

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

Año 7 N°03

MARZO DE 2021

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)

Conformación de la Comisión Multisectorial

Presidente:

Vice-Alm. (r) Javier Alfonso Gaviola Tejada

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

Vice-Presidente:

Calm. Roberto Sandro JIMÉNEZ Torreblanca

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. Roberto Salazar Gonzales)

Jefe, Autoridad Nacional del Agua (ANA)

General de División (r) Alfredo Enrique Murgueytio Espinoza

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: Dimitri Gutiérrez.

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

DIHIDRONAV: Rina Gabriel, Roberto Chauca, Fernando Allasi y Renzo Adrianzen.

SENAMHI: Grinia Ávalos, Nelson Quispe, Glicerio Canchari, Andrés Rodríguez, Yury Escajadillo, Tania Ita, Vannia Aliaga, Jorge Llamoca y Félix Cubas.

IGP: Kobi Mosquera, Yamina Silva y Jorge Reupo

ANA: Sigfredo Ernesto Fonseca Salazar

INDECI: Jakie Rojas.

CENEPRED: Ena Jaimes.

Año: 7

Redacción del informe: Grupo de Trabajo Científico-Técnico de la Comisión Multisectorial del ENFEN

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

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

Este documento se puede citar como:

Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN), 2021.

Informe Técnico ENFEN. Año 7, N° 03, marzo de 2021, 61 p.

Los Informes Técnicos previos están disponibles en <http://enfen.gob.pe/> así como en las páginas web de las instituciones que conforman la Comisión Multisectorial. De tener inconveniente para acceder al informe, contacte a la Secretaría Técnica ENFEN a la dirección electrónica: st_enfen@imarpe.gob.pe.



Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú marzo 2021

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 (Presidente 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 denominada "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.

A handwritten signature in dark ink, appearing to read "JAG" or similar, written over a light blue horizontal line.

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

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	1
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. MÉTODOS.....	4
2.1. Variables	4
2.2. Índices.....	5
2.3. Modelos y Pronósticos	6
III. CONDICIONES OBSERVADAS EN MARZO DE 2021.....	8
3.1. Condiciones atmosféricas y oceánicas en el Pacífico ecuatorial	8
3.2. Condiciones atmosféricas a escala regional y en la costa peruana	9
3.3. Condiciones oceanográficas regionales y en el mar peruano	10
3.4. Impactos biológico-pesqueros.....	11
3.6. Impactos agrometeorológicos	12
IV. PRONÓSTICO	13
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	14
VI. REFERENCIAS	15
VII. TABLAS.....	18
VIII. FIGURAS	24
IX. ANEXO.....	53
9.1. VARIABLES UTILIZADAS.....	53

RESUMEN EJECUTIVO

En marzo de 2021 continuaron las condiciones ligeramente frías en el Pacífico ecuatorial central (región Niño 3.4), con un promedio de Temperatura Superficial del Mar (TSM) de $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$; y en el Pacífico ecuatorial oriental (región Niño 1+2), se presentaron condiciones neutras, con anomalía promedio de TSM de $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Durante la primera quincena de marzo, una onda Kelvin cálida llegó al Pacífico ecuatorial oriental e incrementó la TSM en la costa peruana; sin embargo, en la segunda quincena, un paquete de ondas Kelvin frías arribó a la costa americana que intensificó las anomalías negativas de las TSM frente a la costa peruana. Actualmente, una nueva onda Kelvin cálida se localiza en 100°W y se desplaza hacia la costa americana.

La TSM en el mar peruano, durante marzo, presentó valores promedio entre $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $27\text{ }^{\circ}\text{C}$. Durante la primera quincena de marzo se registró anomalías positivas de $+1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ al norte de Paita; sin embargo, estas condiciones se tornaron frías durante la segunda quincena de marzo, llegando a presentar anomalías negativas de hasta $-3,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el norte de la costa. Por otro lado, la costa centro presentó condiciones neutras; mientras que, en la costa sur, se observaron condiciones frías, con anomalías de hasta $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$. En la capa subsuperficial frente a la costa norte, dentro de las 100 millas náuticas (m.n.), se observaron anomalías entre $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre los 70 m de profundidad, asociadas al paso de la onda Kelvin fría; sin embargo, por fuera de las 300 m.n. se presentaron anomalías positivas de hasta $+1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre los 50 m, posiblemente asociadas al paso de una onda Rossby cálida.

Respecto a la salinidad, las aguas ecuatoriales superficiales (AES) se replegaron de sur a norte, llegando a Paita. Entre Paita y Chicama se observaron aguas de mezcla entre aguas costeras frías (ACF), AES y aguas subtropicales superficiales (ASS).

La concentración superficial de clorofila-a varió entre 1 y $10\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$ frente a la costa peruana, con núcleos de alta productividad entre San José y Chimbote, y entre Callao y Pisco, lo cual representó un incremento respecto a febrero. En el aspecto

biológico-pesquero, la anchoveta mantuvo su distribución desde Atico hasta Morro Sama y no se encuentra en su etapa reproductiva activa. Las especies transzonales como jurel, caballa y bonito continuaron disponibles para la flota artesanal e industrial, dentro de las 80 m.n. en la región norte y centro.

En el aspecto hidrológico, los ríos de la costa norte presentaron caudales dentro del rango normal a superior durante marzo. Por otro lado, en la costa centro y sur, y el Altiplano, durante la primera quincena de marzo se presentaron caudales que oscilaron entre inferiores a normales; y durante la segunda quincena fueron normales. Los principales embalses del Perú actualmente se encuentran muy cercanos a sus capacidades de almacenamiento.

En el aspecto agrometeorológico, las condiciones térmicas fueron favorables para el brote vegetativo de mango en los valles de Piura y Lambayeque; así como, se propició el desarrollo vegetativo e inicio de fases reproductivas en los sembríos de arroz. Por otro lado, en la costa sur, las temperaturas, que se presentaron cerca de su valor normal, propiciaron la maduración y cosecha de la aceituna verde.

Se prevé que las condiciones oceánicas y atmosféricas en el Pacífico ecuatorial central (PEC) se normalicen a partir de abril. Por otro lado, para el Pacífico ecuatorial oriental (PEO), se espera que la TSM continúe, en promedio, dentro del rango normal durante abril; sin embargo, entre fines de abril y mayo se espera la llegada de una onda Kelvin cálida a la costa americana, la cual no incrementaría de manera significativa la temperatura del mar. Respecto a las temperaturas del aire a nivel costero, durante el otoño, se esperan valores normales en la costa norte y ligeramente por debajo de lo normal en la costa centro y sur.

Considerando probabilidades, para el PEC se estima entre 51% y 72% de condiciones neutras entre abril y julio; incremento de condiciones cálidas débiles y disminución de las frías débiles. Para el PEO, se espera una mayor probabilidad de condiciones neutras entre abril y julio, variando de 80% a 82%. Las condiciones cálidas alcanzarían 18% en junio, para luego disminuir hasta 17% en julio.

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 subsuperficial 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, se reportan 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.

En tal sentido, el Informe Técnico ENFEN se elabora a partir del análisis colegiado del grupo técnico científico de la Comisión Multisectorial, así como en base a los informes mensuales de cada entidad integrante de esta comisión que participa en el monitoreo y pronóstico de las condiciones océano-climáticas, así como de sus manifestaciones e impactos en el mar peruano y el territorio nacional.

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 grupo de trabajo científico-técnico de la Comisión Multisectorial del 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.

TSM de OSTIA

Para el océano global, el producto de la TSM de OSTIA (Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis) proporciona mapas diarios con una resolución horizontal de $0,05^\circ \times 0,05^\circ$ ($1/20^\circ$), utilizando datos *in situ* y satelitales de radiómetros infrarrojos y de microondas. Las anomalías de la TSM se calculan en base a la climatología del producto Pathfinder a una resolución horizontal de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ ($1/4^\circ$).

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 GHR SST junto con observaciones in situ, para determinar la TSM. Para mayor información <http://ghrsst-pp.metoffice.gov.uk/ostia-website/index.html>.

En el presente informe se toma en cuenta la TSM del producto OSTIA a $1/20^\circ$, así como las anomalías de la TSM a $1/4^\circ$.

2.2. 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 Extended Reconstructed Sea Surface Temperature (ERSST) v3b *real-time* (Huang et al. 2017), 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 (Paíta, 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, expresada 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.

2.3. Modelos y Pronósticos

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 *reanalysis* NCEP-CDAS (Kalnay et al. 1996) y vientos observados remotamente de WindSAT (Wentz 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 la onda Kelvin ecuatorial (OKE) en 3 modos baroclínicos, forzado con vientos del *reanalysis* NCEP (Kalnay et al. 1996) y siguiendo la metodología de Illig et al. (2004) y Dewitte et al. (2002). El análisis de la OKE se realiza solamente con dos modos baroclínicos (modo 1, modo 2), los 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.

Modelo Oceánico Multimodal (MOMM)

Este modelo, al igual que los anteriores, se utiliza para simular principalmente el desarrollo de las ondas Kelvin en el Pacífico ecuatorial y a lo largo de la costa peruana. Para esto, siguiendo la metodología de Dewitte et al. (1999), se obtienen los coeficientes de proyección y velocidades características de cada modo baroclínico del *reanalysis* de SODA (Carton & Giese. 2008) y GODAS (Behringer & Xue. 2004). El MOMM es forzado con tres fuentes de datos: 1) vientos del *reanalysis* atmosférico de NCEP-CDAS (Kalnay et al. 1996), 2) vientos del *scatterometer*

ASCAT (Bentamy et al. 2008) y 3) el producto denominado BLENDED (Bentamy et al. 2016), que es la combinación de varias fuentes de viento satelital. Para mayor detalle del modelo, se puede ir a Urbina & Mosquera (2020).

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).

Pronóstico Probabilístico de Juicio Experto

Para los pronósticos 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 de la comisión multisectorial 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 distintas categorías de las condiciones oceanográficas (frías a cálidas) en las regiones del Pacífico central (Niño 3.4) y Pacífico oriental (Niño 1+2), aplicando los mismos umbrales de anomalías de TSM usadas para definir las categorías El Niño y La Niña (ENFEN, 2012).

III. CONDICIONES OBSERVADAS EN MARZO DE 2021

3.1. Condiciones atmosféricas y oceánicas en el Pacífico ecuatorial

En el Pacífico ecuatorial central las anomalías negativas de la TSM continúan reduciéndose, con un promedio para marzo de $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 1). Por otro lado, en la región Niño 1+2 las condiciones en promedio se mantienen neutras, con anomalías de TSM de $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ en marzo (Figura 2, Tabla 1).

A nivel subsuperficial, entre 140°W y 120°W del Pacífico central, se observaron anomalías negativas entre 0 y 150 m de profundidad, principalmente durante la primera quincena de marzo, con tendencia a normalizarse en los siguientes 10 días para presentar anomalías positivas de hasta $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante los últimos 5 días de marzo. Por otro lado, entre 100°W y 80°W del Pacífico oriental, en la primera quincena de marzo, sobre los 40 m de profundidad se desarrollaron condiciones cálidas con anomalías de hasta $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$, seguida de una capa con anomalías negativas de hasta $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ que alcanzaron los 80 m de profundidad. En la segunda quincena de marzo, las condiciones frías se extendieron desde 0 hasta 80 m de profundidad (Figura 3).

El Índice Costero El Niño (ICEN) de febrero de 2021 y el ICEN temporal (ICEN-tmp) de marzo continúan dentro del rango de las condiciones neutras. Por su parte, el Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de febrero y el ONI temporal (ONI-tmp) de marzo indican condiciones frías débiles (Figura 4, Tabla 2). Cabe mencionar que, los valores del ICEN caracterizan la región centro y norte del mar peruano; mientras que, los del ONI, la región del Pacífico ecuatorial central.

En niveles bajos de la tropósfera (850 hPa) durante marzo, entre 150°E y la línea de cambio de fecha (180°) del Pacífico ecuatorial se presentaron, en promedio, anomalías ligeramente por encima de lo normal de la componente este del viento; mientras que, sobre el Pacífico central oriental, predominaron vientos intensos del oeste. En niveles altos de la tropósfera (200 hPa), desde 150°W a 90°W , la

intensificación anómala de los vientos zonales del este favoreció la ocurrencia de lluvias intensas principalmente en la costa y sierra norte del país durante la primera quincena de marzo. Por otro lado, las anomalías convectivas se intensificaron sobre Sudamérica, y el patrón de subsidencia se fortaleció al oeste de la línea de cambio de fecha (Figura 5 y Figura 6).

La onda Kelvin cálida en el Pacífico oriental, mencionada en el Comunicado Oficial 03-2021 (ENFEN, 2021b), impactó sobre las condiciones térmicas de la costa peruana principalmente en la primera quincena de marzo. Por otro lado, durante marzo e inicios de abril, el paquete de ondas Kelvin frías (ENFEN, 2021a) alcanzó la costa americana provocando la intensificación de las anomalías frías en la columna de agua frente a la costa peruana. Una nueva onda Kelvin cálida se habría formado como consecuencia de la reflexión de una onda Rossby cálida en la zona del Pacífico occidental (ENFEN, 2021a), y se encuentra en la actualidad alrededor de los 100°W y desplazándose hacia la costa americana. Finalmente, el pulso de viento del este que se desarrolló en la quincena de marzo habría generado una nueva onda Kelvin fría que, según la información *in situ* y de los modelos numéricos, se localizaría entre 180° y 160°W. (Figura 7).

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

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS), en promedio durante marzo, se presentó con una configuración zonal, la cual apoyó la persistencia de los alisios en el Pacífico central. Hacia finales del mes, su configuración se tornó cuasi meridional, lo cual favoreció, episódicamente, el incremento de la intensidad de los vientos del sur frente a la costa peruana (Figura 8 y Figura 9).

En promedio para marzo, las temperaturas máxima y mínima del aire, a lo largo de la costa peruana, han presentado valores dentro de su rango normal ($\pm 1^{\circ}\text{C}$).

Respecto a la temperatura mínima, se presentaron valores dentro del rango normal, a excepción de las estaciones Lambayeque, Fonagro (Ica) y La Yarada (Tacna) que registraron anomalías de $-1,3^{\circ}\text{C}$, $+1^{\circ}\text{C}$ y $+1,6^{\circ}\text{C}$, respectivamente (Figura 10).

3.3. Condiciones oceanográficas regionales y en el mar peruano

Respecto al nivel del mar (NM), en el litoral norte y parte del litoral centro, la anomalía fue de +5 cm en la primera quincena de marzo, disminuyendo hasta -5 cm en la última semana del mes, con un alcance de 60 mn fuera de la costa (Figura 11). En el resto del litoral, el NM se mantuvo durante todo el mes con anomalías alrededor de -5 cm.

En el mar peruano, el rango de la TSM de marzo fue de 20°C a 27°C , siendo mayores de 26°C frente a la costa de Tumbes con anomalías de $+1^{\circ}\text{C}$, en promedio. Durante la primera quincena de marzo, se detectaron en promedio anomalías de TSM de $+1,5^{\circ}\text{C}$ al norte de Paita, asociadas al debilitamiento de vientos costeros del sudeste y a la advección de aguas cálidas del norte. Desde la segunda quincena de marzo hasta la fecha, en el litoral norte y parte del centro, las condiciones se tornaron frías, con mayores anomalías negativas de TSM ($-3,2^{\circ}\text{C}$ y $-1,6^{\circ}\text{C}$) en la última semana de marzo; mientras que, en el litoral centro las condiciones fueron normales, y en el sur, frías, con anomalía promedio de -1°C . En la segunda quincena de marzo se observaron anomalías de TSM de entre $-0,5^{\circ}\text{C}$ a -3°C , siendo más intensas al noroeste de Paita (Figura 12, Figura 13, Figura 14 y Tabla 3).

En la capa subsuperficial y dentro de las 100 m.n. adyacentes a la costa peruana, en la segunda quincena de marzo, al norte de Chicama se detectaron anomalías entre -1°C y -3°C sobre los 70 m, lo cual estaría asociado al paso de la onda Kelvin fría. Frente a Paita se detectaron flujos subsuperficiales del norte y del sur; mientras que, frente a Chicama predominaron flujos someros del sur (Figura 15). Por fuera de las 300 m.n. se observó el predominio de anomalías de $+1,5^{\circ}\text{C}$ sobre los 50 m, posiblemente asociadas a la reflexión de una onda Rossby cálida en la

región (Figura 16). Por otro lado, la profundidad de la termoclina y de la oxiclina frente a Paita y Chicama continuó mostrando anomalías negativas, lo cual indica que ambas se encuentran más someras que lo normal (Figura 17).

En cuanto a las masas de agua, a fines de marzo, se observó un repliegue de sur a norte de las AES, cálidas y de baja salinidad, alcanzando la zona de Paita. Asimismo, entre Paita y Chicama se observó la mezcla de ACF, del proceso de afloramiento, AES y ASS, cálidas y de alta salinidad. En tanto, entre Chimbote y Callao se observó el acercamiento a la costa de ASS, mientras que entre Callao y Pisco se presentaron ACF y ASS (Figura 18).

La concentración superficial de clorofila-a, indicador de la producción del fitoplancton, se incrementó respecto a febrero, variando entre 1 y 10 $\mu\text{g L}^{-1}$ a lo largo de la costa en marzo. Se observaron núcleos de alta productividad ($>10 \mu\text{g L}^{-1}$) entre San José y Chimbote y entre Callao y Pisco. Asimismo, se detectaron anomalías positivas de +1 a +4 $\mu\text{g L}^{-1}$ entre 6°S y 16°S, sobre todo en la zona que va desde 15 a 60 m.n. (Figura 19). La alta productividad fuera de la costa estaría relacionada a una mayor disponibilidad de luz en esa zona y, además, al arribo de la onda Kelvin fría.

3.4. Impactos biológico-pesqueros

En la región sur, el recurso anchoveta mantuvo su distribución desde Atico hasta Morro Sama, entre 5 a 20 m.n. de la costa, evidenciando una importante mezcla entre ejemplares adultos y juveniles (Figura 20). La talla modal registró un incremento respecto a las evaluaciones científicas desarrolladas en el 2020. Además, reproductivamente, la anchoveta peruana tanto en el *stock* norte-centro como sur muestra, según los valores de índice gonadosomático, procesos menores de maduración gonadal y desove, cuyo comportamiento está acorde a su patrón histórico, lo cual evidencia que el recurso no se encuentra en etapa reproductiva activa (Figura 21).

Las especies transzonales como jurel, caballa y bonito continuaron disponibles para

la flota artesanal e industrial, principalmente dentro de las 80 m.n. en la región norte y centro, asociadas posiblemente a los frentes y vórtices observados en la superficie (Figura 22). El calamar gigante o pota se distribuyó desde Punta La Negra a Chicama, entre 30 y 100 m.n. (Figura 23). La merluza registró un ingreso de ejemplares adultos frente a Paíta, probablemente asociada a los flujos del norte (Figura 24).

3.5. Impactos hidrológicos

Durante el mes de marzo, los caudales de los ríos de la costa norte estuvieron en el rango de normal a superior, a excepción del río Jequetepeque que en los últimos 10 días ha registrado caudales por debajo de lo normal. En la primera quincena de marzo, los caudales de los ríos de la costa central y sur, así como los de la región del Altiplano variaron de condiciones inferiores a normales; sin embargo, en las dos últimas semanas de marzo predominaron caudales sobre lo normal (Figura 25). Respecto a los volúmenes de agua almacenados de los principales embalses, estos se incrementaron de forma notoria en todo el país, encontrándose al 31 de marzo, muy cercanos a sus capacidades de almacenamiento (Figura 26 y Tabla 4).

3.6. Impactos agrometeorológicos

En la costa norte, durante el mes de marzo, en los valles productores de mango de Piura y Lambayeque, la prevalencia de temperaturas diurnas dentro del rango normal, generaron condiciones favorables para el brote vegetativo del cultivo; mientras que, en los sembríos de arroz, estas mismas condiciones térmicas propiciaron el desarrollo vegetativo y el inicio de las fases reproductivas. En la costa sur, en la localidad de La Yarada (Tacna), las temperaturas máximas y las mínimas, en torno a su promedio climático, promovieron la maduración y la cosecha de la aceituna verde (Tabla 5).

