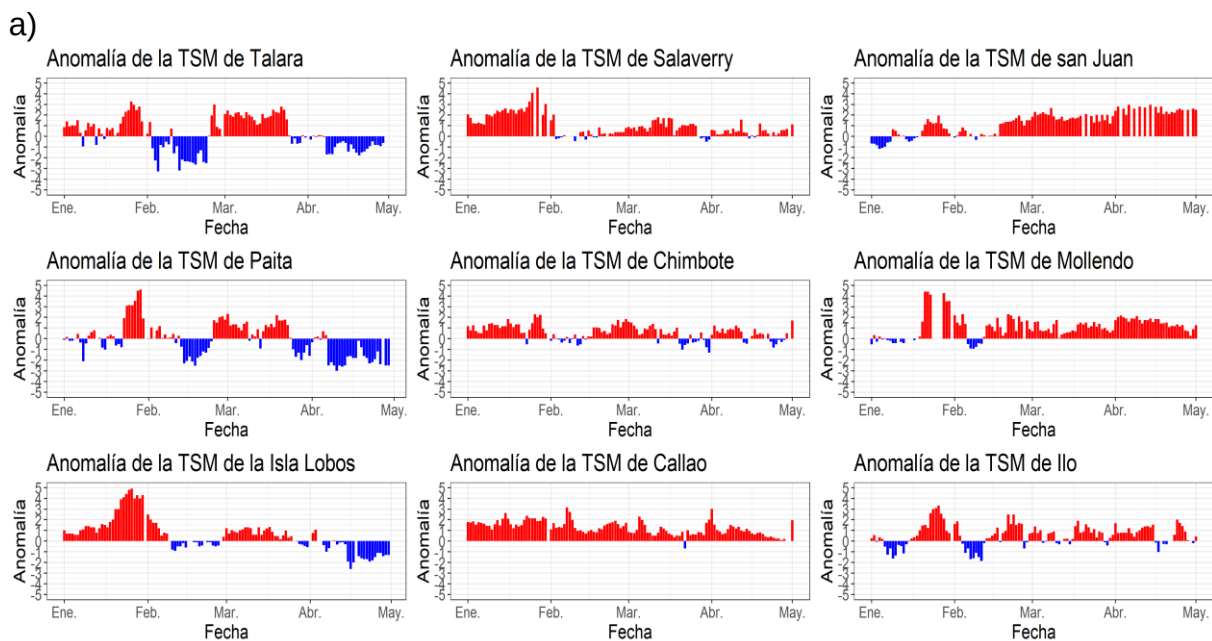
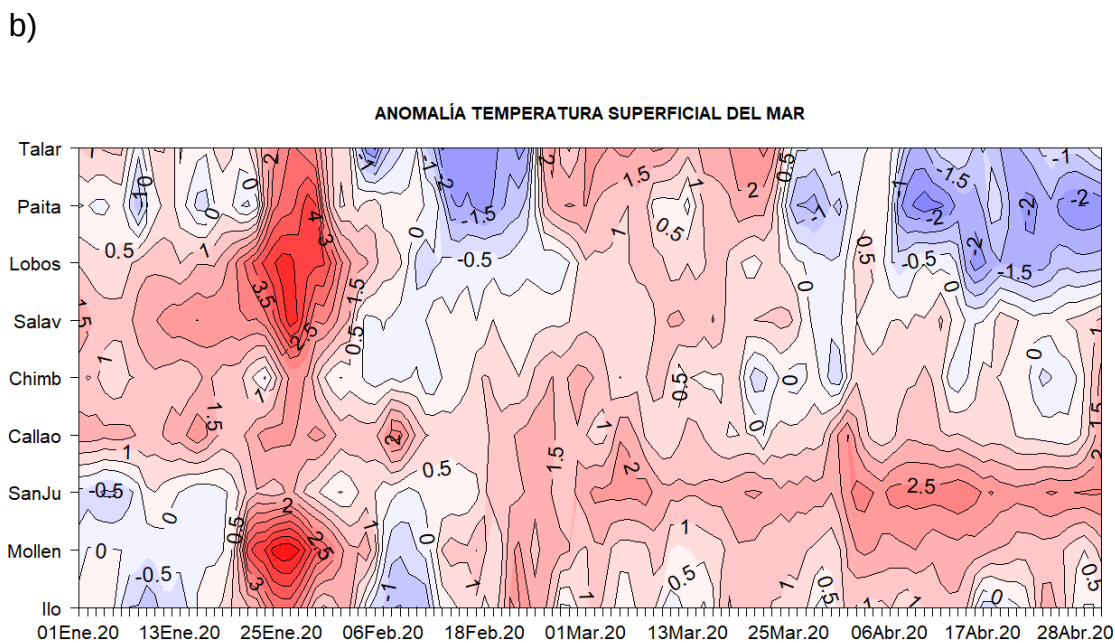


Figura 10. Anomalia de TSM diaria a lo largo de la costa peruana durante los últimos 3 meses, a) serie y b) hövmoller. Actualizado al 30 de abril. Fuente: DIHIDRONAV, climatología: 1981-2010

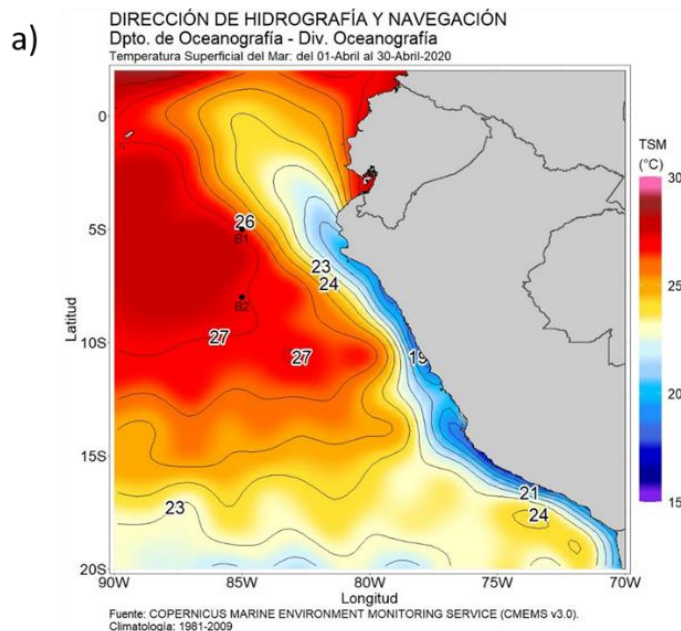
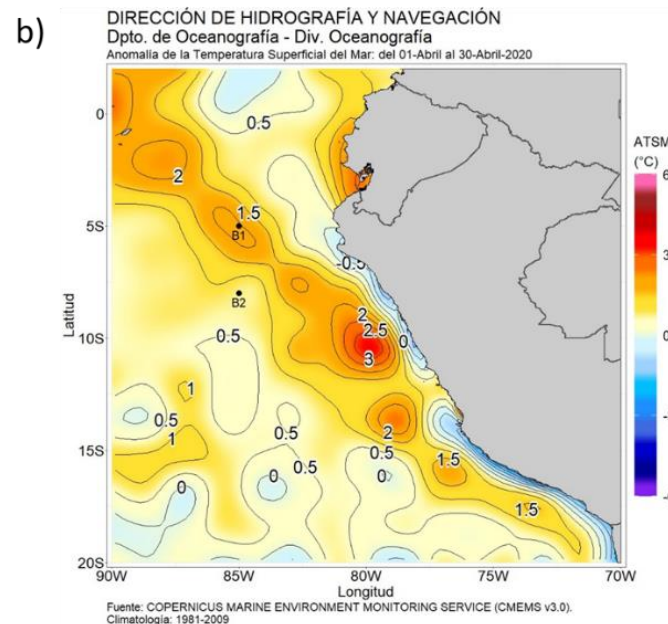
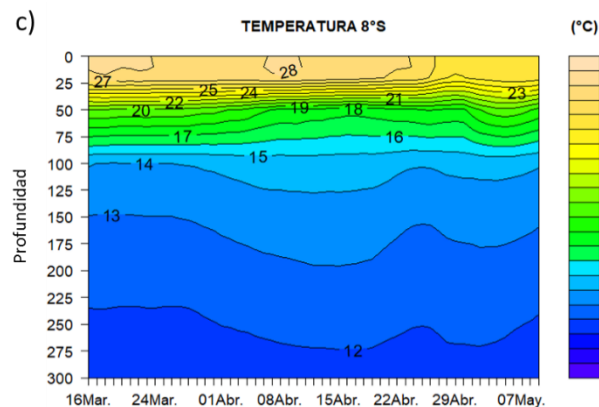
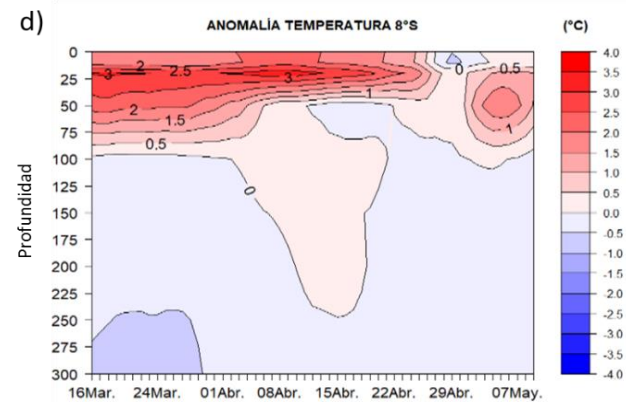


Figura 11. Mapas de temperatura superficial del mar (TSM) (a) y de anomalía de la TSM (b) frente a la costa peruana, durante el mes de abril del 2020 (fuente: CMEMS v3.0; procesamiento: DIHIDRONAV). Diagramas de contorno de la (c) temperatura y (d) anomalía de la temperatura hasta los 300 m de profundidad frente a la costa centro, provenientes de la boya de DIHIDRONAV localizada a 85 °W – 08 °S (punto B2 en a y b).

