

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



AÑO 9 N°5

INFORME TÉCNICO ENFEN

AL 28 ABRIL DE 2023

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

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)

Dr. Guillermo Antonio Baigorria Paz
Presidente Ejecutivo, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)

José Luis Aguilar Huertas
Jefe, Autoridad Nacional del Agua (ANA)

General de Brigada (r) Carlos Manuel Yáñez LazoJefe,
Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

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 Avalos, Nelson Quispe, Tania Ita, Yury Escajadillo, Andrés Rodríguez, 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: 9

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), 2023.

Informe Técnico ENFEN. Año 9, N° 5, abril de 2023, 58 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: 28 de Abril de 2023



**Diagnóstico Climático y
Previsión de El
Niño-Oscilación del Sur en el
Perú
ABRIL 2023**

INDICE

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 EN ABRIL DE 2023	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.....	37
3.5.	Condiciones agrometeorológicas.....	39
IV.	PERSPECTIVAS	40
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
VI.	REFERENCIAS	48
VII.	ANEXO.....	50

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

2.1. 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 $1/4^\circ$.

2.2. 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.

2.3. 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 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).

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 EN MARZO DE 2023

3.1. Condiciones océano atmosféricas en el Pacífico tropical

Durante la segunda quincena de abril, se ha observado el aumento en la Temperatura de la Superficie del Mar (TSM) en gran parte del Pacífico ecuatorial, aunque manteniendo valores cercanos a su climatología, en general. Sin embargo, en la región oriental, al este de 100°W, la TSM sigue presentando condiciones cálidas, con anomalías positivas superiores a 2 °C (Figura 1 y Figura 2). Según los datos de la tabla 1, durante la segunda quincena de abril, las regiones Niño 4 y Niño 3.4 han presentado una anomalía de 0,3 °C, y el Niño 3 de 0,6 °C, mientras que en la región de Niño 1+2 se ha registrado una anomalía de 2,5 °C.

Tabla 1. Valores semanales de la TSM y sus anomalías en las regiones Niño.

TSM – ATSM semanal 2022 (OISST.v2)								
R. Niño	Niño 1+2		Niño 3		Niño 3.4		Niño 4	
15-Mar-23	27.9	1.4	27.7	0.6	27.3	0.1	28.0	-0.1
22-Mar-23	28.4	2.0	27.7	0.4	27.3	0.0	28.2	-0.1
29-Mar-23	28.2	1.9	27.6	0.1	27.5	0.0	28.4	0.1
05-Abr-23	28.7	2.7	27.7	0.2	27.6	0.0	28.7	0.3
12-Abr-23	28.5	2.7	27.9	0.4	27.9	0.1	28.7	0.2
19-Abr-23	28.0	2.5	28.2	0.6	28.1	0.3	28.8	0.3