IV. PRONÓSTICO

Considerando la tendencia de las anomalías de la TSM en el Pacífico ecuatorial central y el patrón de la evolución de La Niña, en adición al consenso de la mayoría de los pronósticos de los modelos climáticos internacionales y con el juicio experto de la Comisión Multisectorial del ENFEN, se prevé que las condiciones oceánicas y atmosféricas se normalicen a partir de abril. Sin embargo, hay que tener en cuenta que, en este periodo del año entre abril y junio, los pronósticos presentan algunas limitaciones debido a la barrera de predictibilidad (Duan & Wei, 2012) (Tabla 6).

Para la región Niño 1+2, que incluye la zona norte y centro del mar peruano, se espera que la TSM continúe, en promedio, dentro del rango normal durante abril (Tabla 7). Entre fines de abril y mayo se espera la llegada de un grupo de ondas Kelvin cálidas a la costa americana (Figura 27, Figura 28 y Figura 29), la cual no incrementaría de manera significativa la temperatura del mar. Respecto a las temperaturas del aire a nivel costero, se esperan que durante el otoño estén en sus rangos normales a lo largo de la costa norte y ligeramente por debajo de lo normal en la costa central y sur (SENAMHI, 2021).

De acuerdo con el análisis descrito, se presentan cuadros de pronóstico probabilístico de juicio experto de las condiciones mensuales de la TSM entre abril y julio de 2021. Para la región Niño 1+2, se estima una mayor probabilidad de condiciones neutras (ENFEN, 2012) entre abril y julio, variando de 80 % a 82 % durante el período. La probabilidad de condiciones cálidas alcanzaría su máximo valor de 18 % en junio, para luego disminuir hasta 17 % en julio (Tabla 8). Para el Pacífico central, se estima que la probabilidad de condiciones neutras varíe entre 51 % y 72 % entre abril y julio; mientras que, las condiciones cálidas débiles se incrementen y las frías débiles disminuyan (Tabla 9).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Comisión Multisectorial del ENFEN mantiene el estado del “Sistema de alerta ante El Niño y La Niña Costeros” como “No activo”, debido a que la TSM en la región Niño 1+2, que incluye la zona norte y centro del mar peruano, se mantendría, en promedio, dentro de su rango normal al menos hasta julio de 2021. Respecto a las temperaturas del aire a nivel costero, se esperan que durante el otoño estén en sus rangos normales a lo largo de la costa norte y ligeramente por debajo de lo normal en la costa central y sur.

Por otro lado, se prevé que las condiciones oceánicas y atmosféricas en el Pacífico ecuatorial central se presenten dentro de lo normal desde mayo de 2021.

VI. REFERENCIAS

- A.O.A.C. 1990. Official Methods of analysis. 15 th Edition, USA.
- Behringer, D.W., and Y. Xue, 2004: Evaluation of the global ocean data assimilation system at NCEP: The Pacific Ocean. Eighth Symposium on Integrated Observing and Assimilation Systems for Atmosphere, Oceans, and Land Surface, AMS 84th Annual Meeting, Washington State Convention and Trade Center, Seattle, Washington, 11-15. Derber, J.C., and A. Rosati, 1989: A global oceanic data assimilation system. *J. Phys. Oceanogr.*, 19, 1333-1347.
- Bentamy Abderrahim, Croize-Fillon Denis, Perigaud C. 2008. Characterization of ASCAT measurements based on buoy and QuikSCAT wind vector observations. *Ocean Science*, 4(4), 265-274. <https://doi.org/10.5194/os-4-265-2008>
- Bentamy A. S. A.Grodsk,A. Elyouncha, B. Chapron, F. Desbiolle, 2016. Homogenization of Scatterometer Wind Retrievals, *Int. J. Climatol.* doi:10.1002/joc.
- 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
- Carton, J. A., and B. S. Giese (2008), A reanalysis of ocean climate using Simple Ocean Data Assimilation (SODA), *Mon. Weather Rev.*, 136, 2999– 3017.
- 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.
- Dewitte, B., Reverdin, G., & Maes, C. (1999). Vertical structure of an OGCM simulation of the equatorial Pacific Ocean in 1985-94. *Journal of Physical Oceanography*, 29(7), 1542–1570. [https://doi.org/10.1175/1520-0485\(1999\)029<1542:VSOAOS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0485(1999)029<1542:VSOAOS>2.0.CO;2)
- Duan, W. and Wei, C. 2013. The 'spring predictability barrier' for ENSO predictions and its possible mechanism: results from a fully coupled model. *Int. J. Climatol.*, 33: 1280-1292. <https://doi.org/10.1002/joc.3513>
- 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, 2021a. Comunicado Oficial ENFEN, N°.02-2021, 12 de febrero de 2021.

- ENFEN, 2021b. Comunicado Oficial ENFEN, N°.03-2021, 12 de marzo de 2021.
- Huang, B., Peter W. Thorne, et.al. 2017: Extended Reconstructed Sea Surface Temperature version 5 (ERSSTv5), Upgrades, validations, and intercomparisons. *J. Climate*, doi: 10.1175/JCLI-D-16-0836.1
- 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.
- SENAMHI. 2021. Perspectivas para el período abril – junio 2021. Informe técnico N°03-2021/ SENAMHI-DMA-SPC.
<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-7.pdf>
- 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.

- Urbina, B. y K. Mosquera, 2020. Implementación y validación de un modelo oceánico multimodal para la región ecuatorial del océano Pacífico. Boletín científico El Niño, Instituto Geofísico del Perú, Vol. 7 N° 01, pag. 13-20.
- 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.

VII. TABLAS

Tabla 1: Valores promedio de la TSM y sus anomalías (ATSM) en las regiones El Niño en el Pacífico durante los últimos 8 meses. Fuente: DIHIDRONAV.

TSM - ATSM mensual								
R. Niño	Niño 4		Niño 3.4		Niño 3		Niño 1+2	
ago-20	28,5	-0,2	26,2	-0,6	24,5	-0,6	19,8	-1,0
sep-20	28,3	-0,4	25,8	-1,0	23,6	-1,3	19,5	-0,9
oct-20	27,9	-0,8	25,3	-1,4	23,6	-1,3	19,6	-1,2
nov-20	27,9	-0,7	25,3	-1,3	23,8	-1,2	20,9	-0,7
dic-20	27,7	-0,8	25,5	-1,0	24,4	-0,8	22,2	-0,7
ene-21	27,1	-1,2	25,5	-1,1	25,0	-0,7	23,7	-0,8
feb-21	27,2	-1,0	25,8	-0,9	25,8	-0,6	25,5	-0,7
mar-21	27,8	-0,6	26,8	-0,5	26,8	-0,4	26,5	-0,3

Tabla 2: Valores del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) y el Índice Costero El Niño (ICEN) de marzo de 2020 hasta febrero de 2021, así como sus valores temporales para marzo y abril 2021. Fuente IGP.

Valores del índice Costero El Niño			ONI	
Mes	ICEN	Categoría	ONI	Categoría
mar-20	+0,10	Neutro	+0,50	C. Débil
abr-20	+0,19	Neutro	+0,28	Neutro
may-20	+0,02	Neutro	-0,01	Neutro
jun-20	-0,51	Neutro	-0,23	Neutro
jul-20	-0,93	Neutro	-0,38	Neutro
ago-20	-1,14	Fría Débil	-0,59	Fría Débil
sep-20	-1,00	Neutro	-0,95	Fría Débil
oct-20	-0,95	Neutro	-1,21	Fría Moderada
nov-20	-0,85	Neutro	-1,32	Fría Moderada
dic-20	-0,88	Neutro	-1,19	Fría Moderada
ene-21	-0,86	Neutro	-1,06	Fría Moderada
feb-21	-0,83	Neutro	-0,94	Fría Débil
Mes	ICENtmp	Categoría	ONItmp	Categoría
mar-21	-0,78	Neutro	-0,77	Fría Débil
abr-21	-0,63	Neutro	-0,56	Fría Débil

Tabla 3: Anomalías de la TSM en las estaciones costeras de DIHIDRONAV (Talara, Paita, Lobo, Salaverry, Chimbote, Callao, San Juan, Mollendo e Ilo) e IMARPE (Tumbes y Chicama).

Mes	Tumbes	Talara	Paita	Lobos	Chicama	Salaverry	Chimbote	Callao	San Juan	Mollendo	Ilo
oct-20	+0,8	-0,6	0	-0,8	-0,3	+0,8	+0,2	+0,6	-0,3	+0,8	-0,1
nov-20	+0,5	-1,5	-0,6	-1,3	-0,7	+0,5	-0,6	+0,2	-0,5	+0,5	-0,5
dic-20	+0,4	-1	0	-1,3	-0,6	-0,1	-1	-0,5	-0,8	-0,1	-0,7
ene-21	+0,8	-0,2	-0,7	-1,3	-0,6	-0,8	-1,6	-0,5	-1,6	+0,1	-1
feb-21	+0,6	-2,2	-2,8	-1,3	-0,3	NA	-1,5	-0,6	-1,3	+0,2	-1,6
mar-21	+1	-0,9	-1,5	-0,5	+0,2	NA	+0,1	-0,1	-1,5	-0,2	-1,2

Tabla 4: Volumen de agua almacenado en los reservorios principales para el mes de marzo 2021,
Fuente: ANA,

Zona	Nombre Embalse	Operador	Fecha Registro	Departamento	Volumen (hm³)		Porcentaje % Almacenado
					Útil/Total	Almacenado	
Costa - Norte	Poechos	PECHP	31-Mar	Piura	438,30	364,9	83,25
Costa - Norte	San Lorenzo (Embalse)	JUSL	31-Mar	Piura	195,60	69,45	95,09
Costa - Norte	Tinajones	PEOT	31-Mar	Lambayeque	285,90	225,00	78,70
Costa - Norte	Gallito Ciego	PEJEZA	31-Mar	La Libertad	366,60	330,55	90,17
Costa - Centro	Viconga	STATKRAFT PERU S,A,	31-Mar	Lima	30,00	21,03	70,09
Costa - Centro	Ccaracocha	PETACC	31-Mar	Ica	40,00	35,60	89,00
Costa - Centro	Choclococha	PETACC	31-Mar	Ica	131,10	131,10	100
Costa - Sur	Condorama	AUTODEMA	31-Mar	Arequipa	259,00	259,00	100
Costa - Sur	Pañe	AUTODEMA	31-Mar	Arequipa	99,60	99,60	100
Costa - Sur	Dique Los Españoles	AUTODEMA	31-Mar	Arequipa	9,10	9,10	100,00
Costa - Sur	Pillones	AUTODEMA	31-Mar	Arequipa	78,50	78,50	100,00
Costa - Sur	El Frayle	AUTODEMA	31-Mar	Arequipa	127,20	113,30	89,10
Costa - Sur	Aguada Blanca	AUTODEMA	31-Mar	Arequipa	30,40	30,40	100,00
Costa - Sur	Chalhuanca	EGASA	31-Mar	Arequipa	25,00	202,20	80,80
Costa - Sur	Bamputañe	EGASA	31-Mar	Arequipa	40,00	39,50	98,80
Costa - Sur	Pasto Grande	PERPG	31-Mar	Moquegua	200,00	198,00	99,00
Costa - Sur	Represa Paucarani	PET	31-Mar	Tacna	10,50	8,20	78,10
Costa - Sur	Represa Jarumas	PET	31-Mar	Tacna	12,50	12,50	100,00
Costa - Sur	Aricota	EGESUR	31-Mar	Tacna	280,00	215,10	76,80
Sierra - Centro	Lago Junín	STATKRAFT PERU S,A,	31-Mar	Junín	441,00	307,70	69,80
Sierra - Centro	Cuchoquesera	Proyecto Cachi	31-Mar	Ayacucho	80,00	80,00	100,00
Sierra - Sur	Lagunillas	PELTC	31-Mar	Puno	110,00	91,40	97,30
Sierra - Sur	Sibinacocha	EGEMSA	31-Mar	Cusco	585,10	497,50	85,00
Situación Nacional					3875,40	3419,63	88,24

Tabla 5: Monitoreo fenológico de los principales cultivos de mango, arroz y olivo durante el mes de marzo del 2021, Fuente: SENAMHI

CULTIVO	REGIÓN	ESTACIÓN	VARIEDAD	FECHA DE SIEMBRA	FASE FENOLOGICA	ESTADO	OBSERVACIONES
MANGO	Tumbes	Cañaverale	Criollo		Brote vegetativo	Bueno	
	Piura	Chulucanas	Edward		Descanso	Bueno	
	Piura	Bigote	Criollo		Brote vegetativo	Bueno	
	Lambayeque	Olmos	Edward		Reposo vegetativo	Bueno	En algunos campos se iniciaron las labores de poda
	Lambayeque	Tongorrape	Kent		Reposo vegetativo	Bueno	
	Lambayeque	Jayanca	Kent		Reposo vegetativo	Bueno	
	Ica	palpa	Criollo		Brote vegetativo	Bueno	Se realizó las labores de poda y limpieza
	Ica	Huallpoca	Criollo		Reposo vegetativo	Bueno	
ARROZ	Piura	Bernal	IR-43	02/03/2021	Macollaje	Bueno	Abonamiento al suelo (sulfato)
	Piura	Partidor	Mallares	18/01/2021	Panoja	Bueno	Fumigación 31/03/2021
	Piura	Morropon	Tinajones	13/01/2021	Floración	Bueno	
	Lambayeque	Oyotun	Pítipo	10/02/2021	Elongación de tallo	Bueno	
	Lambayeque	Talla	El Valor	18/12/2020	Desarrollo de panoja	Bueno	
	Lambayeque	Puchaca	El Valor	04/01/2021	Inicio de panoja	Bueno	
	Lambayeque	Lambayeque	IR-43	31/12/2020	Elongación de tallo	Bueno	
	Arequipa	Aplao	Tinajones	02/11/2020	Maduración pastosa	Bueno	
	Arequipa	La Haciendita	IR-43	12/10/2020	Maduración lechosa	Bueno	
	Arequipa	Camana	IR-43	27/11/2020	Maduración córnea	Bueno	
	Arequipa	Hacienda Pampata					
	Arequipa	La Pascana	Tinajones	17/12/2020	Maduración lechosa	Bueno	
	Arequipa	Ocoña	IR-43	09/11/2020	Maduración córnea	Bueno	
OLIVO	Moquegua	Ilo	Sevillana				
	Tacna	La Yarada	Sevillana		Fructificación/inicio de maduración (aceituna verde)	Bueno	Se regó por gravedad: 7 horas

Tabla 6: 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,

Modelo	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON
CFS2		-0,42	-0,18	-0,19	-0,35	-0,51	-0,63	-0,66
CanCM4i		-0,51	-0,19	+0,09	+0,25	+0,24	+0,08	-0,13
GEM_NEMO		-0,70	-0,64	-0,60	-0,53	-0,49	-0,48	-0,48
GFDL_SPEARE		-0,95	-1,27	-1,53	-1,55	-1,49	-1,65	-1,85
NASA		-0,42	-0,08	+0,14	+0,21	+0,14	-0,02	-0,21
NCAR_CCSM4		-0,34	-0,07	-0,06	-0,21	-0,40	-0,61	-0,78
NMME		-0,56	-0,41	-0,36	-0,36	-0,42	-0,55	-0,69
ONItmp	-0,77							

Tabla 7: 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		-0,45	-0,12	+0,17	+0,23	+0,14	-0,05	-0,25
CanCM4i		-0,39	0,00	+0,34	+0,65	+0,65	+0,45	+0,16
GEM_NEMO		-0,10	+0,40	+0,59	+0,50	+0,30	+0,15	+0,02
GFDL_SPEARE		-1,46	-2,01	-2,20	-2,13	-1,85	-1,55	-1,43
NASA		-0,77	-0,33	+0,34	+0,56	+0,49	+0,35	+0,20
NCAR_CCSM4		-0,64	-0,32	+0,02	+0,05	-0,14	-0,33	-0,47
NMME		-0,63	-0,40	-0,12	-0,02	-0,07	-0,16	-0,30
ICENtmp	-0,83							

Tabla 8: Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico oriental (región 1+2 frente a la costa de Perú) entre abril y julio de 2021,

Pacífico oriental	Abril (%)	Mayo (%)	Junio (%)	Julio (%)
Fría fuerte	0	0	0	0
Fría moderada	0	0	0	0
Fría débil	7	4	2	1
Neutro	82	81	80	82
Cálida débil	11	15	18	17
Cálida moderado	0	0	0	0
Cálida fuerte	0	0	0	0
Cálida extremo	0	0	0	0

Tabla 9: Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico central (región 3,4) entre abril y julio de 2021,

Pacífico central	Abril (%)	Mayo (%)	Junio (%)	Julio (%)
Fría fuerte	0	0	0	0
Fría moderada	1	0	0	0
Fría débil	46	30	16	15
Neutro	51	62	72	72
Cálida débil	2	8	12	13
Cálida moderado	0	0	0	0
Cálida fuerte	0	0	0	0
Cálida extremo	0	0	0	0

VIII. FIGURAS

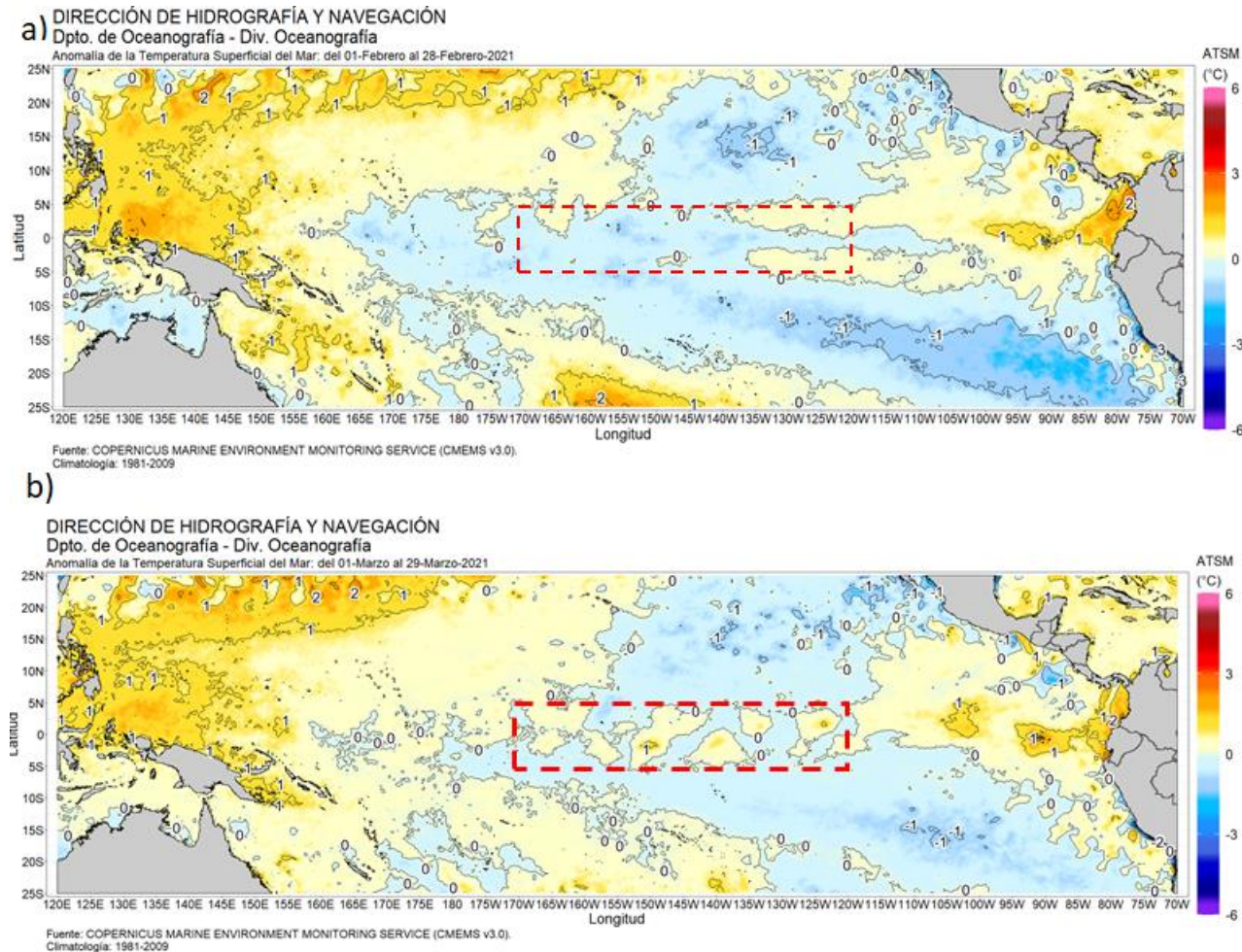


Figura 1: Promedio mensual de las anomalías de TSM en el Pacífico central durante (a) febrero y (b) marzo 2021, La región Niño 3,4 está delimitada con el recuadro rojo, Fuente: CMEMS v.3.0, Procesamiento: DIHIDRONAV.

