

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

AÑO 10 N°06

03 ABRIL DE 2024

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:

Calm. (r) Jorge Manuel Paz Acosta
Presidente del Consejo Directivo, Instituto del Mar del Perú (IMARPE)

Vice-Presidente:

Ing. Gabriela Teófila Rosas Benancio
Presidenta Ejecutivo, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)

Calm. Carlos Grover GUERRERO Malpartida
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)

Ing. Ing. Alonzo Zapata Cornejo
Jefe, Autoridad Nacional del Agua (ANA)

General Brigada Juan Carlos Urcariegui Reyes
Jefe del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

Ing. Miguel Yamasaki Koizumi
Jefe del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED

Grupo de Trabajo Científico-Técnico

COORDINACIÓN: Kobi Mosquera (IGP)

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

SENAMHI: Grinia Ávalos, Katherine Calixto, Yury Escajadillo, Nelson Quispe, Lourdes Menis, Glicerio Canchari

DIHIDRONAV: Rina Gabriel, Roberto Chauca, Daniel Paredes, Renzo Adrianzen, Biby Tenaud, Gerardo Ramírez

IGP: Kobi Mosquera y Jorge Reupo

ANA: Sigfredo Fonseca, Lucio Vergara y Manuel Collas

INDECI: Jakie Rojas, José Luis Bustamante Albújar

CENEPRED: Ena Jaimes y Neil Alata

Año:10

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), 2024.

Informe Técnico ENFEN. Año 10, N°06, 05 abril de 2024, 71 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.

Fecha de Publicación: 05 de abril de 2024



Diagnóstico Climático y
Previsión de El
Niño-Oscilación del Sur en
el Perú al 03 de abril 2024

Índice

<u>I.</u>	<u>INTRODUCCIÓN</u>	6
<u>II.</u>	<u>MÉTODOS</u>	6
2.1.	<u>Variables</u>	6
	<u>Temperatura Superficial del Mar (TSM)</u>	7
2.2.	<u>Índices</u>	7
	<u>Índice Costero El Niño (ICEN)</u>	7
	<u>Índice Oceánico El Niño (ONI por sus siglas en inglés)</u>	8
	<u>Índices reproductivos de anchoveta</u>	8
2.3.	<u>Modelos y Pronósticos</u>	8
	<u>Modelo Oceánico Lineal (LOM-IGP)</u>	8
	<u>Modelo Oceánico de Complejidad Intermedia</u>	8
	<u>Modelo Oceánico Multimodal (MOMM)</u>	9
	<u>Modelos Climáticos de Agencias Internacionales</u>	9
	<u>Pronóstico Probabilístico de Juicio Experto</u>	9
<u>III.</u>	<u>CONDICIONES OBSERVADAS AL 03 DE ABRIL DE 2024</u>	10
3.1.	<u>Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical</u>	10
3.2.	<u>Condiciones oceánicas y atmosféricas locales</u>	18
3.3.	<u>Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras</u>	32
3.4.	<u>Condiciones hidrológicas</u>	42
3.5.	<u>Condiciones agrometeorológicas</u>	44
<u>IV.</u>	<u>PERSPECTIVAS</u>	50
<u>V.</u>	<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	58
<u>VI.</u>	<u>REFERENCIAS</u>	59
<u>VII.</u>	<u>ANEXO</u>	62

I. INTRODUCCIÓN

Existen registros que El Niño-Oscilación Sur (ENOS) en su fase cálida y fría, El Niño y La Niña respectivamente, tienen distintos efectos en el sistema tierra, con más repercusión e intensidad en determinadas zonas del mundo (teleconexiones). En el caso de Perú, el efecto en las precipitaciones puede darse en gran parte del territorio nacional, por ejemplo, en El Niño y en el contexto de El Niño costero las condiciones cálidas sobre el Pacífico oriental, particularmente frente a la costa norte de Perú durante el verano austral, generan lluvias intensas, causando impactos en los sectores socioeconómicos.

En tal 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, sudoriental, haciendo énfasis frente a la costa de Perú. Asimismo, el análisis del monitoreo de los impactos en el ecosistema marino, reportando los indicadores de fertilidad y productividad de algunos recursos hidrobiológicos del mar peruano, la respuesta de los principales recursos y de la actividad pesquera. Además, el ENFEN hace un seguimiento constante del impacto hidrológico, asociados a precipitaciones e incrementos súbitos del caudal de los principales ríos del territorio peruano. Finalmente, esta comisión formula la previsión de los principales indicadores asociados al ENOS, con énfasis en el fenómeno El Niño, a corto, mediano y largo plazo.

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

II. MÉTODOS

Variables

Las principales variables utilizadas en este informe están clasificadas en: atmosféricas, oceanográficas, hidrológicas y biológicas-pesqueras. En el Anexo 1 se detallan las variables monitoreadas y presentadas en este informe, 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.

Temperatura Superficial del Mar (TSM)

Para el océano global, el producto de TSM del *Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis* (OSTIA) proporciona mapas diarios con resolución horizontal de $0,05^\circ \times 0,05^\circ$ ($1/20^\circ$), utilizando datos *in situ* y satelitales de radiómetros infrarrojos y microondas. Las anomalías de TSM se calculan en base a la climatología de 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 GHRSSST junto con observaciones *in situ*, para determinar la TSM. Para mayor información: <http://ghrsst-pp.metoffice.gov.uk/ostia-website/index.html>

Otra fuente relevante para el monitoreo de la TSM es el *Extended Reconstructed Sea Surface Temperature* (ERSST), es un conjunto de datos de la TSM derivado de *International Comprehensive Ocean–Atmosphere Dataset* (ICOADS) con información desde 1854 hasta la actualidad. La versión más reciente de ERSST, versión 5(v5), con una resolución horizontal de $2^\circ \times 2^\circ$, incorpora información la TSM proveniente de los flotadores Argo, la concentración de hielo Hadley Centre Ice-SST versión 2 (HadISST2) y los datos recientes desde ICOADS. Para más información: <https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.noaa.ersst.v5.html>

En el presente informe se toma en cuenta la TSM del producto ERSSTv5, OSTIA a $1/20^\circ$, así como las anomalías de la TSM a $1/4^\circ$.

Índices

Índice Costero El Niño (ICEN)

Es calculado a partir de la media móvil de 3 meses de las anomalías de la TSM 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.

Índice Oceánico El Niño (ONI por sus siglas en inglés)

El ONI es una medida de El Niño-Oscilación del Sur que es calculado a partir de la media móvil de 3 meses de las anomalías de temperatura superficial del mar (ERSST.v5) en la región del Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°W-170°W), basado en períodos base centrados de 30 años actualizados cada 5 años.

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, expresada en porcentaje; con información disponible desde 1992. El CG se determina mediante la extracción de grasa total por el método de Soxhlet (Helrich, 1990), el cual es expresado en porcentaje con información desde 2002.

Modelos y Pronósticos

Modelo Oceánico Lineal (LOM-IGP)

El modelo representa la dinámica superior en el Pacífico ecuatorial y se simula con dos tipos de termoclina, constante y variable. Para el diagnóstico, el modelo es forzado con esfuerzo de viento del re-análisis NCEP-CDAS (Kalnay et al., 1996) y vientos observados remotamente de ASCAT (Bentamy et al., 2008), estos últimos obtenidos de <ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/cersat/products/gridded/MWF/L3/ASCAT/Daily/>. 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) promedio de los últimos 30 días de la anomalía del esfuerzo de viento (Mosquera, 2009, 2014; Mosquera et al., 2010).

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 anomalías de vientos del *reanalysis* NCEP-CDAS (Kalnay et al., 1996) y siguiendo la metodología de Illig et al. (2004), Dewitte et al. (2002) y Quispe et al. (2017).

El análisis de la OKE se realiza con los modos baroclínicos modo 1 y modo 2, los que se propagan a diferentes velocidades; y a la vez se considera la suma de ambos modos, para una 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 frente a 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, 2003). El MOMM es forzado con: 1) vientos del *reanalysis* atmosférico de NCEP-CDAS (Kalnay et al., 1996) y 2) vientos del *scatterometer* ASCAT (Bentamy et al., 2008). Para más detalles del modelo se puede ver Urbina & Mosquera Vásquez (2020).

Modelo de inteligencia artificial para el pronóstico de El Niño en el Pacífico oriental fuerte (IGP-UHM AI model v1.0)

El modelo IGP-UHM AI (Rivera et al., 2023) es una Red Neuronal Convolutiva (CNN, por sus siglas en inglés) cuya arquitectura tiene un diseño interno similar al de la CNN para la predicción del índice Niño 3.4 (Ham et al., 2019; Ham et al., 2021). La información de entrada está compuesta de 4 campos de anomalía (temperatura superficial del mar, nivel medio del mar, velocidad zonal y meridional a 10 metros de altura) por tres meses consecutivos que se sabe que son precursores de eventos de El Niño. Estas variables se transforman para tener varianza unitaria, de modo que el núcleo de convolución pueda entrenarse ignorando las escalas de datos.

La salida del modelo consiste en la predicción del índice E y C con un horizonte temporal de 12 meses, así como el mes de entrada en términos de armónicos (seno, coseno), lo que obliga al modelo a aprender la estacionalidad. Por último, el modelo también emite una clasificación para determinar si las condiciones iniciales de entrada pueden contribuir a la ocurrencia de un evento de El Niño fuerte en el Pacífico oriental en enero del siguiente año.

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 (8 meses). 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

El cuadro de probabilidades es el resultado del análisis conjunto de 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 de estos modelos, se acude a la interpretación y el conocimiento experto de los científicos de esta comisión multisectorial, quienes además de evaluar los resultados de los MCG aportan con sus modelos conceptuales y estudios retrospectivos que permiten inferir escenarios de pronóstico, que son discutidos, consensuados y plasmados en probabilidades porcentuales de ocurrencia de distintas categorías de las condiciones oceanográficas (frías a cálidas) en las regiones Niño 3.4¹ y Niño 1+2², aplicando los mismos umbrales de anomalías de TSM usadas para definir las categorías El Niño y La Niña (ENFEN, 2012).

¹ Null J. El Niño and La Niña Years and Intensities. [(accedido el 2 junio 2021)]; Disponible en línea: <https://ggweather.com/enso/oni.htm>.

² Comité Multisectorial Encargado del Estudio del Fenómeno El Niño. (2012). Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú

III. CONDICIONES OBSERVADAS AL 03 DE ABRIL DE 2024

3.1. Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical

En el Pacífico tropical continuaron disminuyendo las condiciones cálidas, en particular en la región suroriental, durante las dos últimas semanas de marzo. Es así que en el Pacífico ecuatorial oriental la anomalía de la TSM disminuyó hasta tomar valores cercanos de cero, e inclusive negativos (**Figura 1, Tabla 1**). Según los datos semanales del OISST en la región Niño 3.4 para la última semana de marzo 2024 la anomalía fue de $+1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$; en Niño 3 de $+0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ y en Niño 1+2 de $-0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (**Tabla 2**).

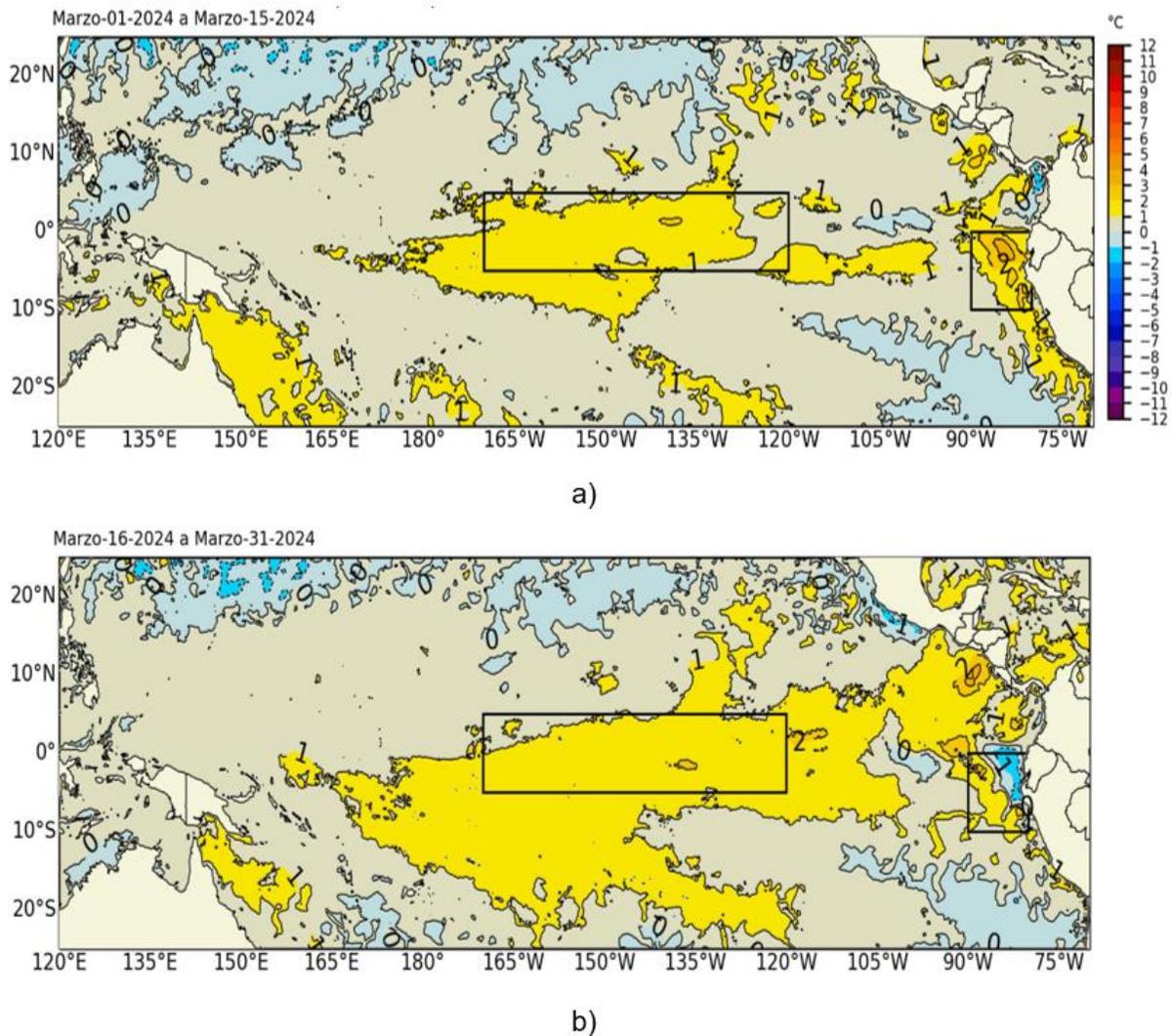


Figura 1. Anomalía de la TSM quincenal en el Pacífico Tropical a) 01 al 15 de marzo 2024 y b) 16 al 31 de marzo 2024. Fuente: OSTIA. Procesamiento: DIHIDRONAV. Climatología: 1991-2020

Tabla 1. Valores promedio de la TSM y sus anomalías en las regiones Niño en los últimos 6 meses. Fuente: ERSSTv5.

TSM-ATSM Mensual 2021-2022 (ERSSTv5)								
R. Niño	Niño 1+2		Niño 3		Niño 3.4		Niño 4	
Oct. 23	23.34	2.32	27.13	2.15	28.44	1.72	29.99	1.23
Nov.	23.73	2.07	27.20	2.10	28.72	2.02	30.21	1.51
Dic.	24.42	1.61	27.24	2.02	28.62	2.03	30.04	1.50
Ene. 24	25.86	1.29	27.52	1.86	28.36	1.82	29.86	1.54
Feb.	27.21	1.11	27.93	1.52	28.27	1.52	29.46	1.26
Mar.	27.03	0.54	28.12	0.92	28.44	1.16	29.31	0.99

Tabla 2. Valores semanales (centradas en los miércoles de cada semana) de la TSM y sus anomalías en las regiones Niño. Fuente: OISST.v2.

TSM – ATSM Semanal 2022 (OISST.v2)								
R. Niño	Niño 1+2		Niño 3		Niño 3.4		Niño 4	
28-Feb-24	27.4	0.9	28.0	1.3	28.2	1.3	29.2	1.1
06-Mar-24	27.5	1.0	27.9	1.0	28.4	1.4	29.2	1.1
13-Mar-24	27.0	0.4	28.0	0.9	28.3	1.1	29.0	0.8
20-Mar-24	26.3	-0.1	28.3	1.0	28.6	1.3	29.2	1.0
27-Mar-24	25.9	-0.4	28.3	0.9	28.5	1.0	29.1	0.8

El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) de febrero y el ICEN temporal (ICEN- tmp) de marzo de 2024 se ubican en condiciones cálidas débiles. Por otro lado, los valores del ONI de febrero y el temporal (ONItmp) de marzo corresponden a las condiciones cálidas fuertes y cálida moderada, respectivamente (Tabla 3).

Tabla 3. Valores del ONI e ICEN desde marzo de 2023 hasta febrero de 2024 y sus valores temporales de marzo 2024.

Valores del índice Costero El Niño			ONI	
Mes	ICEN	Categoría	ONI	Categoría
mar-23	1,51	Cálida Moderada	-0.16	Neutro
abr-23	2,19	Cálida Fuerte	0,14	Neutro
may-23	2,55	Cálida Fuerte	0,47	Neutro
jun-23	2,62	Cálida Fuerte	0,77	Cálida Débil
jul-23	2,94	Cálida Fuerte	1,06	Cálida Moderada
ago-23	2,91	Cálida Fuerte	1,32	Cálida Moderada
set-23	2,70	Cálida Fuerte	1,54	Cálida Fuerte
oct-23	2,27	Cálida Fuerte	1,78	Cálida Fuerte

nov-23	1,96	Cálida Fuerte	1,94	Cálida Fuerte
dic-23	1,61	Cálida Moderada	1,97	Cálida Fuerte
ene-24	1,29	Cálida Moderada	1.80	Cálida Fuerte
feb-24	0.98	Cálida Débil	1.50	Cálida Fuerte
Mes	ICENtmp	Mes	ONItmp	Mes
mar-24	0,45	Cálida Débil	1,16	Cálida Moderada

Fuente: IGP

Según la información de altimetría satelital a lo largo de la franja ecuatorial, se sigue observando la presencia de la onda de Kelvin fría en el extremo oriental del Pacífico, asimismo, se aprecia una señal fría en la zona occidental. Asimismo, se observó la señal de la onda de Kelvin cálida frente a la costa americana, aunque debilitada en magnitud (Figura 2). En los últimos 15 días se ha observado señales de ondas de Rossby cálidas en la zona occidental que podrían reflejarse como ondas de Kelvin cálidas. En la zona oriental, se observa la señal de ondas de Rossby cálidas débiles que serían resultado de la reflexión de ondas de Kelvin cálidas en el borde oriental (Figura 3). La señal del paquete de ondas de Kelvin frías en la profundidad de la termoclina se mantiene presente en el océano Pacífico central y oriental. En la zona central, entre la línea de cambio de fecha y 140°W se observa un nuevo paquete de ondas de Kelvin frías.

(2°S to 2°N average)

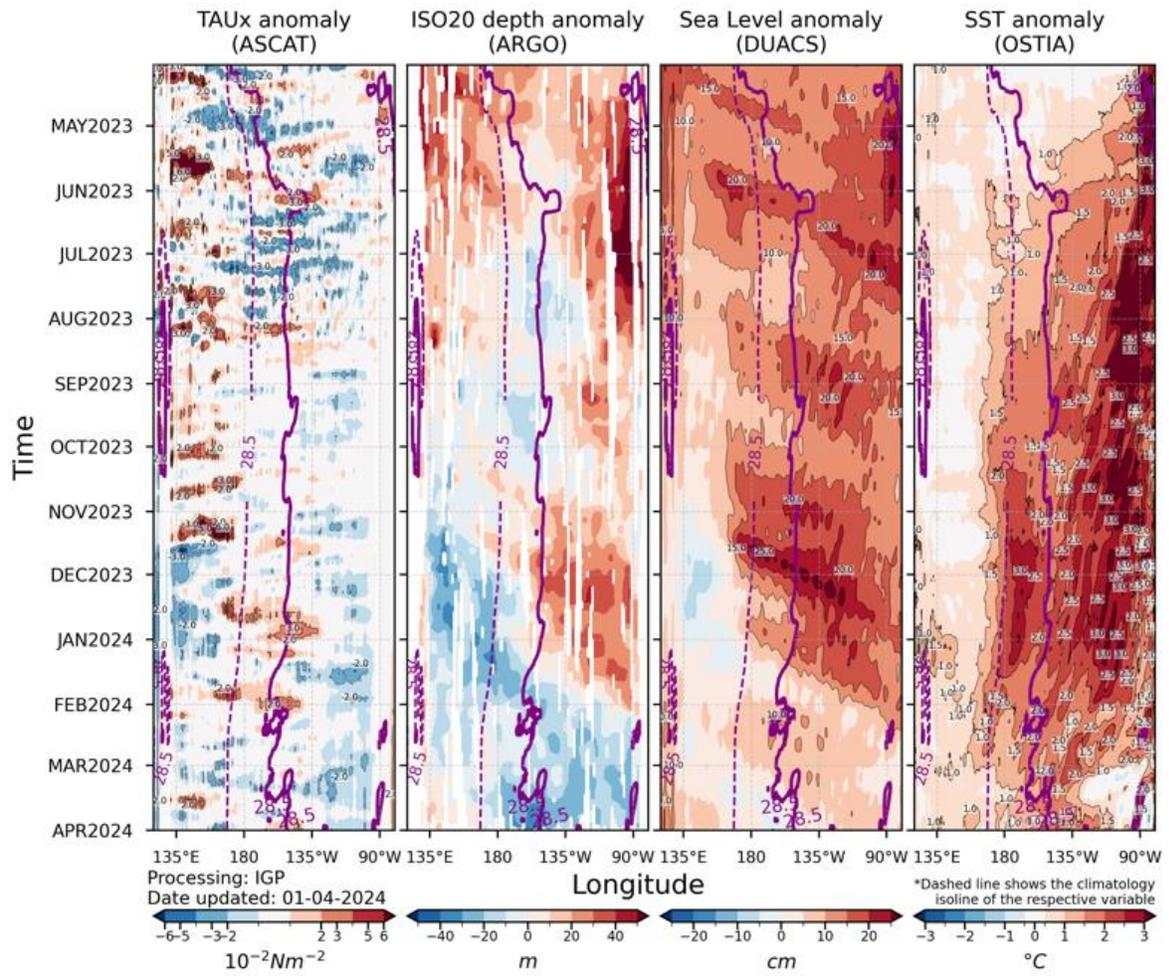
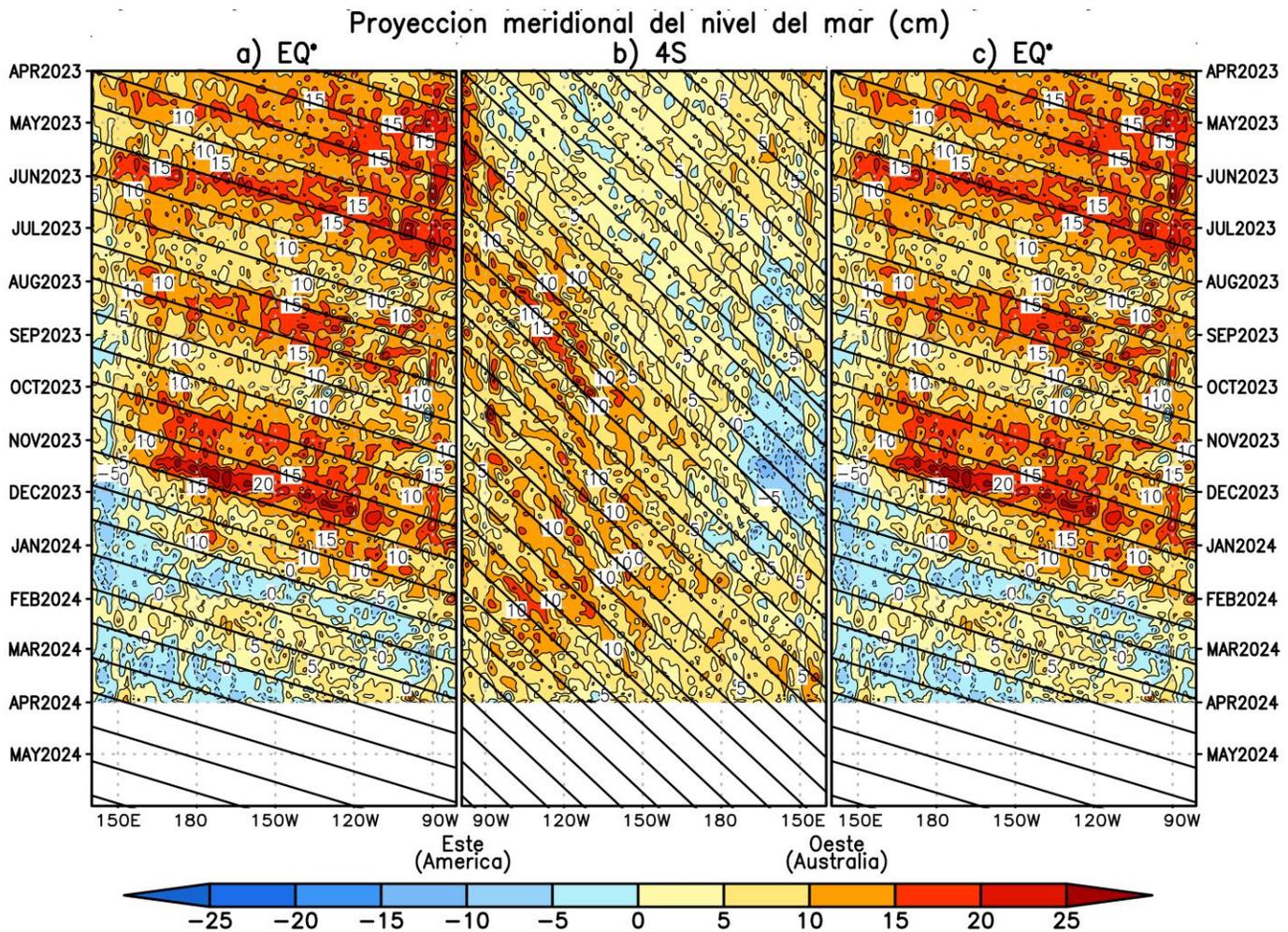


Figura 2. Diagrama Hovmöller: a) anomalía de esfuerzo de viento Fuente: ASCAT, b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C Fuente: ARGO, c) anomalía del nivel del mar diario (cm) Fuente: DUACS, y d) anomalía de temperatura superficial del mar (°C) Fuente: OSTIA. Elaboración: IGP



Fuente: CMEMS-Duacs, Procesamiento: IGP, Clim: 1993-2010 Último Dato: 01APR2024
 *Mean 1°S-1°N

Figura 3. Diagrama Hovmöller de la anomalía del nivel del mar del producto CMEMS-Duac a lo largo de la línea ecuatorial (a y c) y en 4°S (b). El panel del centro tiene el eje de la longitud invertido para apreciar mejor la secuencia de ondas Kelvin y Rossby producidas por reflexión en las fronteras este y oeste del Pacífico. Las líneas negras inclinadas en cada panel indican la trayectoria teórica de la onda de Kelvin (a y c) y Rossby (b) del primer modo baroclínico. Elaboración: IGP.

En promedio para marzo de 2024, continuaron presentándose anomalías negativas de la presión atmosférica en el Pacífico central (-1 hPa), extendiéndose hacia la región sur del Pacífico. Sin embargo, esta área fue menor a comparación de lo observado en febrero (donde estuvo activa la zona de convergencia del Pacífico Sur) y concentrada en los 120° W. Sobre el mar continental (Oceanía), se extendieron hacia el norte anomalías positivas de presión atmosférica de hasta +3 hPa con una subsidencia fortalecida (celda de Walker), lo cual favoreció a la ausencia de precipitaciones en la región comprendida entre 120° E – 150° E. Además, en Sudamérica, en la vertiente occidental y parte de la oriental también se presentaron patrones subsidentes que limitaron desarrollos convectivos en nuestro país. Por el contrario, en parte de la Amazonía en Brasil, se tuvieron patrones convectivos (**Figura 4 c y d**). Respecto a los vientos, en niveles bajos se aprecia una persistencia de anomalías de vientos del oeste en el Pacífico central y parte del oriental que se extienden hacia el Sur entre 150°W – 90°W 0°S-30°S.

Estas anomalías podrían estar influenciando sobre los valores de la TSM en el Pacífico Centro Oriental e induciendo a una disminución más lenta de las anomalías positivas (**Figura 4 b**). En niveles altos también se tuvieron patrones de vientos del oeste en el hemisferio sur entre 150°W – 90°W 10°S-30°S que hicieron su ingreso hacia la vertiente occidental de Perú contribuyendo a la supresión de los procesos convectivos, principalmente en la zona norte del país (**Figura 4b** y Figura 9 der.).

