

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



INFORME TÉCNICO ENFEN

AÑO 10 N° 07

17 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)

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

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

Cnel. (r) Julio Villafuerte Osambela
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

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° 07, 17 abril de 2024, 73 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: 19 de abril de 2024



Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú al 17 de abril 2024

Índice

I.	INTRODUCCIÓN	6
II.	MÉTODOS	6
2.1.	Variables	6
	Temperatura Superficial del Mar (TSM)	7
2.2.	Índices	7
	Índice Costero El Niño (ICEN)	7
	Índice Oceánico El Niño (ONI por sus siglas en inglés)	8
	Índices reproductivos de anchoveta	8
2.3.	Modelos y Pronósticos	8
	Modelo Oceánico Lineal (LOM-IGP)	8
	Modelo Oceánico de Complejidad Intermedia	8
	Modelo Oceánico Multimodal (MOMM)	9
	Modelos Climáticos de Agencias Internacionales	9
	Pronóstico Probabilístico de Juicio Experto	9
III.	CONDICIONES OBSERVADAS AL 17 DE ABRIL DE 2024	10
3.1.	Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical	10
3.2.	Condiciones oceánicas y atmosféricas locales	18
3.3.	Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras	32
3.4.	Condiciones hidrológicas	42
3.5.	Condiciones agrometeorológicas	44
IV.	PERSPECTIVAS	50
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
VI.	REFERENCIAS	59
VII.	ANEXO	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°-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 reanalysis 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 17 DE ABRIL DE 2024

3.1. Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical

En el Pacífico tropical continuó disminuyendo las condiciones cálidas, en particular en la región sur-oriental, durante las dos últimas semanas de abril. En el Pacífico ecuatorial oriental la anomalía de la TSM disminuyó hasta tomar valores cercanos de cero, e inclusive negativos cerca de Sudamérica (**Figura 1, Tabla 1**). Según los datos semanales del OISST en la región Niño 3.4 para la segunda semana de abril 2024 la anomalía fue de $+0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$; en Niño 3 de $+0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ y en Niño 1+2 de $-0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (**Tabla 2**).

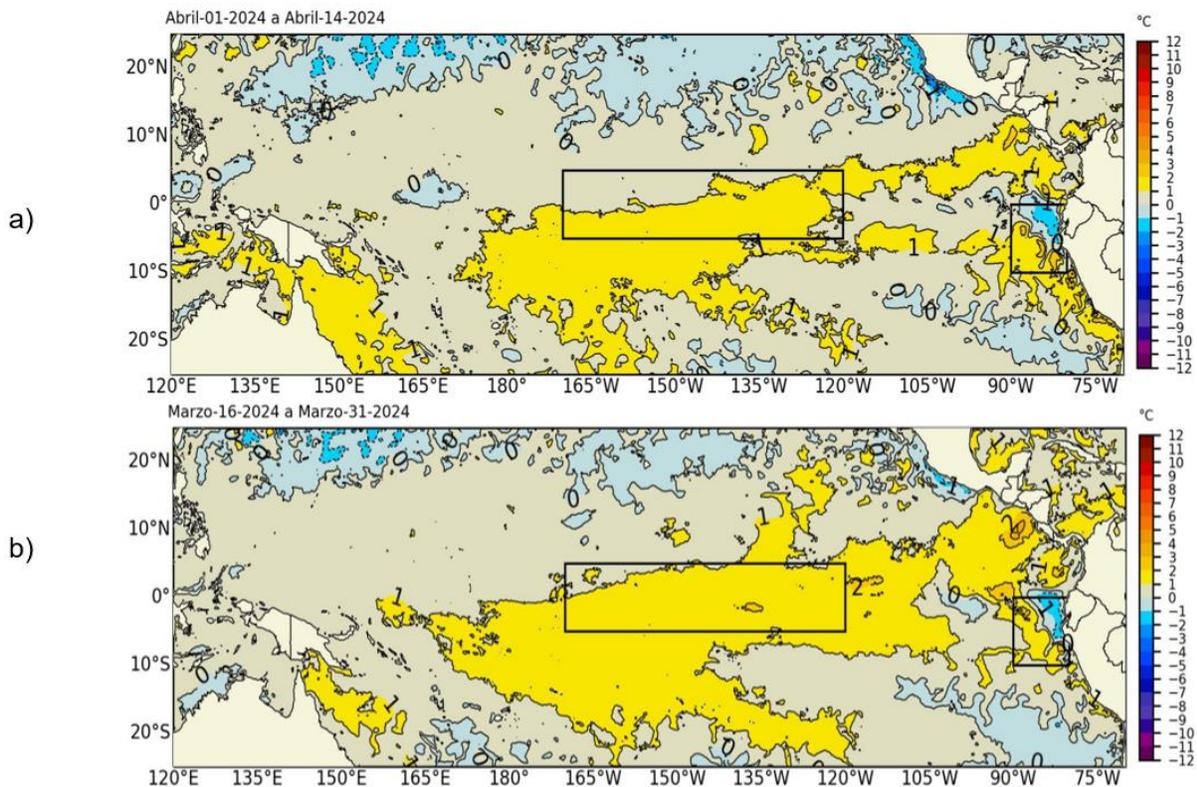


Figura 1. Anomalía de la TSM quincenal en el Pacífico Tropical a) 01 al 14 de abril 2024 y b) 16 al 31 de marzo 2024. Fuente: OSTIA. Procesamiento: DIHIDRONAV. Climatología: 1991-2020

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
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
03-Abr-24	26.0 -0.1	28.5 1.0	28.8 1.2	29.2 0.9
10-Abr-24	25.6 -0.2	28.1 0.6	28.5 0.9	29.1 0.7

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	0,42	Cálida Débil	1,15	Cálida Moderada

Fuente: IGP

Según la información de altimetría satelital a lo largo de la franja ecuatorial, se siguen observando ondas Kelvin frías y cálidas débiles, así como ondas Rossby cálidas en la zona occidental (Figura 2). En la zona central-oriental, las ondas Rossby cálidas han disminuido su intensidad conforme se desplazan hacia la zona occidental.

Por otro lado, en la termoclina se observa una disminución de la anomalía negativa en el extremo oriental, posiblemente como consecuencia de una onda Kelvin cálida. Seguida de esta se observa la señal de un paquete de ondas Kelvin frías intensas cuyo núcleo se localiza en 135°W (Figura 2b).

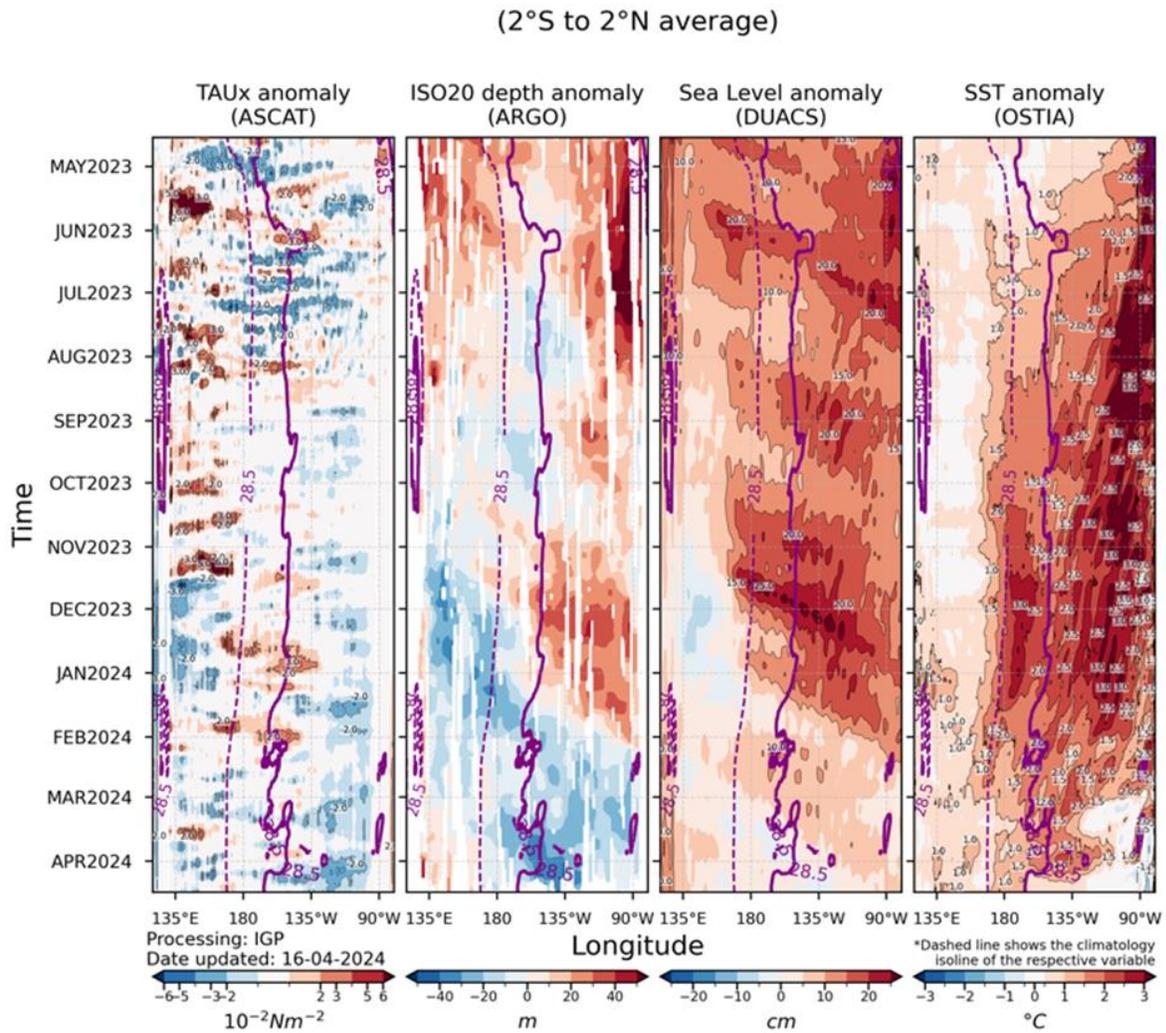


Figura 2. Diagrama Hovmöller: a) anomalía de esfuerzo de viento. Fuente: ASCAT, b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C Fuente: ARGO, c) anomalía del nivel del mar diario (cm) Fuente: DUACS, y d) anomalía de temperatura superficial del mar (°C) Fuente: OSTIA. Elaboración: IGP

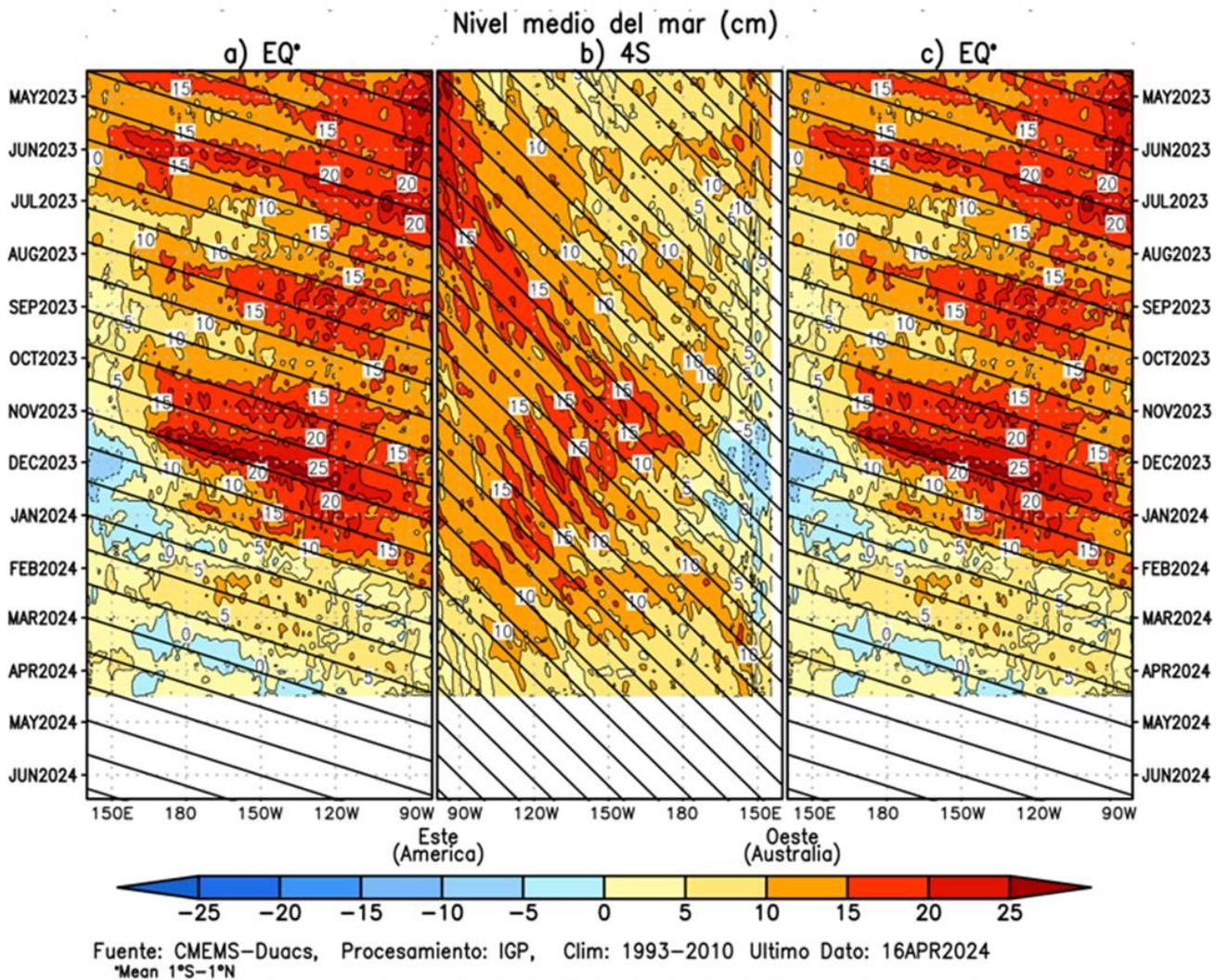


Figura 3. Diagrama Hovmöller de la anomalía del nivel del mar del producto CMEMS-Duacs a lo largo de la línea ecuatorial (a y c) y en 4°S (b). El panel del centro tiene el eje de la longitud invertido para apreciar mejor la secuencia de ondas Kelvin y Rossby producidas por reflexión en las fronteras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

En promedio para abril de 2024, continuaron presentándose anomalías negativas de la presión atmosférica en el Pacífico central (-2 hPa) con mayores caídas de presión respecto a marzo, extendiéndose hacia la región sur del Pacífico y concentrándose en los 120°W. Estas anomalías abarcan una mayor área en el Pacífico Central en comparación de lo observado en marzo. Sobre el mar continental (Oceanía), se extiende hacia el oeste de Australia, los 180° y este del continente asiático anomalías positivas de presión atmosférica de hasta +4 hPa con una subsidencia fortalecida (celda de Walker), favoreciendo ausencia de precipitaciones en la región comprendida entre 120°E – 140°E y por el contrario se presenta convección entre 60°E – 90°E (Océano Índico).

Esta configuración está asociada a los valores positivos de IOD que se vienen presentando en los meses de marzo y mediados de abril presentando en la última semana un valor de +0.57³ (al 14 de abril). Además, en Sudamérica, se presentaron patrones subsidentes que podrían haber limitado desarrollos convectivos en ciertas regiones, como en la costa norte (Figura 4c, Figura 4d y Figura 9 derecha). Respecto a los vientos, en niveles bajos se aprecia una persistencia de anomalías de vientos del oeste en el Pacífico central que se extienden hacia el sur entre 180° – 120°W y 0°S-10°S. Estas anomalías podrían estar influenciando los valores de la TSM en el Pacífico Central e induciendo a una disminución más lenta en las anomalías positivas; sin embargo, la extensión de estos vientos del oeste es menor en comparación con el mes de marzo (Figura 4b). En niveles altos se tuvieron patrones de vientos del este en el hemisferio sur entre 180° – 120°W y 0°S-20°S, y anomalías del oeste relegadas hacia el sur, en 180° – 120°W y 20°S-30°S. Además, se presentan vientos del este que hacen su ingreso hacia la vertiente sur oriental y occidental de Perú favorables para procesos convectivos y lluvias, principalmente en la zona sur y parte de la central del país (Figura 4b y Figura 9 derecha).

³ Valores del IOD tomados de Bureau of meteorology Australia, disponible en: <http://www.bom.gov.au/climate/enso/indices.shtml?bookmark=iod>

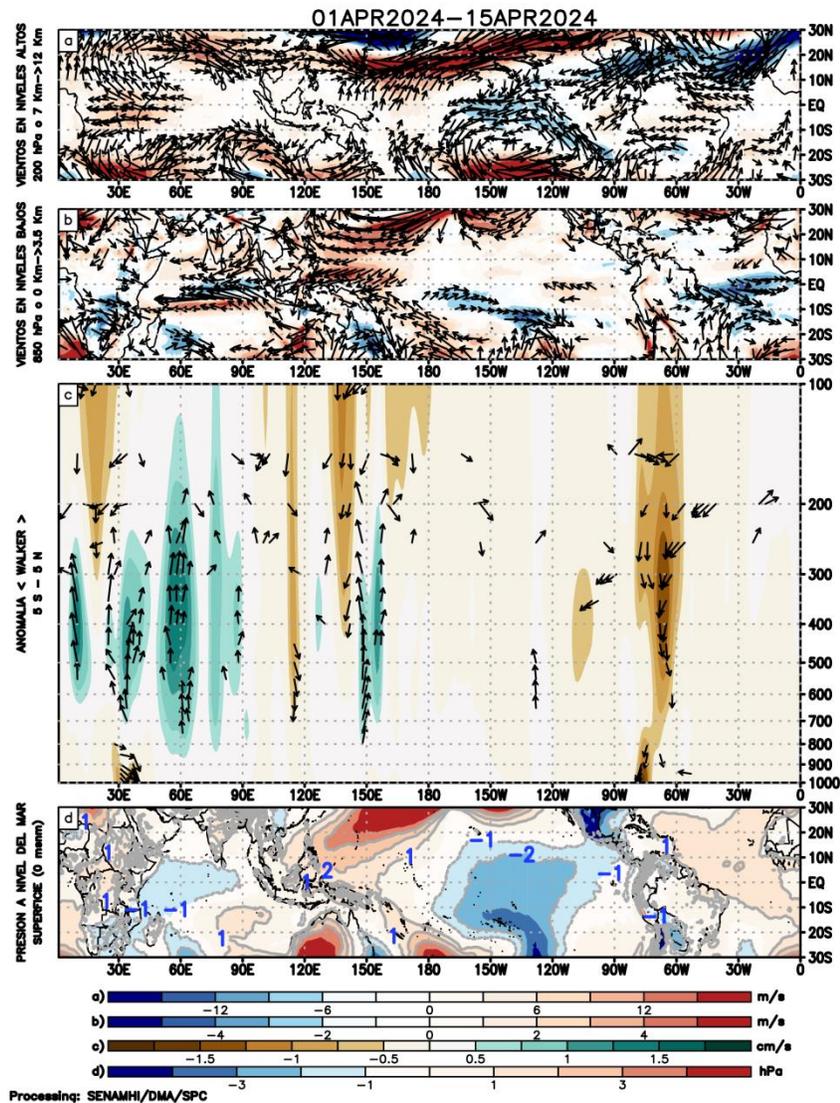


Figura 4. Análisis de la circulación atmosférica (Walker) entre el 1-15 de abril de 2024, (a) Anomalías de los vientos (colores) y su dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) de la atmósfera; c) Patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker), (d) Anomalías de presión a nivel del mar.

Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI

En promedio, en lo que va de abril, en la circulación a 1000 hPa, se observaron anomalías de vientos del este (-2 a -4 m/s aprox.) entre los 120°E - 180°, sin embargo, en los últimos días, cerca de la línea de fecha, se observan anomalías de vientos del oeste en 180° (-2 a -4 m/s aprox., Figura 5a). En el nivel de 850 hPa, se registró un patrón similar, en donde las anomalías de vientos del este (a inicios y mediados de abril) y las anomalías del oeste en 180° (en los últimos días) presentan una mayor magnitud y área (Figura 5b). Cabe resaltar que estas anomalías abarcaron una menor área en comparación con meses anteriores, como de noviembre 2023 hasta febrero 2024 (Figura 5a y Figura 5b). Desde el 18 abril 2024 (línea de fecha) se espera un predominio de vientos zonales cercanos a sus valores climáticos y áreas puntuales de anomalías negativas de vientos del este en 150°E y 120°W para ambos niveles (Figura 5a y Figura 5b, 1000 y 850 hPa).

Respecto a la componente divergente del viento (velocidad potencial) en los primeros 15 días de abril predominó la fase convergente entre 120°W-60°W con mayores anomalías de velocidad potencial positivas ($6-7 \frac{m^2}{s}$, convergentes) entre los 90°W y 60°W, lo que limitó procesos convectivos de gran desarrollo vertical en la zona norte del Perú y probablemente favoreció en parte condiciones deficitarias de lluvia (Figura 5c y Figura 10, derecha). A partir de la fecha de pronóstico se aprecia una ventana corta de fase divergente situada entre 80°W - 60°W lo que podría favorecer la convección y lluvias principalmente en la vertiente oriental si la dinámica es propicia (Figura 5c).

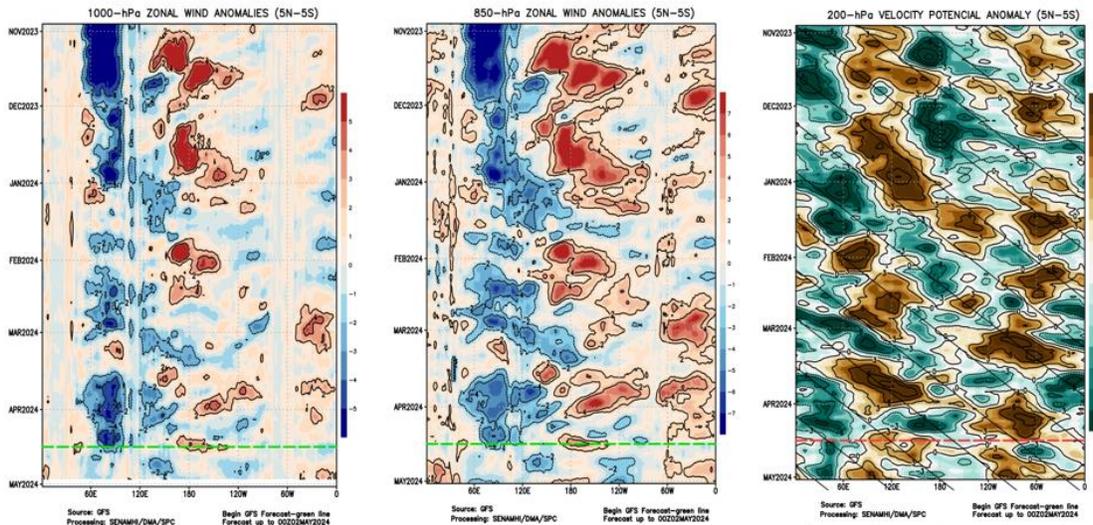


Figura 5. Anomalías promedio, entre los 5°N y 5°S entre noviembre 2023 a abril del 2024 (a) viento zonal en 1000 hPa y (b) viento zonal en 850 hPa y (c) velocidad potencial en 200 hPa. Las líneas verdes (a y b) y roja (c) muestran el inicio del periodo de pronóstico. Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI

En general, para el trimestre FMA 2024, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) se encontró en el rango normal de intensidad (+0,1 hPa, valor preliminar) y se ubicó desplazado al este de su posición normal. Con respecto al trimestre EFM, el APS mostró un fortalecimiento en su intensidad y un desplazamiento al sur en su posición. En lo que va de abril, el APS se ubicó en promedio en los 90,0°W y 40,0°S, desplazado al sur de su posición habitual, alcanzando una intensidad de 1023,9 hPa y una anomalía de +2,3 hPa (Figura 6).

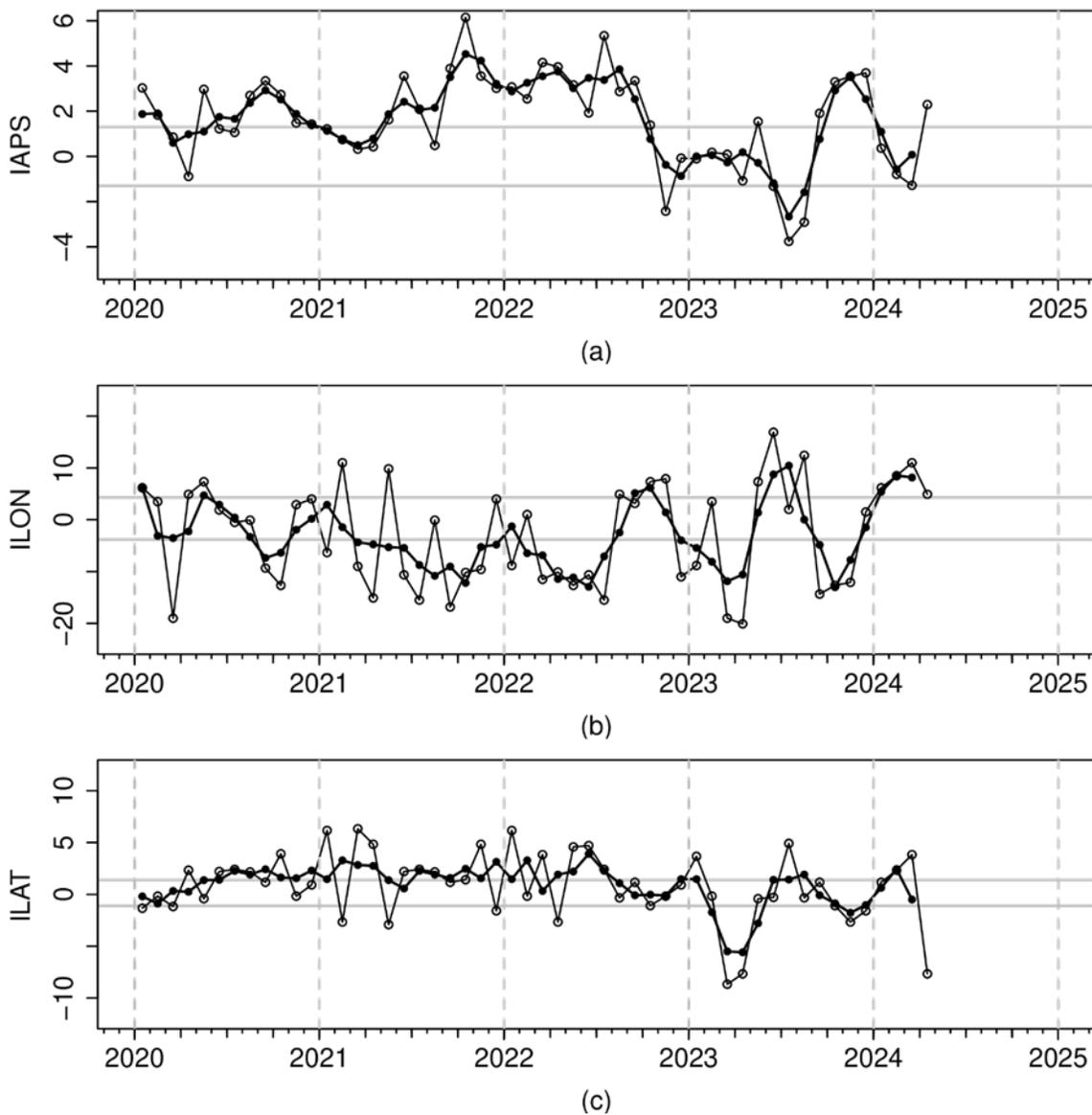


Figura 6. Variación temporal de los índices del APS: a) índice de intensidad (IAPS) e índices de posición b) longitudinal (ILON) y c) latitudinal (ILAT) hasta el trimestre FMA 2024 (círculos negros). Los círculos blancos indican las anomalías mensuales en el periodo enero 2020 hasta febrero 2024 (preliminar). Climatología 1991 – 2020.