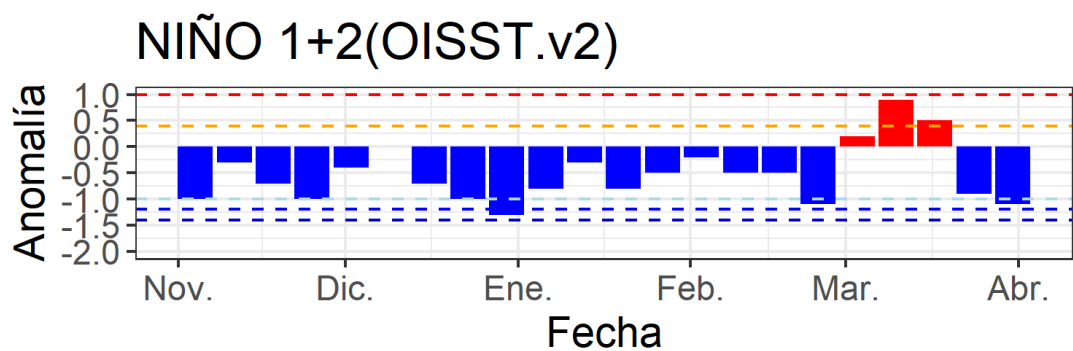
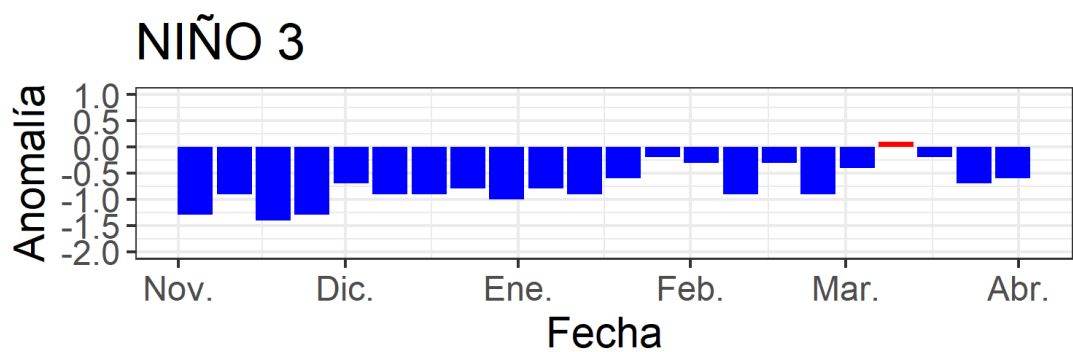
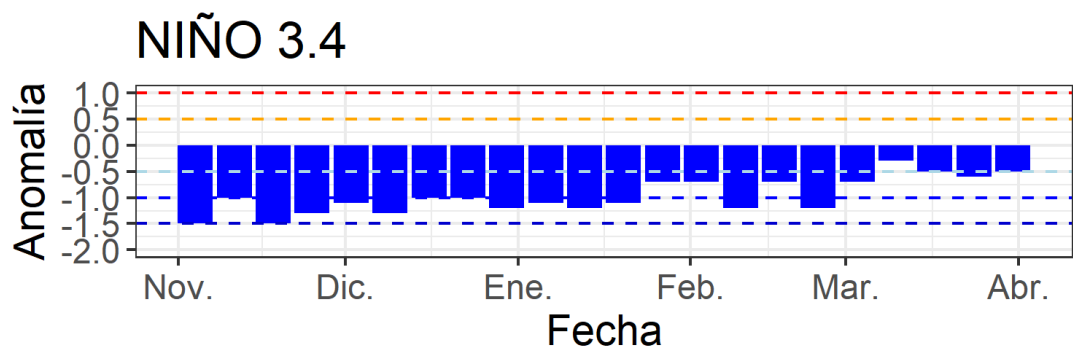
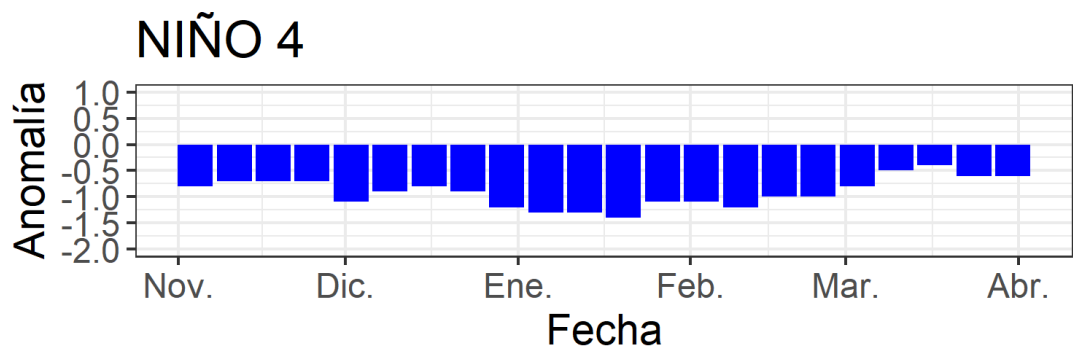


Figura 2: Series de tiempo de las anomalías semanales de la TSM (°C) en las regiones Niño, desde noviembre del 2020 hasta marzo del 2021, Fuente: AVHRR NCEP/NOAA; procesamiento: DIHIDRONAV,

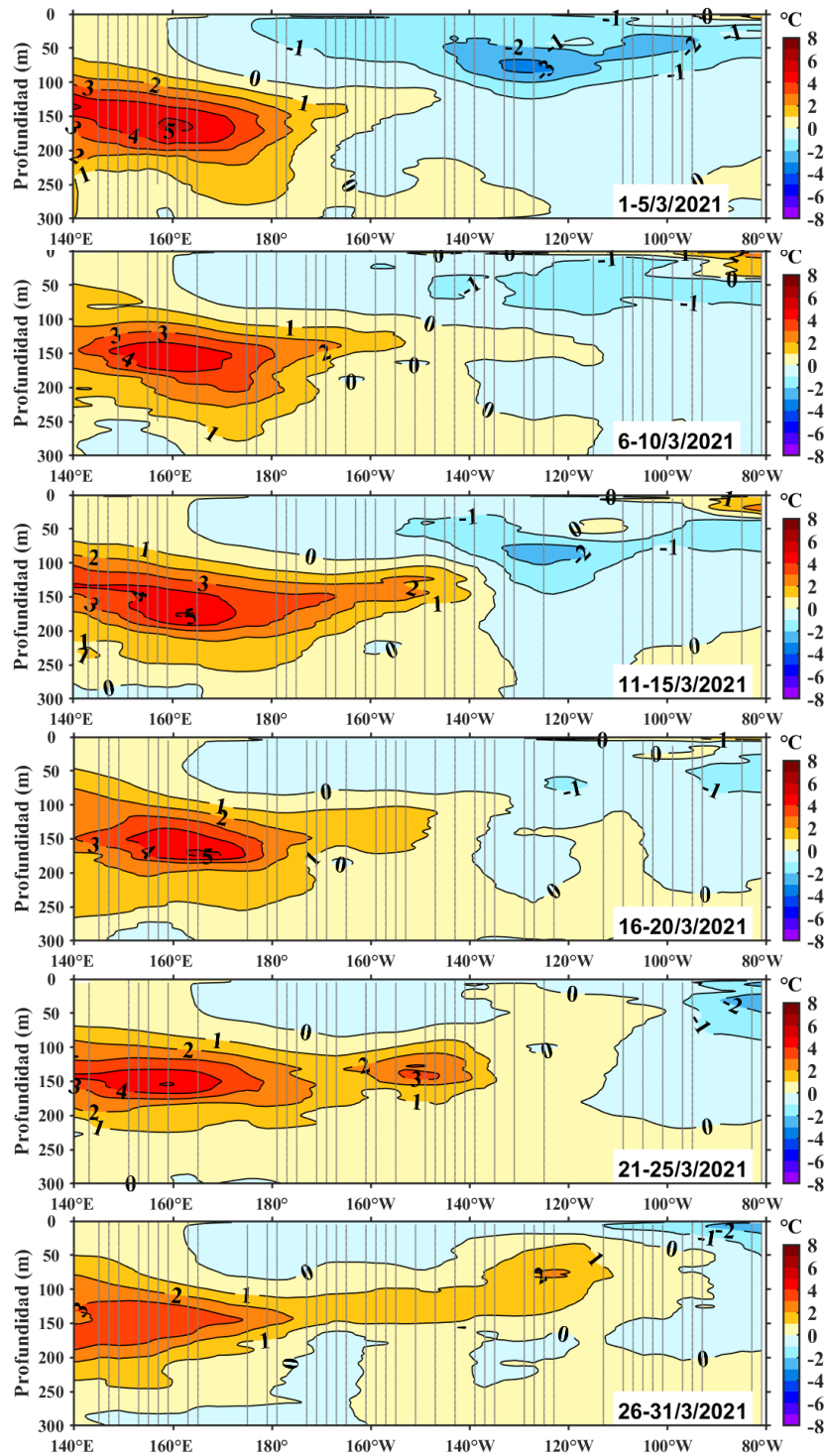


Figura 3: Anomalías de temperatura (°C) en la capa superior (0-500 m) del Pacífico ecuatorial (2°S - 2°N), en promedios de cinco días durante marzo de 2021, Período base: 1981-2010, Fuente: ARGO – TAO/TRITON, Adaptado: PMEL/NOAA.

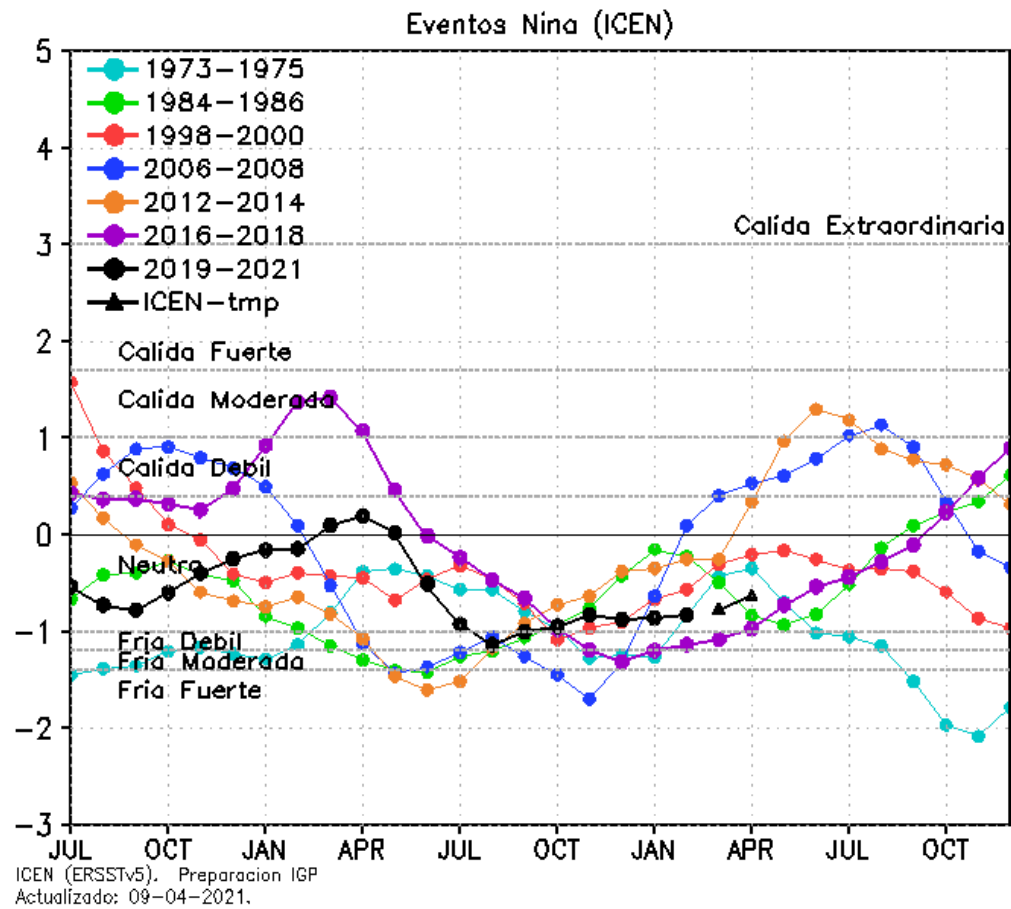
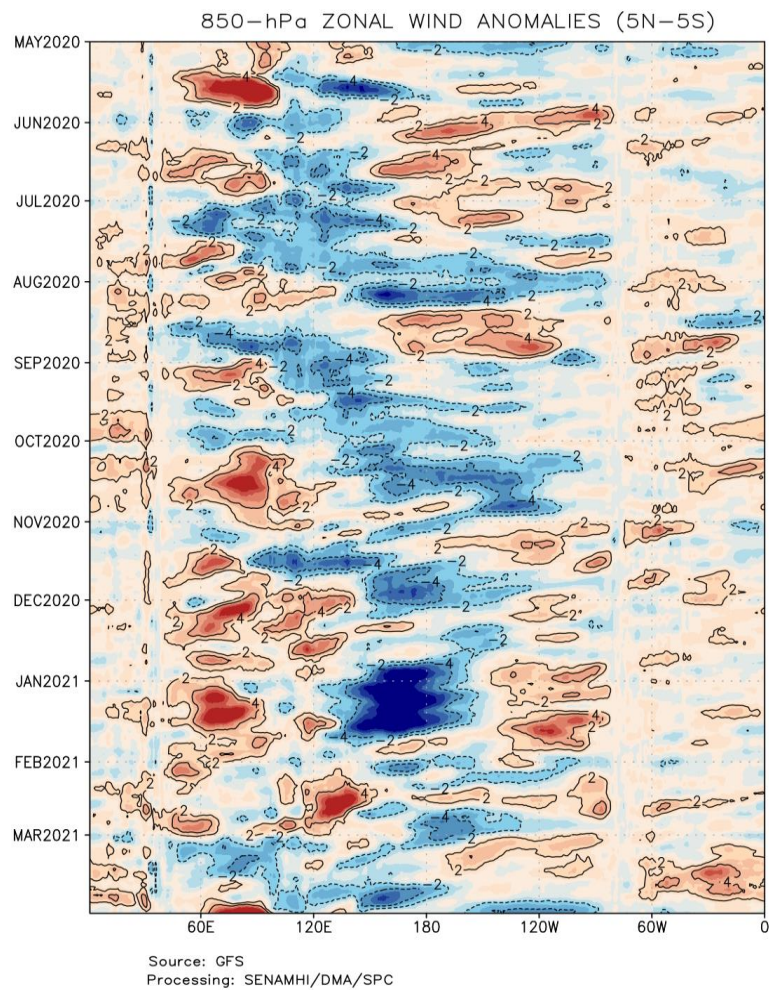


Figura 4: Variabilidad temporal del ICEN para los años 1973-1975 (celeste), 1984-1986 (verde), 1998-2000 (rojo), 2006-2008 (azul), 2012-2014 (anaranjado), 2016-2018 (morado), y 2019-2021 (negro), Fuente: IGP.

a)



b)

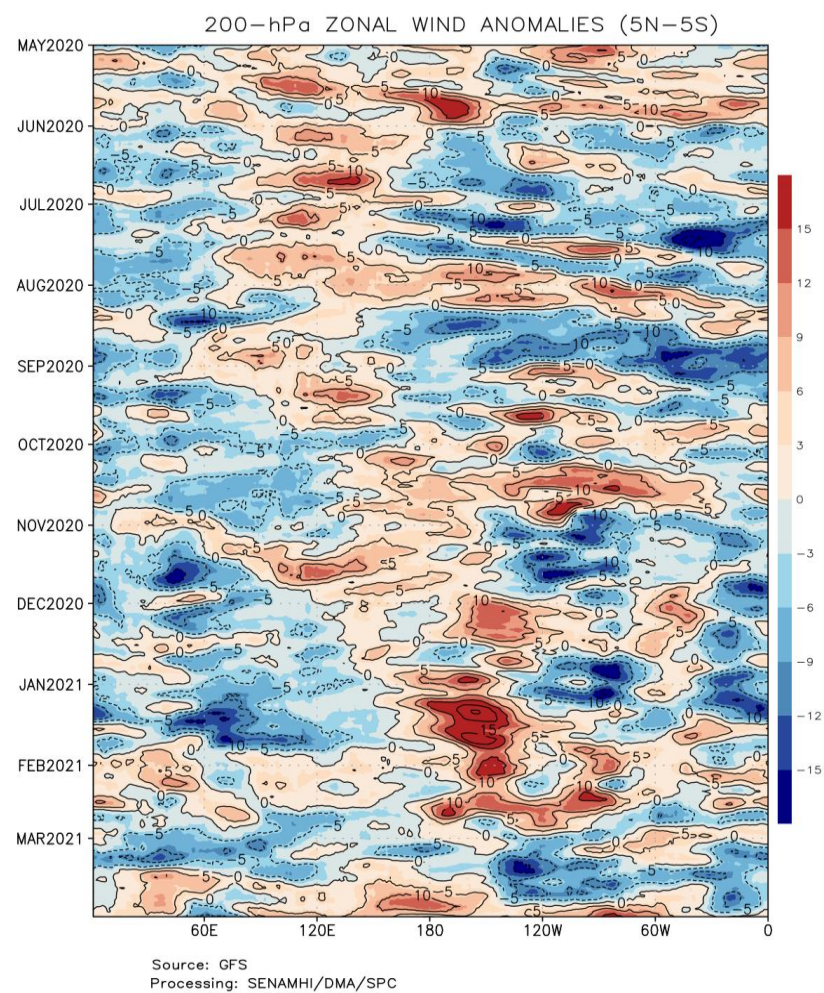


Figura 5: Anomalías de vientos zonales a 850 hPa (a) y 200 hPa (b) entre los 5°S y 5°N en la franja ecuatorial de mayo 2020 a marzo 2021, Procesamiento: SENAMHI.