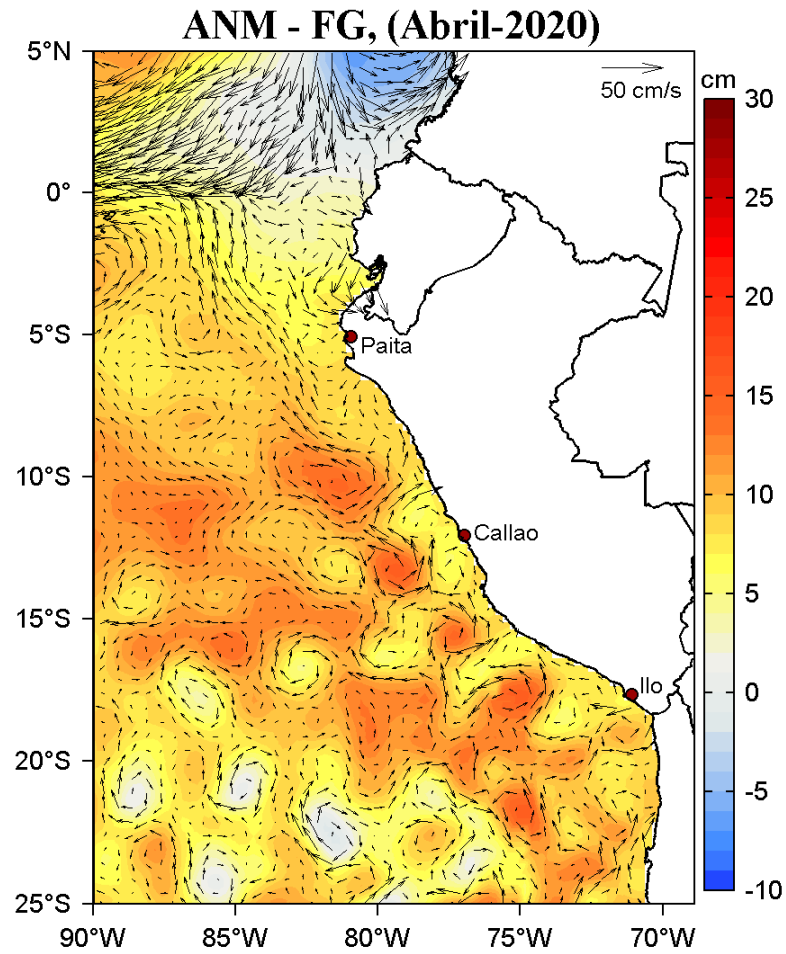


Figura 12. Distribución mensual de las Anomalías del Nivel del Mar (ANM, cm) y los flujos geostróficos (FG,  $\text{cm s}^{-1}$ ) en el Pacífico Sudeste en abril de 2020. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

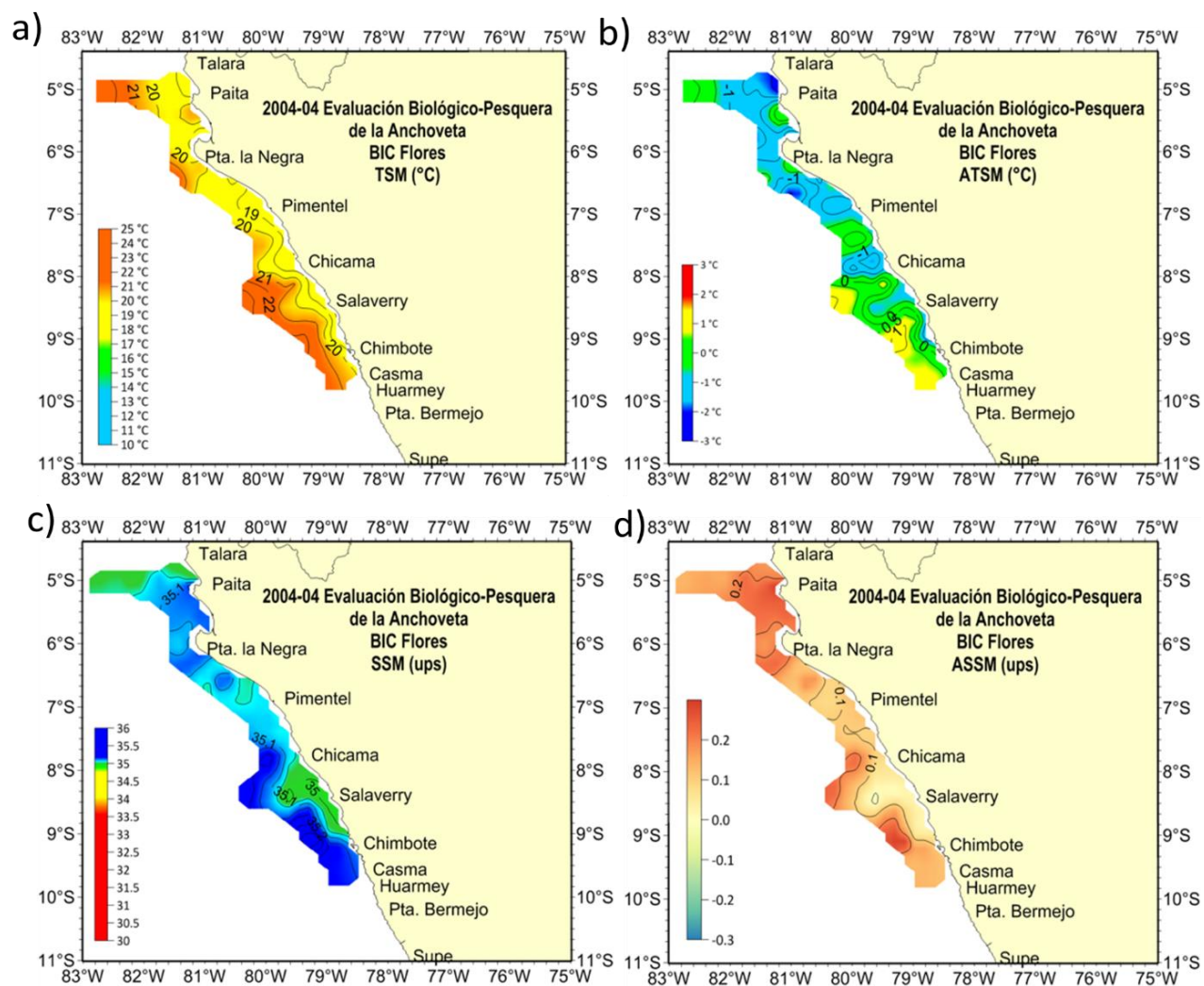


Figura 13. Distribución de: a) TSM (°C), b) ATSM (°C), c) SSM (ups), y d) ASSN (ups) observados durante la prospección biológico pesquera de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en abril.