El APS en promedio para marzo mostró una configuración zonal, con el núcleo de mayor presión relegado hacia el suroeste en 150°W - 120°W y 50°S - 40°S con anomalías de hasta $+9\text{hPa}$ en su núcleo. En consecuencia, se tuvo una caída de presión en su posición climática de -1hPa , llegando hasta valores de -3hPa . Ello generó, en promedio, un débil gradiente isobárico frente a la costa peruana y chilena (Figura 7 izq.), reduciendo la intensidad de los vientos del sur frente a la costa y consecuentemente, podría haber facilitado ciertos episodios de vientos del norte a lo largo de la costa, lo que principalmente se dio en la primera semana de marzo (del 3 al 7 de marzo, Figura 9), y pudo influenciar en el incremento de las anomalías de TSM de la zona Niño 1+2, ya que del 1 al 6 de marzo según el modelo OISSTv2.1 se registró una anomalía de $+1^{\circ}\text{C}$ con un incremento de $+0.3^{\circ}\text{C}$ y $+0.1^{\circ}\text{C}$ respecto a las semanas del 15 al 21 y 22 al 28 de febrero.

Durante inicios y mediados de abril, el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) mostró una configuración ligeramente más meridional y cercana a su posición climática habitual. Se observó una mayor intensidad en el núcleo del APS en comparación con marzo, alcanzando una presión de 1022 hPa, con una anomalía promedio de +3 hPa, e incluso llegando hasta +7 hPa en la periferia (Figura 6 derecha). Este aumento de la presión en el núcleo del APS propició un incremento en la intensidad de los vientos alisios frente a la costa. Esto, a su vez, favoreció la tendencia negativa de las anomalías de la TSM a lo largo del litoral costero.

El pronóstico del GFS entre el 19 al 25 de abril indica que los valores de presión en el núcleo del APS serán, en promedio, de 1028 hPa, por encima de sus valores climáticos. Sin embargo, al posicionarse al suroeste de su climatología debilitará el gradiente de presión en el litoral costero. Esto favorecerá la intrusión de anomalías de vientos del norte y oeste en 1000 hPa (del 17 al 26 de abril, ver Figura 9). Del 26 de abril al 2 de mayo se tendrá una caída en el núcleo del APS llegando a valores, en promedio, de 1022 hPa, sin embargo, este migrará hacia el noreste cercano a su posición climática fortaleciendo el gradiente de presión hacia la costa, lo que a su vez podría fortalecer los vientos alisios. Este efecto se evidencia en las anomalías de vientos en 1000 hPa entre el 27 de abril y el 1 de mayo (Figura 8 y Figura 9).

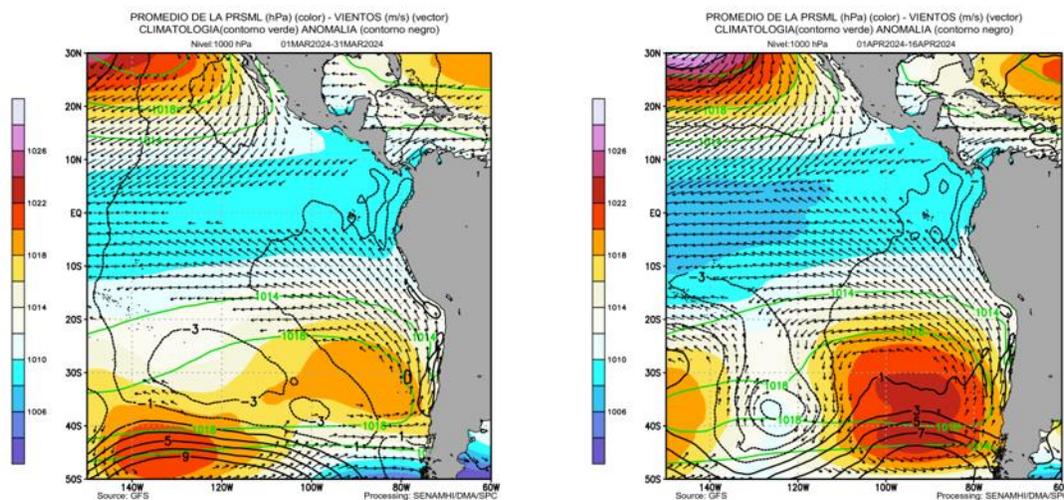


Figura 7. Promedio de la presión atmosférica a nivel del mar (matiz de colores) entre el 1 al 31 de marzo (izq.) de 2024 y 01 al 16 de abril (der.) de 2024, a) presión atmosférica climática (línea verde) y presión actual en matiz de colores b) Anomalía de viento en 850 hPa (m/s, vectores) y anomalía de presión (línea negra). Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

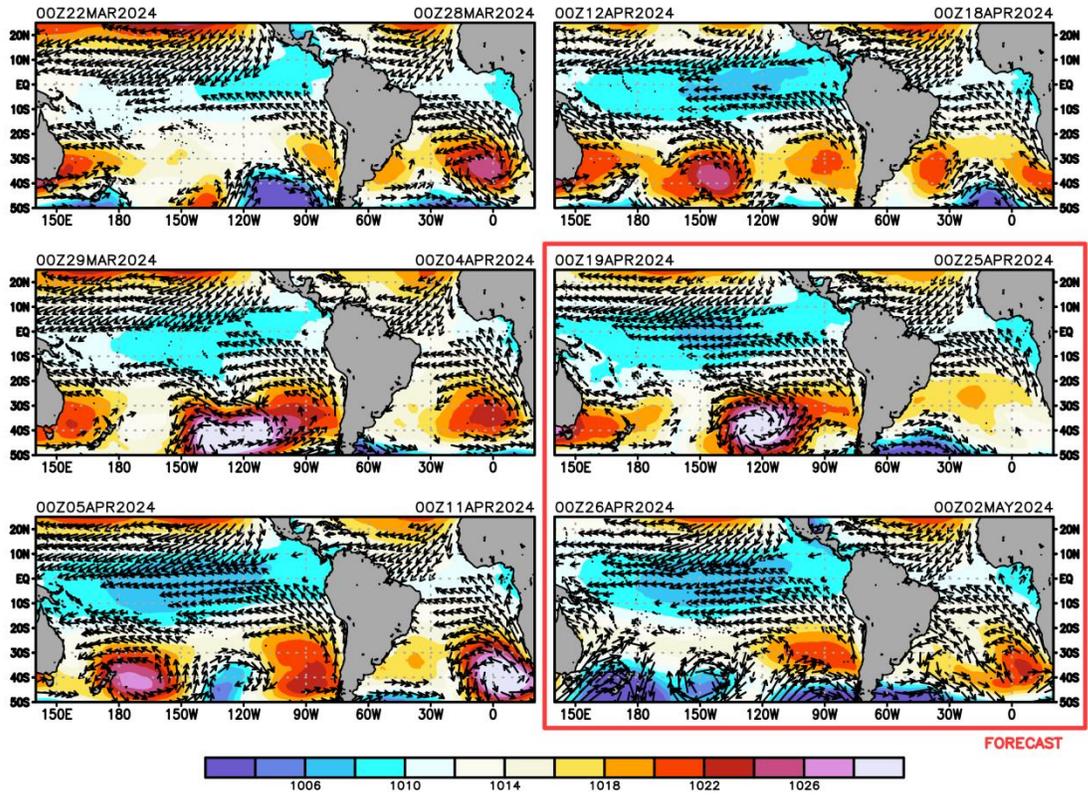


Figura 8. Promedio semanal de la presión atmosférica reducida a nivel del mar (colores) y vientos (flechas).
 Análisis: 22 de marzo del 2024 al 18 de abril de 2024. Pronóstico: del 19 de abril al 2 de mayo del 2024.
 Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

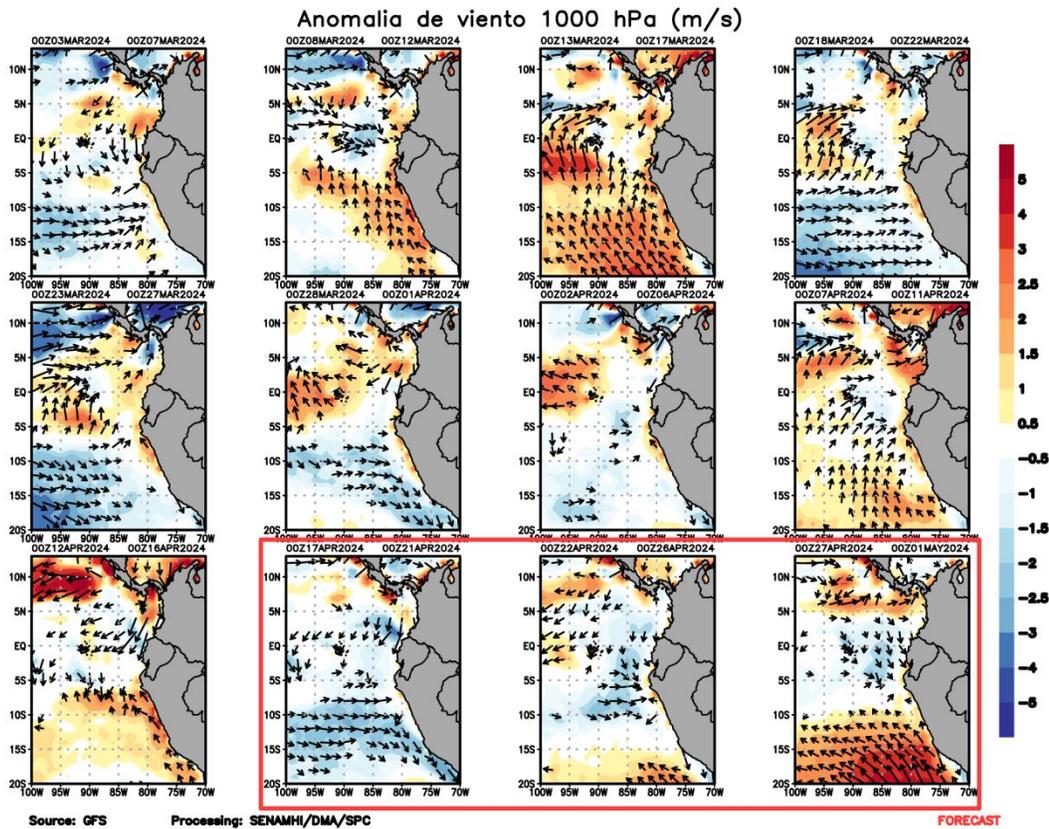


Figura 9. Anomalia pentadal del viento (m/s) a 10 m de altura frente a la costa noroccidental de Sudamérica y Centroamérica. Fuente: GFS. Análisis: 3 de marzo 2024 al 16 de abril de 2024. Pronóstico: del 17 de abril al 1 de mayo del 2024. Procesamiento: SENAMHI.

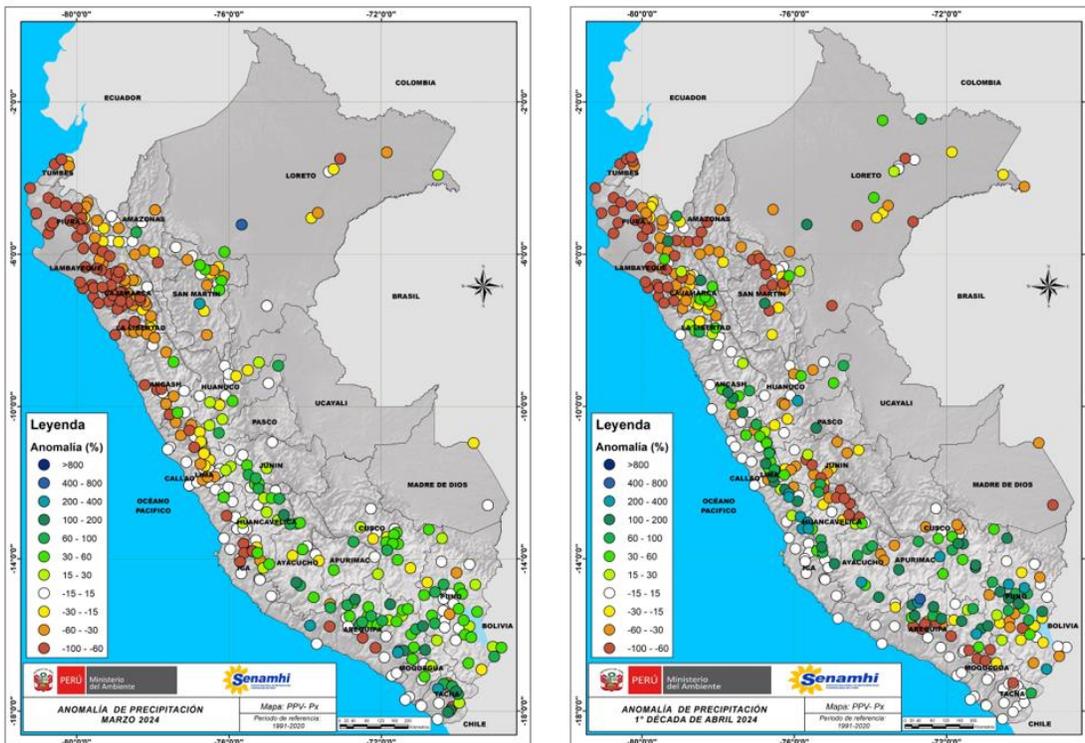


Figura 10. Anomalia mensual de precipitación (%) para el mes de marzo (izq.) y 1-10 de abril (der.) 2024 a nivel nacional de la red de estaciones SENAMHI. Procesamiento: SENAMHI.

3.2. Condiciones oceánicas y atmosféricas locales

Durante el mes de marzo del 2023 y la primera quincena de abril, en la franja ecuatorial frente a las costas de América, entre los 5° S a 5° N, predominaron velocidades de viento (VV) moderados a débiles, que evidenciaron la transición del posicionamiento de la Zona de Convergencia Inter Tropical (ZCIT) desde el hemisferio sur hacia el norte. En la tercera semana de marzo, la ZCIT cambió su configuración de doble banda a la de una sola banda y a partir de la última semana de marzo, la ZCIT inició su migración hacia el hemisferio norte (Figura 11). En la zona oceánica predominaron vientos moderados (de 4,1 a 6,8 m s⁻¹), con anomalías de VV en el rango negativo (< - 1,0 m s⁻¹) a neutral; específicamente del 01 al 10 de marzo, del 16 al 30 de marzo y del 01 al 05 abril; mientras que, del 11 al 15 de marzo y del 06 al 15 de abril se registraron VV de magnitud fuerte (> 6,8 m s⁻¹), con anomalías de VV > +2,0 m s⁻¹ (Figura 11). En la franja de 110 km adyacente a la costa, siguieron registrándose vientos moderados a fuertes con anomalías de VV en el rango neutral a positivas, principalmente desde Tumbes a San Juan de Marcona, mientras que, de San Juan de Marcona hacia el sur, se registraron vientos débiles con anomalías de VV en el rango neutral a negativo, a excepción del 13 al 15 de abril, período en el cual hubo vientos fuertes desde Callao hacia el sur (Figura 12).

El afloramiento costero se mantuvo intenso entre Talara y San Juan de Marcona (> 200 m³ s⁻¹ 100 m), predominando las anomalías positivas. De San Juan de Marcona hacia el sur, el índice de afloramiento costero tendió a presentar anomalías negativas. Respecto al bombeo de Ekman, se registró predominancia de anomalías negativas, asociadas al relajamiento del viento oceánico, salvo hacia mediados de abril en donde se observó una intensificación (Figura 13).

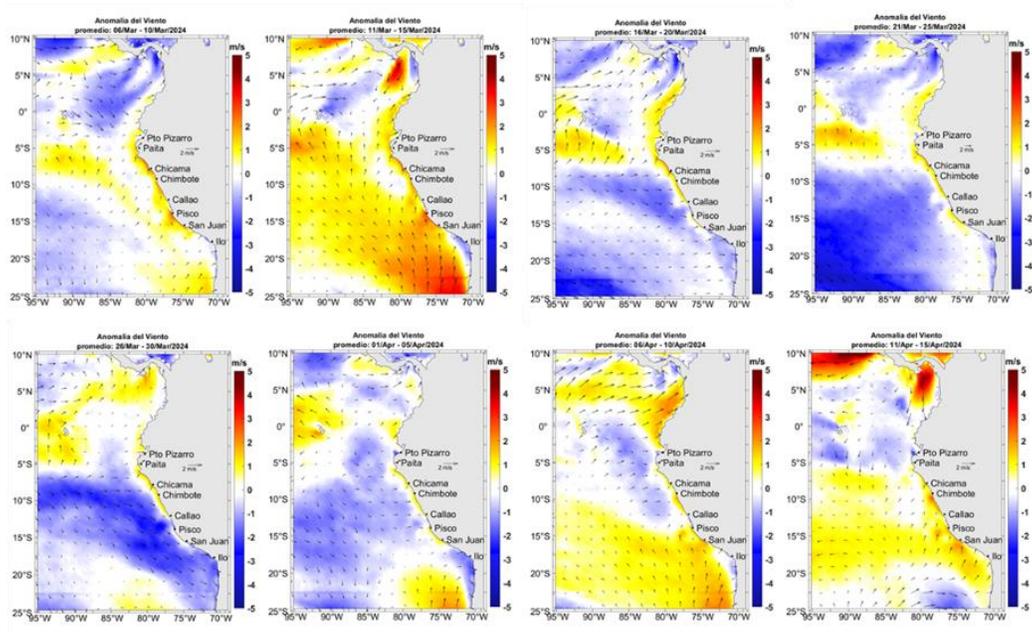


Figura 11. Mapas pentadales de la anomalía del viento superficial frente a la costa entre el Norte de Panamá y el norte de Chile (06 de marzo al 15 de abril 2024). Fuente: modelo GFS. Climatología 2000 – 2014. Procesamiento: Laboratorio Costero de Santa Rosa/Laboratorio de Hidro-Física Marina, IMARPE

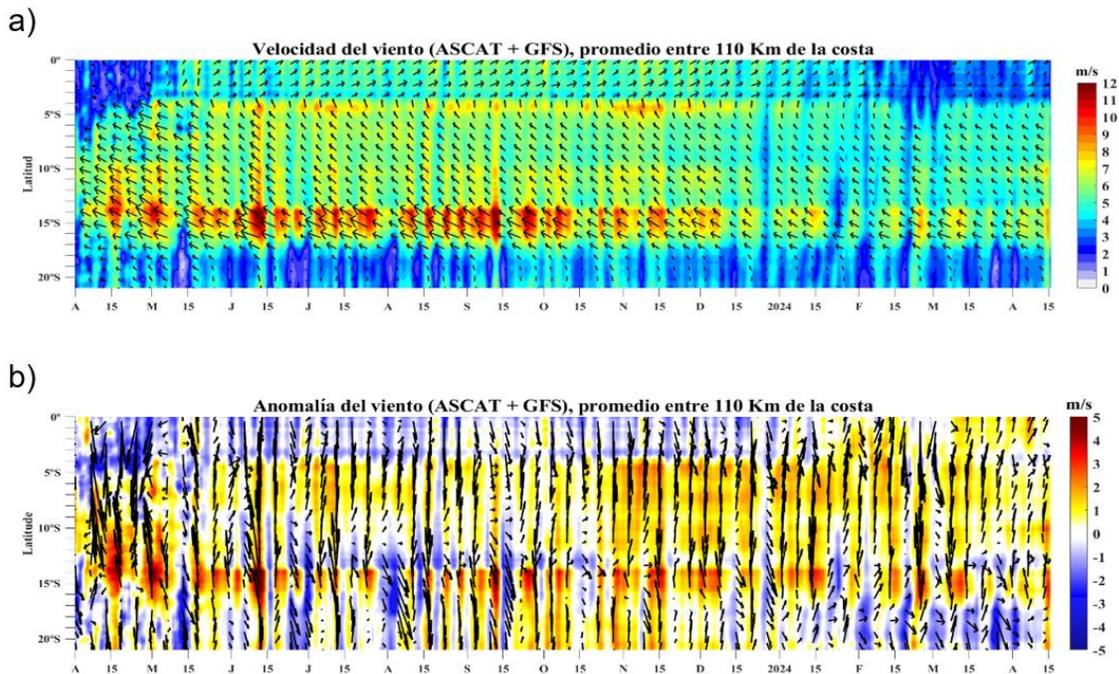


Figura 12. Viento satelital (110 Km frente a la costa del Perú): a) Velocidad del viento ($m s^{-1}$), b) Anomalía de la velocidad del viento ($m s^{-1}$). Fuente: Satélite ASCAT + GFS (desde 21 de mayo), Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Climatología 2000 – 2014. Actualizado al 16 de abril.

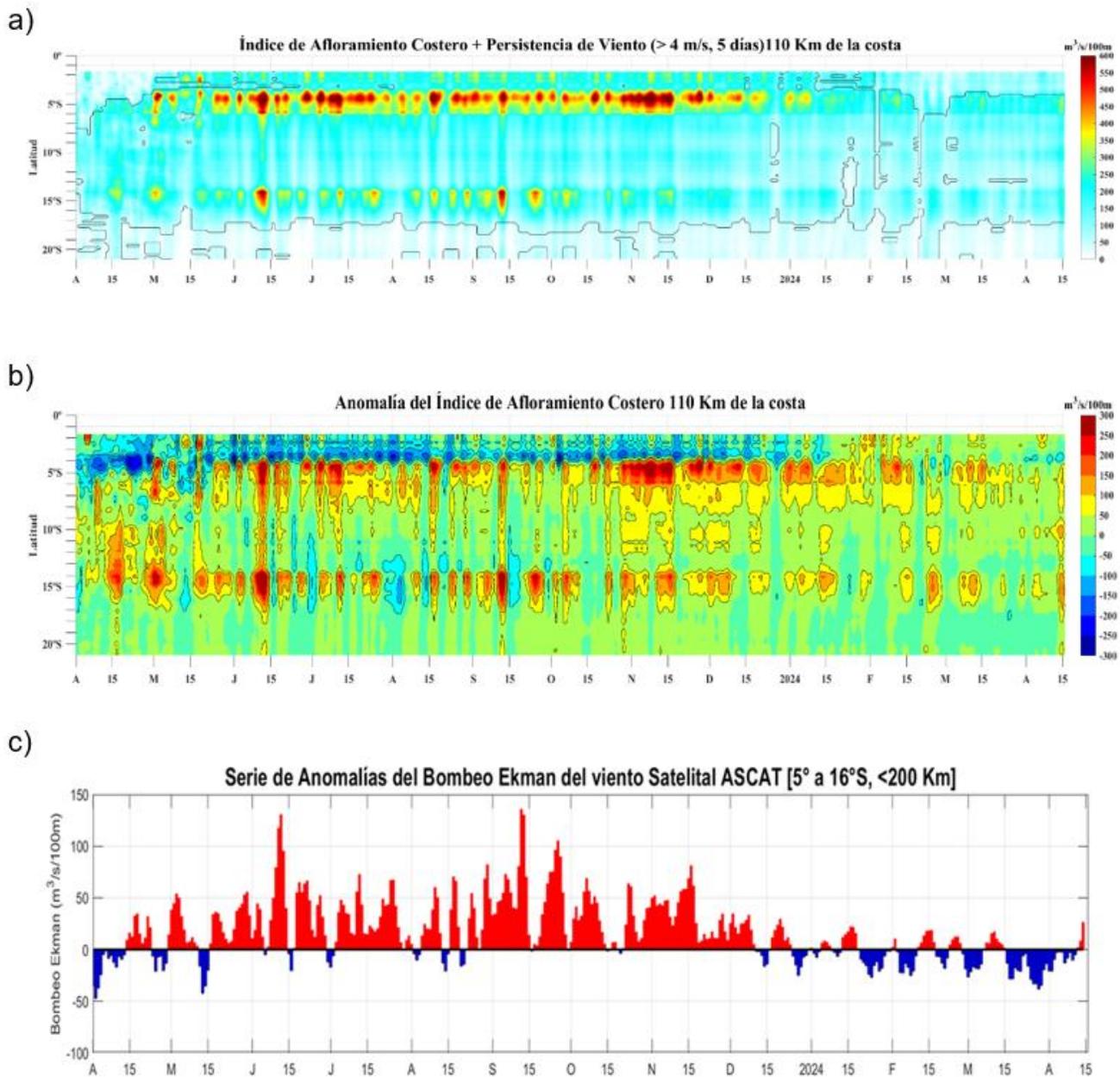


Figura 13. Índice de afloramiento costero (IAC), calculado a partir del viento satelital a 110 km frente a la costa del Perú: a) Índice de Afloramiento Costero - IAC ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$), b) Anomalia del IAC ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$) y c) Anomalías del Índice del Bombeo Ekman dentro de los 200 km ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$). Fuente: Satélite ASCAT + GFS, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE. Climatología 2000 – 2014. Actualizado al 16 de abril.