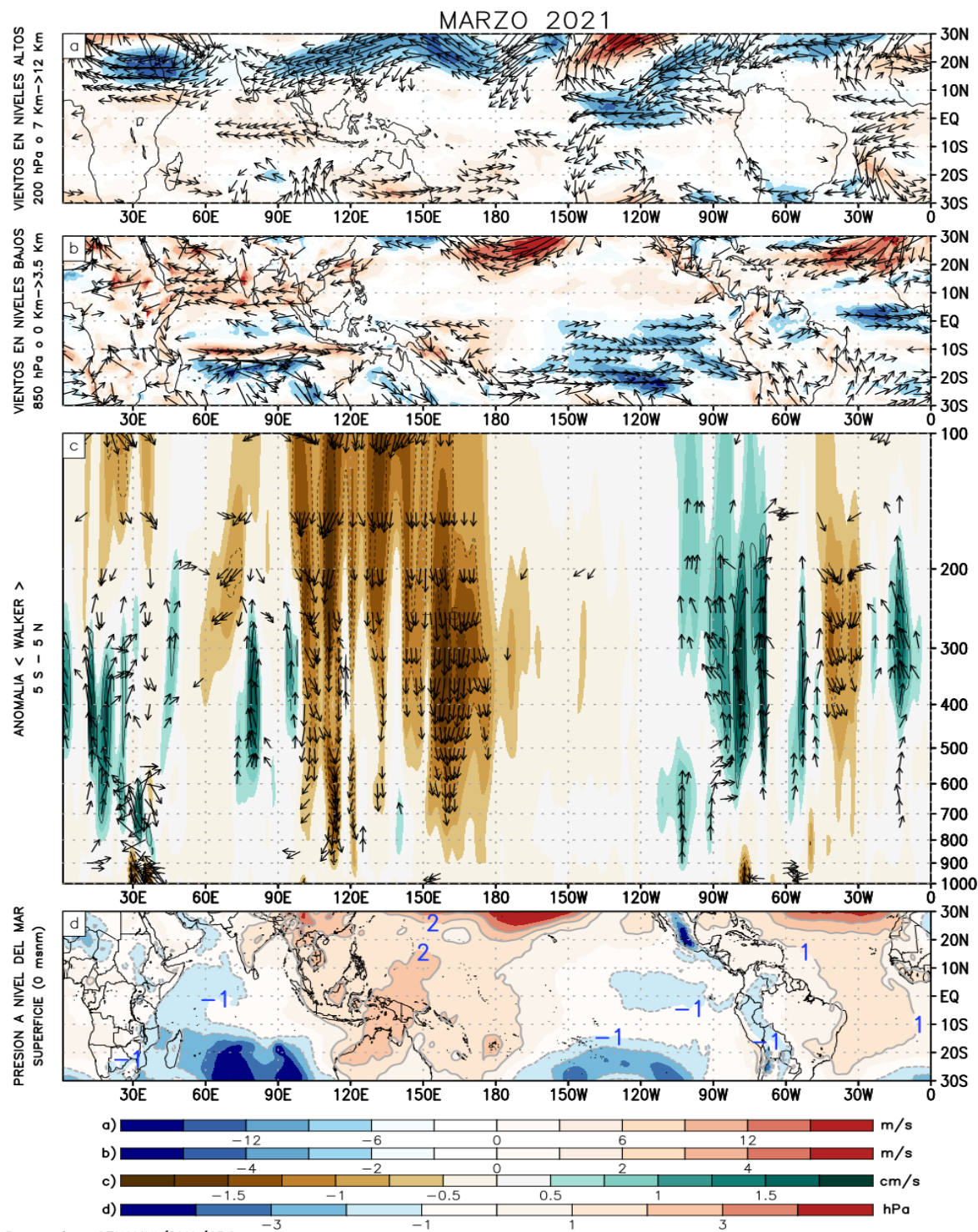


Figura 6: (a) Anomalías de los vientos (colores) y su dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) de la atmósfera para el mes de marzo de 2021, (c) Patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker) para el mes de marzo de 2021, (d) Anomalías de presión a nivel del mar; a), b) y d) expresado en valores de desviación estándar, Fuente: SPC/SENAMHI.

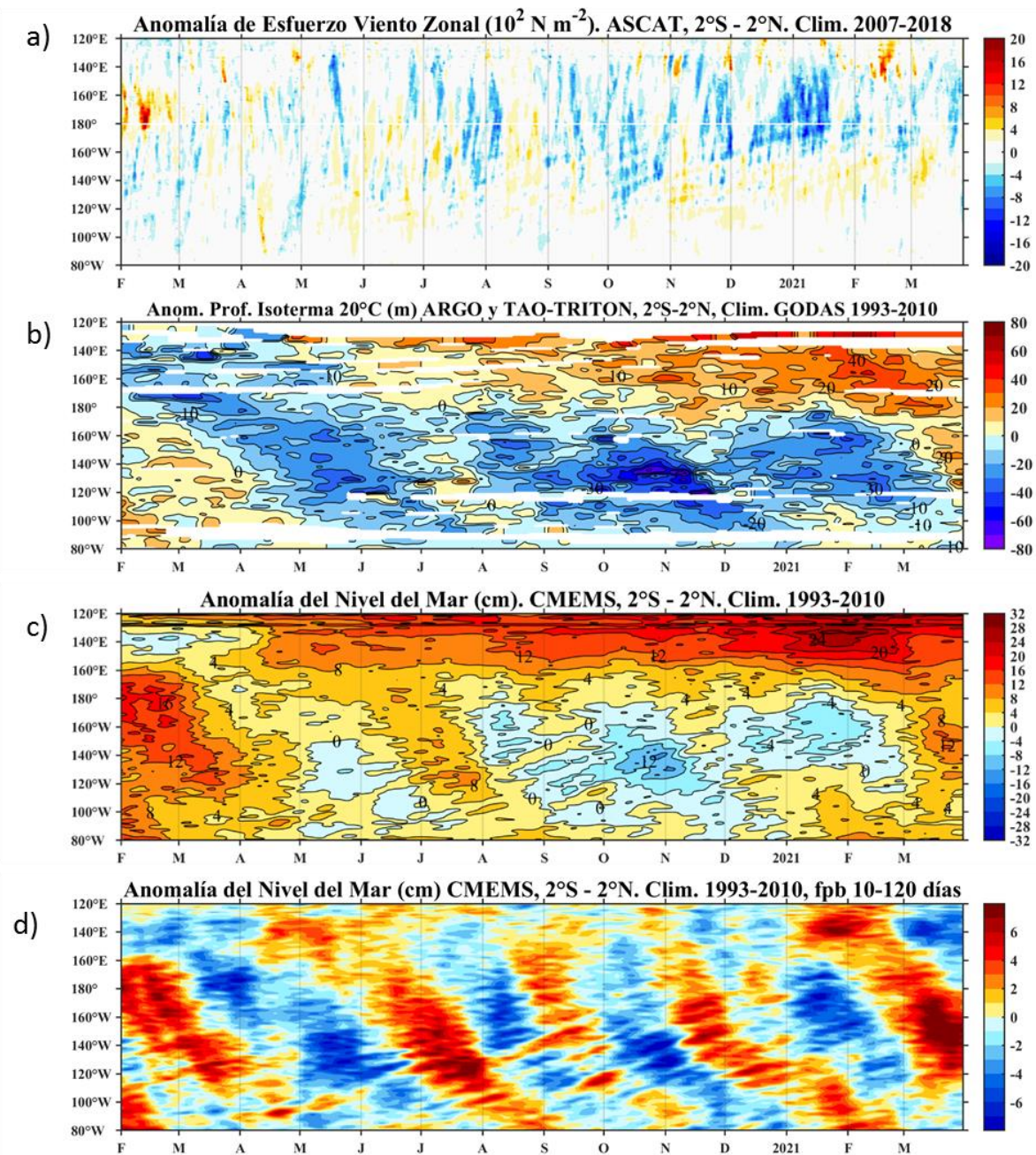


Figura 7: Diagrama Hovmöller de a) Anomalia del esfuerzo de viento zonal (10^2 Nm^{-2}), b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C (m) suavizado de 11 días, fuente: ARGO y TAO-TRITON, climatología: 1993-2010, c) anomalía del nivel medio del mar diario (cm) y d) anomalía del nivel del mar diario (cm) con un filtro pasa banda de 10 - 120 días, fuente: CMEMS v3.0, climatología: 1993-2010; ambos en el Pacífico ecuatorial ($140^\circ\text{W} - 80^\circ\text{W}$ y $2^\circ\text{N} - 2^\circ\text{S}$), Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

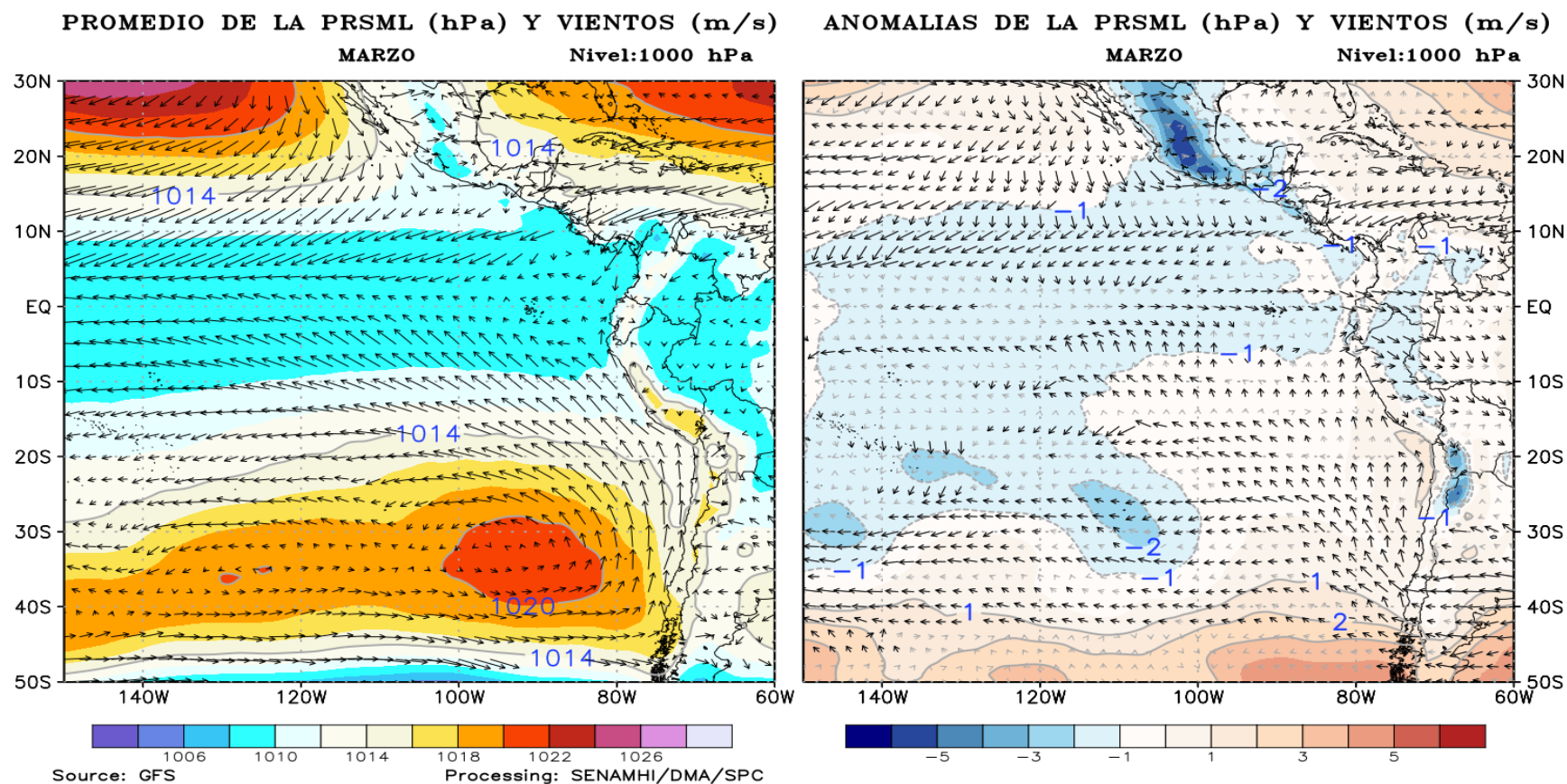


Figura 8: Promedio mensual (izquierda) y anomalías (derecha) de la presión reducida a nivel del mar (PRSML, colores) y vientos (flechas) para marzo 2021, Procesamiento: SENAMHI,

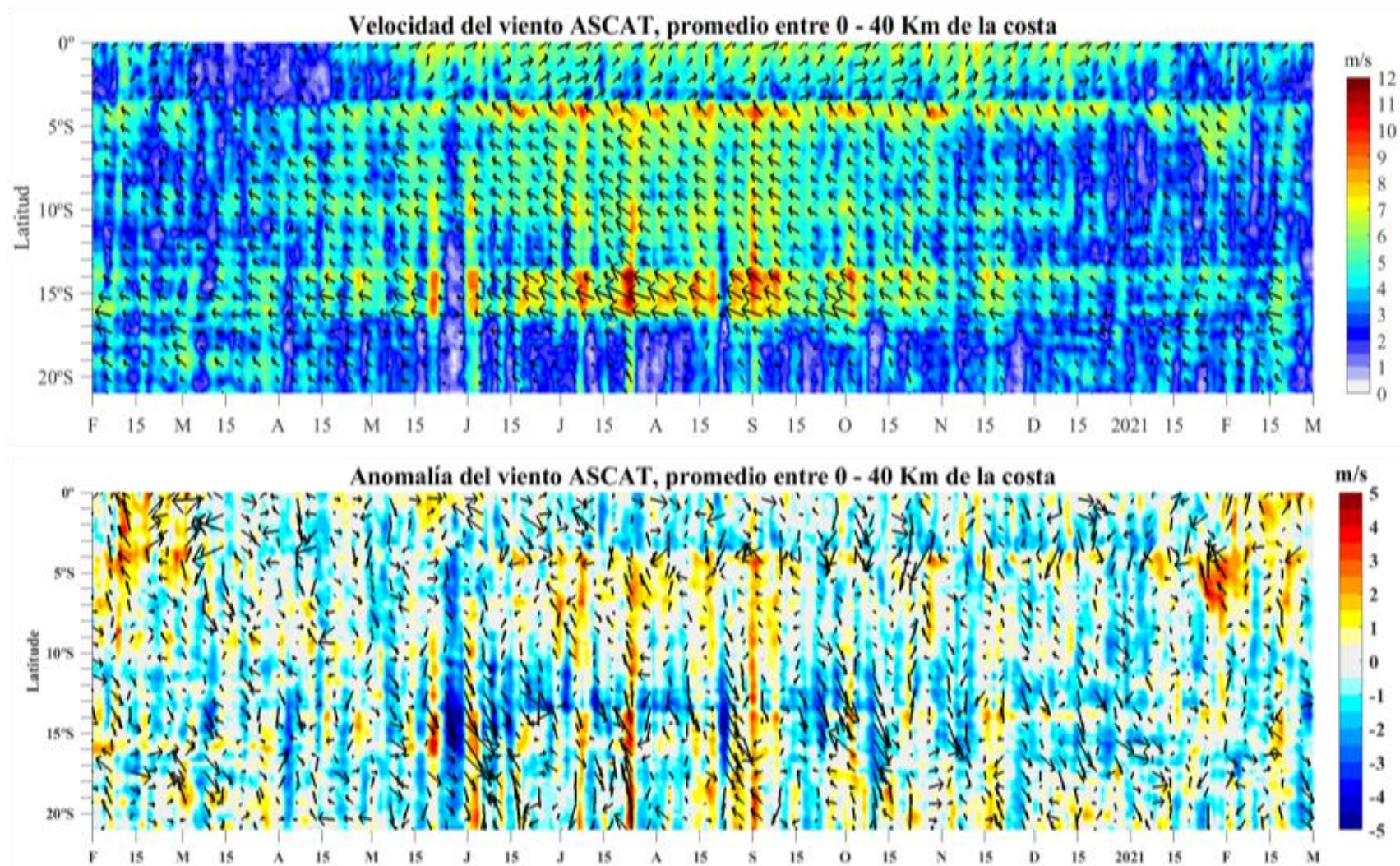


Figura 9: a) Velocidad del viento (m s^{-1}), y b) anomalía del viento (m s^{-1}), desde los 0° hasta 20°S en el periodo durante los últimos 12 meses, Los vectores representan la dirección del viento y anomalía de la dirección del viento, respectivamente, Actualizado al 31 de marzo de 2021. Datos: ASCAT, Procesamiento: IMARPE.

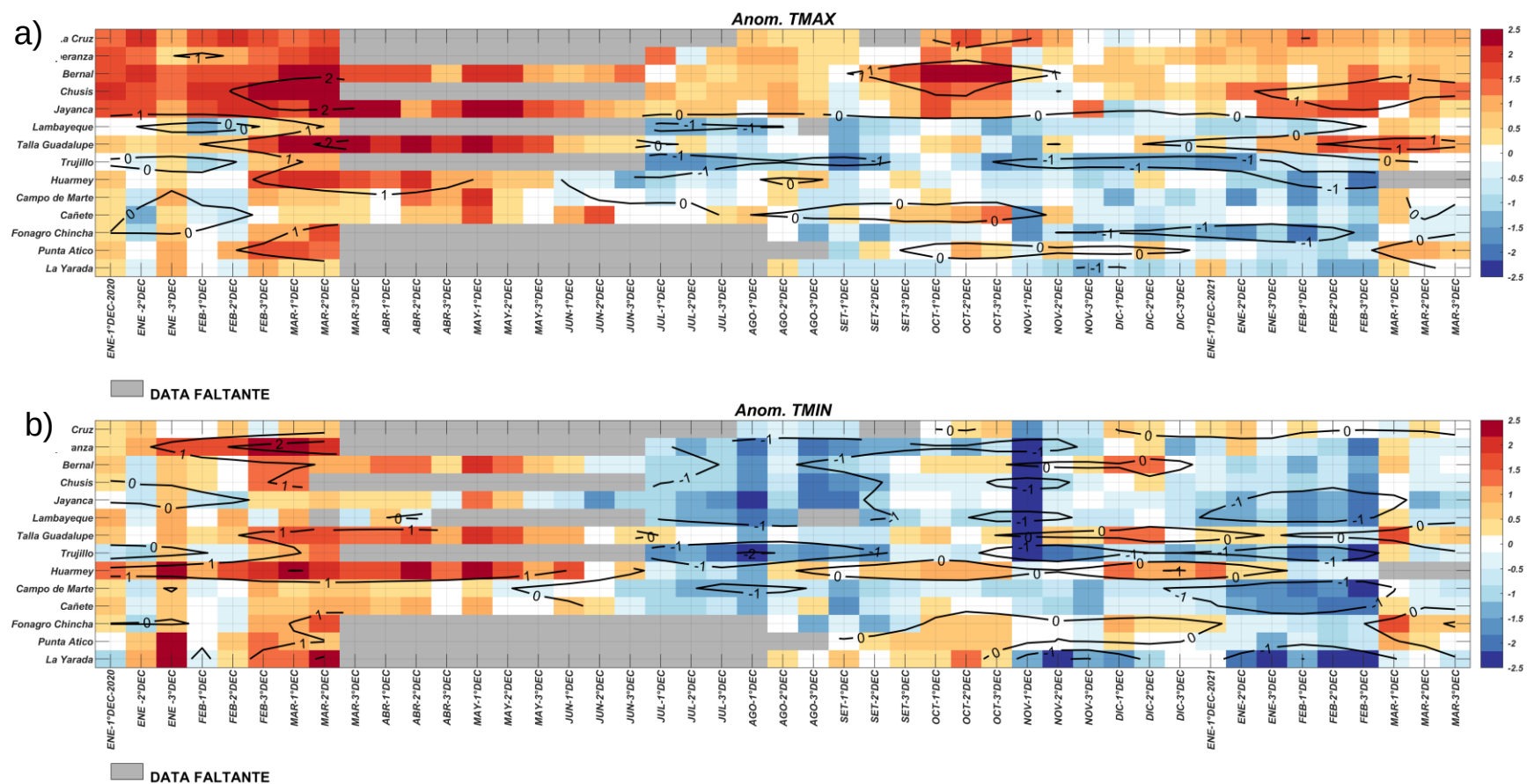


Figura 10: Temperaturas del aire máxima (a) y mínima (b) en las estaciones costeras de SENAMHI desde enero 2020 hasta 31 de marzo del 2021
Fuente: SENAMHI.