Fuente: OISST.v2

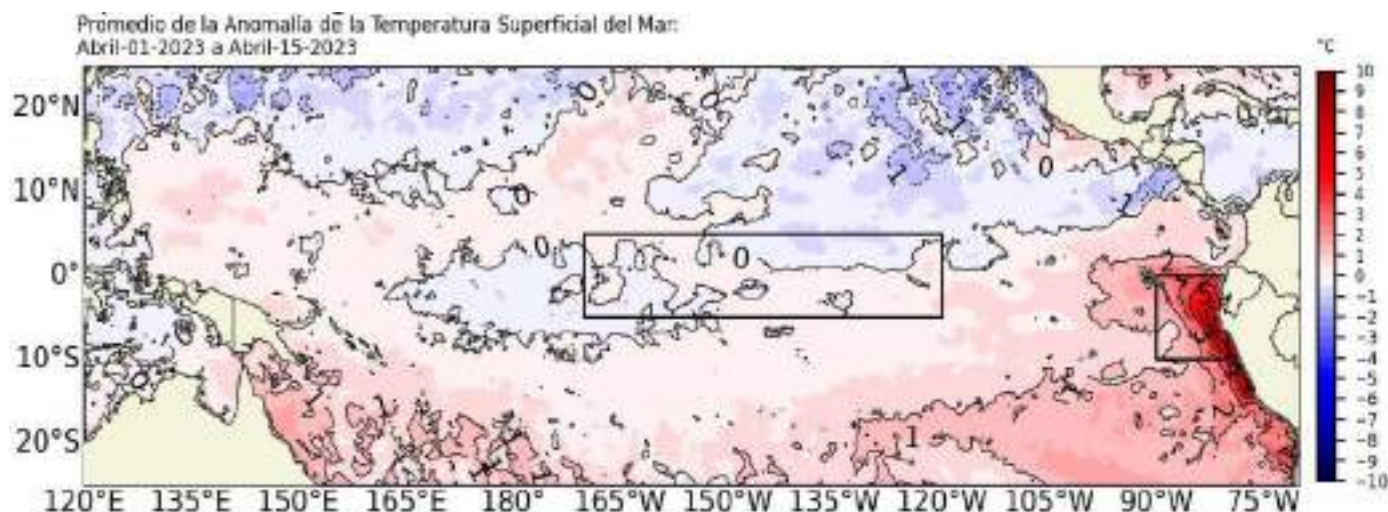


Figura 1. Promedio de las anomalías de la TSM en el Pacífico, del 01 al 15 de abril 2023
Fuente: OSTIA. Procesamiento: DIHIDRONAV.

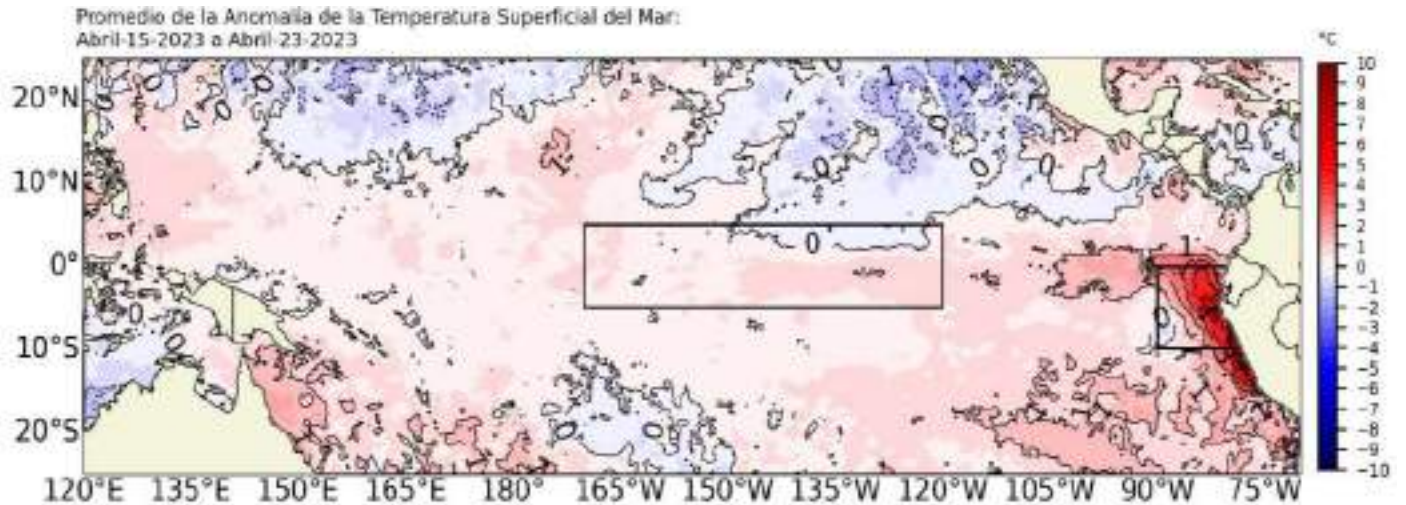


Figura 2. Promedio de las anomalías de la TSM en el Pacífico, del 15 al 25 de abril 2023. Fuente: OSTIA. Procesamiento: DIHIDRONAV.

