

# COMISIÓN MULTISECTORIAL ENCARGADA DEL ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO EL NIÑO



**Año 6 N° 03**

**INFORME TÉCNICO ENFEN**

**MARZO 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:

Dr. Hernando Jhonny Tavera Huarache

Presidente Ejecutivo, Instituto Geofísico del Perú (IGP)

Calm. Jorge Manuel Paz Acosta

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

Dr. Ken Takahashi Guevara

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

Ing. Amarilis Fernández Estela.

Jefe, Autoridad Nacional del Agua (ANA)

General de Brigada EP Jorge Chávez Cresta

Jefe, Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

Ing. Juvenal Medina Rengifo

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

### **Grupo de Trabajo Científico Técnico**

Coordinador Científico Técnico: Dr. Dimitri Gutiérrez Aguilar.

IMARPE: Marilú Bouchón, Luis Vásquez, Carlos Quispe y Tony Anculle.

DHN: Rina Gabriel, Roberto Chauca.

SENAMHI: Grinia Ávalos, Nelson Quispe.

IGP: Kobi Mosquera y Jorge Reupo

ANA: Litzia Cisneros 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° 03, marzo de 2020, 48 p.

---

El Informe Técnico ENFEN de marzo 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, marzo 2020

## 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 blue ink, appearing to read 'JAGT'.

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, marzo de 2020

## ÍNDICE

Presentación

Resumen Ejecutivo

- I. Introducción
- II. Métodos
- III. Condiciones observadas
  - 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

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

## RESUMEN EJECUTIVO

Durante el mes de marzo, en promedio, en el Pacífico ecuatorial central y en la región Niño 1+2, que incluye la zona norte y centro del mar peruano, la temperatura superficial del mar (TSM) presentó ligeras anomalías cálidas, aunque dentro del rango neutral. A niveles bajos de la atmósfera, sobre el océano Pacífico ecuatorial, se observó la intensificación de los vientos alisios hacia el lado este de la cuenca; mientras que, a niveles altos, predominaron flujos zonales del oeste, principalmente en la región central y oriental. En la segunda quincena de marzo, la señal de una onda Kelvin cálida alcanzó el extremo del Pacífico ecuatorial oriental, pero estuvo acoplada a una onda Kelvin fría que se habría formado en la misma región oriental, provocando una disminución de la intensidad de la onda cálida cerca de la costa sudamericana. Sin embargo, se observó, hacia los 130 °W, el desplazamiento de otra onda Kelvin fría que alcanzaría la costa peruana entre la segunda quincena de abril e inicios de mayo. A escala regional, el Anticiclón del Pacífico Sur se mantuvo en promedio al suroeste de su posición habitual, lo cual favoreció el debilitamiento de los vientos alisios fuera del litoral peruano. En esta última región predominaron anomalías diarias cálidas de la TSM hasta la penúltima semana de marzo, a partir de la cual las condiciones térmicas disminuyeron en la zona norte y centro. Frente a la costa norte se evidenciaron, más allá de las 50 millas náuticas, intensas anomalías cálidas en la capa superficial; así como la mezcla entre las aguas ecuatoriales superficiales (AES, de baja salinidad) y las aguas subtropicales superficiales (ASS, de alta salinidad) entre Paita y Punta Falsa. Desde Chicama hacia el sur se observó el acercamiento anómalo de las ASS hacia la costa, replegando a las aguas costeras frías (ACF) dentro de las 30 millas náuticas, aunque con núcleos de afloramiento en distintos puntos de la costa central y sur. El calentamiento anómalo en la zona oceánica central alcanzó hasta las 350 millas náuticas de la costa inclusive. En la capa sub-superficial se destacó la presencia de anomalías térmicas positivas, principalmente sobre la plataforma y el talud continental superior. En lo relacionado a la productividad marina, la concentración de clorofila-a exhibió una tendencia ascendente durante febrero y fines de marzo en una franja de 100 km adyacente a la costa, desde Talara hasta San Juan. En el aspecto biológico pesquero, las condiciones ambientales continuaron favoreciendo la mayor disponibilidad del recurso bonito en todo el litoral peruano, mientras que los indicadores reproductivos de la anchoveta mostraron el inicio de la declinación del desove de verano. En el aspecto hidrológico, los principales ríos de la costa norte y centro de la Región Hidrográfica Pacífico presentaron caudales inferiores al promedio histórico, con una tendencia ascendente en la última quincena de marzo, mientras que, en la costa sur, los principales ríos presentaron valores superiores al promedio histórico, con una tendencia descendente. Las condiciones climáticas favorecieron, por un lado, el brote vegetativo del mango, así como el desarrollo vegetativo y productivo de las plantas en los sembríos de arroz, en las zonas productoras de Piura y Lambayeque; y por el otro, la fructificación y maduración de los olivares en zonas productoras de Tacna. El análisis de las perspectivas indica la disminución de la temperatura del mar frente a la costa peruana entre abril y mayo, debido a la estacionalidad y al efecto de la onda Kelvin fría. Asimismo, de acuerdo con los modelos climáticos de agencias internacionales, se espera para el Pacífico ecuatorial central condiciones neutras hasta el mes de julio, y condiciones frías débiles entre los meses de agosto y octubre. Finalmente, para la región Niño 1+2, los modelos indican anomalías negativas de la TSM hasta octubre, aunque dentro del rango neutral.

## **I. INTRODUCCIÓN**

El Niño - Oscilación 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 océano-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

### 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.

#### 1.1. 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.

#### 1.2. 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 calculan 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.

### 1.3. 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 pronósticos de más de tres meses, se usa 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 MARZO 2020**

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

El océano Pacífico ecuatorial occidental durante marzo se mantuvo en condiciones cálidas; en tanto que, en las regiones central (Niño 3.4) y frente a la costa del Perú (Niño 1+2) continuaron predominando condiciones en el rango normal (Figura 1). En promedio, en las regiones Niño 3.4 y Niño 1+2 la anomalía de la temperatura superficial del mar (TSM) aumentó, respecto a febrero, de +0,4 °C a +0,6 °C y de +0,3 °C a +0,5 °C, respectivamente (Figura 2, Tabla 1).

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

En niveles bajos del Pacífico ecuatorial se observó la recuperación de los vientos alisios hacia el lado este de la cuenca con anomalías zonales del este; por otra parte, en niveles altos, predominaron flujos zonales del oeste, principalmente en la región central y oriental. En marzo, la actividad convectiva anómala evidenciada ligeramente al oeste de 180 °W mantuvo una tendencia a la normalidad. Por otro lado, fue notoria la subsidencia en el Pacífico oriental, la cual es coherente con el incremento de las anomalías positivas de presión a nivel del mar en la cuenca oriental del Pacífico (Figura 4). En general se mantiene el estado neutral de El Niño Oscilación del sur (ENOS).

En la segunda quincena de marzo, la señal de la onda Kelvin cálida alcanzó el extremo del Pacífico ecuatorial oriental, pero estuvo acoplada a una onda Kelvin fría que se habría formado en la misma región oriental, lo que provocó una disminución de la intensidad de la onda cálida cerca de la costa sudamericana. Por otro lado, se observó el desplazamiento de otra onda Kelvin fría, la cual se localiza aproximadamente en 130 °W. La presencia de esta última onda habría provocado la disminución del contenido de calor en la franja ecuatorial del Pacífico (Figuras 5 y 6).

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

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS) durante el mes de marzo, en promedio, se mantuvo al suroeste de su posición habitual (Figura 7). Esta configuración favoreció el debilitamiento de los alisios del sureste fuera del litoral peruano y resultando en mayor frecuencia de días con vientos costeros débiles hacia el extremo norte y sur del litoral, con anomalías de hasta -1 m s<sup>-1</sup> y -3 m s<sup>-1</sup>, respectivamente (Figuras 8 y 9).

Las temperaturas extremas del aire durante marzo, en promedio, continuaron presentando valores por encima de lo normal a lo largo de la costa, principalmente en la región sur. Recientemente, en abril, continúan las condiciones cálidas anómalas con valores que superaron los +2,3 °C en Arequipa, respecto de las temperaturas diurnas, y +2 °C en Ica, respecto de las temperaturas nocturnas (Figura 10).

## Condiciones oceanográficas en el mar peruano

En el litoral peruano, durante marzo, predominaron anomalías diarias positivas de la TSM de hasta +1,5 °C en la zona norte y sur, mientras que en la zona centro, los valores alcanzaron +0,5 °C. En la última semana de marzo las condiciones térmicas disminuyeron, principalmente en la zona norte y centro, posiblemente debido al efecto de la onda Kelvin fría. No obstante, en la zona sur se mantuvieron las condiciones cálidas con anomalías diarias de +2,5 °C (Figura 11). Por otra parte, las anomalías del nivel del mar a lo largo de la franja adyacente a la costa exhibieron fluctuaciones, indicando el paso de una onda Kelvin fría a principios de marzo y otra cálida entre la segunda y tercera semanas de marzo (Figura 12).

En el norte del mar de Perú en marzo, entre Paita y Punta Falsa se evidenciaron amplias zonas de mezcla, principalmente entre las aguas ecuatoriales superficiales (AES), de baja salinidad, y las aguas subtropicales superficiales (ASS), de alta salinidad, mientras que desde Punta Falsa hasta Chicama predominó la mezcla entre ASS y aguas costeras frías (ACF) (Figura 13). En la franja de 50 millas náuticas adyacentes al litoral, las condiciones se presentaron cálidas en una capa superficial de 10 m, asociadas al ingreso de las AES, seguida de una columna de agua ligeramente fría hasta los 50 m de profundidad. Por fuera de esta distancia, sobre los 50 m de profundidad, las condiciones fueron muy cálidas, con anomalías de hasta +5 °C (Figura 14 a-c).

Frente a Chicama se presentaron condiciones normales dentro de las 50 millas náuticas de la costa en marzo, relacionadas a procesos de afloramiento, mientras que por fuera de esta distancia se evidenciaron condiciones cálidas hasta los 50 m de profundidad, con mayores anomalías de temperatura entre 50 y 150 millas náuticas de la costa (Figura 14 d). La aproximación de ASS hacia la costa al sur de Salaverry, generó núcleos de calentamiento anómalo de hasta +3,0 °C, replegando hacia el litoral a las ACF, aunque se detectó la persistencia de núcleos de afloramiento costero en distintos puntos de la costa central y sur (Figura 15).

A nivel sub-superficial, en marzo se detectó la presencia dominante de ASS sobre los 50 metros de profundidad frente a Chicama, Chimbote, Callao, Pisco y San Juan. Por debajo de las ASS la columna de agua mostró núcleos con anomalías de +1 °C principalmente dentro de las 50 millas náuticas, es decir sobre la plataforma y el talud continental superior, excepto frente a Callao donde la zona cálida anómala se ubicó por fuera de las 80 millas náuticas. Todas las secciones dentro de las 20 millas náuticas evidenciaron procesos de afloramiento asociados a valores menores de 4 mL L<sup>-1</sup> de oxígeno disuelto. La circulación a lo largo de la costa estuvo caracterizada por flujos costeros hacia el norte, sobre la plataforma continental, y flujos hacia el sur por fuera de las 50 millas náuticas, en promedio, con más intensidad frente a la costa norte (Figura 16).

El calentamiento anómalo en la zona oceánica central se extendió hasta al menos 350 millas náuticas de la costa (8 °S) (Figura 17), donde las condiciones fueron más cálidas de lo normal hasta los 100 m de profundidad (+2 °C) (Figura 18).

En cuanto a la concentración de clorofila-a (indicador de la producción de fitoplancton), durante el mes de marzo se evidenció la predominancia de concentraciones mesotróficas ( $> 2,5 \text{ mg m}^{-3}$ ), entre Paita a San Juan, destacando zonas con concentraciones excepcionales de hasta  $20 \text{ mg m}^{-3}$  frente a Chicama y a Pisco, marcando así una tendencia ascendente de las anomalías positivas de la concentración de clorofila-a entre febrero y fines de marzo, en promedio dentro de la franja de 100 km, desde Talara hasta San Juan (Figura 19).

### **Impactos biológico-pesqueros**

La presencia de las AES en la zona norte y la intromisión de las ASS en el centro del litoral peruano, han ocasionado cambios en el comportamiento de la anchoveta. Este escenario fue corroborado con los análisis de la dieta del ave guanera *Phalacrocorax bougainvillii* “guanay” que desde noviembre viene alimentándose principalmente de anchoveta juvenil (Figura 20).

Además, los indicadores reproductivos de la anchoveta mostraron que su actividad desovante se presentó por debajo de su patrón, observándose el inicio de la declinación del desove (Figura 21). Así mismo, las condiciones ambientales continuaron favoreciendo la mayor disponibilidad del recurso bonito en todo el litoral peruano. Finalmente, la presencia de medusas o malaguas en todo el litoral, estarían relacionadas al acercamiento de las ASS (Figura 22).

### **Impactos hidrológicos**

Los principales ríos de la costa norte y centro de la Región Hidrográfica Pacífico presentaron caudales inferiores al promedio histórico, con una tendencia ascendente en la última quincena de marzo; mientras que, en la costa sur, los principales ríos presentaron valores superiores al promedio histórico, con una tendencia descendente. En la Región Hidrográfica Titicaca, los principales ríos presentaron caudales ligeramente superiores al promedio histórico, con 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 se observó un incremento gradual de los caudales de los principales ríos, logrando superar el promedio histórico (Figura 23).

En la costa norte, para la primera quincena de abril, los embalses Poechos y San Lorenzo, presentaron un promedio del 81 % respecto de su capacidad de almacenamiento. Sin embargo, los embalses Tinajones y Gallito Ciego presentaron volúmenes inferiores a los registros históricos, alcanzando solamente un 30 % en promedio de su capacidad de almacenamiento. En la costa centro, el sistema de embalses Santa Eulalia - Yuracmayo - Huascacocha presentó volúmenes de almacenamiento superiores al promedio histórico, con 97 % de almacenamiento. Finalmente, en la costa sur, los principales embalses presentaron en promedio el 93 % de su capacidad de almacenamiento, con valores próximos al volumen útil para la primera quincena de abril (Figura 24 y Tabla 3).

## **Impactos agrometeorológicos**

En la costa norte, las temperaturas diurnas con valores superiores a su promedio histórico promovieron el brote vegetativo del mango en las zonas productoras de Piura y Lambayeque, especialmente en las plantaciones donde se realizaron las labores de poda y riego; mientras que, en los sembríos de arroz, estas condiciones cálidas favorecieron el desarrollo vegetativo y productivo de las plantas. En la costa sur (Tacna), en los sectores como La Yarada, las temperaturas diurnas con valores similares a su climatología propiciaron la fructificación y maduración de los olivares (Tabla 4).

## **IV. PRONÓSTICO**

Entre la segunda quincena de abril e inicios de mayo se espera la llegada de otra onda Kelvin fría al extremo del Pacífico Oriental (Figura 25), la cual contribuiría a mantener la tendencia negativa de la temperatura del mar y del aire. Esta onda Kelvin fría sería de modo 1, es decir con un mayor impacto en la capa superficial (Figura 26). En consecuencia, se espera que continúe la disminución de la temperatura del mar frente a la costa peruana, debido a la estacionalidad y al efecto de la onda Kelvin fría.

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 julio, y condiciones frías débiles entre los meses de agosto y octubre (Tabla 5). En el Pacífico oriental (región Niño 1+2), el cual incluye la costa peruana, los modelos indican anomalías negativas de la temperatura superficial del mar hasta octubre, aunque dentro del rango neutral (Tabla 6). Hay que tener en cuenta que los pronósticos de los modelos numéricos para otoño, y más aún en invierno, siempre presentan una mayor incertidumbre.

De acuerdo al análisis experto de las observaciones y los modelos por parte de la Comisión Multisectorial ENFEN, se espera el desarrollo de anomalías negativas de la temperatura del mar en el Pacífico oriental, aunque dentro del rango neutral, hasta inicios del invierno, inclusive.

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La Comisión Multisectorial ENFEN concluye que, si bien se espera el desarrollo de temperaturas del mar ligeramente por debajo de lo normal frente a la costa del Perú en lo que resta del mes de abril y hasta inicios del invierno, estas se encontrarán dentro del rango de condiciones neutras. Por lo tanto, se mantiene el estado de Alerta No Activo y se recomienda que las entidades competentes consideren siempre la vulnerabilidad para la preparación ante el riesgo y adopten las medidas que correspondan frente a un evento El Niño o La Niña. Debe considerarse que en el periodo en el cual no se desarrolla El Niño o La Niña es oportuno se realicen las labores de prevención.

## 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.

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.

Tsutomu M., K. Omasa y T. Horie. 2001. The Difference in Sterility due to High Temperatures during the Flowering Period among Japonica-Rice Varieties, Plant Production Science, 4:2, 90-93, DOI: 10.1626/pps.4.90.

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

Wentz, F.J., L.Ricciardulli, C.Gentemann, T. Meissner, K.A. Hilburn, J. Scott, 2013: Remote Sensing Systems Coriolis WindSat [indicate whether you used Daily, 3-Day, Weekly, or Monthly] Environmental Suite on 0,25 deg grid, Version 7.0.1, [indicate subset if used]. Remote Sensing Systems, Santa Rosa, CA. Available online at [www.remss.com/missions/windsat](http://www.remss.com/missions/windsat).