Respecto a las temperaturas del aire, en lo que va del mes de abril, las temperaturas máximas (diurnas) en promedio a lo largo de la costa peruana tuvieron un ligero incremento con respecto al mes de marzo en $+0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$, debido a una mayor insolación solar. Asimismo, las temperaturas mínimas incrementaron en promedio en $+0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$, influenciados por flujos del norte, la normalización de la TSM y a la presencia de los vientos provenientes del oeste que generaron condiciones de cobertura nubosa en horas de la noche y primeras horas de la mañana generando que las temperaturas registren valores ligeramente sobre sus valores normales.

Las temperaturas máximas (diurnas), en promedio, en la costa norte, costa central y costa sur presentan anomalías por encima de su valor normal alcanzando una anomalía promedio de $+1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

Los mayores incrementos de las temperaturas máximas se observaron en las estaciones meteorológicas Jayanca (Lambayeque), en la costa norte, con una anomalía promedio de $+3.3\text{ }^{\circ}\text{C}$; Campo de Marte (Lima), en la costa central, presentó un incremento promedio de $+2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$; y Punta Ático (Arequipa), en la costa sur, registró una anomalía promedio de $+1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Por otro lado, las temperaturas mínimas (nocturnas) en promedio en la costa norte y sur presentaron anomalías dentro de su variabilidad climática de $\pm 1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, excepto en la costa central alcanzó anomalías promedio por encima de su valor normal en $+1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Las anomalías más altas de la temperatura mínima se presentaron en la costa norte en la estación La Cruz (Tumbes) con $+1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, en la costa central en la estación Huarmey (Ancash) con $+2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y en la costa sur en la estación Fonagro Chinchá con $+1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 14).

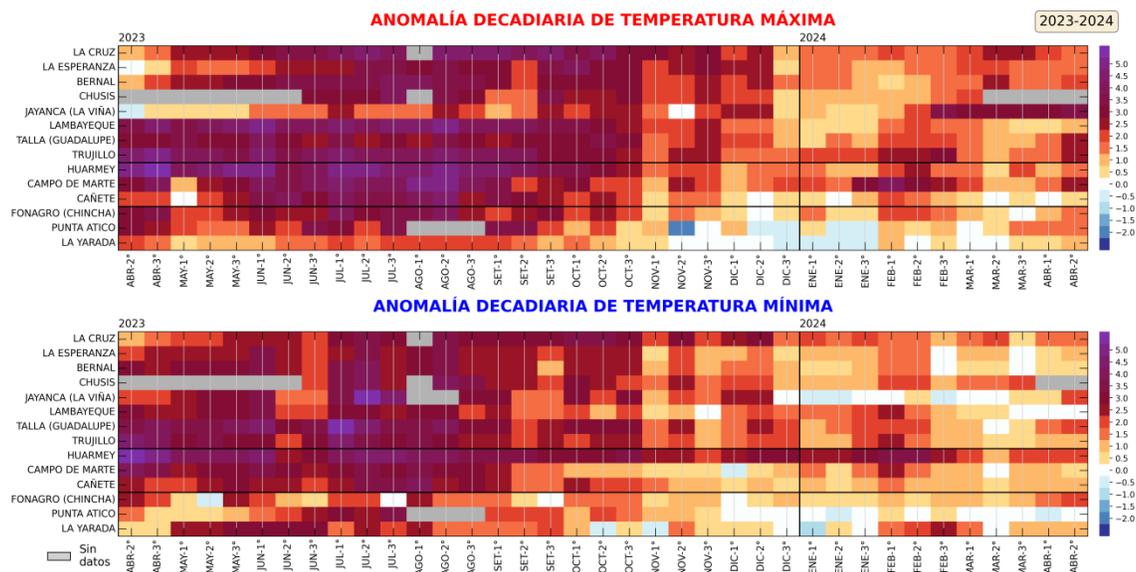


Figura 14. Anomalías decadales ($^{\circ}\text{C}$) de las temperaturas extremas del aire a lo largo de la costa peruana. Climatología: 1991-2020. Fuente: SENAMHI

La TSM en el mar peruano disminuyó frente a toda la costa, distribuyéndose las isothermas superiores a 24 °C por fuera de las 100 millas en las zonas norte y centro y de las 50 millas en la zona sur, en las dos primeras semanas de abril, con anomalías negativas frente a la costa norte. Esta distribución térmica mantuvo un escenario cálido en la zona sur; mientras que un escenario frío en el norte. Cerca de la costa, la TSM alcanzó valores entre 20 °C y 22 °C por dentro de las primeras 100 millas en la zona norte, alcanzando -1°C de anomalía en promedio (Figura 15 y Figura 16a).

A otra escala, en el litoral de Perú la anomalía de la TSM continuó disminuyendo ligeramente en el litoral centro y sur, manteniendo valores dentro de lo normal; mientras que, en la norte se presentó una reducción de los núcleos negativos entre la primera y segunda semana de abril, manteniendo todavía anomalías de hasta -1.5 °C, predominando los valores negativos al norte de Chimbote. En el sur, en Ilo la anomalía mantuvo un valor anómalo de +1 °C (Figura 16b).

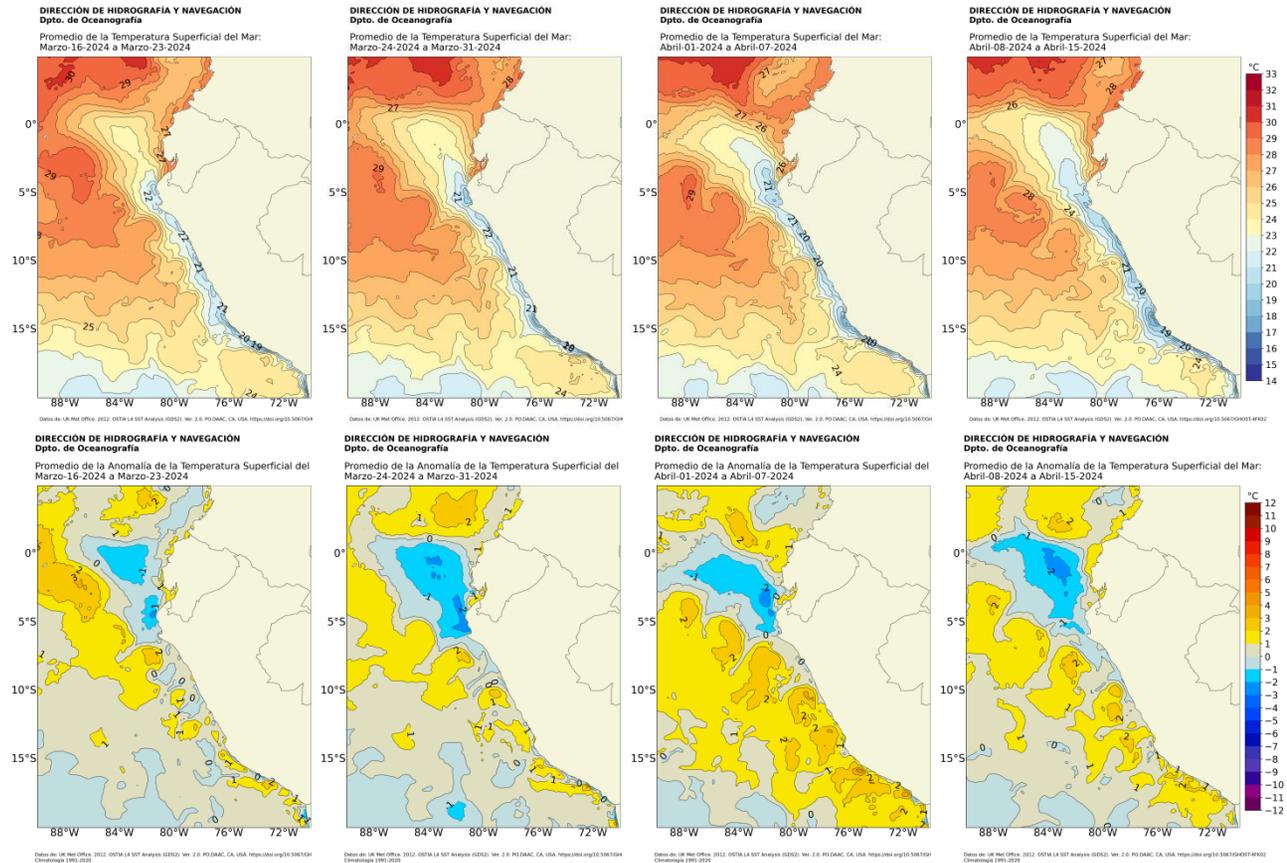
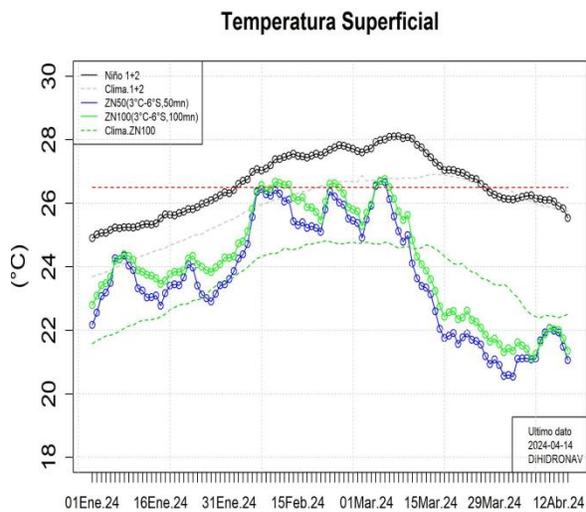


Figura 15. Distribución semanal a) temperatura superficial del mar (TSM) y b) anomalía de la TSM, del 16 de marzo 2024 al 15 de abril 2024. Fuente: OSTIA, Climatología: 1991-2020. Elaboración: DIHIDRONAV.



date	Niño1.2	f.patron	Znorte50	Znorte100	f.patronZ100
1/04/2024	26.1	26.4	20.6	21.4	23.3
2/04/2024	26.1	26.3	20.5	21.3	23.1
3/04/2024	26.2	26.3	21.1	21.6	23.0
4/04/2024	26.2	26.2	21.1	21.5	22.8
5/04/2024	26.2	26.1	21.1	21.4	22.6
6/04/2024	26.2	26.1	21.1	21.1	22.5
7/04/2024	26.1	26.0	21.1	21.2	22.4
8/04/2024	26.1	25.9	21.7	21.6	22.4
9/04/2024	26.1	25.9	21.9	21.9	22.5
10/04/2024	26.1	25.9	22.1	22.1	22.5
11/04/2024	26.0	25.8	22.0	22.0	22.4
12/04/2024	25.9	25.8	21.9	22.0	22.4
13/04/2024	25.8	25.8	21.5	21.7	22.5
14/04/2024	25.5	25.8	21.1	21.3	22.5

Figura 16a. Temperatura superficial del mar diario en la región Niño 1+2 (línea negra), promedio entre la latitud de 3°S-6°S a 50 millas (línea azul) y 100 millas (línea verde) desde enero 2024 al 14 de abril 2024. Fuente: OSTIA, Climatología: 1991-2020. Elaboración: DIHIDRONAV.

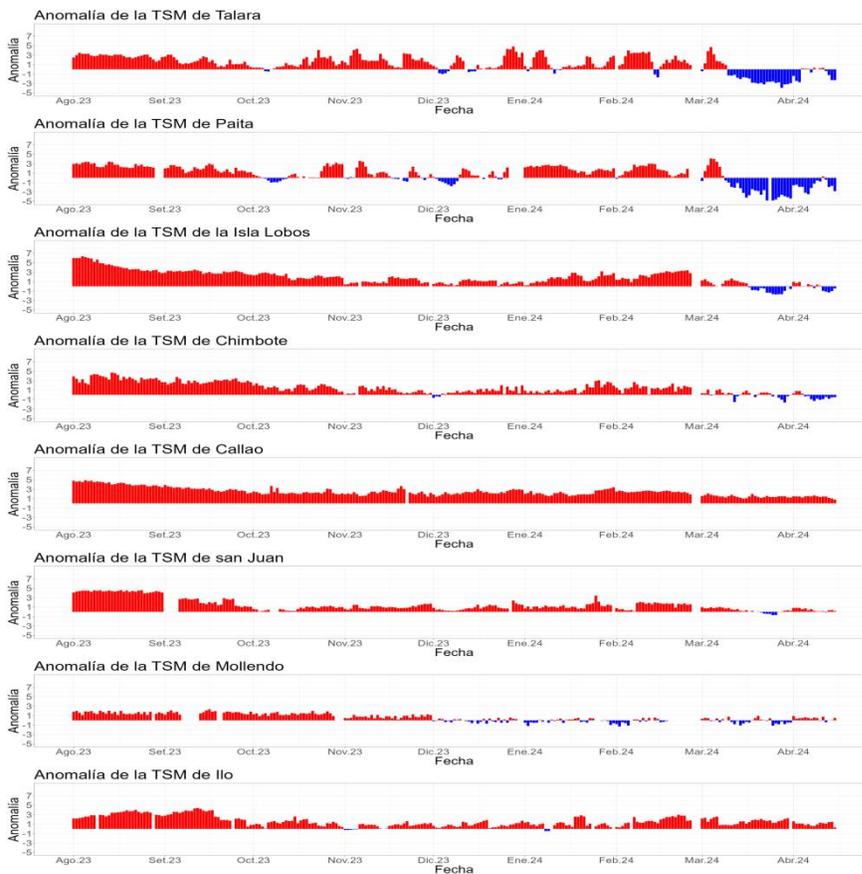


Figura 16b. Anomalia de la TSM diaria a lo largo del litoral de Perú de agosto 2023 a abril 2024. Climatología: 1991-2020. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV

Por otro lado, se registró el desarrollo de una ola de calor marina (OCM; Hobday et al., 2016) entre el 30 de marzo y el 10 de abril frente a Ilo y entre las 50 mn y 300 mn de distancia a costa (Figura 17). El calentamiento fuera de las 150 mn costeras se disipó entre el 10 de abril y el 15 de abril.

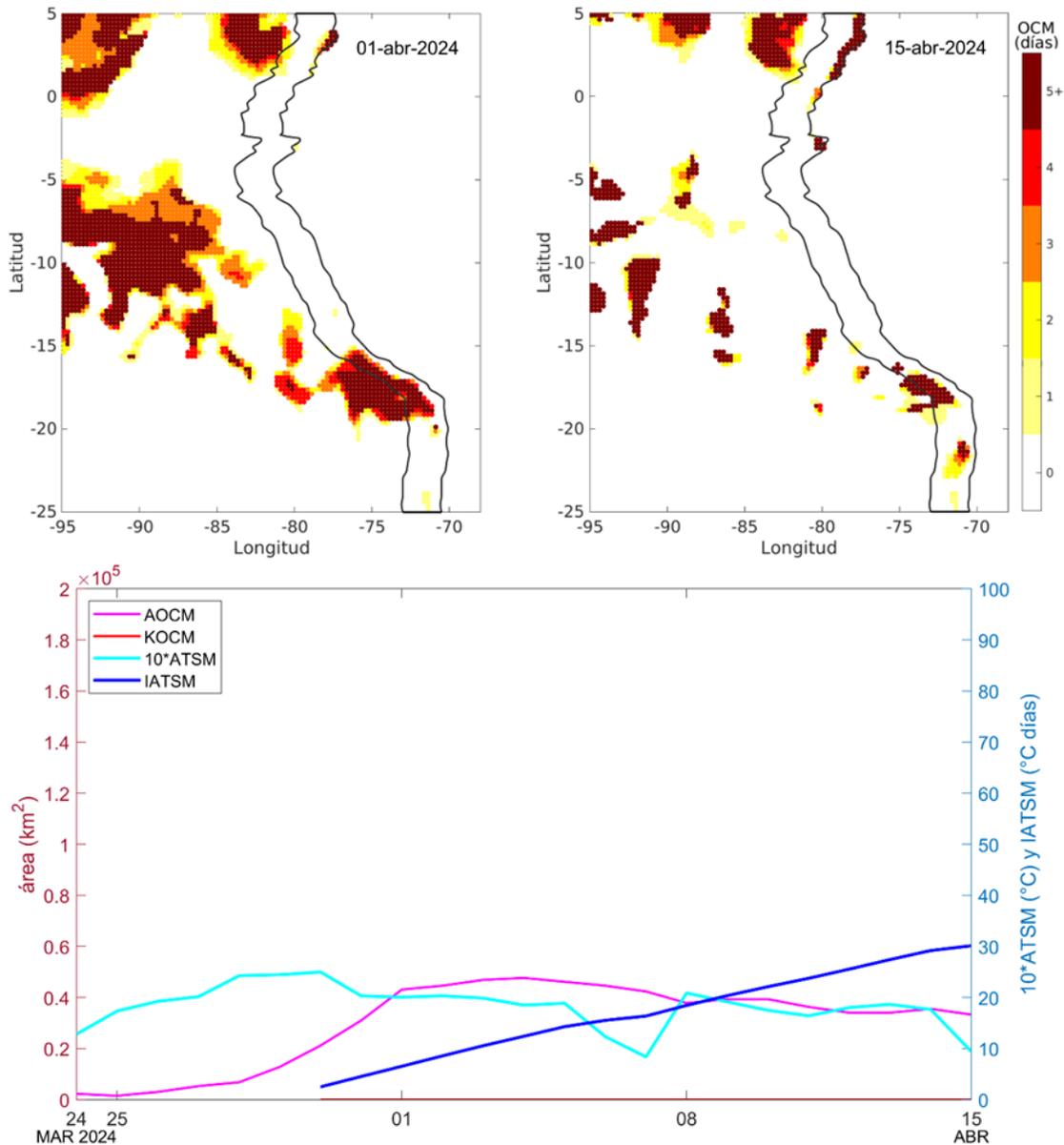


Figura 17. Distribución espacial de la condición de ola de calor marina (OCM) entre los 2°S y 25°S, 70°W y 95°W el 1 de abril del 2024 (a) y el 15 de abril del 2024 (b); la escala de color indica el número de días en los cuales la TSM superó el percentil 90 de los datos diarios históricos, usando el 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 (KOOCM, Km²); anomalía diaria de la TSM; y anomalía acumulada (IATSM; °C x días). La OCM, que inició el 30 de marzo del 2024, alcanzó una duración de 17 días y una anomalía acumulada de 30.12 °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 primera semana de abril continuaron presentando valores mayores a +10 cm al sur de Chimbote, mientras que, durante la segunda semana comenzaron a disminuir mostrando una tendencia a la normalización entre Talara y San Juan de Marcona, asociado al efecto de los vientos en el afloramiento y la finalización del paso de la onda Kelvin cálida (Figura 18)

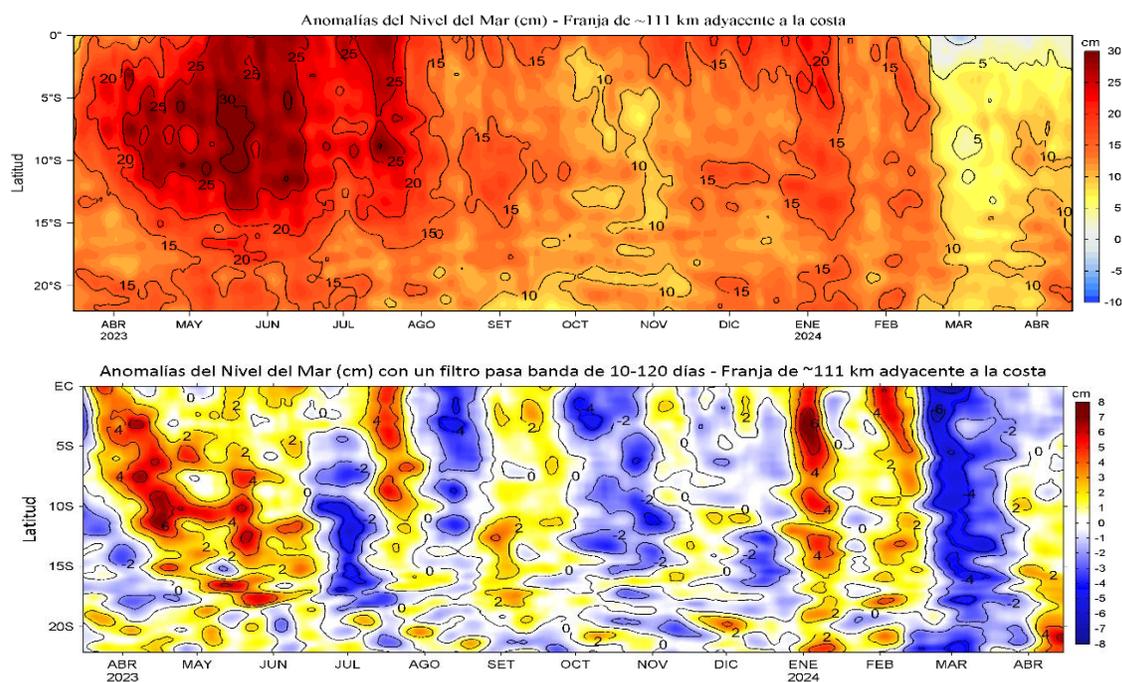


Figura 18. Evolución diaria de las a) Anomalías del nivel del mar (cm) y b) Anomalías del nivel del mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para una franja de 60 mn (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos trece meses, al 15 de abril del 2024. Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 para (a) y 1993-2010 para (b). Procesamiento: LHFM/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

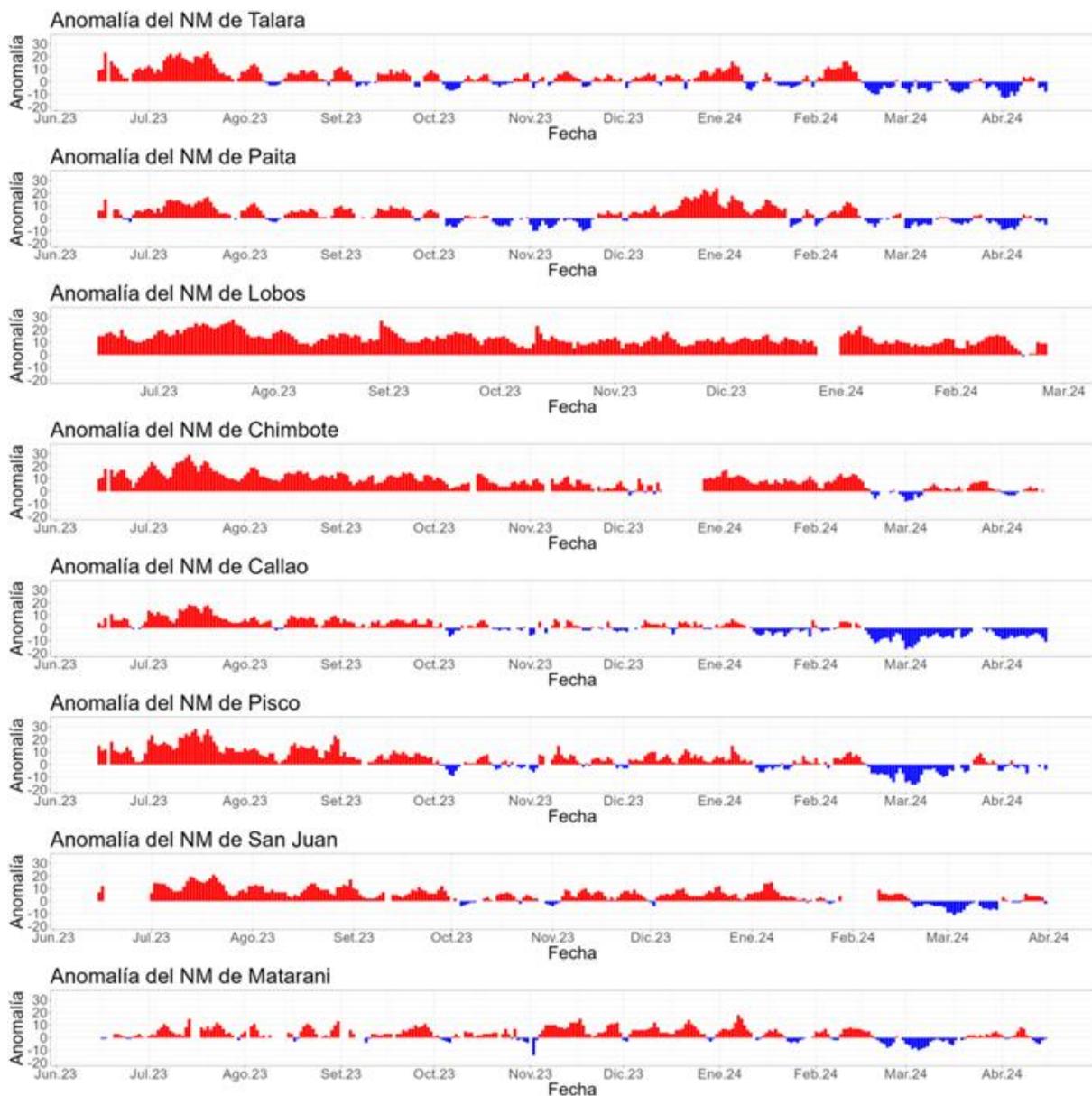


Figura 19. Anomalia de la NM diario a lo largo del litoral de Perú de junio 2023 a abril 2024. Fuente y procesamiento: DIHIDRONAV.

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 TSM estuvieron entre 21 °C y 22 °C, mientras que al sur de Pisco y cerca de la costa se registraron TSM inferiores a 20 °C. Entre Callao y Bahía Independencia las anomalías de TSM estuvieron entre cero y +1 °C, mientras que, al sur de esta, las anomalías alcanzaron valores de hasta +2 °C (Figura 20).