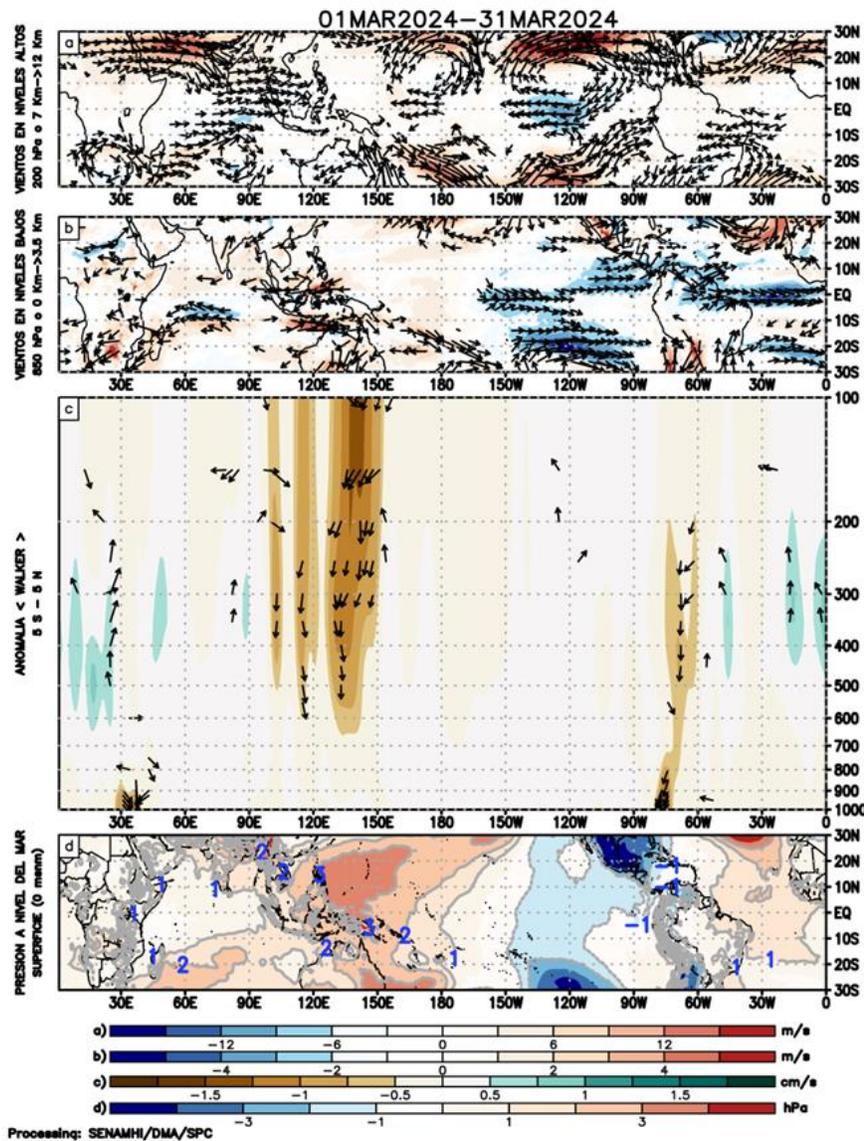


Figura 4. Análisis de la circulación atmosférica (Walker) entre el 1-31 de marzo de 2024, (a) Anomalías de los vientos (colores) y su dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) de la atmósfera; c) Patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker), (d) Anomalías de presión a nivel del mar. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI

En promedio, a inicios y mediados del mes de marzo, en la circulación en superficie a 1000 hPa, se observaron anomalías de vientos del este (-2 a -4 m/s aprox.) entre los 120° E a 120°W; sin embargo, entre mediados y fines de marzo este patrón cambió a una predominancia de anomalías de vientos del oeste, con núcleos en 150°W y 120°W aproximadamente (Figura 5a).

En el nivel de 850 hPa, se registró un patrón similar, aunque a inicios y mediados de marzo las anomalías de vientos del este estuvieron concentrados en una región de menor área, desde los 120°E hasta los 180°, asimismo, entre los 180° y los 120°W predominaron anomalías de vientos del oeste (+4 – +7 m/s) que se prolongaron hasta fines de marzo (Figura 5b). Cabe resaltar que estas anomalías abarcaron una menor área en comparación con meses anteriores, como en noviembre 2023 hasta febrero 2024 (Figura 5a y b). Estos patrones probablemente hayan influenciado en cambios más graduales (con tendencia a la disminución) de las anomalías de TSM en el Pacífico Central. Para inicios de abril 2024 se espera un predominio de anomalías de vientos del este entre 120°E a 120°W, sin embargo, entre 120°E a 180° este patrón cambia rápidamente con anomalías de vientos del oeste (+3 - +5 m/s) que probablemente incidan sobre los valores de anomalías de TSM en el Pacífico Central.

Respecto a la componente divergente del viento (velocidad potencial) a inicios y mediados de marzo predominó la fase convergente entre 60°W-120°W con una ventana breve de fase divergente entre mediados de marzo posicionada entre 60°W-120°W pero con valores más propicios a la convección (divergentes) en 120°W lo que favoreció un aumento de la inestabilidad atmosférica para esas fechas (Figura 5c), sin embargo, en la zona sur del Perú se tuvieron importantes episodios de lluvias (Figura 9) favorecidos por el aporte de divergencia (en 200 hPa) de dorsales en altura y un Alta de Bolivia intermitente relegada hacia el sur de su posición climática y los flujos húmedos del este en niveles medios (500 hPa). En los próximos días, para inicios y mediados de abril se espera una predominancia de la fase convergente de hasta +7 m²/s entre los 60°W-120°W que limitará patrones convectivos de gran desarrollo vertical (Figura 5c).

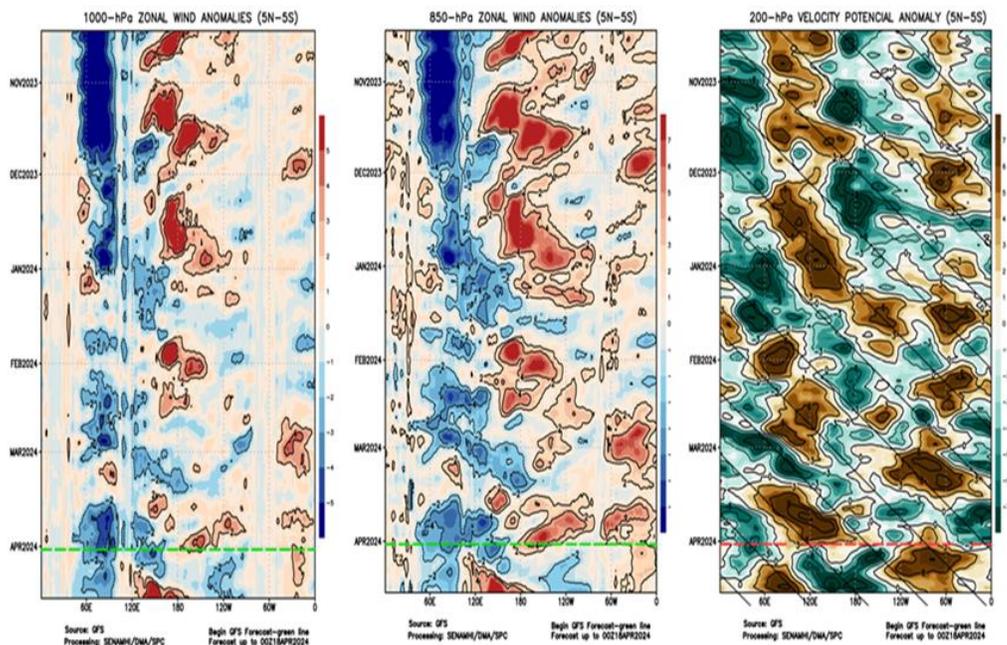


Figura 5. Anomalías promedio, entre los 5°N y 5°S entre noviembre 2023 a abril del 2024 (a) viento zonal en 1000 hPa y (b) viento zonal en 850 hPa y (c) velocidad potencial en 200 hPa. Las líneas verdes (a y b) y roja (c) muestran el inicio del periodo de pronóstico. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS), en promedio para febrero, mostró una configuración zonal, con intrusiones de la Zona de convergencia del Pacífico sur (ZCPS), lo cual generó que el APS disminuya su intensidad sobre el litoral costero al quedar relegado hacia el Sur.

El ingreso de la ZCPS no favoreció una mayor amplificación del APS hacia las tres primeras semanas del mes; ello generó un débil gradiente isobárico frente a la costa peruana y chilena, reduciendo la intensidad de los vientos del sur frente a la costa y consecuentemente podría haber facilitado el ingreso de vientos del norte con características cálidas y húmedas a lo largo de la costa (**Figura 6 izq.**). El comportamiento del APS para el mes de marzo presentó una configuración sureste a noroeste, con una menor intensidad respecto a febrero, llegando a 1020 hPa y con una anomalía de -1hPa en el núcleo (**Figura 6 der.**). Esta disminución de gradiente isobárico en el núcleo del APS propició una disminución de intensidad de los vientos alisios frente a la costa, lo que indujo la intrusión de vientos del norte (**Figura 6 der.**).

El pronóstico del GFS entre el 5 al 11 de abril indica que los valores de presión en el núcleo del APS serán de 1022 hPa y hacia el 12 al 18 de abril se tendrá una caída significativa en la presión llegando a valores menores a 1018 hPa en el núcleo del APS, esto podría inducir el debilitamiento de vientos alisios e intrusión de vientos del norte (**Figura 7**). Además, la anomalía positiva de velocidad potencial no es favorable para la inestabilidad atmosférica por lo que se esperaría ausencia de patrones convectivos de gran desarrollo vertical y un aumento probable de mayor radiación incidente sobre el litoral costero (Figura 5).

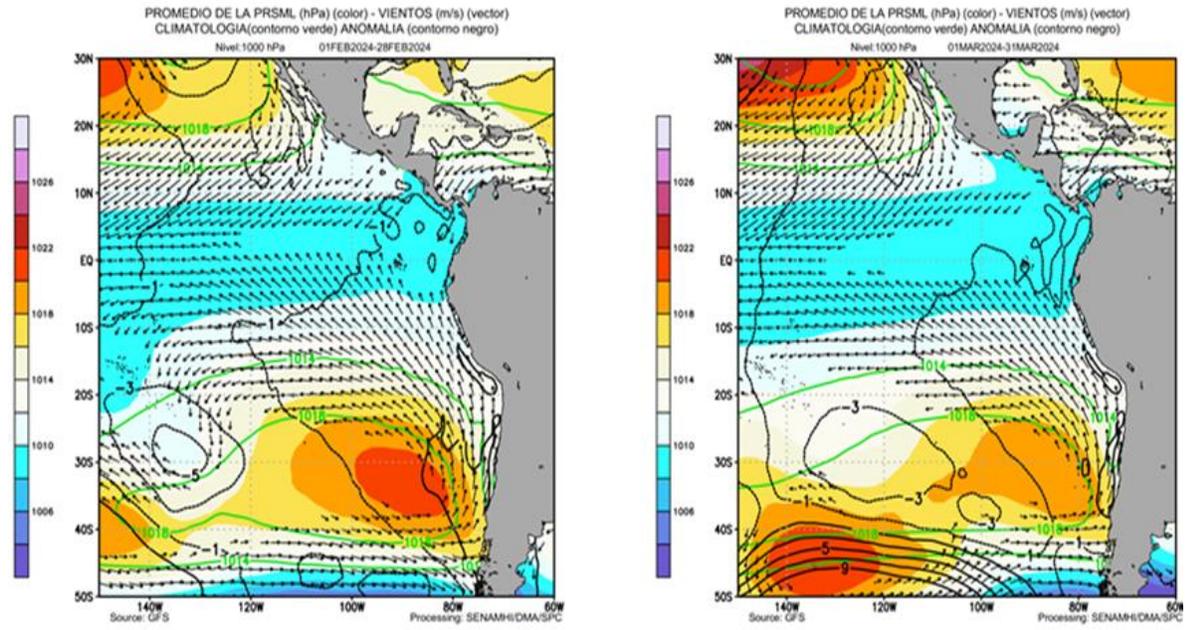


Figura 6. Promedio de la presión atmosférica a nivel del mar (matiz de colores) entre el 1 al 28 de febrero (izq.) de 2024 y 01 al 31 de marzo (der.) de 2024, a) presión atmosférica climática (línea verde) y presión actual en matiz de colores b) Anomalía de viento en 850 hPa (m/s, vectores) y anomalía de presión (línea negra). Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

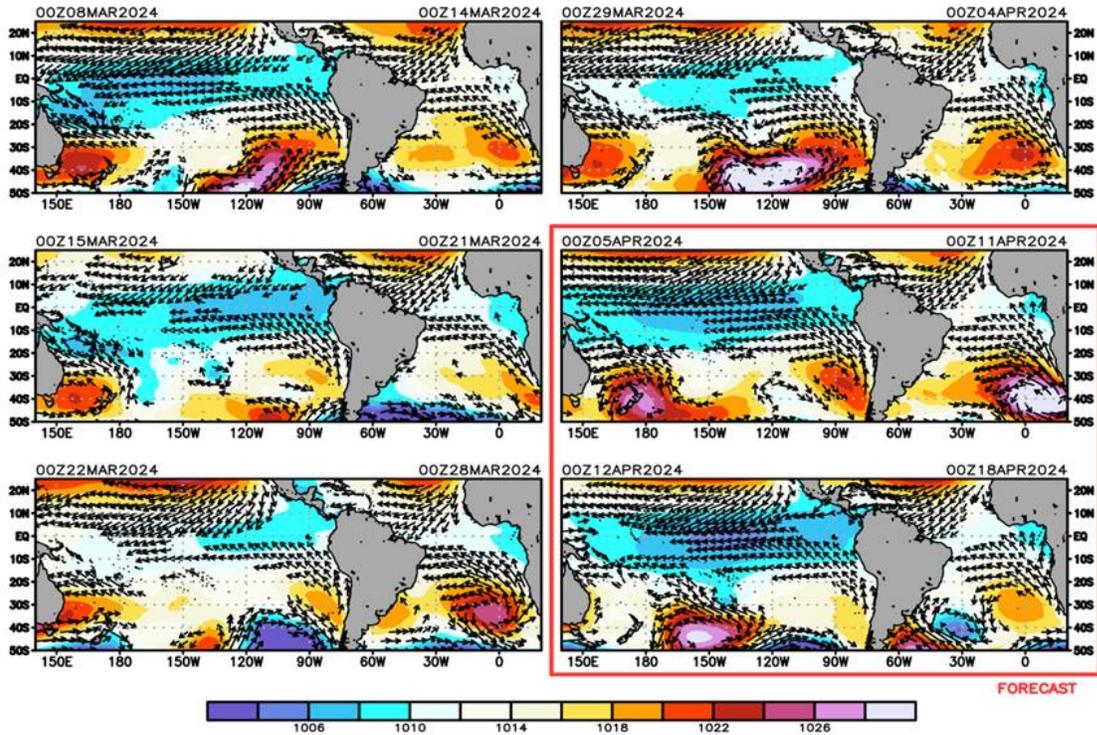


Figura 7. Promedio semanal de la presión atmosférica reducida a nivel del mar (colores) y vientos (flechas). Análisis: 8 de marzo del 2024 al 4 de abril de 2024. Pronóstico: del 5 de abril al 18 de abril del 2024. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

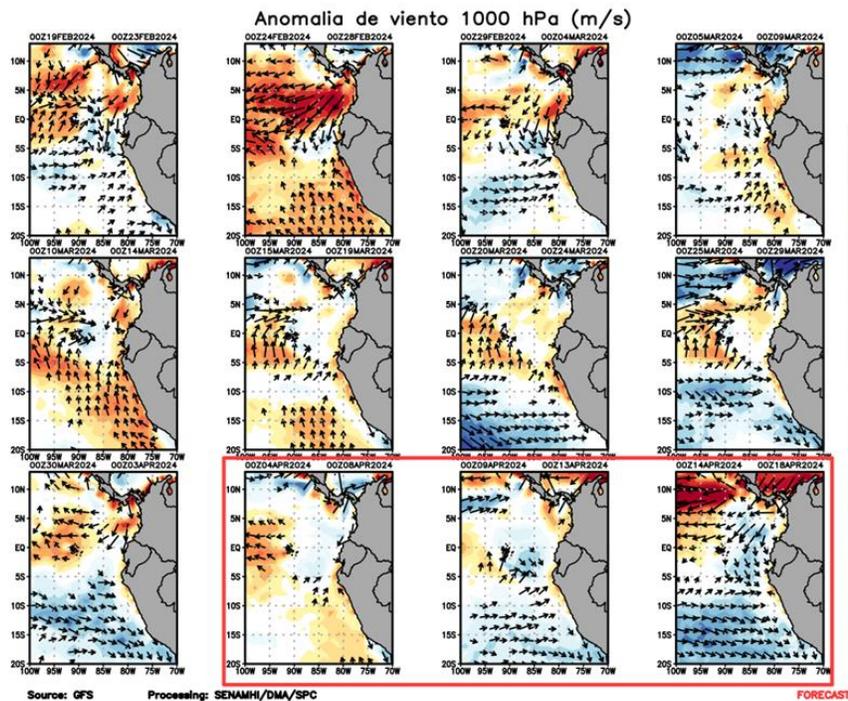


Figura 8. Anomalia pentadal del viento (m/s) a 10 m de altura frente a la costa noroccidental de Sudamérica y Centroamérica. Fuente: GFS. Análisis: 19 de febrero 2023 al 03 de abril de 2024. Pronóstico: del 4 de abril al 18 de abril del 2024. Procesamiento: SENAMHI.

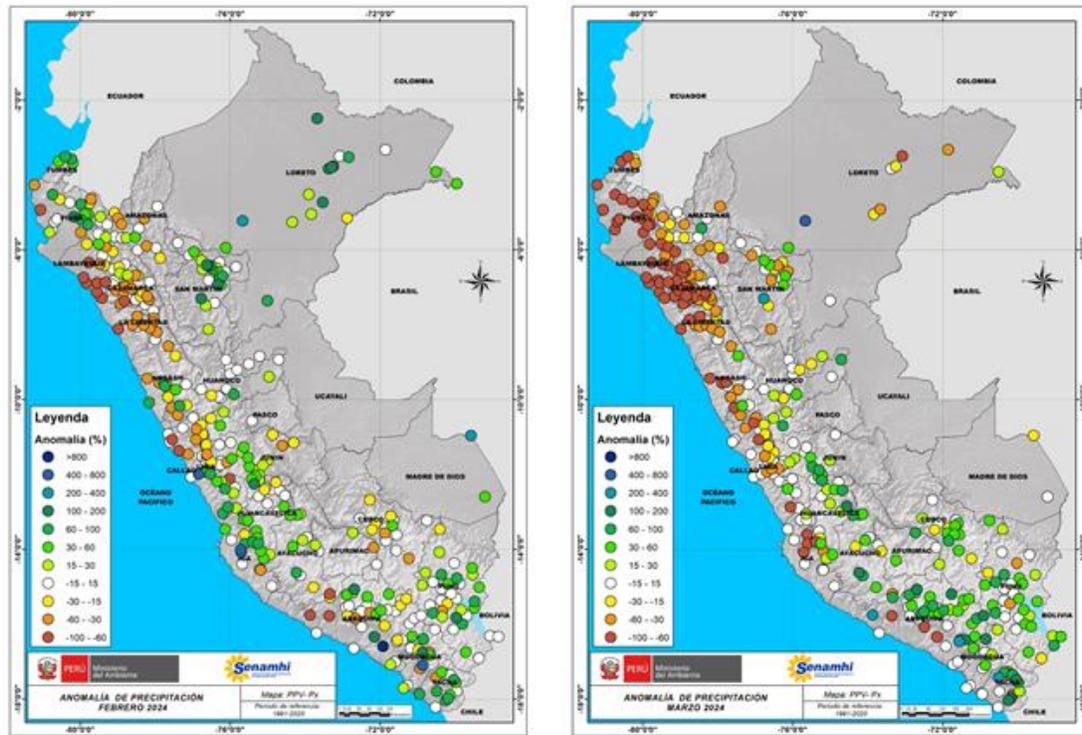


Figura 9. Anomalía mensual de precipitación (%) para el mes de febrero y marzo 2024 a nivel nacional de la red de estaciones SENAMHI. Procesamiento: SENAMHI.

Para el trimestre EFM 2024, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se encontró en el rango normal de intensidad (+1,1 hPa) y se ubicó desplazado al noreste de su posición normal. Con respecto al trimestre DEF, el APS mostró un debilitamiento, aunque con desplazamiento al noreste. En marzo, el APS se ubicó en promedio en los 87,5°W y 30,0°S, desplazado al noreste de su posición habitual, alcanzando una intensidad de 1020,4 hPa y una anomalía de -1,4 hPa (Figura 10).

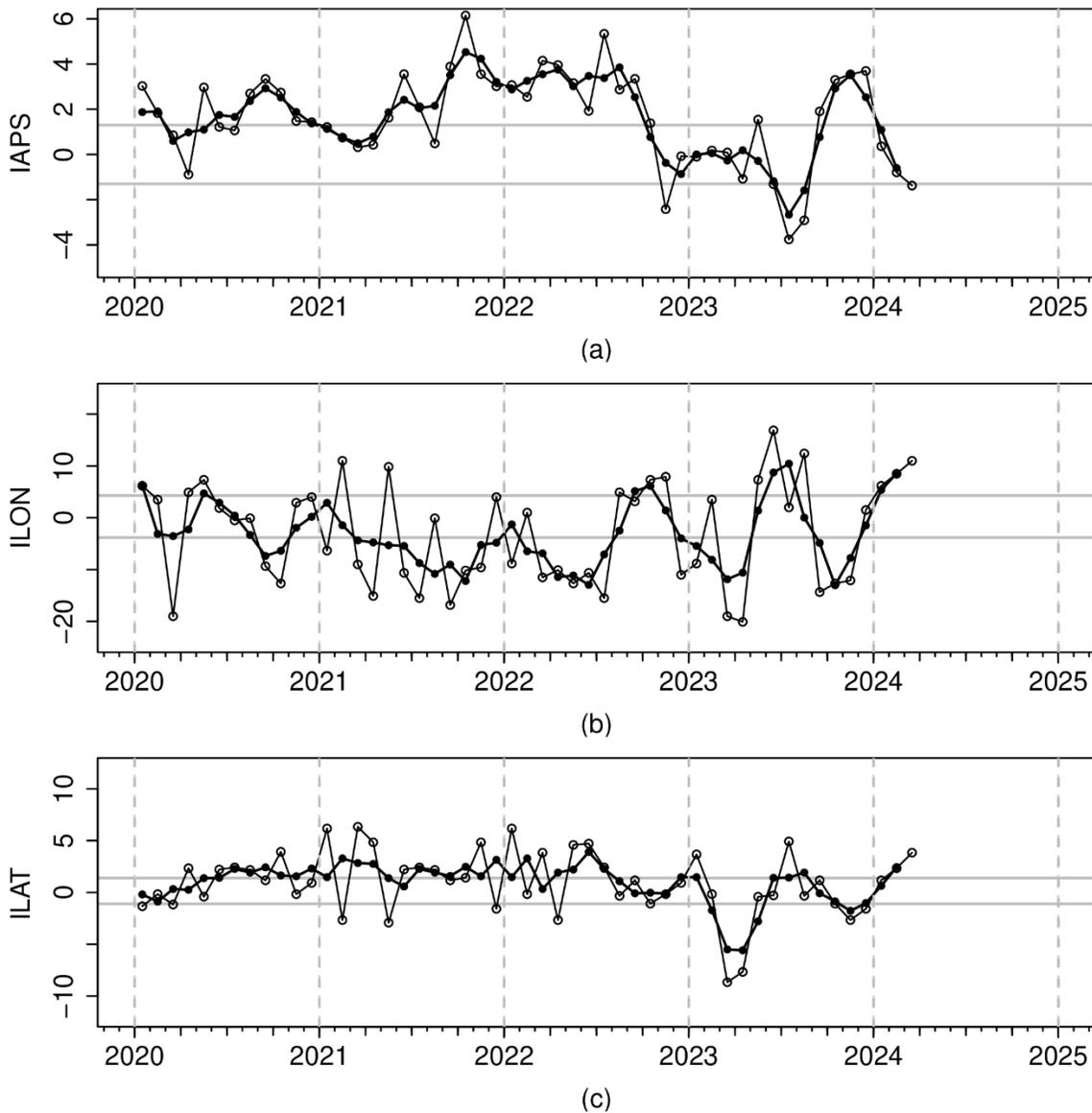


Figura 10. Variación temporal de los índices del APS: a) índice de intensidad (IAPS) e índices de posición b) longitudinal (ILON) y c) latitudinal (ILAT) hasta el trimestre DEF 2023-2024 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2020 hasta febrero 2024 (preliminar). Climatología 1991 – 2020.

3.2. Condiciones oceánicas y atmosféricas locales

Durante el mes de marzo, en la franja ecuatorial frente a las costas de América, entre los 2° S a 5° N, predominaron velocidades de viento (VV) débiles ($< 4,1 \text{ m s}^{-1}$), asociadas a la configuración de doble banda de la Zona de Convergencia Inter Tropical (ZCIT) al sur y al norte de la línea ecuatorial. Durante la última semana de marzo, en la franja se detectó un incremento promedio de la VV de dirección sur a valores moderados (de $4,1$ a $6,8 \text{ m s}^{-1}$) y de las anomalías positivas de VV (Figura 11). Frente a la costa peruana, en la zona oceánica predominaron vientos moderados, con anomalías de VV en el rango neutral a negativo ($< -1,0 \text{ m s}^{-1}$), a excepción de los días 11 a 15 de marzo, donde se registraron VV de magnitud fuerte ($> 6,8 \text{ m s}^{-1}$), con anomalías en el rango positivo ($> +2,0 \text{ m s}^{-1}$) (Figura 11). En la franja de 110 km adyacente a la costa, se registraron en promedio

vientos moderados a fuertes, con anomalías de VV en el rango neutral a positivas ($> +1,0 \text{ m s}^{-1}$), principalmente desde Tumbes a San Juan de Marcona. Hacia el sur, se registraron vientos débiles con anomalías de VV en el rango neutral a negativo ($< -1,0 \text{ m s}^{-1}$) (Figura 12). El afloramiento costero mantuvo una mayor intensidad frente a la costa norte y a San Juan de Marcona, llegando a superar valores $> 200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100 \text{ m}$, aunque tendió a debilitarse en la segunda quincena y especialmente frente a la costa centro-sur. Al sur de San Juan de Marcona se detectaron anomalías negativas durante todo el mes. El bombeo de Ekman tendió también a debilitarse, presentando anomalías negativas en la segunda quincena (Figura 13).