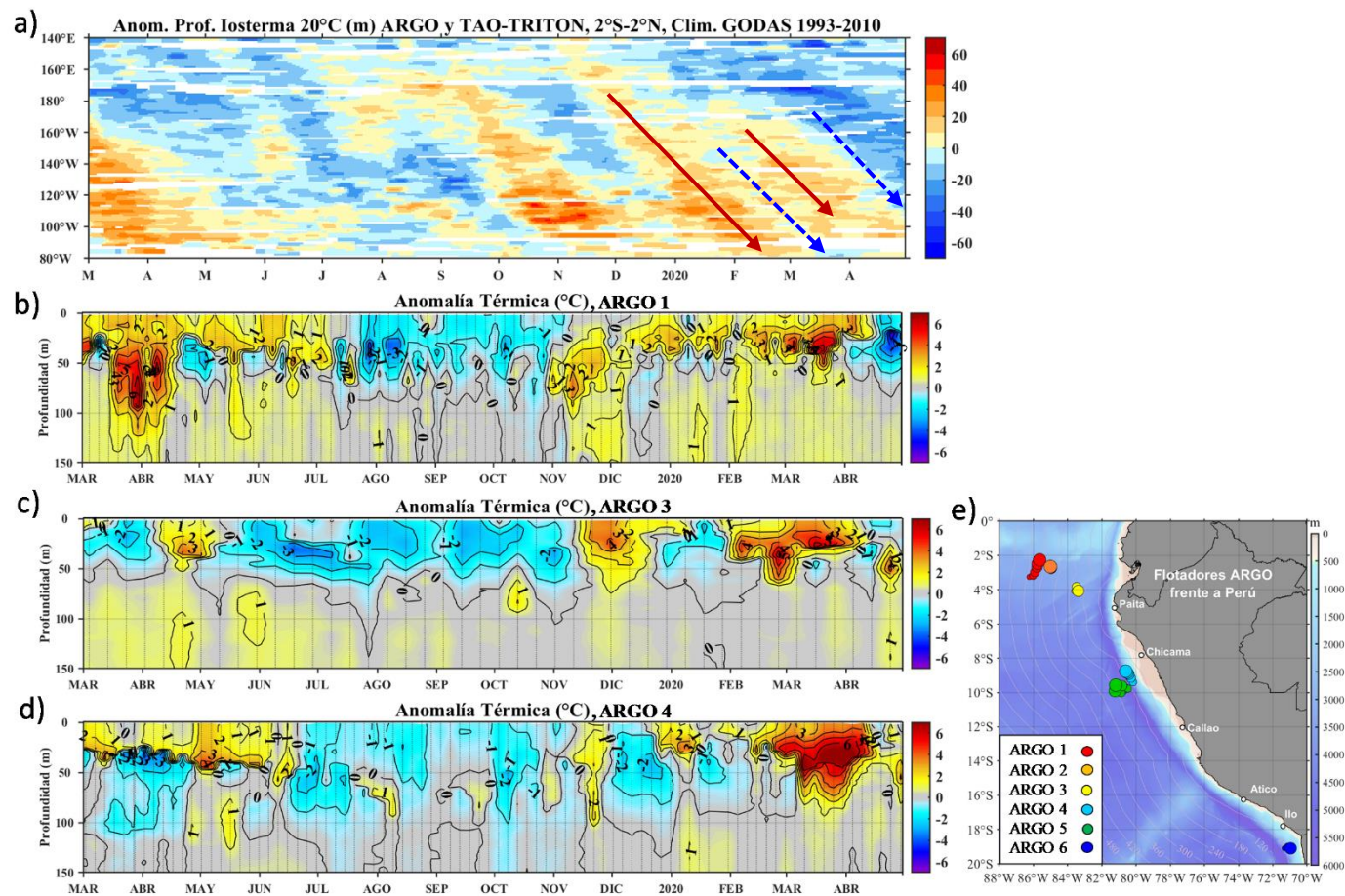
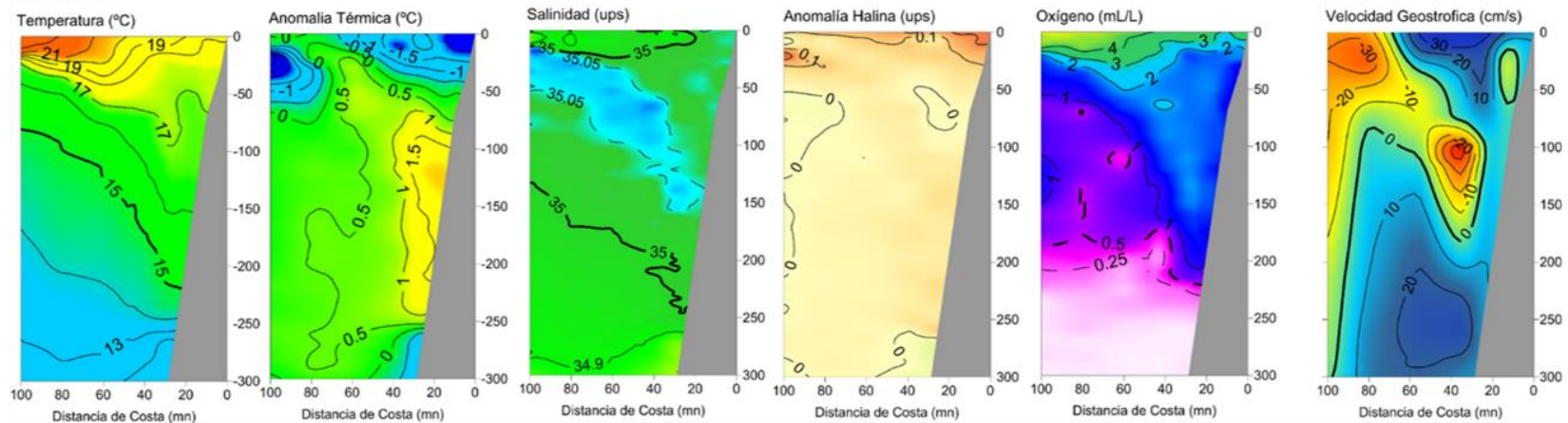


Figura 14. Diagrama Hovmoller de anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C, fuente: ARGO y TAO-TRITON, climatología: 1993-2010 en el Pacífico ecuatorial (140 °W-80 °W y 2 °N-2 °S) (a), anomalía de la temperatura (°C) del agua de mar del flotador ARGO a 2,2 °S y 85,6 °W (b), frente a Talara a 140 m.n. de la costa (c), frente a Chimbote a 110 m.n. frente a la costa (d) entre marzo de 2019 y abril 2020. Climatología de 1981-2010, y posición de los flotadores ARGO entre marzo y abril de 2020 (e). Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

a) SECCIÓN PAITA (22-23/04/2020)  
BIC Flores



b) SECCIÓN MALABRIGO (CHICAMA 17-18/04/2020)  
BIC Flores

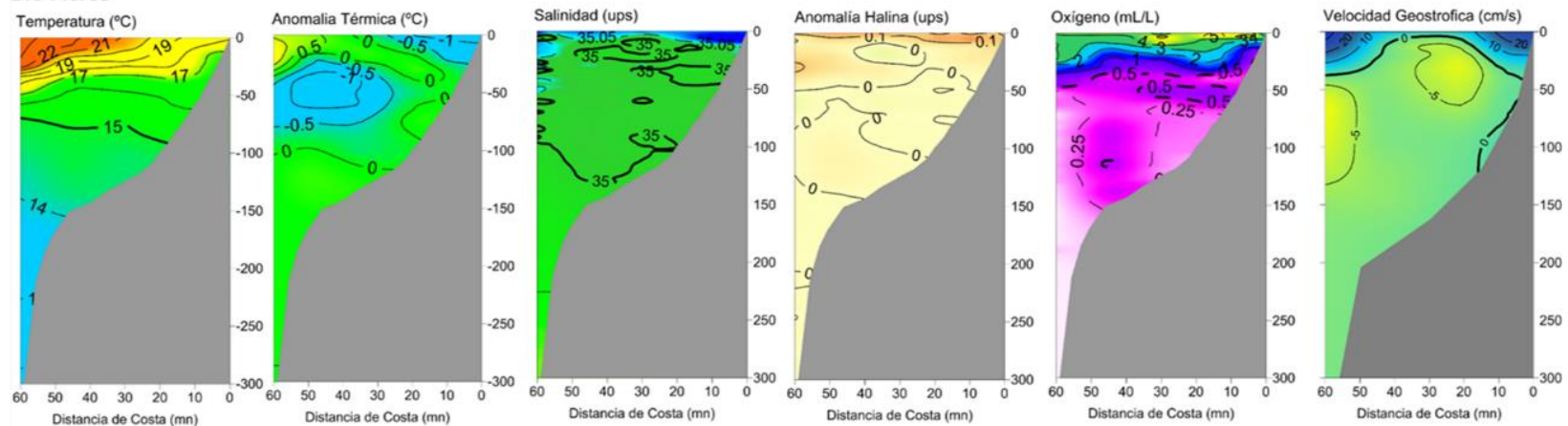


Figura 15. Secciones oceanográficas de temperatura (°C), anomalía térmica (°C), salinidad (ups), anomalía halina (ups) y velocidad geostrofica ( $\text{cm s}^{-1}$ ) hasta 300 m frente a Paita (a) y Chicama (b). Fuente: IMARPE.