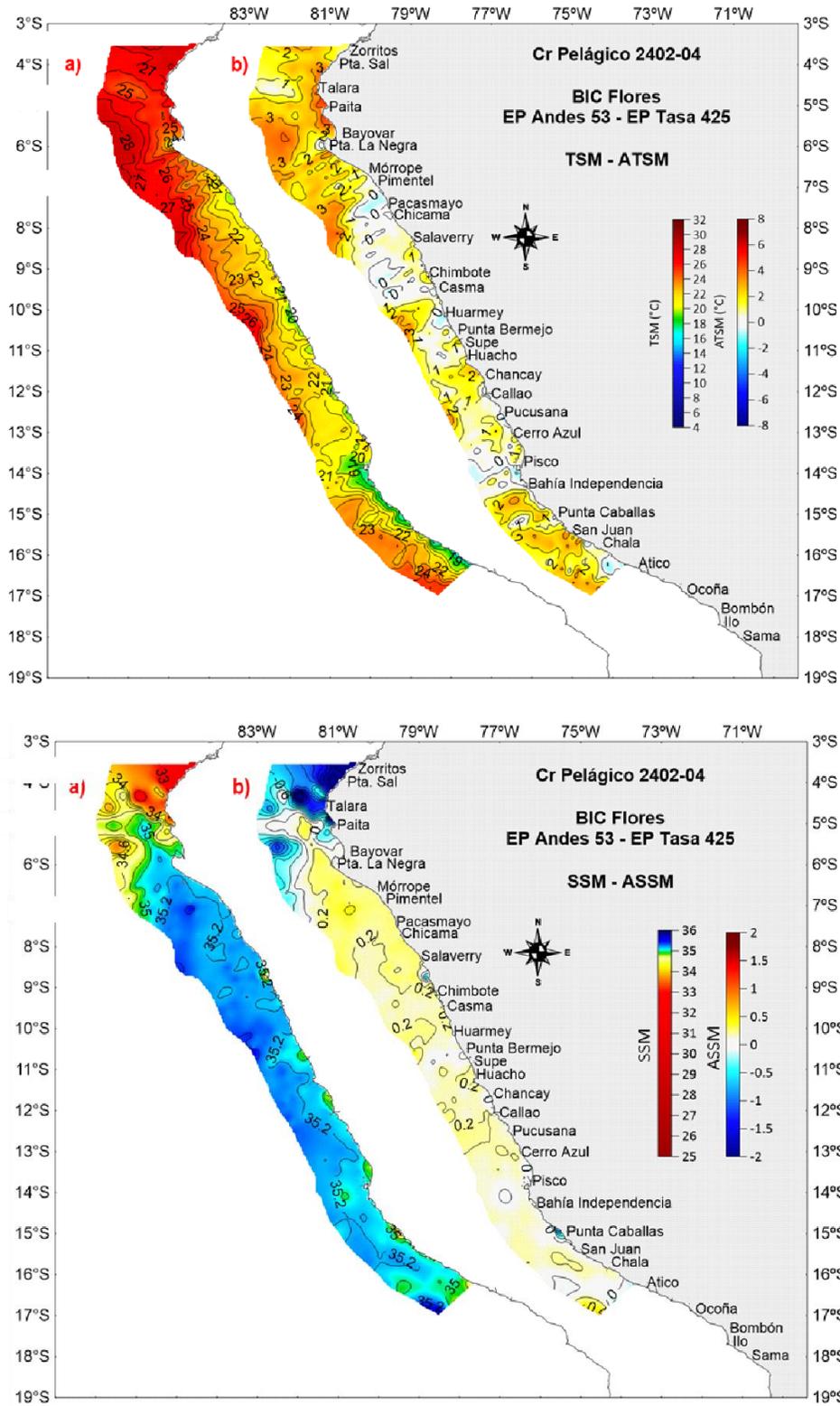
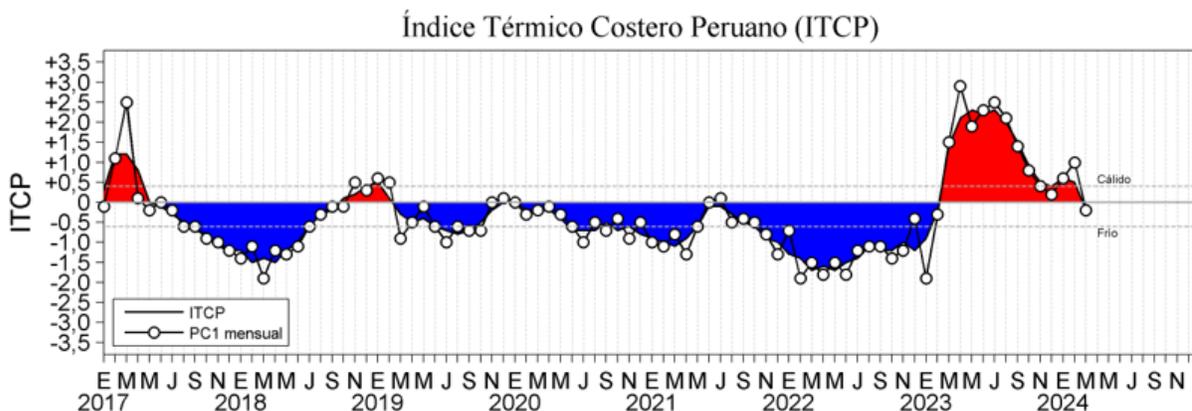


Figura 20. a) TSM (°C) y ATSM (°C), b) SSM y ASSM, registrado durante el Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos Cr. 2402 – 04 (BIC Flores y EP ANDES-53), entre el 16 de febrero al 11 de marzo y del 14 al 25 de marzo. Climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023).

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 de +1,02 para marzo, 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, presentó un valor temporal de -0,2 para marzo, correspondiente a condiciones neutras (Figura 21).

a)



b)

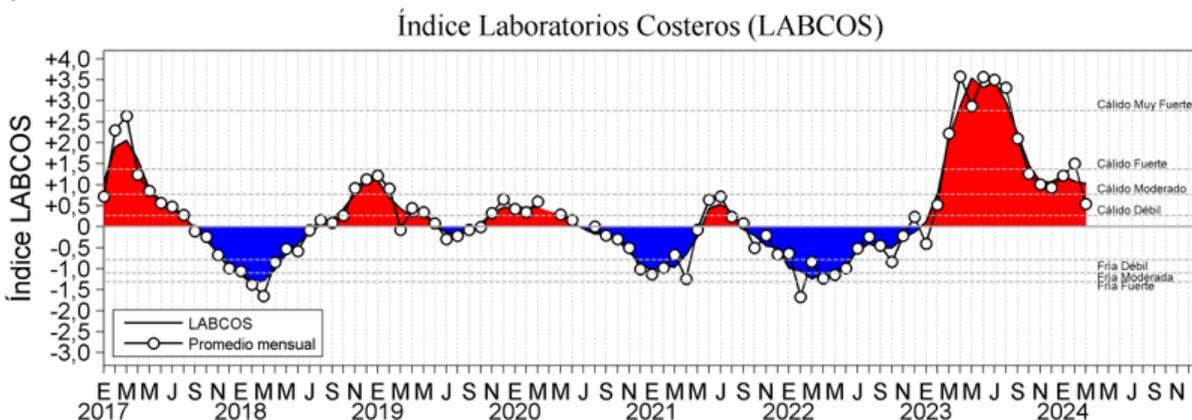


Figura 21. a) Índice Térmico Costero Peruano (ITCP; Quispe et al., 2016), y b) Índice LABCOS (Quispe y Vásquez, 2015) del año 2000 al 2024.

Respecto a la temperatura subsuperficial, para los primeros 15 días de abril, entre Tumbes y Piura y dentro de las 200 mn frente a la costa se observaron anomalías negativas de -2 °C sobre los 50 m y entre -1 °C y cero por debajo de los 200 m de profundidad (Figura 22, Figura 23). Respecto a la primera quincena de marzo se observó una disminución en al menos 1 °C de la magnitud de las anomalías negativas en la capa más profunda; esta disminución del enfriamiento estaría también asociada al efecto de la onda Kelvin cálida. Entre Chicama y Callao, alrededor de las 200 mn frente a la costa, se observaron anomalías entre +0,5 °C y +2 °C, principalmente sobre los 70 m de profundidad; mientras que, por debajo de esta capa hasta los 500 m de profundidad se observaron ligeras anomalías negativas de hasta -0,5 °C (Figuras 24, 25).

En la última semana de marzo, la profundidad de la termoclina presentó una posición normal a ligeramente por encima de lo normal frente a Paita y Chicama (Figura 26). Además, frente a la costa norte, a partir de la segunda quincena de marzo hasta la primera semana de abril, predominaron las anomalías negativas de la temperatura sobre los 500 m de profundidad; confirmando la finalización del calentamiento anómalo en la capa subsuperficial. Este tipo de variabilidad también se observó en mayo de 2016, durante la fase final de El Niño 2015-2016 (Figura 27).

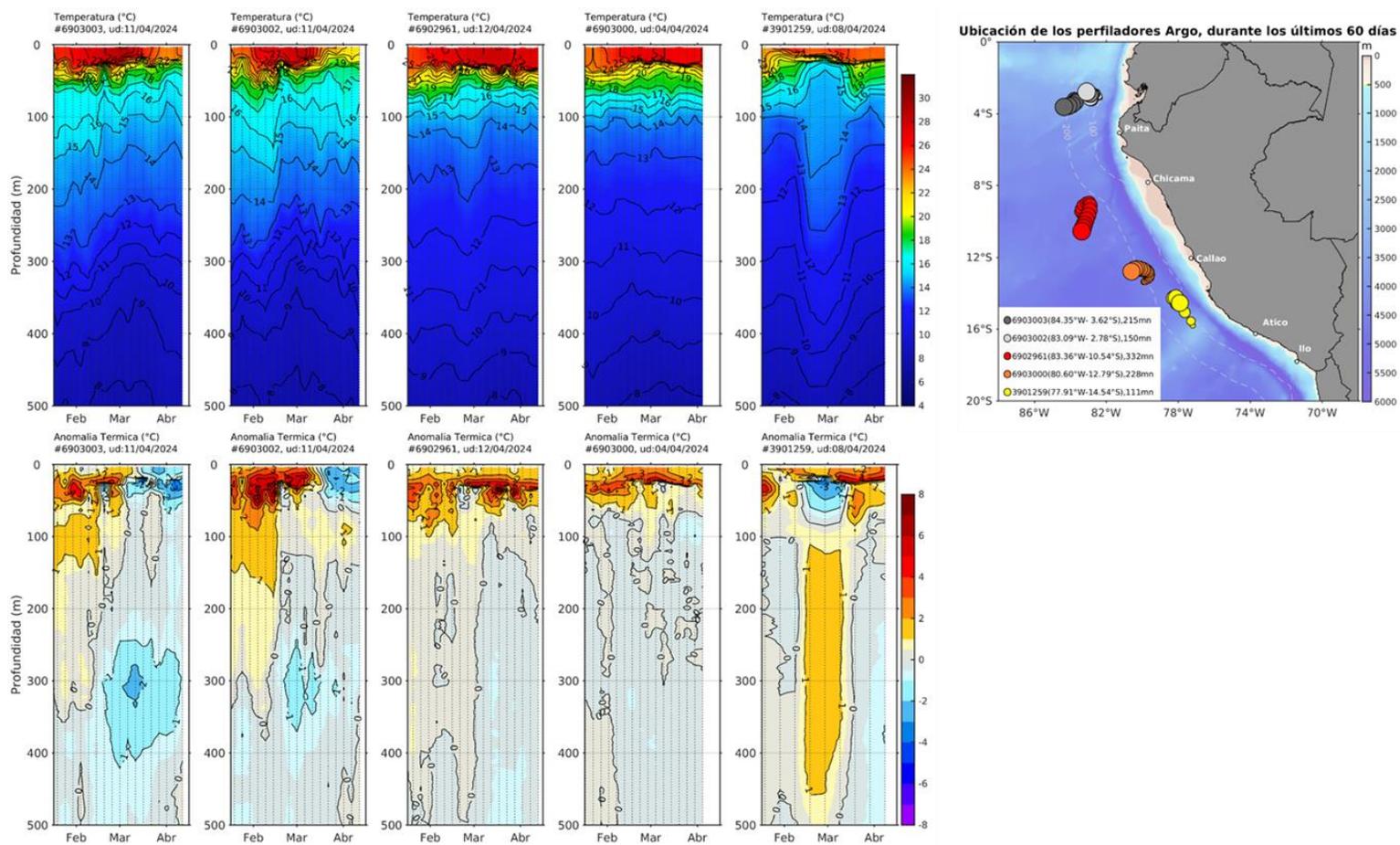


Figura 22. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores Argo en la zona costera (dentro de las 200 mn) y ubicación de sus últimas posiciones (abril 2024). Climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023). Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

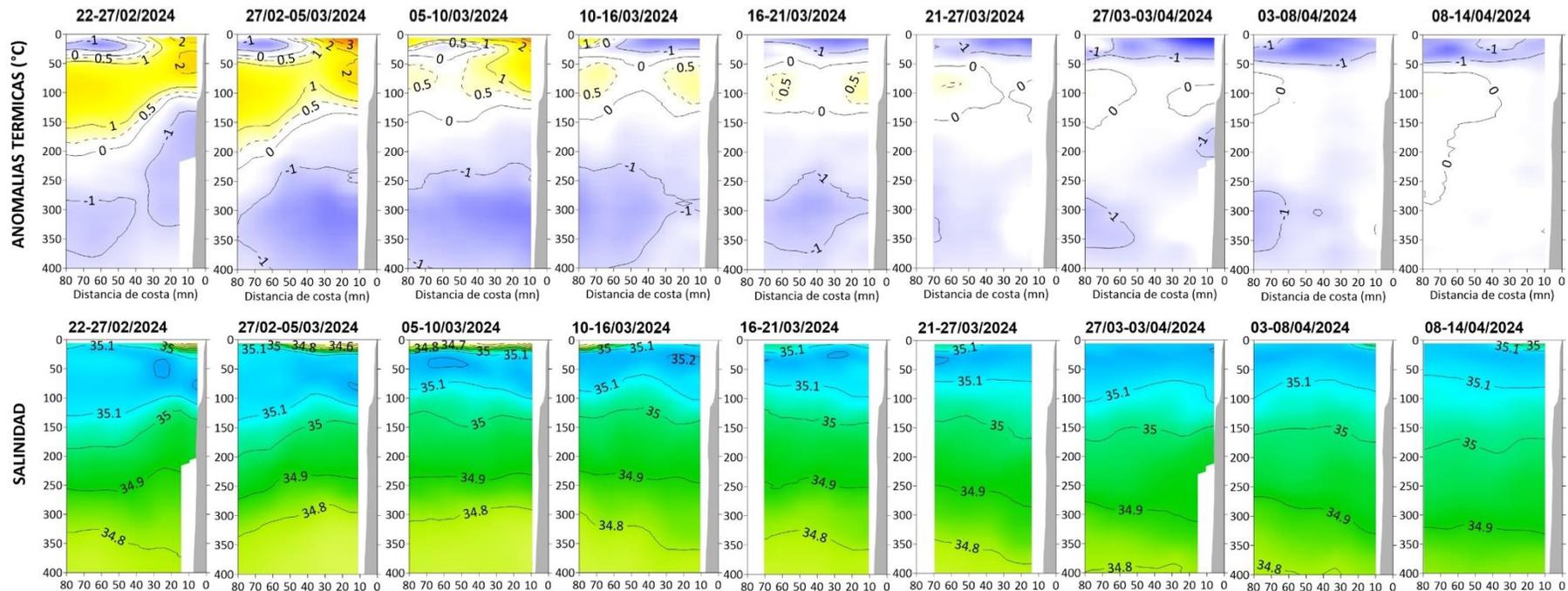


Figura 23. Secciones verticales de anomalía térmica (°C) y salinidad en la columna de agua registradas por el glider Mochica en despliegues realizados frente a Negritos – Talara, registrados entre el 22 de febrero y el 14 de abril. Climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023). Fuente: IMARPE.

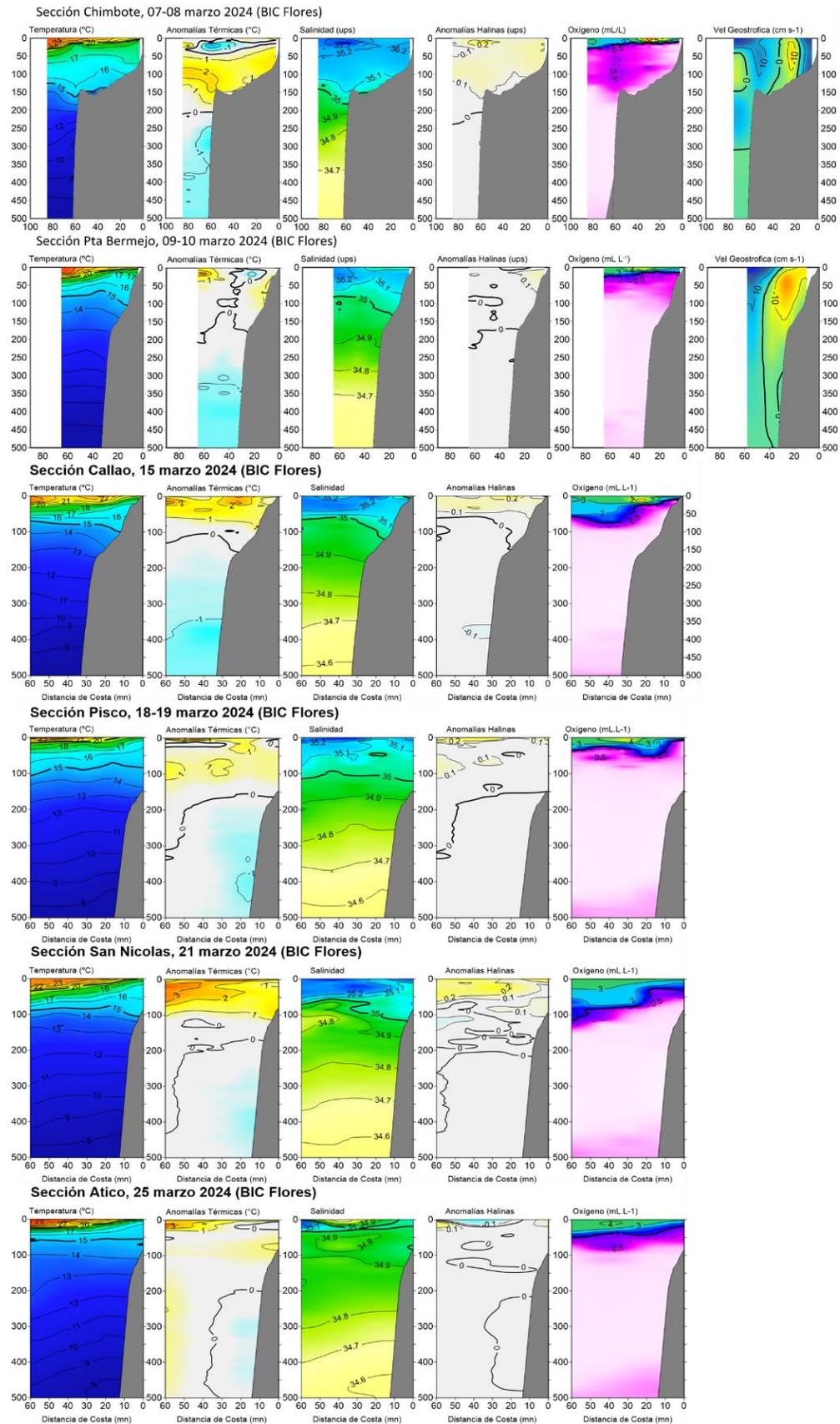


Figura 24. Secciones oceanográficas de temperatura, anomalía térmica, salinidad, anomalía halina, y oxígeno disuelto, realizadas frente a Chimbote, Punta Bermejo, Callao, Pisco, San Nicolás y Atico dentro de las 100 mn, entre el 07 y 25 de marzo de 2024. Climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023).

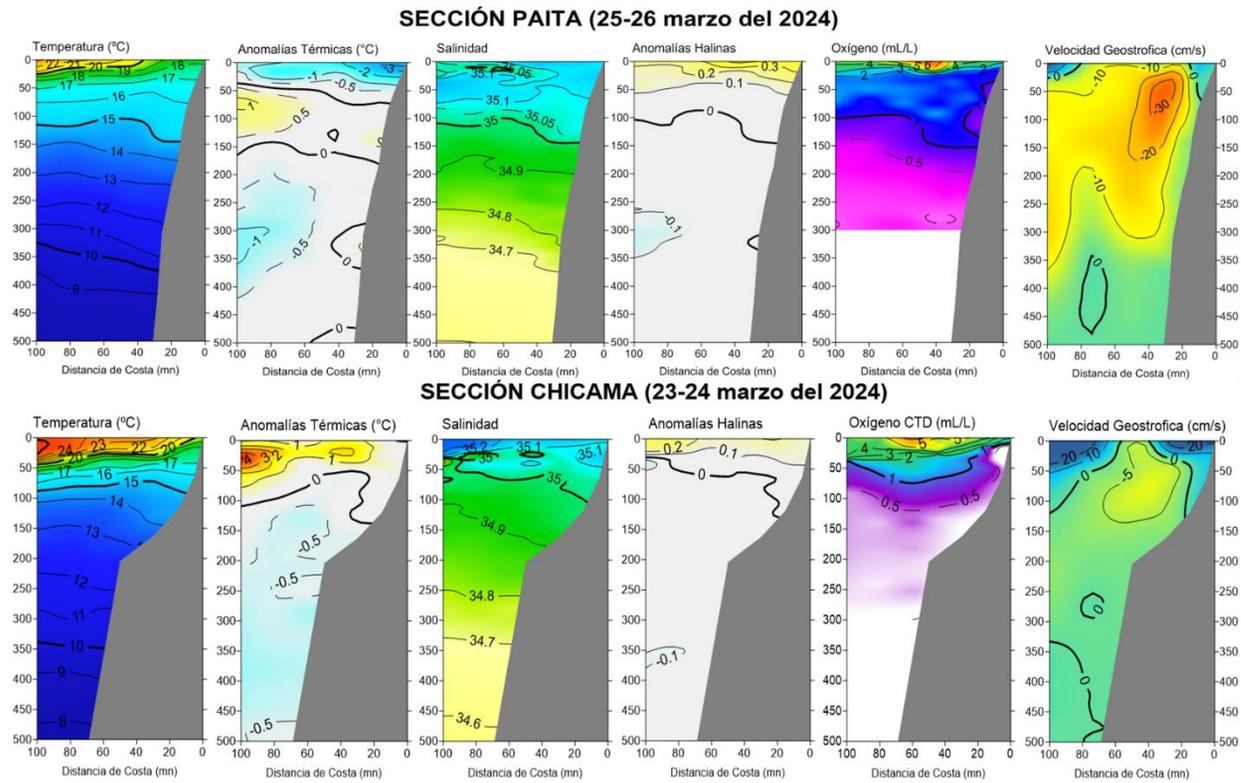


Figura 25. Secciones oceanográficas de temperatura, anomalía térmica, salinidad, anomalía halina, y oxígeno disuelto, realizadas frente a Paíta y Chicama dentro de las 100 mn, entre el 23 y 26 de marzo de 2024. Climatología: 1991-2020 (Domínguez et al., 2023).

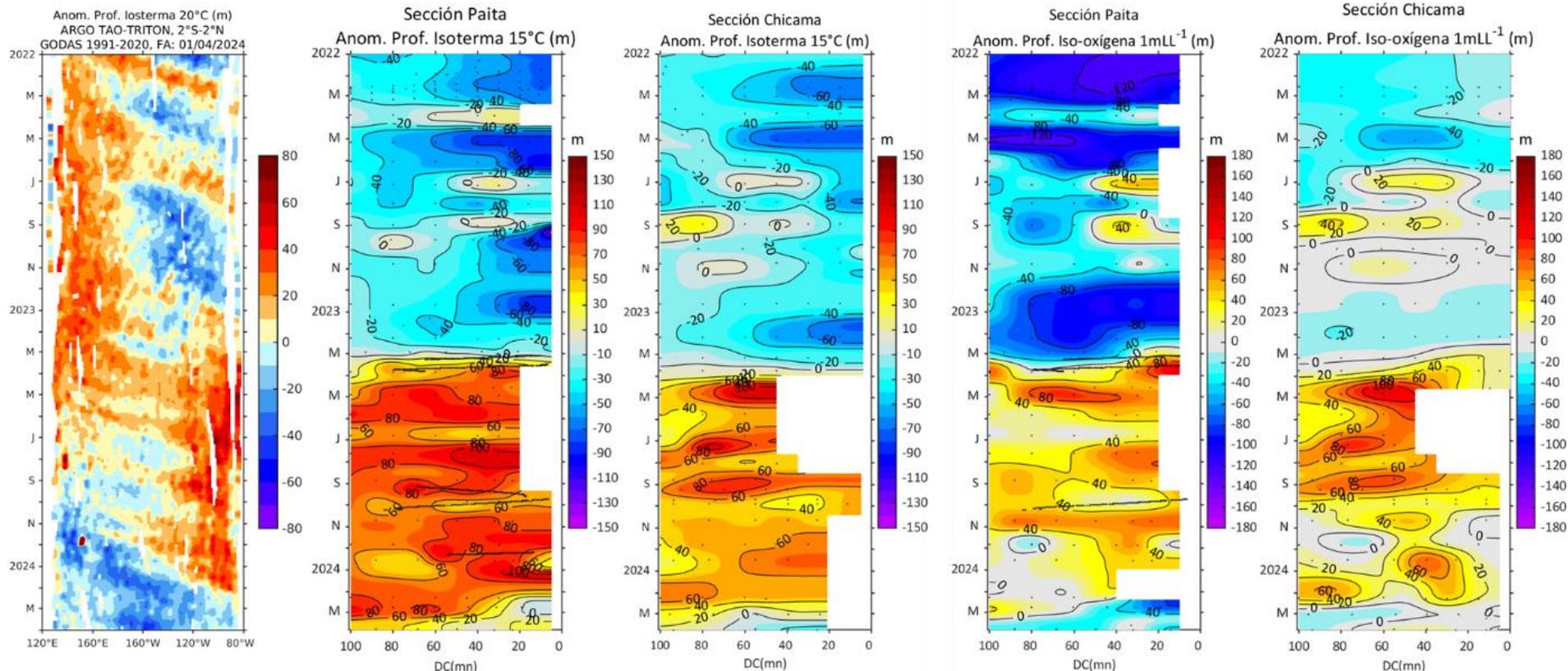


Figura 26. Anomalia de la profundidad de la isoterma de 20 en el Pacífico ecuatorial (ARGO/ TAO Triton) y anomalías de la profundidad de la isoterma de 15 °C y de la iso-oxígena de 1 mL L⁻¹, indicadores de la termoclina y de la oxiclina, respectivamente, frente a Paita y Chicama, estimadas en base a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