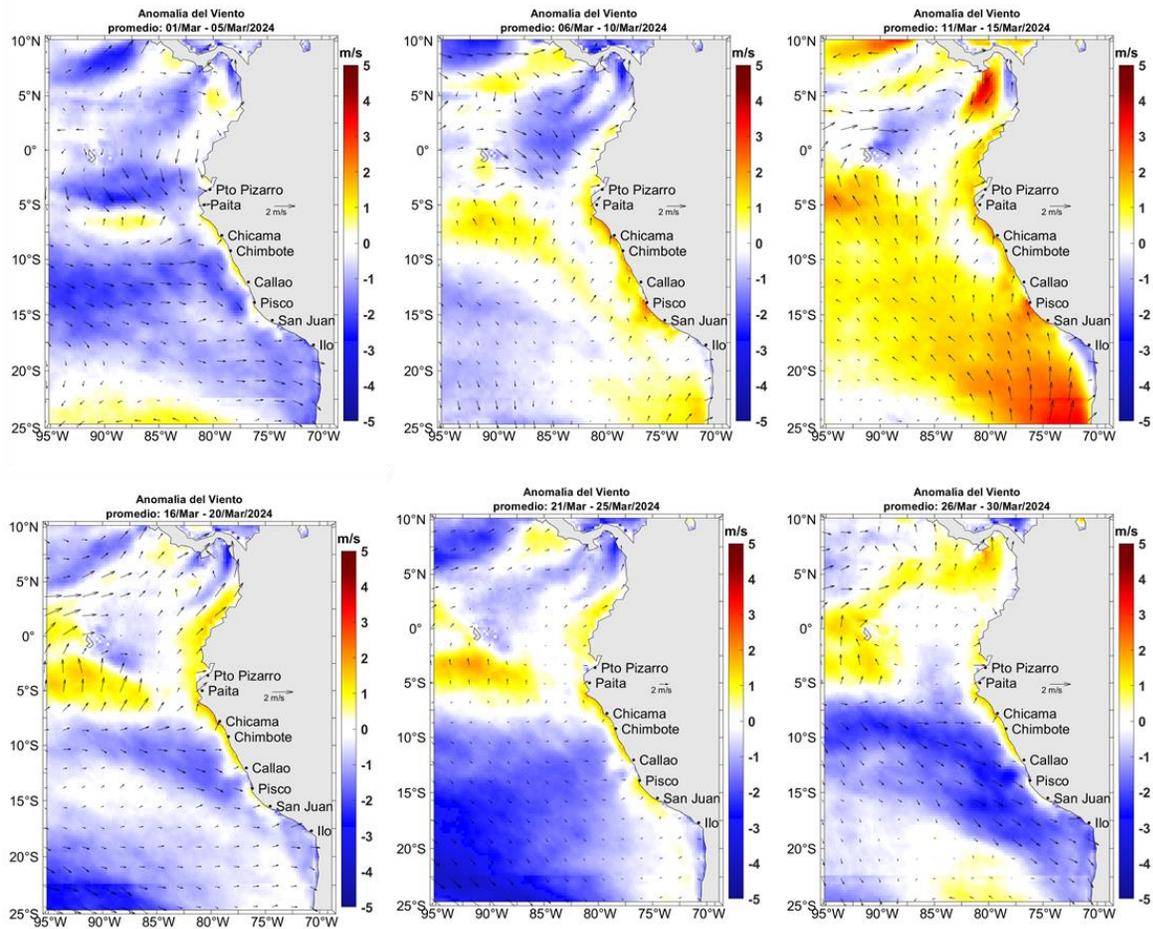


Figura 11. Mapas pentadales de la anomalía del viento superficial frente a la costa entre el Norte de Panamá y el norte de Chile (01 de enero al 30 de marzo 2024). Fuente: modelo GFS. Climatología 2000 – 2014. Procesamiento: Laboratorio Costero de Santa Rosa/Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE

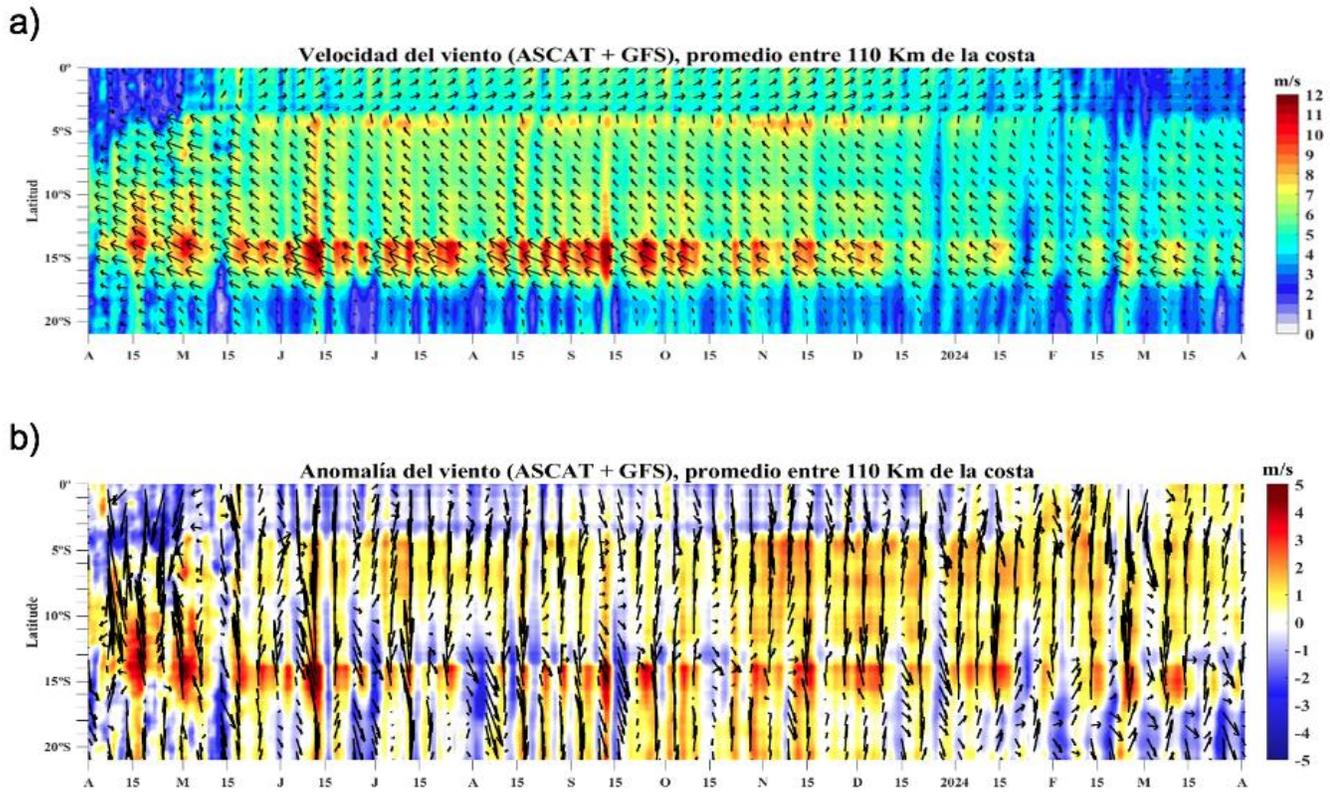


Figura 12. Viento Satelital (110 Km frente a la costa del Perú): a) Velocidad del viento (m s^{-1}), b) Anomalia de la velocidad del viento (m s^{-1}). Fuente: Satélite ASCAT + GFS (desde 21 de mayo), Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Climatología 2000 – 2014. Actualizado al 02 de abril.

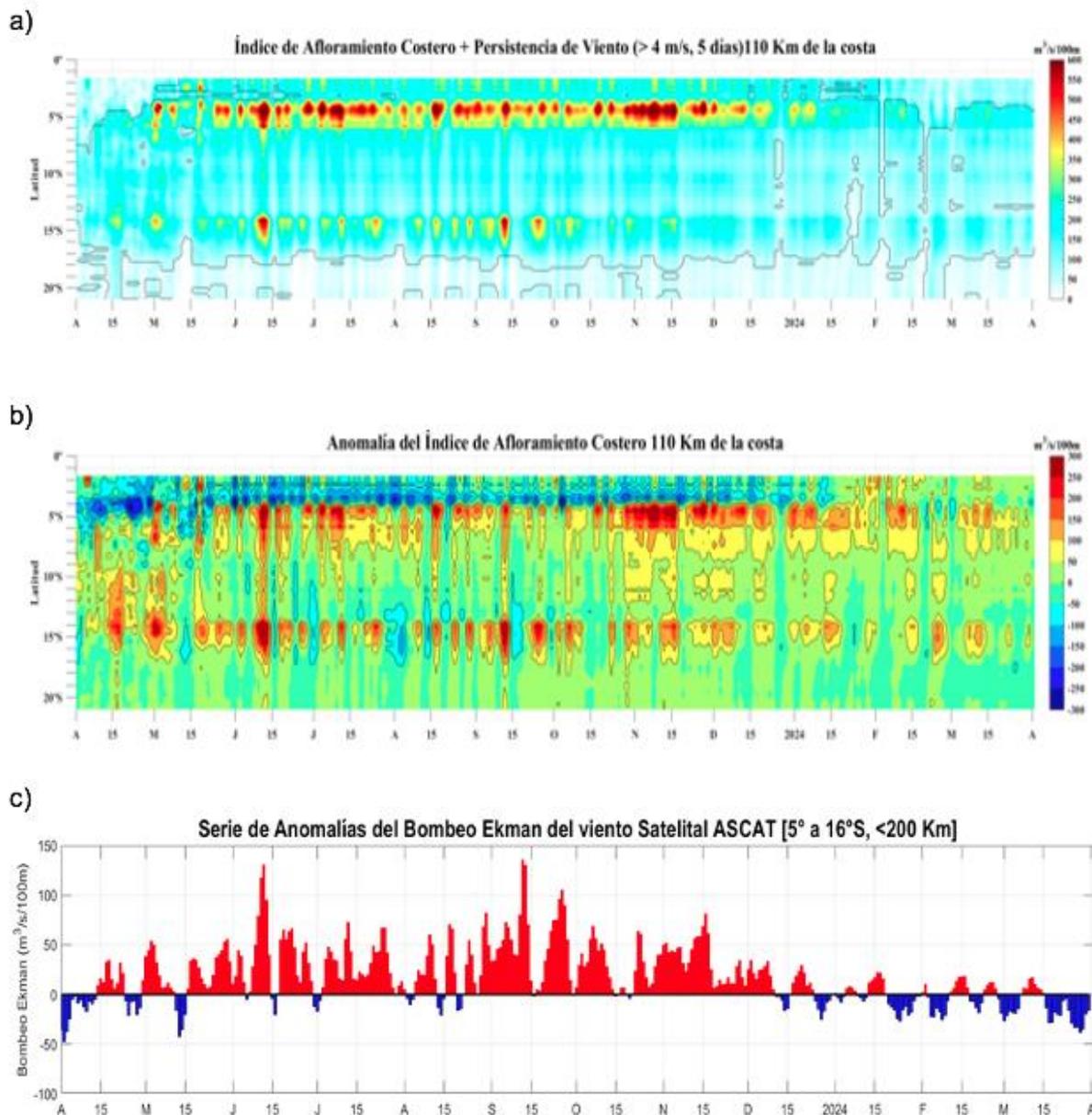


Figura 13. Índice de Afloramiento Costero (IAC), calculado a partir del viento satelital a 110 km frente a la costa del Perú: a) Índice de Afloramiento Costero - IAC ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$), b) Anomalia del IAC ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$) y c) Anomalías del Índice del Bombeo Ekman dentro de los 200km ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$). Fuente: Satélite ASCAT + GFS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Climatología 2000 – 2014. Actualizado al 02 de abril.

Durante el mes de marzo, las temperaturas del aire máximas (diurna) y mínimas (nocturna) en promedio a lo largo de la costa peruana continuaron descendiendo con respecto al mes de febrero en $-0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ y $-0,7 \text{ }^\circ\text{C}$, respectivamente, debido a la disminución de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) por la intensificación del Anticiclón del Pacífico Sur.

Las temperaturas máximas (diurnas), en promedio, en la costa norte se mantienen por encima de su valor normal alcanzando una anomalía promedio de $+1,8 \text{ }^\circ\text{C}$, a diferencia de la costa central y sur que presentan anomalías en promedio dentro de su variabilidad climática de $\pm 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Los mayores incrementos de las temperaturas máximas se observaron en la estación meteorológica Jayanca (Lambayeque) ubicada en la costa norte con una anomalía promedio de +2,9 °C; en las estaciones Huarmey (Ancash) y Campo de Marte (Lima), ubicadas en la costa central, registraron anomalías en promedio de +1,4 °C.

Por otro lado, las temperaturas mínimas (nocturnas) en promedio en la costa norte y sur presentaron anomalías dentro de su variabilidad climática de $\pm 1,0$ °C, excepto en la costa central alcanzó una anomalía promedio por encima de su valor normal en +1,1 °C.

Las anomalías más altas de la temperatura mínima en promedio se presentaron en la costa norte en la estación Chusis (Piura) con +1,6 °C, y en la costa central en la estación Huarmey (Ancash) con +1,8 °C. (Figura 14).

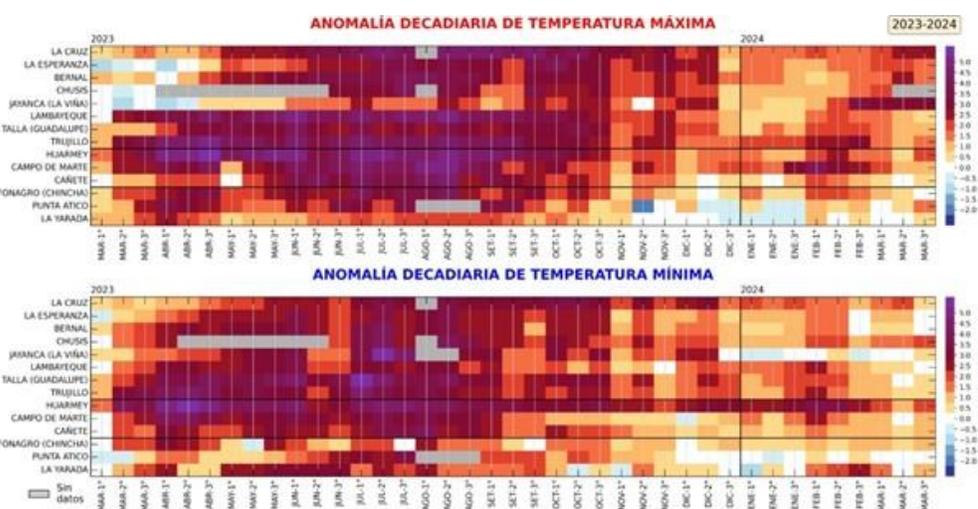


Figura 14. Anomalías decadales (°C) de las temperaturas extremas del aire a lo largo de la costa peruana. Climatología: 1991-2020. Fuente: SENAMHI.

La TSM en el mar peruano disminuyó frente a toda la costa peruana, distribuyéndose las isotermas superiores a 24 °C por fuera de las 100 millas en las zonas norte y centro, y de las 50 millas en la sur, principalmente en la segunda quincena de marzo 2024. Asimismo, se desarrollaron anomalías térmicas de hasta -2 °C en la zona norte y valores dentro de lo normal frente al resto de la costa, con la presencia de algunos núcleos positivos de 1 °C (Figura 15 y Figura 16).

A otra escala, en el litoral de Perú la anomalía de la TSM disminuyó desde la segunda semana de marzo, principalmente en el litoral al norte y parte centro, registrando anomalías negativas hasta de -4 °C en el norte, desde la tercera semana de marzo; mientras que, en el litoral centro y sur predominó temperaturas cerca de lo normal, sólo en el Callao con anomalía positiva. En el sur, en Ilo la anomalía se mantuvo entre +1 °C y +2 °C (Figura 16 y Figura 16).

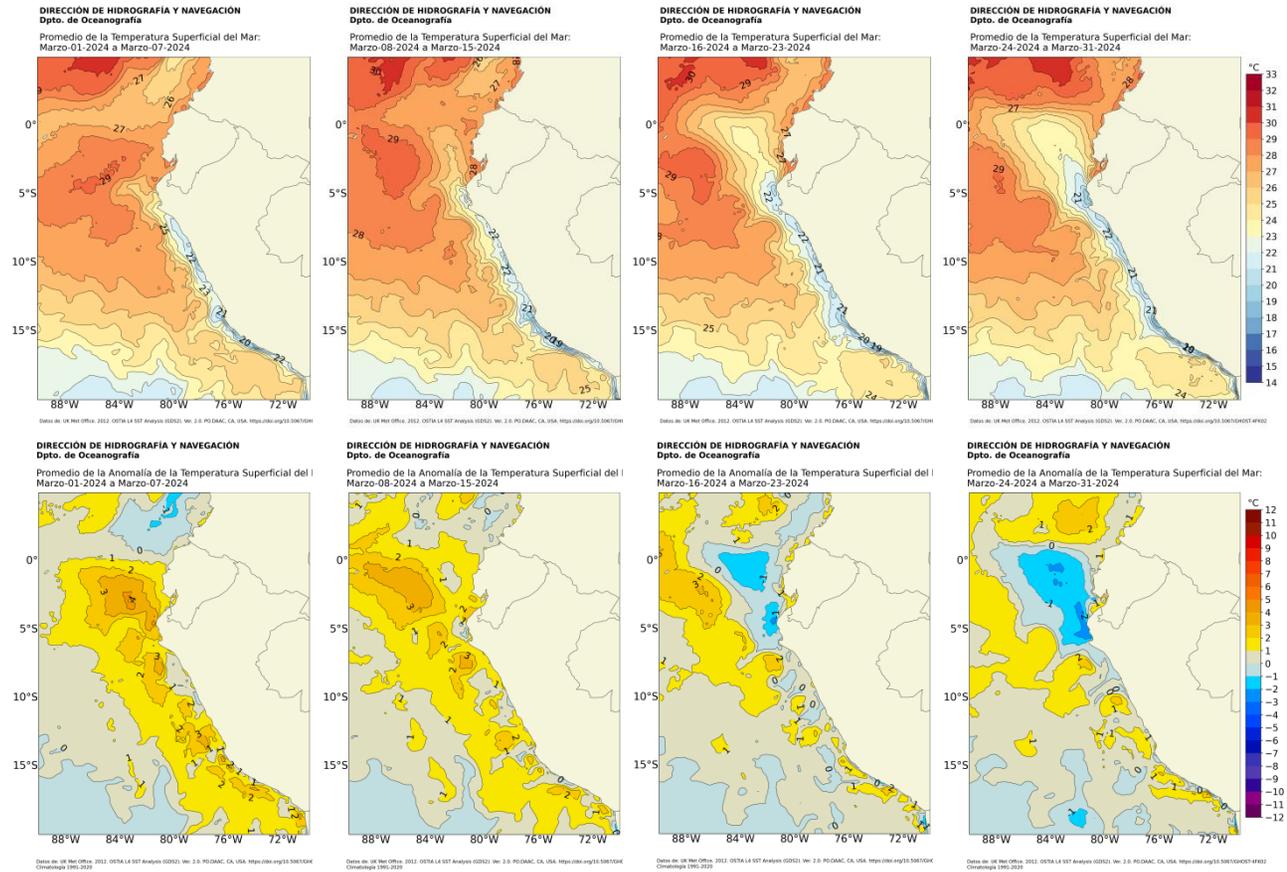


Figura 15. Distribución semanal a) temperatura superficial del mar (TSM) y b) anomalía de la TSM, marzo 2024. Fuente: OSTIA, Climatología: 1991-2020. Elaboración: DIHIDRONAV.

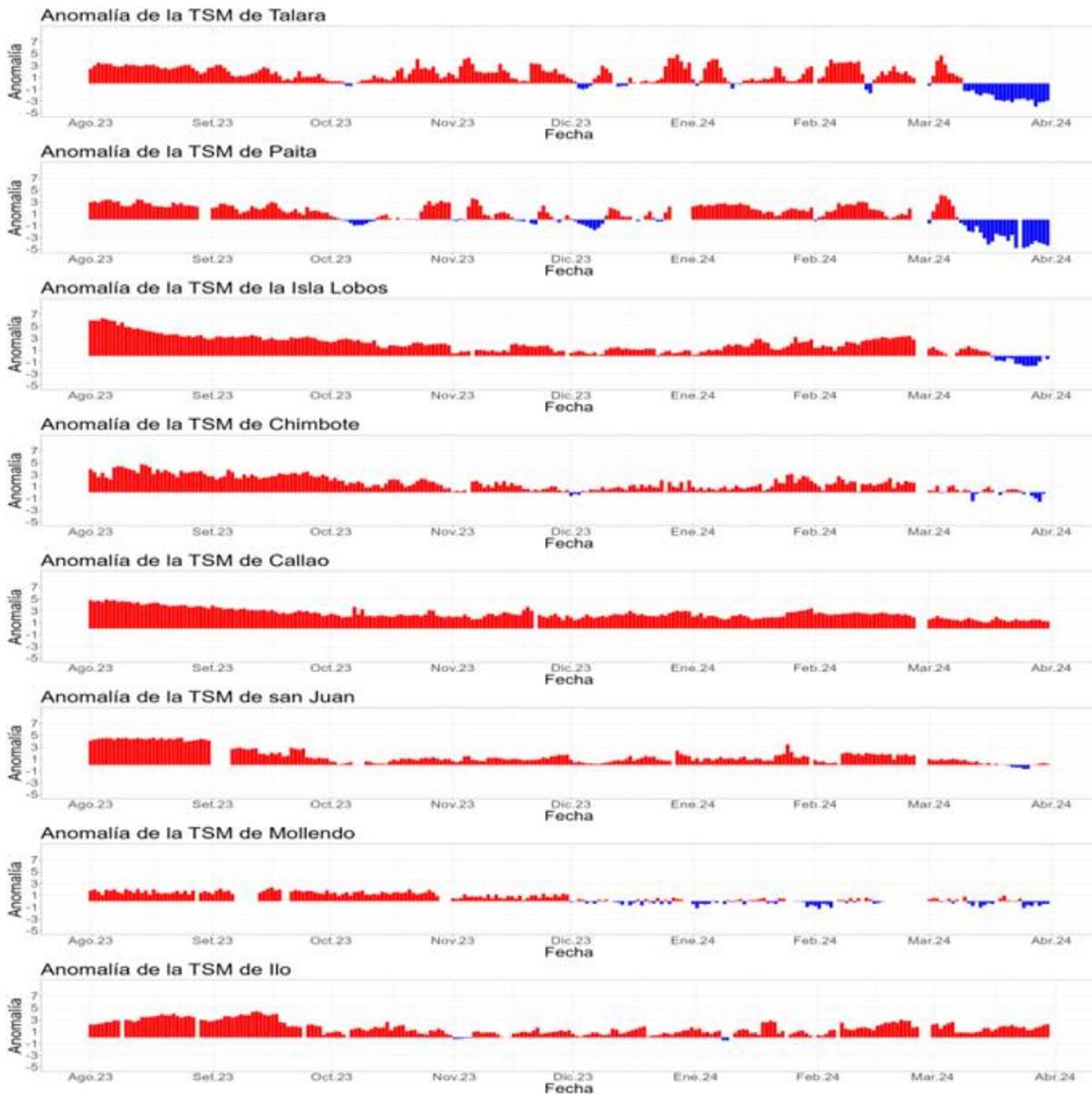


Figura 16. Anomalia de la TSM diaria a lo largo del litoral de Perú de agosto 2023 a marzo 2024. Climatología: 1991-2020. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.

La ola de calor marina (OCM; Hobday et al., 2016) iniciada el 28 de enero dentro de la franja de las 150 mn costeras culminó el 13 de marzo (Figura 17), totalizando 46 días de duración. Entre el 26 de marzo y el 1 de abril, se desarrolló un núcleo con condición de OCM frente a Arequipa entre las 50 y 300 mn de la costa.

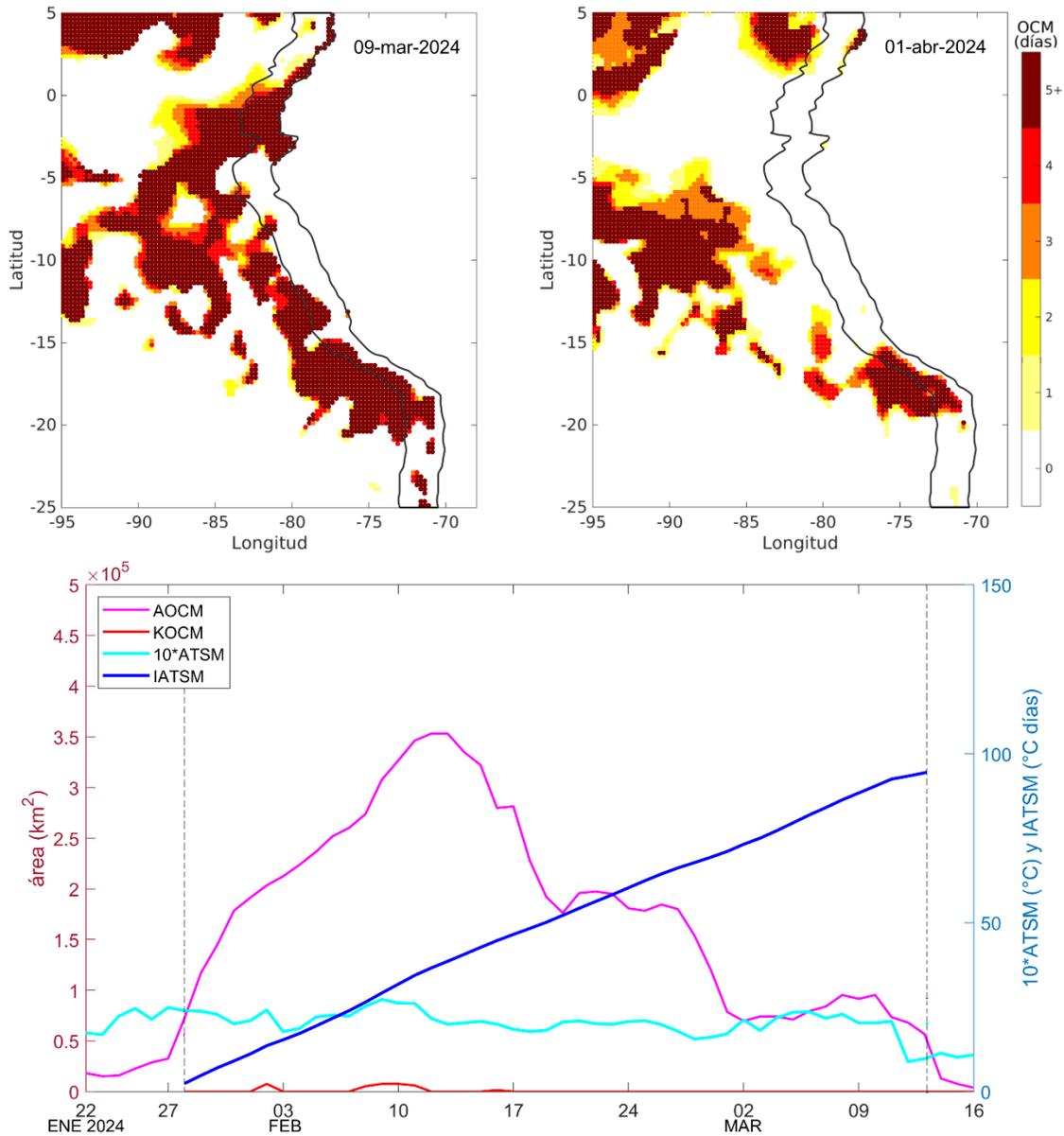


Figura 17. Distribución espacial de la condición de ola de calor marina (OCM) entre los 2 °S y 25 °S, 70 °W y 95 °W el 9 de marzo del 2024 (a) y el 1 de abril del 2024 (b); la escala de color indica el número de días en los cuales la TSM superó el percentil 90 de los datos diarios históricos, usando el período 1982-2011 como referencia (Pietri et al., 2021). c) Series de tiempo de indicadores de la OCM para la zona entre los 4°S y 18.5°S, dentro de las 150 mn costeras: área de la extensión de la OCM (AOCM, Km²); área de la extensión de la OCM donde la ATSM > +4 °C (KOCM, Km²); anomalía diaria de la TSM; y anomalía acumulada (IATSM; °C x días). La OCM inició el 28 de enero del 2024 y terminó al 9 de marzo del 2024 (líneas grises punteadas), alcanzando una duración de 46 días y una anomalía acumulada de 94.35 °C días. Fuente: OISST 2.1; procesamiento: IMARPE.

Las anomalías del nivel de mar (ANM) en la franja de 60 mn adyacente a la costa, durante la segunda quincena de marzo, presentaron un aumento paulatino de Pimentel hacia el sur, con valores entre +10 a +13,5 cm, frente a San Juan de Marcona, posiblemente asociado a la llegada de una onda Kelvin cálida débil, así como al debilitamiento de los vientos y el afloramiento en la costa central y sur que posibilitaron el acercamiento de las aguas cálidas del oeste hacia la costa (Figura 18)

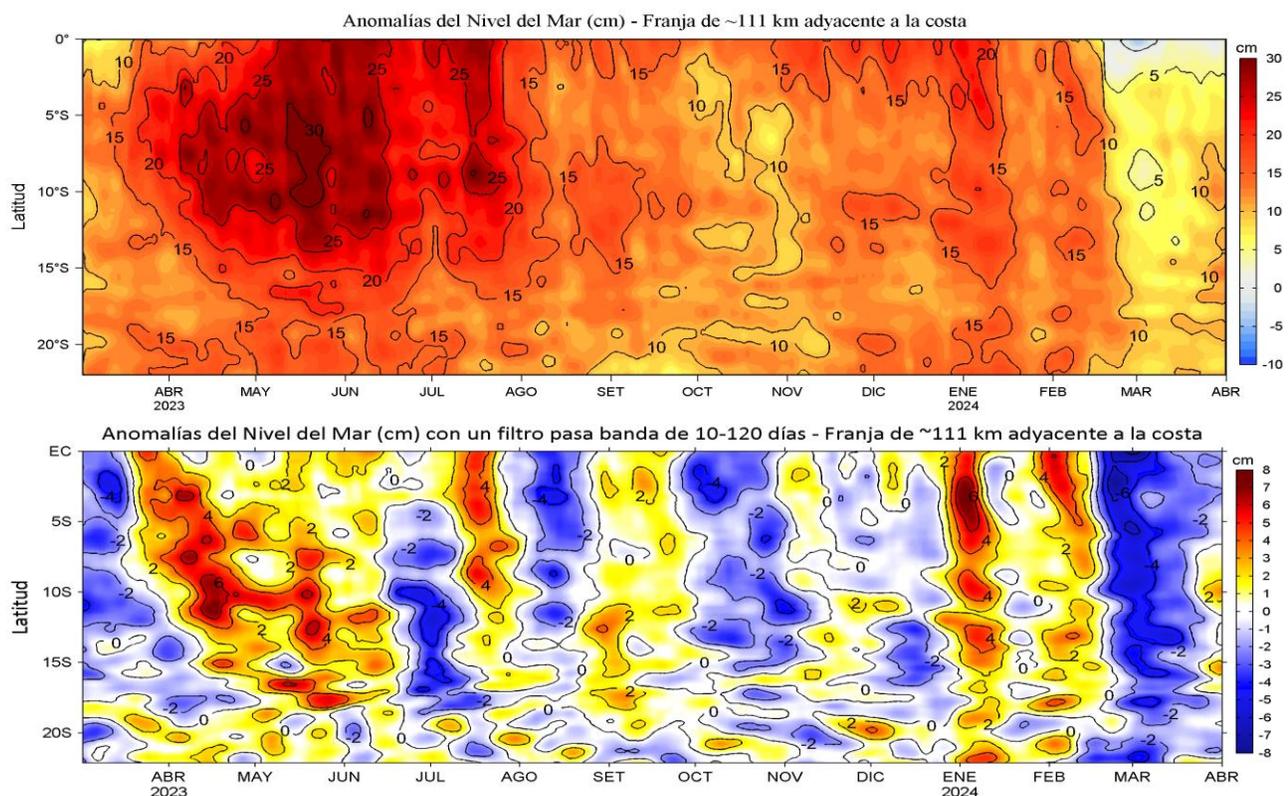


Figura 18. Evolución diaria de las a) Anomalías del Nivel del Mar (cm) y b) Anomalías del Nivel del Mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para una franja de 60 mn (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos trece meses, al 01 de abril del 2024. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 para (a) y 1993-2010 para (b). Procesamiento: LHFMAFIOF/DGIOCC/IMARPE.