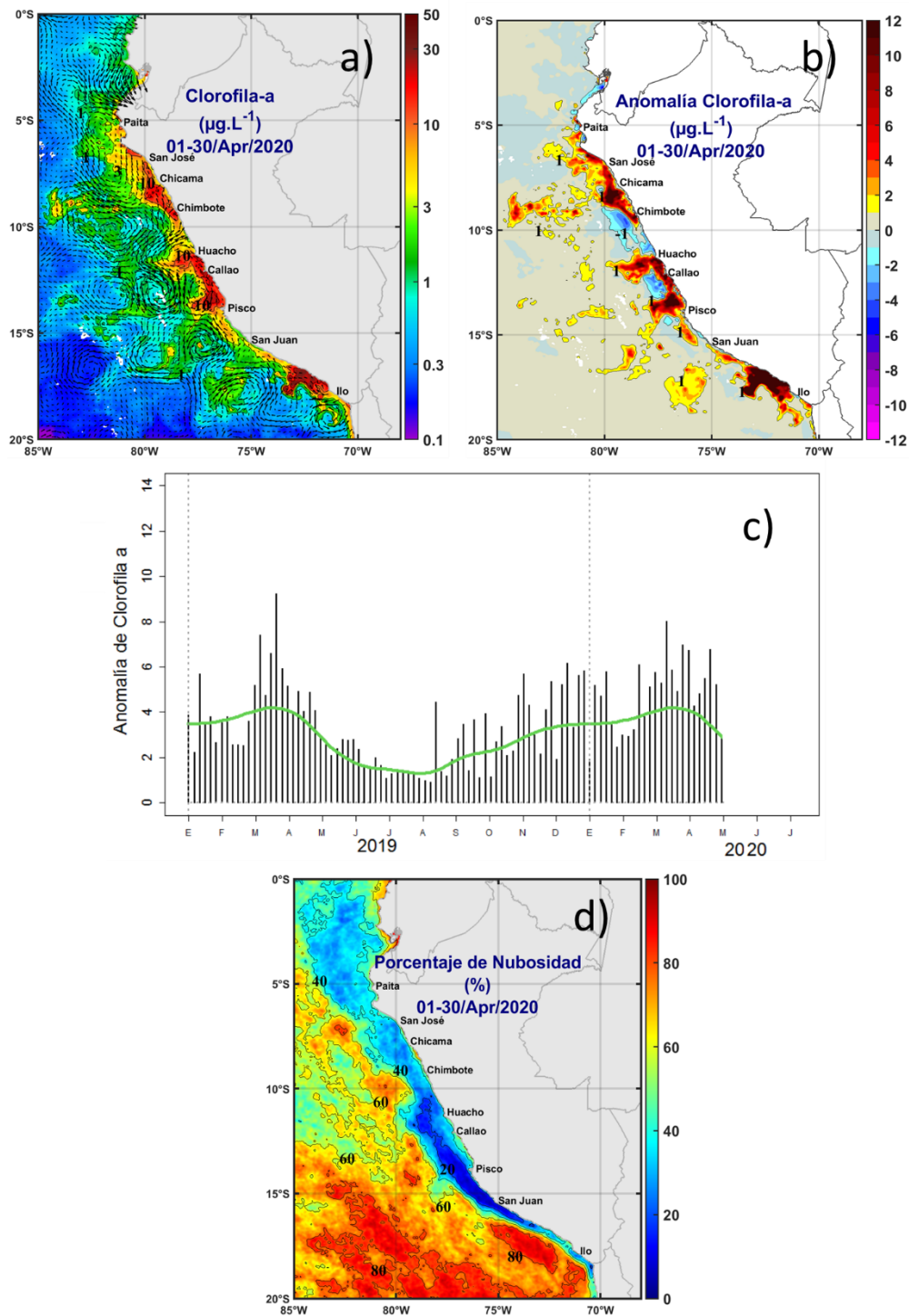


Figura 16. Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de clorofila-a satelital proveniente de MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante marzo 2020 ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ). En (a) también se observan los flujos geostróficos superficiales de CMEMS v3.0. Serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barras negras) y su climatología (línea verde) proveniente de MODIS ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) entre 4 °S-16 °S y dentro de los 100 km de la costa (c). Promedio de las anomalías del porcentaje de nubosidad (d). Fuente: IMARPE.

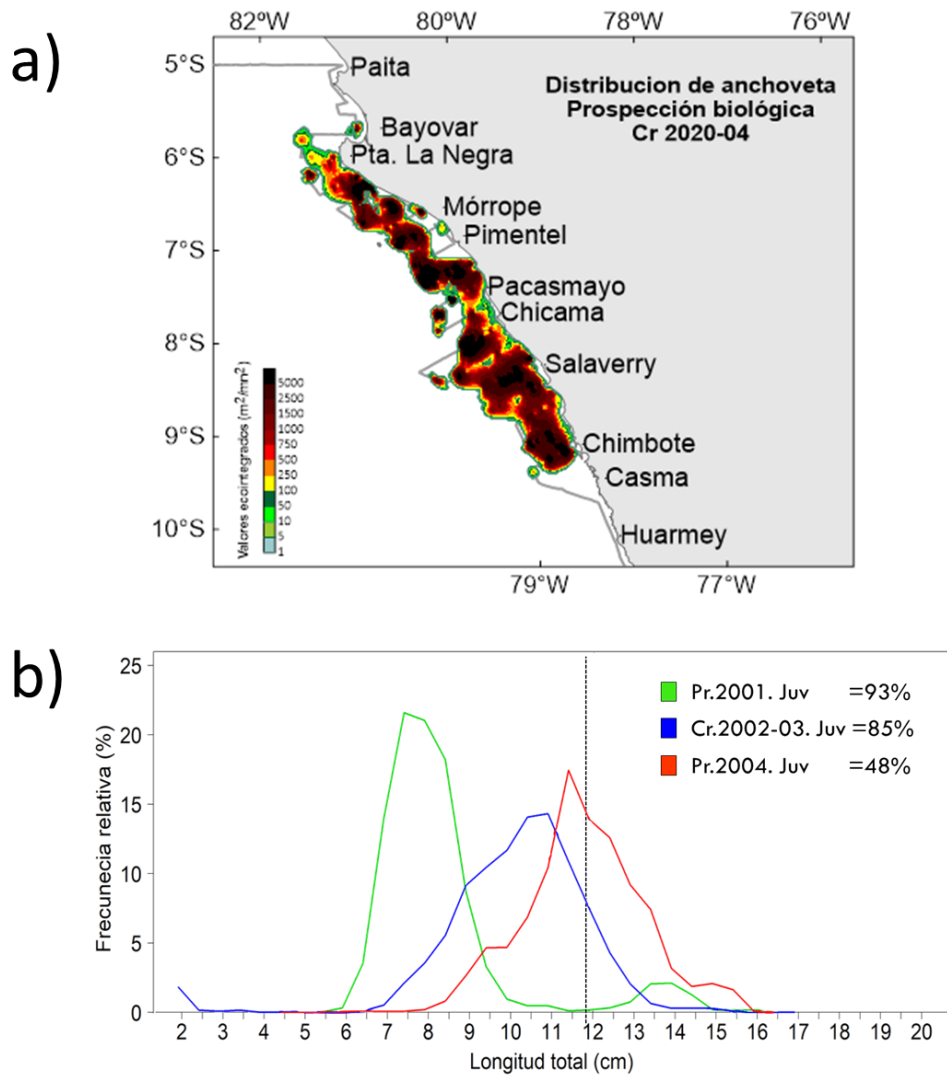


Figura 17. a) Distribución de anchoveta durante la Prospección 2004 y b) serie de estructura de tallas de anchoveta en la región norte – centro, obtenidas en salidas al mar realizadas entre enero y abril 2020. Fuente: IMARPE.