El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) de febrero corresponde a la condición cálida débil y el del ICEN temporal (ICEN- tmp) de marzo se ubica dentro de la condición cálida moderada. Por otro lado, los valores del ONI de febrero y el temporal (ONItmp) de marzo corresponden a las condiciones neutras (Tabla 2).

Tabla 2. Valores del ONI e ICEN desde marzo 2022 hasta febrero 2023 y sus valores temporales de marzo.

Valores del índice Costero El Niño			ONI	
Mes	ICEN	Categoría	ONI	Categoría
mar-22	-1,10	Fría Débil	-1,00	Fría Moderada
abr-22	-1,10	Fría Débil	-1,08	Fría Moderada
may-22	-1,36	Fría Moderada	-1,00	Fría Moderada
jun-22	-1,36	Fría Moderada	-0,85	Fría Débil
jul-22	-1,03	Fría Débil	-0,81	Fría Débil
ago-22	-0,93	Neutro	-0,93	Fría Débil
set-22	-1,12	Fría Débil	-1,03	Fría Moderada
oct-22	-1,39	Fría Moderada	-1,00	Fría Moderada
nov-22	-1,24	Fría Moderada	-0,93	Fría Débil
dic-22	-0,81	Neutro	-0,83	Fría Débil
ene-23	-0,27	Neutro	-0,71	Fría Débil
feb-23	0,42	Cálida Débil	-0,45	Neutro
Mes	ICENtmp	Mes	ONItmp	Mes
mar-23	1,47	Cálida Moderada	-0,17	Neutro

Fuente: IGP

En la franja ecuatorial del Pacífico, durante abril, se desarrollaron dos pulsos de vientos a inicios del mes: uno del oeste, alrededor de 135°E, y otro del este, alrededor de la línea de cambio de fecha (primer panel desde la izquierda en la Figura 3). En relación a las ondas Kelvin cálidas, una habría alcanzado la costa americana, otra estaría en aproximadamente 102°W y, finalmente, una tercera estaría localizada alrededor de la línea de cambio de fecha (segundo y tercer panel desde la izquierda en la Figura 3). La anomalía de la TSM, basado en el producto OSTIA, muestra valores positivos menores a 1 °C en casi todo el Pacífico ecuatorial, aunque en el extremo oriental, influenciado por El Niño costero 2023, tendría valores por encima de 3 °C (cuarto panel desde la izquierda en la Figura 3). La isoterma de 28.5 °C, relacionada con el extremo oriental de la piscina caliente (línea morada continua en los cuatro paneles de la Figura 3), se encuentra desplazada hacia el este, posiblemente por influencia del paso de la onda Kelvin cálida.