Whiley, A. W., T. S. Rasmussen, J. B. Saranah y B. N. Wolstenholme 1989. Effect of temperature on growth, dry matter production and starch accumulation in ten mango (*Mangifera indica* L.) cultivars, Journal of Horticultural science, 64:6, 753-765, DOI: 10.1080/14620316.1989.11516018.

## 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 6 meses. Fuente: DIHIDRONAV.

| TSM - ATSM Mensual 2019-2020 |        |      |          |      |        |      |          |      |
|------------------------------|--------|------|----------|------|--------|------|----------|------|
| R. Niño                      | Niño 4 |      | Niño 3.4 |      | Niño 3 |      | Niño 1+2 |      |
| Mar.                         | 29.3   | +1.1 | 27.8     | +0.6 | 27.4   | +0.2 | 27.1     | +0.5 |
| Feb.                         | 29.2   | +1.1 | 27.1     | +0.4 | 26.6   | +0.2 | 26.5     | +0.3 |
| Ene.                         | 29.3   | +1.1 | 27.1     | +0.5 | 25.8   | +0.2 | 24.5     | 0.0  |
| Dic.                         | 29.5   | +1.0 | 27.1     | +0.5 | 25.5   | +0.3 | 23.2     | +0.3 |
| Nov.                         | 29.5   | +0.8 | 27.3     | +0.6 | 25.5   | +0.5 | 21.3     | -0.3 |
| Oct.                         | 29.6   | +1.0 | 27.3     | +0.6 | 25.1   | +0.2 | 20.0     | -0.8 |

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

| Valores del Índice Costero El Niño |         |            |         |            |         |           | ONI    |           |
|------------------------------------|---------|------------|---------|------------|---------|-----------|--------|-----------|
| Mes                                | ICEN v3 | Categoría  | ICENOI  | Categoría  | ICEN v5 | Categoría | ONI    | Categoría |
| 06/2019                            | -0.21   | Neutro     | -0.33   | Neutro     | -0.12   | Neutro    | 0.54   | C. Débil  |
| 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  |
| Mes                                | ICENtmp | Categoría  | ICENtmp | Categoría  | ICENtmp | Categoría | ONItmp | Categoría |
| 03/2020                            | ----    | -----      | 0.57    | C. Débil   | 0.22    | Neutro    | 0.42   | Neutro    |
| 04/2020                            | ----    | -----      | 0.51    | C. Débil   | 0.29    | Neutro    | 0.41   | Neutro    |



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

| Zona                      | Reservorio          | Fecha Reporte | Departamento de Influencia | Volumen (hm <sup>3</sup> ) |                | Porcentaje de Almacenamiento (%) |
|---------------------------|---------------------|---------------|----------------------------|----------------------------|----------------|----------------------------------|
|                           |                     |               |                            | Útil/Total                 | Almacenada     |                                  |
| Costa - Norte             | Poechos**           | 31-Mar        | Piura                      | 438.3                      | 332.1          | 75.8                             |
|                           | San Lorenzo**       | 31-Mar        | Piura                      | 195.6                      | 142.2          | 72.7                             |
|                           | Tinajones**         | 31-Mar        | Lambayeque                 | 331.5                      | 64.3           | 19.4                             |
|                           | Gallito Ciego       | 31-Mar        | La Libertad                | 366.6                      | 97.5           | 26.6                             |
| Costa - Centro            | Viconga**           | 31-Mar        | Lima                       | 30.0                       | 15.2           | 50.8                             |
| Costa - Sur               | Choclococha         | 31-Mar        | Ica                        | 131.1                      | 116.5          | 88.9                             |
|                           | Condorama           | 31-Mar        | Arequipa                   | 259.0                      | 263.5          | 100.0                            |
|                           | El Pañe             | 31-Mar        | Arequipa                   | 99.6                       | 103.4          | 100.0                            |
|                           | Dique Los Españoles | 31-Mar        | Arequipa                   | 9.1                        | 10.0           | 100.0                            |
|                           | Pillones            | 31-Mar        | Arequipa                   | 78.5                       | 79.8           | 100.0                            |
|                           | El Frayle           | 31-Mar        | Arequipa                   | 127.2                      | 126.5          | 99.4                             |
|                           | Aguada Blanca       | 31-Mar        | Arequipa                   | 30.4                       | 31.9           | 100.0                            |
|                           | Chalhuanca          | 31-Mar        | Arequipa                   | 25.0                       | 27.7           | 100.0                            |
|                           | Bamputañe           | 31-Mar        | Arequipa                   | 40.0                       | 34.5           | 86.4                             |
|                           | Pasto Grande**      | 31-Mar        | Moquegua                   | 200.0                      | 171.3          | 85.7                             |
|                           | Paucarani           | 31-Mar        | Tacna                      | 10.5                       | 9.6            | 91.2                             |
|                           | Jarumas             | 31-Mar        | Tacna                      | 13.0                       | 13.0           | 100.0                            |
|                           | Laguna Aricota      | 31-Mar        | Tacna                      | 280.0                      | 223.3          | 79.8                             |
| Sierra - Centro           | Lago Junín**        | 30-Mar        | Junín                      | 441.0                      | 300.0          | 68.0                             |
|                           | Cuchoquesera        | 31-Mar        | Ayacucho                   | 80.0                       | 81.8           | 100.0                            |
| Sierra - Sur              | Lagunillas          | 31-Mar        | Puno                       | 585.1                      | 499.5          | 85.4                             |
|                           | Sibinacocha         | 31-Mar        | Cusco                      | 110.0                      | 99.8           | 90.8                             |
| <b>Situación Nacional</b> |                     |               |                            | <b>3,881.6</b>             | <b>2,843.6</b> | <b>73.3</b>                      |

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

| CULTIVO | REGIÓN     | ESTACIÓN    | VARIEDAD  | FECHA DE SIEMBRA | FASE FENOLÓGICA      | ESTADO  | OBSERVACIONES  |
|---------|------------|-------------|-----------|------------------|----------------------|---------|--|
| MANGO   | Piura      | Cañaverall  | 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   |  |
|         | Ancash     | Buena vista | Criollo   |                  | Maduración           | Bueno   | Realizando las labores de cosecha  |
| ARROZ   | Piura      | Morropón    | Mallares  | 13/01/2020       | Desarrollo de panoja | Bueno   |  |
|         | Piura      | Partidor    | Tinajones | 20/01/2020       | Elongación de tallo  | Bueno   |  |
|         | Lambayeque | Oyotun      | El Valor  | 13/12/2019       | Panoja               |         | No actualiza dato  |
|         | Lambayeque | Puchaca     | El Valor  | 25/01/2020       | Macollaje            | Bueno   |  |
|         | Lambayeque | Lambayeque  | IR-43     | 14/12/2019       | Elongación de tallo  |         | No actualiza dato  |
| OLIVO   | Moquegua   | Ilo         | Sevillana |                  | Maduración en verde  | Regular | Riego por gravedad, 1 hora   |
|         | Tacna      | La Larada   | Sevillana |                  | Maduración en verde  | Bueno   | Riego por gravedad 7 horas. presencia de plagas como o. olivícola, margaronia y barrenillo entre 5 y 10% de afectación |

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.

|             | FMA  | MAM  | AMJ   | MJJ   | JJA   | JAS   | ASO   | SON   |
|-------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CFS2        |      | 0.44 | 0.13  | -0.37 | -0.76 | -0.99 | -1.18 | -1.37 |
| CanCM4i     |      | 0.48 | 0.52  | 0.49  | 0.38  | 0.26  | 0.15  | 0.08  |
| GEM_NEMO    |      | 0.24 | 0.05  | -0.12 | -0.31 | -0.44 | -0.51 | -0.56 |
| GFDL        |      | 0.48 | 0.46  | 0.33  | 0.14  | -0.04 | -0.12 | -0.07 |
| NASA        |      | 0.15 | -0.33 | -0.92 | -1.32 | -1.50 | -1.64 | -1.87 |
| GFDL_FLOR   |      | 0.49 | 0.46  | 0.34  | 0.16  | 0.05  | -0.02 | -0.08 |
| NCAR_CCSDM4 |      | 0.58 | 0.41  | -0.07 | -0.59 | -0.90 | -1.05 | -1.16 |
| NMME        |      | 0.41 | 0.24  | -0.05 | -0.33 | -0.51 | -0.62 | -0.72 |
| ONItmp      | 0.42 |      |       |       |       |       |       |       |

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     | FMA  | MAM   | AMJ   | MJJ   | JJA   | JAS   | ASO   | SON   |
|------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CFS2       |      | 0.16  | -0.10 | -0.64 | -1.03 | -1.06 | -0.99 | -0.89 |
| CanCM4i    |      | 0.44  | 0.60  | 0.54  | 0.48  | 0.41  | 0.25  | 0.12  |
| GEM_NEMO   |      | 0.38  | 0.30  | -0.13 | -0.42 | -0.53 | -0.68 | -0.75 |
| GFDL       |      | 0.52  | 0.55  | 0.15  | -0.09 | -0.06 | 0.08  | 0.14  |
| NASA       |      | -0.27 | -0.84 | -1.55 | -1.73 | -1.56 | -1.32 | -1.10 |
| GFDL_FLOR  |      | 0.50  | 0.39  | -0.03 | -0.21 | -0.13 | -0.09 | -0.11 |
| NCAR_CCSM4 |      | 0.30  | 0.35  | 0.10  | -0.22 | -0.44 | -0.55 | -0.62 |
| NMME       |      | 0.29  | 0.18  | -0.22 | -0.46 | -0.48 | -0.47 | -0.46 |
| ICENtmp    | 0.22 |       |       |       |       |       |       |       |

## VII. FIGURAS

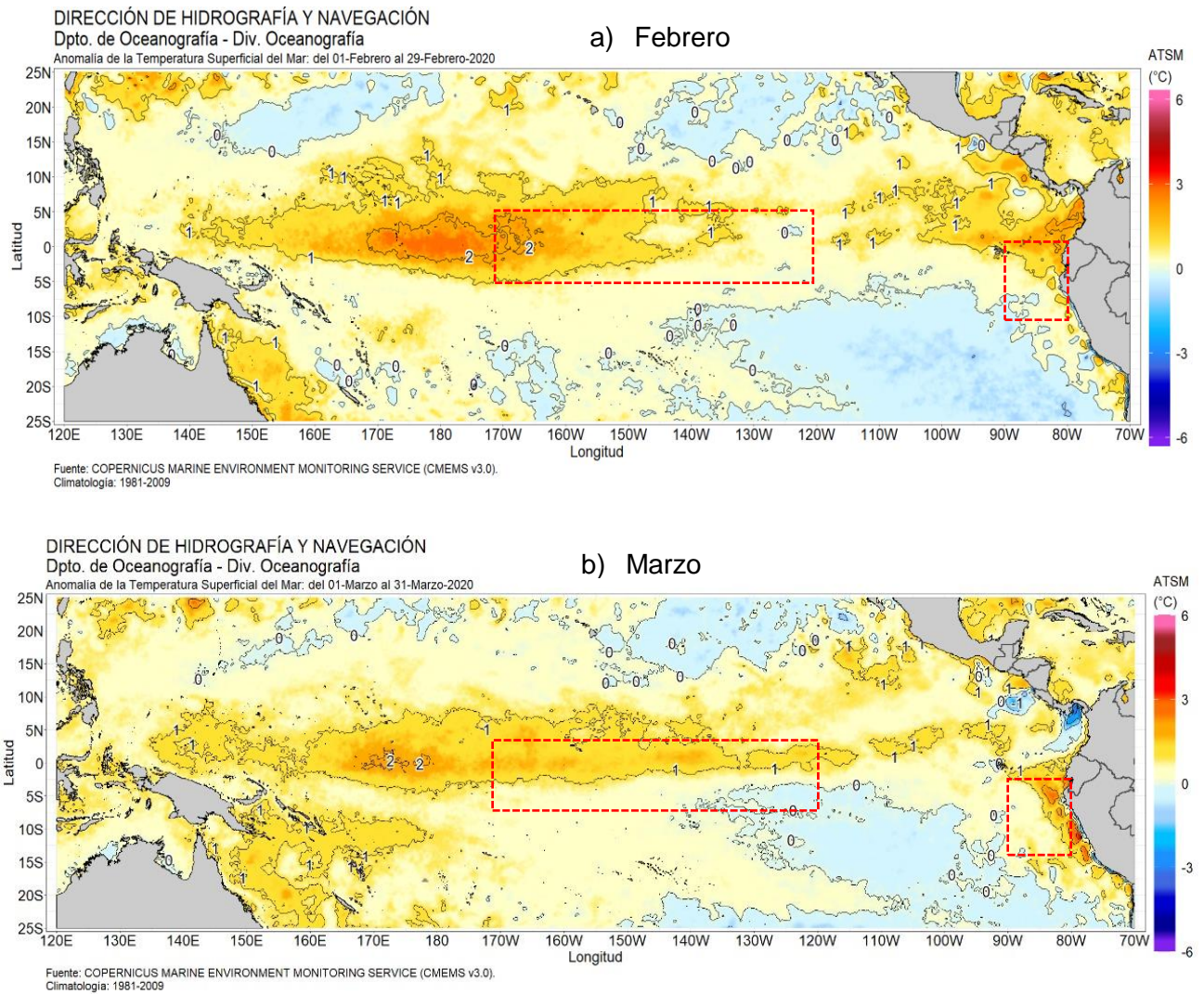


Figura 1. Promedio mensual de las anomalías de TSM en el Pacífico central durante febrero (a) y marzo 2020 (b). Las regiones El Niño 3.4 y El Niño 1+2 están delimitadas con los recuadros rojos. Fuente: CMEMS v.3.0, Procesamiento: DIHIDRONAV.

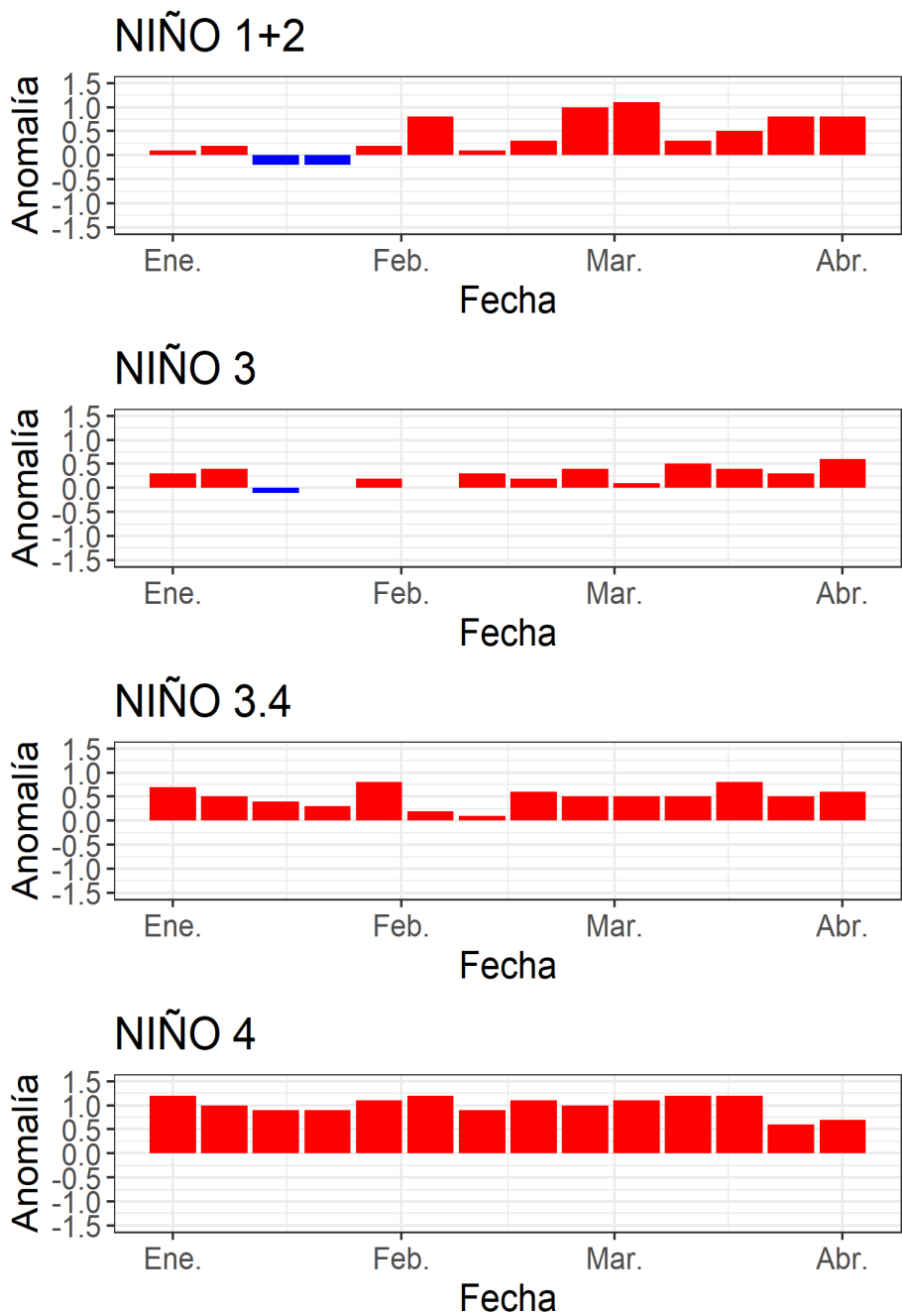


Figura 2. Series de tiempo de las anomalías semanales de la TSM (°C) en las regiones Niño, desde enero del 2020 hasta inicios de abril del 2020. Fuente: AVHRR NCEP/NOAA; procesamiento: DIHIDRONAV.