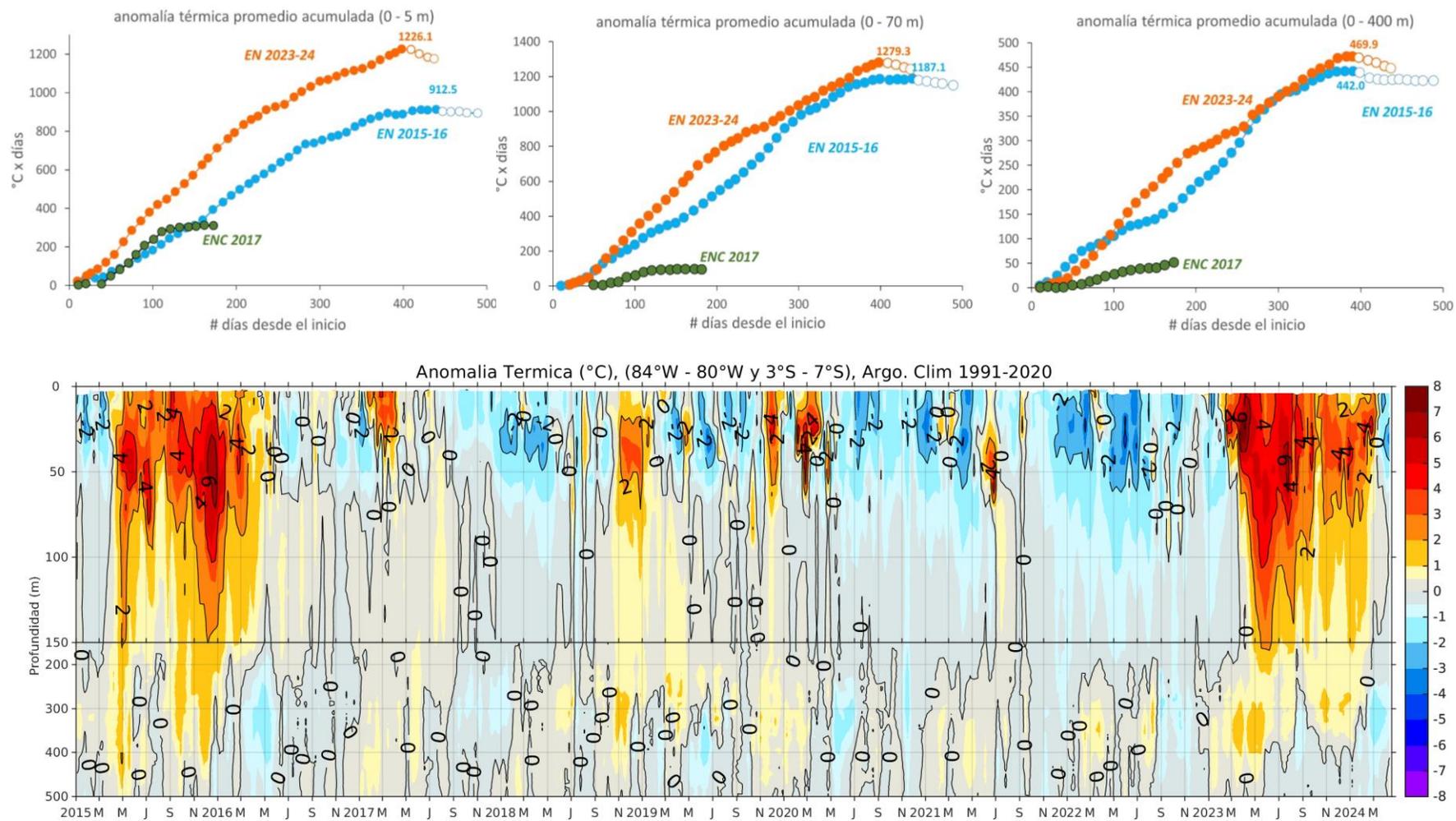


Figura 27. Arriba: Anomalia térmica promedio acumulada en las capas de 0-5, 0-70 y 0-400 m durante el desarrollo de El Niño 2023-2024, El Niño 2015-2016 y El Niño Costero 2017, en base a registros continuos de perfiladores ARGO en la caja 84° W – 80° W y 03° S – 07° S. Abajo: variabilidad temporal de 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 continuó decayendo de 24 °C a 22 °C durante la primera quincena de abril 2024, disminuyendo 2°C y alcanzando alrededor de -1.5 °C para la última semana del mes, disminuyendo las temperaturas y estableciendo una condición fría; asimismo, durante abril se viene presentando la disminución térmica que se relaciona con el incremento de la intensidad de flujos de la corriente marina zonal hacia el oeste sobre los 80 m de profundidad, lo que se relacionaría con una mayor presencia de las ACF, mientras que en la segunda semana de abril, flujos al oeste, que podría relacionarse al paso de la onda Kelvin cálida (**Figura 28**).

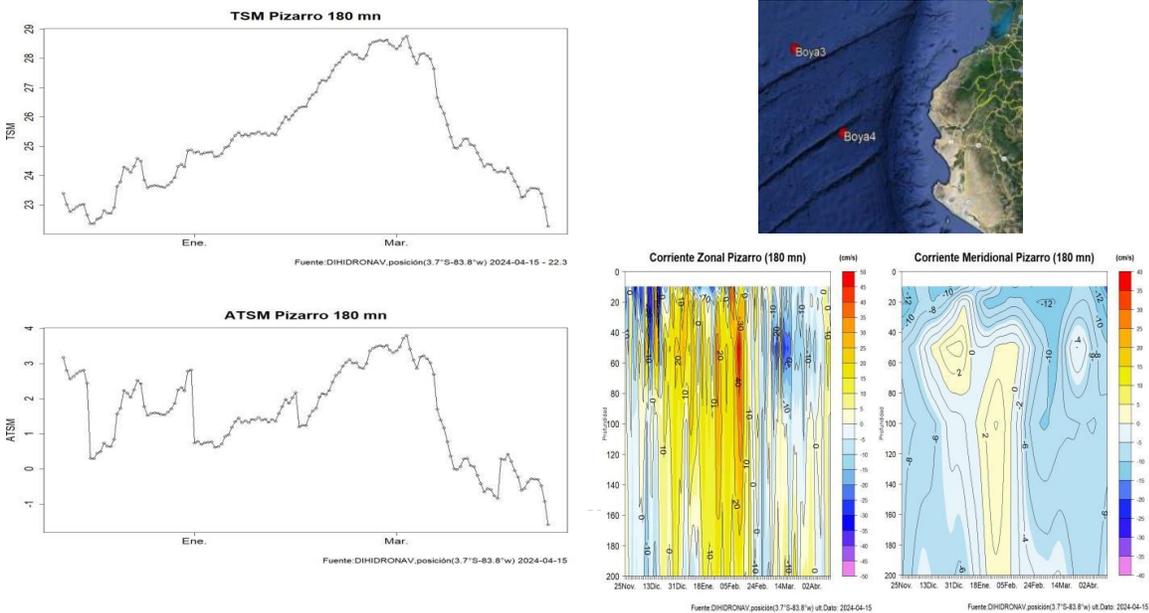


Figura 28. Serie de la a) temperatura superficial del mar, b) anomalía de la temperatura superficial del mar; d) corriente zonal y e) corriente meridional para la boya NAYLAMP 3 (a 180mn de Puerto Pizarro). Periodo: 25 de noviembre 2023 a 15 de abril 2024. Fuente y Procesamiento: DIHIDRONAV.

El pronóstico de TSM a 30 millas frente a la costa norte (Paita) indica la disminución de la temperatura hasta el 24 de abril sobre los primeros 30 m de profundidad y anomalías de -1 °C, la presencia de la isoterma de 19 °C en superficie y una ligera profundización de las isotermas entre los 100 m y 250 m de profundidad, aunque manteniendo una condición normal. A 100 millas se espera que se mantengan valores normales dentro de la columna de agua (**Figura 29a y b**). Frente a la costa centro, a 30 mn de Chicama y Callao se espera un leve enfriamiento sobre los primeros 50 m, disminuyendo el núcleo cálido de +1°C (**Figura 29c**). A 40 mn de Chimbote se espera un rápido enfriamiento que desarrolle una anomalía negativa de hasta -2 °C sobre los 70 m de profundidad (**Figura 29d y e**).

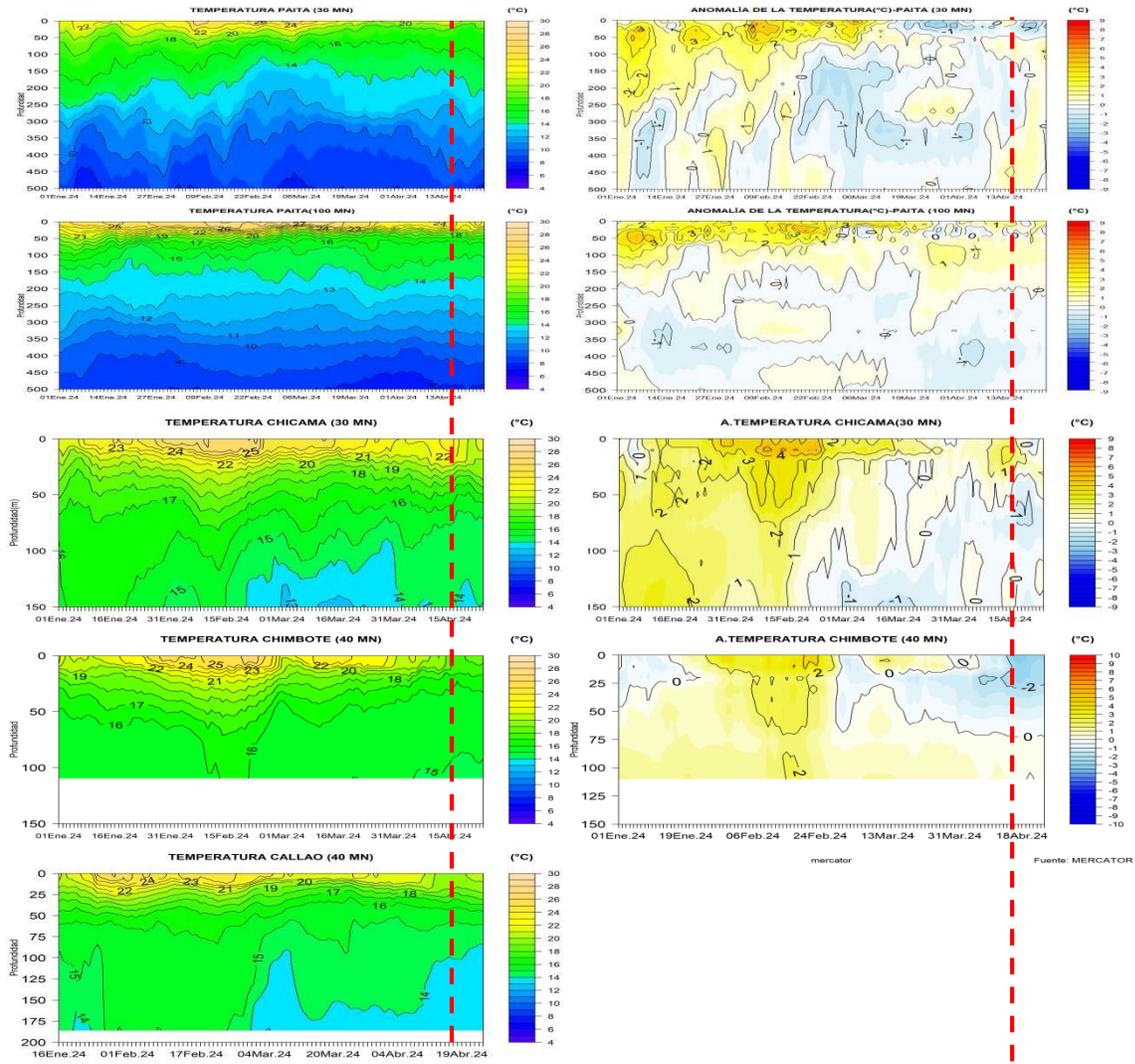


Figura 29. Pronóstico de temperatura subsuperficial del mar y su anomalía hasta los 500 m de profundidad frente a) Paita (30 mn), b) Paita (100 mn), c) Chicama (30mn), d) Chimbote (40mn) y e) Callao (40mn). Fuente: Mercator. Procesamiento: DIHIDRONAV

Por otro lado, según el modelo MERCATOR, hasta el 25 de abril habría una ligera tendencia al descenso de las anomalías de la TSM en la región Niño 1+2, alcanzando valores negativos (Figura 30). En cuanto a la ANM, entre los 0° y 14°S habría una propagación de anomalías negativas, posiblemente asociado al paso de la llegada de una onda Kelvin fría; mientras que, entre los 16°S y 20°S, se continuarían observando ligeras ANM positivas (Figura 31). La termoclina continuaría en una posición ligeramente por encima de su climatología frente a la costa peruana (Figura 32). En cambio, la anomalía de la TSM, presentaría primero una ligera tendencia al enfriamiento frente a toda la costa, y entre el 19 y el 25 de abril, una tendencia al incremento, principalmente frente a la costa norte de Perú, posiblemente asociado al episodio esperado de debilitamiento de los vientos.

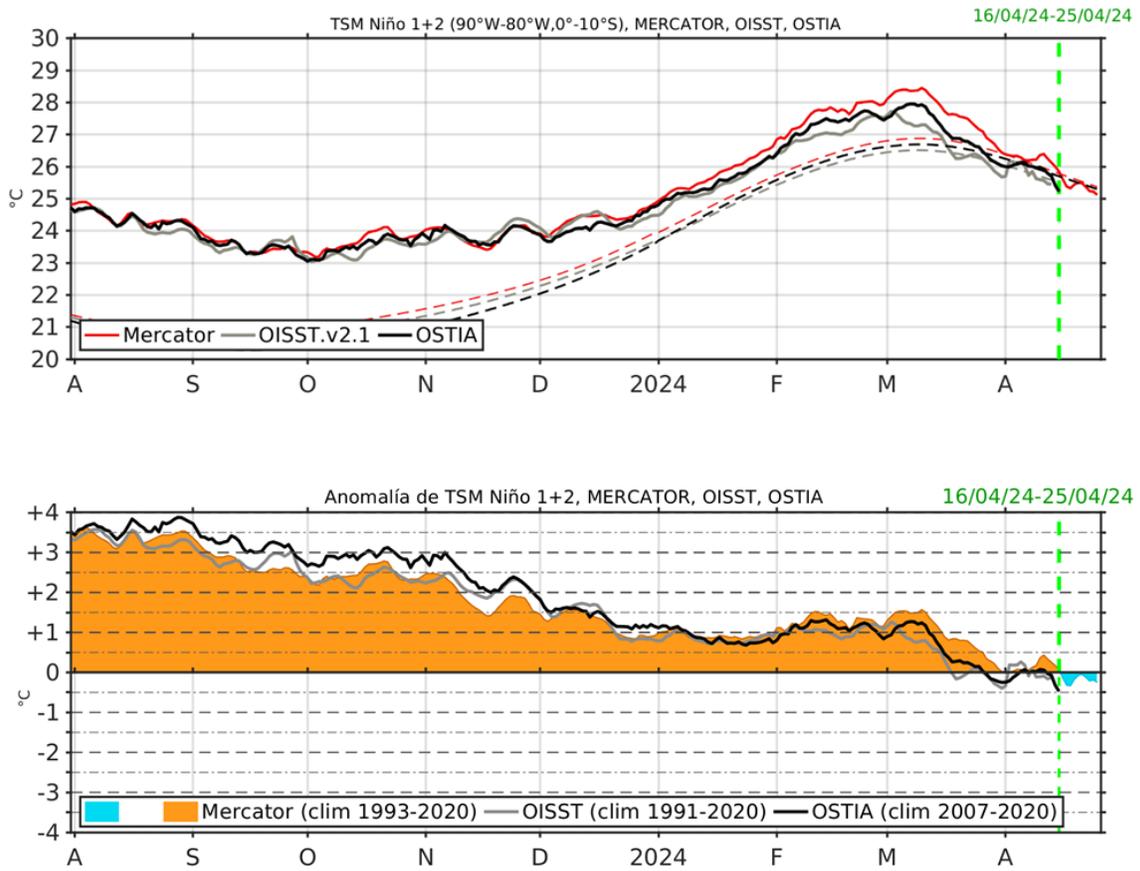


Figura 30. Temperatura superficial del mar (TSM), MERCATOR (rojo), OISST (gris), OSTIA (negro), (arriba); y Anomalía de TSM, Mercator (sombreado rojo y azul), OISST (gris), OSTIA (negro), (abajo), en la región Niño 1+2.

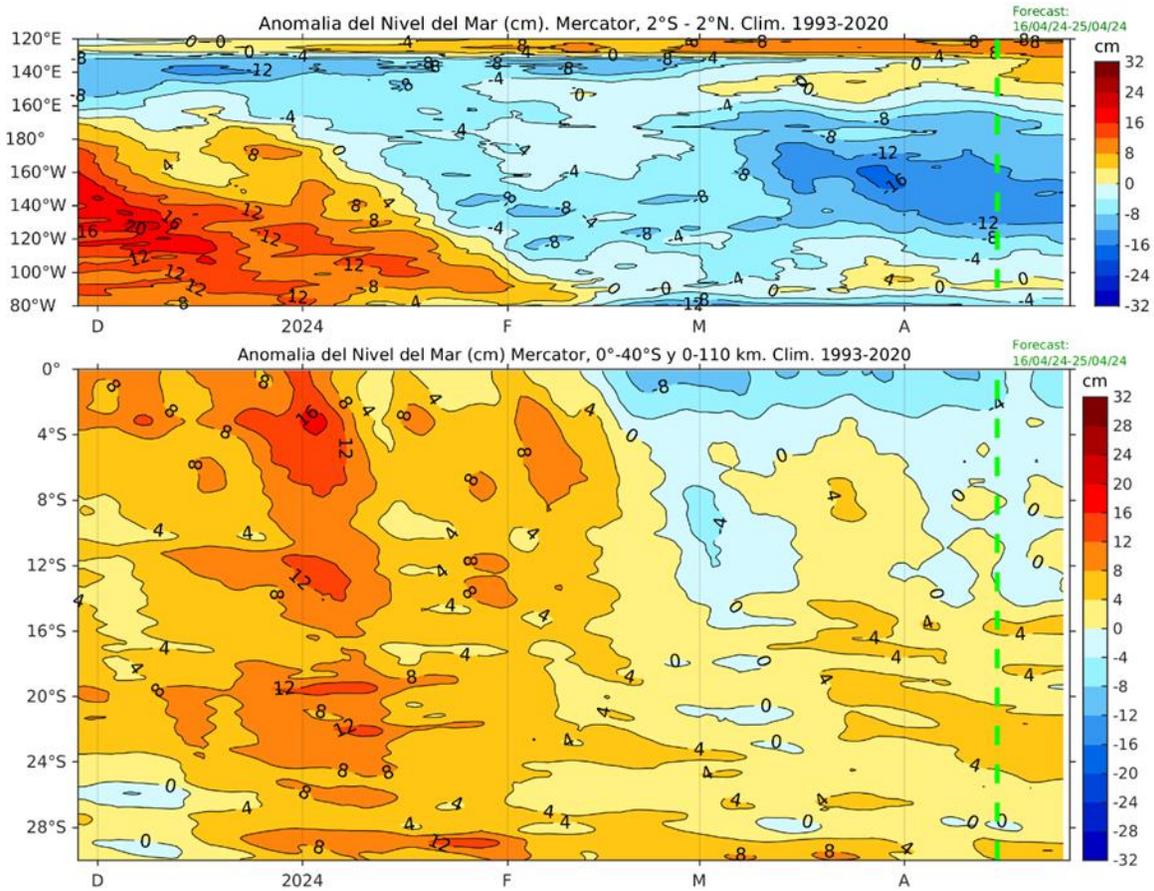


Figura 31. Anomalia de nivel del mar en el Pacifico ecuatorial, entre los 120°E - 80°W y 2°N - 2°S (arriba), y dentro de los 110 km frente a la costa entre los 0° - 40°S (abajo). Climatología de 1993-2020. Fuente: MERCATOR.

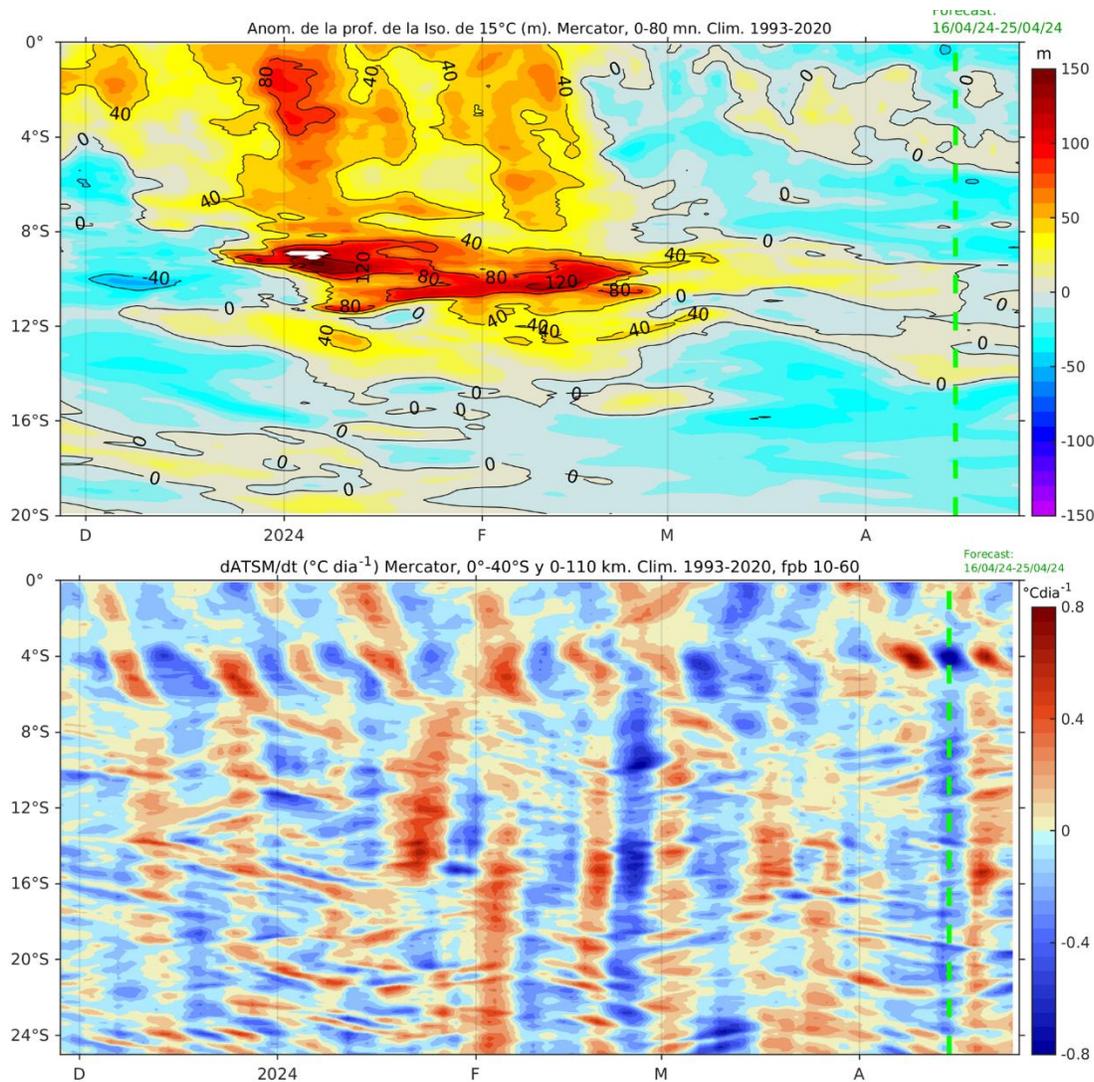


Figura 32. Anomalia de la profundidad de la termoclina (isoterma de 15 °C) dentro de los 80 mn frente a la costa (arriba) y tasa de cambio de anomalía de TSM respecto al tiempo dentro de los 60 km frente a la costa (abajo). Climatología de 1993-2020. Fuente: MERCATOR.

En cuanto a la salinidad superficial del mar (SSM), durante abril, las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) continuaron replegándose hacia el norte, disminuyendo su influencia frente a la costa norte, sector donde predominaron aguas de mezcla entre las aguas costeras frías (ACF) que habrían aflorado desde la última semana de marzo y las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) que mantuvieron su acercamiento hacia la costa norte, detectándose su presencia a 215 mn de Tumbes y dentro de las 80 mn frente a Talara, y en los 100 m de profundidad para ambas localidades (Figura 23, Figura 33, Figura 34). Entre Huanchaco y San Juan de Marcona, de acuerdo con MERCATOR, se mantuvo una amplia distribución de las ASS con valores halinos de hasta 35,3 por fuera de las 40 mn entre Chimbote-Callao (Figura 33).

Al sur de San Juan de Marcona se mantuvo el predominio de ACF, con presencia de celdas de aguas de mezcla con baja salinidad debido a la influencia de las Aguas Intermedias del Pacífico Sur (AIPSE) al sur de Atico (Figura 33). 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 33). Al sur de San Juan de Marcona predominaron las ACF, con una mayor influencia dentro de las 30 mn de Atico (Figura 20, Figura 33).