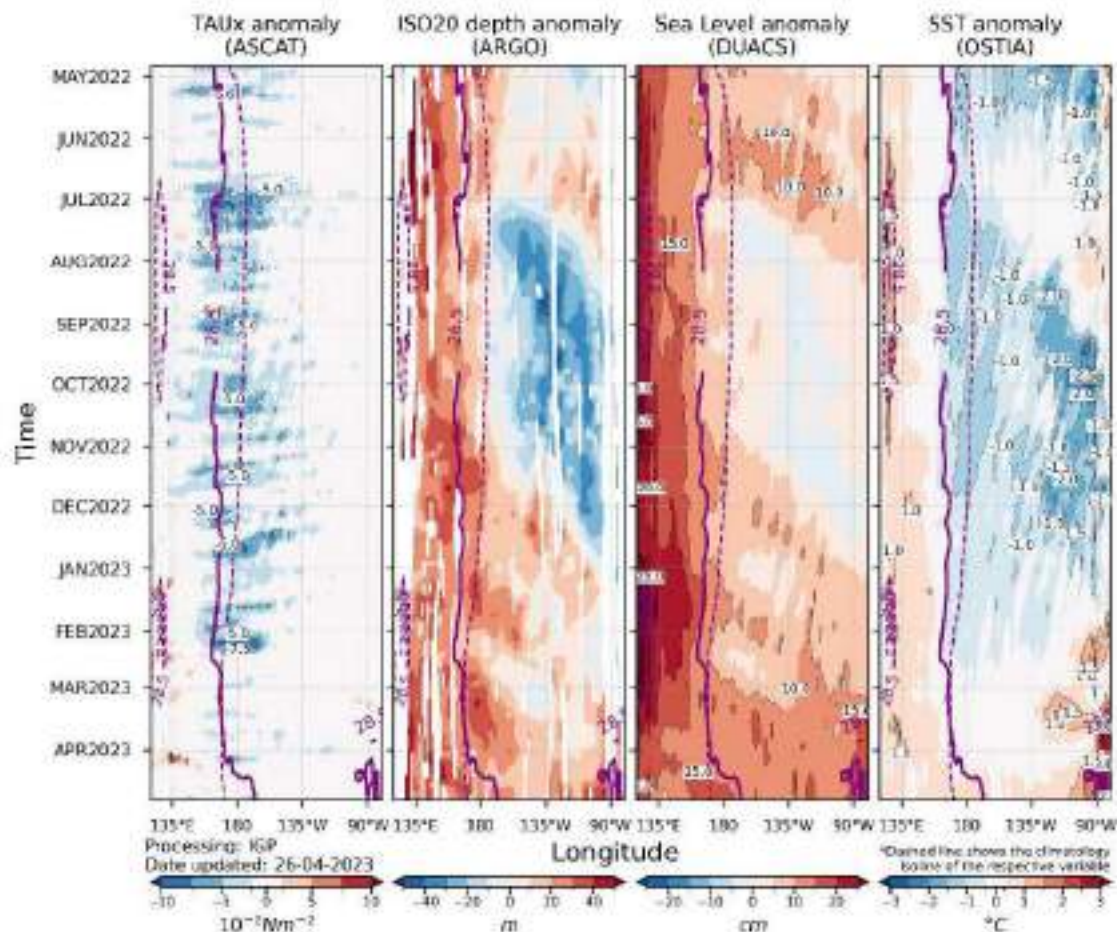


Figura 3. Diagrama Hovmöller: a) anomalía de esfuerzo de viento (Fuente: ASCAT), b) anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C (m, ARGO), c) anomalía del nivel del mar diario (cm, DUACS), y d) anomalía de temperatura superficial del mar (°C, OSTIA). Elaboración: IGP.

En el Pacífico ecuatorial, en lo que va de abril, en promedio, el patrón subsidente de la célula de Walker persiste entre los 75°E y la línea de cambio de fecha, expandiéndose hacia el océano Índico. Dicho patrón subsidente, en el Pacífico occidental, estuvo asociado a una convergencia anómala de vientos en niveles altos de la tropósfera (200 hPa) hacia los 100°E. Asimismo, en baja tropósfera (850 hPa), sobre el Pacífico centro-oriental, predominaron anomalías de vientos del oeste, entre débiles y fuertes, asociadas al brazo subsidente de la circulación de Walker y de la fase convergente de la MJO. Sobre el Pacífico oriental, el ramal ascendente de la célula de Walker se mantuvo vinculado a la convección al oeste de Sudamérica (Figura 4).