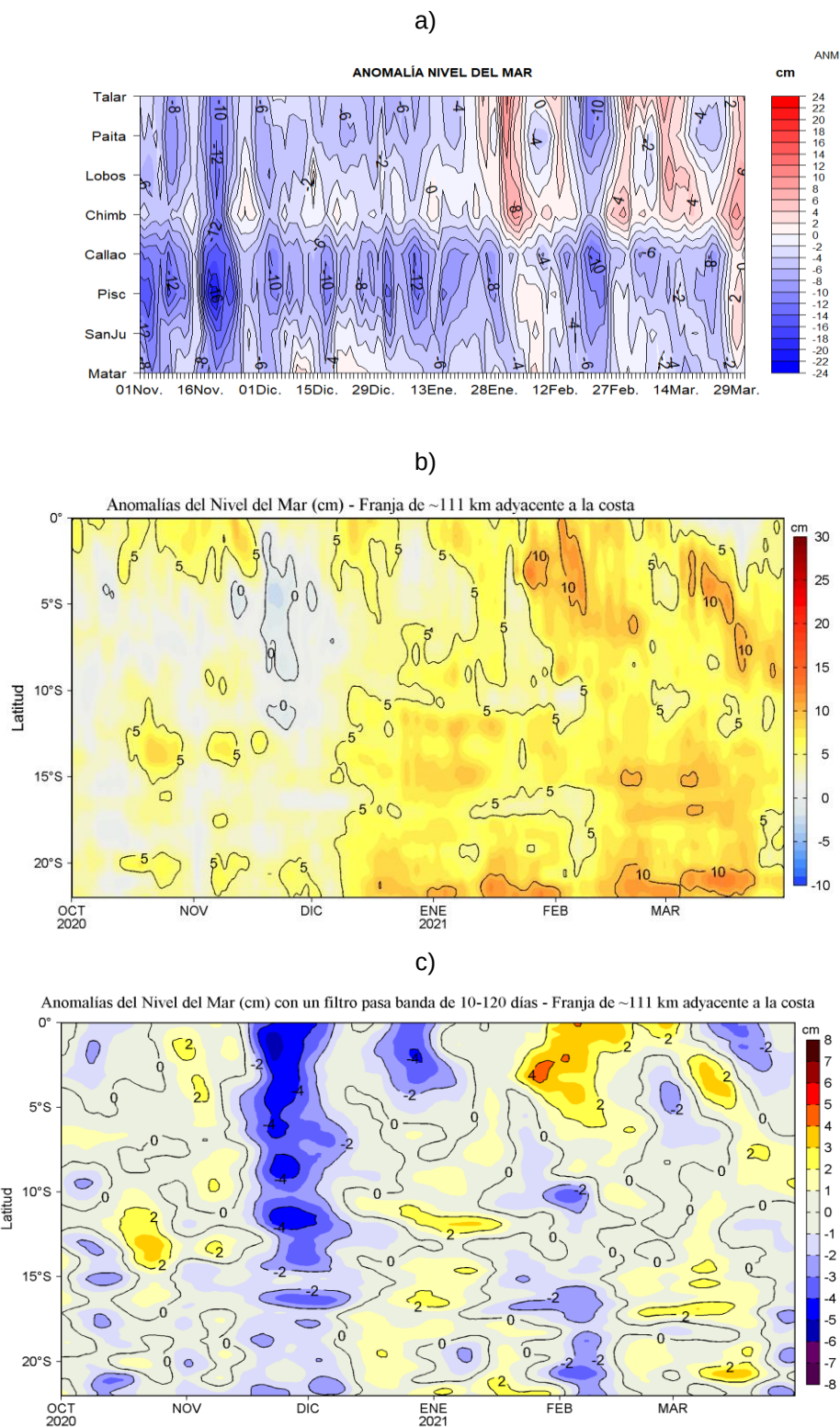


Figura 11: Anomalías del NMM, actualizados al 31 de marzo del 2021: a) Diagrama Hovmöller de las anomalías del nivel del mar diario (cm) sin filtro (b) y con un filtro pasa banda de 10 a 120 días (c), para una franja de 60 millas náuticas (~111 km) adyacente al litoral peruano, Fuente: CMEMS v.3.0. Climatología: 1993-2012, Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

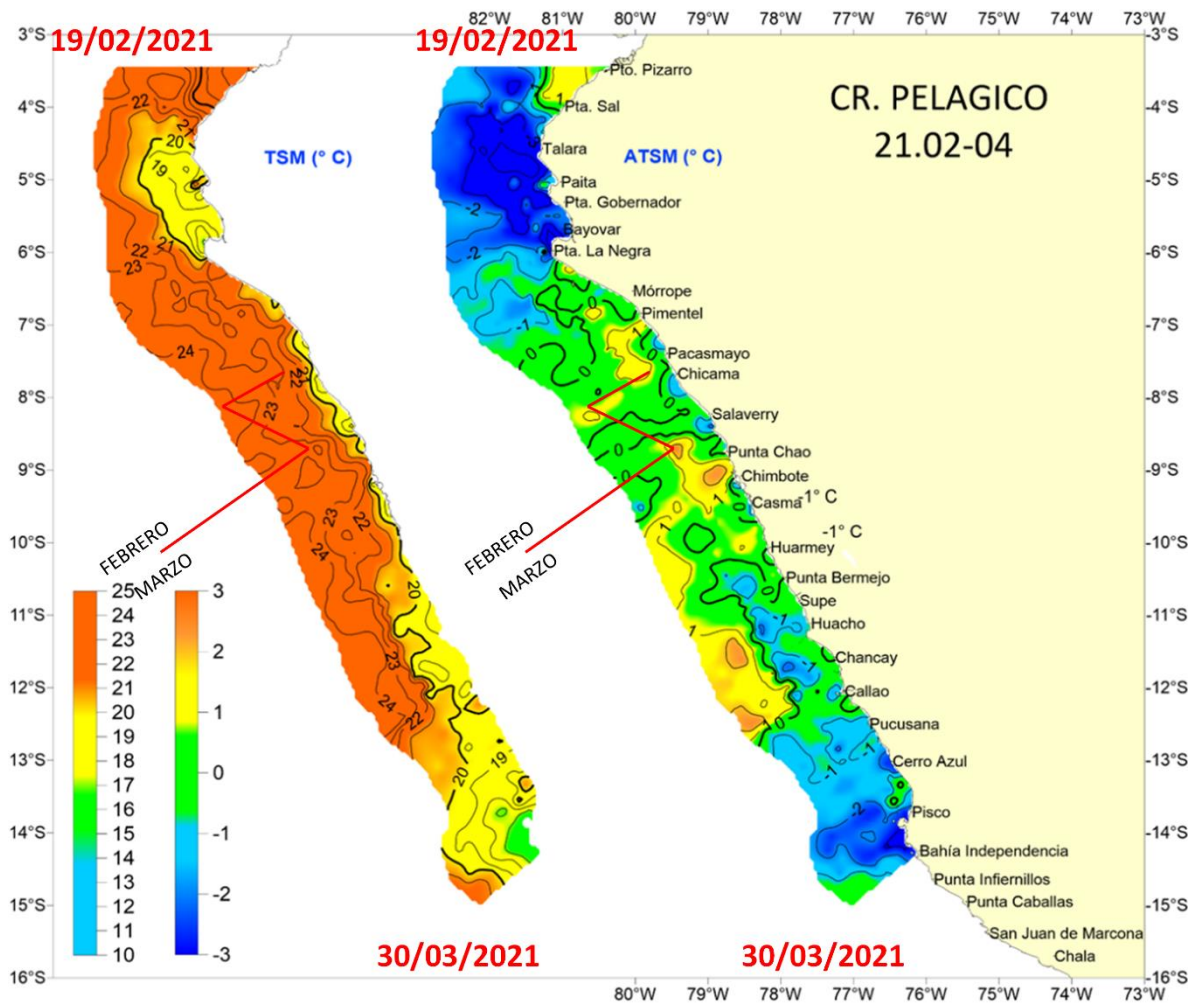


Figura 12: TSM (izquierda) y ATSM (derecha) en °C registradas entre febrero y marzo 2021 en el Crucero Hidro-acústico de Evaluación de Recursos Pelágicos 2102-04. La línea roja indica la región donde el crucero realizó sus actividades: norte (febrero), centro (marzo). Fuente: IMARPE.

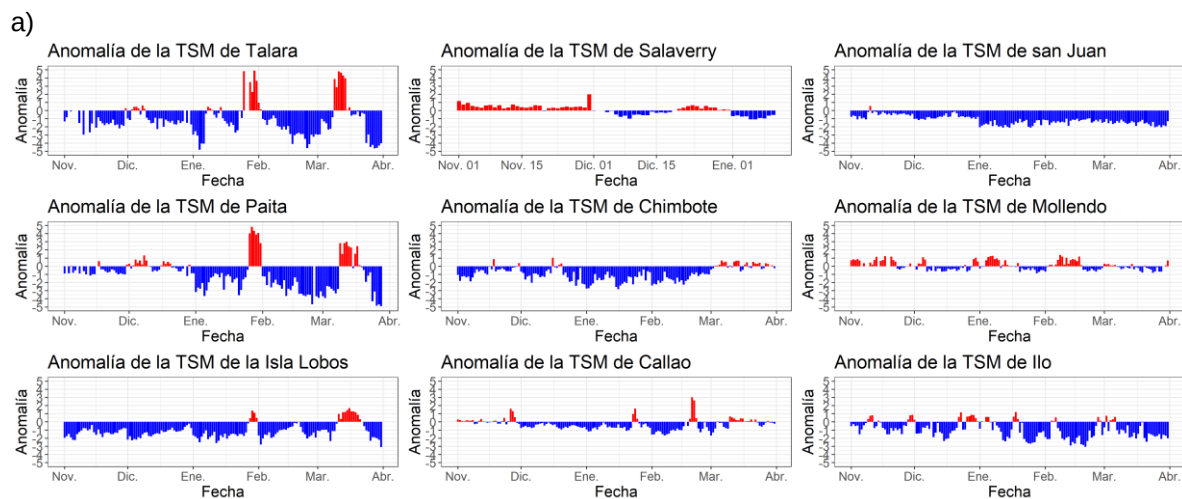
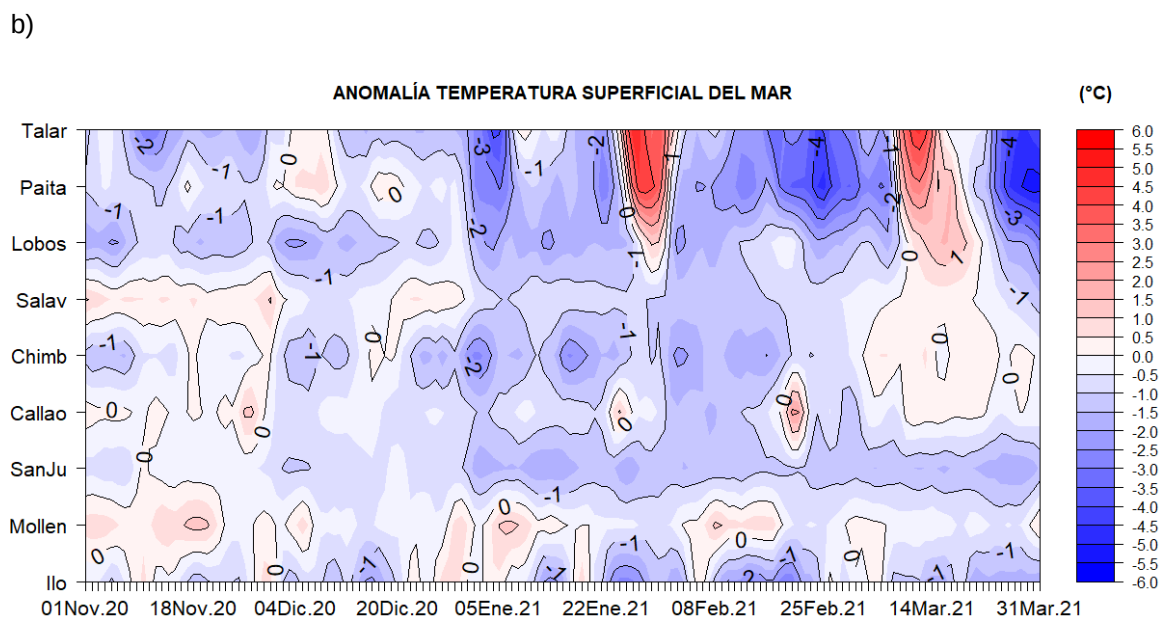


Figura 13: Anomalia de TSM diaria a lo largo de la costa peruana durante los últimos 5 meses, a) serie y b) hövmoller, Actualizado al 31 de marzo 2021, Climatología: 1981-2010, Fuente: DIHIDRONAV.

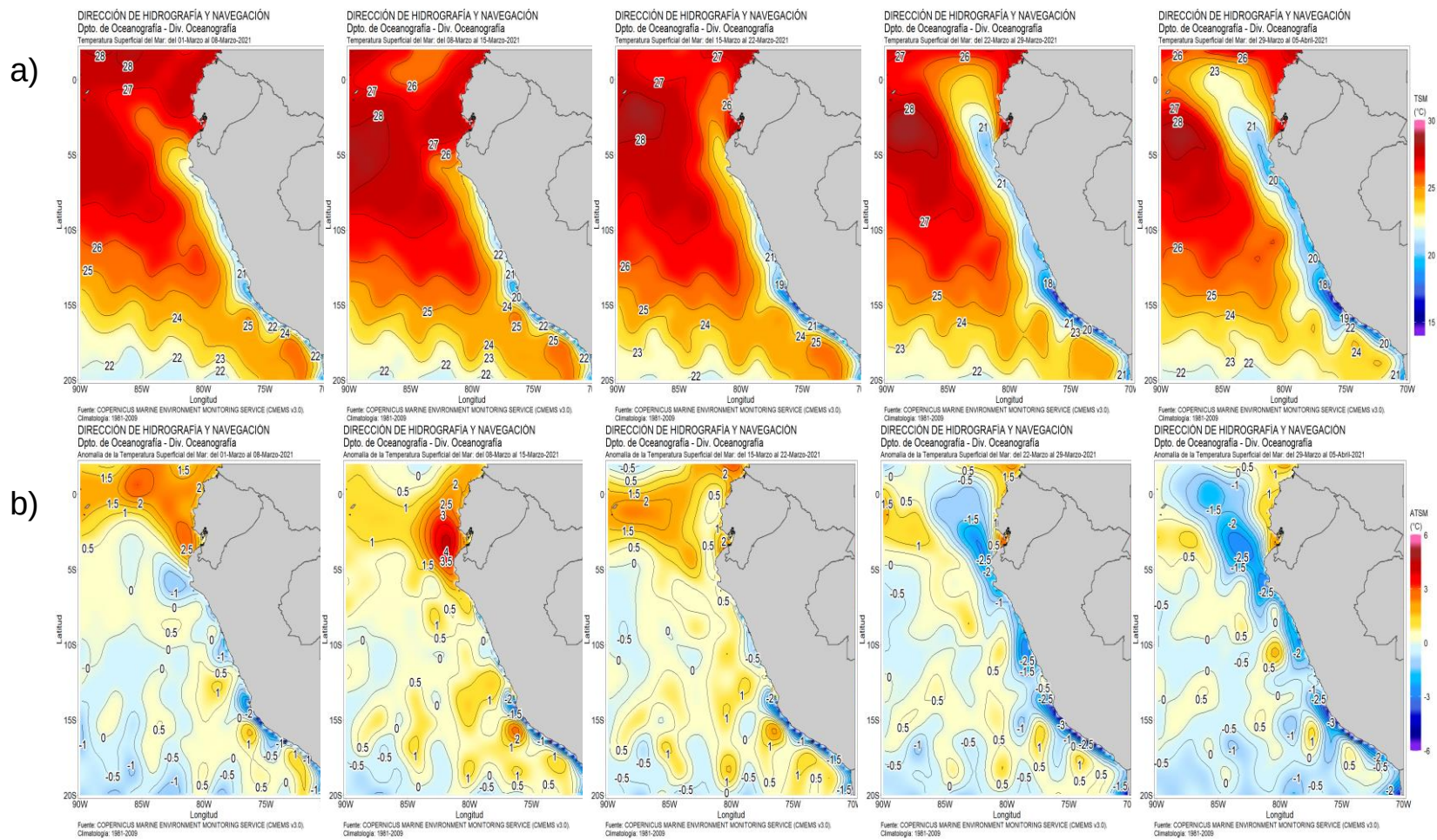
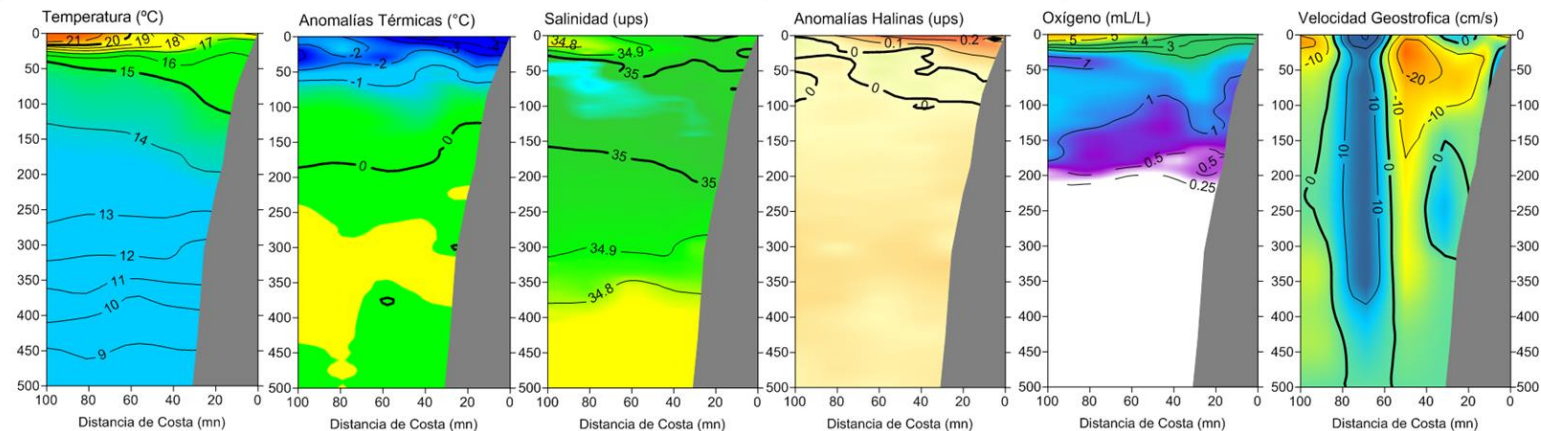


Figura 14: Mapa de distribución espacial de las Temperaturas Superficiales del Mar (TSM, °C) (a), y de las Anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (ATSM, °C) (b) para cada semana de marzo de 2021 de forma creciente de izquierda a derecha, en el océano Pacífico tropical oriental, Fuente: CMEMS v3,0, Procesamiento: DIHIDRONAV.

a)

SECCIÓN PAITA (30-31 marzo del 2021)

b)

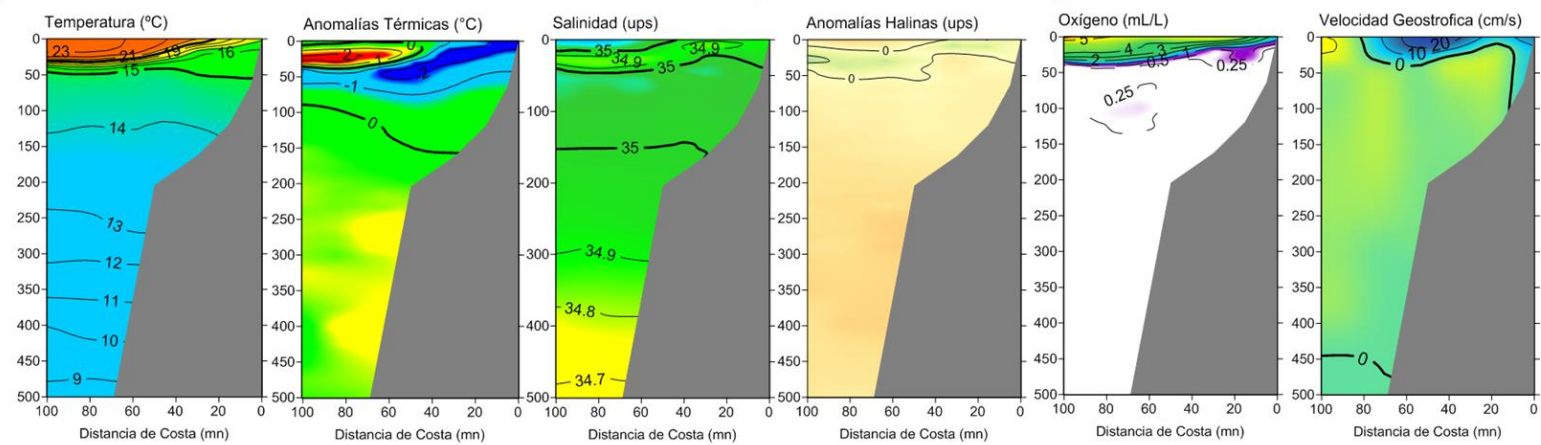
SECCIÓN CHICAMA (28-29 Marzo del 2021)

Figura 15: Secciones oceanográficas (de izquierda a derecha) de la temperatura (°C), anomalías de temperatura (°C), salinidad (ups), anomalías halinas (ups), oxígeno (mL L⁻¹) y velocidad geostrofica (cm s⁻¹) frente a Paita (a) y Chicama (b) dentro de las 100 m.n. a la costa, Climatología de 1981 a 2010, Fuente: IMARPE.