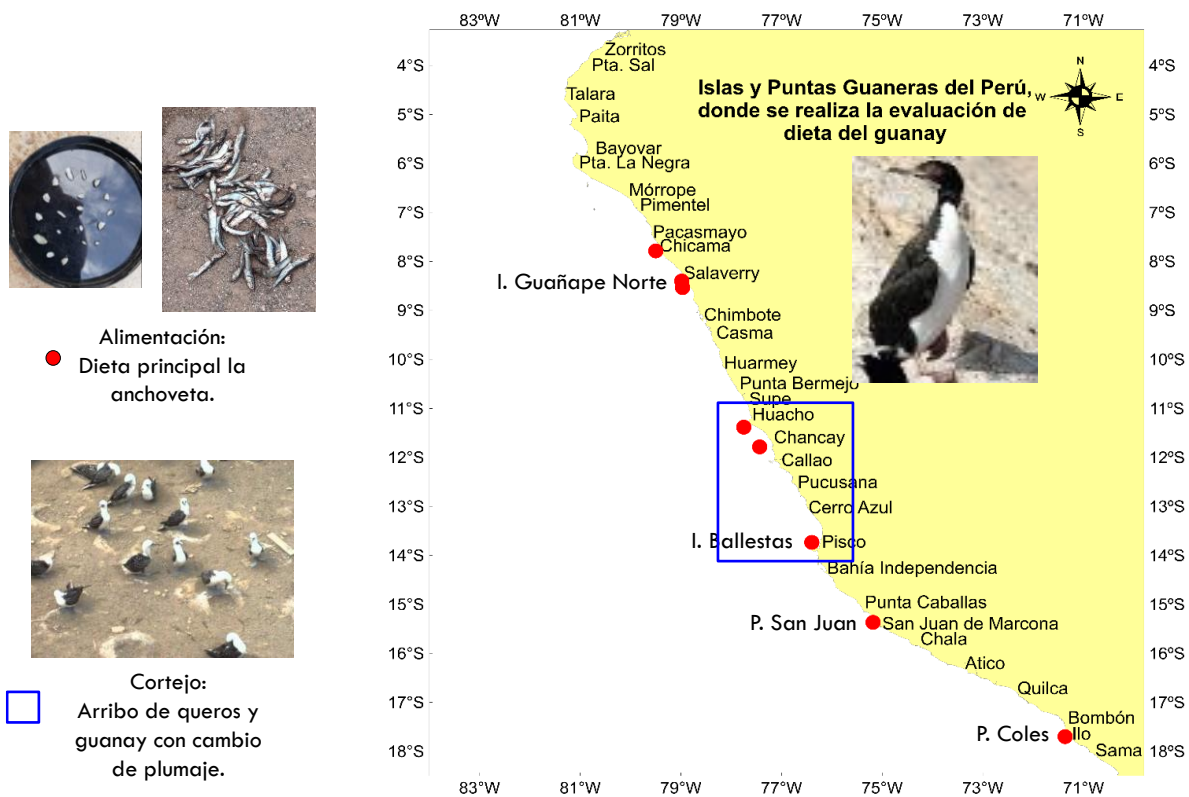


Figura 18. Aves guaneras del mar peruano. Evaluación de la dieta del Guanay (en islas identificada en el mapa) y, piqueros y guanayes en comportamiento y/o plumaje de cortejo. Fuente: IMARPE

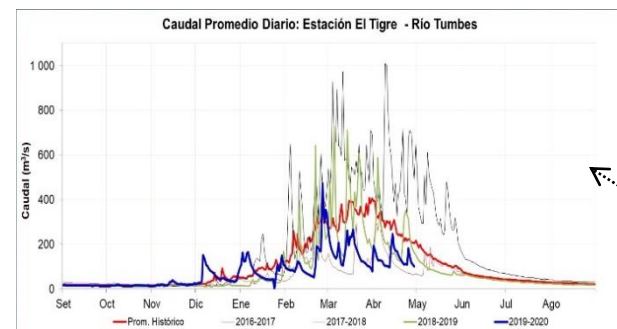
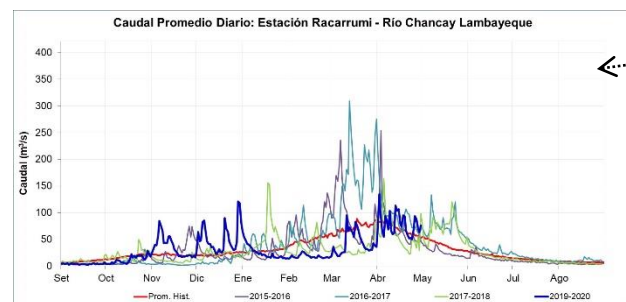
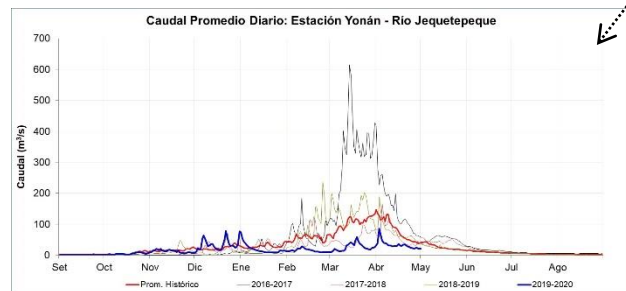
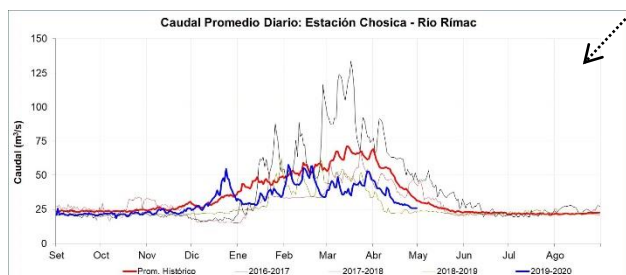
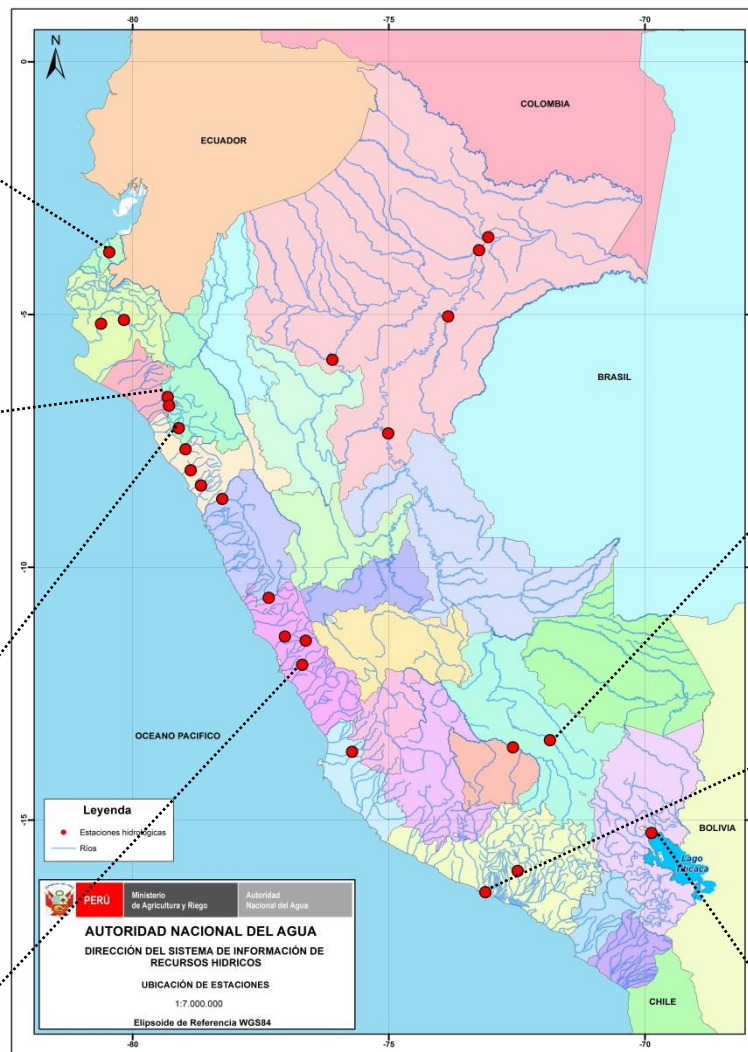
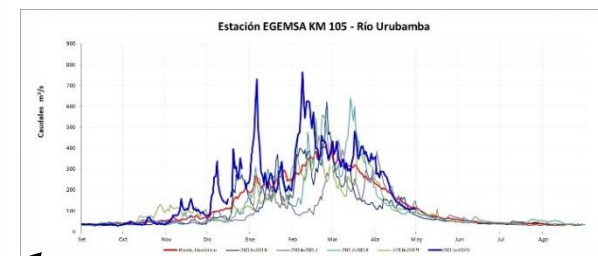
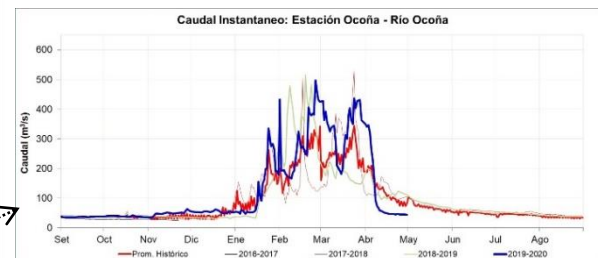
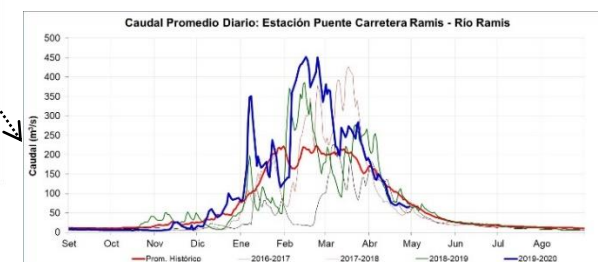
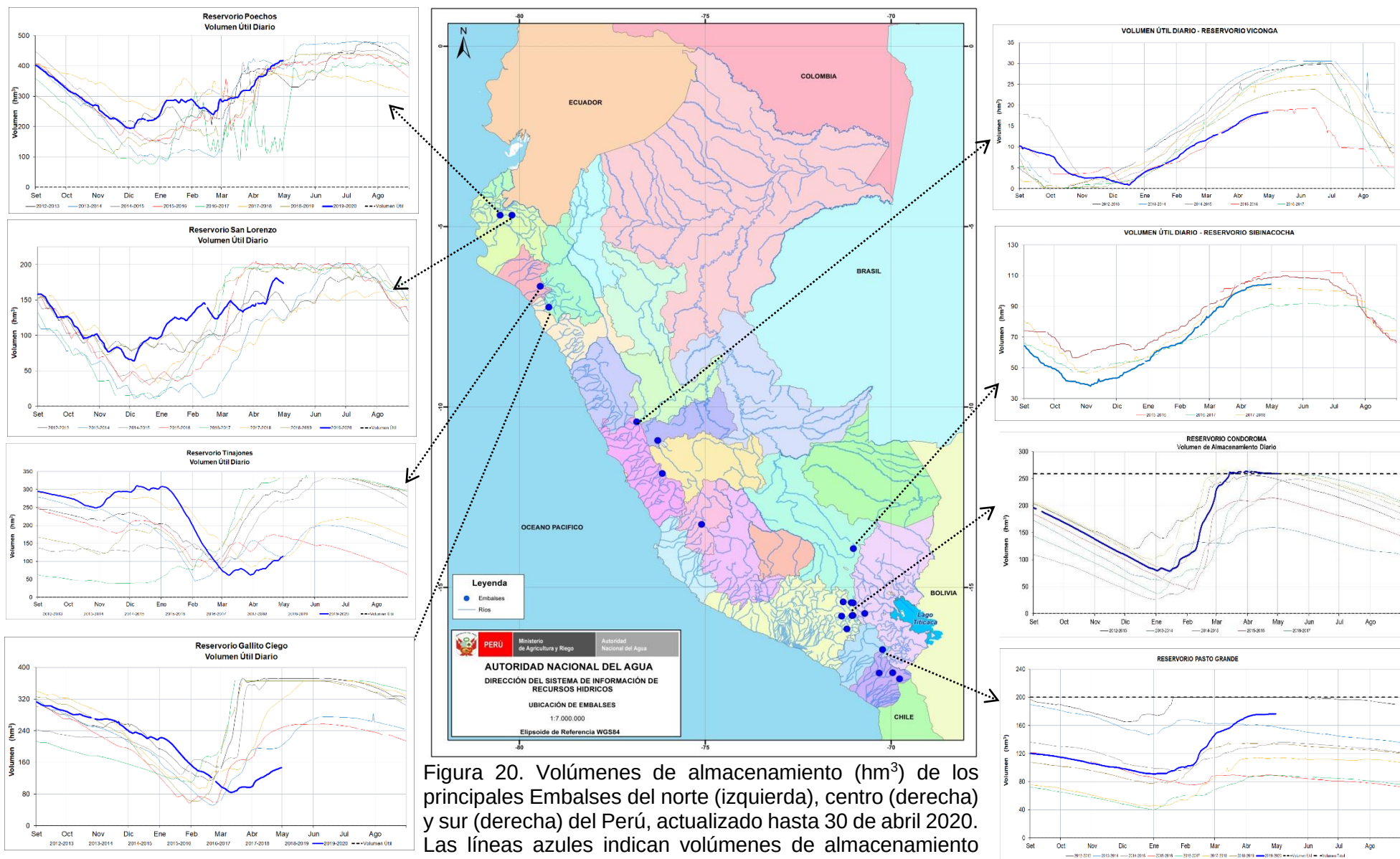