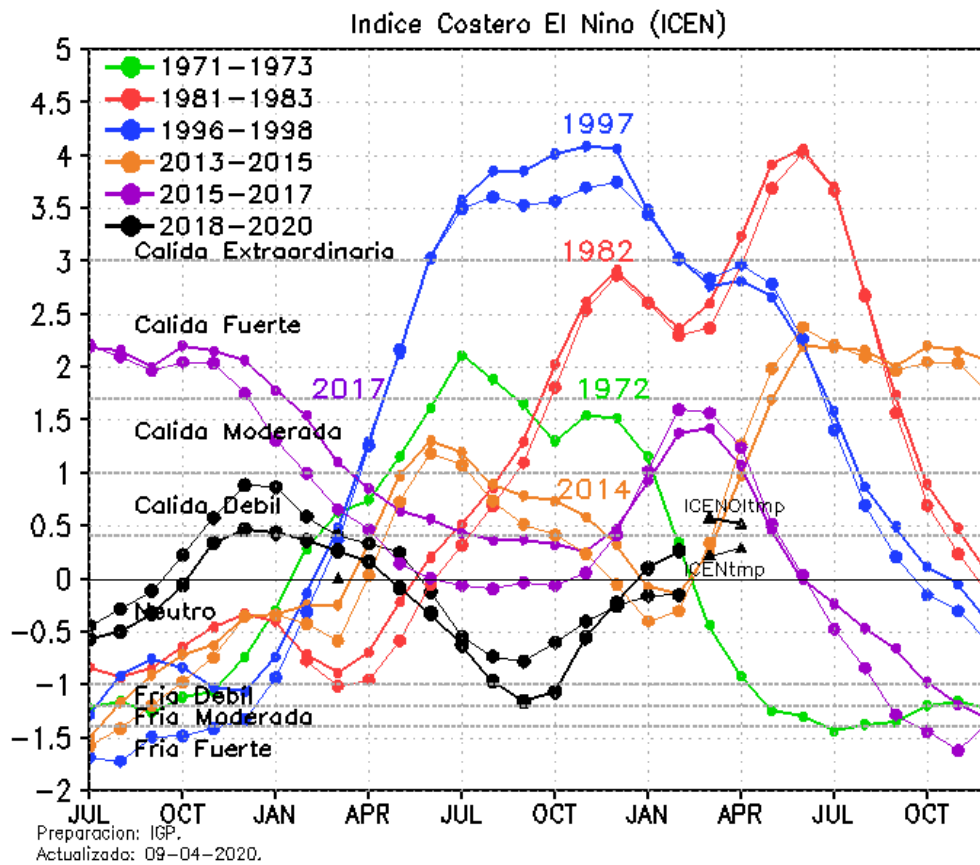


Figura 3. Variabilidad temporal del ICEN (líneas gruesas estimado con OISSTv2 y líneas delgadas con ERSSTv5) para los años 1971-1973 (verde), 1981-1983 (rojo), 1996-1998 (azul), 2013-2015 (anaranjado), 2015-2017 (morado), y 2019-2021 (negro). Fuente: IGP.

MARZO 2020

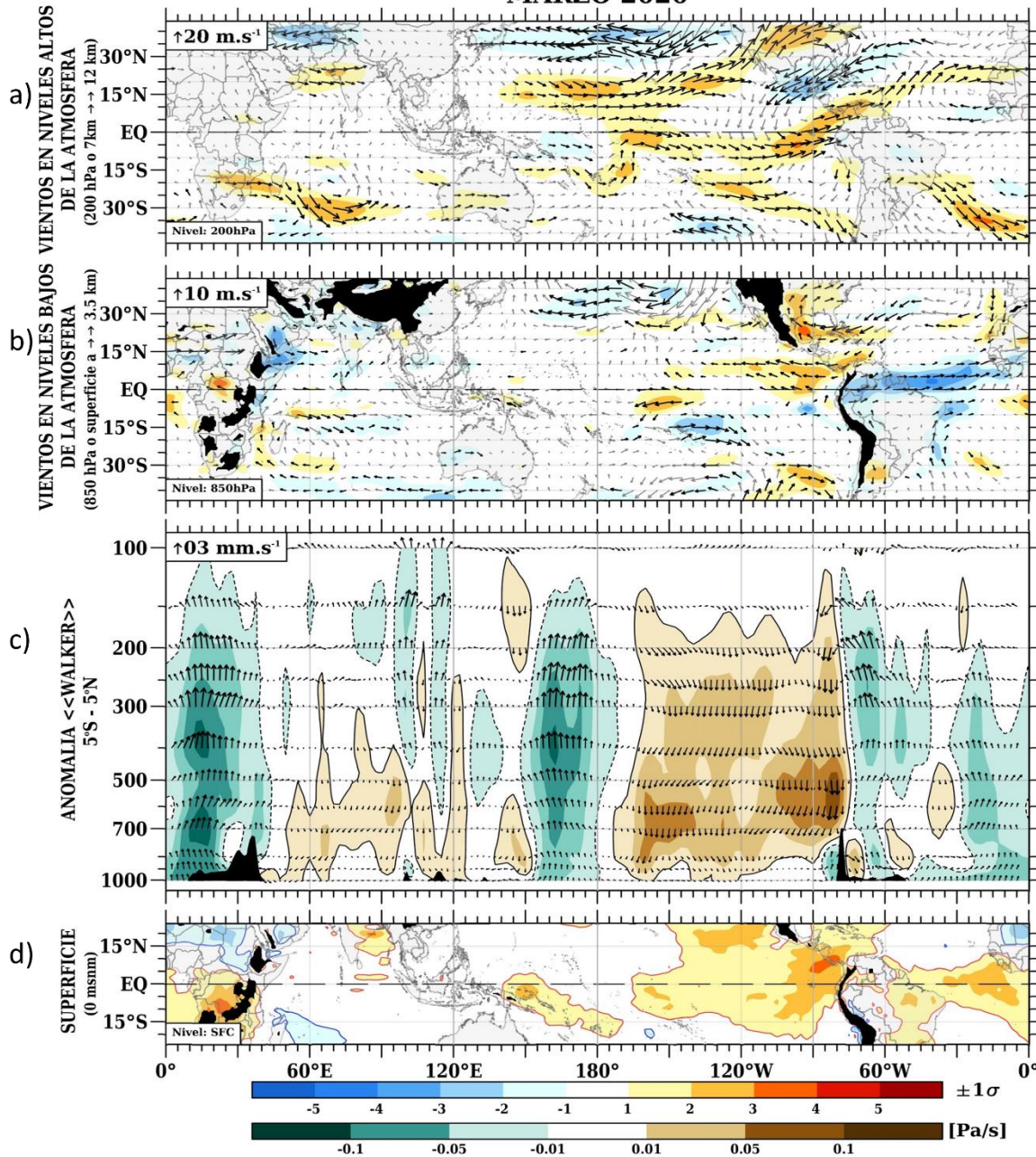


Figura 4. (a) Anomalías de los vientos (colores) y su dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) de la atmósfera para el mes de marzo del 2020. (c) Patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker) para el mes de marzo de 2020. (d) Anomalías de presión a nivel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

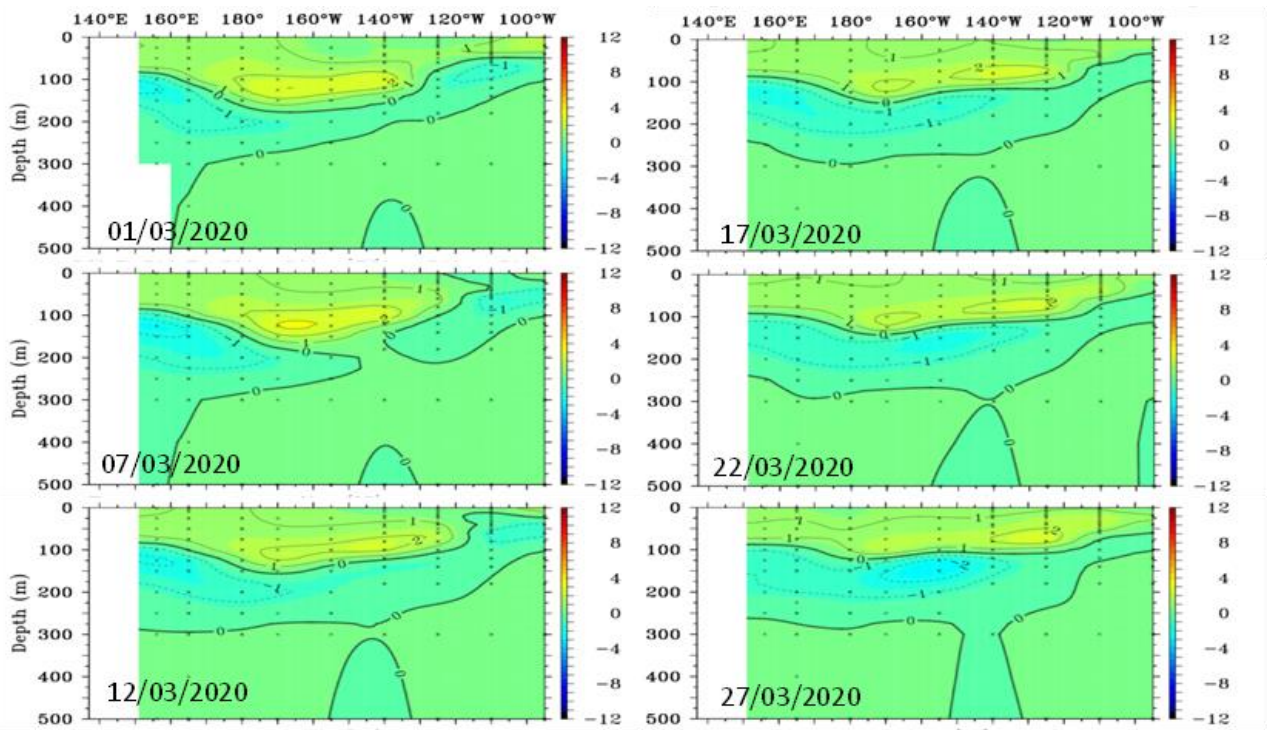


Figura 5. Anomalías de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) en la capa superior (0-500 m) del Pacífico Ecuatorial ( $2^{\circ}\text{S} - 2^{\circ}\text{N}$ ), en promedios de cinco días durante marzo de 2020 (las fechas indican el último día, los contornos están separados a  $1^{\circ}\text{C}$ ). Periodo base 1981-2010. Fuente TAO/TRITON, Adaptado PMEL/NOAA.



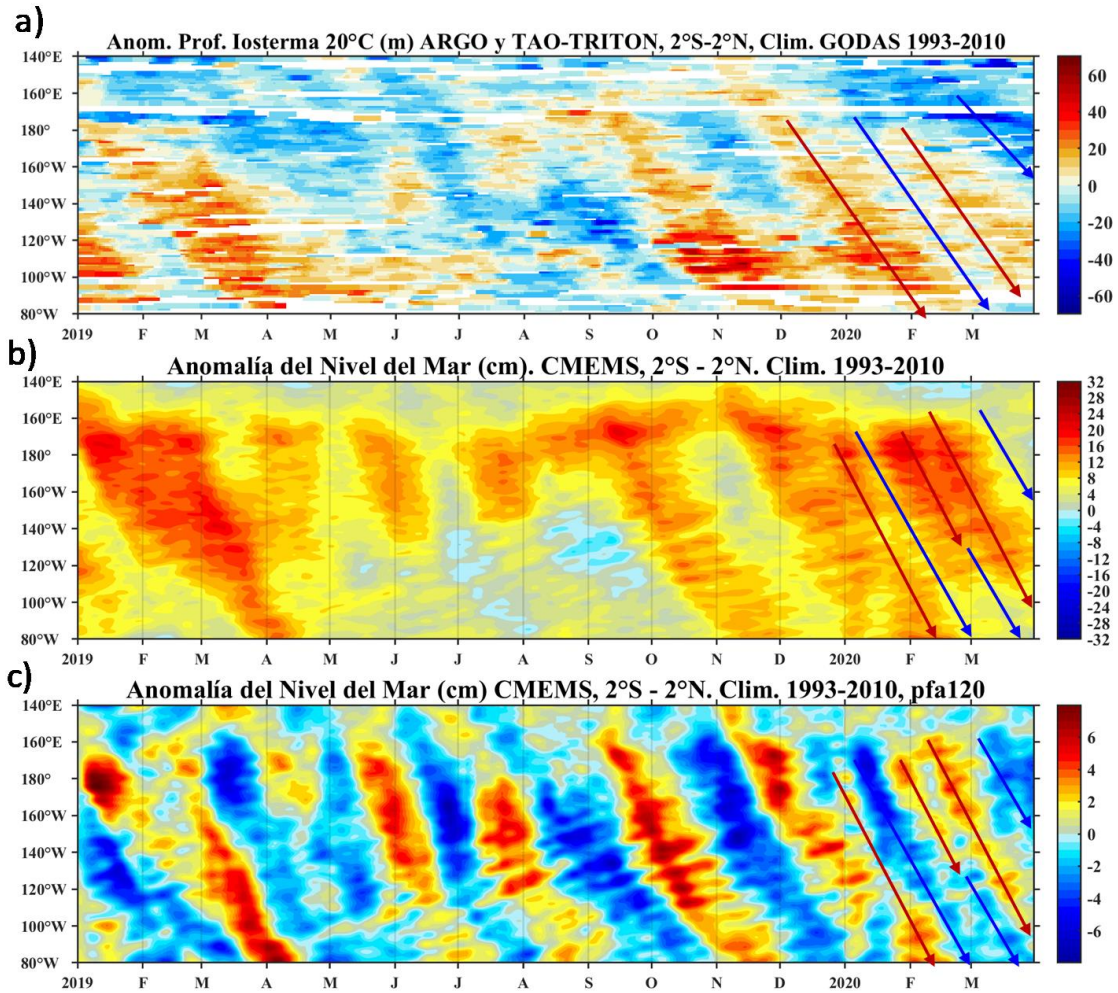


Figura 6. Diagrama Hovmöller de a) profundidad de la anomalía de la isoterma de 20°C (m) suavizado de 10 días, fuente: ARGO y TAO-TRITON, climatología: 1993-2010, b) anomalía del nivel medio del mar diario (cm) y c) anomalía del nivel del mar diario (cm) con un filtro pasa alto de 120 días, fuente: CMEMS v3.0, climatología: 1993-2010; ambos en el Pacífico Ecuatorial (140°W-80°W y 2°N-2°S). Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE. Las flechas rojas y azules indican el paso de ondas Kelvin cálidas y frías a través del Pacífico Ecuatorial.

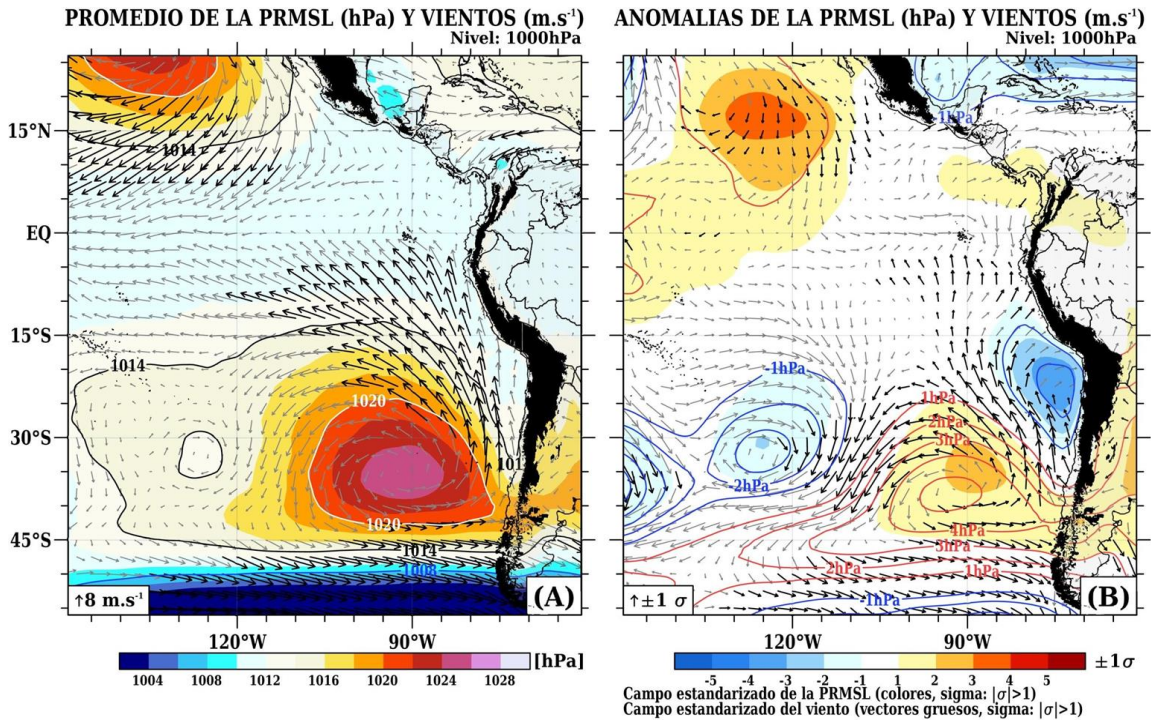


Figura 7. Promedio mensual (izquierda) y anomalías (derecha) de la presión reducida a nivel del mar (PRMSL, colores) y vientos (flechas) para marzo 2020. Procesamiento: SENAMHI.