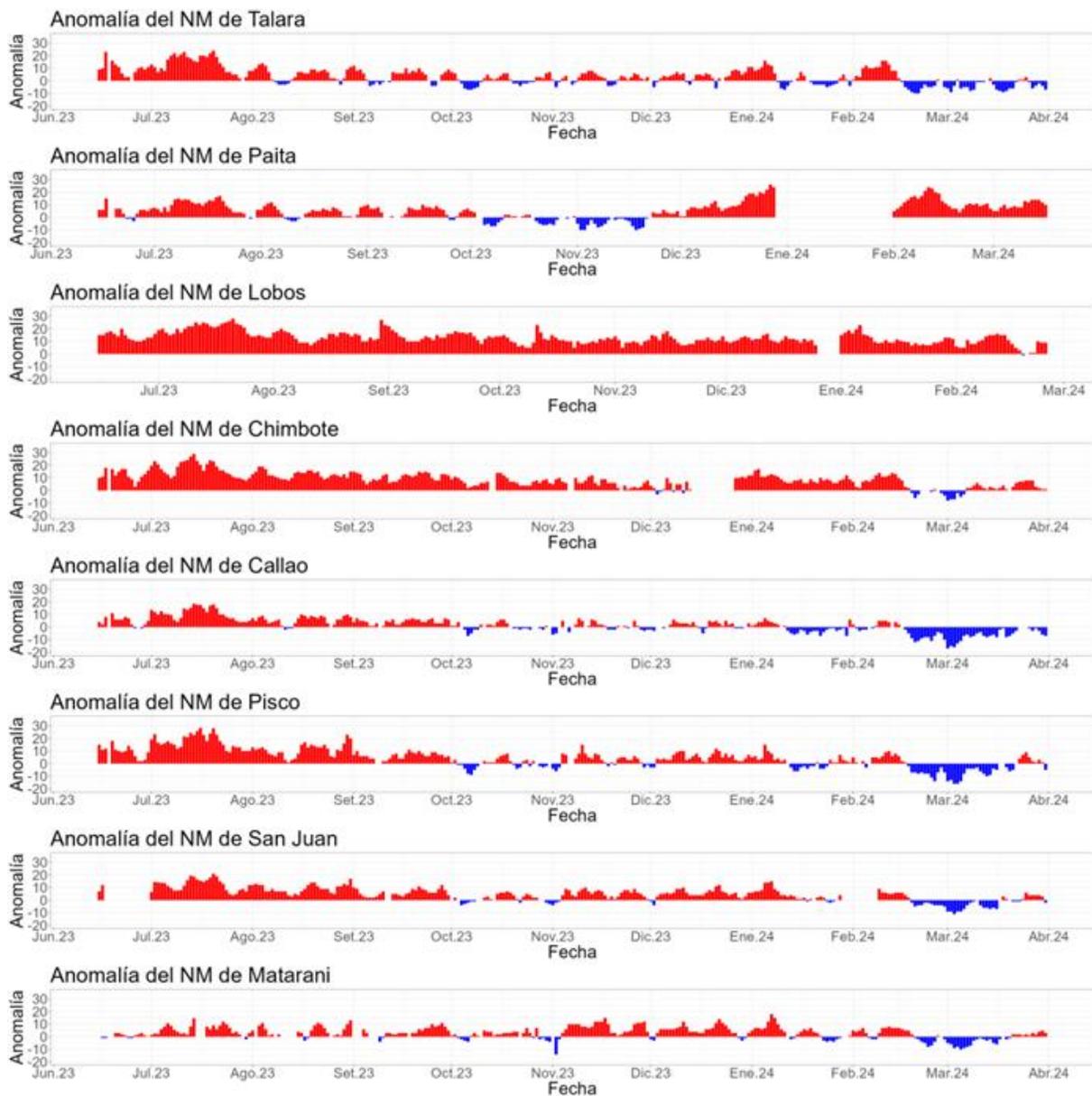


Figura 19. Anomalia de la NM diario a lo largo del litoral de Perú de junio 2023 a marzo 2024. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.

De acuerdo con información *in situ* de la TSM, en los primeros once días de marzo, de Pimentel a Callao, la TSM a 80 mn varió entre 24 °C y 27 °C en promedio, mientras que dentro de las 10 mn varió entre 20 °C y 21 °C. Las ATSM variaron de valores cercanos a cero hasta +3°C en promedio, presentándose las anomalías más altas entre Casma y Callao. Entre el 14 y el 25 de marzo, frente a Callao las temperaturas estuvieron entre 21 °C y 22 °C, mientras que al sur de Pisco y cerca de la costa se registraron temperaturas inferiores a 20 °C. Entre Callao y Bahía Independencia las anomalías estuvieron entre 0 y +1 °C, mientras que, al sur de esta, las anomalías alcanzaron valores de hasta +2 °C (Figura 20).

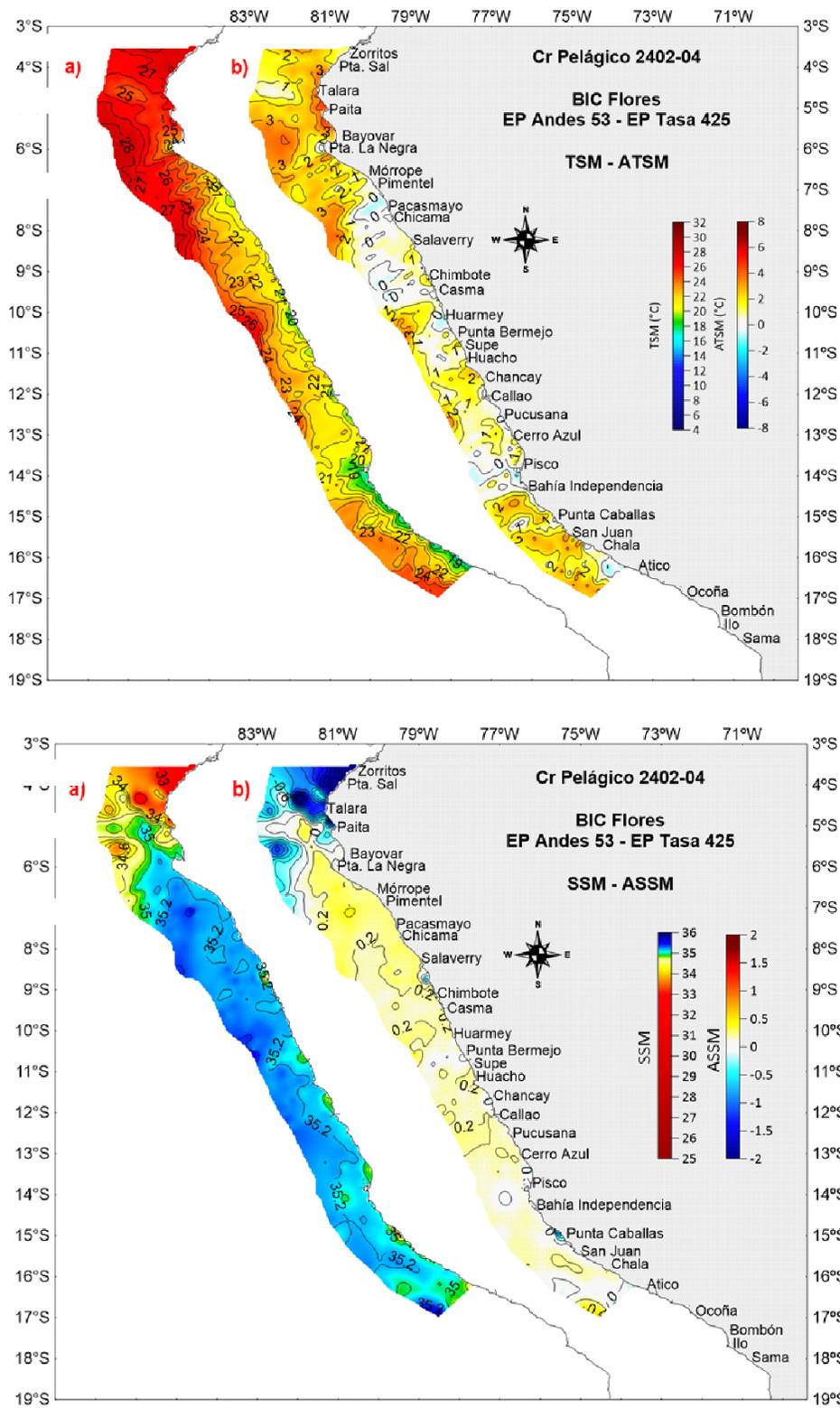


Figura 20. a) TSM (°C) y ATSM (°C), b) SSM y ASSM, registrado durante el Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos Cr. 2402 – 04 (BIC Flores y EP ANDES-53), entre el 16 de febrero al 11 de marzo y del 14 al 25 de marzo. Climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023).

El índice LABCOS (Quispe & Vásquez, 2015), basado en la media móvil trimestral de las anomalías mensuales de TSM registradas en estaciones seleccionadas del IMARPE desde Paita hasta Ilo, muestra un valor temporal actualizado de +1,02 para marzo del 2024, correspondiente a condiciones cálidas moderadas, mientras que, el índice ITCP (Quispe-Ccallauri et al., 2018), basado en las anomalías mensuales de TSM satelitales para la banda de 40 km adyacente a la costa, presenta un valor temporal actualizado de -0,2 para marzo, correspondiente a condiciones neutras (Figura 21).

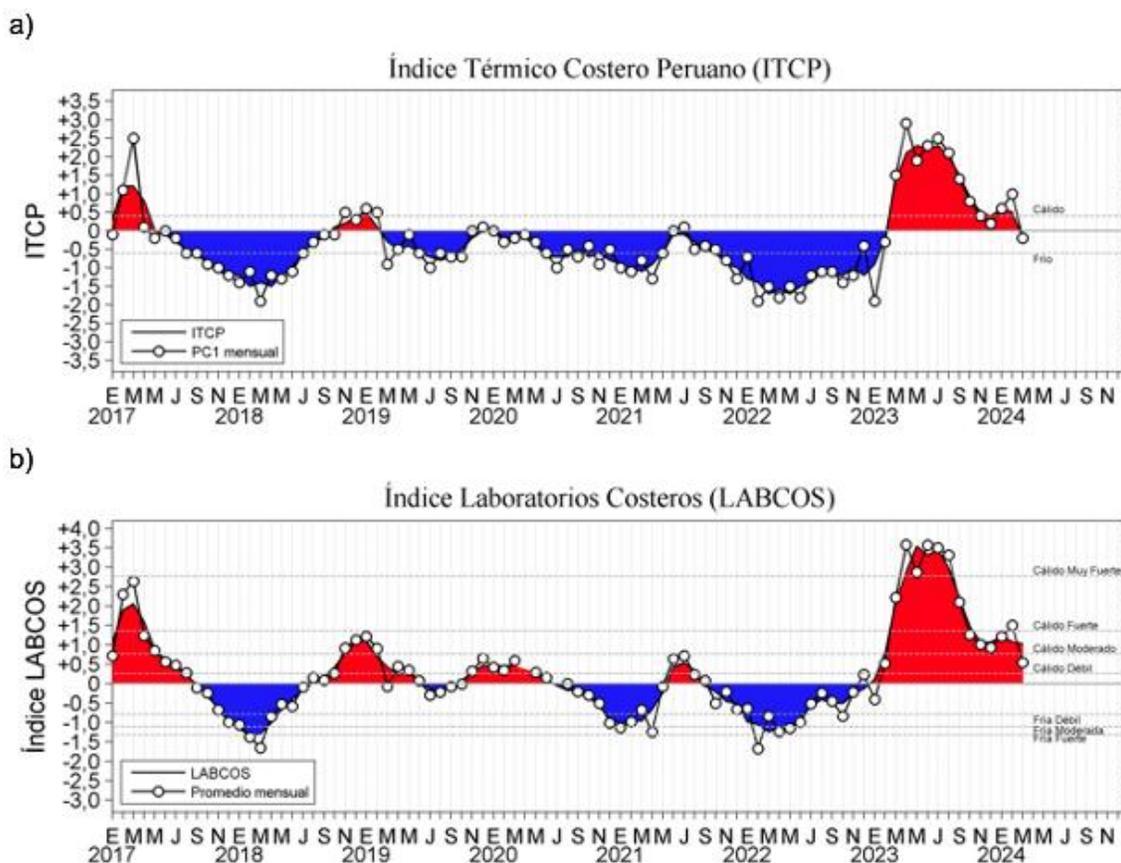


Figura 21. a) Índice Térmico Costero Peruano (ITCP; Quispe et al., 2016), y b) Índice LABCOS (Quispe y Vásquez, 2015) del año 2000 al 2024.

Respecto a la temperatura subsuperficial, entre Tumbes y Piura y dentro de las 200 mn frente a la costa se detectaron anomalías negativas sobre los 500 m de profundidad, con núcleos de hasta $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ entre los 200 y 400 m en la primera semana del mes, asociadas al paso de la onda Kelvin fría, que luego tendieron a debilitarse (Figura 22, Figura 23, Figura 25). Entre Chicama y Atico, dentro de las 100 mn frente a la costa, se observaron anomalías entre $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre los 100 m de profundidad; mientras que, por debajo de esta capa y hasta los 500 m, se observaron anomalías con núcleos de hasta $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 24, Figura 25). A fines de marzo, dentro de las 100 mn, respecto a su climatología, la termoclina se ubicó ligeramente

más profunda frente a Paita y más somera frente a Chicama. Este ascenso en la posición de la termoclina respecto a meses anteriores también refleja el impacto de la llegada de la onda Kelvin fría (Figura 26). Cabe indicar que, considerando registros continuos de la columna de agua frente a la costa norte, en marzo se observó una transición de anomalías térmicas positivas a negativas sobre los 50 m de profundidad a valores de hasta $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 22, Figura 23), con lo cual la columna de agua en su conjunto pasó a mostrar anomalías frías. Esta evolución contrasta con la fase terminal de El Niño 2015-2016, en el cual las condiciones cálidas anómalas en la columna de agua persistieron hasta mayo (Figura 27).

22-27/02

27/02 – 05/03

05-10/03

10-16/03

16-21/03

21-27/03

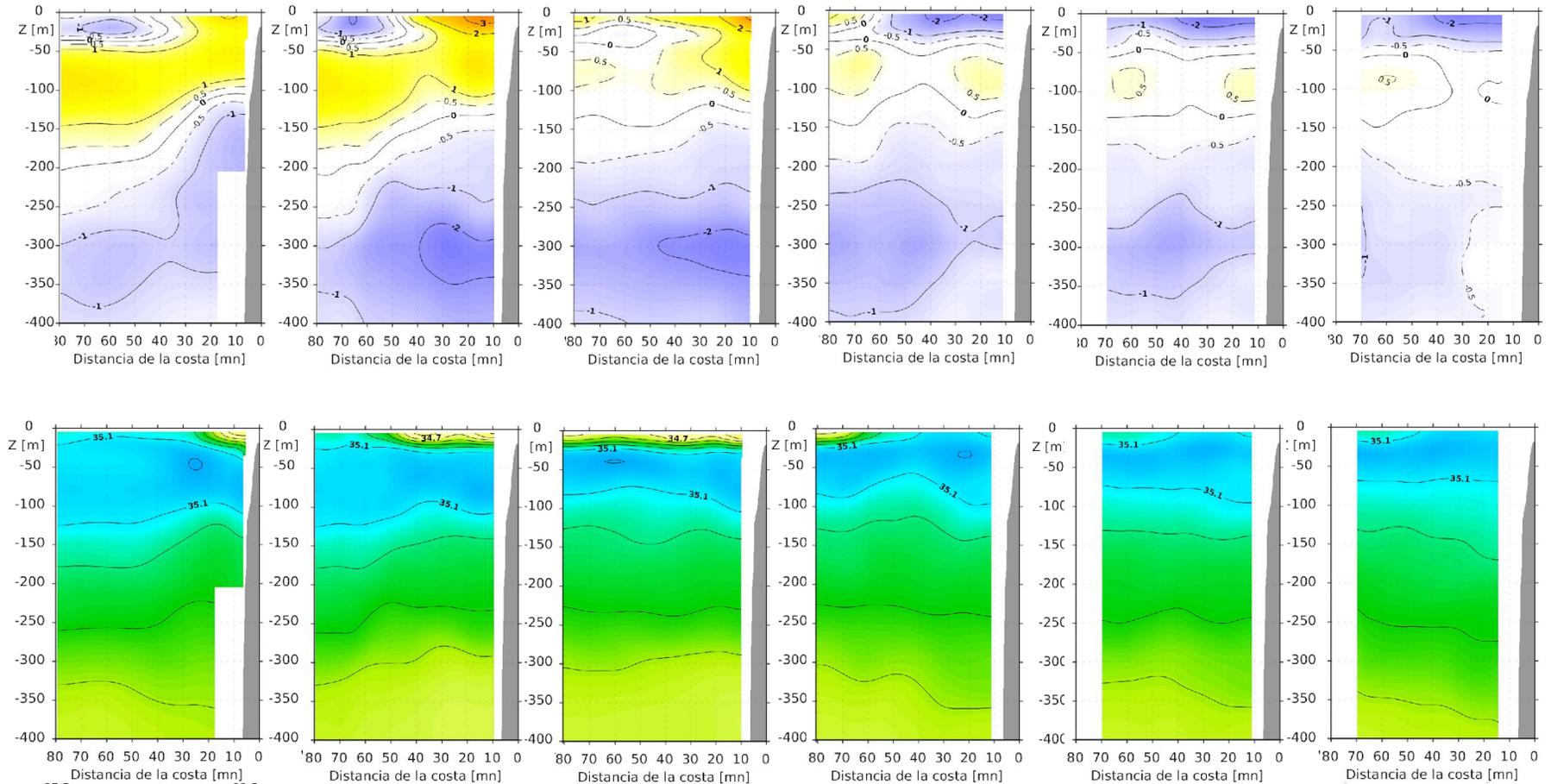


Figura 23. Secciones verticales de anomalía térmica (°C) y salinidad en la columna de agua registradas por el glider Mochica en despliegues realizados frente a Negritos – Talara, registrados entre el 22 de febrero y el 27 de marzo. Climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023). Fuente: IMARPE.

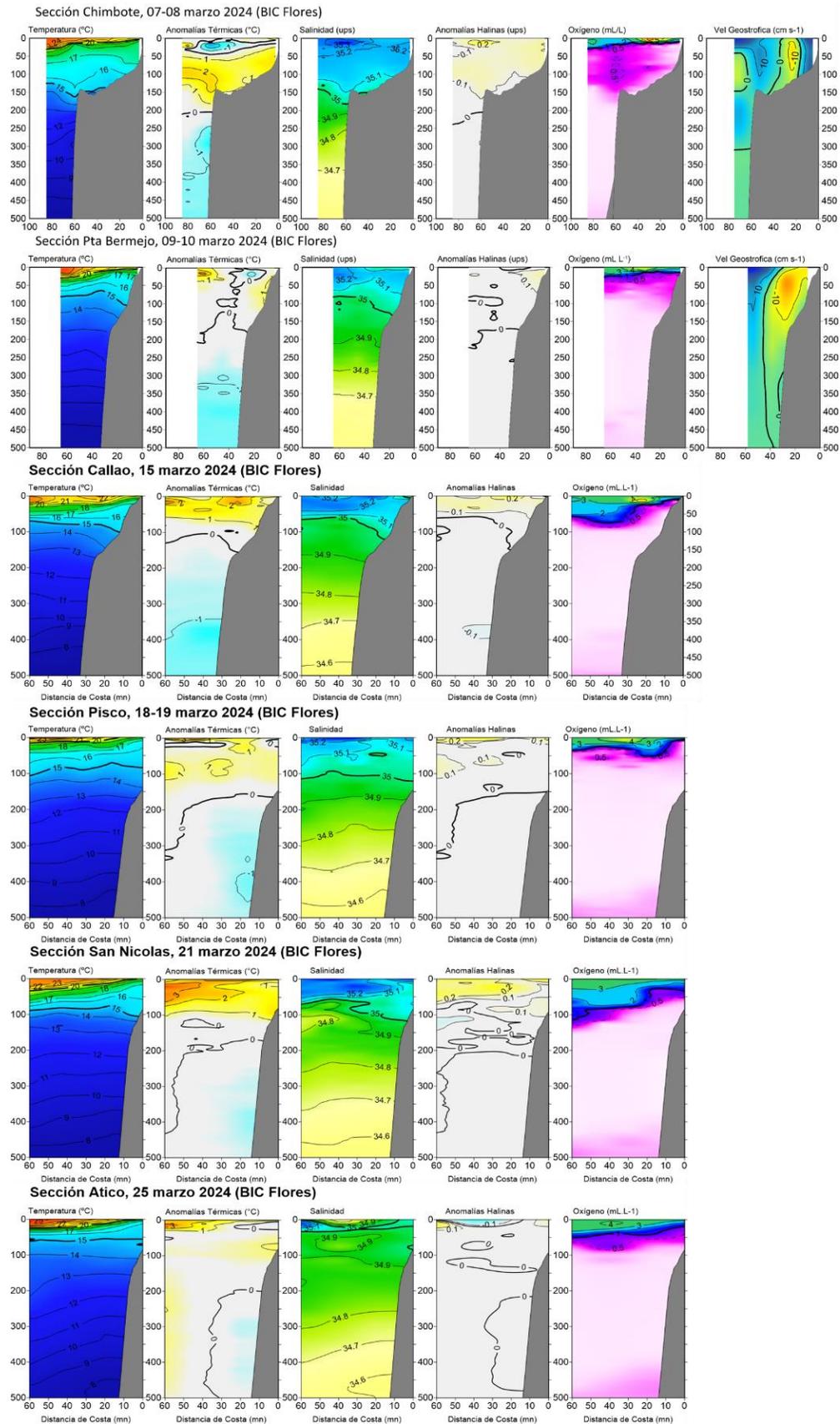


Figura 24. Secciones oceanográficas de temperatura, anomalía térmica, salinidad, anomalía halina, y oxígeno disuelto, realizadas frente a Chimbote, Punta Bermejo, Callao, Pisco, San Nicolás y Atico dentro de las 100 mn, entre el 07 y 25 de marzo de 2024. Climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023).

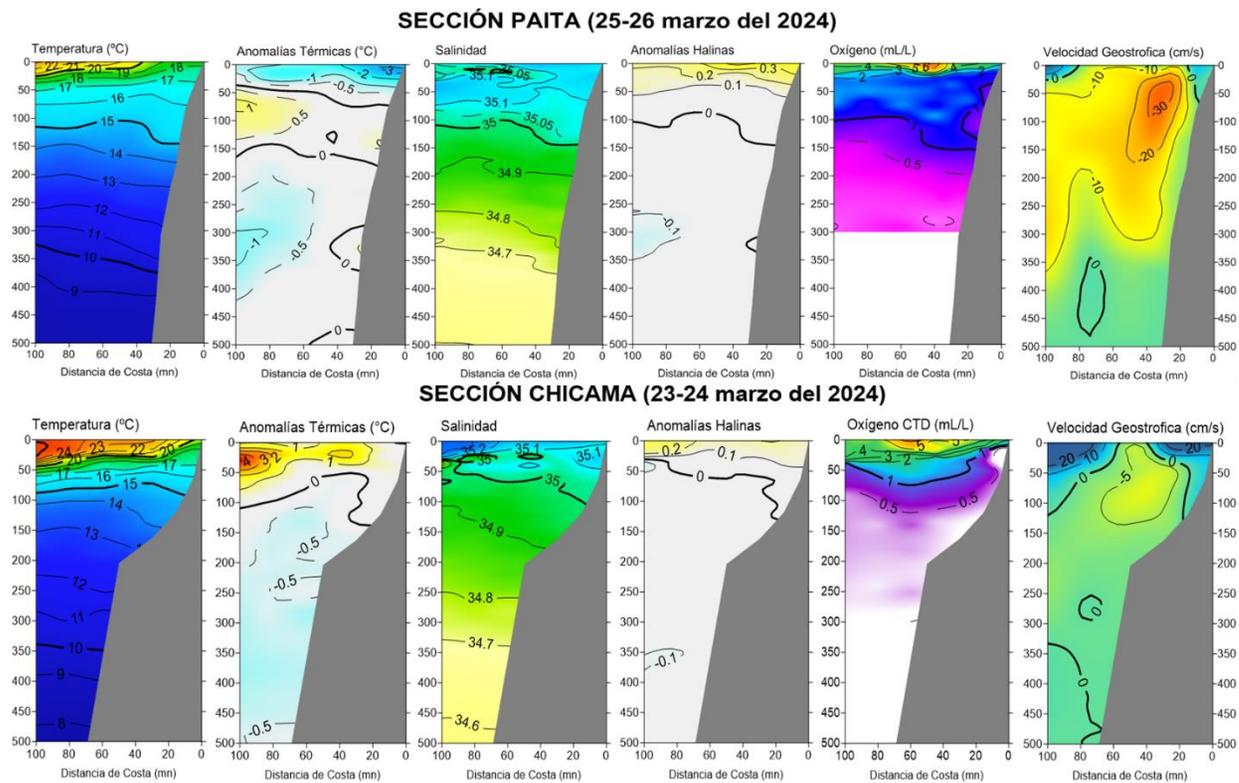


Figura 25. Secciones oceanográficas de temperatura, anomalía térmica, salinidad, anomalía halina, y oxígeno disuelto, realizadas frente a Paíta y Chicama dentro de las 100 mn, entre el 23 y 26 de marzo de 2024. Climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023).