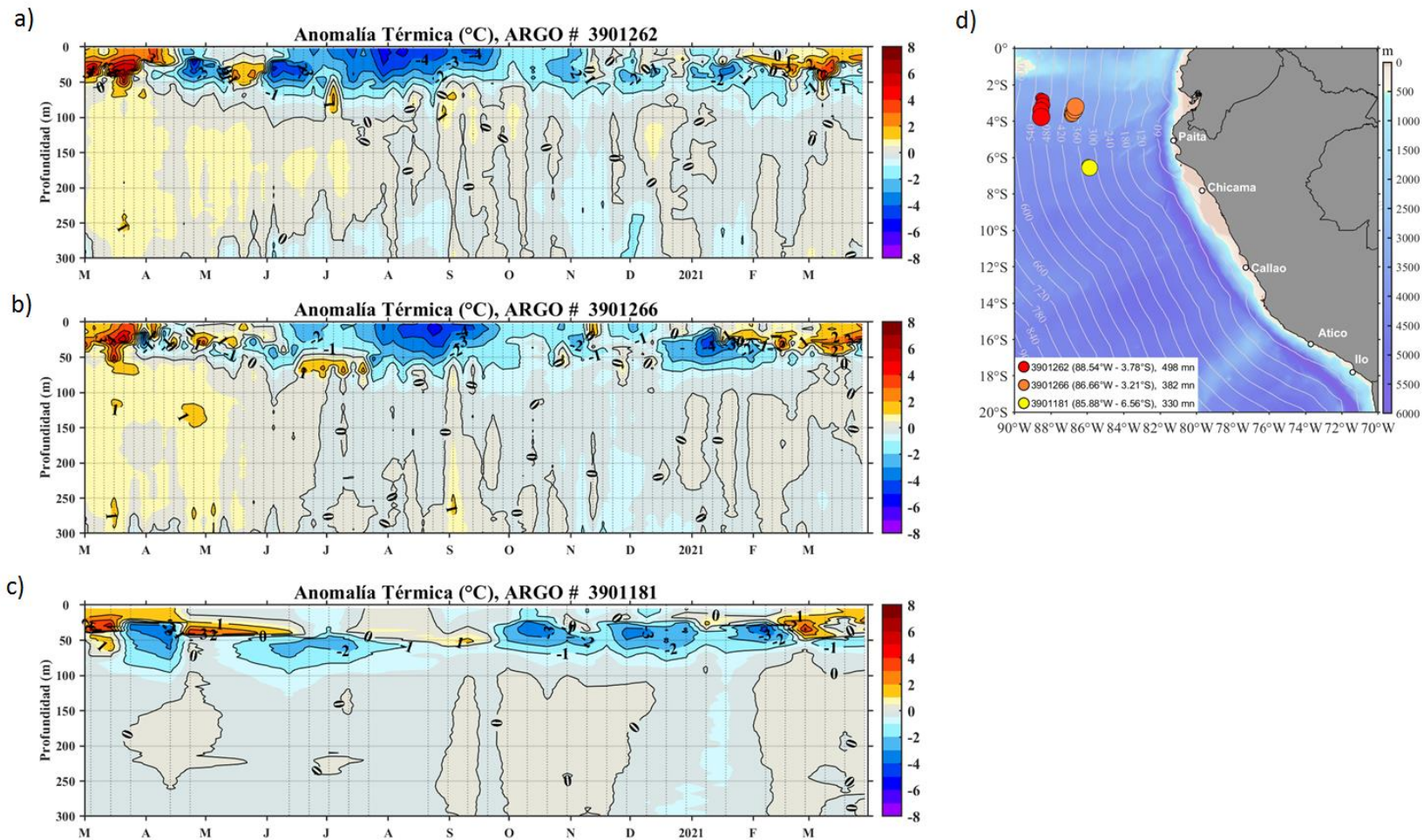
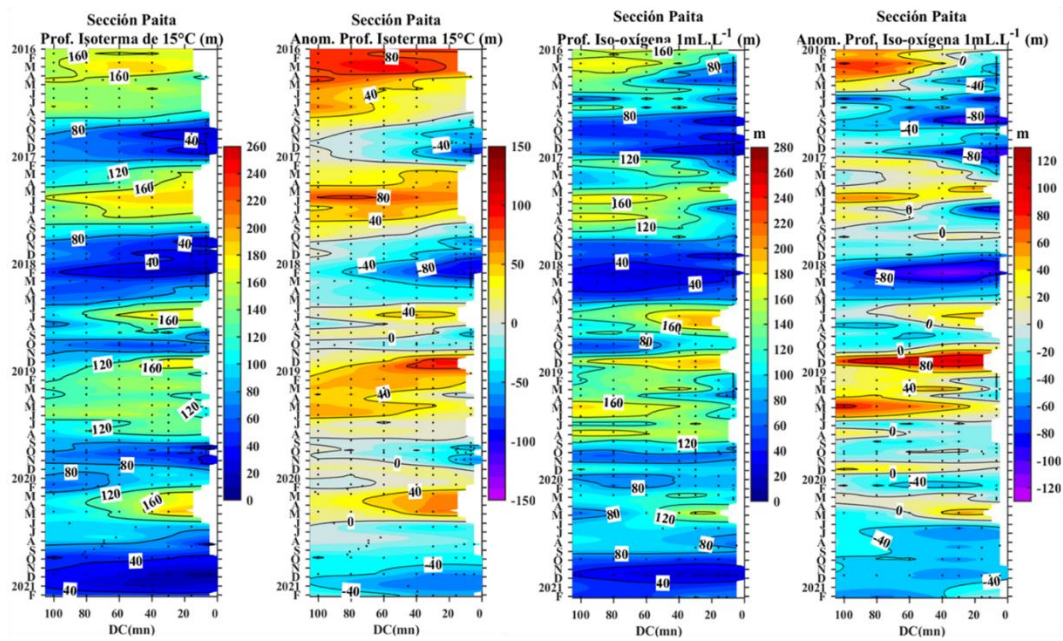


Figura 16: Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en la a) flotadores ARGO en la zona oceánica y d) ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas para el mes de marzo donde brindó información el flotador ARGO, fuente: ARGO, climatología: 1981-2010, Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE

a)



b)

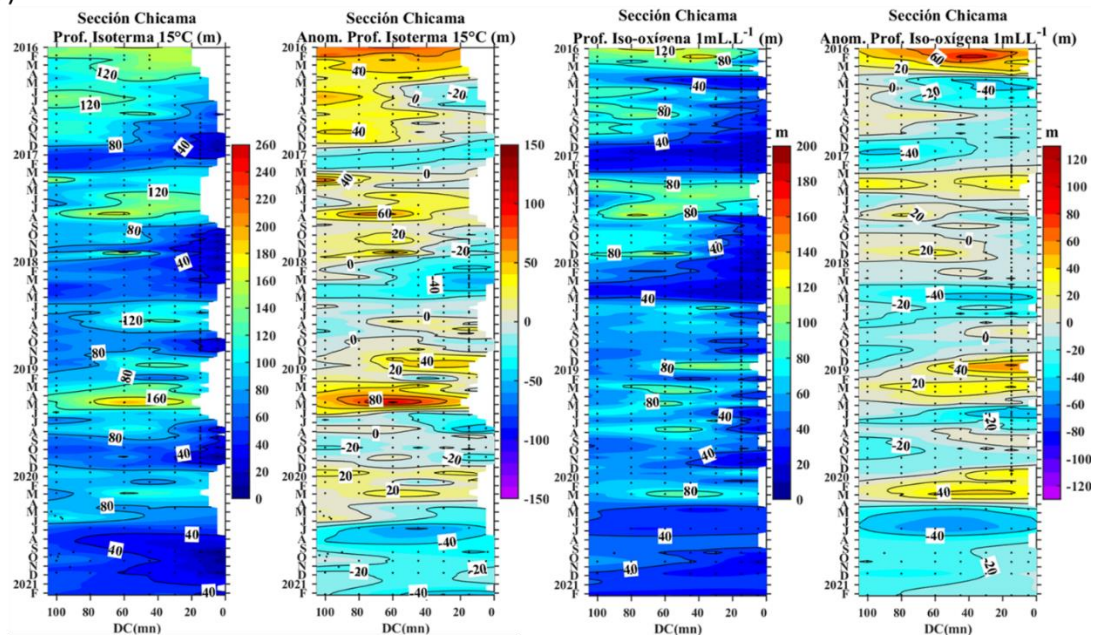


Figura 17: Diagrama Hovmoller (de izquierda a derecha) la profundidad de la isoterma de 15 °C, la anomalía de la profundidad de la isoterma de 15 °C, la profundidad de la iso-oxígena de 1 mL L⁻¹, y anomalía de la profundidad de la iso-oxígena de 1 mL L⁻¹ frente a Paita (a) y Chicama (b) de 0 a 100 m.n., Climatología de 1981 a 2010, Fuente: IMARPE,

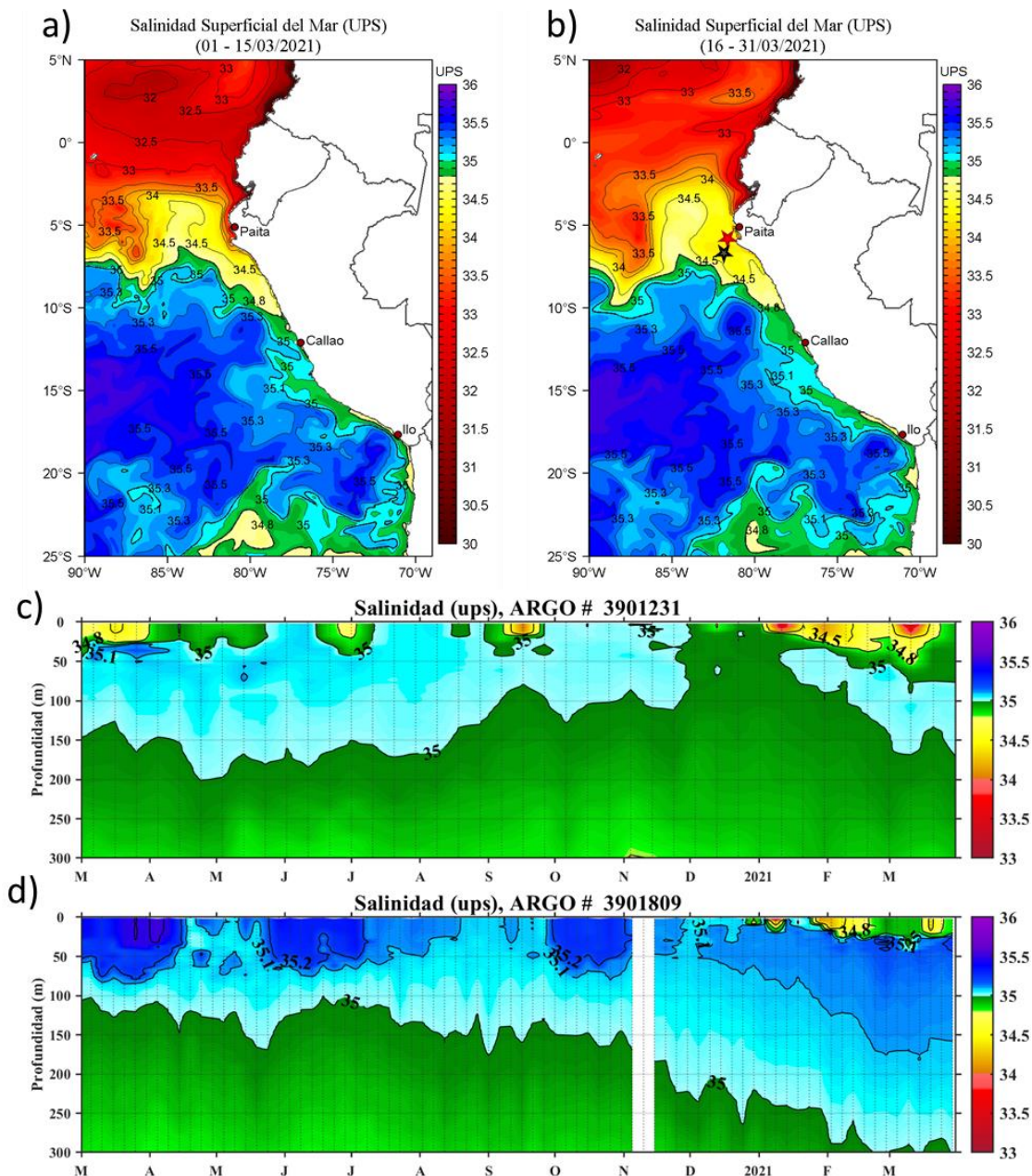


Figura 18: Distribución espacial promedio de la Salinidad Superficial del Mar (ups) para la primera (a) y segunda (b) quincena de marzo de 2021 en el océano Pacífico tropical oriental, Fuente: MERCATOR, Evolución de la salinidad del agua de mar en los flotadores ARGO a) número 3901231 frente a Punta Falsa, y b) número 3901809 frente a Chicama, En (b) se indica con estrellas la última posición de la boya en (c, roja) y (d, negra), Fuente: ARGO, climatología: 1981-2010.

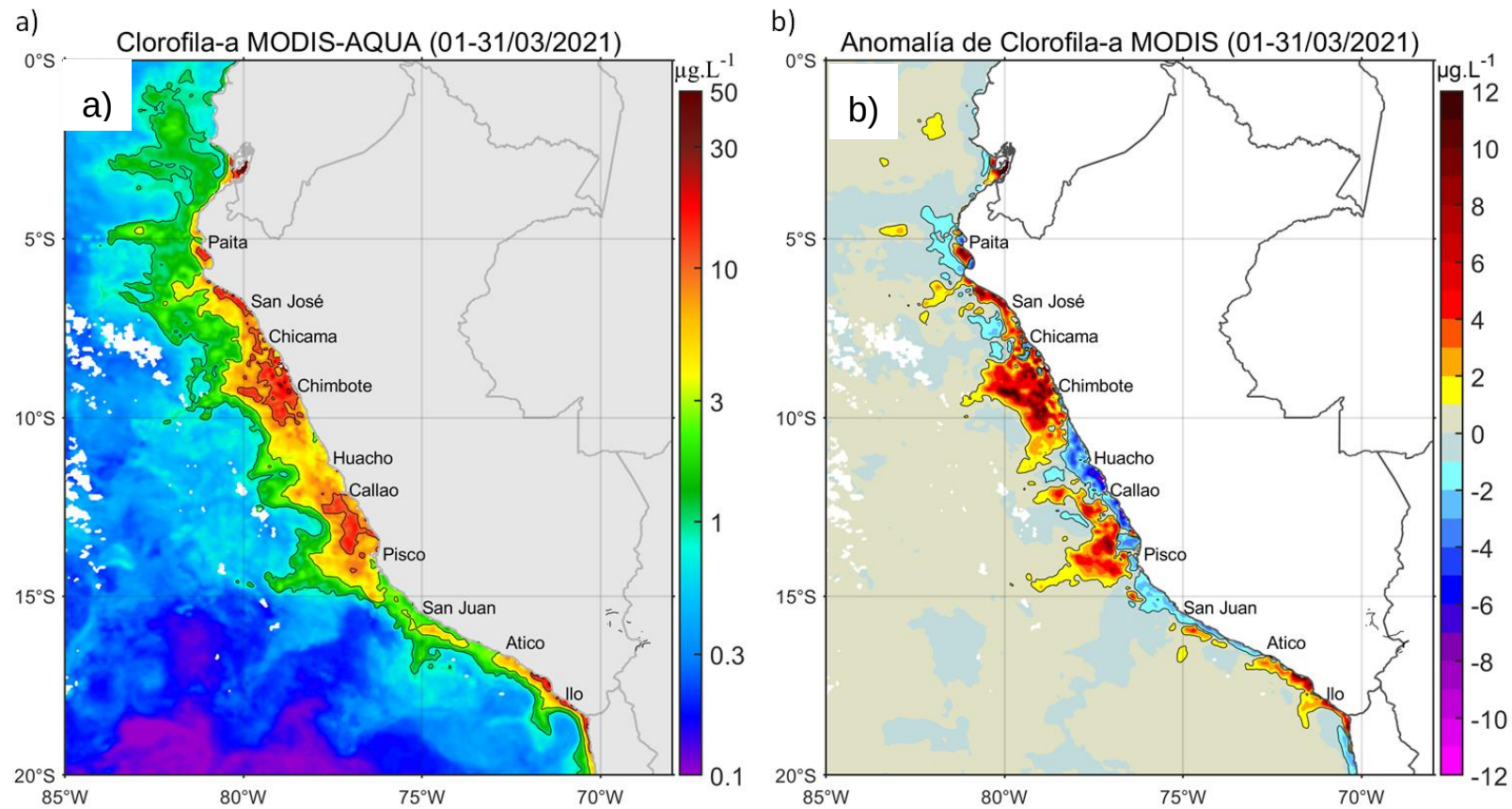


Figura 19: Mapa de la concentración de clorofila-a superficial satelital (a) y su anomalía (b y d) durante marzo de 2021, proveniente de MODIS-AQUA ($\mu\text{g L}^{-1}$). En (c), se muestra la serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barras negras) y su climatología (línea verde) proveniente de SeaWIFS-MODIS ($\mu\text{g L}^{-1}$) entre 4°S-16°S y dentro de los 100 km de la costa, Fuente: IMARPE

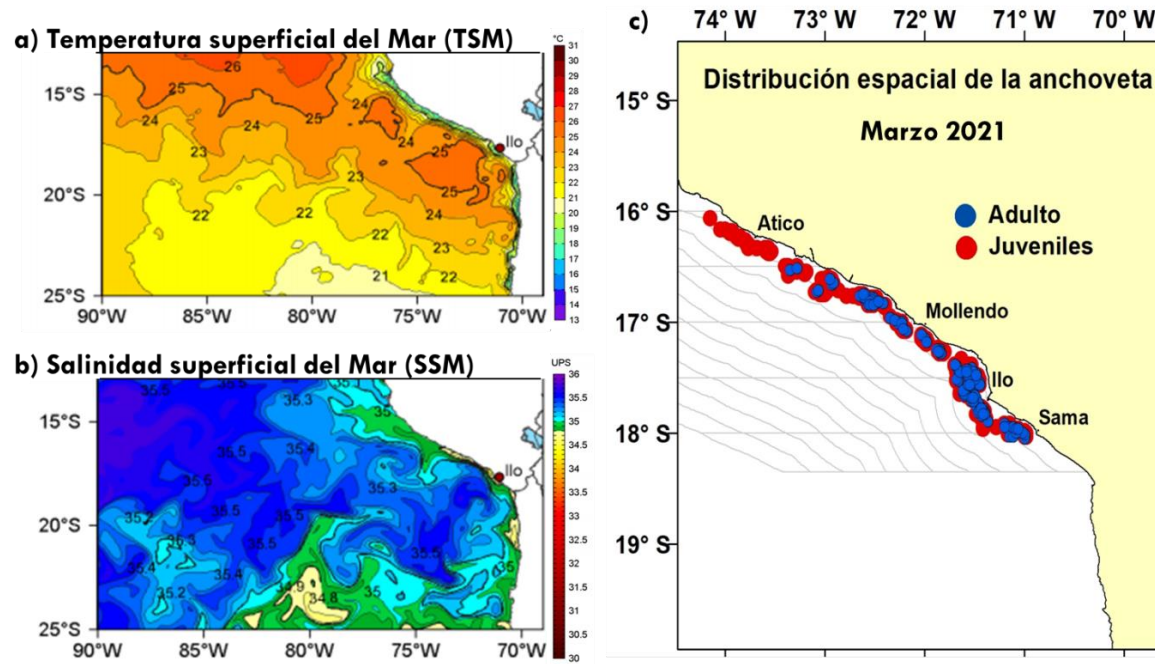


Figura 20: a) Temperatura (°C) y b) salinidad (ups) superficial del mar y c) Distribución de la anchoveta en la región sur durante el periodo 19 febrero – 31 marzo 2021, Fuente: IMARPE.