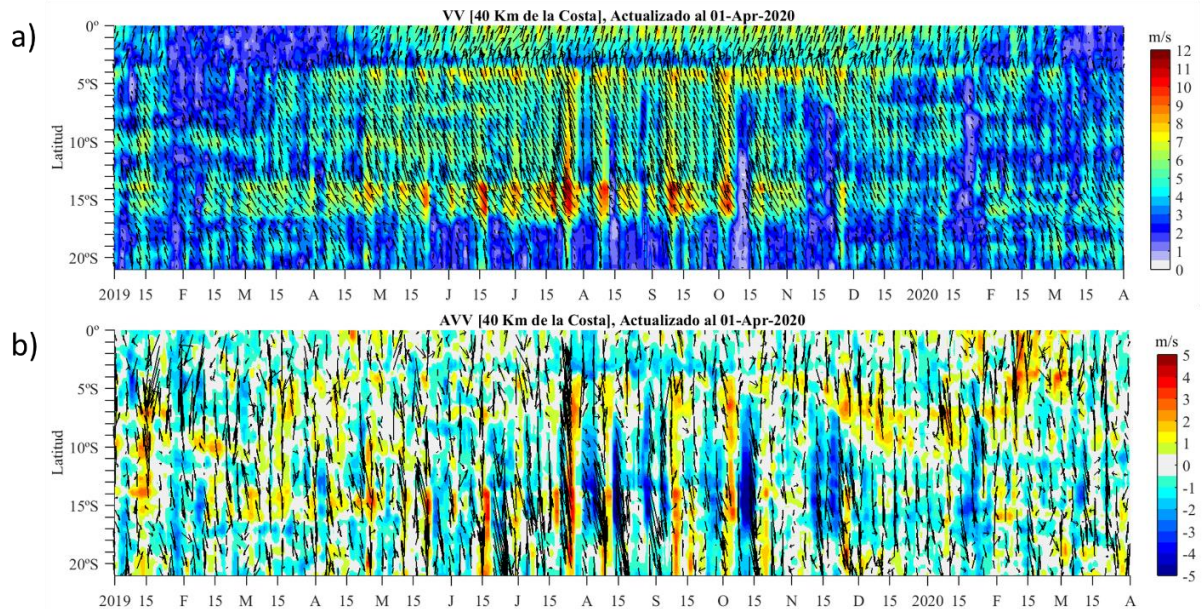


Figura 8. a) Velocidad del viento (m s<sup>-1</sup>), y b) anomalía del viento (m s<sup>-1</sup>), desde los 0° hasta 20°S en el periodo durante los últimos 5 meses. Los vectores representan la dirección del viento y anomalía de la dirección del viento, respectivamente. Actualizado al 31 de marzo. Datos: ASCAT. Procesamiento: SENAMHI.

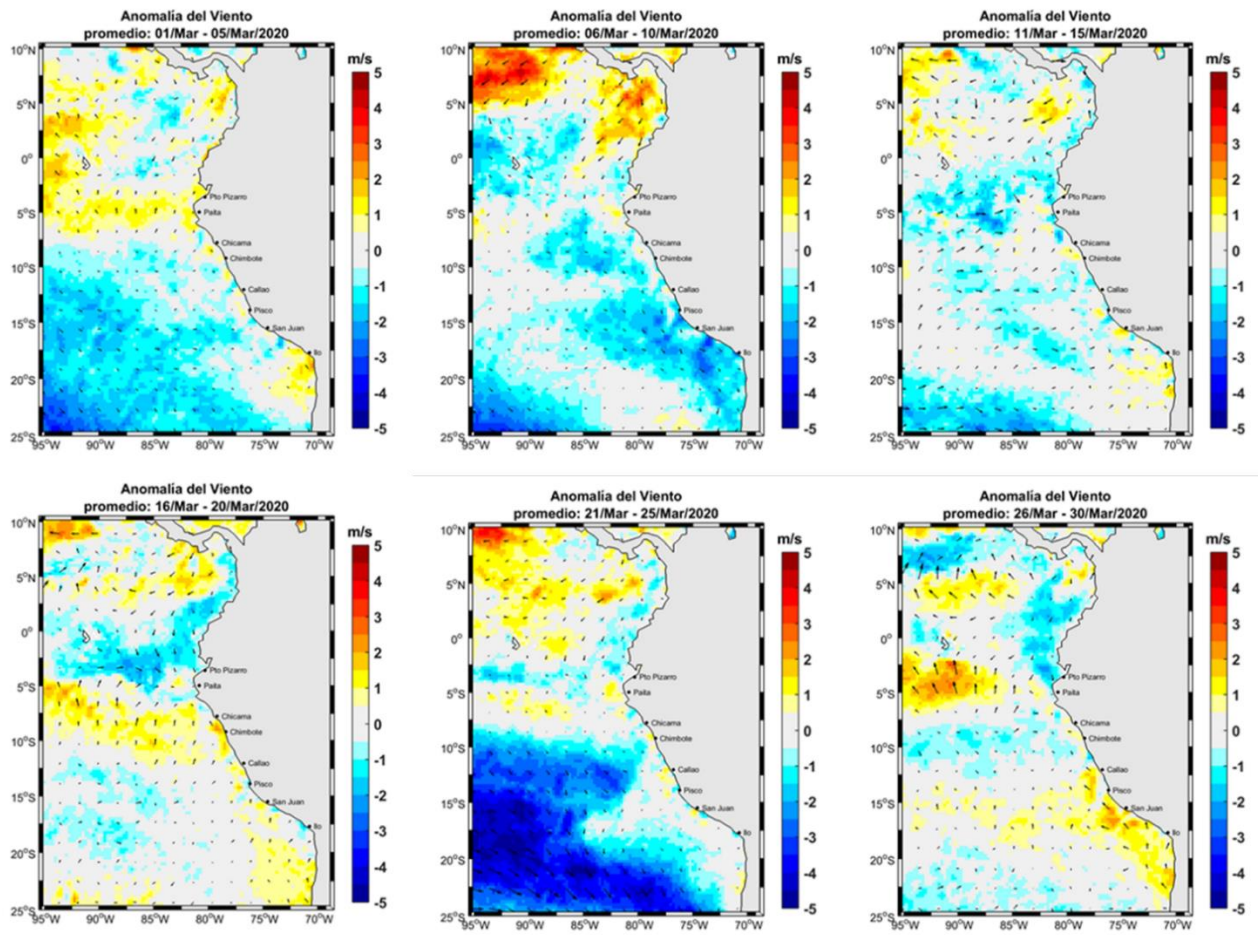


Figura 9. Mapas de anomalía de la velocidad del viento frente a la costa peruana, durante el mes de marzo del 2020. Actualizada hasta el 30/03/2020. Fuente: Satélite ASCAT. Procesamiento: IMARPE.

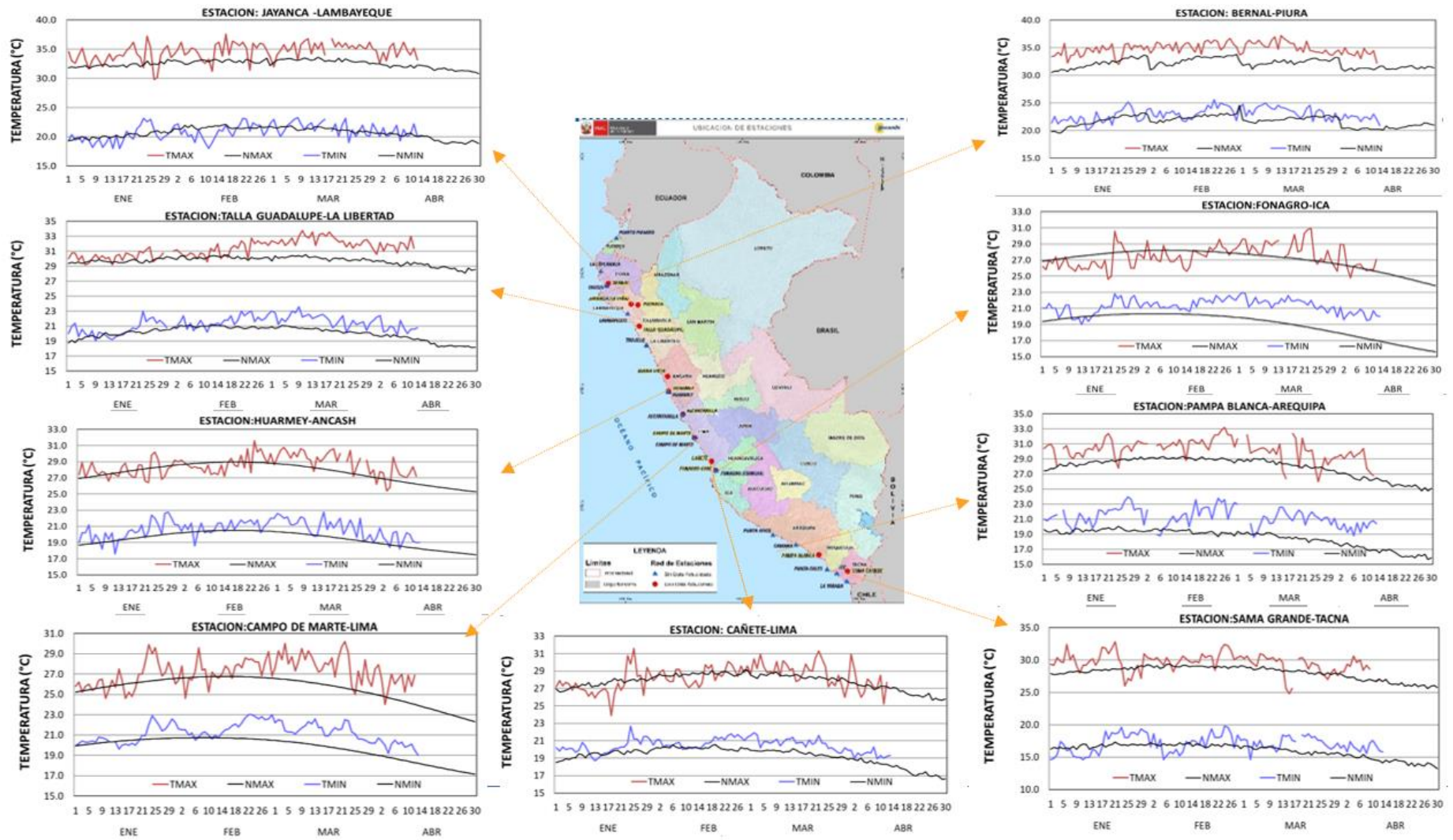
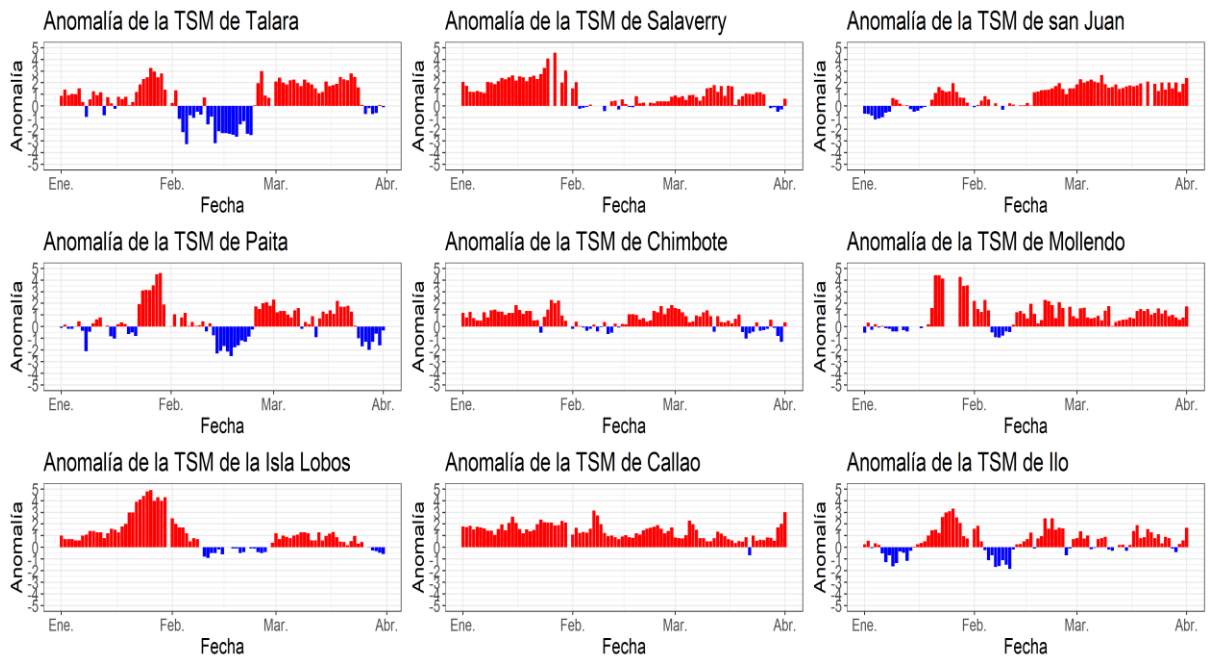
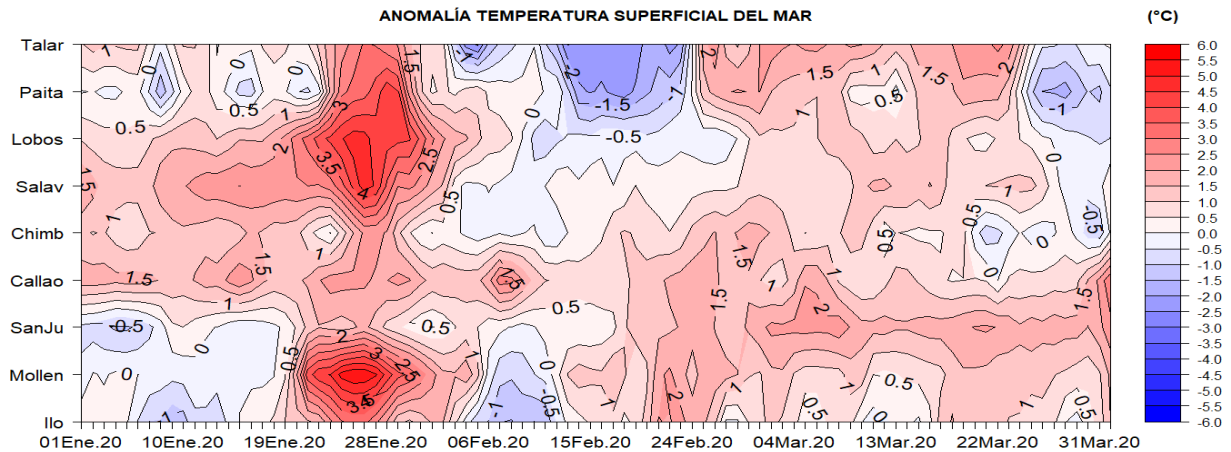


Figura 10. Temperaturas del aire máxima (línea roja) y mínima (línea negra) en las estaciones costeras de SENAMHI.