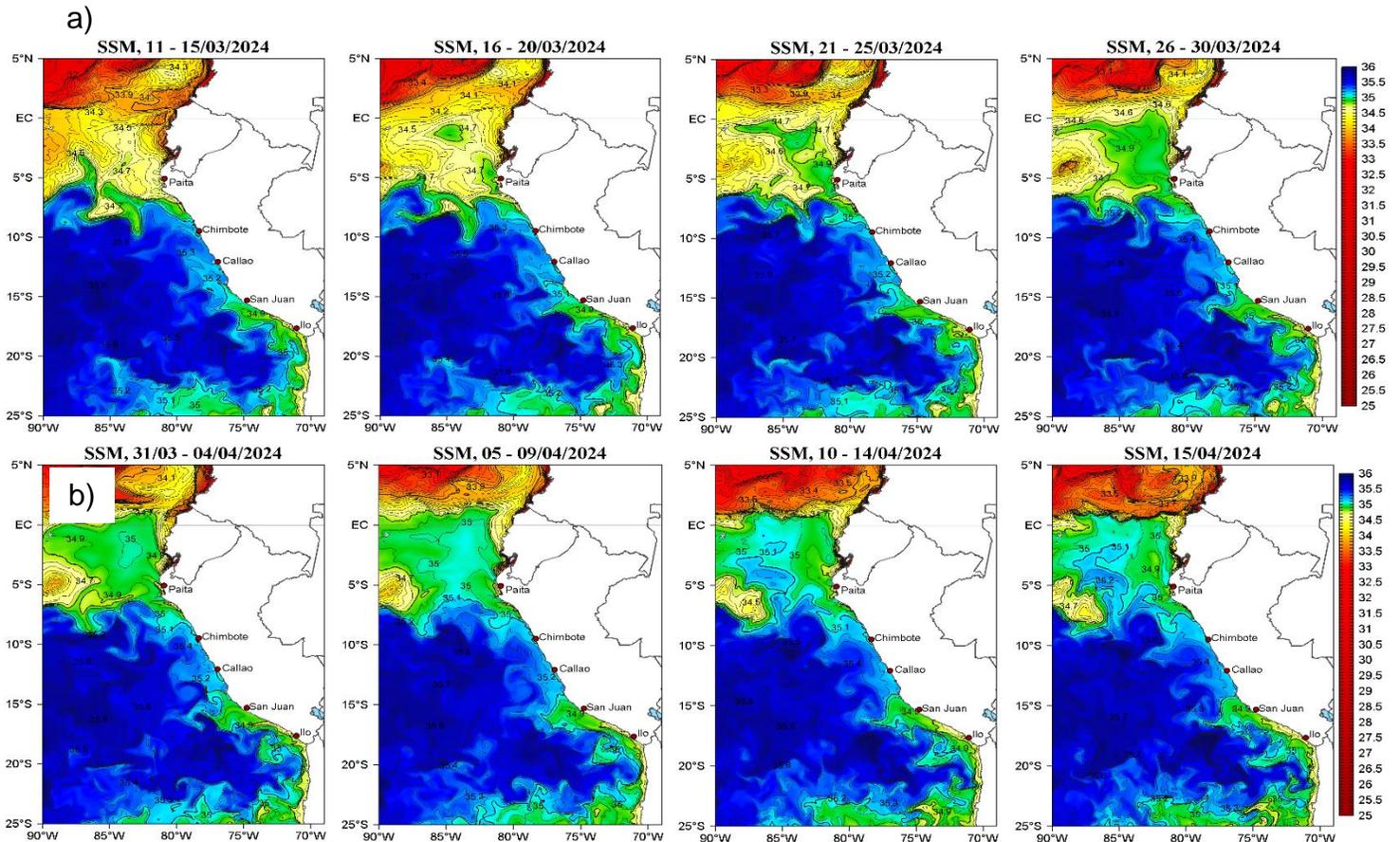


Figura 33. (a) Distribución pentadal de la Salinidad Superficial del Mar (SSM) en el Pacífico Sudeste, durante el 11 de marzo y 15 de abril 2024. (b) Diagrama Hovmöller de la SSM en la franja de las 60 millas costeras, al 15 de abril 2024. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. 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: LHF/M/AFIOF/DGIOCC/IMARPE.

El pronóstico de salinidad a 30 millas frente a la costa norte en el mar peruano (Paita) indica el predominio de las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) sobre los 120m de profundidad hasta la superficie y generando mezcla con las aguas costeras frías (ACF) (Figura 35a). Por otro lado, en la superficie se espera que las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) se mantengan hasta los 04°S cerca de costa con un alcance de hasta 50 millas; mientras que, las ASS se aproximarían a la costa hasta los 05°S, al sur de esta latitud y hasta los 08°S dominarían las ACF. Por otro lado, se espera el acercamiento de las ASS sobre la costa centro (Figura 35a).

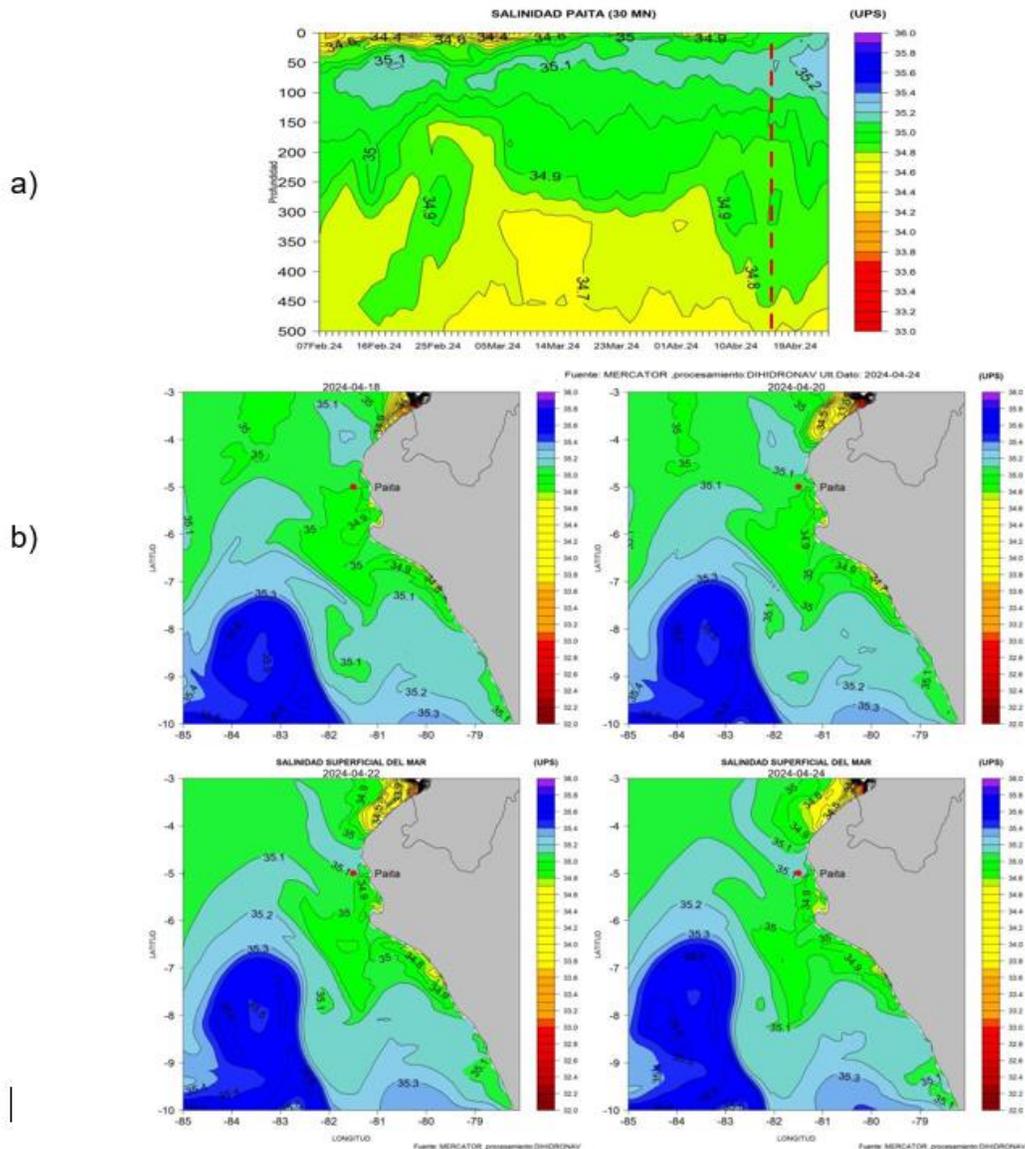


Figura 35. Pronóstico de salinidad del mar a) subsuperficial hasta los 500 m de profundidad frente Paita (30 mn), y b) espacial frente a la costa norte y centro para los días 18, 20, 22 y 24 de abril 2024 en base al 15 de abril. Fuente: Mercator. Procesamiento: DIHIDRONAV.

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 36). En lo que va de abril, las concentraciones disminuyeron respecto a marzo (Figura 37), predominando valores entre $1 \text{ a } 3 \mu\text{g L}^{-1}$, con núcleos de $10 \mu\text{g L}^{-1}$, dentro de las 50 mn, entre San José y Paita y entre Huacho y Pisco. Respecto a las anomalías de clorofila-a, en marzo se observaron anomalías positivas de $+1 \text{ a } +12 \mu\text{g L}^{-1}$ a lo largo de la costa, las cuales se atenuaron durante la primera quincena de abril, predominando anomalías positivas de $+1 \text{ a } +6 \mu\text{g L}^{-1}$, dentro de las 60 mn, entre el norte de Paita y Chimbote, entre Huacho y Callao, y frente a Pisco, aunque en esta última zona estuvieron replegadas dentro de las 30 mn. Cabe mencionar que en lo que va de abril también se presentaron anomalías negativas de $-1 \text{ a } -2 \mu\text{g L}^{-1}$, principalmente entre Chimbote y Huacho, desde la costa hasta las 60 mn, y frente a Pisco entre las 30 a 60 mn de la costa (Figura 36). La alta productividad, por encima de su patrón climatológico, estaría asociada al efecto acumulado de ondas Kelvin frías, aunado a una baja nubosidad; sin embargo, las anomalías negativas observadas en lo que va de abril podrían relacionarse a la presencia de remolinos anticiclónicos. Estas condiciones ambientales también favorecieron la continuación de floraciones algales nocivas (FAN), especialmente en la costa central, destacando el evento frente a Bahía Miraflores – Callao, que se extendió del 5 al 25 de marzo (Tabla 4). A estos eventos se suma la ocurrencia de una FAN en la Bahía Paracas a inicios de abril.

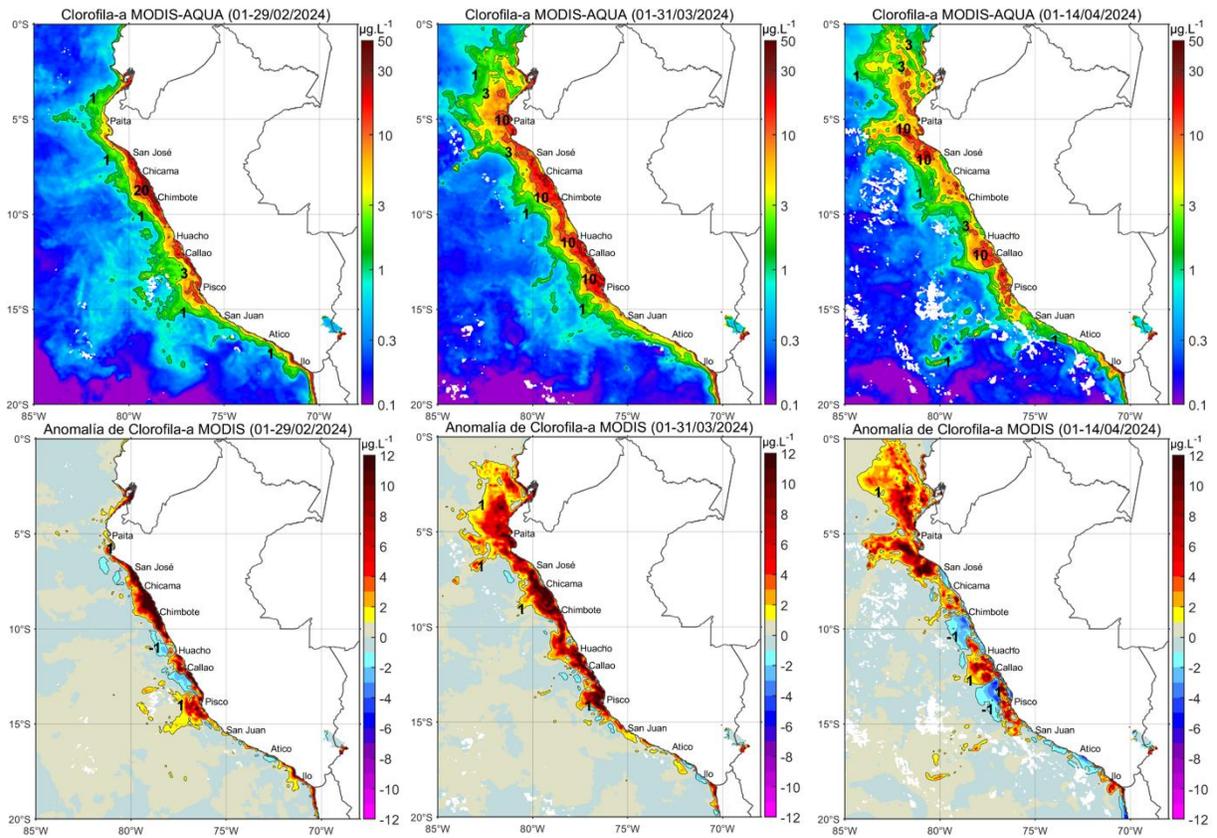


Figura 36. Distribución de la concentración de clorofila-a superficial satelital ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel superior) y su anomalía ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel inferior), durante, diciembre 2023, febrero al 14 abril de 2024 (de izquierda a derecha), proveniente de MODIS-AQUA. Fuente: Fuente: Satélite MODIS. Procesamiento: LHQ/AFIOQG/DGIOCC/IMARPE.

Tabla 4. Floraciones Algales Nocivas (FAN) registradas por IMARPE frente a la costa entre marzo y abril 2024. Se indican la especie responsable y su concentración celular.

FECHA	ESPECIE	LUGAR	CONCENTRACION CELULAR (cel L ⁻¹)	TSM (°C)
5-Mar	<i>Akashiwo sanguinea</i>	Bahía Huacho	1,37 x 10 ⁶	20.5
16-Mar	<i>Akashiwo sanguinea</i>	Bahía Paracas	1.71 x 10 ⁶	20.5
05-25 Mar	<i>Akashiwo sanguinea</i>	Bahía Miraflores	3x10 ⁶	26.5
27-Mar	<i>Akashiwo sanguinea</i>	Bahía Paracas	8.58 x 10 ⁶	23.4
23-Mar	<i>Gonyaulax spinifera</i>	Paita (90mn)	10.26 x 10 ⁶	23,8
3-Abr	<i>Heterosigma akashiwo</i>	Bahía Paracas	2.02 x 10 ⁶	23.1

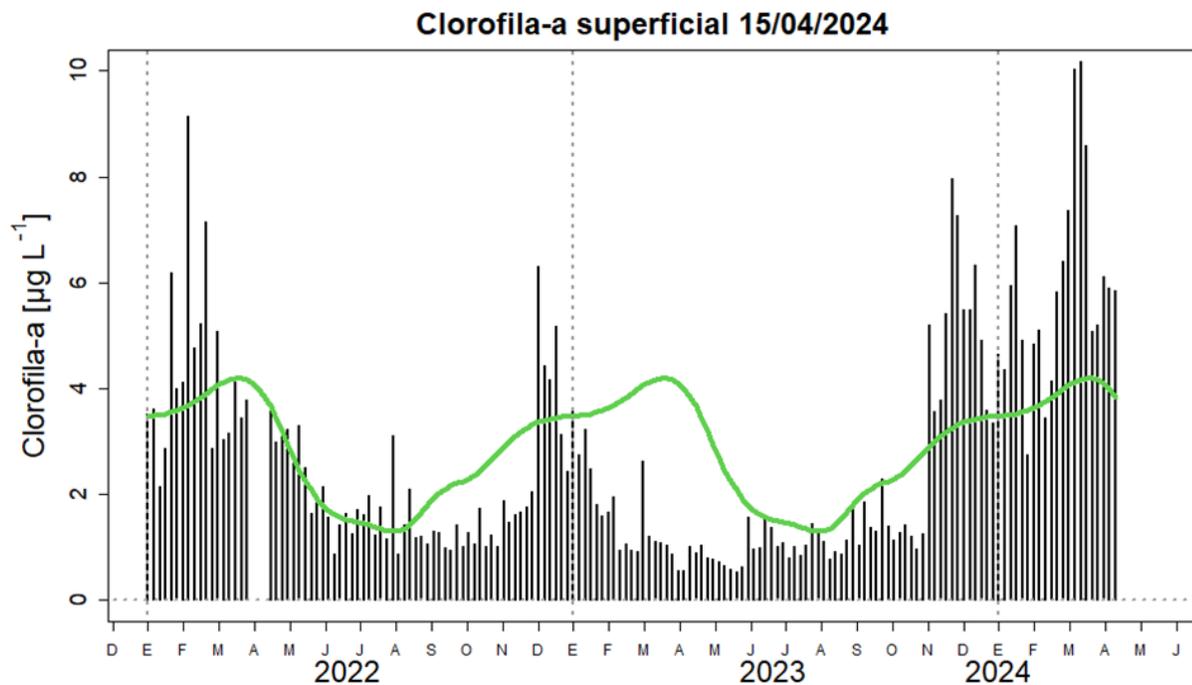


Figura 37. Serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barra negra) y su climatología (línea verde) proveniente de SeaWIFS-MODIS ($\mu\text{g L}^{-1}$) entre 4° S-16° S y dentro de los 100 km de la costa. Fuente: IMARPE.

Respecto a los recursos pelágicos pesqueros, los resultados del Crucero de Evaluación Hidroacústica de la anchoveta y otros recursos pelágicos (Cr 2402-04), muestran que la anchoveta se distribuyó de manera continua, a lo largo del litoral entre Paita (5° S) y Ático (16° S), con importantes núcleos de concentración frente a Paita-isla Lobos de Tierra, Pacasmayo-Huarmey, Huacho–Pisco, Bahía Independencia y Atico. Según distancia a la costa, a la anchoveta se la registró hasta las 52 mn frente a Salaverry-Chimbote y Huarmey- Supe. Los individuos con tallas menores a 12 cm se presentaron principalmente dentro de las 20 mn y los ejemplares adultos, entre 20 a 52 mn (Figura 38). La distribución vertical de los cardúmenes presentó una importante regularización en su profundidad, acorde con la normalización de las condiciones térmicas en la columna de agua. En cuanto a los indicadores reproductivos de la anchoveta del stock norte-centro al 15 de abril, el Índice Gonadosomático (IGS) y la Fracción Desovante (FD) mostraron procesos de maduración gonadal y desove, acorde a lo esperado para esta época del año (Figura 39).

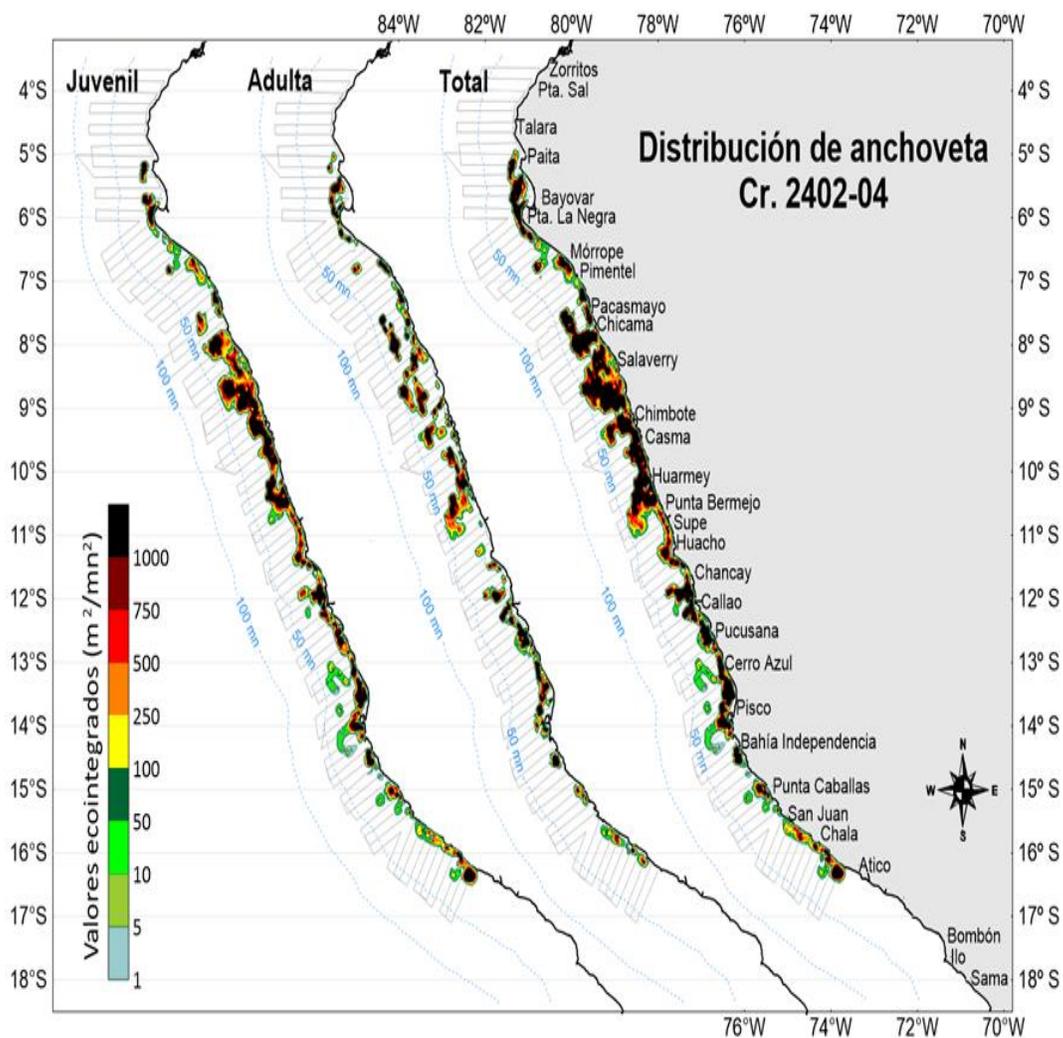


Figura 38. Distribución espacial de anchoveta según el Cr 2402-04. Izquierda: distribución de juveniles, centro: adultos y derecha: total.

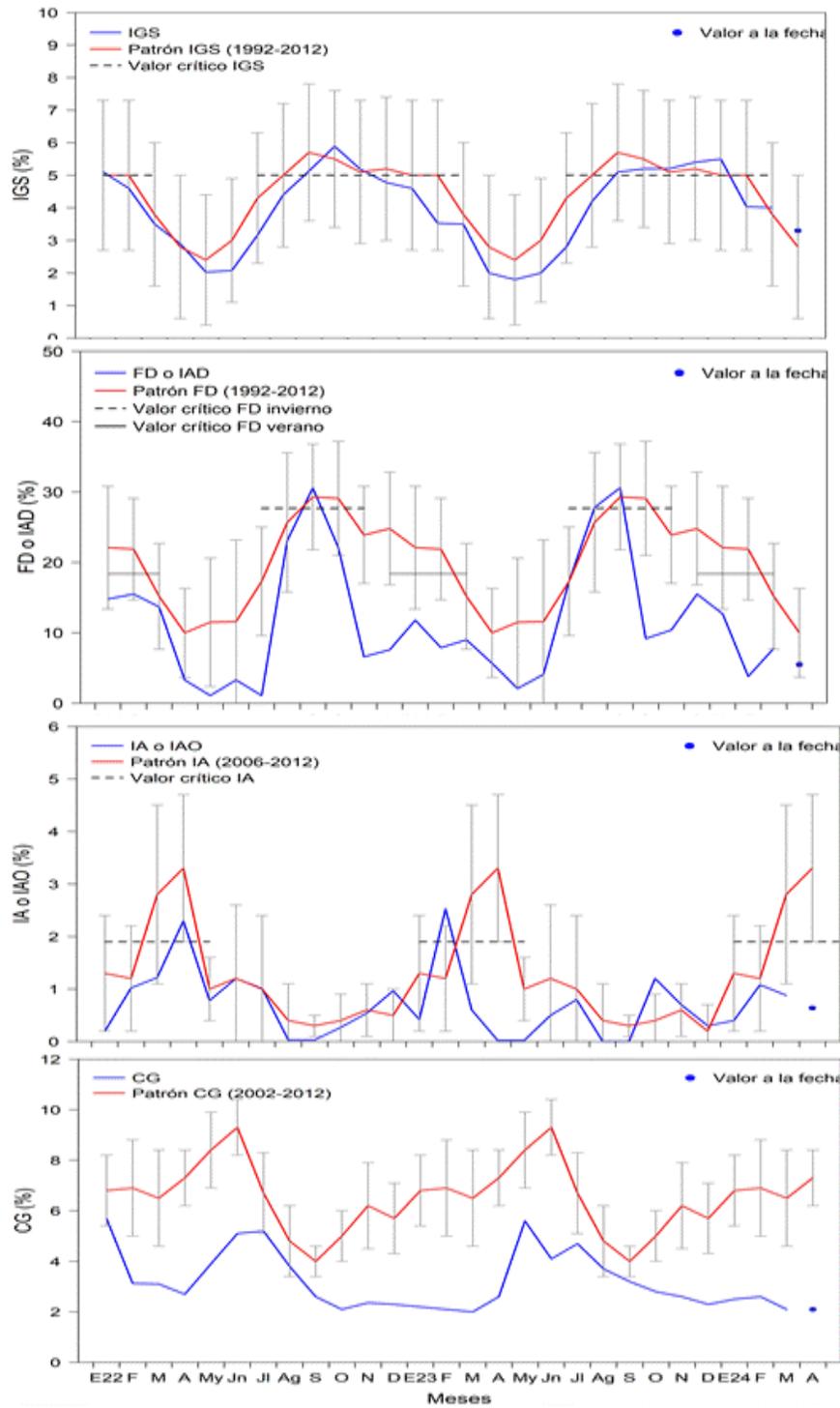


Figura 39. Indicadores reproductivos a) Índice gonadosomático, b) Fracción desovante, c) Índice de atresia de la anchoveta e indicador somático d) Contenido graso. Periodo enero 2022 - abril 2024.

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*), continuo disponible a la flota de cerco con una distribución costera dentro de las 20 mn en el caso de jurel y caballa y dentro de las 50 mn para el bonito. El pez oceánico perico (*Coryphaena hippurus*) continuo presentando un alejamiento de costa (entre 70 mn y 200 mn) y por lo tanto una menor accesibilidad a la pesca (Figura 40).