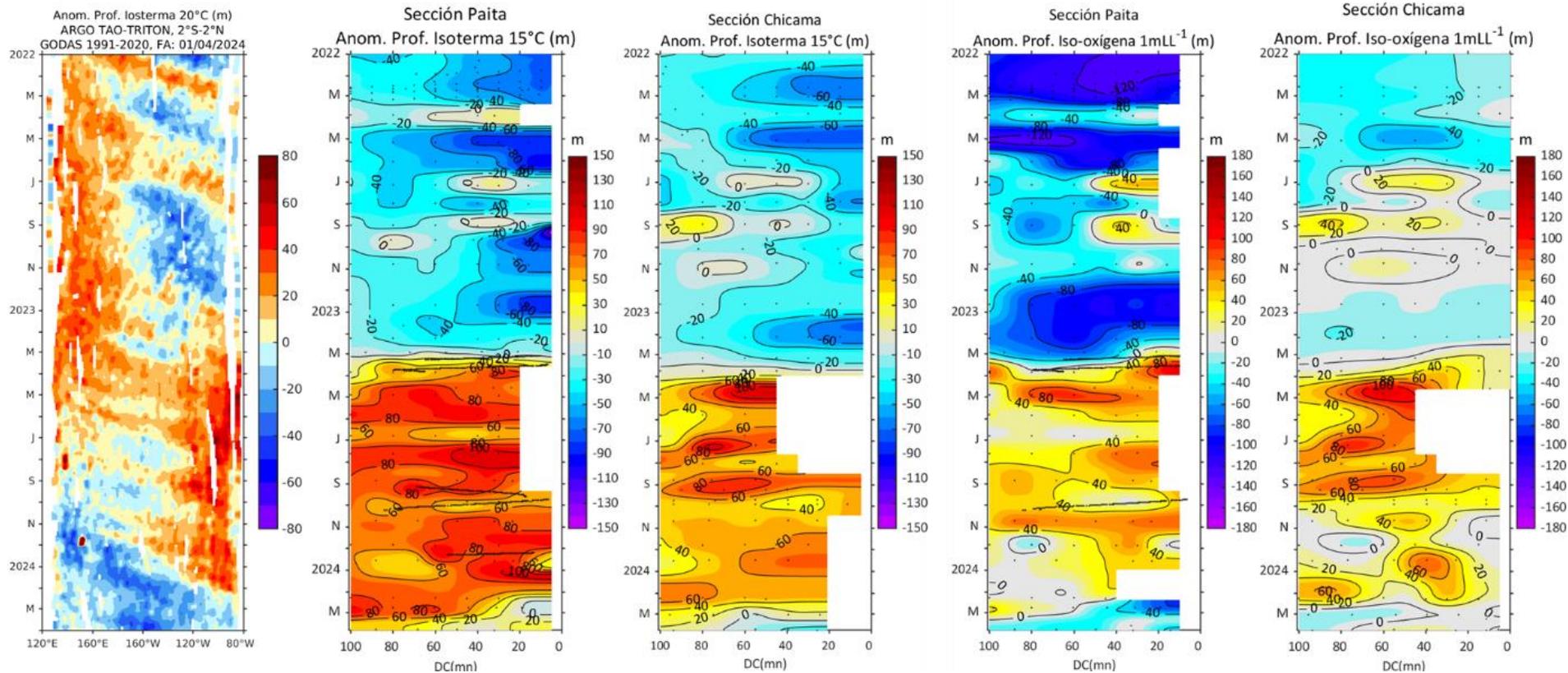


Figura 26. Anomalia de la profundidad de la isoterma de 20 en el Pacífico ecuatorial (ARGO/ TAO Triton) y anomalías de la profundidad de la isoterma de 15 °C y de la iso-oxígeno de 1 mL L⁻¹, indicadores de la termoclina y de la oxiclina, respectivamente, frente a Paita y Chicama, estimadas en base a los monitoreos mensuales realizados por el IMARPE. Procesamiento: AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

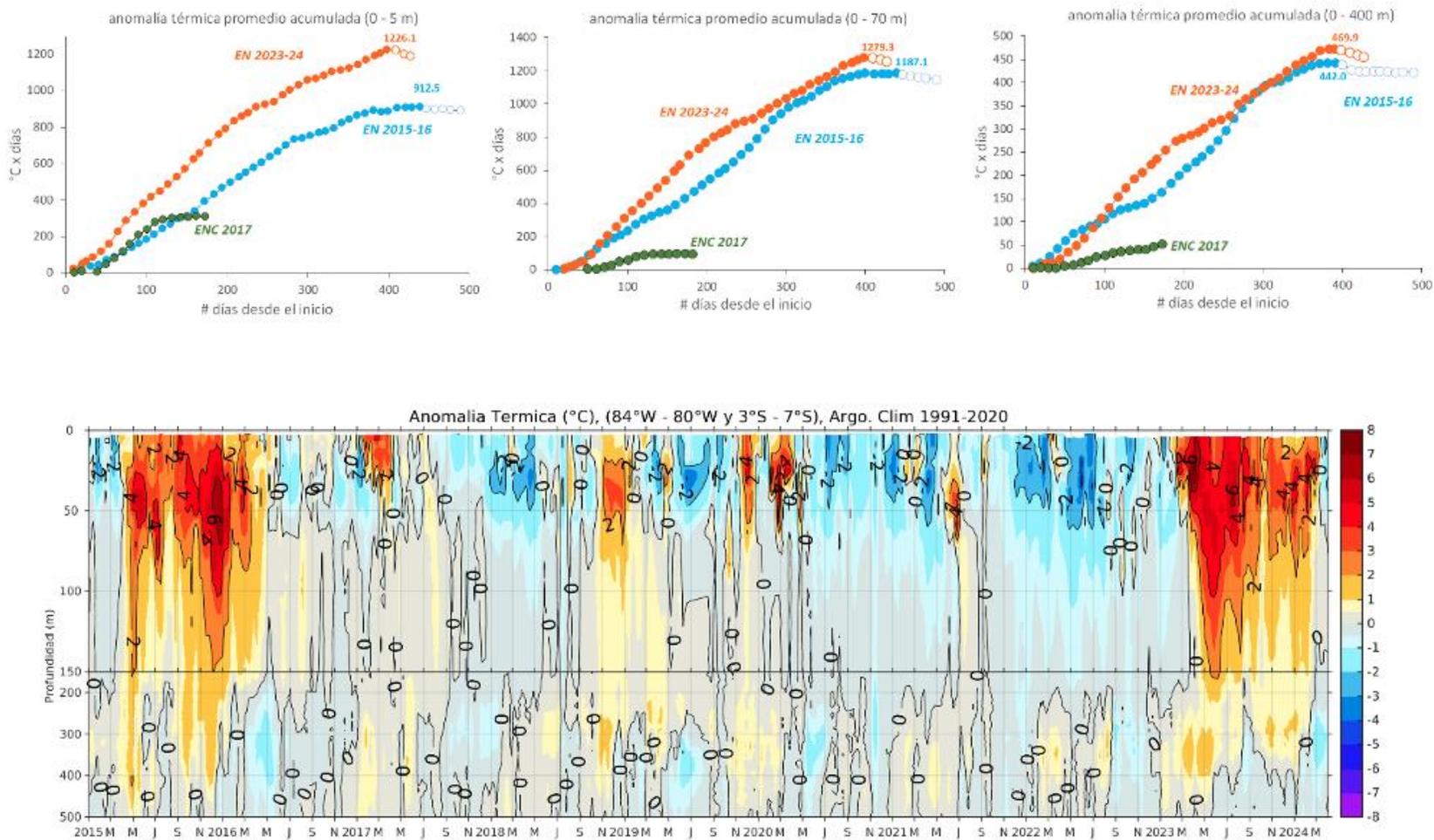


Figura 27. Arriba: Anomalia térmica promedio acumulada en las capas de 0-5, 0-70 y 0-400 m durante el desarrollo de El Niño 2023-2024, El Niño 2015-2016 y El Niño Costero 2017, en base a registros continuos de perfiladores ARGO en la caja 84°W – 80°W y 03°S – 07°S. Abajo: variabilidad temporal de la anomalia térmica promedio en la misma caja; climatología: 1991- 2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: **AFIOQG/DGIOCC/IMARPE**.

A 180 millas de Puerto Pizarro la temperatura decayó abruptamente de 29 °C a 24 °C durante marzo 2024, disminuyendo 5 °C y alcanzando alrededor de -1 °C para la última semana del mes, reduciendo las temperaturas cálidas y estableciendo condición fría; asimismo, desde inicios de marzo se viene presentando una disminución térmica que se relaciona con la presencia de flujos de corriente marina meridional hacia el norte y zonal hacia el oeste, lo que indicaría un repliegue de las AES hacia el norte (**Figura 28**).

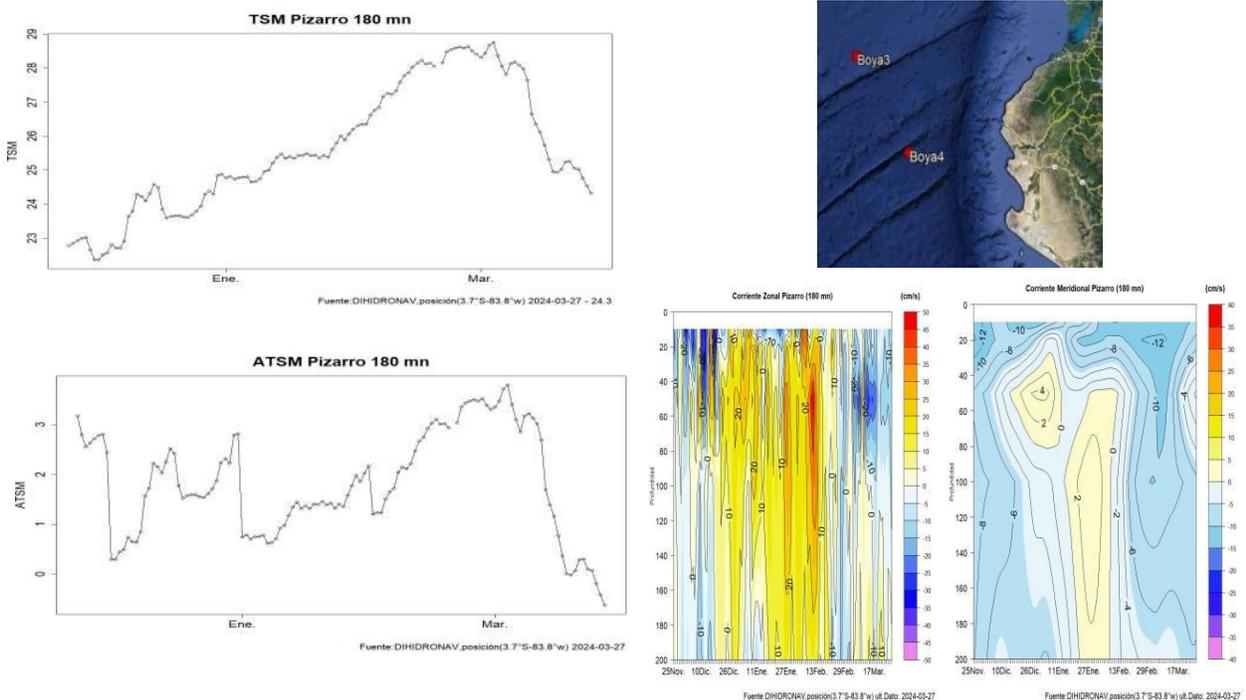


Figura 28. a) Serie de temperatura superficial del mar, corriente zonal y corriente meridional para la boya NAYLAMP 3 (a 180mn de Puerto Pizarro). Periodo: 25 de noviembre 2023 a 30 de marzo 2024. Fuente y Procesamiento: DIHIDRONAV.

El pronóstico de TSM a 30 millas frente a la costa norte en el mar peruano (Paita) indica una disminución de la temperatura hasta el 09 de abril sobre los primeros 80m de profundidad. La isoterma de 20 °C ubicada en superficie y ligera elevación de las isotermas entre los 70 m y 250 m de profundidad, desarrollando tenues anomalías negativas. Asimismo, a 100 millas se espera la atenuación del calentamiento dentro de la columna de agua (**Figura 29a y b**). Frente a la costa centro, a 30 mn de Chicama se espera un leve enfriamiento sobre los primeros 15 m y condición normal (**Figura 29c**). A 40 mn de Chimbote se espera una elevación de las isotermas sobre los 50 m con una anomalía de -2 °C; por el contrario, a 40 mn de Callao se espera un calentamiento sobre los 25 m y anomalía hasta 2 °C (**Figura 29d y e**).

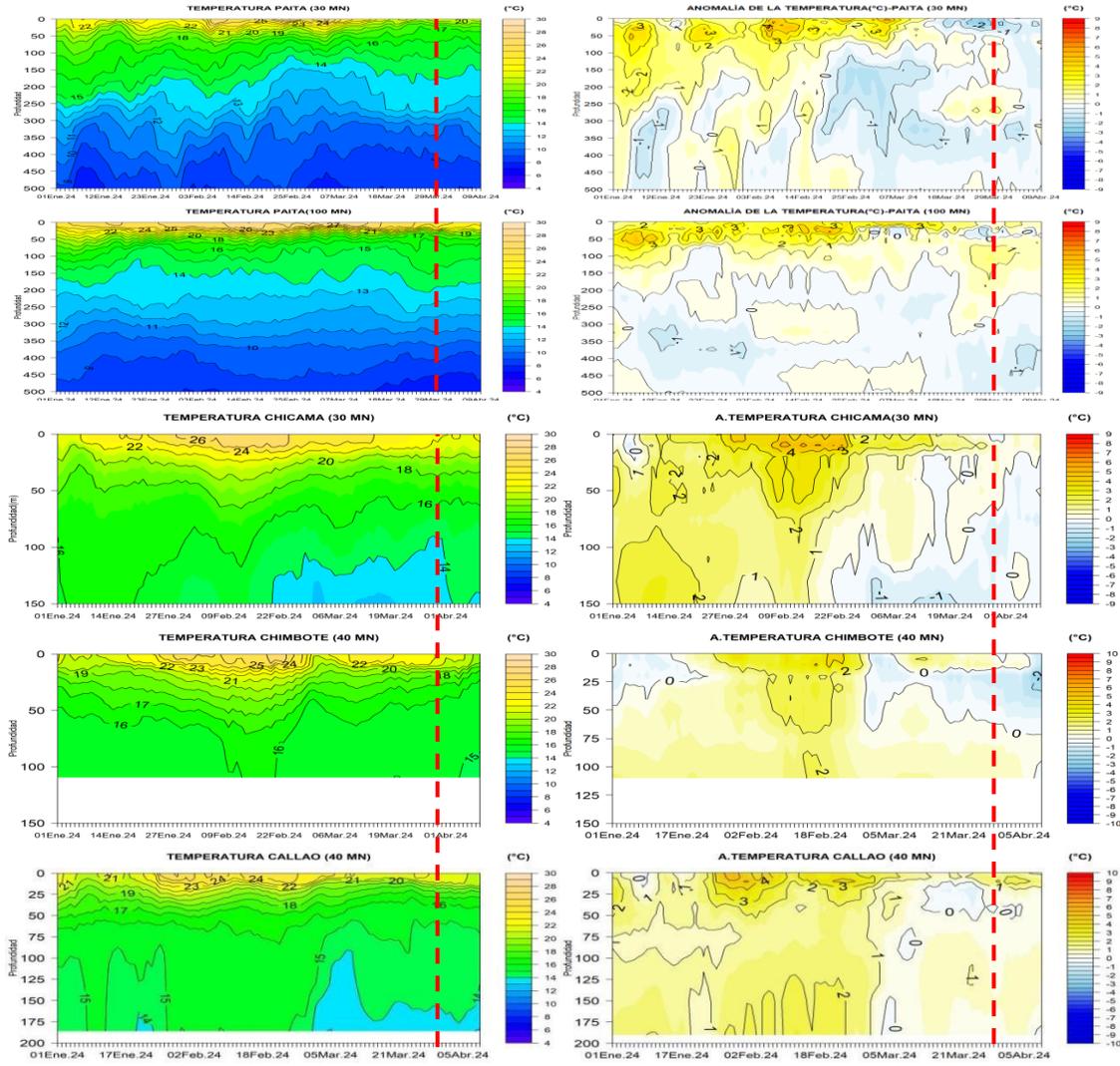
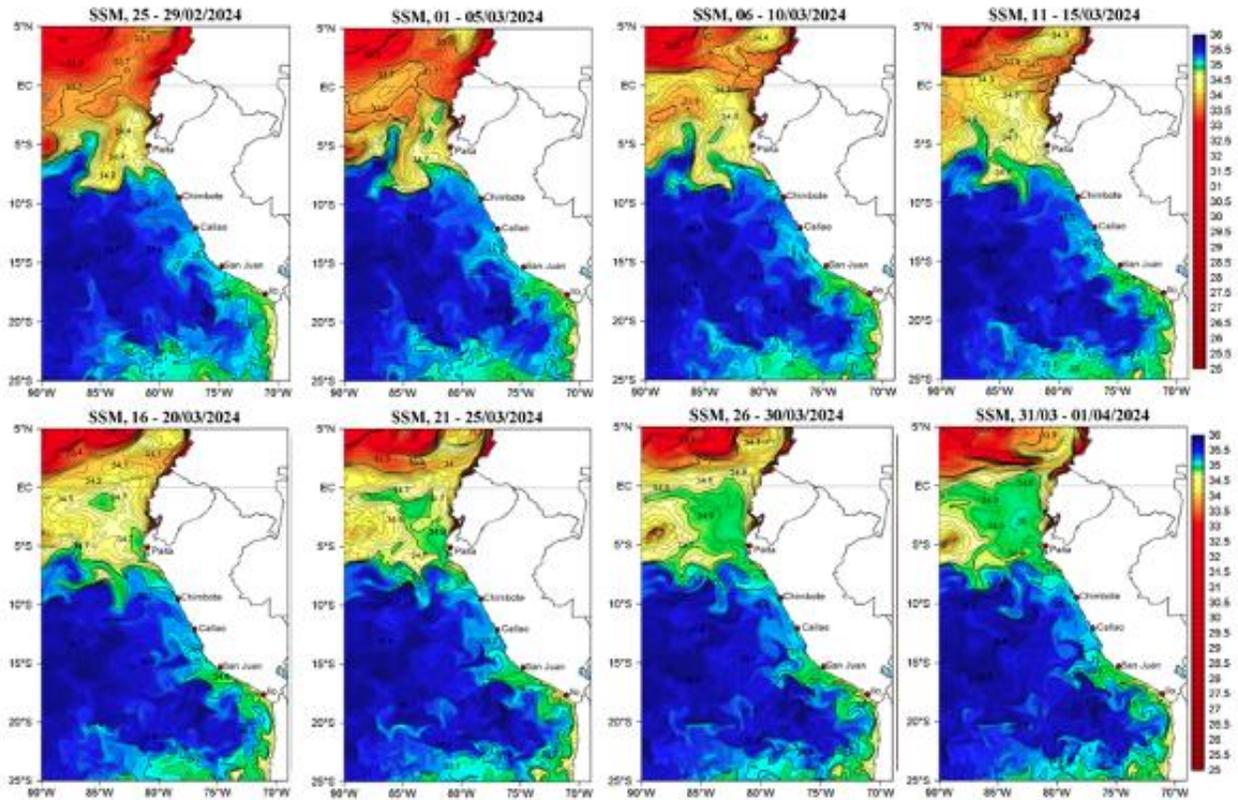


Figura 29. Pronóstico de temperatura subsuperficial del mar y su anomalía hasta los 500 m de profundidad frente a) Paita (30 mn), b) Paita (100 mn), c) Chicama (30mn), d) Chimbote (40mn) y e) Callao (40mn). Fuente: Mercator. Procesamiento: DIHIDRONAV

En cuanto a la salinidad superficial del mar (SSM), durante marzo, las Aguas Tropicales Superficiales (ATS, $S < 33,8$) se ubicaron al norte de Tumbes. Las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) se replegaron paulatinamente hacia el norte, y de acuerdo a las operaciones en el mar, habrían restringido su influencia por fuera de las 60 mn frente a Talara y Paita, generando mezcla con las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) tanto frente a estas localidades como a 190 mn de Tumbes sobre los 20 m de profundidad (Figura 23, Figura 24, Figura 25, Figura 31). Dentro de las 60 mn costeras frente a Talara y Paita, sobre los 75 m, las ASS vienen generando mezcla con las aguas costeras frías (ACF) asociadas a procesos de afloramiento. Hacia el sur y hasta San Juan de Marcona, se mantuvo una amplia distribución de las ASS con un mayor acercamiento entre Chimbote y San Juan de Marcona (San Nicolás), en donde salinidades entre 35,2 y 35,1 fueron detectadas, en promedio, dentro de las 30 mn de

la costa (Figura 20, Figura 24, Figura 25, Figura 30). Al sur de San Juan de Marcona predominaron las ACF, con una mayor influencia dentro de las 30 mn de Atico (Figura 20, Figura 30).

a)



b)

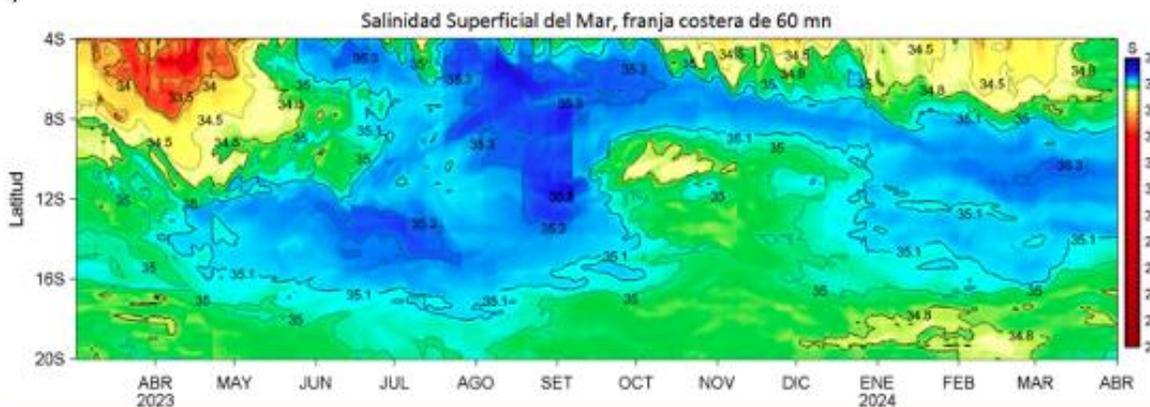


Figura 30. (a) Distribución pentadal de la Salinidad Superficial del Mar (SSM) en el Pacífico Sudeste, durante el 25 de febrero y 1 de abril 2024. (b) Diagrama Hovmöller de la SSM en la franja de las 60 millas costeras, al 01 de abril 2024. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. et al, 2013) disponible en http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024. Procesamiento: LHFMAFIOF/DGIOCC/IMARPE.

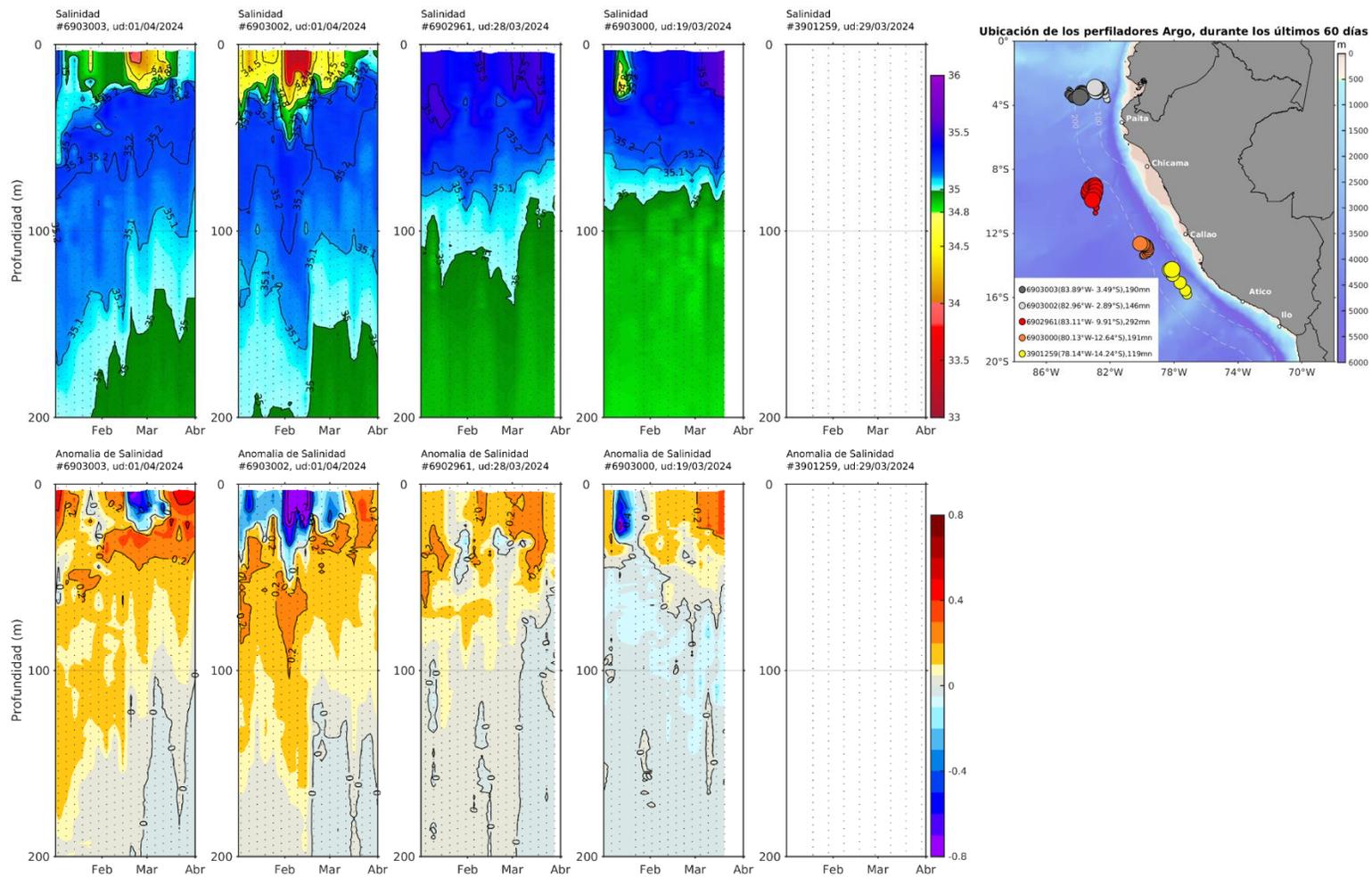


Figura 31. Evolución de la salinidad del agua de mar y sus anomalías en perfiladores ARGO en la zona costera (dentro de las 100 mn) y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas donde brindaron información. Fuente: ARGO, climatología: 1991- 2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE

El pronóstico de salinidad a 30 millas frente a la costa norte en el mar peruano (Paita) indica el predominio de las ASS sobre los 120 m de profundidad, esperándose una capa de mezcla con las Aguas Costeras Frías (ACF) en los primeros 20m (Figura 32). Por otro lado, en la superficie se espera las AES se extiendan al sur de los 04°S cerca de costa; mientras que, por dentro de las 50mn y entre los 05°S-09°S se presentarían las ACF. Por otro lado, se espera el acercamiento de las ASS sobre la costa centro (Figura 32a).

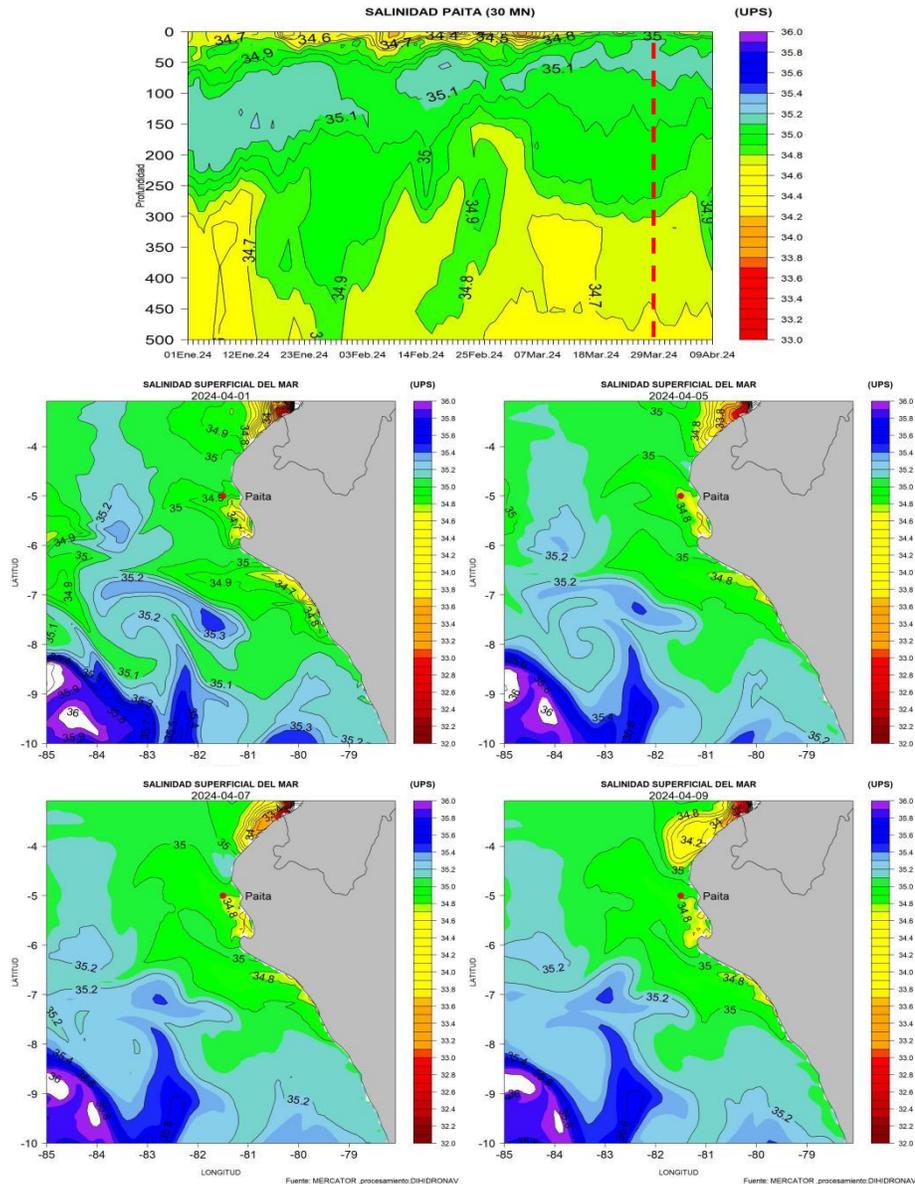


Figura 32a. Pronóstico de salinidad del mar a) subsuperficial hasta los 500m de profundidad frente Paita (30 mn), y b) espacial frente a la costa norte y centro para los días 05, 07 y 09 de abril 2024 en base al 31 de marzo. Fuente: Mercator. Procesamiento: DIHIDRONAV.

Respecto al oxígeno disuelto (OD), sobre la segunda quincena de marzo 2024, se registraron algunos núcleos de $6,0 \text{ mL L}^{-1}$ en la superficie del mar, asociados a eventos de alta actividad fotosintética en las secciones de Paita y Chicama -dentro de las 100 mn frente al litoral-, en una zona intermedia entre la costa y el océano abierto (Figura 25). La profundidad de la iso-oxígena de 1 mL L^{-1} , considerada como indicador de la oxiclina, fue registrada entre los 25 m a 150 m frente a Paita y entre los 10 m a 60 m de profundidad frente a Chicama, dentro de las 100 mn. Asimismo, el límite superior de la Zona de Mínimo de Oxígeno (ZMO, $\text{OD} < 0,5 \text{ mL L}^{-1}$) se ubicó por debajo de los 150 m frente a Paita, a diferencia de la sección Chicama, donde fue detectado a 10 m de la superficie cerca del litoral y a 110 m a 60 mn de la costa. Frente a Paita y a Chicama, la oxiclina presentó en promedio una posición ligeramente por encima de su profundidad climatológica (Figura 26).