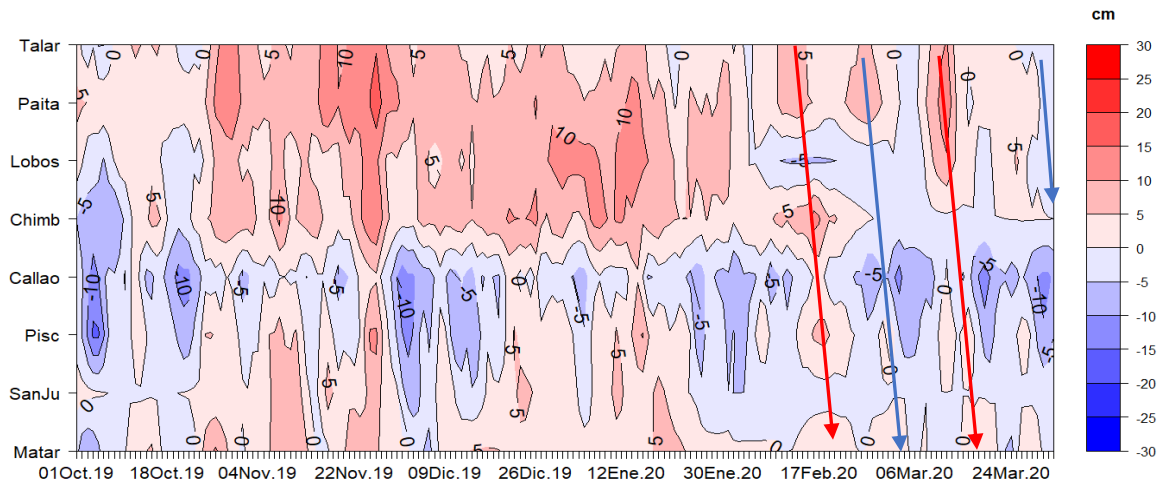
a)



b)

Figura 11. Anomalia de TSM diaria a lo largo de la costa peruana durante los últimos 3 meses, a) serie y b) hövmoller. Actualizado al 31 de marzo. Fuente: DIHIDRONAV, climatología: 1981-2010

a)



b)

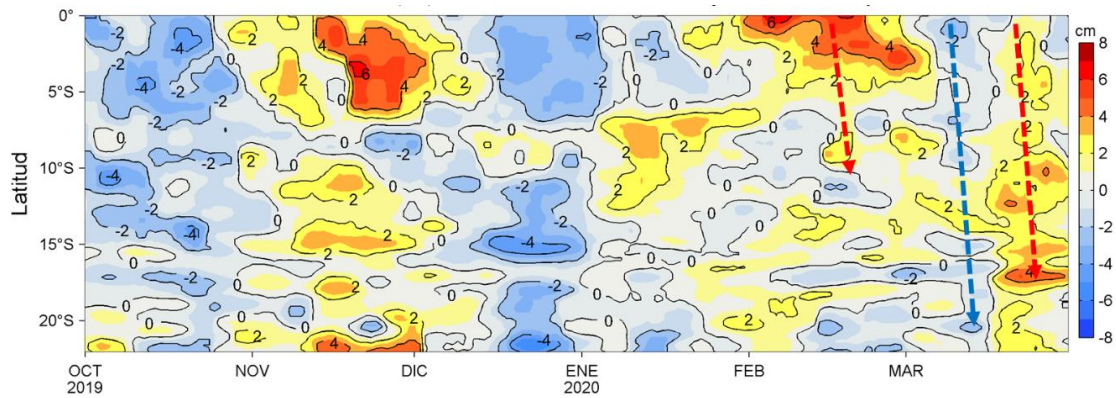


Figura 12. Anomalías del NMM, actualizados al 31 de marzo del 2020: a) Diagrama Hovmöller durante el último semestre en estaciones costeras de la DIHIDRONAV y b) Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel del mar diario (cm) con un filtro pasa alto de 120 días, para una franja de 60 m.n. (~111 km) adyacente al litoral peruano. Fuente: CMEMS v3.0; Climatología: 1993-2012. Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE

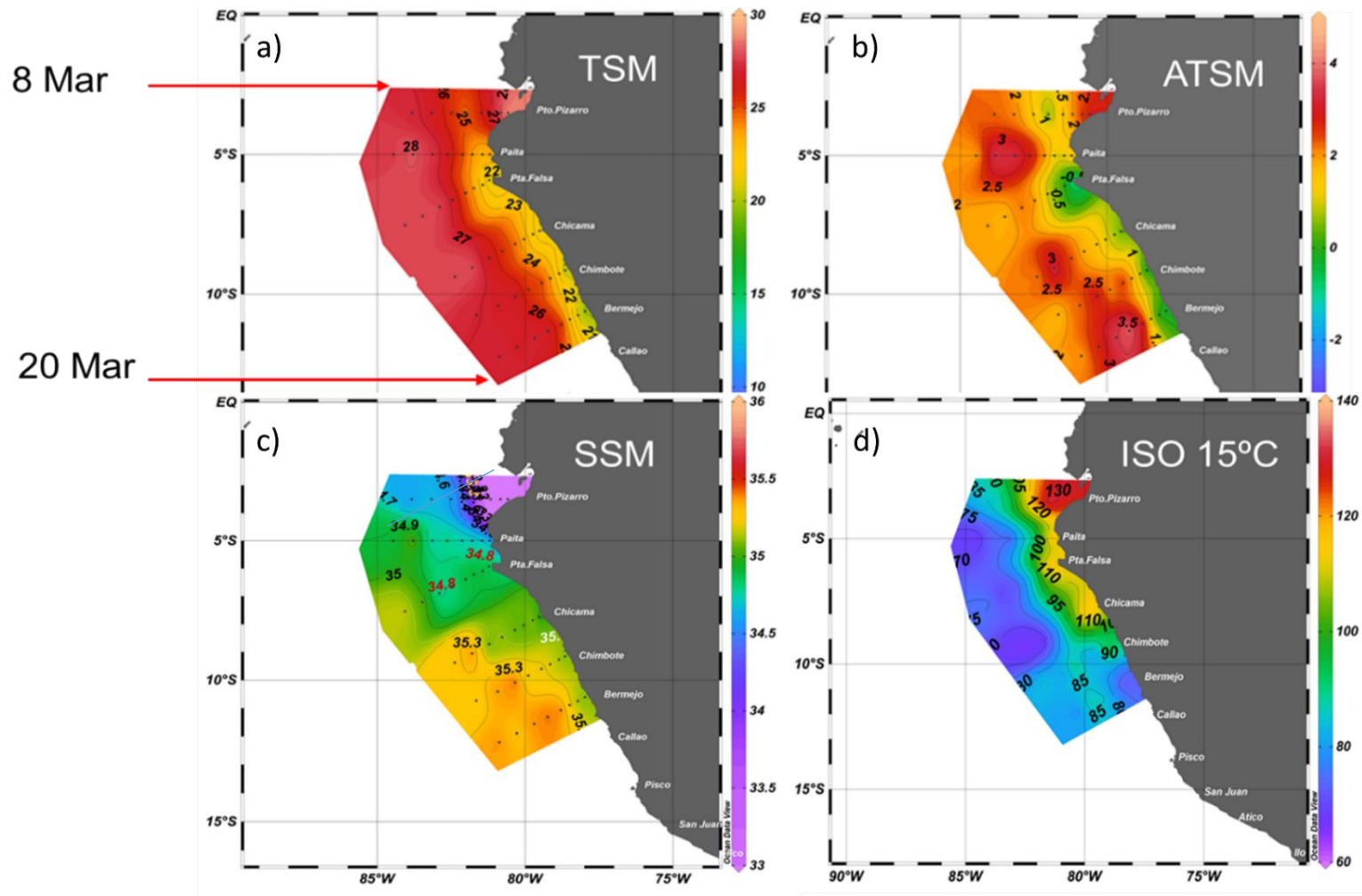


Figura 13. Condiciones oceanográficas registradas durante el Crucero de investigación realizado por DIHIDRONAV. Las variables mostradas son: a) TSM ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) anomalías de TSM ( $^{\circ}\text{C}$ ), c) Salinidad superficial del mar (ups), y d) profundidad de la isoterma de  $15^{\circ}\text{C}$  (metros).

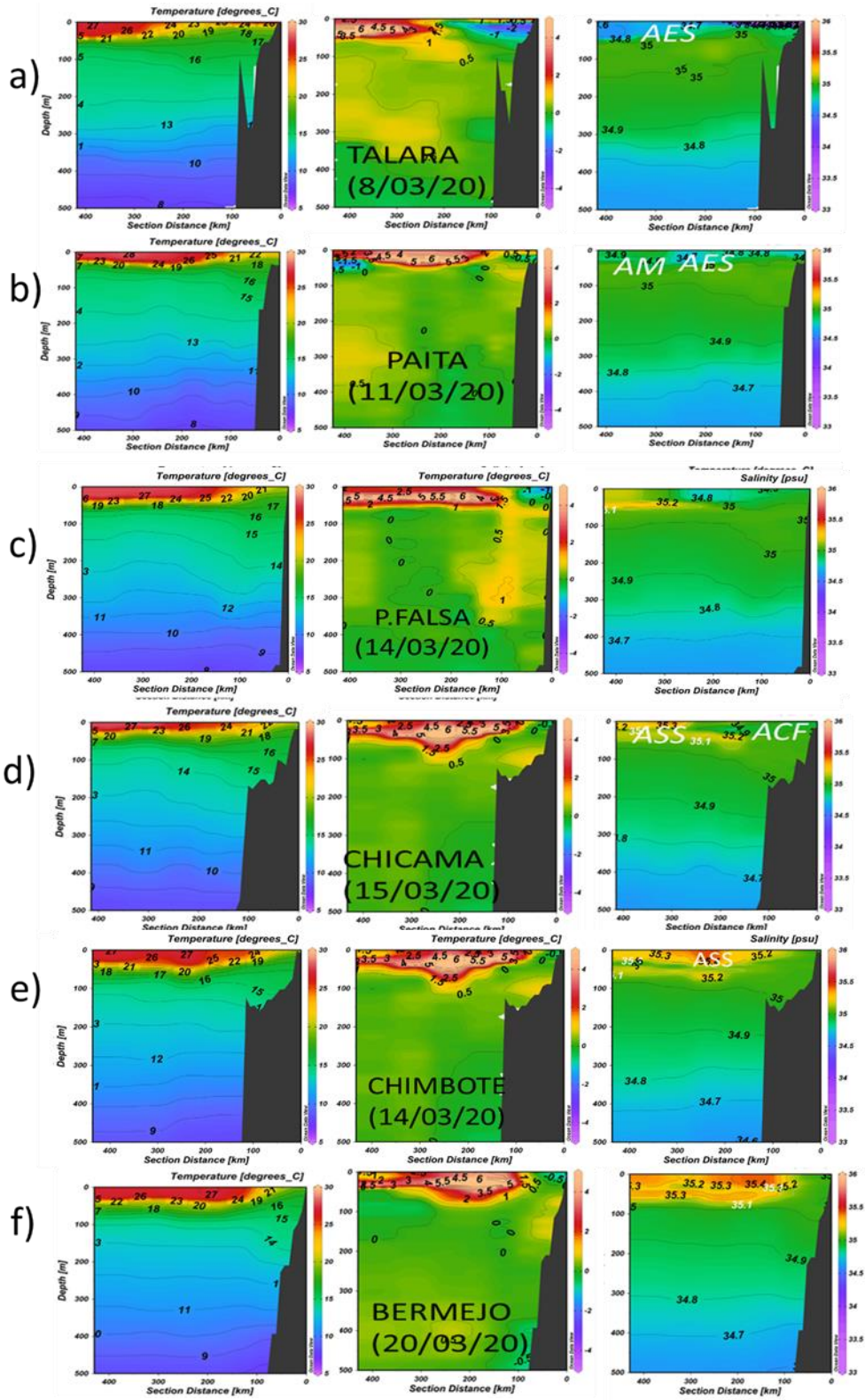


Figura 14. Secciones oceanográficas realizadas durante el Crucero de investigación realizado por DIHIDRONAV. Se muestra la temperatura (°C, izquierda), anomalías de temperatura (°C, centro) y salinidad (ups, derecha) en Talara (a), Paíta (b), Punta Falsa (c), Chicama (d), Chimbote (e) y Punta Bermejo (f). Fuente: DIHIDRONAV.



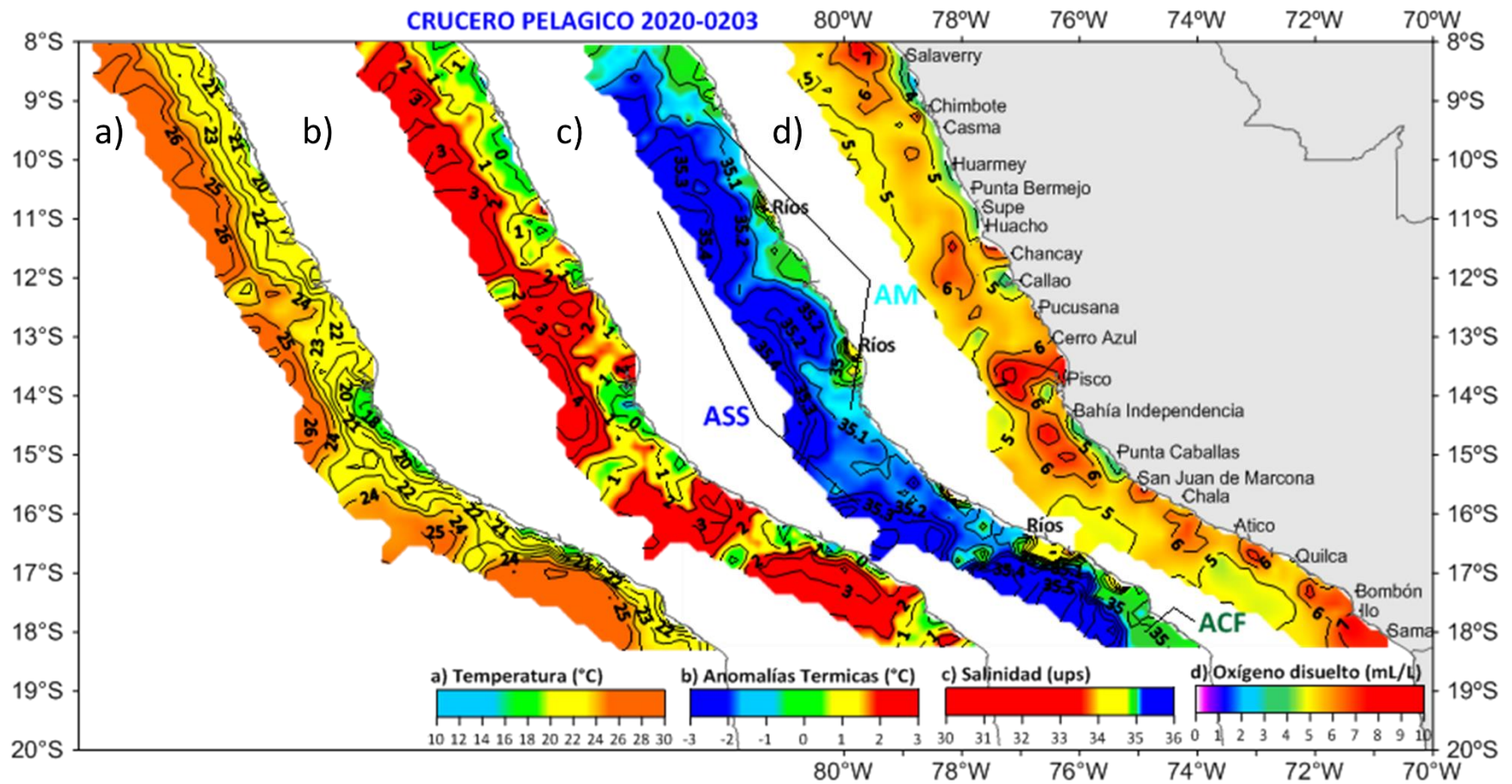


Figura 15. Distribución de: a) TSM ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) ATSM ( $^{\circ}\text{C}$ ), c) SSM (ups), y d) Oxígeno superficial ( $\text{mL L}^{-1}$ ). Datos: Cr. Pelágico 2020-0203. BIC Flores. BIC Olaya. BIC Humboldt. La figura representa las observaciones entre el 01 y 27 de marzo 2020. Fuente: IMARPE.