Figura 19. Caudales diarios ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ) de los principales ríos del norte (izquierda), centro (centro) y sur (derecha) del Perú, actualizado hasta 30 de abril 2020. Las líneas azules indican caudales del año hidrológico 2019-2020, rojas: Promedio histórico; Fuente: SENAMHI. Procesamiento: ANA.



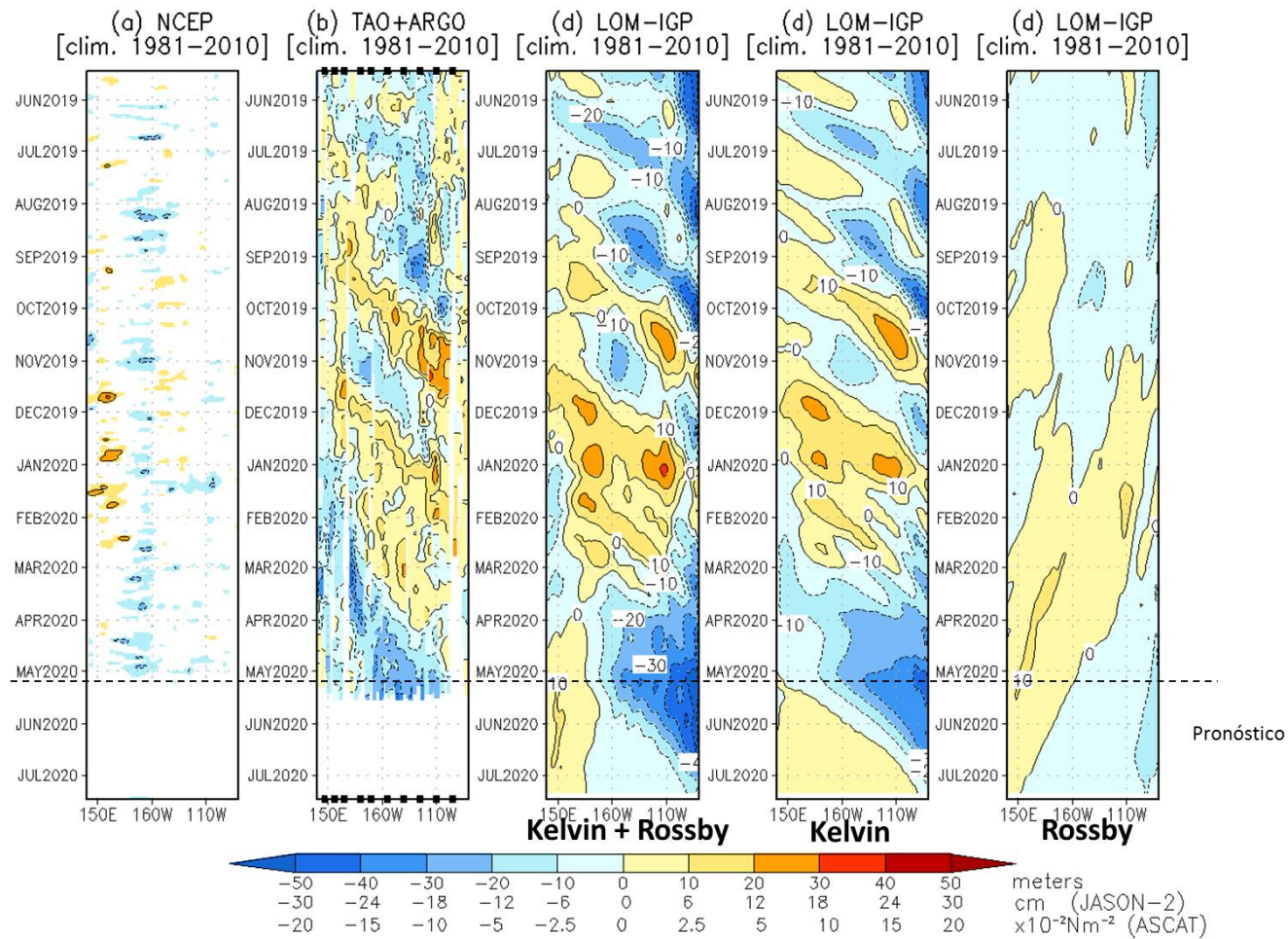


Figura 21. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos NCEP (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C con datos de los derivadores de Argo (b), y, por otro lado, la suma de los componentes Kelvin + Rossby (c), la componente Kelvin (d) y la componente Rossby (e) de las simulaciones de las ondas Kelvin en el Océano Pacifico ecuatorial del Modelo oceánico lineal (LOM-IGP). Procesamiento: IGP.