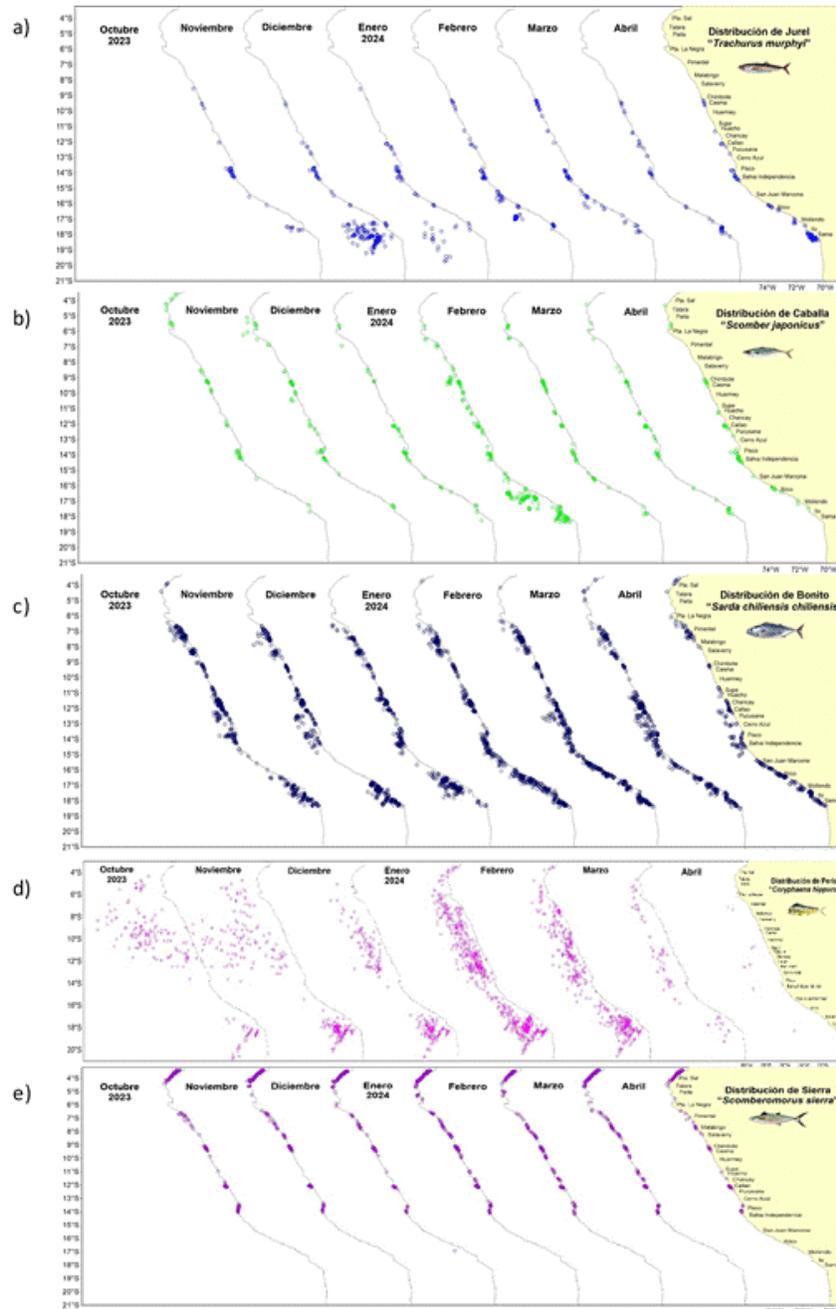


Figura 40. Distribución de recursos transzonales a) jurel, b) caballa, c) bonito, oceánico d) perico y norteño e) sierra durante octubre 2023 – abril 2024.

Respecto a los recursos demersales, del 01 al 14 de abril 2024, 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 el extremo norte del litoral peruano y los 4° S, por lo que se podría inferir una mayor concentración del recurso en esas latitudes (Figura 41). Los valores de CPUE para lo que va del mes de abril, son similares a los registrados en marzo (Figura 42). Además, se mantuvo la presencia de ejemplares de menor tamaño, los cuales aún se encuentran desde el extremo norte hasta los 5° S. A diferencia del mes anterior, se observó un aumento en la presencia de individuos de tallas mayores (Figura 43).

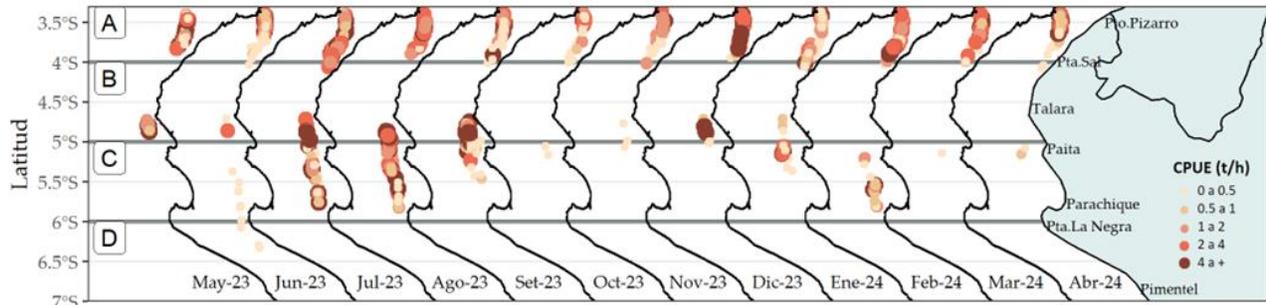


Figura 41. Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE en th-1) por lance de pesca entre los meses de mayo 2023 a 14 abril de 2024 (de izquierda a derecha) de la flota industrial de arrastre de merluza.

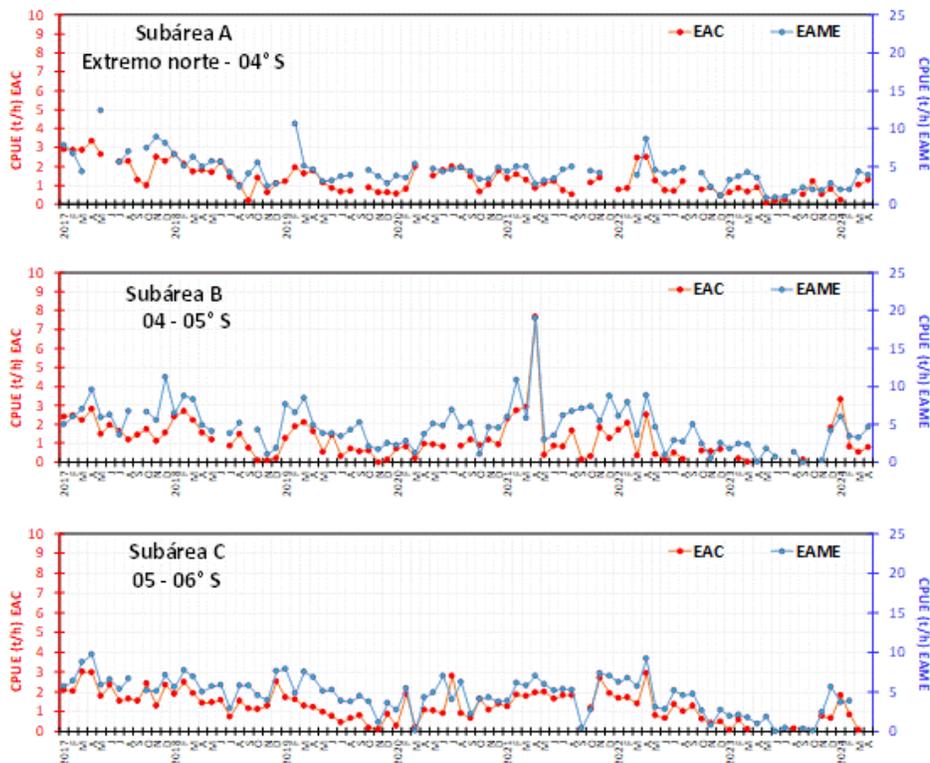


Figura 42. CPUE mensual (t/h) por subárea de pesca y tipo de embarcación de la flota industrial de arrastre de merluza.

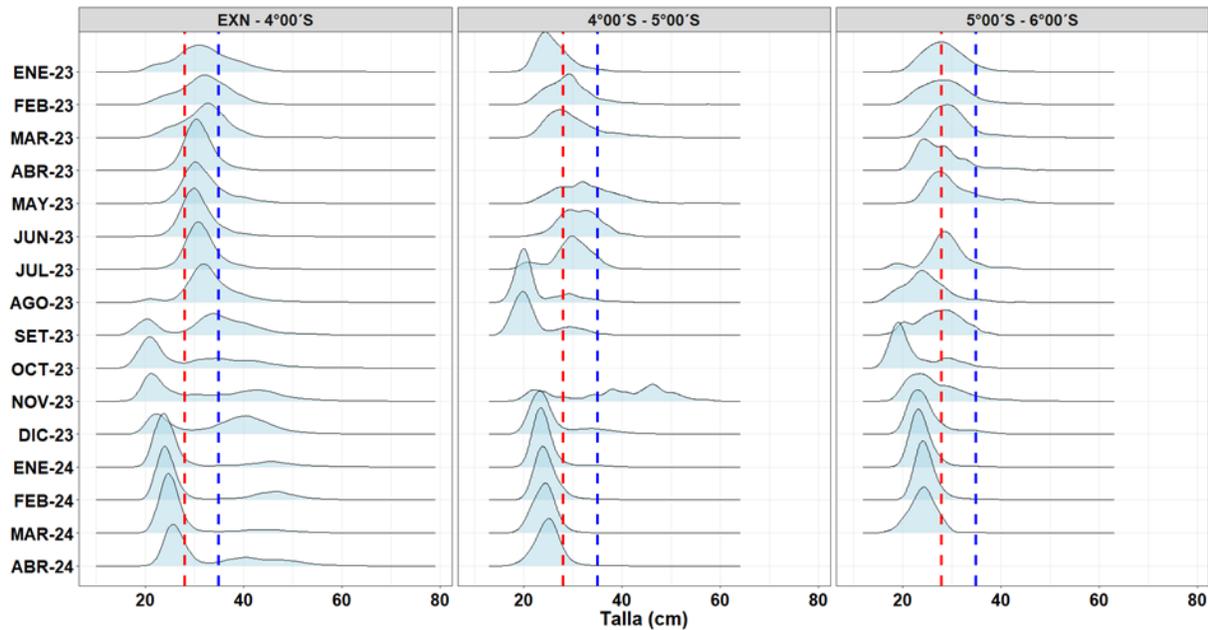


Figura 43. Distribución de tallas de merluza por subárea (latitud) de enero 2023 al 14 abril 2024, capturada por la flota industrial de arrastre

Para los recursos invertebrados, se observó la disminución de los desembarques de los recursos, calamar gigante (*Dosidicus gigas*), pulpo (*Octopus mimus*), concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) y langostino café (*Penaeus californiensis*). El calamar gigante se encontró distribuido entre los 12°S - 16°S, y 100 - 200 mn de la costa. Se esperaría que la disponibilidad del recurso calamar gigante a la flota pesquera siga sujeto a las condiciones climáticas, que condicionan su amplitud en su distribución (Figura 44).

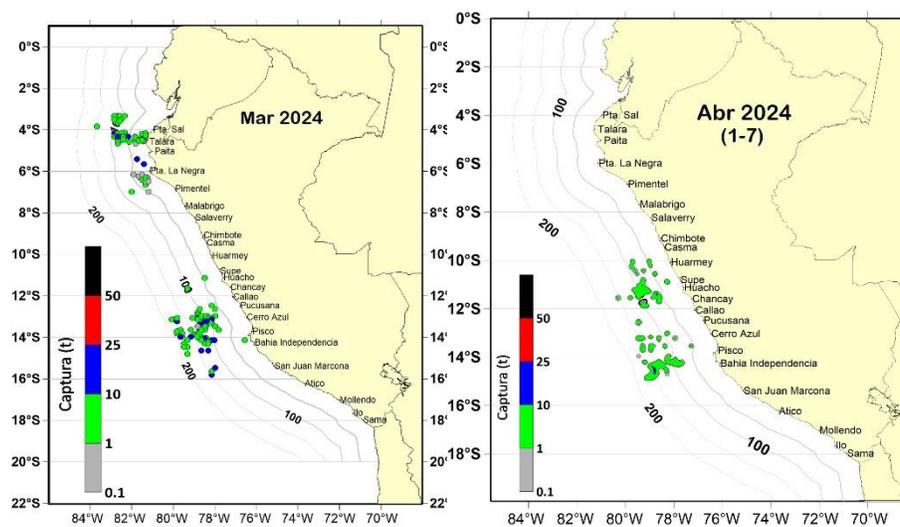


Figura 44. Distribución de la flota artesanal del calamar gigante *Dosidicus gigas*, marzo y abril 2024

3.4. Condiciones hidrológicas

Para los primeros quince (15) días del mes de marzo del 2024 los ríos de la vertiente del pacifico norte de Tumbes hasta el río Moche, sus caudales estuvieron por debajo de lo normal, de forma muy notoria, cabe mencionar que estos valores de anomalías ya se vienen observando desde los últimos días del mes de febrero, mientras que los ríos del centro del país presentan caudales dentro de lo normal a sobre lo normal y del sur del país presentan valores sobre lo normal en su gran mayoría.

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 Maraón se observaron por debajo de lo normal de forma continua.

Los ríos de la vertiente del Titicaca tienen condiciones notoriamente sobre lo normal, pero 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 16 de abril del 2024

Zona	Ríos	Pentadiarios (m3/s)						Prom (m3/s)	Anom (%)	Condición	Fuente
		Marzo - 2024			Abril - 2024						
Pacífico Norte	Tumbes Cabo Inga	100.75	122.94	91.17	199.97	129.04	99.43	123.88	-41.11	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
	Tumbes El Tigre	119.42	158.75	98.56	228.42	177.58	113.88	149.43	-47.70	Ligeramente por debajo de lo normal	PEBPT
	Chira (ardilla)	95.48	179.72	83.28	188.61	117.07	86.02	125.03	-30.90	Ligeramente por debajo de lo normal	PECHP
	Chira (Puente Suallana)	20.00	13.00	12.50	7.77	6.67	6.30	11.04	-88.18	Significativamente por debajo de lo normal	PECHP
	Piura	22.80	41.00	13.00	3.48	8.75	1.69	15.12	-81.98	Significativamente por debajo de lo normal	JUSL
	Quiroz	26.27	51.68	23.86	77.99	36.80	16.47	38.84	-19.57	Ligeramente por debajo de lo normal	PECHP
	Motupe	1.04	1.22	1.15	1.49	1.69	1.39	1.33	-29.42	Significativamente por debajo de lo normal	JU SHM Motupe - Clase B
	La Leche	4.93	11.90	3.88	7.88	6.90	5.00	6.75	-52.12	Significativamente por debajo de lo normal	JUDR-LA LECHE
	Chancay Lambayeque	29.79	29.38	22.20	44.30	49.28	33.70	34.77	-58.36	Significativamente por debajo de lo normal	PEOT
	Zaña	6.50	6.48	6.02	4.75	7.71	7.13	6.43	-52.53	Significativamente por debajo de lo normal	JU ZAÑA
	Jequetepeque	30.83	32.73	22.63	25.97	31.02	33.54	29.45	-68.78	Significativamente por debajo de lo normal	PEJEZA
	Chicama (Salinar)	29.56	34.23	20.60	19.88	27.92	41.32	28.92	-69.22	Significativamente por debajo de lo normal	PECHAVIMOCHIC
	Chicama (Tambo)	26.73	37.46	21.17	20.01	25.22	27.21	26.30	-43.14	Ligeramente por debajo de lo normal	PECHAVIMOCHIC
	Moche	4.80	7.83	3.56	3.03	10.07	20.75	8.34	-60.10	Significativamente por debajo de lo normal	PECHAVIMOCHIC
	Santa	326.42	655.07	372.20	402.52	396.53	443.77	432.75	46.15	Ligeramente sobre lo normal	PECHAVIMOCHIC
Pacífico Centro	Pativilca	80.59	81.77	73.30	70.76	83.47	65.19	75.85	-3.02	Normal	STATKRAFT PERU S.A.
	Huaura	31.76	45.34	45.87	38.68	36.83	33.68	38.69	-15.03	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
	Huaral	21.76	30.58	36.02	31.56	35.52	33.32	31.46	7.00	Normal	SENAMHI
	Chillon	7.28	11.04	11.92	19.03	10.93	11.59	11.96	3.59	Normal	SENAMHI
	Rimac	39.66	51.50	53.40	46.12	40.80	40.39	45.31	-13.37	Normal	SENAMHI
	Lurin	11.15	13.68	13.45	11.73	11.82	10.73	12.09	-21.95	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
	Mala	44.20	68.80	60.00	53.00	54.80	42.25	53.84	47.34	Ligeramente sobre lo normal	JUSDR MALA
	Cañete	108.80	127.30	127.50	109.90	112.59	101.71	114.63	3.19	Normal	JU CAÑETE
	San Juan	108.64	104.67	85.79	71.34	92.24	61.72	87.40	166.08	Significativamente sobre lo normal	JU SAN JUAN

Zona	Rios	Pentadiarios (m3/s)						Prom (m3/s)	Anom (%)	Condición	Fuente	
		Marzo - 2024			Abril - 2024							
	Pisco	57.92	69.29	82.33	71.79	90.93	53.73	71.00	103.34	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI	
Pacífico Sur	Ica	30.08	28.76	32.85	19.79	42.02	18.40	28.65	97.69	Significativamente sobre lo normal	JU LA ACHIRANA	
	Acari	51.11	41.73	61.67	35.00	41.33	38.33	44.86	-62.76	Significativamente por debajo de lo normal	JU BELLA UNIÓN	
	Yauca	56.07	33.60	39.89	24.80	38.07	36.13	38.09	41.52	Ligeramente sobre lo normal	JU YAUCA	
	Ocoña	662.30	429.20	371.02	271.54	384.94	395.59	419.10	103.58	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI	
	Camana	301.35	175.03	184.51	142.08	157.40	163.66	187.34	35.60	Ligeramente sobre lo normal	SENAMHI	
	Socabaya	5.65	2.99	3.44	1.17	0.42	0.24	2.32	66.49	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI	
	Huaracane	1.20	0.68	0.63	0.49	0.37	0.26	0.60	21.17	Ligeramente sobre lo normal	ANA	
	Torata	3.52	3.08	3.00	1.35	0.95		2.38	52.29	Significativamente sobre lo normal	ANA	
	Tumilaca	6.44	8.62	8.51	5.33	6.85	4.22	6.66	21.82	Ligeramente sobre lo normal	ANA	
	Locumba	3.09	2.86	2.87	2.99	2.91	2.76	2.91	2.12	Normal	PET	
	Sama	7.27	4.30	4.45	3.21	3.35	3.77	4.39	135.84	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI	
	Caplina	2.29	2.24	1.40	0.59	0.74	1.33	1.43	102.69	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI	
Marañon	Marañon (Coral Quemado)	743.10	934.47	1001.26	963.17	972.94	747.74	893.78	-36.59	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI	
	Marañon (Cumba)	818.03	1039.96	1191.19	1054.14	1070.94		1034.85	-11.75	Normal	SENAMHI	
	Crisnejas (Puente)	34.42	62.12	31.42	66.46	57.34	44.60	49.39	-45.55	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI	
	Crisnejas (Jesus Tunel)	4.32	5.16	2.81	7.69	7.06	4.67	5.29	-82.35	Significativamente por debajo de lo normal	SENAMHI	
Rios Navegables Norte	Napo	4932.87	5749.47	5811.27	4976.56	5969.93		5488.02	-22.27	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI	
	Amazonas (Tanshiyacu)	37319.05	37858.13	37721.51	36983.07	36783.67		37333.09	-10.33	Normal	SENAMHI	
Huallaga	Sisa	24.87	68.13	118.42	27.63	20.33	13.53	45.49	59.95	Significativamente sobre lo normal	JU HUALLAGA CENTRAL	
	Huallaga (Huayabamba)	1748.55	1870.24	1752.54	1828.88	1752.42		1522.90	1745.92	48.35	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI
	Tocache	1355.82	1709.49	1559.81	1435.46	1450.40		1270.35	1463.55	-23.75	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI
	Huallaga (Tingo María)	668.95	736.43	793.52	725.62	697.88		656.76	713.19	-5.06	Normal	SENAMHI
	Huallaga (Taruca)	132.18	156.02	204.22	161.04	135.69		119.12	151.38	9.90	Normal	SENAMHI
Rios Navegables Centro	Ucayali (msnm)	146.47	146.44	146.50	145.98	145.72	145.43	146.09	-1.20	Normal	DTAGRU	
Mantaro	Mantaro (Pongor)	575.41	735.49	1166.29	914.93	707.01	621.65	786.80	62.42	Significativamente sobre lo normal	KALLPA GENERACIÓN	
	Mantaro (La Mejorada)	369.62	499.16	747.15	567.17	431.53	397.30	501.99	43.01	Ligeramente sobre lo normal	ELECTROPERU	
	Mantaro (Stuart)	150.69	196.19	261.75	204.04	173.46	163.48	191.60	3.13	Normal	ELECTROPERU	
	Mantaro (Chulec)	138.65	171.89	223.70	173.98	149.28	147.43	167.49	14.83	Normal	ELECTROPERU	
Pampas	Pampas	209.94	227.90	267.26	222.13	213.14	206.19	224.43	-34.22	Ligeramente por debajo de lo normal	SENAMHI	
Apurimac	Antabamba	168.45	160.32	166.24	129.19	169.11	133.53	154.47	8.09	Normal	SENAMHI	
Urubamba	Urubamba (Km 105)	283.32	239.38	276.00	286.19	206.92	224.92	252.79	8.71	Normal	EGEMSA	
	Paucartambo	91.32	72.12	80.94	80.38	63.84	62.76	75.23	15.96	Ligeramente sobre lo normal	SENAMHI	
	Pisac	198.50	160.83	173.58	192.23	151.97	163.18	173.38	5.99	Normal	SENAMHI	
	Chilca	205.22	175.69	189.62	217.33	159.77	168.00	185.94	-3.36	Normal	SENAMHI	
Rios Navegables Sur	Madre de Dios	8125.05	9978.91	7775.20	7120.83	5178.79		6244.68	7403.91	-2.62	Normal	ANA
Titicaca	Huancane	103.75	64.21	23.62	61.04	34.87	48.63	56.02	67.18	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI	
	Ramis	283.20	274.51	160.52	221.92	155.64	213.71	218.25	46.09	Ligeramente sobre lo normal	SENAMHI	
	Ilave	278.10	173.01	93.77	109.73	88.26	72.10	135.83	292.65	Significativamente sobre lo normal	SENAMHI	
	Coata	215.62	112.04	61.08	67.22	52.53	43.18	91.94	27.28	Ligeramente sobre lo normal	SENAMHI	

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

Los principales embalses del país, al 16/04/2024 se encuentran al 84.2 % de la capacidad hidráulica nacional, cabe mencionar que los embalses siguen incrementando sus volúmenes almacenados, especialmente en el pacífico sur y la sierra. 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, de igual forma, el sistema regulado de Mantaro – Rímac también se encuentra al 100 %, pero de otro lado se debe de mencionar que la represa de Tinajones tiene almacenado solo 38% de su capacidad, la que podría significar que en los próximos meses restricciones en el abastecimiento del agua (Tabla 6).

Tabla 6. Estado situacional de los reservorios al 16 de abril del 2024

Zona	Reservorio	Fecha Reporte	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm ³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil	Almacenada	
Costa - Norte	Poechos	16-Abr	Piura	445.5	364.9	81.9
	San Lorenzo	16-Abr	Piura	195.6	195.6	100.0
	Tinajones	16-Abr	Lambayeque	331.6	126.5	38.2
	Gallito Ciego	16-Abr	La Libertad	366.1	269.4	73.6
	SUB TOTAL			1338.7	956.4	71.4
Costa - Centro	Viconga	16-Abr	Lima	30.0	18.6	62.0
	Sistema Rímac	15-Abr	Lima, Junín	282.4	280.6	99.4
	Choclococha	16-Abr	Ica	131.1	101.1	77.1
	Ccaracocha	16-Abr	Ica	40.0	35.1	87.8
	SUB TOTAL			483.5	435.4	90.1
Costa - Sur	Condorama	16-Abr	Arequipa	259.0	259.0	100.0
	El Pañe	16-Abr	Arequipa	99.6	99.6	100.0
	Dique Los Españoles	16-Abr	Arequipa	9.1	9.1	100.0
	Pillones	16-Abr	Arequipa	78.5	78.5	100.0
	El Frayle	16-Abr	Arequipa	127.2	127.2	100.0
	Aguada Blanca	16-Abr	Arequipa	30.4	21.4	70.3
	Chalhuanca	16-Abr	Arequipa	25.0	25.0	100.0
	Bamputañe	16-Abr	Arequipa	40.0	37.1	92.8
	Pasto Grande	16-Abr	Moquegua	200.0	173.9	87.0
	Paucarani	16-Abr	Tacna	10.5	9.6	91.4
	Laguna Áricota	16-Abr	Tacna	280.0	216.5	77.3
	Jarumas	16-Abr	Tacna	13.0	13.0	100.0
SUB TOTAL			1172.4	1069.9	91.3	
Sierra - Centro	Cuchoquesera	16-Abr	Ayacucho	80.0	80.0	100.0
	Lago Junin	16-Abr	Junín	314.7	314.7	100.0
	SUB TOTAL			394.7	394.7	100.0
Sierra - Sur	Lagunillas	16-Abr	Puno	585.1	492.5	84.2
	Sibinacocha	16-Abr	Cusco	110.0	90.00	81.8
	SUB TOTAL			695.1	582.5	83.8
Situación Nacional	Situación Nacional		-	4,084.4	3,438.9	84.2

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; mientras que, las plantaciones de mango criollo iniciaron la floración, especialmente en la zona Motupe (Lambayeque). Para el cultivo de arroz de los valles de La Leche, Chancay-Lambayeque y Zaña (Lambayeque) y Jequetepeque (La Libertad) las temperaturas máximas ligeramente cálidas y mínimas normales, fueron favorables para las fases reproductivas (desarrollo de panoja y floración). Para el cultivo de palto de la costa norte y central, las temperaturas reportadas vienen generando un ambiente favorable para el desarrollo de la campaña en curso. En la localidad de La Yarada (Tacna), las labores de cosecha de la aceituna negra se vienen dando de manera adelantada y con baja calidad, debido a las temperaturas cálidas reportadas durante la campaña 2023/2024 (Figura 45).