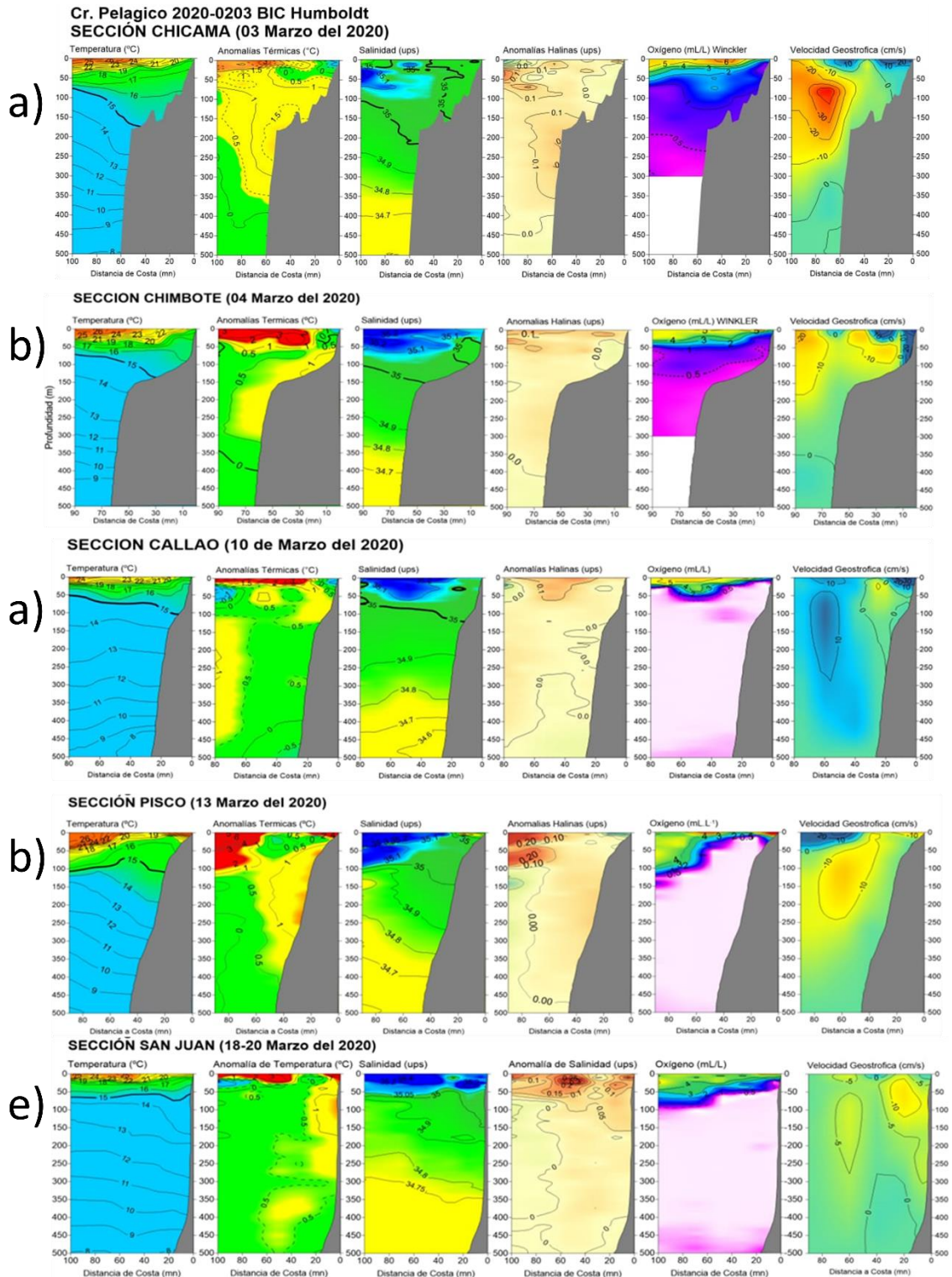
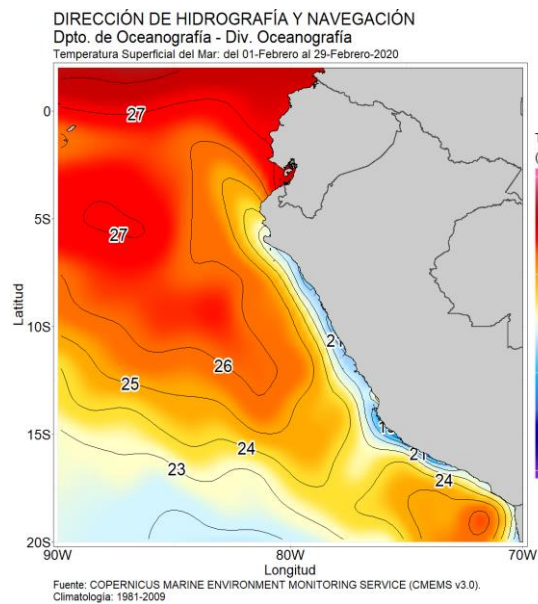
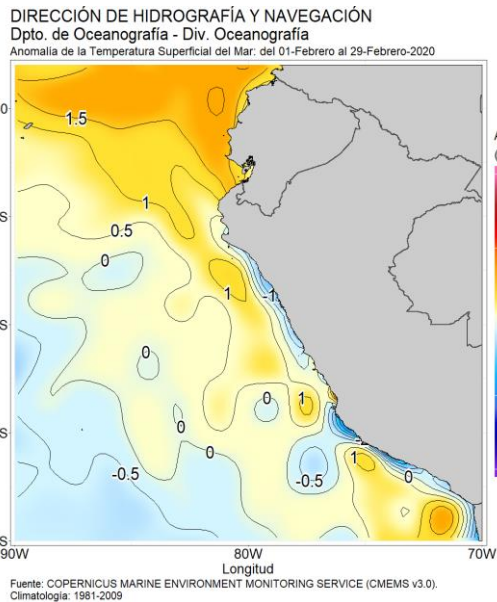


Figura 16. Secciones oceanográficas de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), anomalía térmica ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (ups), anomalía halina (ups) y velocidad geostrofica ( $\text{cm s}^{-1}$ ) hasta 500 m frente a Chicama (a), Chimbote (b), Callao (c), Pisco (d) y San Juan (e), registrada durante el “Crucero de evaluación hidro-acústica de recursos pelágicos 2020-0203”, a bordo del BIC Humboldt y BIC Olaya. Fuente: IMARPE.

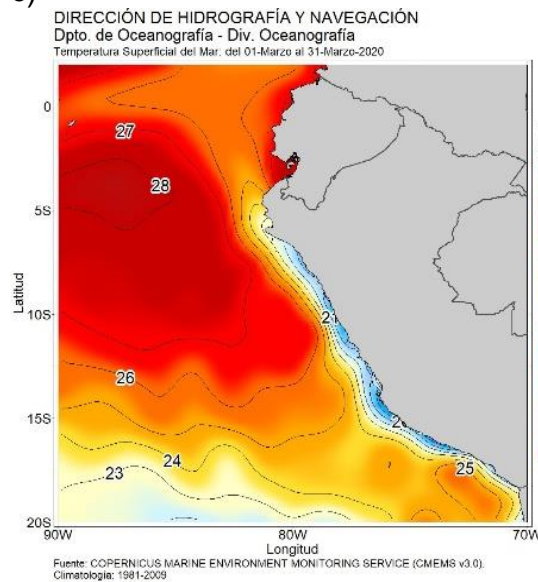
a)



b)



c)



d)

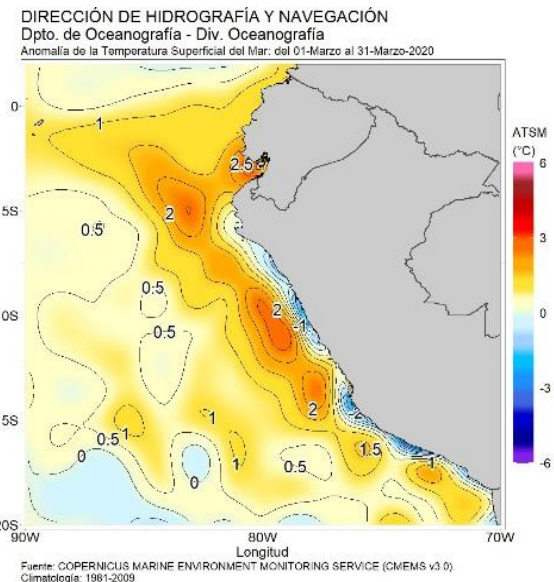


Figura 17. Mapas de temperatura y anomalía superficial del mar frente a la costa peruana, durante el mes de marzo del 2020. Fuente: CMEMS v3.0. Procesamiento: DIHIDRONAV.

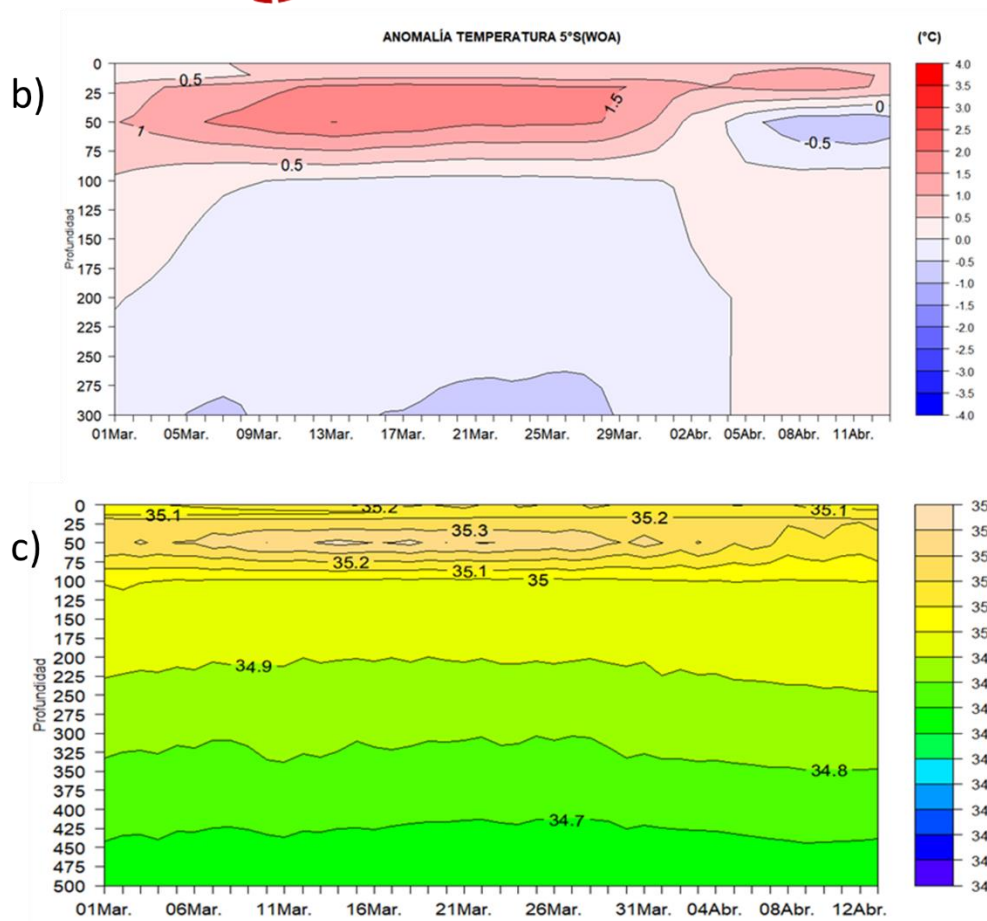


Figura 18. Ubicación de la boya NAYLAMP (a) y evolución temporal del perfil de las anomalías de temperatura (°C) (b) y la salinidad (ups) (c) durante el último mes, actualizado al 13 de abril hasta los 500 m de profundidad. Procesamiento: DIHIDRONAV. Climatología: WOA 1981-2010.

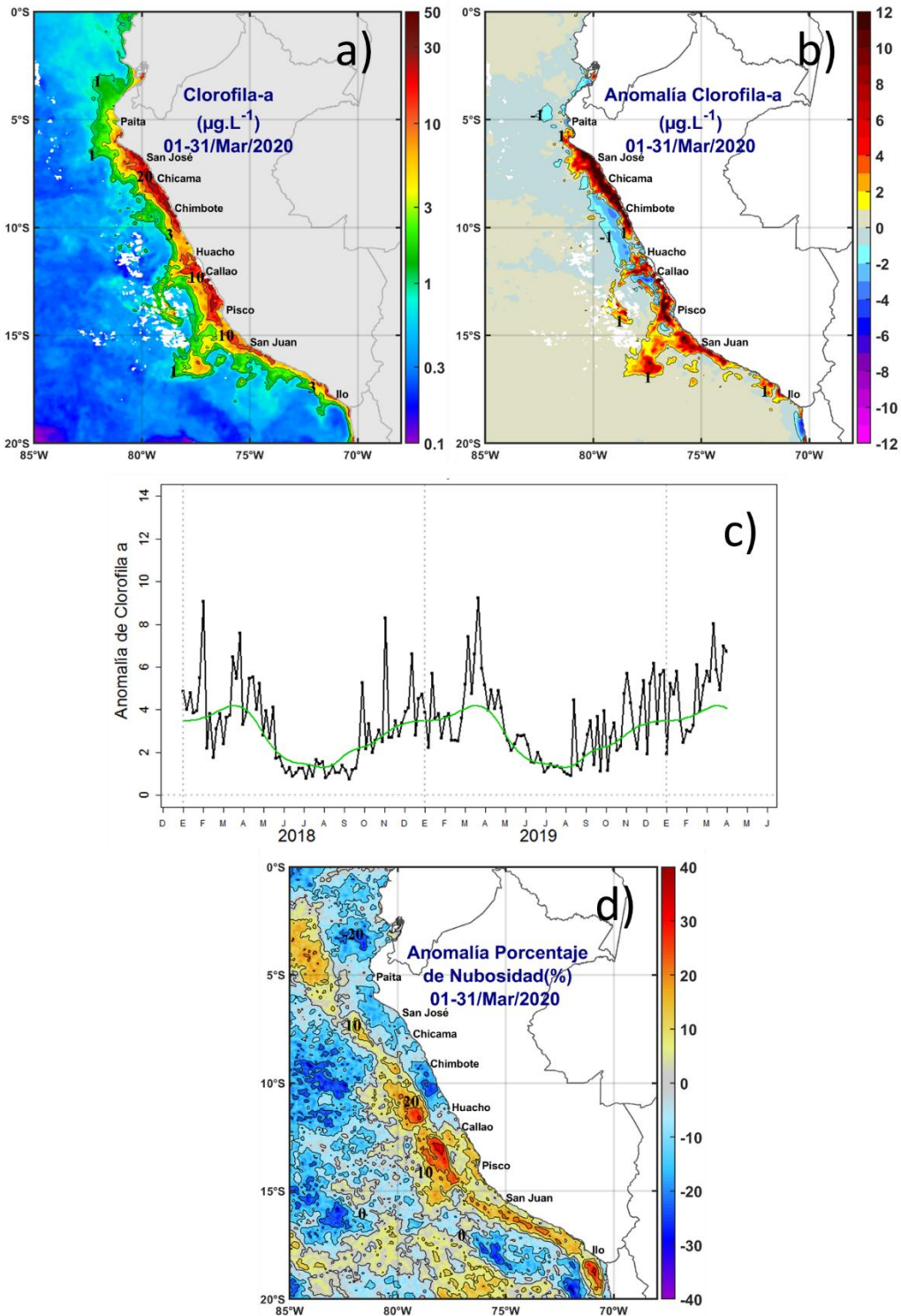


Figura 19. Mapa de la concentración (a) y anomalía (b) de clorofila-a satelital proveniente de MODIS-AQUA, VIIRS-SNPP durante marzo 2020 ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ). Serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (línea negra) y su climatología (línea verde) proveniente de MODIS ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) entre  $4^{\circ}\text{S}$ - $16^{\circ}\text{S}$  y dentro de los 100 km de la costa (c), Promedio de las anomalías del porcentaje de nubosidad (d). Fuente: IMARPE.

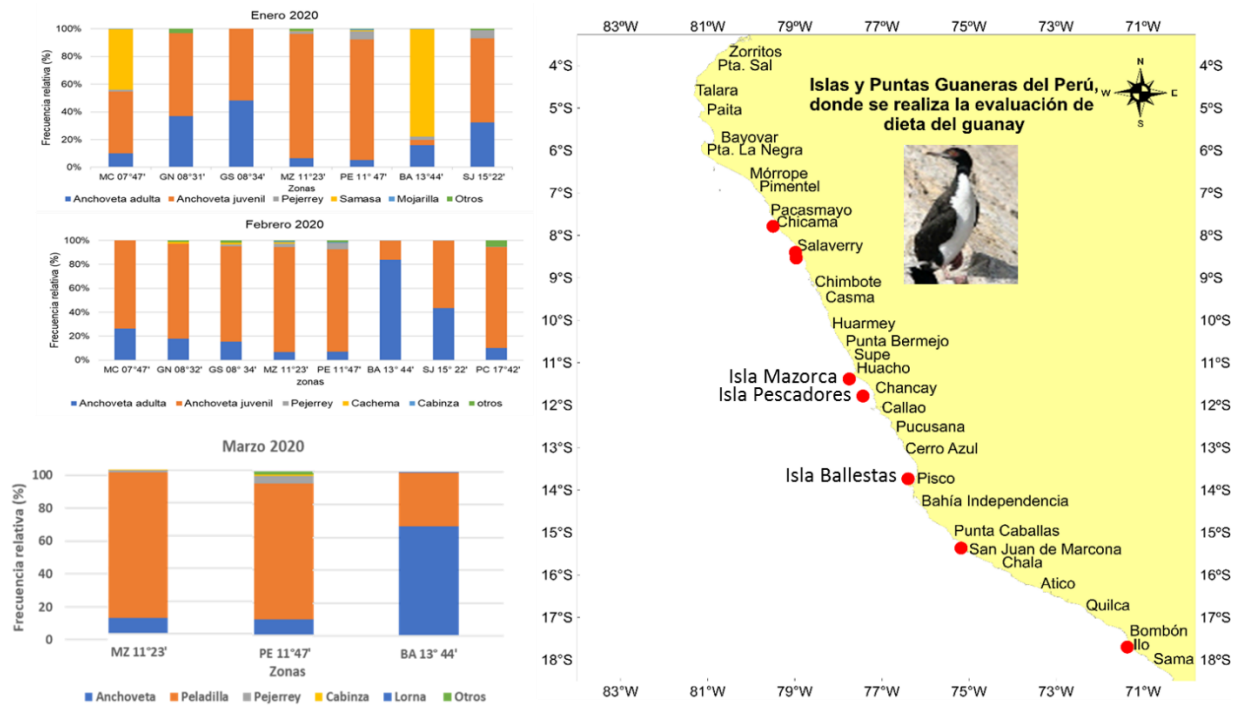


Figura 20. Variación latitudinal mensual de la composición por especies de la dieta del guanay a lo largo de la costa durante marzo 2020 (izquierda) y en el mapa (derecha) se encuentran nombradas las islas muestreadas: Isla Mazorcas, Isla Pescadores e Isla Ballestas. Fuente: IMARPE.