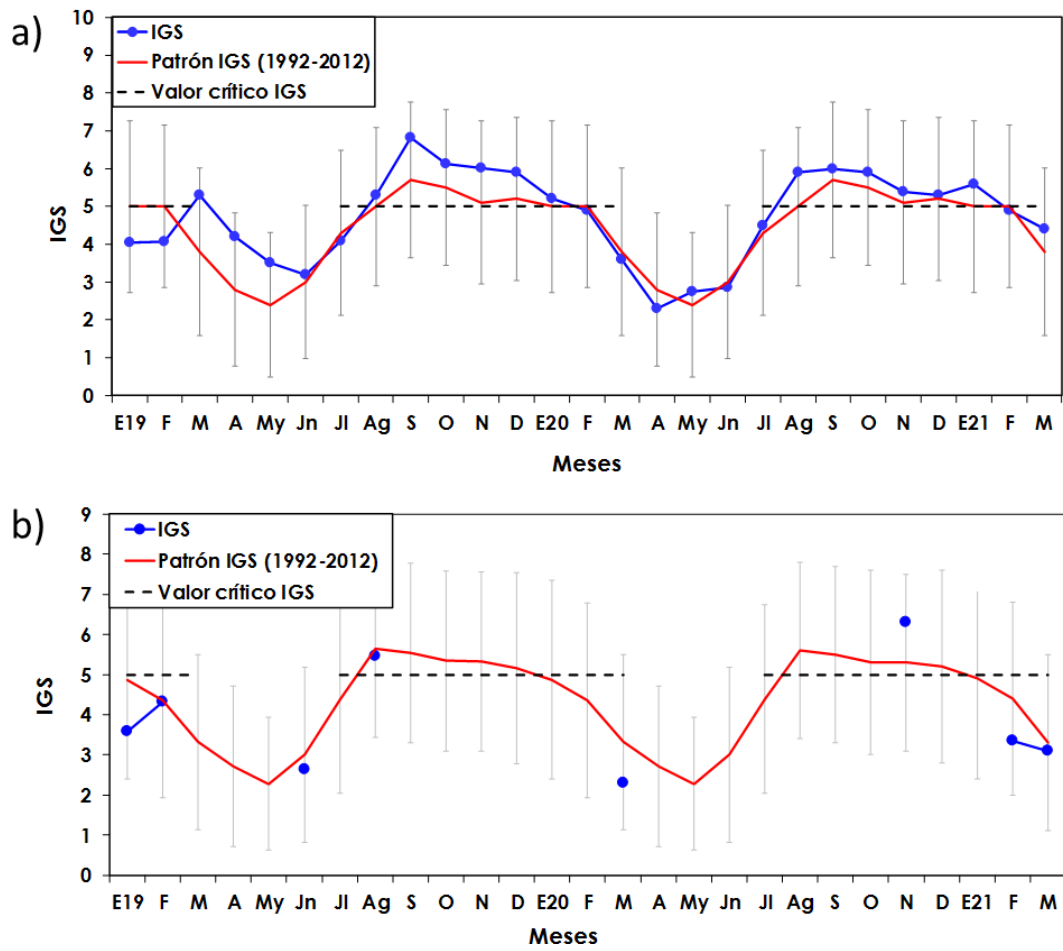


Figura 21: Índice gonadosomático (IGS) de la anchoveta peruana *Engraulis ringens* del stock norte centro (a) y stock sur (b) de enero del 2019 a marzo del 2021 con sus patrones respectivos, Fuente: IMARPE.

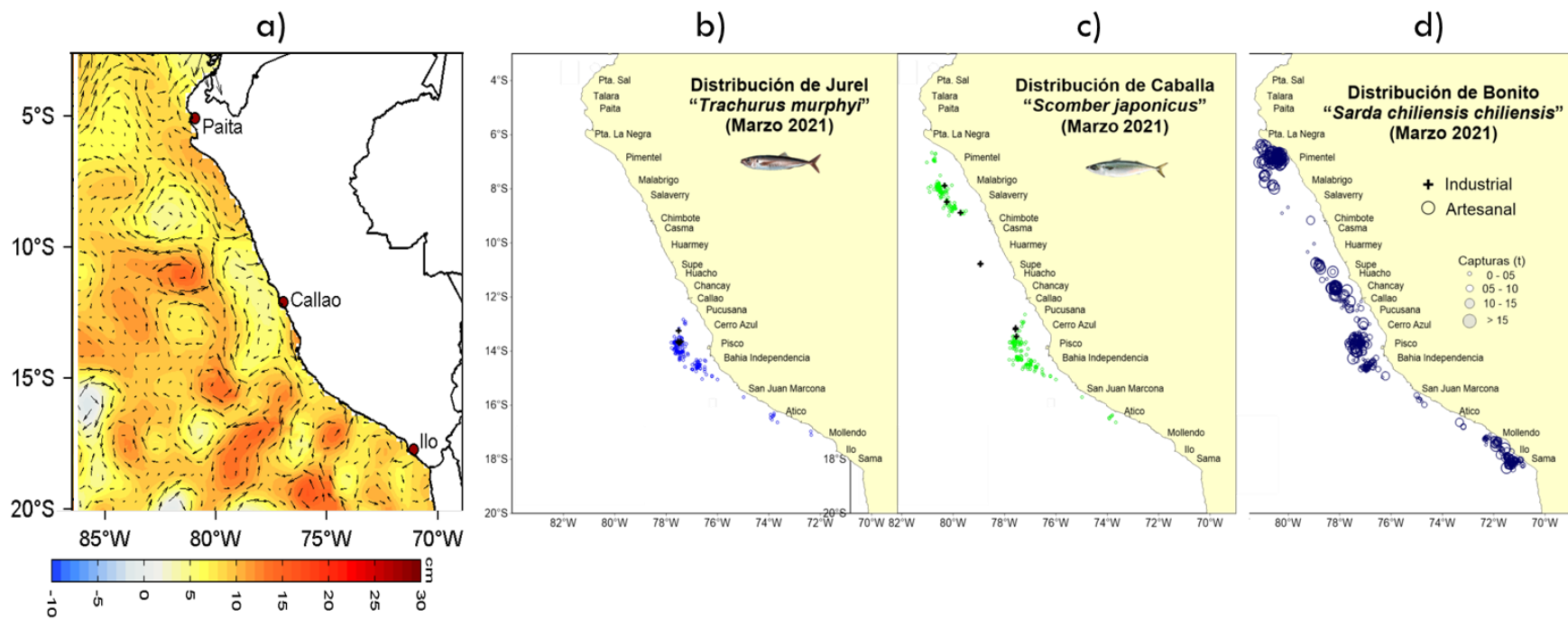


Figura 22: a) Anomalía del nivel del mar (ANM) y flujos geostróficos (cm s⁻¹) y distribución de los recursos transzonales b) jurel, c) caballa y d) bonito durante marzo 2021, Fuente: IMARPE.

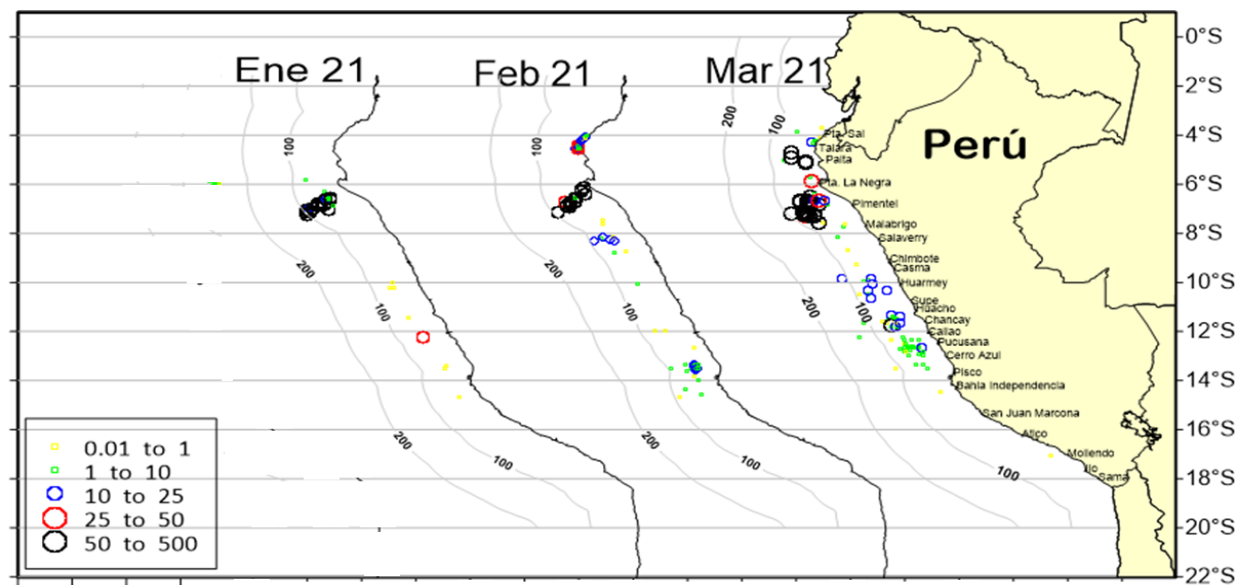


Figura 23: Distribución mensualizada del calamar gigante o pota durante el enero - marzo 2021, Fuente IMARPE,

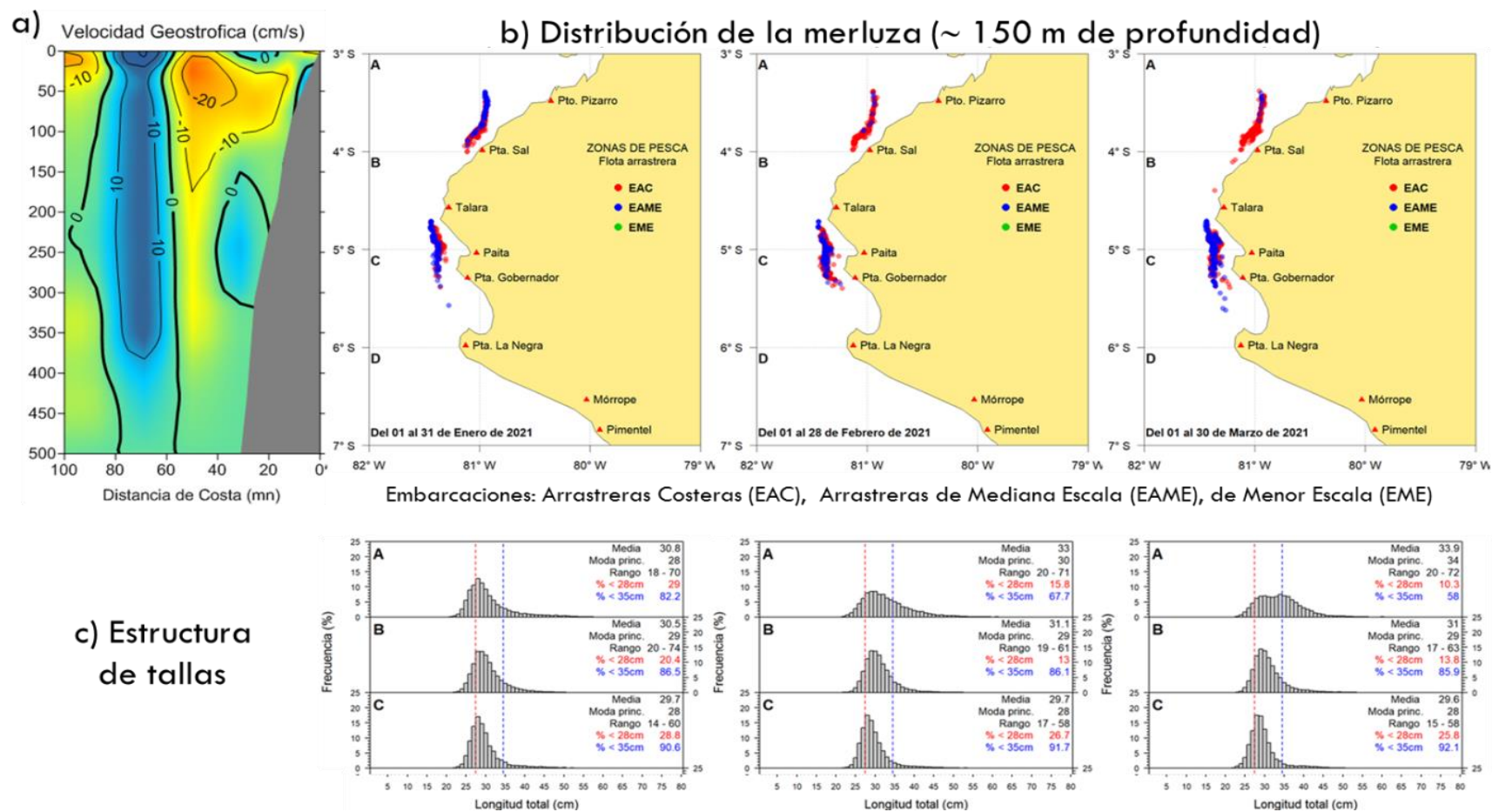


Figura 24: a) Velocidad geostrofica (cm s-1) registrada el perfil Paíta, b) distribución y c) estructura de tallas mensual de merluza según grado latitudinal durante el periodo enero - marzo 2021, Fuente IMARPE.

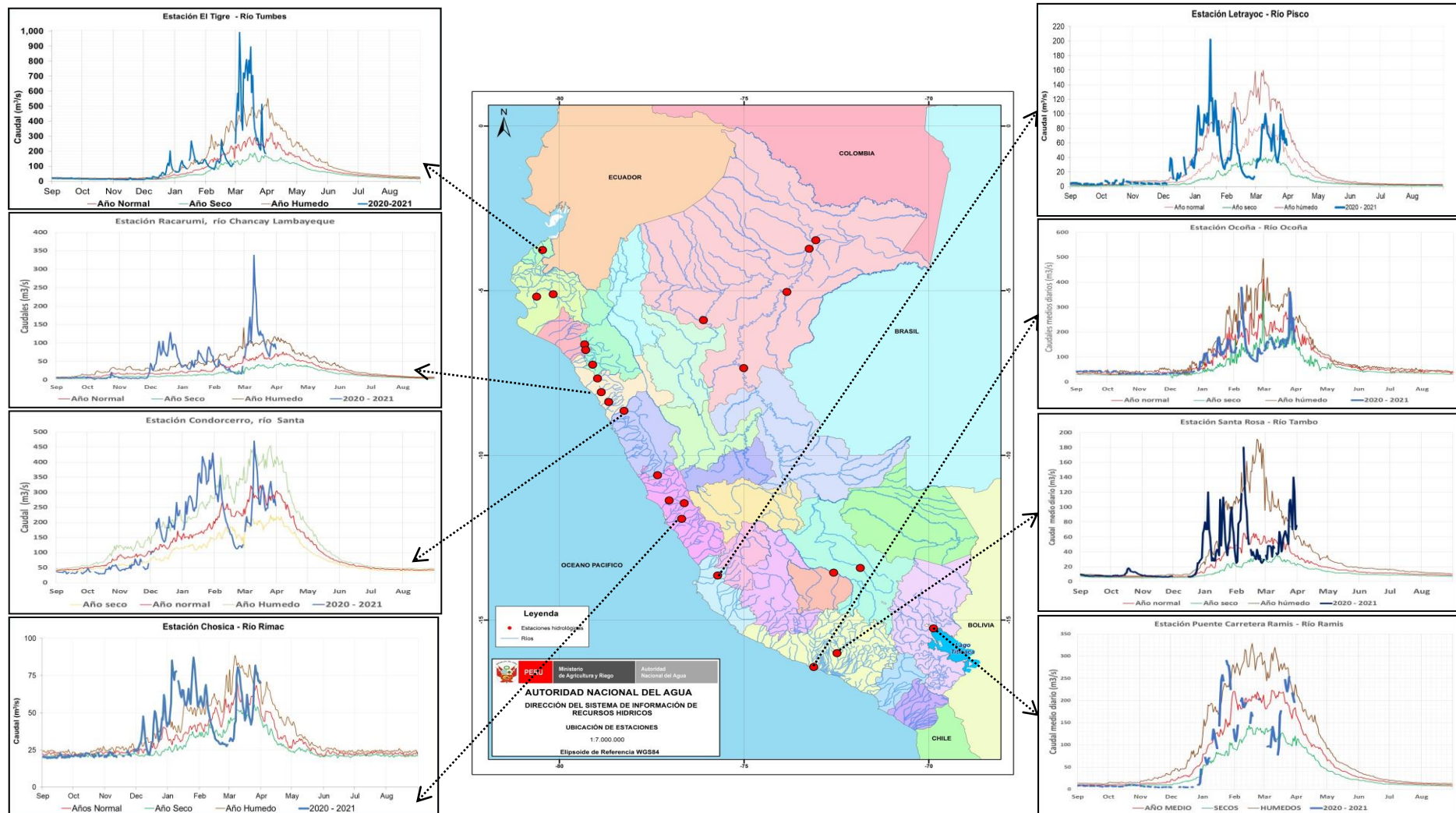


Figura 25: Caudales diarios ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) de los principales ríos del norte (izquierda), centro (centro) y sur (derecha) del Perú, actualizado hasta 31 de marzo 2021, Las líneas azules indican caudales del año hidrológico 2020-2021, rojas: caudales normales; Fuente: SENAMHI, Proyectos Especiales y Juntas de Usuarios, Procesamiento: ANA.