3.3. Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras

La clorofila-a, indicador de la producción de fitoplancton, de acuerdo con la información satelital, presentó en promedio concentraciones de $3 \text{ a } 10 \mu\text{g L}^{-1}$ dentro de las 60 mn a lo largo de la costa en marzo, ubicándose la zona más productiva entre San José y Pisco ($>10 \mu\text{g L}^{-1}$) (Figura 32b). Estas concentraciones estuvieron asociadas a anomalías positivas de $+1 \text{ a } +12 \mu\text{g L}^{-1}$ durante marzo; sin embargo, durante la primera quincena las anomalías positivas fueron más intensas, con predominio de valores de $+10 \mu\text{g L}^{-1}$ entre San José y Pisco, dentro de las 50 mn (Figura 32b, Figura 33). El aumento de la producción fitoplanctónica durante la primera quincena de marzo sería consecuencia del paso de la onda Kelvin fría que llegó entre fines de febrero e inicios de marzo, la cual habría superficializado la nutriclina, aunado a una mayor insolación debido a la menor nubosidad. Además, esta baja nubosidad se mantuvo durante todo marzo, lo cual habría influenciado en que se mantengan las condiciones de alta productividad hasta fin del mes. Estas condiciones ambientales también favorecieron la continuación de floraciones algales nocivas, especialmente en la costa central, destacando el evento frente a Bahía Miraflores – Callao, que se extendió del 5 al 25 de marzo (Tabla X1).

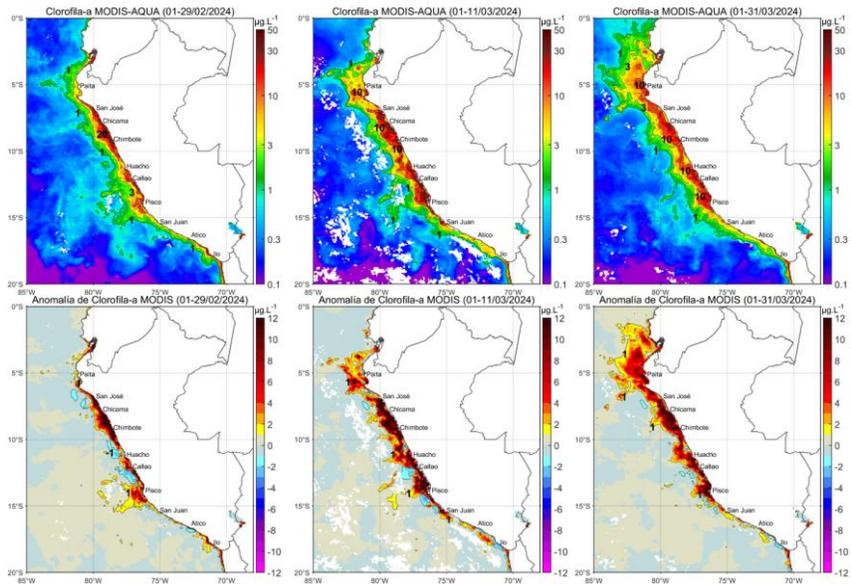


Figura 32. Distribución de la concentración de clorofila-a superficial satelital ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel superior) y su anomalía ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel inferior), durante, diciembre 2023, febrero al 31 marzo de 2024 (de izquierda a derecha), proveniente de MODIS-AQUA. Fuente: Fuente: Satélite MODIS. Procesamiento: LHQ/AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

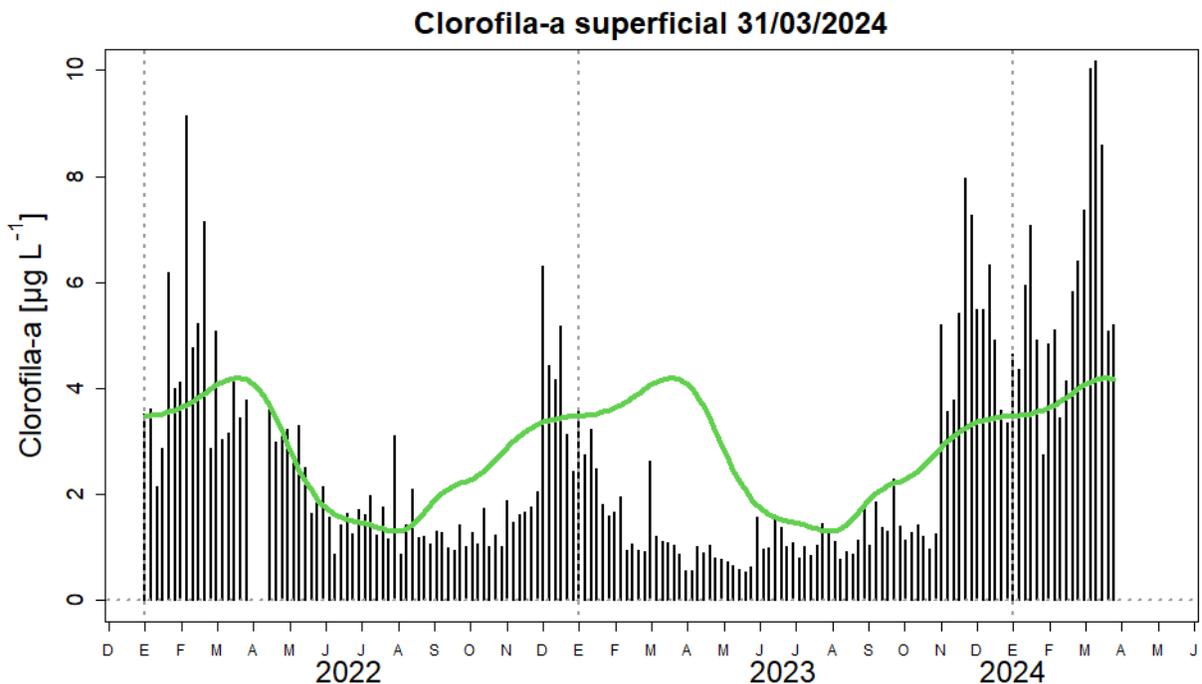


Figura 33. Serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barra negra) y su climatología (línea verde) proveniente de SeaWiFS-MODIS ($\mu\text{g L}^{-1}$) entre 4° S-16° S y dentro de los 100 km de la costa. Fuente: IMARPE.

Tabla 4. Floraciones Algales Nocivas (FAN) registradas por IMARPE frente a la costa entre febrero y marzo 202. Se indican la especie responsable y su concentración celular.

Fecha	Especie	Lugar	Concentración celular
			(cel.L ⁻¹)
01-02 Feb	<i>Heterosigma akashiwo</i>	Bahía Huacho	10.12x10 ⁶
01-02 Feb	<i>Heterosigma akashiwo</i>	Carpayo-Callao	2x10 ⁶
06-16 Feb	<i>Heterosigma akashiwo</i>	Carpayo-Callao	3x10 ⁶
09-Feb	<i>Heterosigma akashiwo</i>	Bahía Paracas-Pisco	7.43x10 ⁶
06-Feb	<i>Prorocentrum micans</i>	Chimbote	1x10 ⁶
07-Feb	<i>Tripos dens</i>	Chicama (60-80 mn)	1x10 ⁶
10 y 11 Feb	<i>Prorocentrum micans</i>	Bahía Ferrol-Chimbote	8.28x10 ⁶
08-16 Feb	<i>Akashiwo sanguinea</i>	Caleta San José-Pimentel	1x10 ⁶
18-Feb	<i>Akashiwo sanguinea</i>	Isla Lobos de Afuera (90 mn)	1x10 ⁶
19-20 Feb	<i>Tripos dens</i>	Carpayo-Callao	1x10 ⁶
21-Feb	<i>Akashiwo sanguinea</i>	Bahía Sechura	4.2x10 ⁶
05-Mar	<i>Akashiwo sanguinea</i>	Bahía Huacho	1.37x10 ⁶
16-Mar	<i>Akashiwo sanguinea</i>	Bahía Paracas-Pisco	1.71x10 ⁶
05-25 Mar	<i>Akashiwo sanguinea</i>	Bahía Miraflores-Callao	3x10 ⁶
25-Mar	<i>Akashiwo sanguinea</i>	Playa San Bartolo	2x10 ⁶
27-Mar	<i>Akashiwo sanguinea</i>	Bahía Paracas-Pisco	8.58x10 ⁶

Respecto a los recursos pelágicos pesqueros, en el mes de marzo 2024, la pesca artesanal dirigida a la anchoveta se registró en la zona costera dentro de las 10 mn frente a la bahía de Sechura y dentro de las 5 mn frente a Pisco (Figura 34) En cuanto a los indicadores reproductivos de la anchoveta del stock norte-centro al 31 de marzo, el Índice Gonadosomático (IGS) fue similar a febrero y a su patrón histórico; mientras que, la Fracción Desovante (FD) continuó mostrando valores menores de desove, manteniéndose debajo del patrón. (Figura 35).

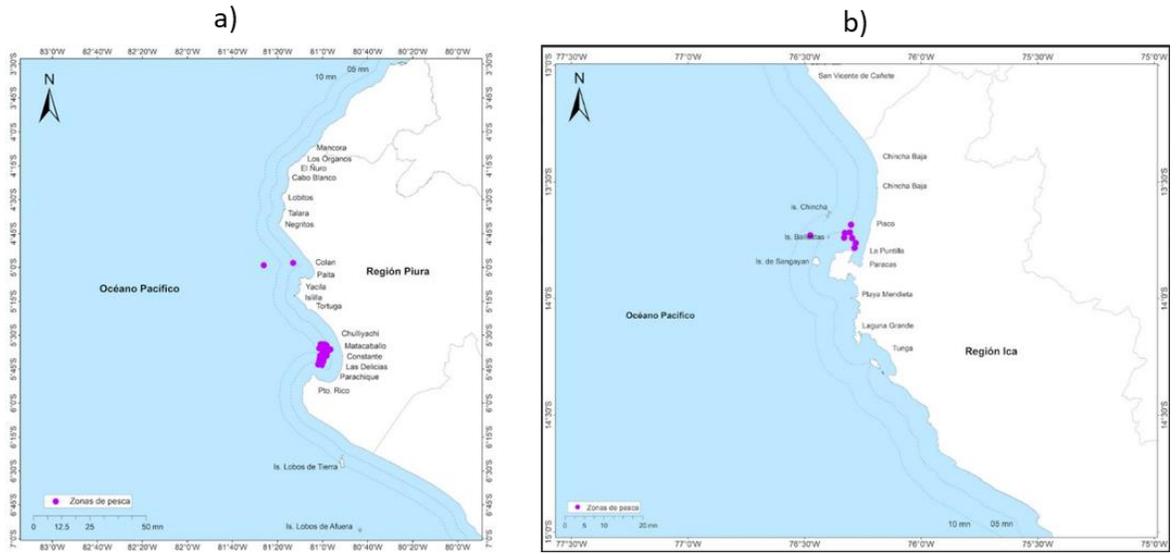


Figura 34. Distribución de anchoveta proveniente de la flota artesanal de las regiones a) Piura y b) Ica durante la segunda quincena de marzo de 2024.

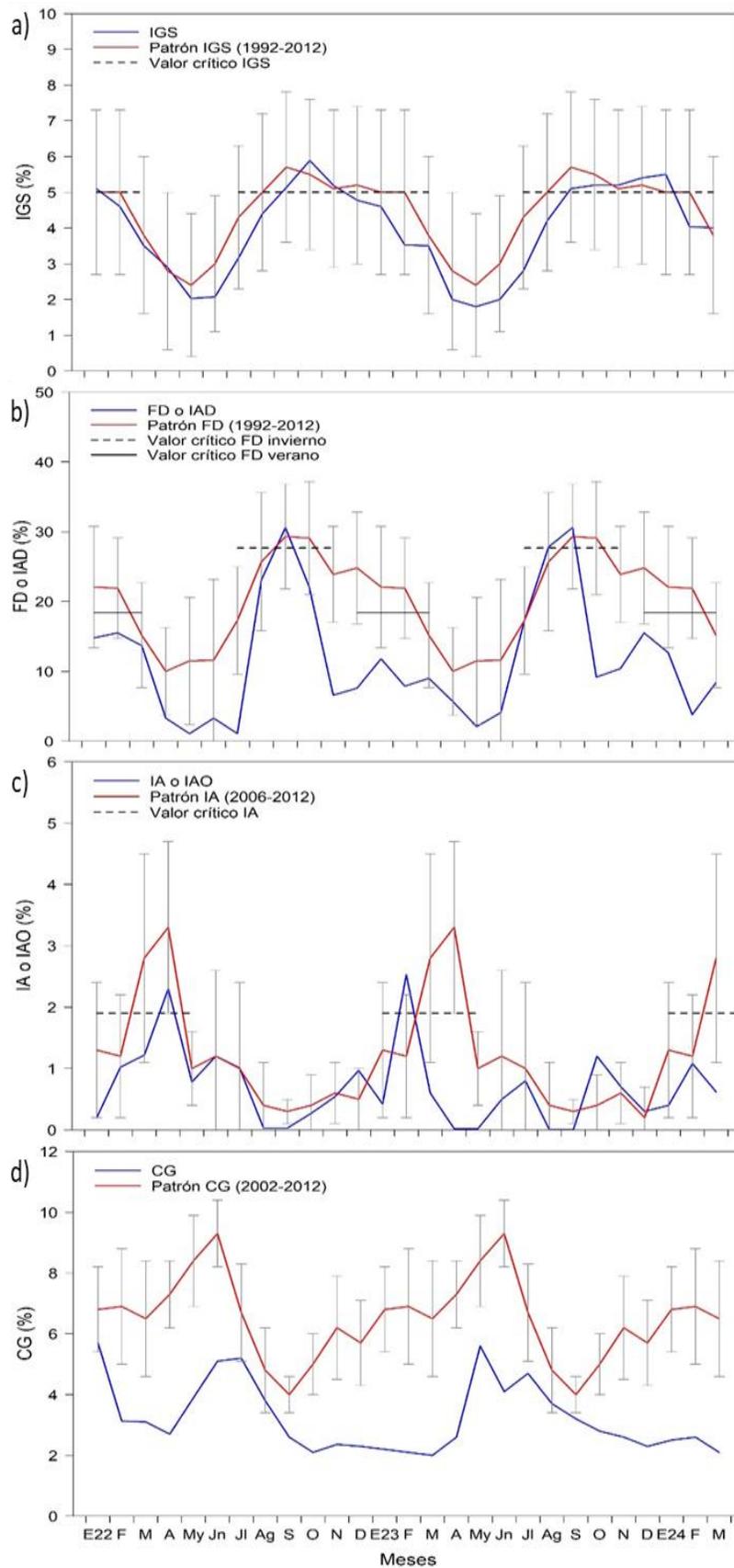


Figura 35. Indicadores reproductivos a) Índice gonadosomático, b) Fracción desovante, c) Índice de atresia de la anchoveta e indicador somático d) Contenido graso. Periodo enero 2022 a febrero 2024.

En el caso de las especies transzonales jurel (*Trachurus murphyi*), caballa (*Scomber japonicus peruanus*), bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*) y de la fauna panameña sierra (*Scomberomorus sierra*), han mantenido similar distribución que el mes anterior; sin embargo, el pez oceánico perico (*Coryphaena hippurus*) registró un alejamiento de costa y por lo tanto una menor accesibilidad a la pesca (Figura 36).

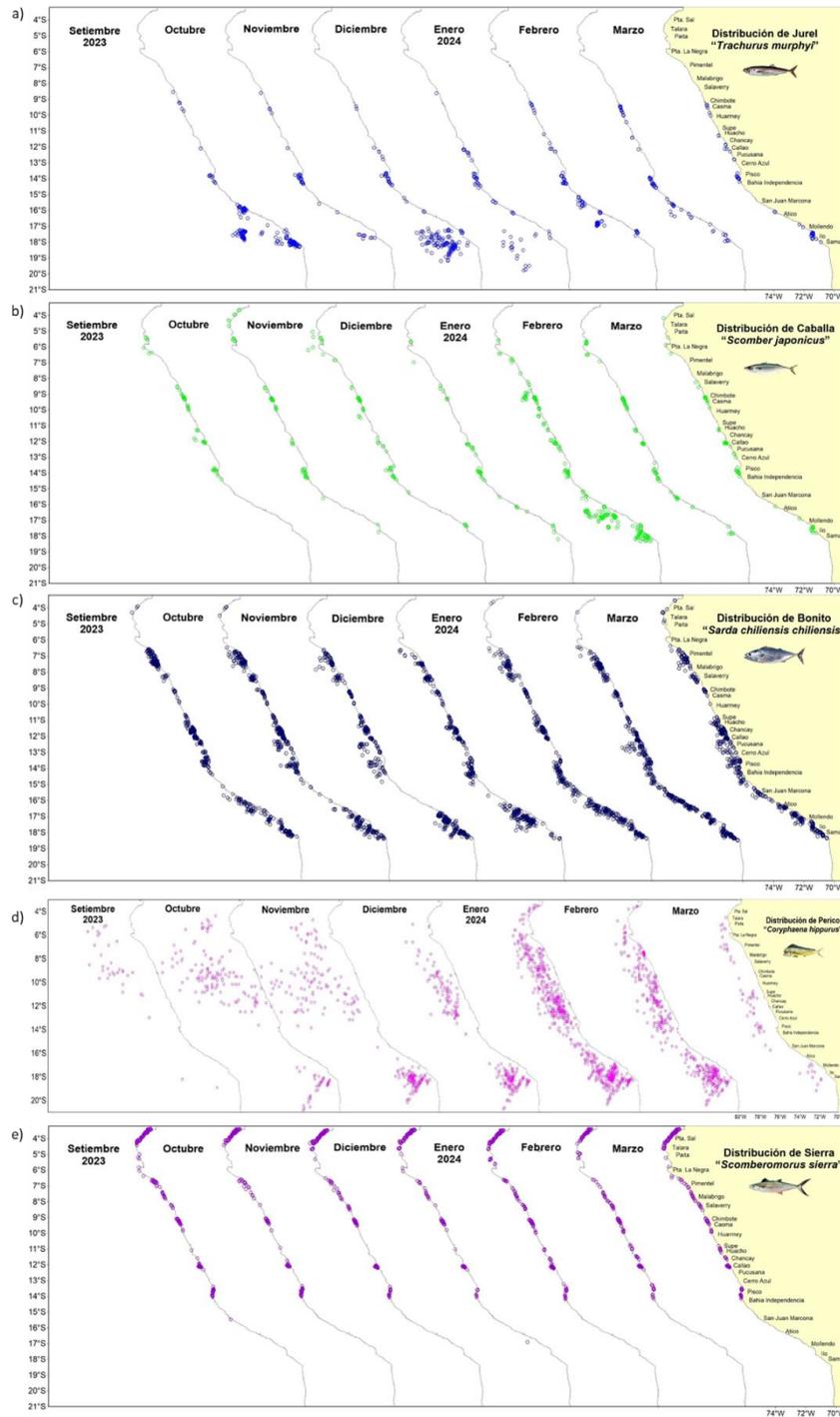


Figura 36. Distribución de recursos transzonales a) jurel, b) caballa, c) bonito, oceánico d) perico y norteño e) sierra durante setiembre 2023 – marzo 2024.

Respecto a los recursos demersales, durante marzo, la actividad de la flota industrial arrastrera se desarrolló principalmente desde el extremo norte del litoral peruano hasta Paita. Durante ese periodo, los valores más altos de Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) se encontraron entre los 3°30' S y 5° S, por lo que se podría inferir una mayor concentración del recurso en esas latitudes (Figura 37). No obstante, los valores de la CPUE fueron menores a los registrados en febrero y enero (Figura 38). Además, se observó que se mantuvo la presencia de ejemplares de menor tamaño, los cuales aún se encuentran desde el extremo norte hasta los 5° S y se mantuvo baja la presencia de individuos de tallas mayores que se dio debido al calentamiento de inicios del año. Sin embargo, se esperaría que el enfriamiento conlleve a un incremento en la disponibilidad de individuos de tallas mayores como lo observado durante el mes de noviembre 2023 (Figura 39).

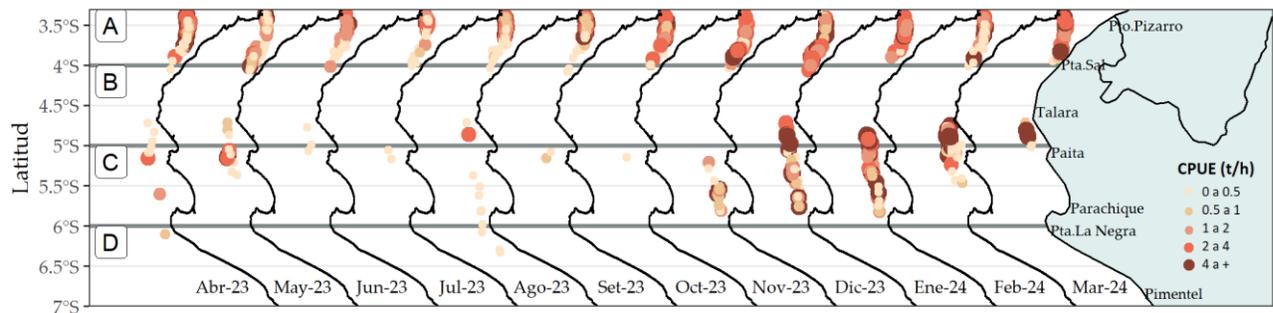


Figura 37. Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE en th-1) por lance de pesca entre los meses de abril 2023 a marzo de 2024 (de izquierda a derecha) de la flota industrial de arrastre de merluza.

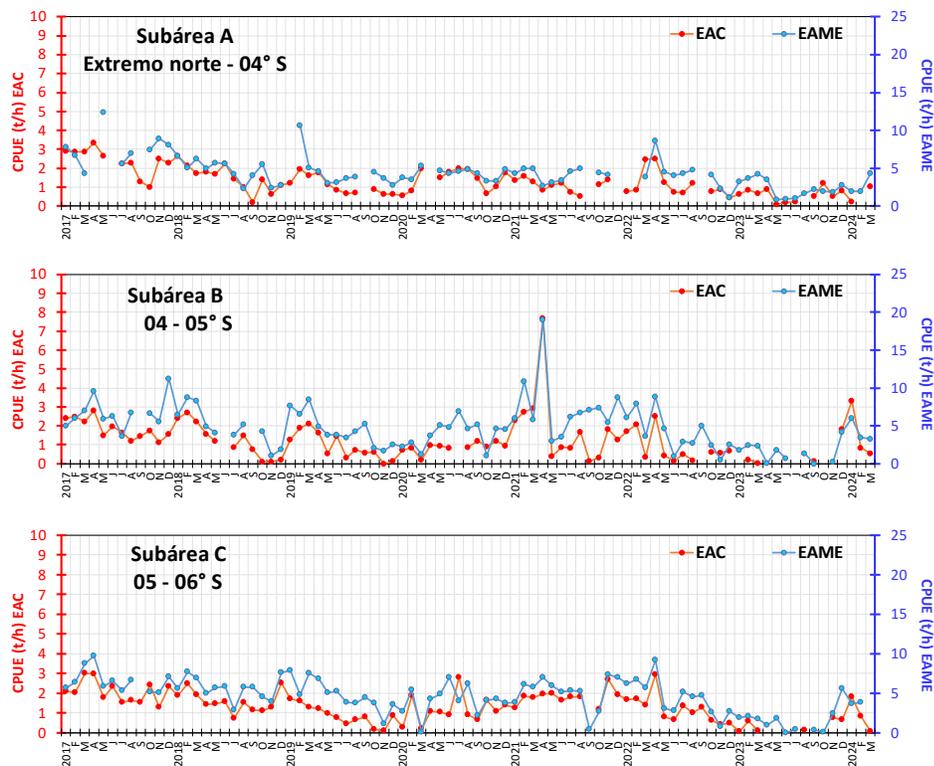


Figura 38. CPUE mensual (t/h) por subárea de pesca y tipo de embarcación de la flota industrial de arrastre de merluza.

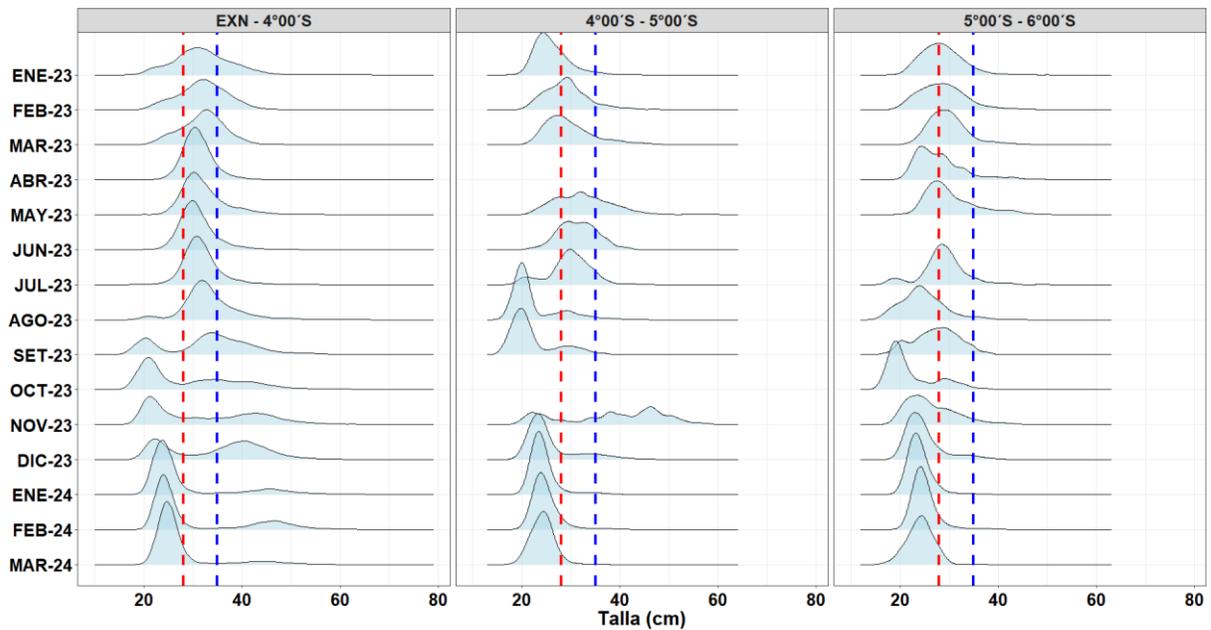


Figura 39. Distribución de tallas de merluza por subárea (latitud) de enero 2023 a marzo 2024, capturada por la flota industrial de arrastre

Para los recursos invertebrados, se observó la disminución de los desembarques de calamar gigante, pulpo (*Octopus mimus*), concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) y langostino café (*Penaeus californiensis*), mientras que, el calamar común (*Doryteuthis gahi*) mostró incremento de sus desembarques. El calamar gigante se distribuyó entre Paita y Morro Sama, desde las 10 mn hasta las 140 mn de la costa, registrando la mayor concentración entre el sur de Punta La Negra y Salaverry (Figura 42).

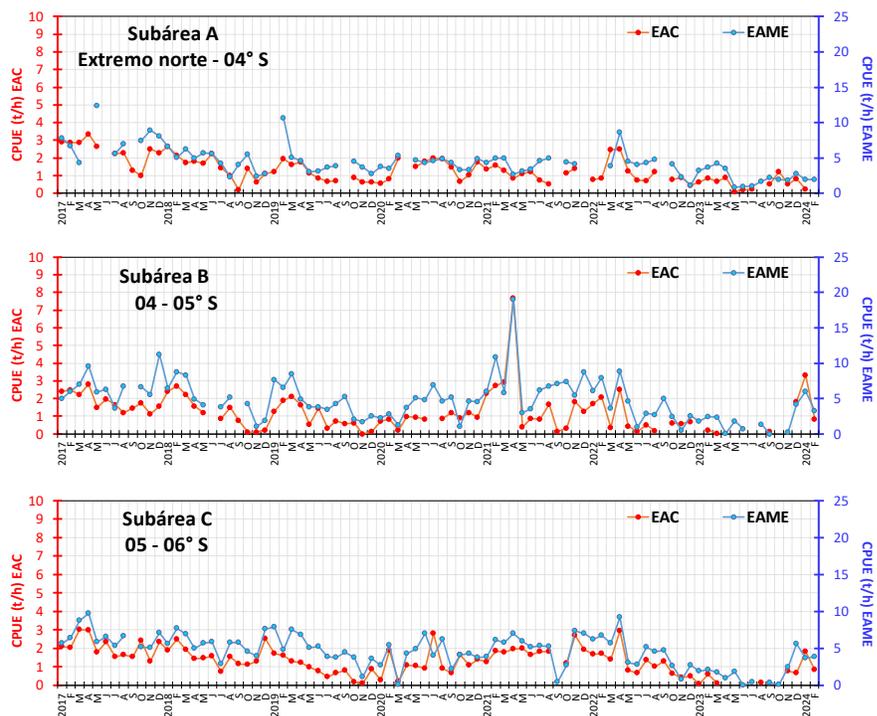


Figura 40. CPUE mensual (t/h) por subárea de pesca y tipo de embarcación de la flota industrial de arrastre de merluza

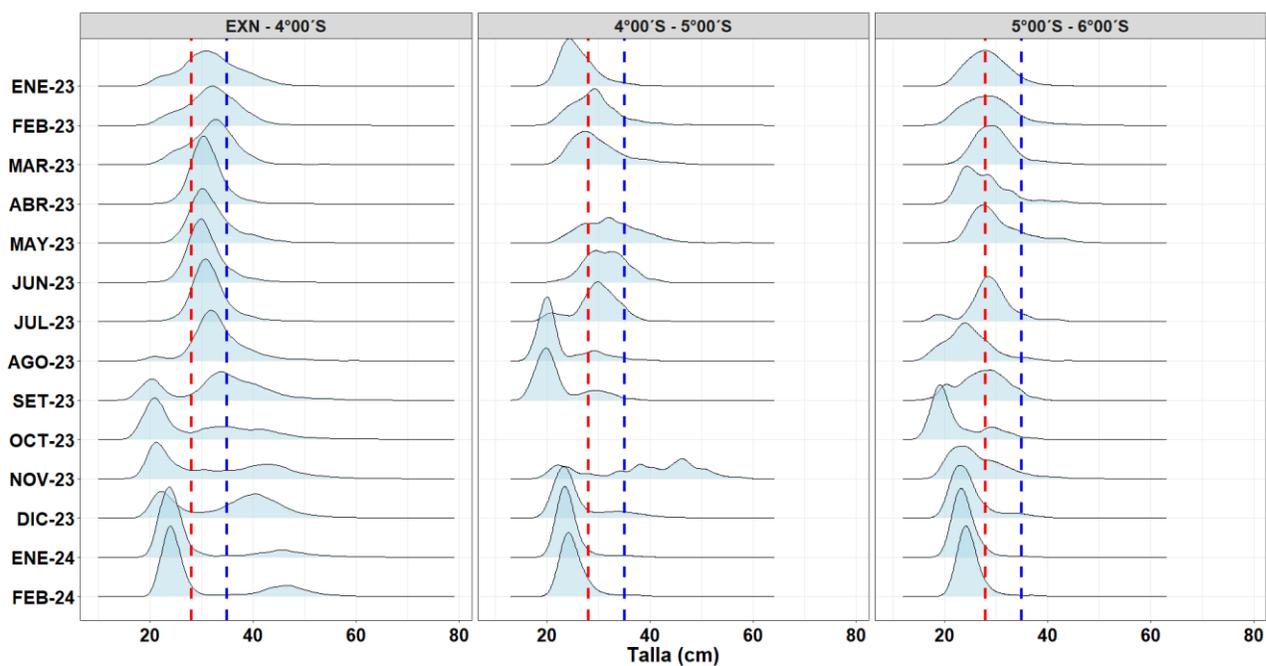


Figura 41. Distribución de tallas de merluza por subárea (latitud) de enero 2023 al 26 de febrero 2024, capturada por la flota industrial de arrastre.