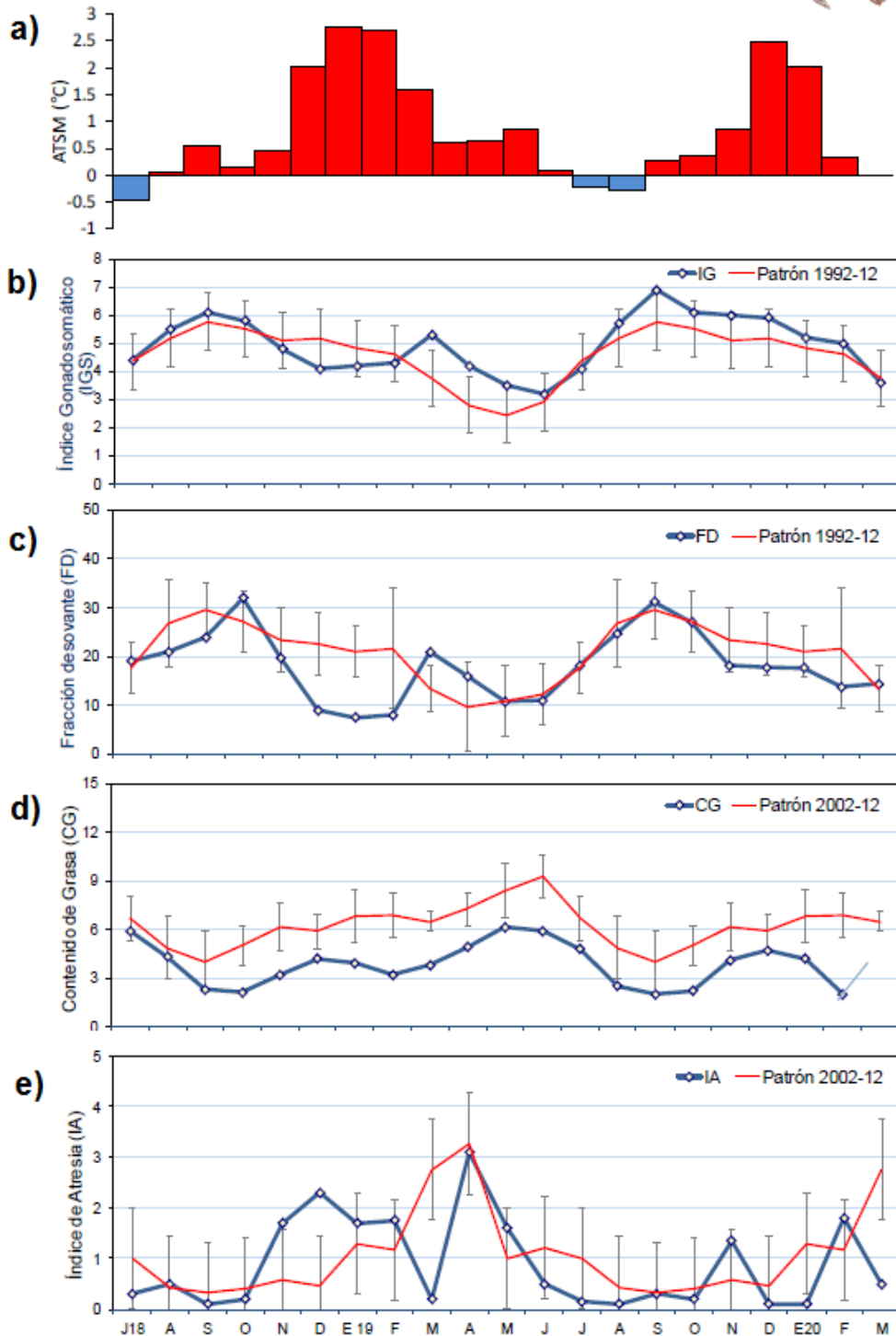


Figura 21. a) Anomalía de la TSM (°C) en Chicama. Indicadores reproductivos: b) Índice Gonadosomático (IGS), c) Fracción Desovante (FD), d) contenido graso, y e) Índice de atrésia del stock norte-centro del recurso anchoveta. Serie mensual: julio 2018 – marzo 2020. Fuente: IMARPE.

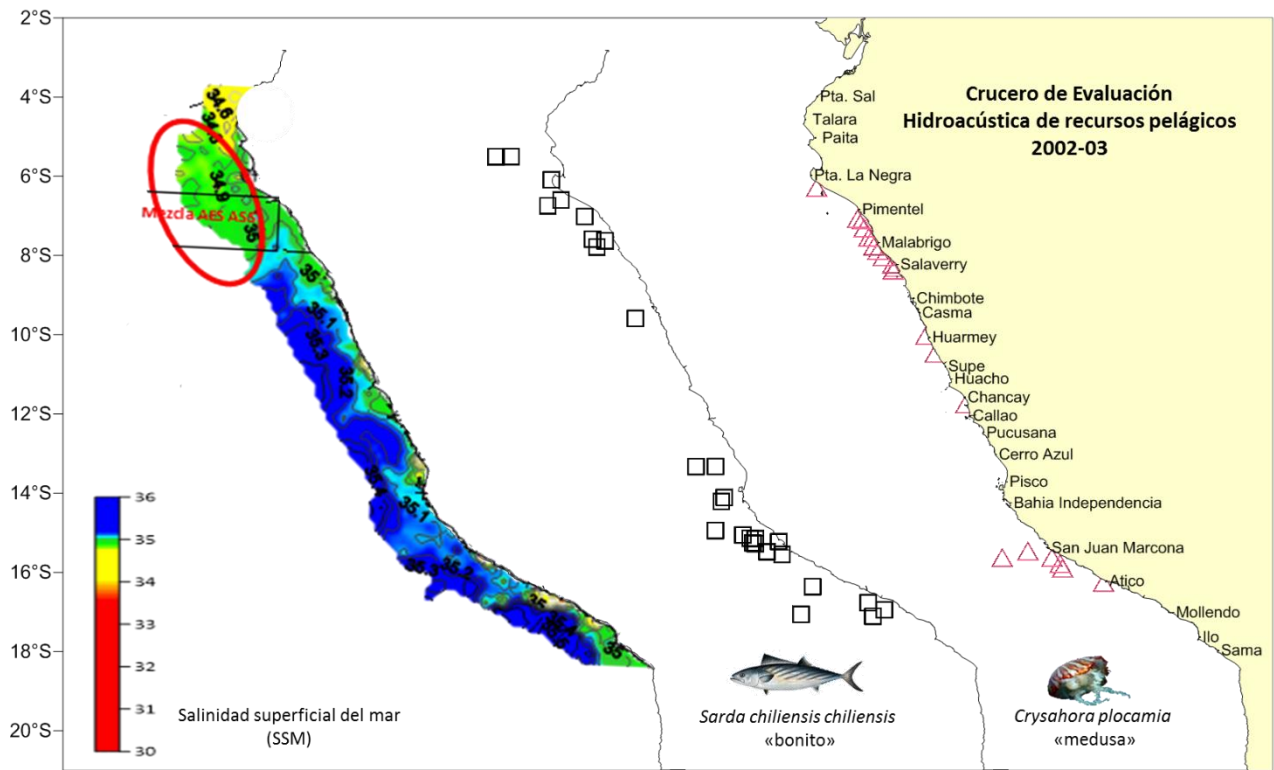


Figura 22. Salinidad superficial (izquierda) y especies indicadoras como el bonito (centro) y la medusa (derecha) observadas durante el “Crucero de Evaluación Hidro-acústica de recursos pelágicos 2002-03”. Fuente: IMARPE.



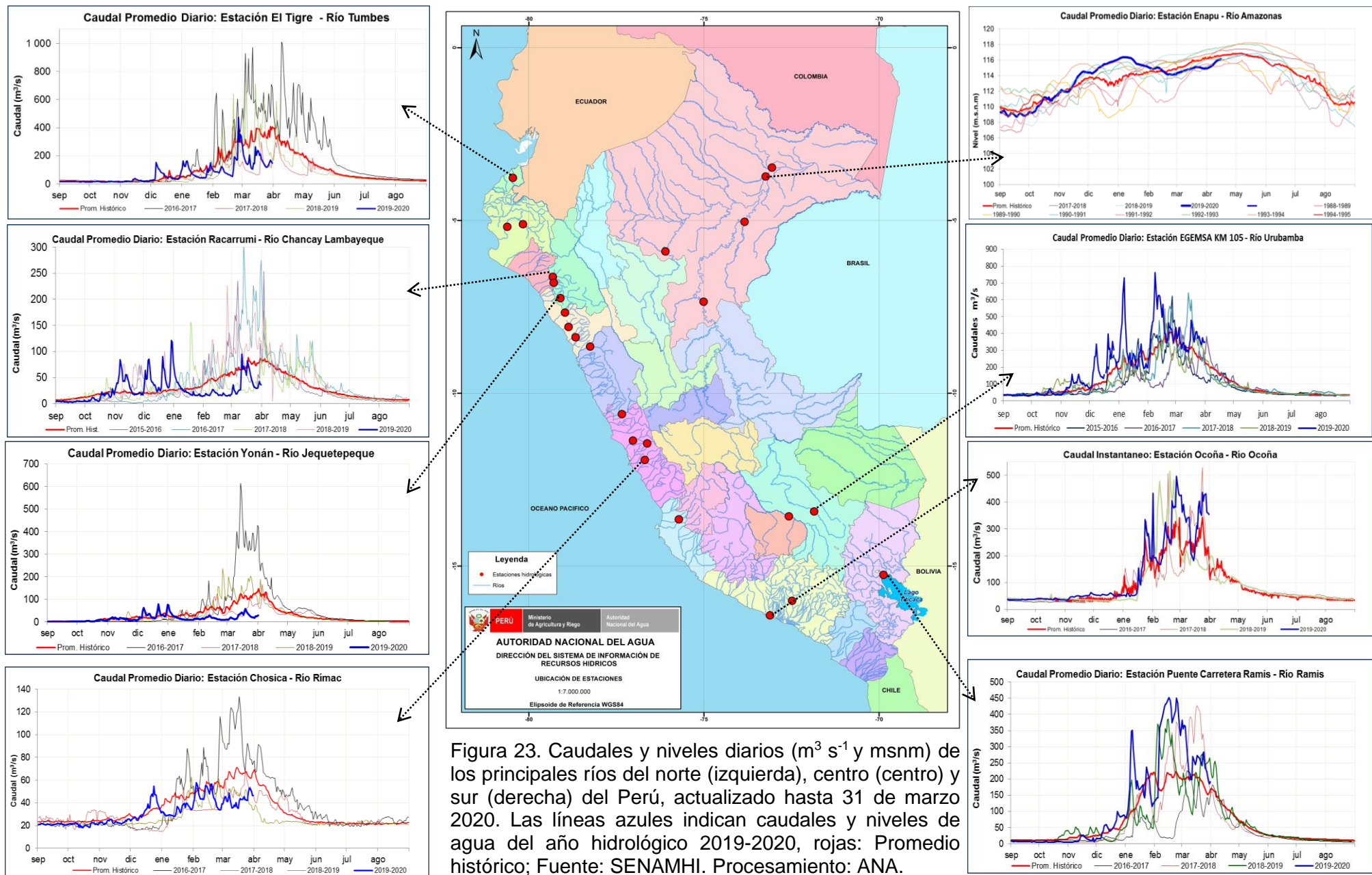


Figura 23. Caudales y niveles diarios ( $m^3 s^{-1}$  y msnm) de los principales ríos del norte (izquierda), centro (centro) y sur (derecha) del Perú, actualizado hasta 31 de marzo 2020. Las líneas azules indican caudales y niveles de agua del año hidrológico 2019-2020, rojas: Promedio histórico; Fuente: SENAMHI. Procesamiento: ANA.

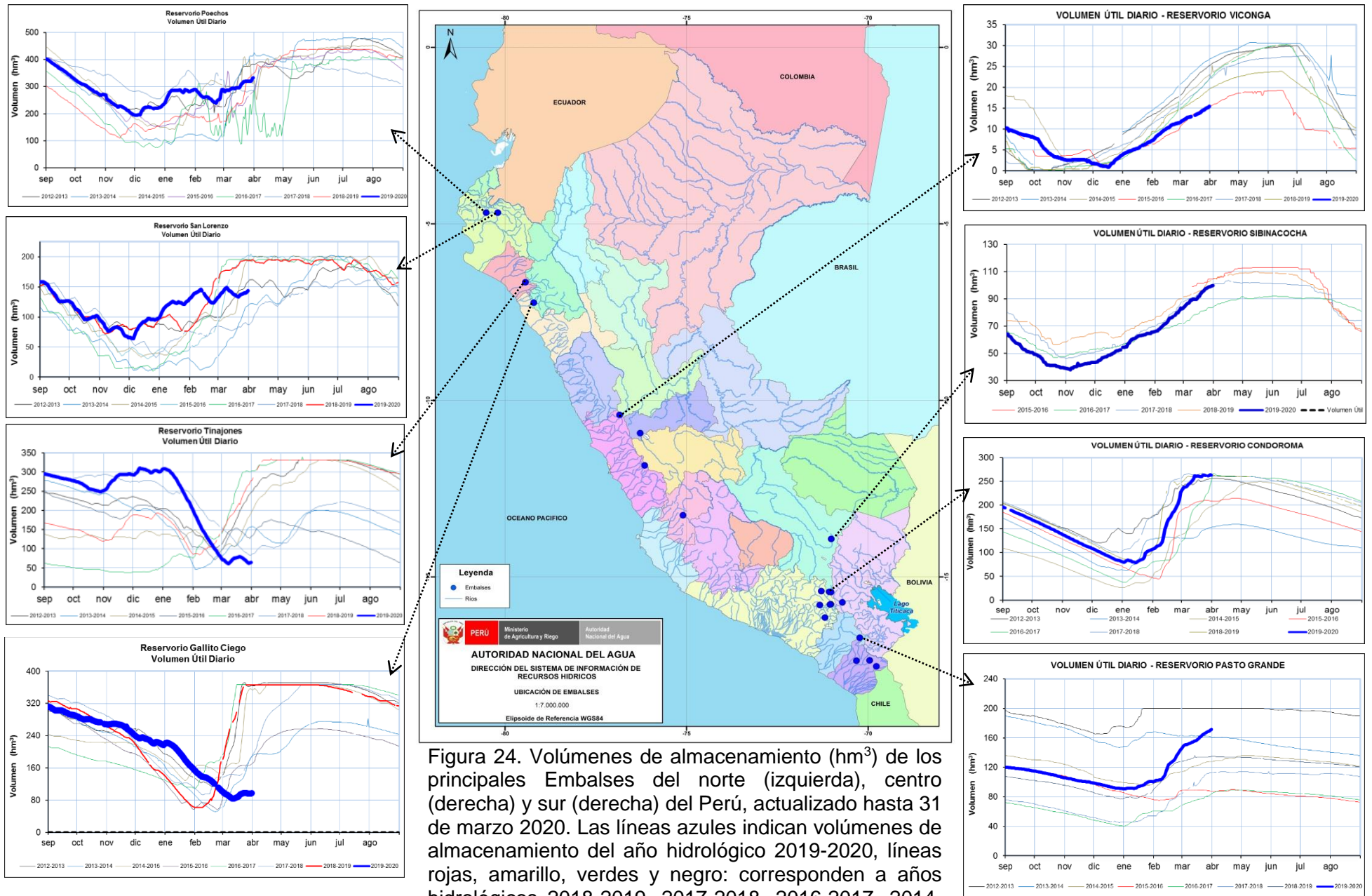


Figura 24. Volúmenes de almacenamiento ( $\text{hm}^3$ ) de los principales Embalses del norte (izquierda), centro (derecha) y sur (derecha) del Perú, actualizado hasta 31 de marzo de 2020. Las líneas azules indican volúmenes de almacenamiento del año hidrológico 2019-2020, líneas rojas, amarillo, verdes y negro: corresponden a años hidrológicos 2018-2019, 2017-2018, 2016-2017, 2014-2015. Fuente: PE Chira-Piura, JU's San Lorenzo, Chancay Lambayeque, AUTODEMA, GORE PERPG, EGESUR. Procesamiento: ANA.