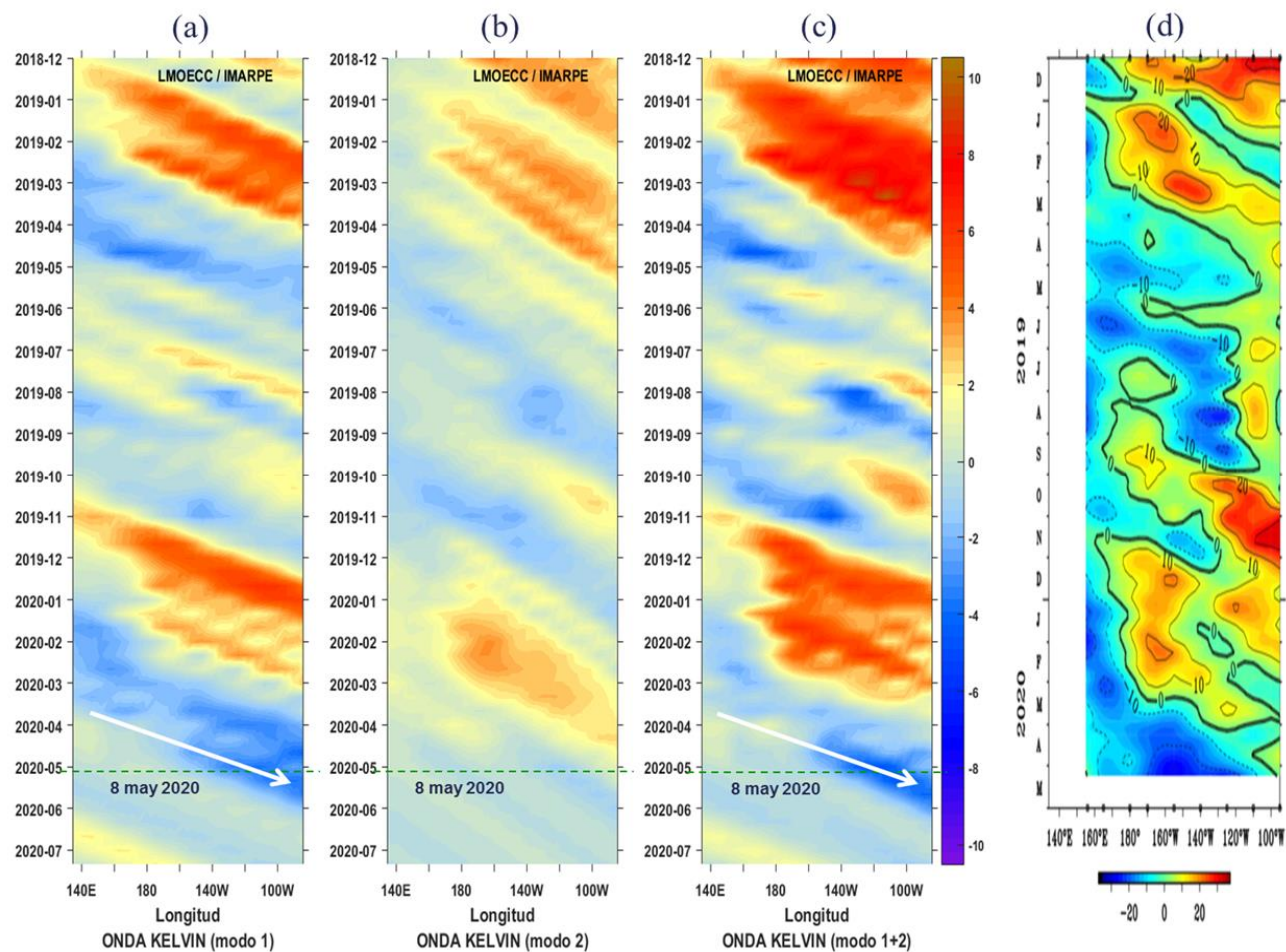


Figura 22. Diagrama Hovmöller de longitud-tiempo de las ondas Kelvin oceánicas en el Pacífico ecuatorial: (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modo 1+ Modo 2. El modelo fue forzado con información de NCEP. La línea discontinua horizontal de color verde indica el inicio del pronóstico sin el forzante de viento. Fuente: IMARPE.

## ANEXOS

### 1. VARIABLES UTILIZADAS

Tabla A.1.1. Principales variables y bases de datos utilizados en el presente informe.

| VARIABLE                 | FUENTE                       |                      |                  |          |                  |                             |                           |                                  |                               |                     |           |     |                      |                   |                |                |           | PROCESAMIENTO | OBSERVACIONES |                 |             |                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------|------------------------------|----------------------|------------------|----------|------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------------|-------------------------------|---------------------|-----------|-----|----------------------|-------------------|----------------|----------------|-----------|---------------|---------------|-----------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                          | Observaciones <i>in situ</i> |                      |                  |          |                  |                             |                           |                                  |                               | Satélite/Reanálisis |           |     |                      |                   |                | Modelos        |           |               |               |                 |             |                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                          | Estaciones costeras          | Secciones verticales | Estaciones fijas | Cruceros | Boyas TAO/TRITON | Programa Bitácoras de Pesca | Seguimiento de Pesquerías | Monitoreo de islas, puntas, etc. | Alerta de fauna marina varada | Cultivo             | ESRL/NOAA | GPM | Reanálisis NCEP/NOAA | QuickScat + ASCAT | Producto OSTIA | Producto CMEMS | TRMM-3B42 |               |               | SeaWiFS + MODIS | GFS         | MERCATOR Ocean                                                                                                                                                                                                                                              |
| VARIABLES ATMOSFÉRICAS   |                              |                      |                  |          |                  |                             |                           |                                  |                               |                     |           |     |                      |                   |                |                |           |               |               |                 |             |                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Radiación de Onda Larga  |                              |                      |                  |          |                  |                             |                           |                                  |                               |                     | X         |     |                      |                   |                |                |           |               |               |                 | IGP         |                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Presión Atmosférica      |                              |                      |                  |          |                  |                             |                           |                                  |                               |                     |           |     | X                    |                   |                |                |           |               |               |                 | SENAMHI     |                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Vientos                  |                              |                      |                  |          |                  |                             |                           |                                  |                               |                     |           |     | X                    | X                 |                |                |           |               | X             |                 | IGP/IMARPE  |                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Temperatura del Aire     | X                            |                      | X                |          |                  |                             |                           |                                  |                               |                     |           |     |                      |                   |                |                |           |               |               |                 | SENAMHI     |                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Precipitación            | X                            |                      |                  |          |                  |                             |                           |                                  |                               |                     | X         |     |                      |                   |                |                |           |               |               |                 | SENAMHI     |                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Precipitación estimada   |                              |                      |                  |          |                  |                             |                           |                                  |                               |                     |           |     |                      |                   |                |                | X         |               |               |                 | SENAMHI/IGP |                                                                                                                                                                                                                                                             |
| VARIABLES OCEANOGRÁFICAS |                              |                      |                  |          |                  |                             |                           |                                  |                               |                     |           |     |                      |                   |                |                |           |               |               |                 |             |                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Temperatura del Mar      | X                            | X                    | X                | X        | X                |                             |                           |                                  |                               |                     |           |     | X                    |                   | X              |                |           |               |               |                 | DHN/IMARPE  | *Información de IMARPE (estaciones costeras, secciones verticales y Cruceros) disponible desde los 60s. Periodo climatológico: 1981-2010.<br>*Anomalías de OSTIA, son calculadas en base a una climatología de 30 años, proveniente de datos de Pathfinder. |
| Nivel medio del Mar      |                              |                      |                  |          |                  |                             |                           |                                  |                               |                     |           |     |                      |                   |                |                | X         |               |               |                 | DHN/IMARPE  | *Disponible desde 1993 a la actualidad. Periodo climatológico: 1993-2012. Frecuencia diaria.                                                                                                                                                                |
| Salinidad                | X                            | X                    | X                | X        |                  |                             |                           |                                  |                               |                     |           |     |                      |                   |                |                |           |               |               | X               | DHN/IMARPE  | *Información de IMARPE (estaciones costeras, secciones verticales y Cruceros) disponible desde los 60s. Periodo climatológico: 1981-2010.                                                                                                                   |
| Corrientes Marinas       |                              | X                    |                  |          |                  |                             |                           |                                  |                               |                     |           |     |                      |                   |                |                |           |               |               |                 | IMARPE      | *Disponible desde los 60s. Frecuencia mensual.                                                                                                                                                                                                              |