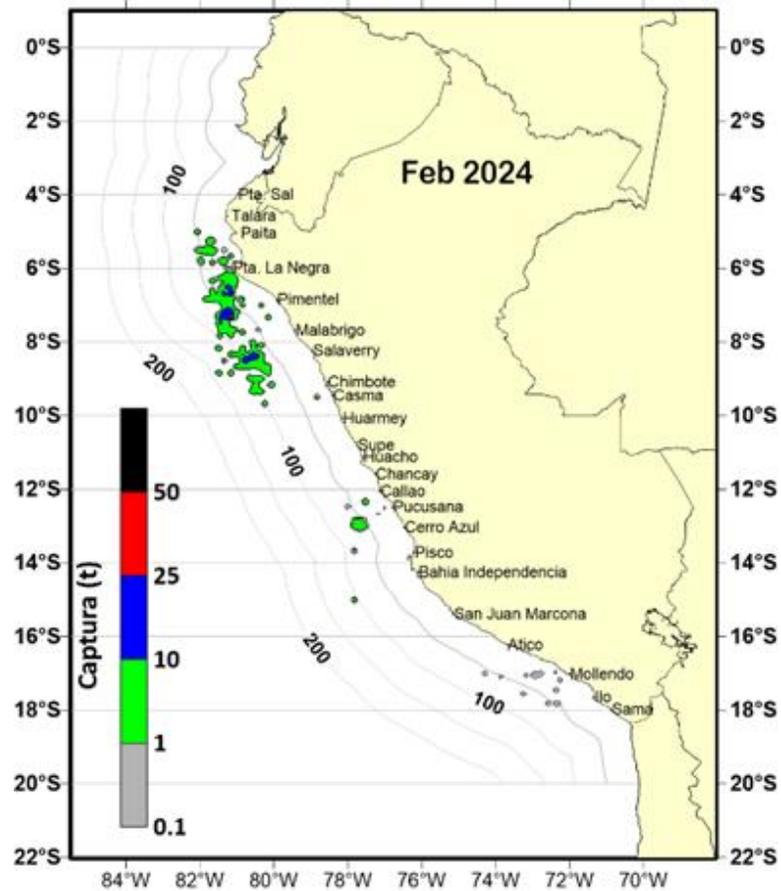


Figura 42. Distribución de la flota artesanal del calamar gigante *Dosidicus gigas*, primera quincena de febrero 2024.

3.4. Condiciones hidrológicas

Para el mes de marzo y los dos primeros días del mes de marzo del 2024 los ríos de la vertiente del pacifico norte y parte de los ríos del pacifico centro, de Tumbes hasta el río Mala, sus caudales estuvieron con caudales por debajo de lo normal, y los ríos desde Cañete (al sur de Lima) a Caplina (Tacna), los caudales estuvieron notoriamente sobre lo normal. En los ríos de la vertiente del Amazonas, incluida los ríos navegables, predominan condiciones normales, en su gran mayoría, pero el río Pampas y el río Marañón se observaron por debajo de lo normal de forma continua. Los ríos de la vertiente del Titicaca tienen condiciones notoriamente sobre lo normal, contrariamente, pero de otro lado se sigue observándose en el lago Titicaca un incremento de sus niveles, pero se nota una tendencia de niveles menores del año pasado, que manifiesta los niveles más bajos registrados desde el año 80 (Tabla 5)

Tabla 5. Caudales de los principales ríos del país al 02 de abril del 2024

Zona	Ríos	Pentadarios (m3/s)						Prom (m3/s)	Anom (%)	Condición	Fuente	
		Mar - 2024					Abr -2024					
Pacífico Norte	Tumbes Cabo Inga	367.7	204.4	131.6	100.7	122.9	91.2	110.2	161.3	-37.2	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
	Tumbes El Tigre	444.8	293.1	171.6	119.4	158.7	98.6	79.9	195.2	-32.6	Ligeramente por debajo de lo normal	PEBPT
	Chira (ardilla)	462.4	189.5	140.8	95.5	179.7	83.3		191.9	6.3	Normal	PECHP
	Chira (Puente Sualana)	304.0	93.0	43.0	20.0	13.0	12.5	8.0	70.5	-17.8	Ligeramente por debajo de lo normal	PECHP
	Piura	179.0	98.0	50.8	22.8	41.0	13.0		67.4	-1.1	Normal	JUJSL
	Quiroz	92.8	47.1	52.8	26.3	51.7	23.9	22.7	45.3	-10.8	Ligeramente por debajo de lo normal	PECHP
	Motupe	1.9	1.8	1.4	1.0	1.2	1.1		1.4	-18.9	Ligeramente por debajo de lo normal	JU SHM Motupe - Clase B

Zona	Ríos	Pentadiarios (m3/s)						Prom	Anom	Condición	Fuente	
	La Leche	13.8	5.8	8.0	4.9	11.9	5.5		8.3	-36.2	Ligeramente por debajo de lo normal	JUDR-LA LECHE
	Chancay Lambayeque	82.9	67.1	40.8	29.8	29.4	22.2	25.4	42.5	-46.4	Ligeramente por debajo de lo normal	PEOT
	Zaña	8.0	8.5	7.3	6.5	6.5	6.0	4.8	6.8	-46.4	Ligeramente por debajo de lo normal	JU ZAÑA
	Jequetepeque	75.1	56.3	38.3	30.8	32.7	22.6	10.5	38.1	-56.4	Significativamente por debajo de lo normal	PEJEZA
	Chicama (Salinar)	59.3	46.4	32.2	29.6	34.2	20.6	16.8	34.2	-60.6	Significativamente por debajo de lo normal	PECHAVIMOCHIC
	Chicama (Tambo)	52.0	44.0	30.2	26.7	37.5	21.2	18.1	32.8	-40.6	Ligeramente por debajo de lo normal	PECHAVIMOCHIC
	Moche	4.9	6.8	6.1	4.8	7.8	3.6		5.7	-71.3	Significativamente por debajo de lo normal	PECHAVIMOCHIC
	Santa	510.8	391.9	259.0	326.4	655.1	372.2		419.2	38.5	Ligeramente sobre lo normal	PECHAVIMOCHIC
Pacífico Centro	Pativilca	57.0	44.8	73.8	87.8	71.7	50.3		64.2	-16.2	Ligeramente por debajo de lo normal	STATKRAFT PERU S.A.
	Huaura	49.6	40.6	34.5	31.8	45.3	45.9	33.4	40.2	-12.9	Normal	SENAMHI
	Huaral	40.3	28.5	23.2	21.8	30.6	36.0	26.2	29.5	-14.7	Normal	SENAMHI
	Chillon	15.0	8.6	5.4	7.3	11.0	11.9	9.9	9.9	-22.3	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
	Rimac	55.1	40.4	39.6	39.7	51.5	53.4	51.0	47.2	-20.1	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
	Lurin	15.3	11.6	11.1	11.2	13.7	13.4	12.6	12.7	-30.0	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
	Mala	77.9	42.4	31.6	44.2	68.8	60.0		54.2	28.2	Ligeramente sobre lo normal	JUSDR MALA
	Cañete	236.9	147.6	104.0	108.8	127.3	127.5	107.6	137.1	8.6	Normal	JU CAÑETE
	San Juan	192.6	164.6	133.2	108.6	104.7	85.8		131.6	114.5	Significativamente sobre lo normal	JU SAN JUAN
Pisco	180.5	106.6	61.5	57.9	69.3	82.3	74.1	90.3	75.7	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI	
Pacífico Sur	Ica	82.1	61.3	51.1	30.1	28.8	32.9	16.0	43.2	116.4	Significativamente sobre lo normal	JU LA ACHIRANA
	Acari	109.0	99.0	87.7	51.1	41.7	61.7	30.0	68.6	-54.4	Significativamente por debajo de lo normal	JU BELLA UNIÓN
	Yauca	57.7	45.7	36.0	56.1	33.6	39.9	26.5	42.2	-17.8	Ligeramente por debajo de lo normal	JU YAUCA
	Ocoña	730.9	717.0	626.3	666.1	662.3	429.2	371.0	257.6	150.8	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Camana	246.0	337.2	290.3	301.4	175.0	184.5	142.3	239.5	39.2	Ligeramente sobre lo normal	SENAMHI
	Socabaya	6.2	8.5	3.7	5.6	3.0	3.4	1.9	4.6	61.8	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Huacacane	3.0	1.7	1.7	1.2	0.7	0.6		1.5	48.6	Ligeramente sobre lo normal	ANA
	Torata	1.9	3.9	3.8	3.6				3.3	67.5	Significativamente sobre lo normal	ANA
	Tumilaca	3.4	3.3	3.0	2.5	2.6	2.5		2.9	30.6	Ligeramente sobre lo normal	ANA
	Locumba	3.2	3.5	3.4	3.1	2.9	2.9	2.9	3.1	7.2	Normal	PET
Sama	0.7	0.7	0.7	1.0	4.3	9.0	16.1	4.7	147.2	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI	
Caplina	0.8	0.8	1.2	2.3	2.2	1.4	1.3	1.4	73.2	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI	
Marañón	Marañón (Coral Quemado)	1372.3	1286.2	972.2	743.1	934.5	1001.3	765.1	1010.7	-32.2	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
	Marañón (Cumba)	1569.9	1509.8	1034.8	818.0	1040.0	1191.2	891.5	1150.7	-2.8	Normal	SENAMHI
	Crisnejas (Puente)	97.1	103.4	51.3	34.4	62.1	31.4	33.4	59.0	-37.3	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
	Crisnejas (Jesus Tunel)	13.9	12.6	5.7	4.3	5.2	2.8	2.7	6.7	-56.8	Significativamente por debajo de lo normal	SENAMHI
Rios Navegables Norte	Amazonas (Tanshiyacu)	35306.9	34939.5	36334.8	37319.0	37858.1	37721.5	37241.2	36674.5	-8.0	Normal	SENAMHI
Sisa	73.8	33.6	42.5	24.9	68.1	118.4	36.7	56.9	25.0	Ligeramente sobre lo normal	JU HUALLAGA CENTRAL	
Huallaga	Huallaga (Huayabamba)	2976.4	2538.0	2094.6	1748.5	1870.2	1752.5	1863.2	2120.5	74.4	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Tocache	2387.6	2481.7	1512.4	1355.8	1709.5	1559.8	1394.9	1771.7	-14.8	Normal	SENAMHI
	Huallaga (Tingo Maria)	897.6	870.5	698.2	669.0	736.4	793.5	701.4	766.7	-3.5	Normal	SENAMHI
	Huallaga (Taruca)	212.6	189.6	143.4	132.2	156.0	204.2	162.4	171.5	-2.5	Normal	SENAMHI
Rios Navegables Centro	Ucayali (msnm)	147.1	147.1	146.9	146.5	146.4	146.5		146.7	-1.2	Normal	DTAGRU
Mantaro	Mantaro (Pongor)	1499.2	1116.7	673.2	575.4	735.5	1166.3	1010.4	968.1	76.5	Significativamente sobre lo normal	KALLPA GENERACIÓN
	Mantaro (La Mejorada)	929.5	739.1	424.7	369.6	499.2	747.2	601.3	615.8	58.2	Significativamente sobre lo normal	ELECTROPERU
	Mantaro (Stuart)	273.7	223.7	160.1	150.7	196.2	261.7	203.9	210.0	17.3	Ligeramente sobre lo normal	ELECTROPERU
	Mantaro (Chulec)	220.1	200.7	154.2	138.6	171.9	223.7	158.6	181.1	46.0	Ligeramente sobre lo normal	ELECTROPERU
Pampas	Pampas	291.0	268.3	229.2	209.9	227.9	267.3	226.1	245.7	-55.6	Significativamente por debajo de lo normal	SENAMHI
Apurímac	Antabamba	277.1	223.3	193.9	168.5	160.3	166.2	128.8	188.3	6.6	Normal	SENAMHI
Urubamba	Urubamba (Km 105)	297.5	299.8	233.4	318.7	239.1	205.3	300.1	270.5	-1.9	Normal	EGEMSA
	Paucartambo	75.9	64.2	66.1	91.3	72.1	80.9	85.6	76.6	-11.1	Normal	SENAMHI
	Pisac	193.7	185.1	165.2	198.5	160.8	173.6	197.8	182.1	4.9	Normal	SENAMHI
	Chilca	201.2	200.2	169.1	205.2	175.7	189.6	226.9	195.4	-5.2	Normal	SENAMHI
Rios Navegables Sur	Madre de Dios	12451.3	8607.4	7317.1	8125.0	9978.9	7775.2	6876.9	8733.1	11.8	Normal	ANA
Titicaca	Huancane	69.7	87.8	113.8	103.8	64.2	23.6	28.2	70.1	86.7	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Ramis	354.4	363.7	287.4	283.2	274.5	160.5	153.5	268.2	56.2	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Ilave	127.6	123.4	120.7	278.1	173.0	93.8	138.4	150.7	236.4	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Coata	193.4	244.8	188.1	215.6	112.0	61.1	66.6	154.5	114.2	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI

Fuente: SENAMHI, Juntas de Usuarios y Proyectos Especiales / Elaborado: ANA

Los principales embalses del país, al 02/04/2024 se encuentran al 81.4 % de la capacidad hidráulica nacional, cabe mencionar que los embalses en su gran mayoría han incrementado sus volúmenes almacenados, especialmente en el pacífico sur y sierra, desde Condoroma en Arequipa a Paucarani en Tacna. De otro lado, en la sierra central, tanto el Lago Junín y el embalse Choquesera se han llenado al 100 %, como también los embalses del sistema de Chili Regulado se encuentra muy cercano a su capacidad y la presa Jarumas ya se encuentra al 100 % de su capacidad, pero de otro lado se debe de mencionar que las represas de Tinajones y Gallito Ciego, que tienen una tendencia descendente, muy pronunciados, puesto que para época la tendencia

debería ser ascendentes (**Tabla 6**).

Tabla 6. Estado situacional de los reservorios al 02 de abril del 2024

Zona	Reservorio	Fecha Reporte	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm ³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil	Almacenada	
Costa - Norte	Poechos	2-Abr	Piura	445.5	295.2	66.3
	San Lorenzo	2-Abr	Piura	195.6	193.1	98.7
	Tinajones	2-Abr	Lambayeque	331.6	135.8	41.0
	Gallito Ciego	2-Abr	La Libertad	366.1	263.2	71.9
	SUB TOTAL			1338.7	887.3	66.3
Costa - Centro	Vícongá	2-Abr	Lima	30.0	15.6	52.0
	Sistema Rímac	31-Mar	Lima, Junin	282.4	277.5	98.3
	Choclococha	2-Abr	Ica	131.1	91.1	69.5
	Ccaracocha	2-Abr	Ica	40.0	30.6	76.5
	SUB TOTAL			483.5	414.8	85.8
Costa - Sur	Condorama	2-Abr	Arequipa	259.0	259.0	100.0
	El Pañe	2-Abr	Arequipa	99.6	99.6	100.0
	Dique Los Españoles	2-Abr	Arequipa	9.1	9.1	100.0
	Pillones	2-Abr	Arequipa	78.5	78.2	99.6
	El Frayle	2-Abr	Arequipa	127.2	127.2	100.0
	Aguada Blanca	2-Abr	Arequipa	30.4	22.5	73.9
	Chalhuanca	2-Abr	Arequipa	25.0	26.5	100.0
	Bamputañe	2-Abr	Arequipa	40.0	34.2	85.5
	Pasto Grande	2-Abr	Moquegua	200.0	171.3	85.7
	Paucarani	2-Abr	Tacna	10.5	9.5	90.5
	Laguna Aricota	2-Abr	Tacna	280.0	215.2	76.9
	Jarumas	2-Abr	Tacna	13.0	13.0	100.0
	SUB TOTAL			1172.4	1065.3	90.9
Sierra - Centro	Cuchoquesera	2-Abr	Ayacucho	80.0	80.0	100.0
	Lago Junin	2-Abr	Junin	314.7	314.7	100.0
	SUB TOTAL			394.7	394.7	100.0
Sierra - Sur	Lagunillas	2-Abr	Puno	585.1	484.5	82.8
	Sibinacocha	2-Abr	Cusco	110.0	81.20	73.8
	SUB TOTAL			695.1	565.7	81.4
Situación Nacional	Situación Nacional		-	4,084.4	3,327.8	81.5

Fuente: Proyectos Especiales y operadores hidráulicos / Elaborado: ANA

3.5. Condiciones agrometeorológicas

En las zonas productoras de mango de la costa norte, las temperaturas máximas cálidas y mínimas entre ligeramente cálidas y normales, promovieron el brotamiento vegetativo de las plantaciones para el inicio de la campaña 2024-2025. Para el cultivo de arroz de Lambayeque (valles La Leche, Chancay-Lambayeque y Zaña), las temperaturas máximas ligeramente cálidas y mínimas normales, fueron favorables para las fases reproductivas de los arrozales; asimismo, en La Libertad (valle Jequetepeque), las temperaturas máximas y mínimas normales favorecieron la maduración del grano y el inicio de las primeras cosechas. En la costa sur, La Yarada (Tacna), se inició las labores de cosecha de la aceituna negra de manera adelantada, observándose menor volumen de producción y con baja calidad, debido a las temperaturas cálidas reportadas durante la campaña 2023/2024. (**Figura 43**).

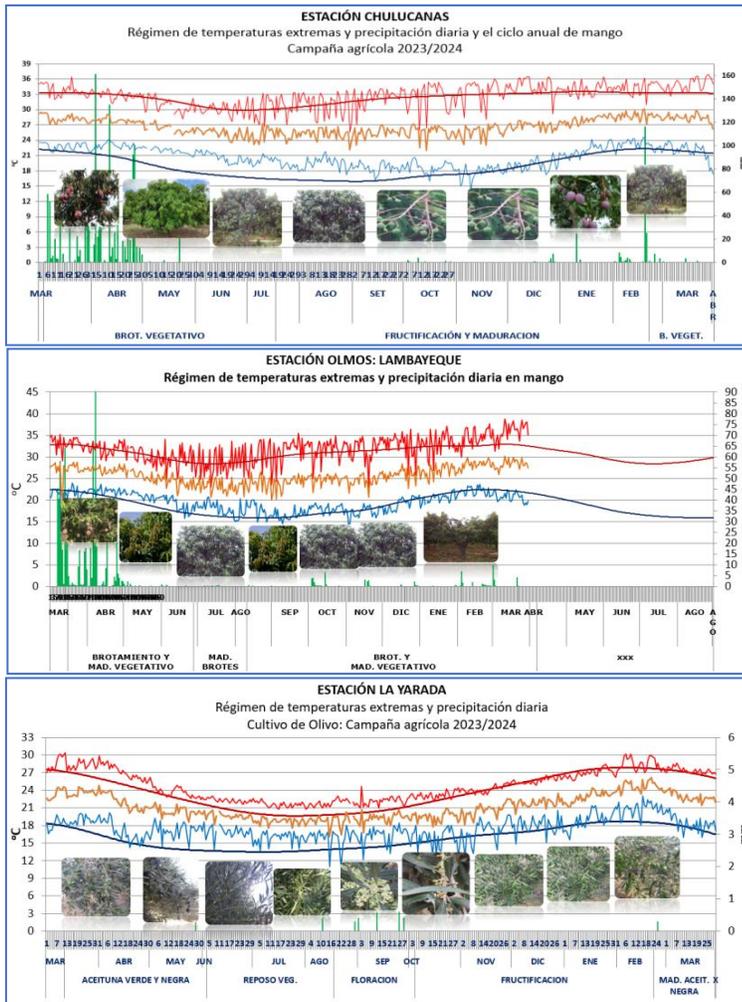


Figura 43. Monitoreo agrometeorológico del mango, arroz y olivo campañas agrícolas 2023/2024. Fuente: SENAMHI

IV. PERSPECTIVAS

El modelo de IA del IGP, con condiciones iniciales de marzo indica que la probabilidad de que el índice E, relacionado a El Niño en la región oriental del Pacífico (Niño E), mantiene la tendencia a disminuir, siendo julio y agosto los meses con los máximos valores negativos. Luego hay una tendencia positiva hasta marzo de 2025, pero manteniéndose en el rango negativo. Por lo pronto, no existe probabilidad de que el próximo año se desarrolle un evento Niño E fuerte. De la misma forma, el índice C, relacionado a El Niño en el Pacífico central (Niño C), muestra una tendencia a decaer con sus máximos valores negativos en la primavera de 2024 y verano de 2025 (**Figura 44**).

Los pronósticos de los modelos climáticos del NMME (CFSv2, CanCM4i-IC3, GEM5-NEMO, NASA-GEOSS2S, GFDL_SPEAR, COLA-RSMAS-CCSM4, COLA-RSMAS-CESM1), con condiciones iniciales de marzo de 2024, para el Pacífico central (Niño 3.4), indican en promedio, la condición cálida débil para abril de 2024, en el mes de mayo la categoría sería neutra, finalmente, entre los meses de junio y enero de 2025 se esperarían condiciones de frías débiles a frías fuertes (Tabla 7)

Tabla 7 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	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF
CFS2	0.50	-0.02	-0.60	-1.00	-1.28	-1.50	-1.69	-1.74	-----	-----
CanCM4i	0.52	-0.01	-0.59	-1.11	-1.50	-1.75	-1.86	-1.96	-1.91	-1.76
GEM5_NEMO	0.32	-0.38	-0.92	-1.17	-1.24	-1.27	-1.36	-1.43	-1.40	-1.30
NASA	0.56	-0.12	-0.79	-1.33	-1.70	-1.98	-2.23	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	0.79	0.34	-0.10	-0.35	-0.46	-0.52	-0.65	-0.81	-0.88	-0.73
COLA-CCSM4	0.46	-0.17	-0.86	-1.49	-1.93	-2.21	-2.42	-2.54	-2.51	-2.23
COLA_CESM	0.57	0.04	-0.63	-1.29	-1.79	-2.00	-2.06	-2.02	-1.90	-1.70
Promedio										
NMME	0.53	-0.05	-0.64	-1.11	-1.41	-1.60	-1.75	-1.75	-1.72	-1.54

La reciente publicación (23 marzo - 01 de abril) del modelo CFSv2, indica la condición neutra para mayo, condiciones de frías débiles a frías fuertes entre los meses de junio y noviembre (Figura 44. Pronóstico de la media móvil de la anomalía de TSM del modelo CFSv2, para la región Niño 3.4).

Figura 44. Pronóstico del índice E (Takahashi et al., 2011) a doce meses basado en un modelo de inteligencia artificial (Rivera Tello et al., 2023) para el pronóstico de El Niño extremo. (a) Muestra la evolución del índice E, representado con una línea gruesa de color negro, desde setiembre de 2023 a marzo de 2024; el conjunto de líneas entrecortadas de colores indica el pronóstico del índice E desde abril de 2024 a marzo de 2025. (b) Es lo mismo que (a) pero para el índice C (Takahashi et al., 2011). Desde (c) a (n), se muestra la “Explicabilidad” (explainability) de cuatro variables, en anomalías, usadas para el pronóstico: temperatura superficial del mar (primera fila), nivel del mar (segunda fila), viento zonal (tercera fila) y viento meridional (cuarta fila). Estas variables se obtienen de distintos meses: diciembre (primera columna), enero (segunda columna) y febrero (tercera columna). Los contornos rojos (morados) de estos paneles indican regiones que favorecen (desfavorecen) al pronóstico de El Niño extremo.

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME, indican en promedio, las condiciones neutras entre los meses de abril y junio, para los meses de julio y setiembre las condiciones serían frías débiles, finalmente entre octubre y enero de 2025 se esperaría condiciones normales, sin embargo, los índices aún indican valores negativos (Tabla 8.)

Tabla 8. Pronóstico del ICEN por los modelos de NMME (promedios trimestrales de los pronósticos de las anomalías de la TSM en la región Niño 1+2). Fuente: IGP

Modelo	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF
CFS2	-0.36	-1.03	-1.32	-1.29	-1.11	-0.81	-0.63	-0.65	-----	-----
CanCM4i	-0.01	-0.42	-0.69	-0.84	-0.89	-0.87	-0.77	-0.69	-0.58	-0.49
GEM5_NEMO	0.39	0.02	-0.17	-0.30	-0.41	-0.54	-0.59	-0.63	-0.56	-0.43
NASA	-1.14	-1.85	-1.92	-1.78	-1.54	-1.37	-1.33	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	0.23	-0.42	-0.89	-1.11	-1.16	-0.99	-0.80	-0.56	-0.36	-0.09
COLA_CCSM4	-0.22	-0.60	-0.97	-1.42	-1.71	-1.75	-1.68	-1.64	-1.54	-1.26
COLA_CESM	-0.20	-0.61	-0.79	-0.90	-0.90	-0.73	-0.58	-0.54	-0.56	-0.52
Promedio										
NMME	-0.19	-0.70	-0.96	-1.09	-1.10	-1.01	-0.91	-0.79	-0.72	-0.56

La reciente publicación del modelo CFSv2, indica condiciones de frías débiles a frías fuertes entre los meses de mayo y julio, de agosto a noviembre las condiciones serían de frías fuertes a frías débiles (Figura 45).

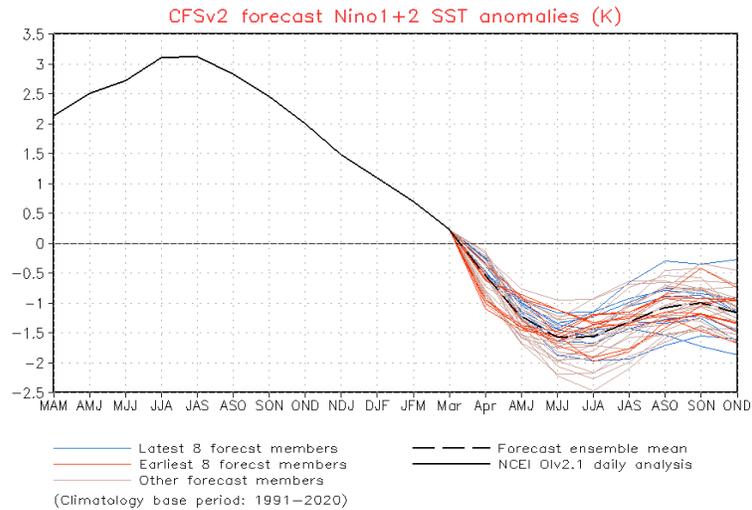


Figura 45. Pronóstico de la media móvil de la anomalía de TSM del modelo CFSv2, para la región Niño 1+2

Analizando la la información de altimetría satelital (Figura 2c) y profundidad de termoclina (Figura 3b), la onda de Kelvin cálida observada en el Pacífico central arribaría, de mantener su energía, en esta semana; mientras que el paquete de ondas de kelvin frías debe arribar, de mantener su energía, en mayo. La onda de Rossby cálida localizada en la zona oriental debe continuar su desplazamiento hacia el Pacífico central (Figura 3b). De reflejarse la onda de Rossby cálida, localizada en la zona occidental, en una onda de Kelvin cálida esta podría arribar, de mantener su energía, a la costa peruana a partir de junio o julio. En la profundidad de la termoclina, según lo observado a la fecha, se espera que el paquete de ondas de Kelvin frías continúe su presencia en la zona oriental, por lo pronto, hasta abril. Luego de una calma debería arribar un nuevo paquete de ondas de Kelvin frías a partir de fines de mayo.