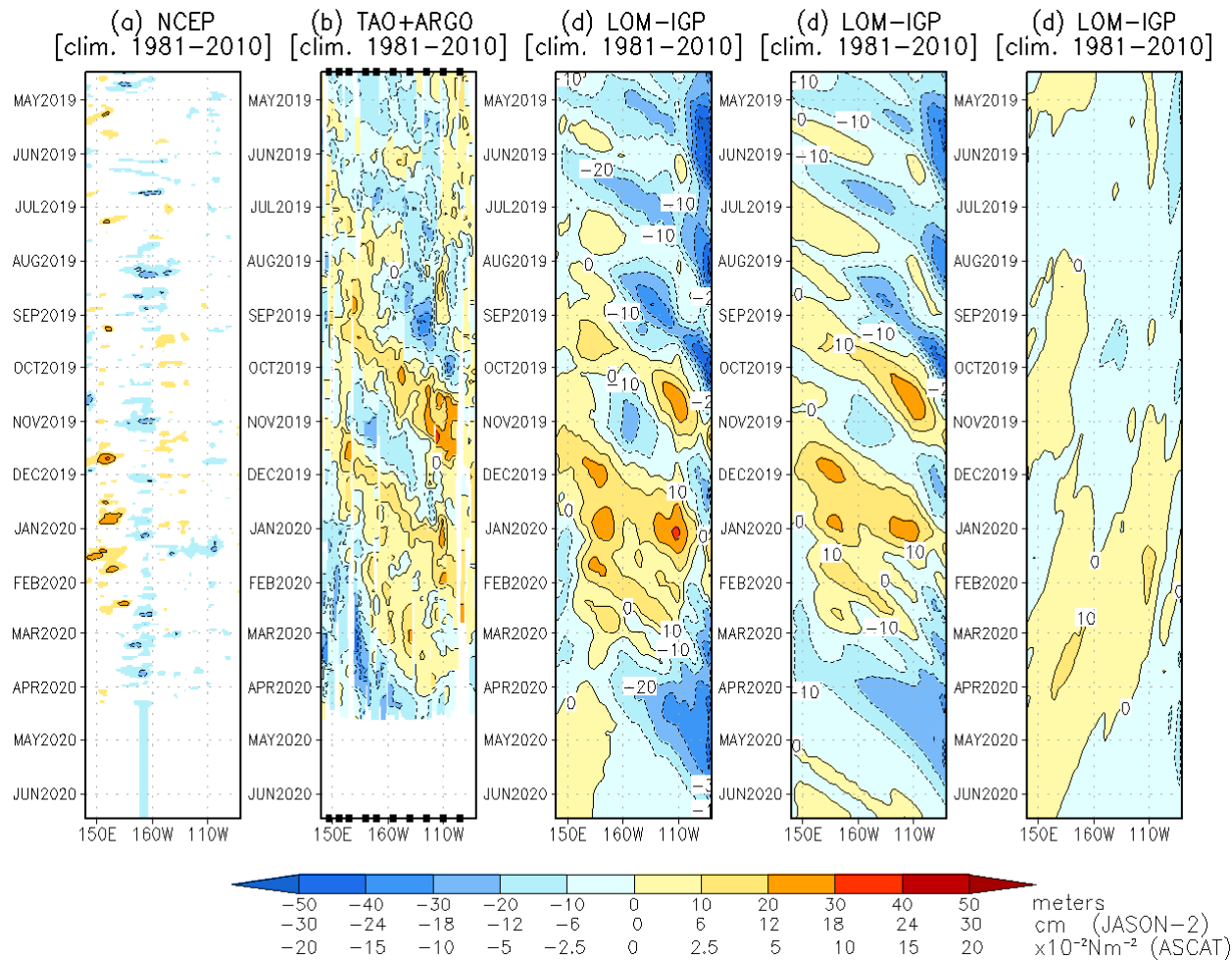


Figura 25. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos NCEP (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C con datos de los derivadores de Argo (b), y, por otro lado, la suma de los componentes Kelvin + Rossby (c), la componente Kelvin (d) y la componente Rossby de las simulaciones de las ondas Kelvin en el Océano Pacífico ecuatorial del Modelo oceánico lineal (LOM-IGP). Fecha de inicio del pronóstico: 12 de abril. Procesamiento: IGP

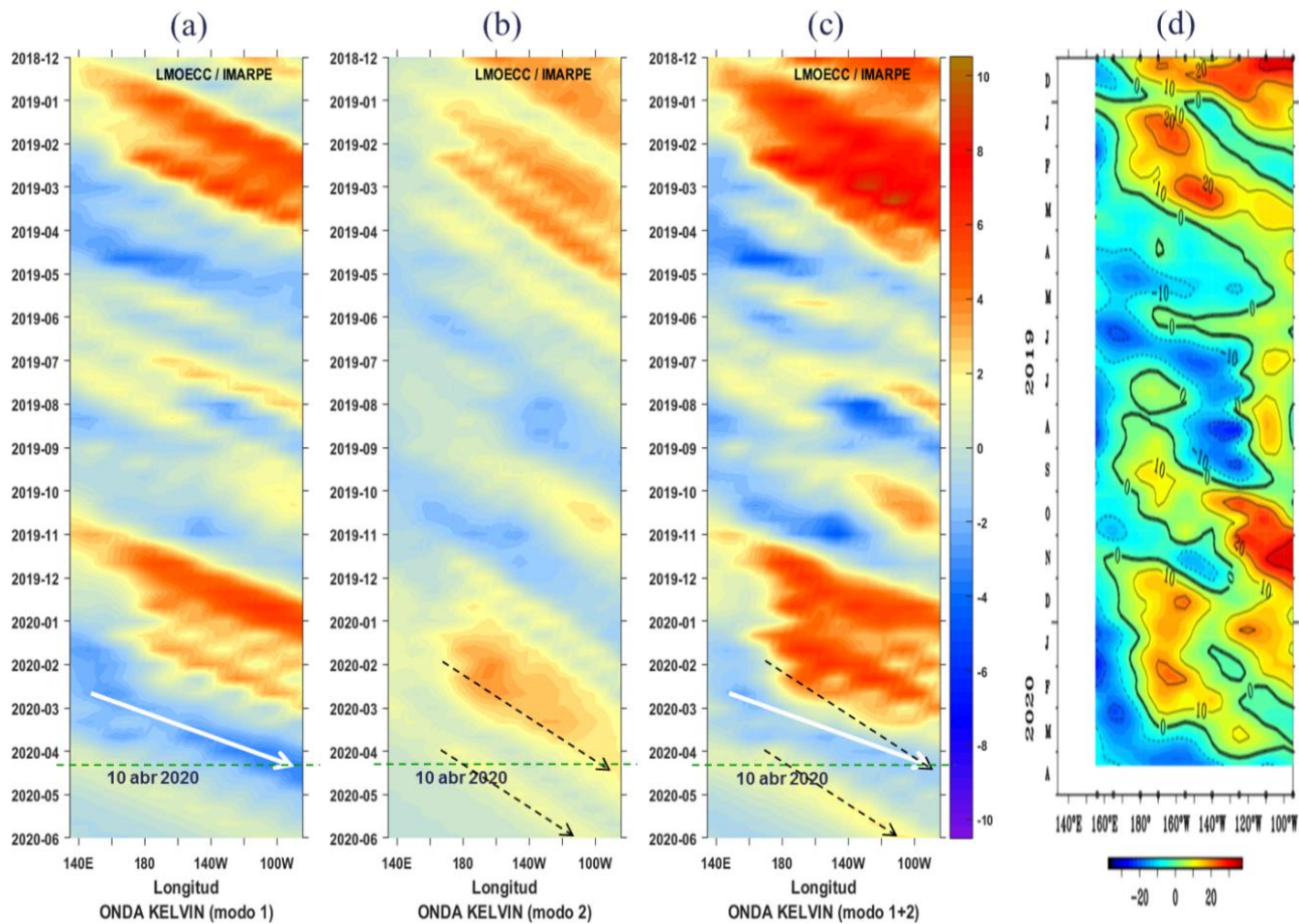


Figura 26. Diagrama Hovmöller de longitud-tiempo de las ondas Kelvin oceánicas en el Pacífico ecuatorial: (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modo 1+ Modo 2. El modelo fue forzado con información de NCEP. La línea discontinua horizontal de color verde indica el inicio del pronóstico sin el forzante de viento; fecha inicial del pronóstico; 10 de abril. 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 TAQ/TRITON | Programa Bitácoras de Pesca | Seguimiento de Pesquerías | Monitoreo de islas, puntas, playas, estuarios, etc. | Alerta de fauna marina varada | Cultivo | ESRL/NOAA | GPM | Reanálisis NCEP/NOAA | QuidScat + ASCAT | Producto OSTIA | Producto CMEMS |               |               | TRMM-3B42 | SeaWIFS + MODIS      | GFS   |
| <b>VARIABLES ATMOSFÉRICAS</b>   |                              |                      |                  |          |                  |                             |                           |   |                               |         |           |     |                      |                  |                |                |               |               |           |                      |   |
| 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          |   |
| <b>VARIABLES OCEANOGRÁFICAS</b> |                              |                      |                  |          |                  |                             |                           |   |                               |         |           |     |                      |                  |                |                |               |               |           |                      |   |
| Temperatura del Mar             | X                            | X                    | X                | X        | X                |                             |                           |   |                               |         |           | X   |                      | X                |                |                |               |               |           | DIHIDRONAV<br>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              |               |               |           | IHIDRONAV<br>IMARPE  | *Disponible desde 1993 a la actualidad. Periodo climatológico: 1993-2012. Frecuencia diaria.  |
| Salinidad                       | X                            | X                    | X                | X        |                  |                             |                           |   |                               |         |           |     |                      |                  |                |                |               |               | X         | DIHIDRONAV<br>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.  |
| Oxígeno y Nutrientes            |                              | X                    | X                | X        |                  |                             |                           |   |                               |         |           |     |                      |                  |                |                |               |               |           | IMARPE               | *Cruceros disponibles desde los 60s, otras observaciones disponibles desde 2015. Periodo climatológico: 1981-2010.  |

|   |  |  |   |   |  |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |         |  |
|---|--|--|---|---|--|---|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|---------|--|
| Clorofila   |  |  |   |   |  |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  | IMARPE  | * Promedio mensual y pentadal corresponden a MODIS y SeaWiFS+MODIS corregido, respectivamente.<br>* Cobertura nubosa de MODIS. |
| <b>VARIABLES BIOLÓGICO-PESQUERAS</b>                        |  |  |   |   |  |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |         |  |
| Desembarques pesqueros                                      |  |  |   |   |  |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  | IMARPE  | * Disponible desde 1959 con frecuencia diaria y mensual.   |
| Distribución espacial de recursos                           |  |  |   | X |  | X |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  | IMARPE  | * El muestreo del PBP representa 1% de los viajes de pesca de la flota de cerco de anchoveta peruana.                          |
| Biometría e indicadores                                     |  |  |   | X |  | X |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  | IMARPE  | * Información par anchoveta disponible desde 1959 con frecuencia variable (diaria, mensual, semestral).                        |
| <b>VARIABLES DE RECURSOS HIDRICOS Y PRODUCCION AGRICOLA</b> |  |  |   |   |  |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |         |  |
| Caudal de ríos  |  |  | X |   |  |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  | ANA     |  |
| Reservorios y embalses                                      |  |  | X |   |  |   |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  | ANA     |  |
| Productos agrícolas   |  |  |   |   |  |   |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  | SENAMHI |  |

\*Continuación de la Tabla A.1.1.

## 2. INFORMACIÓN SUPLEMENTARIA

### 2.1. Condiciones oceanográficas

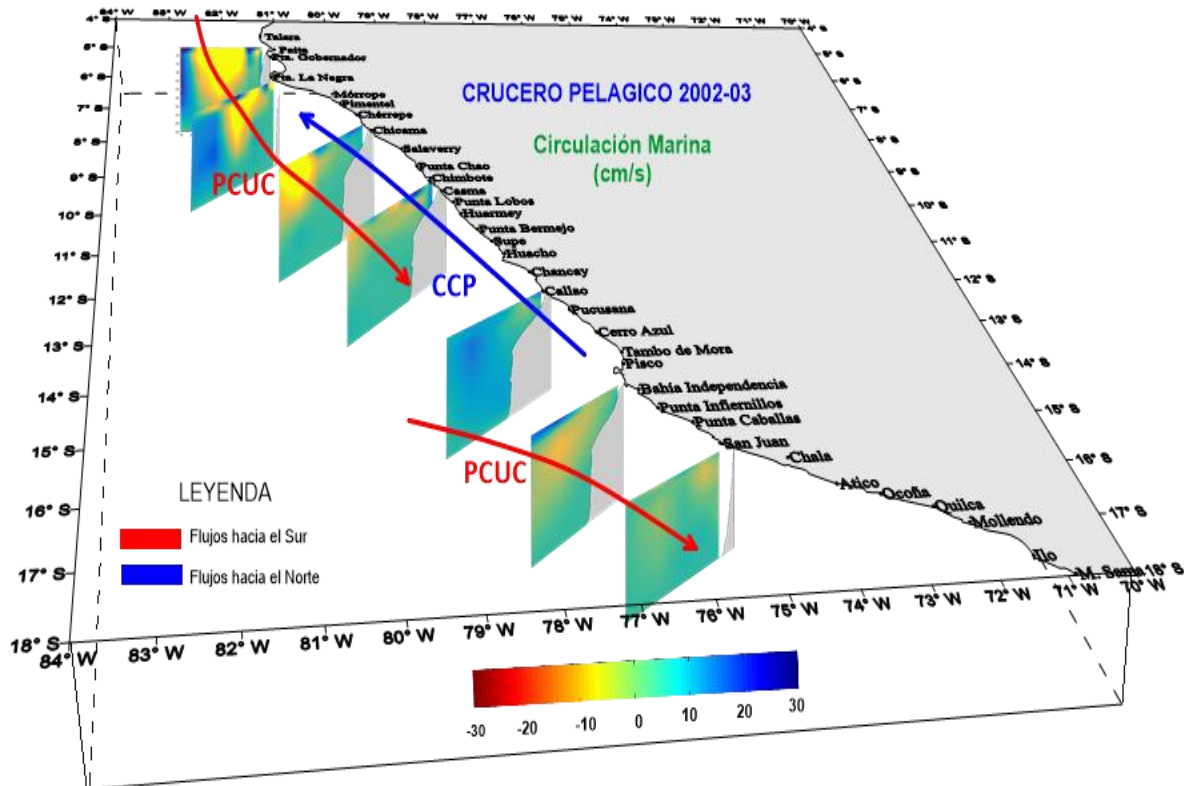


Figura A2.1.1. Corrientes Marinas ( $\text{cm s}^{-1}$ ) en base al balance geostroficos (método indirecto) el “Crucero de evaluación hidro-acústica de recursos pelágicos 2020-0203”, a bordo del BIC Humboldt y BIC Olaya. Fuente: IMARPE. Se observa que los flujos geostroficos mostraron una dirección dominante hacia el norte dentro de la zona costera y se presentaron flujos hacia el sur asociados principalmente a la Corriente Submarina Perú-Chile (CSPCh), más intensos frente a Paita y Punta Falsa.

### 2.2. Condiciones biológico-pesqueras

Durante el “Crucero de Evaluación Hidro-acústica de Recursos Pelágicos 2020-0203” se observó que la intromisión de las ASS, de Salaverry al sur, restringió la distribución de la anchoveta principalmente dentro de las 30 m.n. de costa, razón posible de la agregación de cardúmenes juveniles y adultos. Larvas de anchoveta, con modas entre 2,5 cm - 3,0 cm, se presentaron asociadas a masas de agua de mezcla, registradas en zonas puntuales entre en el norte frente a Paita y Casma y frente a Atico y Mollendo en el sur (Figura A3.1.1). Los recursos jurel y caballa presentaron una mayor distribución latitudinal hacia el norte, siendo la caballa la especie con mayor amplitud, mientras que la flota artesanal capturó estos recursos a 180 m.n. frente a Morro Sama (18°S).

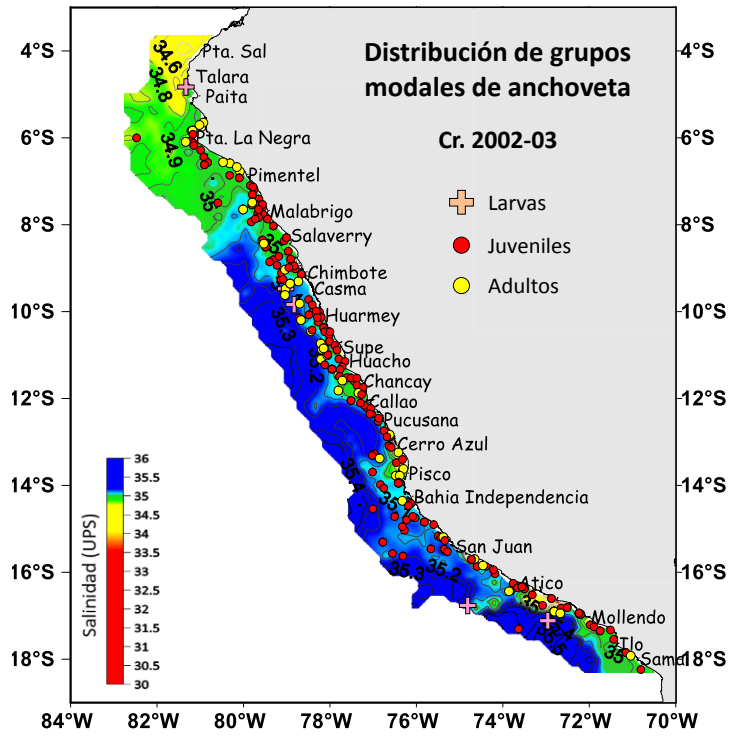


Figura A3.1.1. Distribución de modas de anchoveta en relación a las masas de agua durante el “Crucero de Evaluación Hidro-acústica de recursos pelágicos 2020-0203”. Fuente: IMARPE.