## 2. INFORMACIÓN SUPLEMENTARIA

### 2.1. Propagación de las ondas Kelvin

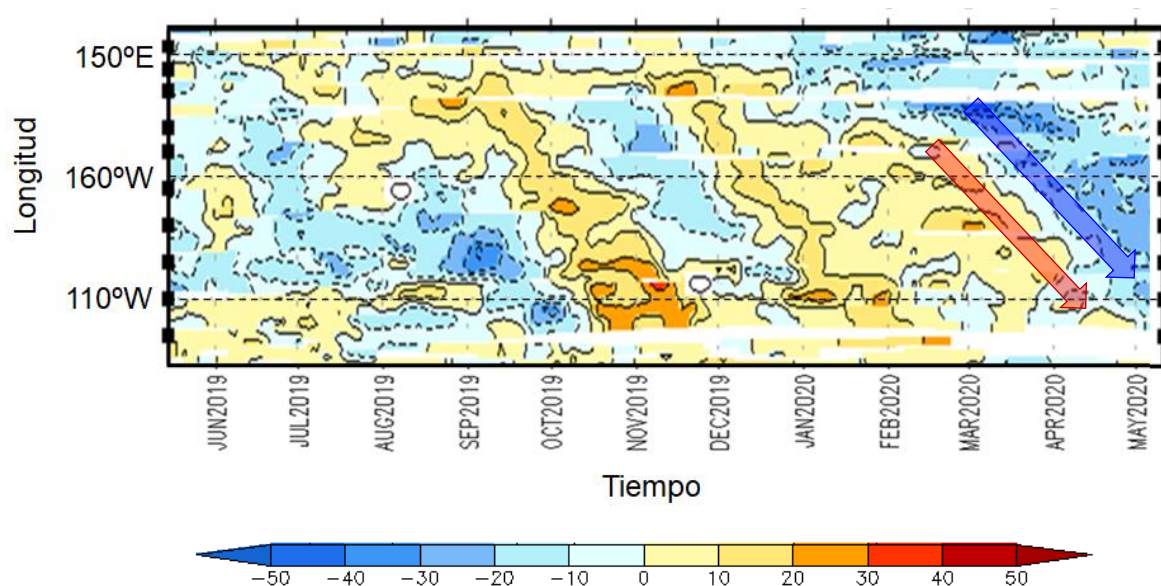


Figura A.2.1.1. Diagrama longitud – tiempo de la anomalía de la profundidad (m) de la isoterma de 20°C (termoclina) a lo largo del Pacífico ecuatorial entre mayo 2019 e inicios de mayo 2020. Entre marzo y abril 2020 se observa un desplazamiento de la anomalía positiva hacia el este y con una velocidad de aproximadamente  $1,5 \text{ m s}^{-1}$ , la cual se aproxima al valor teórico de una onda Kelvin del segundo modo baroclínico. Se aprecia la disminución de la magnitud de esta onda cálida al acercarse al continente americano, posiblemente debido a una interferencia con otras ondas de magnitud contraria, que podrían haberse generado en el extremo oriental del Pacífico ecuatorial. Posteriormente, se observa el paso de la onda Kelvin fría, alcanzando la región Niño 1+2 hacia fines del mes de abril. Fuente: Argos + TAO. Procesamiento: IGP.

## 2.2. Condiciones biológico-pesqueras

Durante abril se mantuvo la presencia de especies indicadoras de aguas oceánicas como el bonito desde Punta La Negra hasta Morro Sama, llegando hasta las 80 m.n. frente a Pimentel. El jurel fue registrado al sur de Chimbote dentro las 50 m.n., registrando la mayor expansión de Mollendo a Morro Sama (Figura A.2.2.1).

La prospección biológico pesquera de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona comprendida de Paita a Callao y su proyección (Pr. 2004), registró especies de peces costeros y oceánicos e invertebrados de importancia comercial para el consumo humano directo (CHD) e indicadoras de masas de agua. Entre las especies costeras se registró al pámpano "*Trachinotus paitensis*" indicador de aguas cálidas al norte de Salaverry de pejerrey "*Odontesthes regia regia*", indicador de aguas frías frente a Salaverry. La caballa, especie transzonal se registró a lo largo del área evaluada. Otras especies indicadoras de masas de agua fría fueron la *Crysaora plocamia* "medusa" y *Pleurocondes monodon* "múnida" cercanos a costa. Mientras que *Fistularia corneta* "corneta" y el tunicado pirosuma, indicadores de aguas cálidas, se registraron por fuera de las 10 m.n. (Figura A.2.2.2).

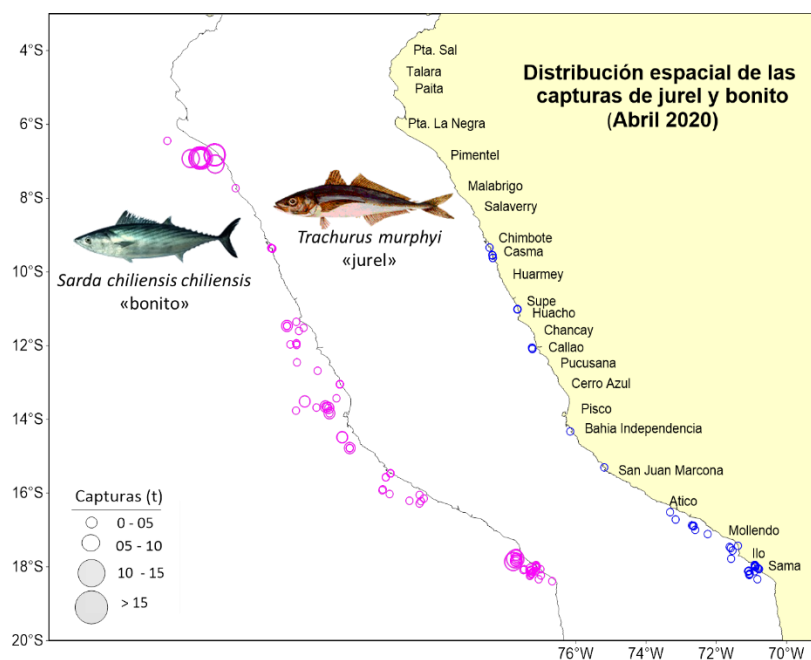


Figura A.2.2.1. Distribución de especies oceánicas y/o transzonales, bonito y jurel en abril 2020. Fuente: IMARPE

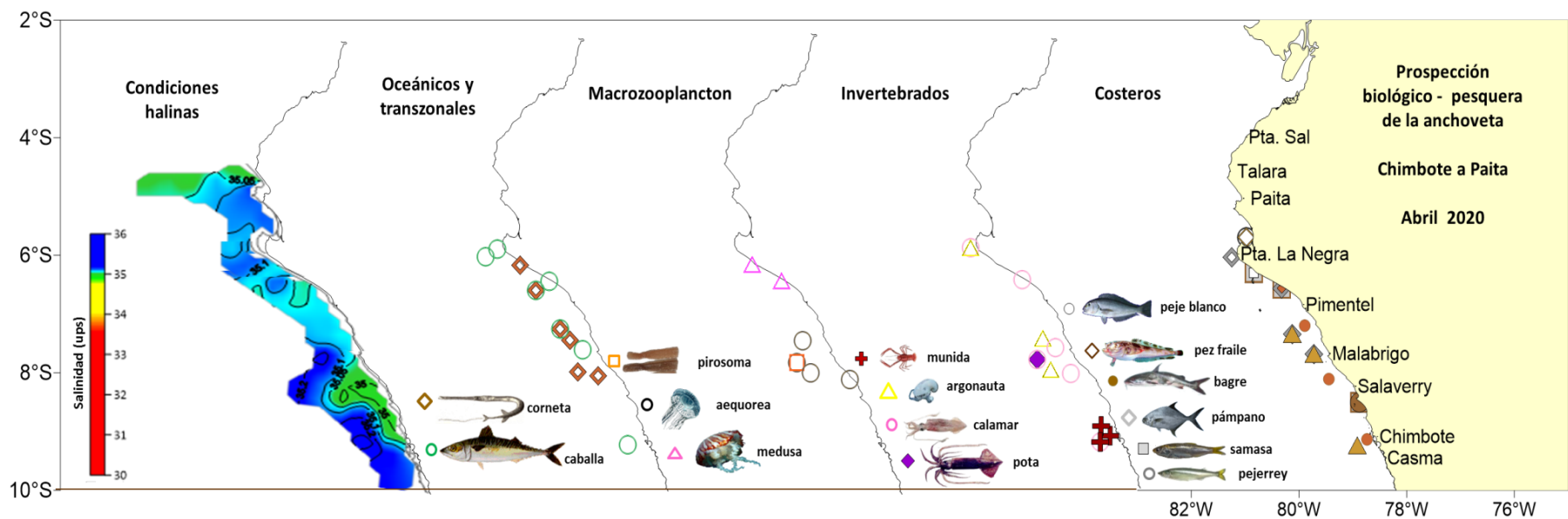


Figura A.2.2.2. Registro de especies de peces costeros y oceánicos e invertebrados de importancia comercial para el consumo humano directo e indicadores de masas de agua. Durante la prospección biológico pesquera de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en abril 2020.