El pronóstico del modelo de ondas del IGP —forzado para el diagnóstico tanto con vientos de ASCAT (Figura 46) como de NCEP (Figura 47), y luego con vientos igual a cero—, indica que en esta semana se tendría el ingreso de una onda de Kelvin cálida débil que se observaría principalmente por debajo de la superficie. Luego se pronostican ondas de Kelvin frías. Según la simulación con vientos pronosticados hasta 40 días de CFSv2 (Figura 48), se tendrían principalmente ondas de Kelvin frías, por lo pronto hasta julio. Hay que tener en cuenta que estos modelos no contienen el proceso de dispersión modal que aparentemente están influyendo a que las ondas de Kelvin cálidas están arribando a la costa peruana con poca intensidad. Asimismo, hay que considerar que los pronósticos de viento de CFSv2 cambian en intensidad, e incluso a veces en sus patrones espaciales, conforme se generan nuevos pronósticos.

La simulación del modelo de ondas aplicado por el IMARPE, forzada con anomalías del esfuerzo zonal de los vientos hasta el 29 de marzo 2024 y pronosticada con condiciones climatológicas de esfuerzo zonal de los vientos, indica que entre abril y mayo 2024 se espera la llegada a las costas Sudamericanas de tres ondas Kelvin (OKE) frías. En abril, se espera la llegada a Sudamérica de dos ondas Kelvin frías (modo 1 y modo 2), que fueron reforzadas por las anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial occidental y parte central durante fines de febrero e inicios de marzo 2024. En mayo, se espera la llegada a Sudamérica de otra onda Kelvin fría (modo 2), que también fue reforzada por la misma persistencia de las anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial occidental durante fines de febrero e inicios de marzo (Figura 49). El paso de estas ondas Kelvin frías contribuirán a somerizar la termoclina ecuatorial y frente a las costas de Sudamérica.

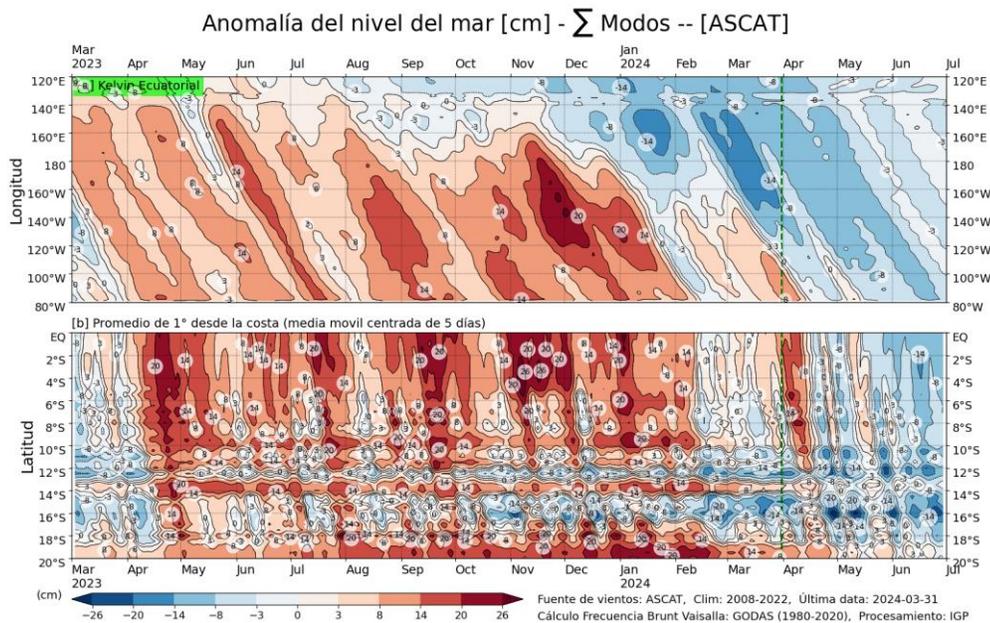


Figura 46. Simulación numérica de la anomalía del nivel del mar (cm) a lo largo de la franja ecuatorial del océano Pacífico (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Esta simulación se realizó con el modelo oceánico multimodal forzado con los vientos de ASCAT. La línea verde entrecortada indica el inicio de la simulación del pronóstico. Fuente: IGP.

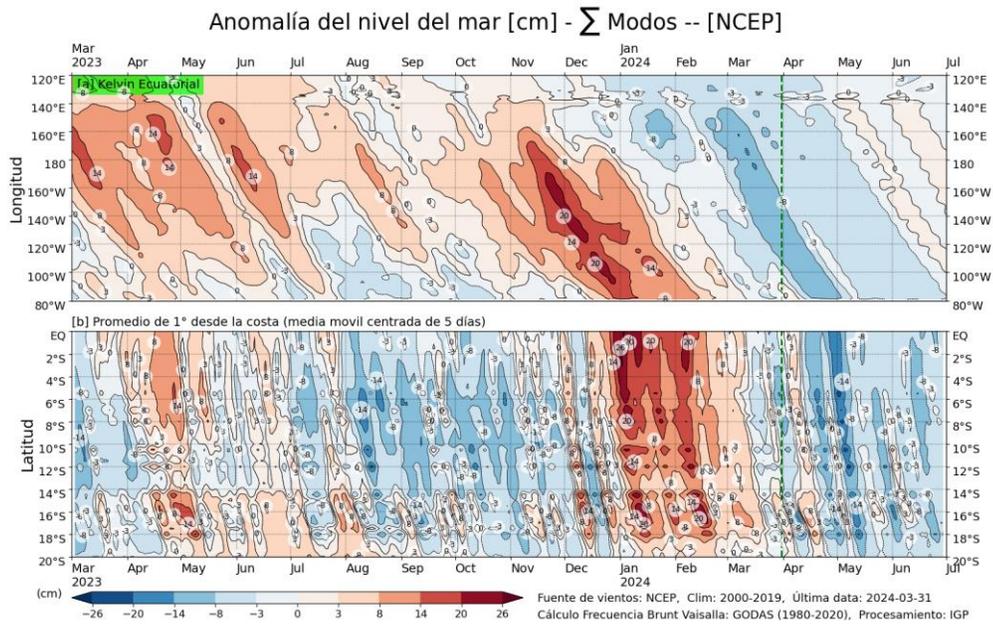


Figura 47. Igual que la Figura 5 pero el modelo es forzado con los vientos del reanálisis de NCEP. Fuente: IGP.

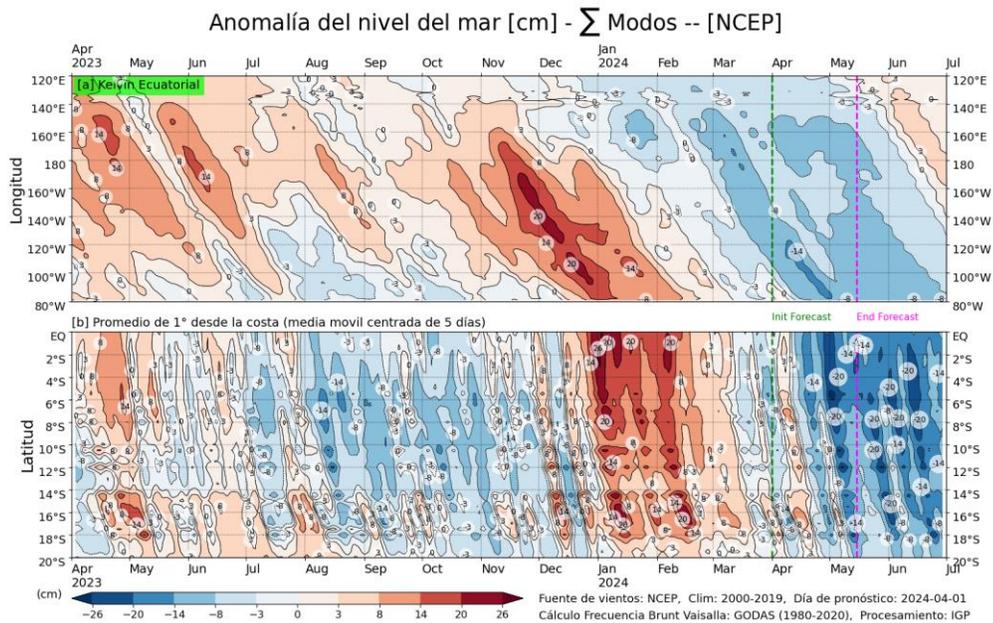


Figura 48. Igual que la Figura 6, pero para el pronóstico de los siguientes 42 días (entre la línea vertical verde y rosada) se usa la información de anomalías de vientos del modelo atmosférico CFSv2. Luego de la línea rosada, los vientos usados para el pronóstico fueron iguales a cero. Fuente: IGP denominada NCEP. Fuente: IGP

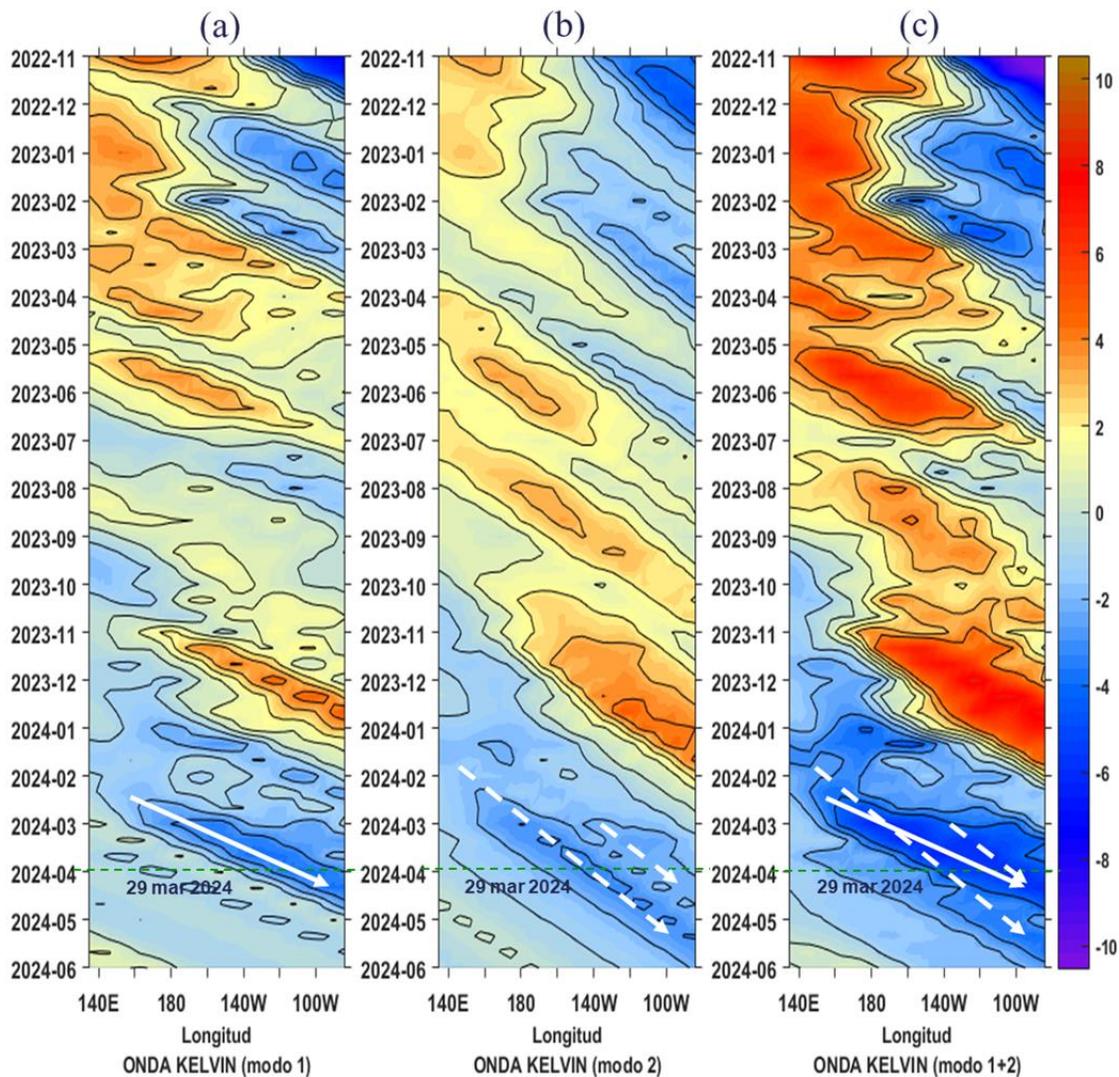


Figura 49. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1 (flechas con líneas continuas), (b) Modo 2 (flechas con líneas discontinuas), (c) Modos 1+2. Se presentan las ondas de hundimiento “cálidas” (flechas negras), y las ondas de afloramiento “frías” (flechas blancas). La línea discontinua horizontal, en verde, indica el inicio del pronóstico con el forzante de vientos climatológico. Fuente: IMARPE, forzado con anomalías del esfuerzo de vientos de NCEP. Procesamiento: LMOECC/AFIOF/DGIOCC/IMARPE

Conforme al juicio experto de la Comisión Multisectorial del ENFEN, basado en los datos observados, así como de los pronósticos de los modelos climáticos internacionales que se tienen hasta la fecha, para el Pacífico central, es más probable que las condiciones cálidas se mantengan hasta abril y luego cambien a condiciones neutras en mayo. Entre junio y octubre son más probables las condiciones frías (Tabla 9 y Figura 50).

Tabla 9. Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico central (región 3.4) entre abril y octubre 2024.

Pacífico central	Abril (%)	Mayo(%)	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)	Setiembre(%)	Octubre (%)
Fría fuerte	0	0	0	0	1	2	3
Fría moderada	0	0	8	12	14	17	19
Fría débil	0	14	43	48	50	48	48
Neutro	20	65	44	40	35	33	30
Cálida débil	70	20	5	0	0	0	0
Cálida moderada	10	1	0	0	0	0	0
Cálida fuerte	0	0	0	0	0	0	0
Cálida muy fuerte	0	0	0	0	0	0	0

Para la región Niño 1+2, son más probables las condiciones neutras hasta mayo, seguida de condiciones frías débiles entre junio y julio. A partir de agosto, y hasta octubre, las condiciones neutras son más probables (Tabla 10 y Figura 53).

Tabla 10. Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico oriental (región Niño 1+2) entre abril y octubre 2024.

Pacífico central	Abril (%)	Mayo(%)	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)	Setiembre(%)	Octubre (%)
Fría fuerte	0	0	1	1	0	0	0
Fría moderada	0	5	12	10	6	5	4
Fría débil	7	43	44	42	43	41	40
Neutro	80	51	43	47	51	53	55
Cálida débil	13	1	0	0	0	1	1
Cálida moderada	0	0	0	0	0	0	0
Cálida fuerte	0	0	0	0	0	0	0
Cálida extraordinaria	0	0	0	0	0	0	0

PROBABILIDADES MENSUALES DE LAS CONDICIONES CÁLIDAS, FRÍAS Y NEUTRAS

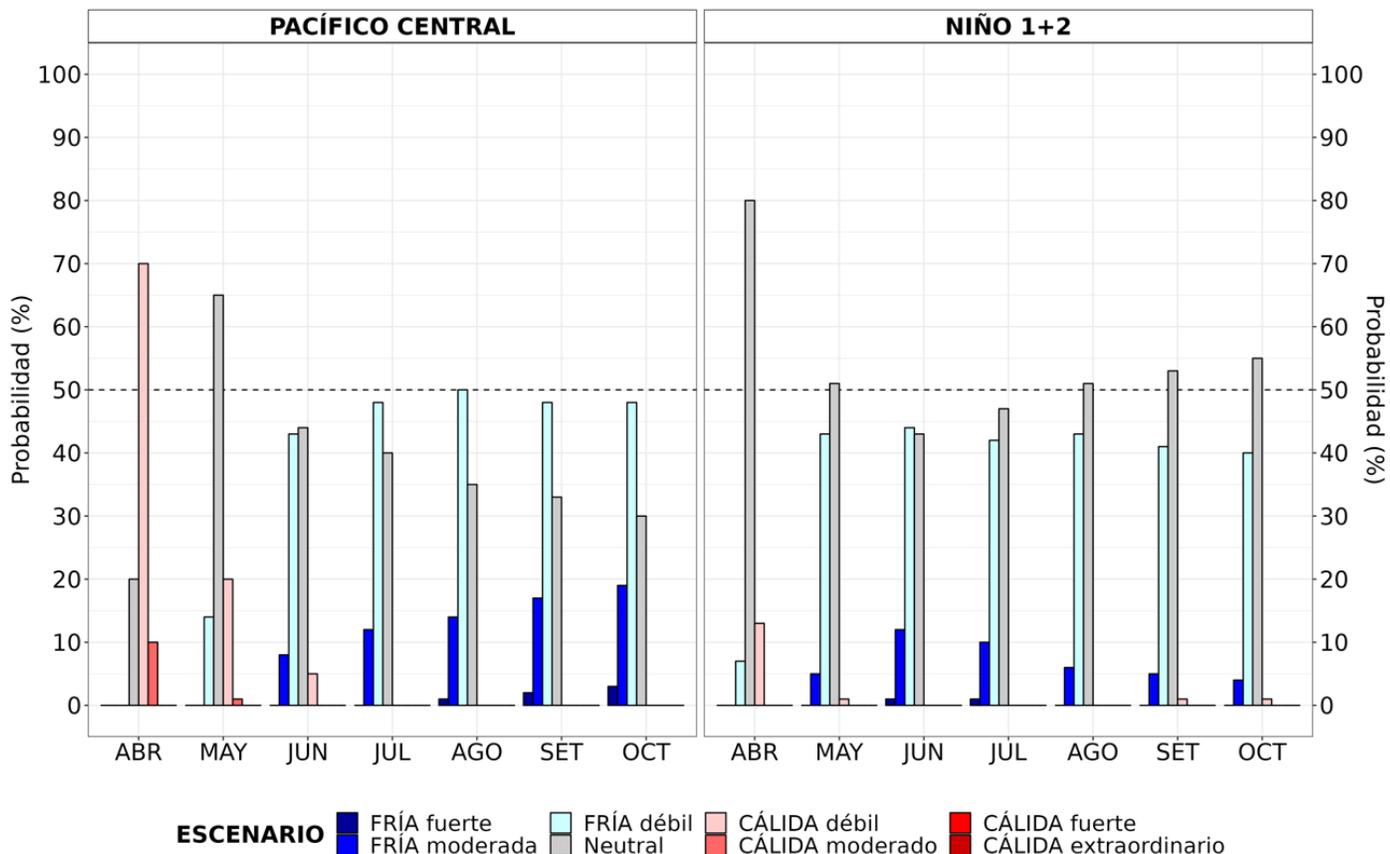


Figura 50. Probabilidades mensuales estimadas para condiciones cálidas, neutras y frías en el Pacífico central (región Niño 3.4, izquierda) y en el extremo del Pacífico oriental (región Niño 1+2, frente a la costa de Perú, derecha) entre abril y octubre 2024.

El pronóstico estacional abril-junio 2024³ indica valores de temperaturas del aire, en promedio, dentro de lo normal en la costa peruana. Por otro lado, es más probable que las lluvias en la costa y sierra norte registren valores entre normales e inferiores a lo normal; se debe tener en cuenta que en los próximos meses predominara el periodo de estiaje.

De acuerdo con el pronóstico hidrológico, entre abril y junio, en la Región Hidrográfica del Pacífico Norte, predominarían caudales en el rango normal a muy debajo de lo normal en los ríos Tumbes, Piura y Chira; mientras que, en la zona centro y sur del Pacífico predominarían caudales normales. En la Región Hidrográfica del Titicaca se prevén caudales dentro del rango normal a sobre lo normal⁴ (principalmente en abril). Finalmente, en la Región Hidrográfica del Atlántico, en promedio, se prevén caudales normales en los ríos.

En cuanto a los recursos pesqueros, para las siguientes semanas, se espera que continúe disminuyendo la maduración gonadal del stock norte centro de la anchoveta. Por otro lado, se mantendrá la disponibilidad a la flota pesquera del bonito y disminuirá la del perico; en este último caso, debido al alejamiento del recurso por su comportamiento estacional. En relación a la merluza, se espera que la disponibilidad del recurso a la flota artesanal e industrial aumente y se incremente la proporción de ejemplares mayores a 28 cm de longitud total, manteniendo el área de distribución observada frente a la costa norte. Asimismo, se espera que la disponibilidad del calamar gigante o pota continúe frente a la costa.

³ Pronóstico estacional abril -junio de 2024: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-45.pdf>

⁴ Pronóstico hidrológico estacional a nivel nacional marzo – julio 2024:
<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02694SENA-43.pdf>

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Comisión Multisectorial del ENFEN cambia el “Estado del sistema de alerta” a “No Activo”, ya que los valores de la temperatura superficial del mar en la región Niño 1+2 han disminuido en las últimas semanas hasta alcanzar valores dentro de su rango normal y es probable que las condiciones neutras predominen en los siguientes meses.

Conforme al juicio experto del ENFEN, basado en los datos observados, así como de los pronósticos de los modelos climáticos internacionales que se tienen hasta la fecha², en la región Niño 1+2 son más probables las condiciones neutras hasta mayo, seguida de condiciones frías débiles entre junio y julio. A partir de agosto, y hasta octubre, las condiciones neutras son más probables.

Se recomienda a los tomadores de decisiones tener en cuenta los posibles escenarios de riesgo, de acuerdo con los pronósticos estacionales, con la finalidad de que se adopten las acciones que correspondan para la prevención del riesgo.

La Comisión Multisectorial del ENFEN continuará informando sobre la evolución de las condiciones oceánicas-atmosféricas y actualizando las perspectivas. El ENFEN emitirá su próximo comunicado oficial el viernes 19 de abril de 2024.

VI. REFERENCIAS

- Behringer, D., & Xue, Y. (2003). *EVALUATION OF THE GLOBAL OCEAN DATA ASSIMILATION SYSTEM AT NCEP: THE PACIFIC OCEAN*. <https://www.semanticscholar.org/paper/EVALUATION-OF-THE-GLOBAL-OCEAN-DATA-ASSIMILATION-AT-Behringer-Xue/2824da5d850b9c12d20ec304919c311b508d909e>
- Bentamy, A., Croize-Fillon, D., & 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>
- Boulanger, J.-P., & Menkes, C. (1995). Propagation and reflection of long equatorial waves in the Pacific Ocean during the 1992–1993 El Niño. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 100(C12), 25041–25059. <https://doi.org/10.1029/95JC02956>
- Carton, J. A., & Giese, B. S. (2008). A Reanalysis of Ocean Climate Using Simple Ocean Data Assimilation (SODA). *Monthly Weather Review*, 136(8), 2999–3017. <https://doi.org/10.1175/2007MWR1978.1>
- Dewitte, B., Gushchina, D., duPenhoat, Y., & Lakeev, S. (2002). On the importance of subsurface variability for ENSO simulation and prediction with intermediate coupled models of the Tropical Pacific: A case study for the 1997–1998 El Niño. *Geophysical Research Letters*, 29(14), 11-1-11–15. <https://doi.org/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)
- Domínguez, N., Asto, C. y Gutiérrez, D. 2023. Climatología termohalina frente a las costas del Perú. Período: 1991 – 2020. *Inf Inst Mar Perú*, 50(1), 19-35
- ENFEN. (2012). *Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú* (p. 3) [Nota Técnica]. Comité Técnico del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño. https://www.dhn.mil.pe/Archivos/Oceanografia/ENFEN/nota_tecnica/Definicion%20operacional%20ENFEN_09abr12.pdf
- Ham, Y.-G., Kim, J.-H. & Luo, J.-J. Deep learning for multi-year ENSO forecasts. *Nature* <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1559-7> (2019).

- Ham, Y.-G., Kim, J.-H., Kim, E.-S. & On, K.-W. Unified deep learning model for El Niño/southern oscillation forecasts by incorporating seasonality in climate data. *Sci. Bull.* 66, 1358–1366. <https://doi.org/10.1016/j.scib.2021.03.009> (2021).
- Helrich, K. (1990). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (15a ed., Vol. 1). Association of Official Analytical Chemists, Inc.
- Illig, S., Dewitte, B., Ayoub, N., du Penhoat, Y., Reverdin, G., De Mey, P., Bonjean, F., & Lagerloef, G. S. E. (2004). Interannual long equatorial waves in the tropical Atlantic from a high-resolution ocean general circulation model experiment in 1981–2000. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 109(C2). <https://doi.org/10.1029/2003JC001771>
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowiak, J., Mo, K. C., Ropelewski, C., Wang, J., Leetmaa, A., ... Joseph, D. (1996). The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77(3), 437–472. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1996\)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1996)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2)
- Kirtman, B. P., Min, D., Infanti, J. M., Kinter, J. L., Paolino, D. A., Zhang, Q., Dool, H. van den, Saha, S., Mendez, M. P., Becker, E., Peng, P., Tripp, P., Huang, J., DeWitt, D. G., Tippett, M. K., Barnston, A. G., Li, S., Rosati, A., Schubert, S. D., ... Wood, E. F. (2014). The North American Multimodel Ensemble: Phase-1 Seasonal-to-Interannual Prediction; Phase-2 toward Developing Intraseasonal Prediction. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 95(4), 585–601. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00050.1>
- Mosquera, K. A. (2009). Variabilidad Intra-estacional de la Onda de Kelvin Ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación Numérica y datos observados. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/3594>
- Mosquera, K. A. (2014). *Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico*. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4638>
- Mosquera, K. A., Dewitte, B., & Lagos Enríquez, P. (2010). *Variabilidad intra-estacional de la onda de Kelvin ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación numérica y datos observados*. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/949>
- Pietri, A., Colas, F., Mogollon, R. et al. 2021. *Marine heatwaves in the Humboldt*

current system: from 5-day localized warming to year-long El Niños. Sci Rep 11, 21172. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00340-4>Takahashi et al., 2014

- Quispe, J. y L. Vásquez, 2015. Índice “LABCOS” para la caracterización de evento El Niño y La Niña frente a la costa del Perú, 1976-2015. En: Boletín Trimestral Oceanográfico, Volumen 1, Números 1-4, pp.: 14-18.
- Quispe Ccallauri, C, J. Tam, H. Demarcq, C. Romero, D. Espinoza, A. Chamorro, J. Ramos, R. Oliveros, 2016. El Índice Térmico Costero Peruano. En: Boletín Trimestral Oceanográfico, Volumen 2, Número 1, pp: 7-11.
- Quispe, C., Tam, J., Arrellano, C., Chamorro, A., Espinoza, D., Romero, C., & Ramos, J. (2017). Desarrollo y aplicación de índices y simulaciones para la vigilancia y el pronóstico a mediano plazo del impacto del ENOS frente a la costa peruana. *Instituto del Mar del Perú - IMARPE*. <https://repositorio.IMARPE.gob.pe/handle/20.500.12958/3149>
- Rivera Tello, G.A., Takahashi, K. & Karamperidou, C. Explained predictions of strong eastern Pacific El Niño events using deep learning. *Sci Rep 13, 21150 (2023)*. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45739-3>
- Takahashi, K., Mosquera Vásquez, K. A., & Reupo, J. (2014). *El Índice Costero El Niño (ICEN): Historia y actualización*. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4639>
- Urbina, B., & Mosquera Vásquez, K. A. (2020). *Implementación y validación de un modelo oceánico multimodal para la región ecuatorial del océano Pacífico*. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4855>
- Vazzoler, A. E. A. de M. (1982). *Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes: Reprodução e crescimento*. CNPq.

VI. ANEXO

Anexo 1: Principales variables y bases de datos utilizados en el presente informe

VARIABLE	FUENTE																PROCESAMIENTO	OBSERVACIONES			
	Observaciones <i>in situ</i>								Satélite/Reanálisis						Modelos						
	Estaciones costeras	Secciones verticales	Estaciones fijas	Cruceros	Boyas TAO/TRITON	Programa Bitácoras de Pesca (PBP)	Seguimiento de Pesquerías	Monitoreo de islas, puntas, playas, estuarios, etc.	Alerta de fauna marina varada	Estaciones de observación fenológica/Cultivo	ESRL/NOAA	GPM	Reanálisis NCEP/NOAA	QuickScat + ASCAT	Producto OSTIA	Producto CMEMS			TRMM-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	*Información de IMARPE (estaciones costeras, secciones verticales y Cruceros) disponible desde los 60s, Periodo climatológico: 1981-2010, *Anomalías de OSTIA, son calculadas en base a una climatología de 30 años, proveniente de datos de Pathfinder,
Nivel medio del Mar	X															X				DIHIDRONAV/IMARPE	*Disponible desde 1993 a la actualidad, Periodo climatológico: 1993-2012, Frecuencia diaria,
Salinidad		X	X	X															X	DIHIDRONAV/IMARPE	*Información de IMARPE (estaciones costeras, secciones verticales y Cruceros) disponible desde los 60s, Periodo climatológico: 1981-2010,