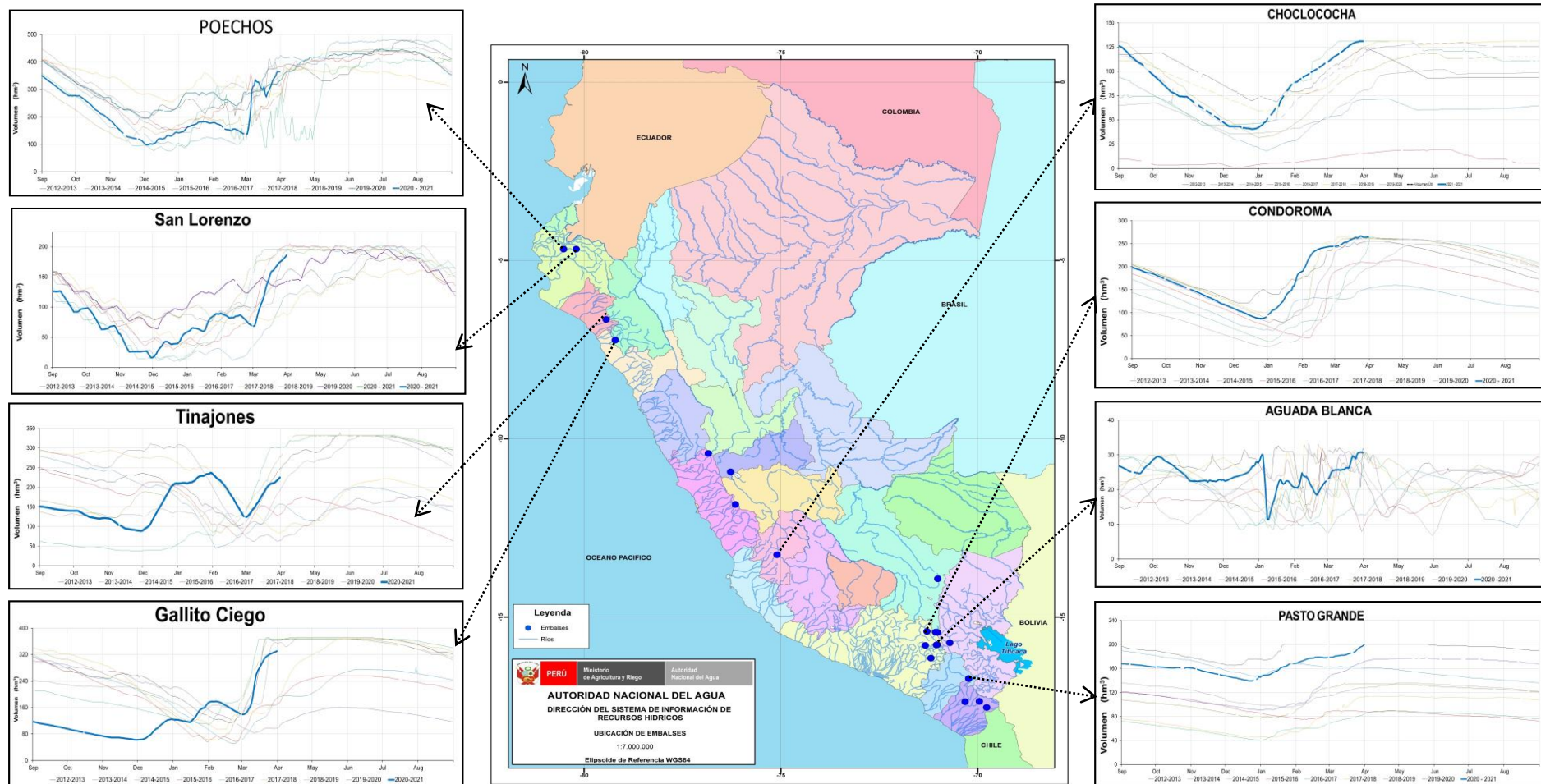


Figura 26: Volúmenes de almacenamiento (hm³) de los principales Embalses del norte (izquierda), centro (derecha) y sur (derecha) del Perú, actualizado hasta 31 de marzo 2021, Las líneas azules indican volúmenes de almacenamiento del año hidrológico 2020-2021, líneas rojas, amarillo, verdes y negro: corresponden a años hidrológicos 2019 – 2020, 2018-2019, 2017-2018, 2016-2017, 2014-2015, Fuente: PE Chira-Piura, JU's San Lorenzo, Chancay Lambayeque, AUTODEMA, GORE PERPG, EGESUR, Procesamiento: ANA.

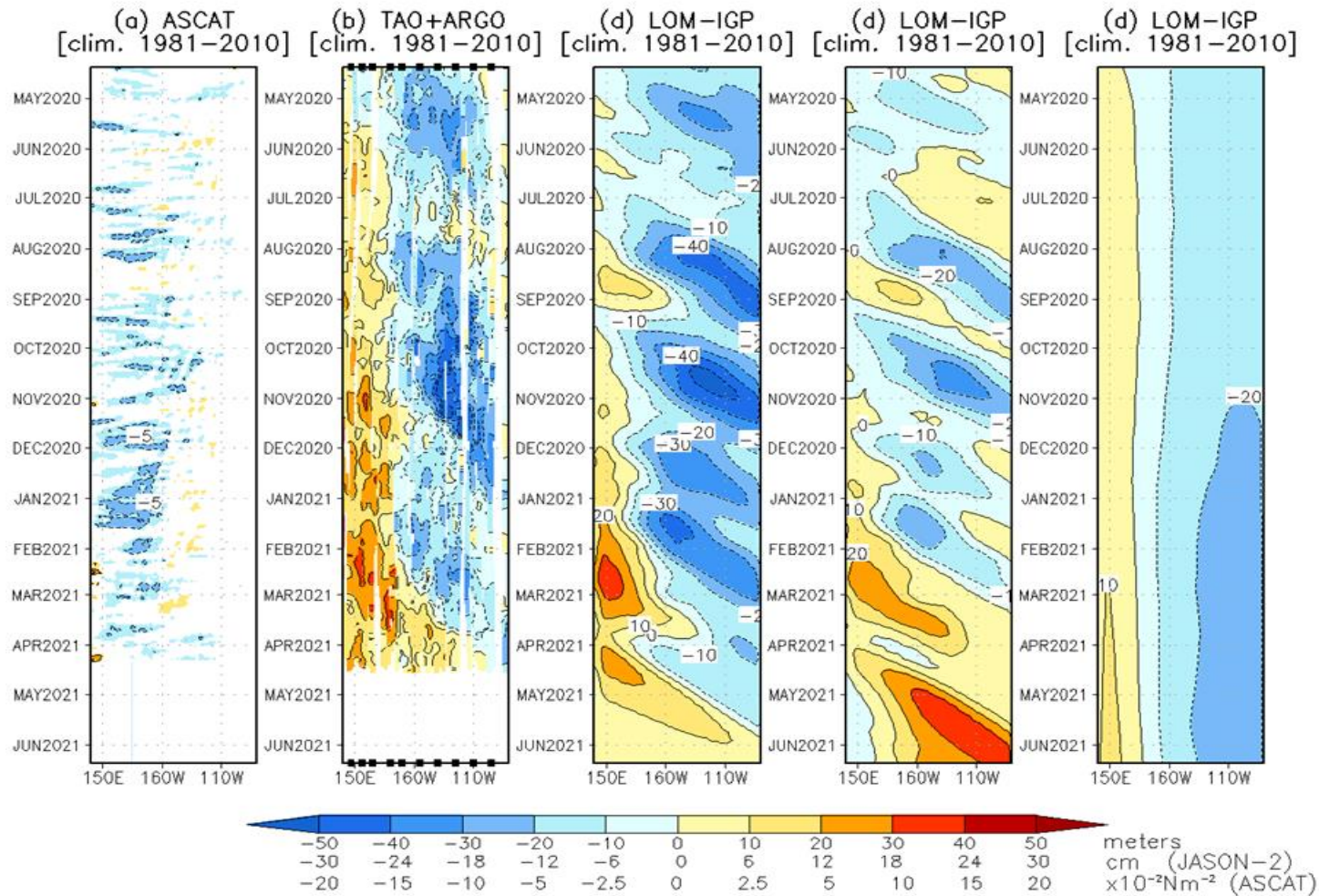


Figura 27: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C con datos de TAO y los derivadores de Argo (b), diagrama de la onda de Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda de Kelvin (d) y finalmente diagrama de la onda de Rossby (e), calculado con el Modelo oceánico lineal (LOM-IGP), forzando por ASCAT y $\tau=0$ para el pronóstico, La línea roja discontinua representa el inicio del pronóstico Procesamiento: IGP.

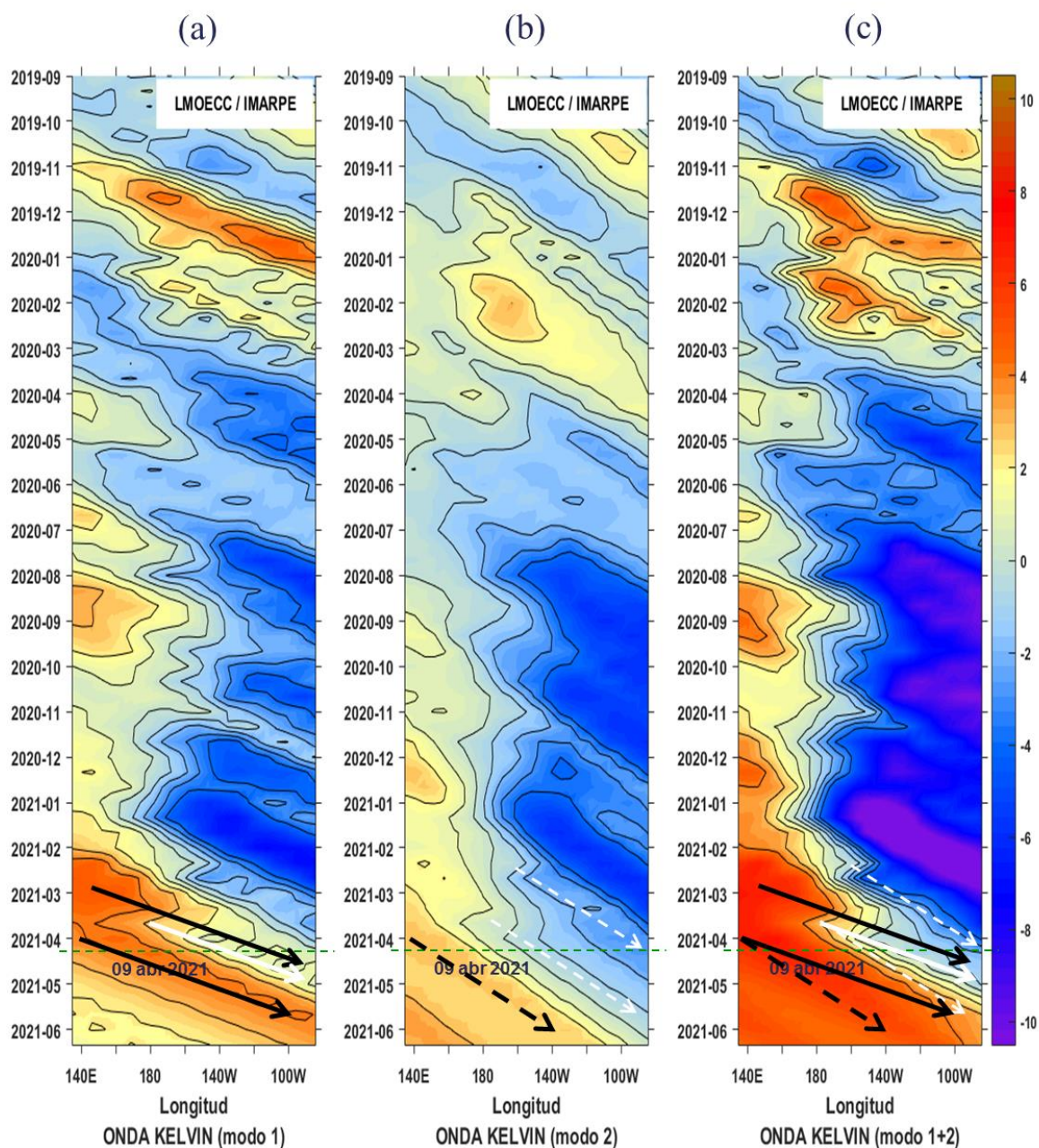


Figura 28: Diagrama Hovmöller de longitud-tiempo de las ondas Kelvin oceánicas en el Pacífico ecuatorial: (a) Modo 1, (b) Modo 2, (c) Modo 1+ Modo 2, El modelo fue forzado con información de NCEP, La línea discontinua horizontal de color verde indica el inicio del pronóstico sin el forzante de viento; fecha inicial del pronóstico: 09 de abril 2021, Fuente: IMARPE.

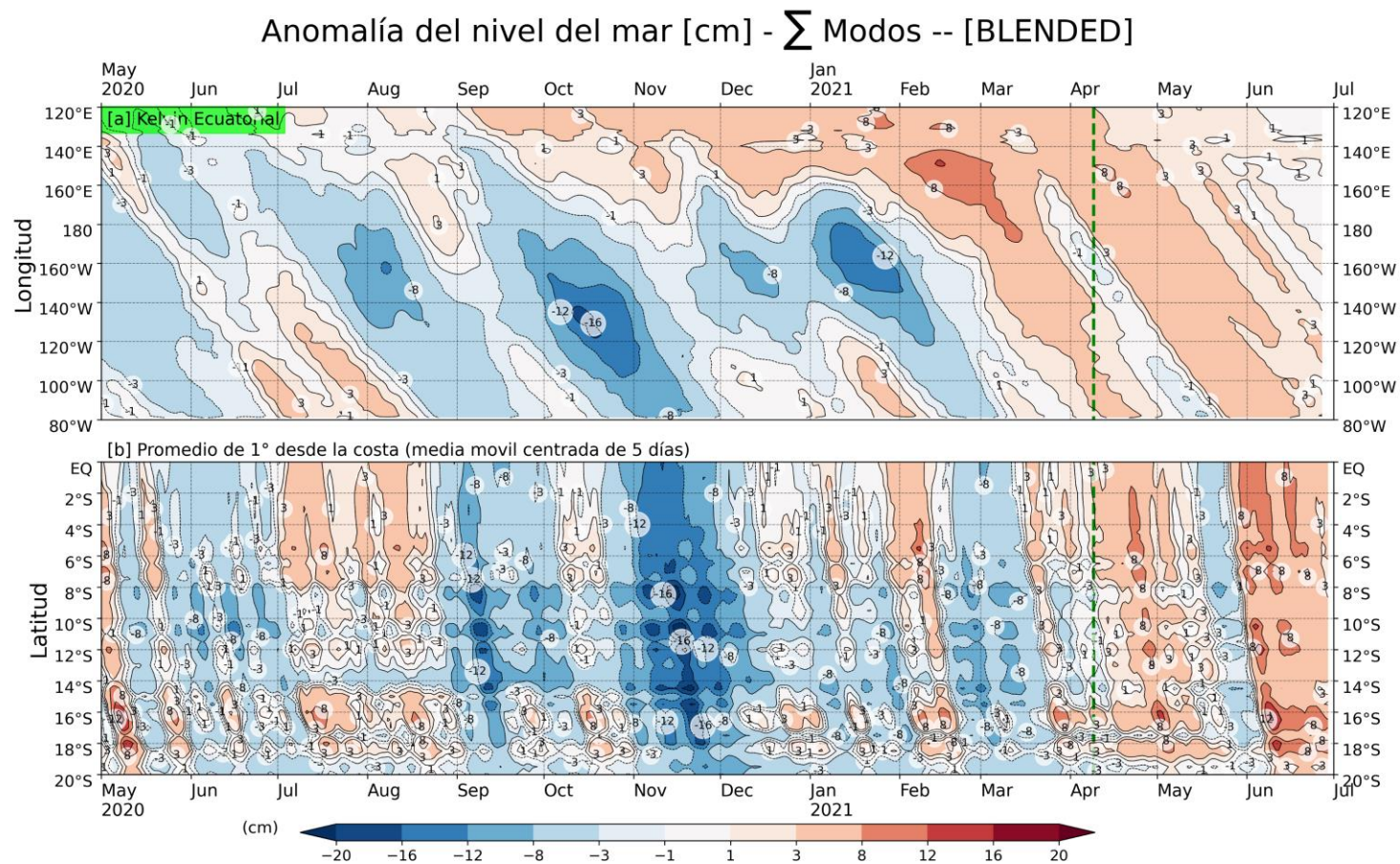


Figura 29: Anomalía del nivel del mar (en cm) para la sumatoria de los modos (modo 1, 2 y 3) simulado a partir del Modelo Oceánico Multimodal (MOMM-IGP; Urbina y Mosquera, 2020) en la franja ecuatorial (superior) y costera (inferior), La línea verde representa el inicio del pronóstico, El modelo fue forzado con la fuente de datos de viento denominada BLENDED (Bentamy et al, 2016), Fuente: IGP.

IX. ANEXO

9.1. VARIABLES UTILIZADAS

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

VARIABLE	FUENTE																PROCESAMIENTO	OBSERVACIONES			
	Observaciones <i>in situ</i>								Satélite/Re-análisis						Modelos						
	Estadísticas de las series temporales	Secciones verticales	Relaciones fidelidades	Cruces	Pases TAQUITRON	Dronama Bitácoras de Pesca	Sonido de Desquerías	Monitoreo de islas, puntas, playas, actuantes, etc.	Alerta de fauna marina varada	Estaciones de observación faunística/Cultivo	FSDI NOAA	CDM	Base de datos NCEP/NOAA	QuickScat + ASCAT	Producto OSTIA	Producto CMEMS			TBM4.3B42	SeaWiFS + MODIS	GFS
VARIABLES ATMOSFÉRICAS																					
Radiación de Onda Larga										X										IGP	* http://www.met.igp.gob.pe/variabclim/yakifigs/olr170E_140W.gif http://www.met.igp.gob.pe/variabclim/yakifigs/olr170W_100W.gif
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						DIHIDRONAV/IMARPE	<p>*Información de IMARPE (estaciones costeras, secciones verticales y Cruceros) disponible desde los 60s, Periodo climatológico: 1981-2010,</p> <p>*Anomalías de OSTIA, son calculadas en base a una climatología de 30 años, proveniente de datos de Pathfinder,</p>
Nivel medio del Mar	X															X						DIHIDRONAV/IMARPE	<p>*Disponible desde 1993 a la actualidad, Periodo climatológico: 1993-2012, Frecuencia diaria,</p>
Salinidad		X	X	X																X		DIHIDRONAV/IMARPE	<p>*Información de IMARPE (estaciones costeras, secciones verticales y Cruceros) disponible desde los 60s, Periodo climatológico: 1981-2010,</p>
Corrientes Marinas		X																				IMARPE	<p>*Disponible desde los 60s, Frecuencia mensual,</p>
Oxígeno y Nutrientes		X	X	X																		IMARPE	<p>*Cruceros disponibles desde los 60s, otras observaciones disponibles desde 2015, Periodo climatológico: 1981-2010,</p>
Clorofila																			X			IMARPE	<p>* Promedio mensual y pentadal corresponden a MODIS y SeaWiFS+MODIS corregido, respectivamente,</p> <p>*Cobertura nubosa de MODIS,</p>
VARIABLES BIOLOGICO-PESQUERAS																							
Desembarques pesqueros							X															IMARPE	<p>*Disponible desde 1959 con frecuencia diaria y mensual,</p>
Distribución espacial de recursos				X		X																IMARPE	<p>*El muestreo del PBP representa 1% de los viajes de pesca de la flota de cerco de anchoveta peruana,</p>
Biometría e indicadores				X		X																IMARPE	<p>*Información par anchoveta disponible desde 1959 con</p>

[illegible]

9.2. Información suplementaria

PESQUERÍA

En la pesca de anchoveta en la región sur se registraron como fauna incidental a los recursos transzonales jurel y caballa y al invertebrado *Pleurocondes monodon* “múnida” o “camaroncito rojo”, En la segunda quincena de marzo, los recursos transzonales aumentaron su presencia, mientras que la distribución de la múnida presentó un repliegue hacia el sur, respecto al mes anterior, observándose de Quilca a Mollendo,

Individuos de la especie *Anchovia macrolepidota* “anchoa plateada” propia de la provincia panameña, con distribución general hasta Zorritos, fueron capturados frente a Pimentel, a 14 m de profundidad, Esta especie probablemente ingresó al área durante la primera quincena con la intromisión de aguas del norte,