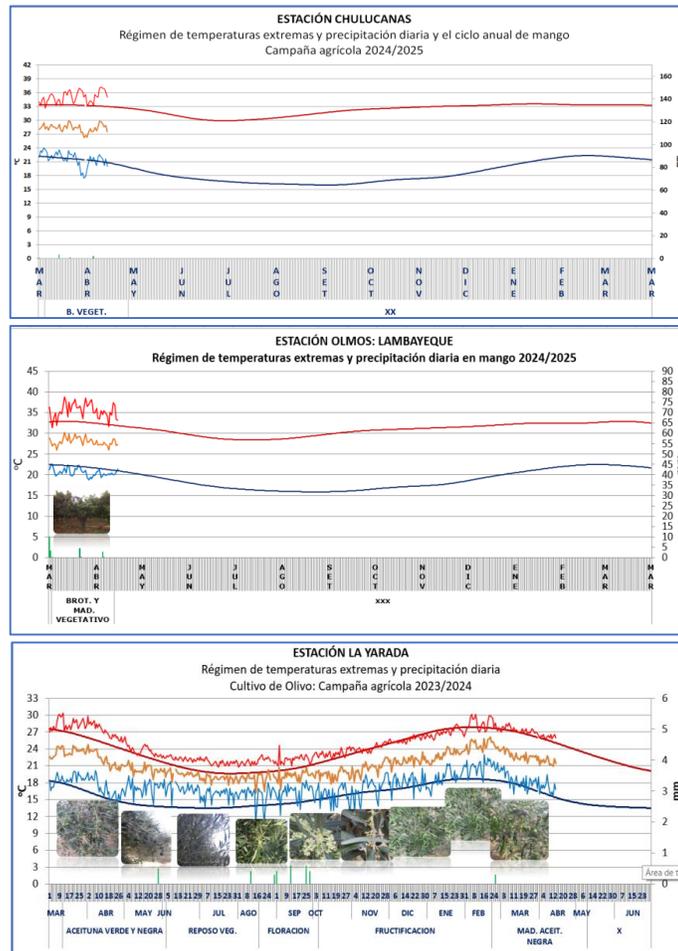


Figura 45. Monitoreo agro meteorológico del mango, arroz y olivo campañas agrícolas 2023/2024. Fuente: SENAMHI

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 entre los meses de diciembre y febrero 2025 los máximos valores negativos. Luego hay una tendencia positiva, por lo pronto, 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 46**).

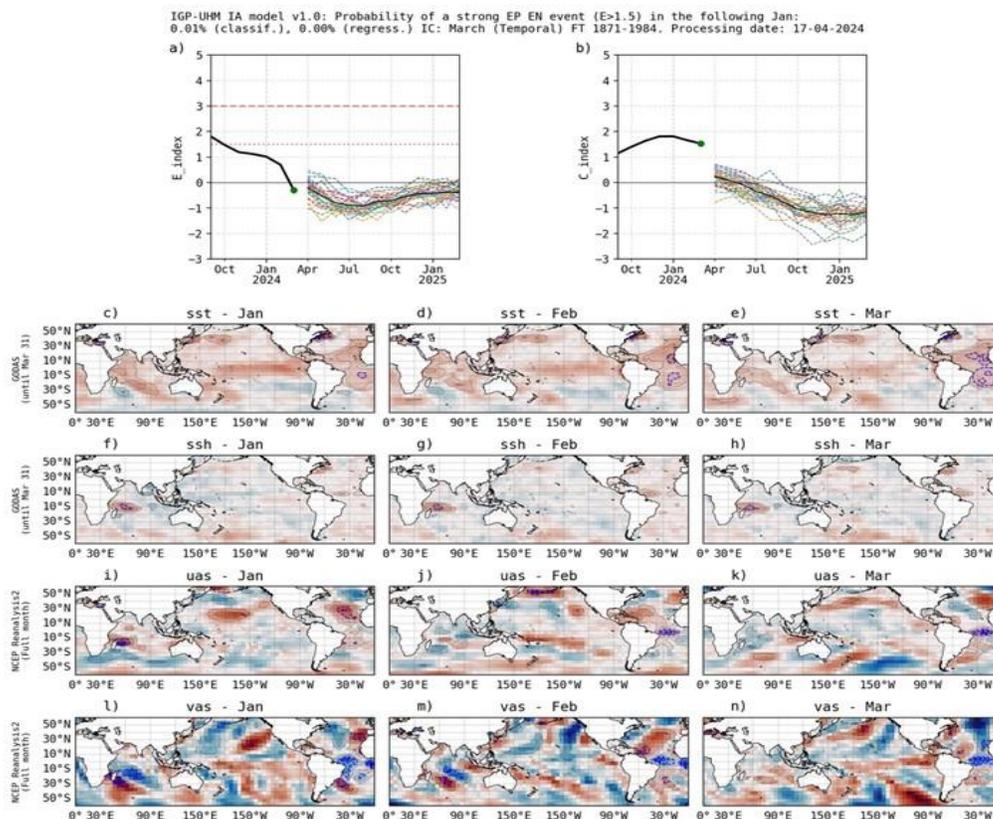


Figura 46. Pronóstico del índice E (Takahashi et al., 2011) a doce meses basado en un modelo de inteligencia artificial (Rivera Tello et al., 2023) para el pronóstico de El Niño extremo. (a) Muestra la evolución del índice E, representado con una línea gruesa de color negro, desde setiembre de 2023 a 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.

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 abril de 2024, para el Pacífico central (Niño 3.4), indican que se esperaría la condición neutra para el mes de mayo; en el periodo junio - diciembre las condiciones serían de frías débiles a frías fuertes, y finalmente, en los meses de enero y febrero de 2025, las condiciones serían frías moderadas (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	-0.01	-0.57	-0.98	-1.27	-1.52	-1.74	-1.85	-1.81	-----	-----
CanCM4i	0.17	-0.32	-0.71	-0.93	-1.05	-1.09	-1.13	-1.13	-1.06	-0.94
GEM5_NEMO	-0.32	-0.87	-1.10	-1.19	-1.28	-1.45	-1.65	-1.82	-1.82	-1.71
NASA	-0.07	-0.81	-1.40	-1.95	-2.48	-3.01	-3.39	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	0.56	0.16	-0.18	-0.39	-0.52	-0.69	-0.85	-0.90	-0.79	-0.57
COLA-CCSM4	0.15	-0.48	-1.01	-1.38	-1.62	-1.76	-1.88	-1.93	-1.80	-1.44
COLA_CESM	0.08	-0.58	-1.17	-1.60	-1.87	-2.01	-2.02	-1.92	-1.70	-1.45
Promedio										
NMME	0.08	-0.50	-0.94	-1.24	-1.48	-1.68	-1.82	-1.59	-1.43	-1.22

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 junio y noviembre (Figura 44).

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME, indican en promedio, para mayo una condición neutra; entre junio y agosto, condiciones frías débiles, finalmente, entre los meses de setiembre y febrero de 2025, condiciones neutras (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	-0.95	-1.26	-1.30	-1.11	-0.88	-0.76	-0.83	-0.88	-----	-----
CanCM4i	-0.41	-0.64	-0.68	-0.55	-0.41	-0.28	-0.24	-0.24	-0.29	-0.24
GEM5_NEMO	-0.21	-0.35	-0.53	-0.67	-0.76	-0.83	-0.84	-0.84	-0.68	-0.48
NASA	-1.77	-2.11	-2.14	-2.05	-1.88	-1.75	-1.72	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	-0.45	-0.86	-1.15	-1.15	-0.96	-0.74	-0.58	-0.47	-0.30	-0.03
COLA_CCSM4	-0.76	-0.88	-0.97	-1.08	-1.13	-1.20	-1.24	-1.16	-0.90	-0.62
COLA_CESM	-0.76	-0.94	-0.89	-0.77	-0.59	-0.46	-0.42	-0.44	-0.43	-0.37
Promedio										
NMME	-0.76	-1.01	-1.09	-1.05	-0.94	-0.86	-0.84	-0.67	-0.52	-0.35

Analizando la información de altimetría satelital (Figura 2c) y profundidad de termoclina (Figura 3b), el paquete de ondas Kelvin frías debe arribar, de mantener su energía, a partir de mayo. La onda Rossby cálida localizada en la zona oriental debe continuar su desplazamiento hacia el Pacífico central con una tendencia a debilitarse. (Figura 3b). De reflejarse la onda Rossby cálida, localizada en la zona occidental, en una onda Kelvin cálida, esta última 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, una onda Kelvin cálida débil habría iniciado su arribo, luego, a partir de mayo, se espera el arribo de un nuevo paquete de ondas Kelvin frías.

El pronóstico del modelo de ondas del IGP —forzado para el diagnóstico tanto con vientos de ASCAT (Figura 47) como de NCEP (Figura 48), y luego con vientos igual a cero—, indica que se esperan ondas Kelvin frías desde la quincena de abril hasta, por lo pronto, junio del año en curso. Siendo el periodo más intenso de estas ondas, según el NCEP, entre fines de abril y la quincena de mayo. Luego se pronostican ondas Kelvin fría. Según la simulación con vientos pronosticados hasta 40 días de CFSv2 (Figura 49), habría un segundo periodo de ondas Kelvin intensas desde junio para adelante. Hay que tener en cuenta que estos modelos no contienen el proceso de dispersión modal que aparentemente están influyendo a que las ondas 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 10 de abril 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 frías. En lo que resta de abril, se espera la llegada a Sudamérica de una onda Kelvin fría (modo 2). En mayo, se espera la llegada a Sudamérica de dos ondas Kelvin frías (modo 2 y modo 1); cabe señalar que la onda Kelvin de modo 1 fue forzada por las anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial occidental en marzo, mientras la de modo 2 fue reforzada por las anomalías de vientos del este en el Pacífico ecuatorial central (Figura 50). El paso de estas ondas Kelvin frías contribuirán a reducir la profundidad de la termoclina en el Pacífico ecuatorial y frente a las costas de Sudamérica.

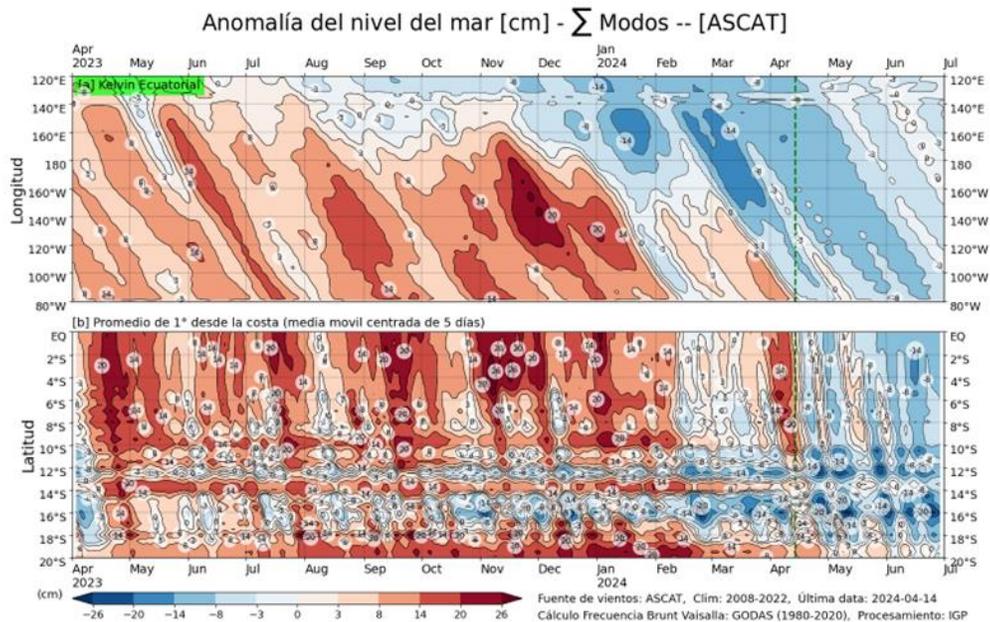


Figura 47. Simulación numérica de la anomalía del nivel del mar (cm) a lo largo de la franja ecuatorial del océano Pacífico (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Esta simulación se realizó con el modelo oceánico multimodal forzado con los vientos de ASCAT. La línea verde entrecortada indica el inicio de la simulación del pronóstico. Fuente: IGP.

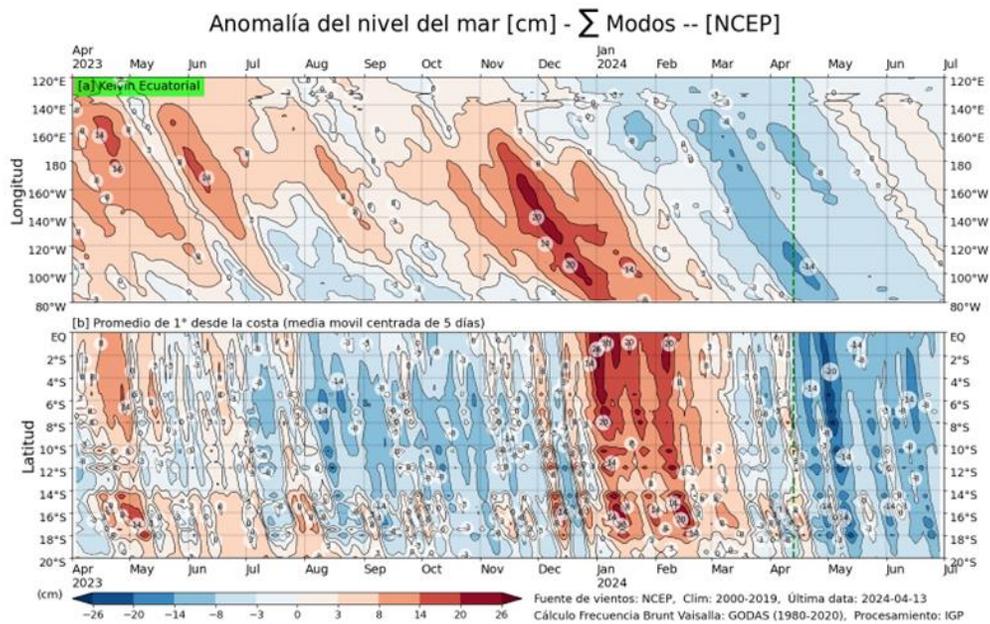


Figura 48. Igual que la Figura 45 pero el modelo es forzado con los vientos del reanálisis de NCEP. Fuente: IGP.

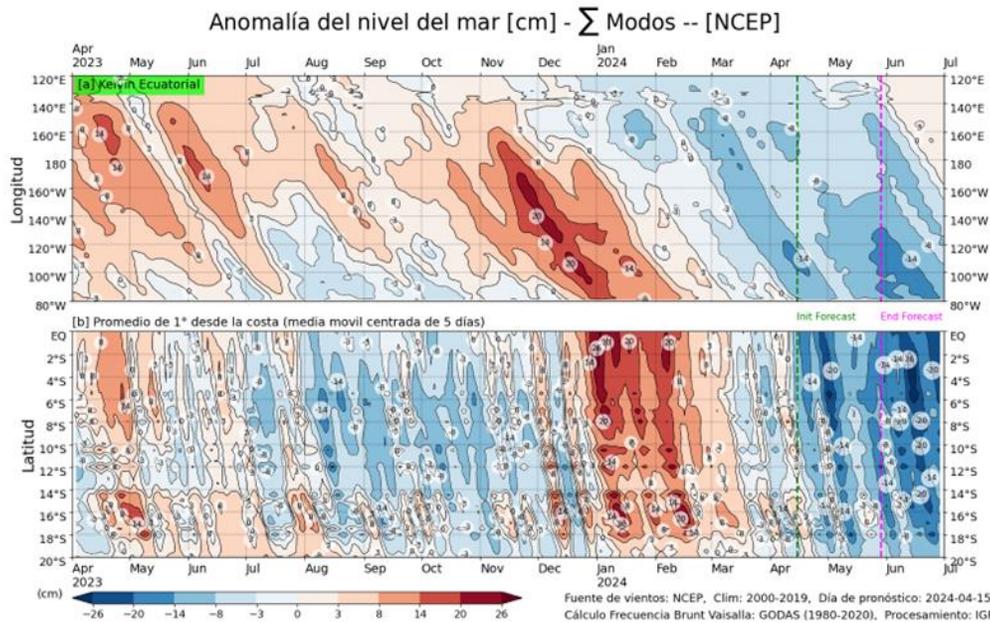


Figura 49. Igual que la Figura 6, pero para el pronóstico de los siguientes 42 días (entre la línea vertical verde y rosada) se usa la información de anomalías de vientos del modelo atmosférico CFSv2. Luego de la línea rosada, los vientos usados para el pronóstico fueron iguales a cero. Fuente: IGP denominada NCEP. Fuente: IGP

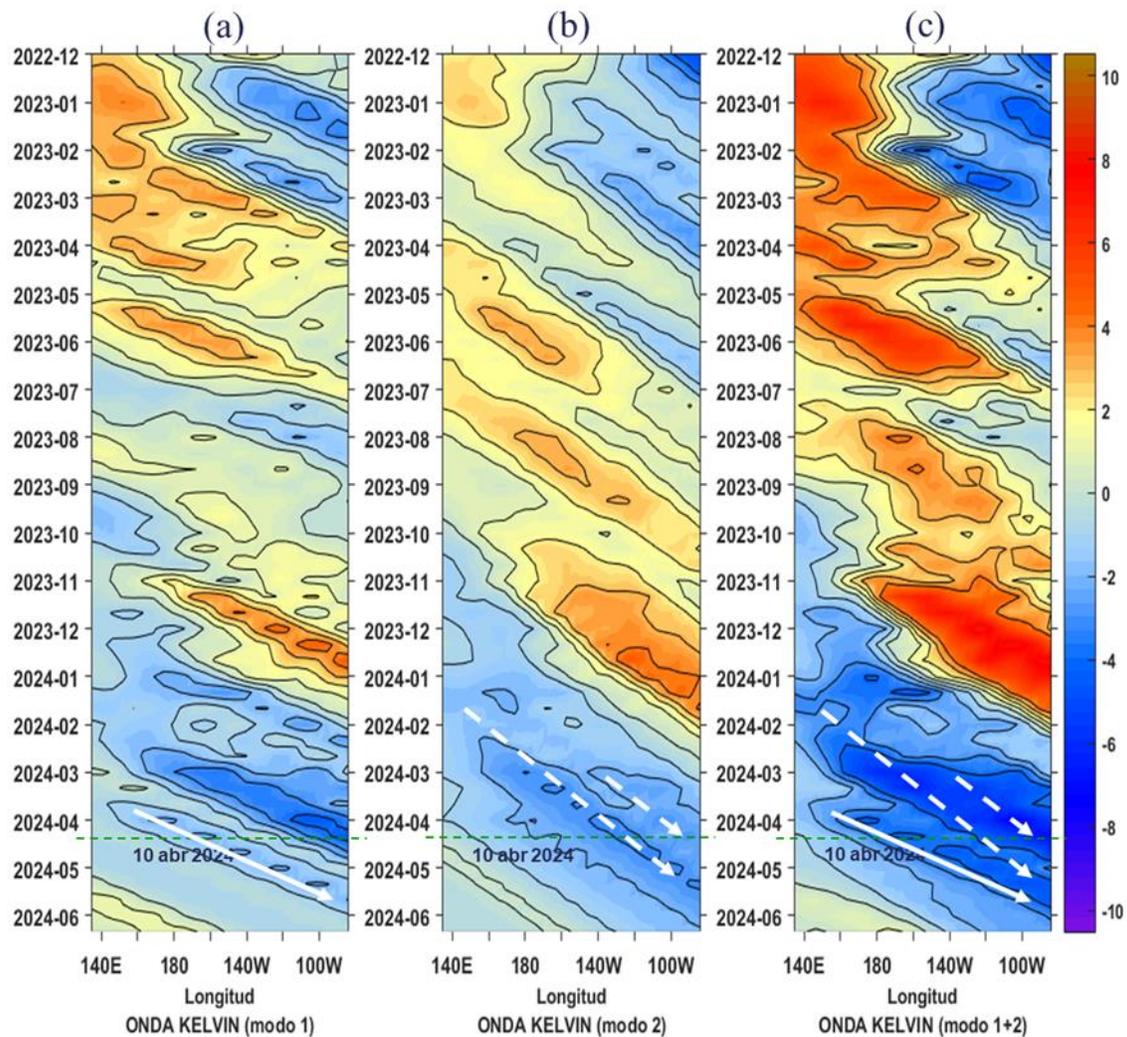


Figura 50. Diagrama Hovmöller longitud-tiempo de las ondas Kelvin en el océano Pacífico ecuatorial (0°N): (a) Modo 1 (flechas con líneas continuas), (b) Modo 2 (flechas con líneas discontinuas), (c) Modos 1+2. Se presentan las ondas hundimiento “cálidas” (flechas negras), y las ondas afloramiento “frías” (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 en mayo prevalezcan las condiciones neutras; mientras que entre junio y noviembre son más probables las condiciones frías. Esto último significa la probable presencia de La Niña en el Pacífico central (Tabla 9 y Figura 51).

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

Pacífico central	Mayo(%)	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)	Setiembre(%)	Octubre (%)	Noviembre (%)
Fría fuerte	0	0	0	1	3	4	4
Fría moderada	0	5	11	15	19	21	22
Fría débil	17	46	48	51	51	48	48
Neutro	63	48	41	33	27	27	26
Cálida débil	20	1	0	0	0	0	0
Cálida moderada	0	0	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 en mayo, seguida de condiciones frías débiles solo entre junio y julio. A partir de agosto, y hasta noviembre, las condiciones neutras son más probables. De acuerdo a esto, el desarrollo de un evento La Niña, por lo pronto, no es probable (Tabla 10 y Figura 51).

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

Pacífico central	Mayo(%)	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)	Setiembre(%)	Octubre (%)	Noviembre(%)
Fría fuerte	0	1	1	0	0	0	0
Fría moderada	4	7	8	5	3	2	2
Fría débil	45	47	45	44	44	43	42
Neutro	51	45	46	51	53	54	55
Cálida débil	0	0	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

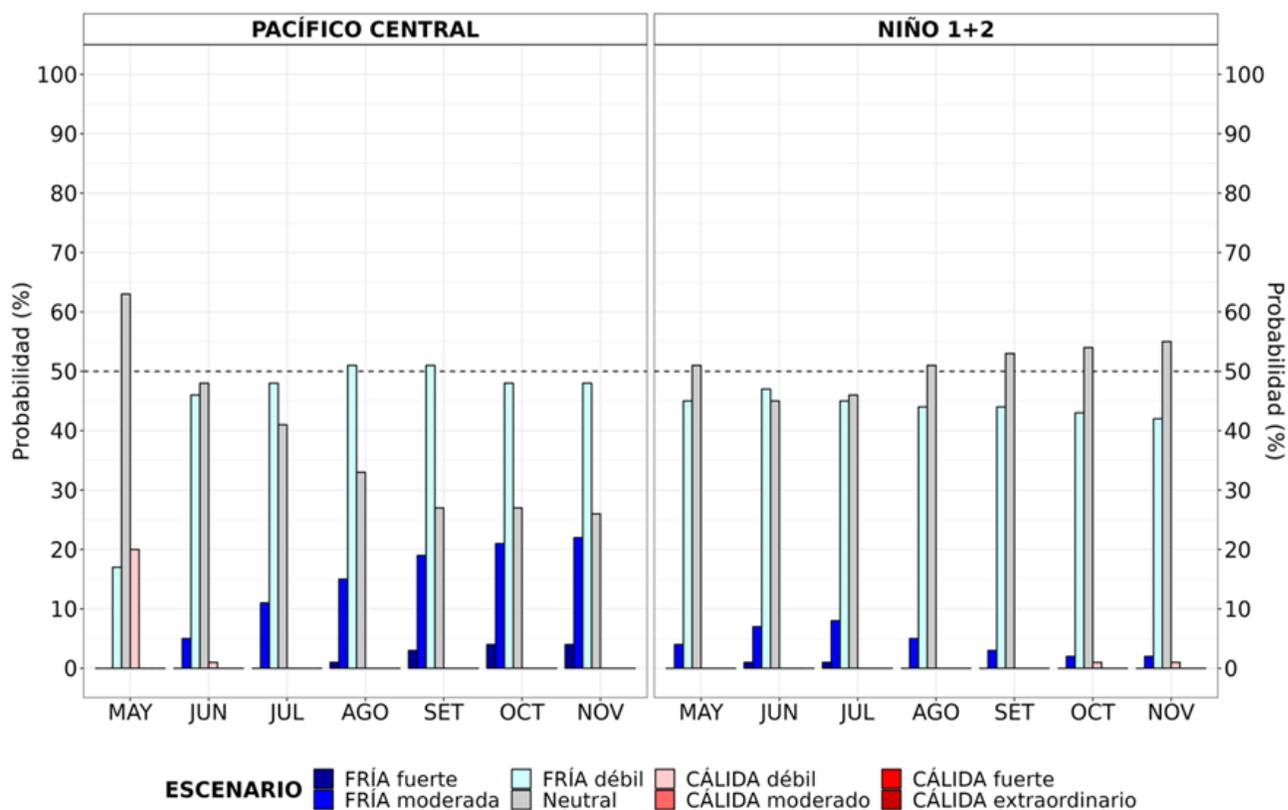


Figura 51. Probabilidades mensuales estimadas para condiciones cálidas, neutras y frías en el Pacífico central (región Niño 3.4, izquierda) y en el extremo del Pacífico oriental (región Niño 1+2, frente a la costa de Perú, derecha) entre mayo y noviembre 2024.

El pronóstico estacional vigente para abril-junio de 2024³ indica valores de temperaturas del aire en promedio dentro de lo normal en la costa peruana. Las lluvias en la costa y sierra norte registrarán valores entre normales e inferiores a lo normal acorde con la estacionalidad del periodo de estiaje.

De acuerdo con el pronóstico hidrológico⁴, entre abril y junio, en la región hidrográfica del Pacífico se prevén caudales bajo lo normal en los ríos Tumbes, Chira y Piura; dentro del rango normal a sobre lo normal en los ríos Rímac y Chillón, Chancay-Huaral y Mala, respectivamente, y sobre lo normal en el río Ocoña. En la región hidrográfica del Titicaca se prevén caudales sobre lo normal, principalmente, en abril, para luego, en los siguientes meses, presentar condiciones entre normales y bajo lo normal, de acuerdo con la estacionalidad. Finalmente, en la región hidrográfica del Atlántico, en promedio, se prevén caudales normales.

³ <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-45.pdf>

⁴ <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02694SENA-44.pdf>

En cuanto a los recursos pesqueros, dadas las condiciones oceanográficas proyectadas, se espera que la anchoveta del *stock* norte-centro amplíe su distribución frente a la costa. Por otro lado, se mantendrá la disponibilidad del bonito y continuará disminuyendo la del perico. En relación a la merluza, se espera que la disponibilidad del recurso se mantenga en la misma área de distribución observada en marzo frente a la costa norte.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Comisión Multisectorial del ENFEN mantiene el “Estado del sistema de alerta” en “No Activo”, dado que se espera que los valores de la temperatura superficial del mar en la región Niño 1+2 se mantengan en promedio dentro de las condiciones neutras 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 fecha, en la región Niño 1+2 son más probables las condiciones neutras en mayo, seguida de condiciones frías sólo entre junio y julio. A partir de agosto y hasta noviembre, 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 17 de mayo 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 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 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*.