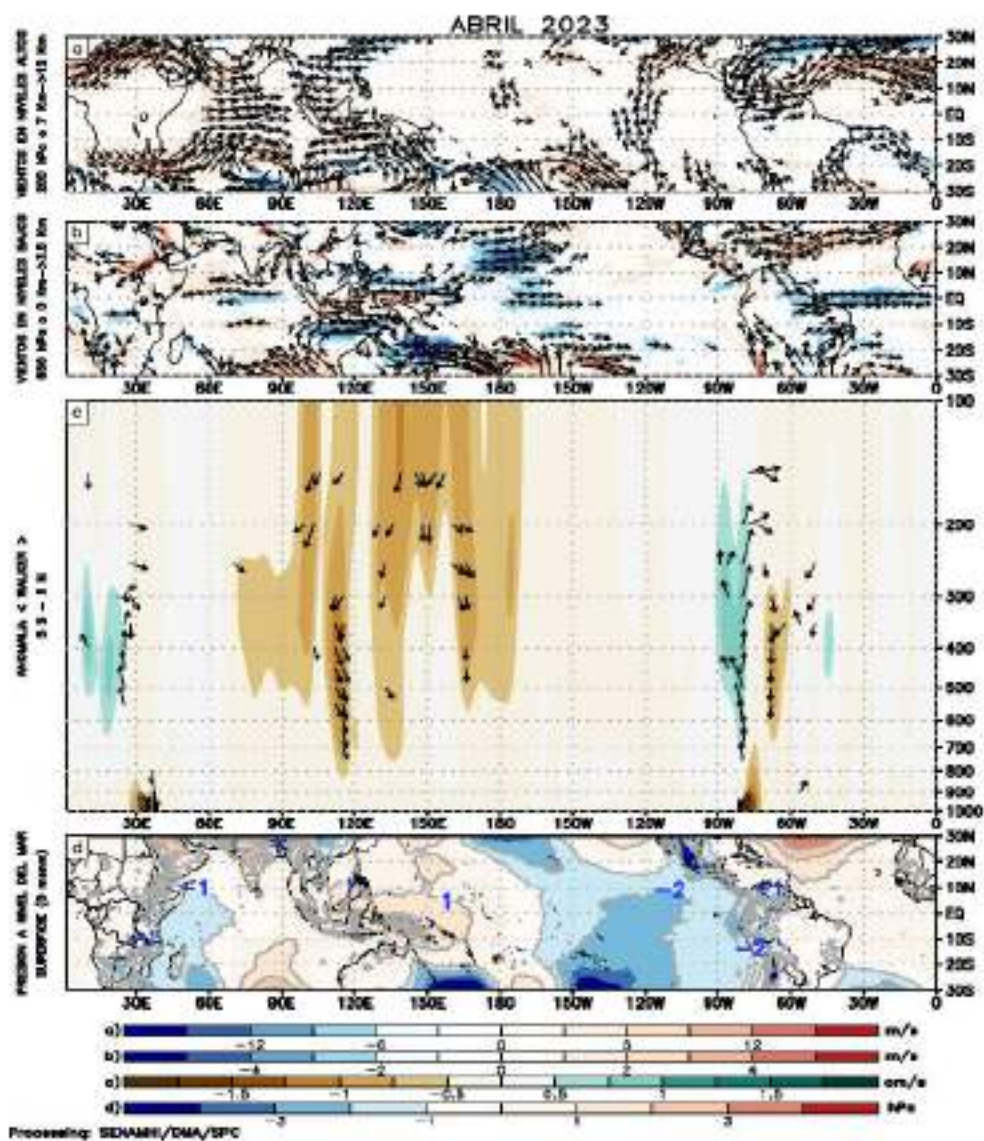


Figura 4. (a) Anomalías de los vientos respecto a su velocidad (colores) y dirección (flechas) en niveles altos (200 hPa) y (b) bajos (850 hPa) , (c) patrón anómalo de la circulación atmosférica ecuatorial (Walker) y (d) presión a nivel del mar. Periodo: 1-25 de abril de 2023

Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI.

El Anticiclón del Pacífico Sur (APS), entre el 11 y el 20 de abril, se ubicó al sur de su posición normal con un núcleo superior a los 1028 hPa entre los 97°W y 42°S; en dicha posición el núcleo del APS alcanzó una anomalía de hasta +9 hPa sobre su normal; extendiendo las anomalías positivas hasta la franja continental con valores de hasta +1 hPa sobre lo normal (Figura 5). Esta configuración favoreció el fortalecimiento de los vientos alisios, frente a la costa sur y centro del país, principalmente entre el 14 y 18 de abril. Posterior a ello, se observó un debilitamiento de los vientos asociado al debilitamiento y alejamiento del APS de la costa Sudamericana (Figura 6).

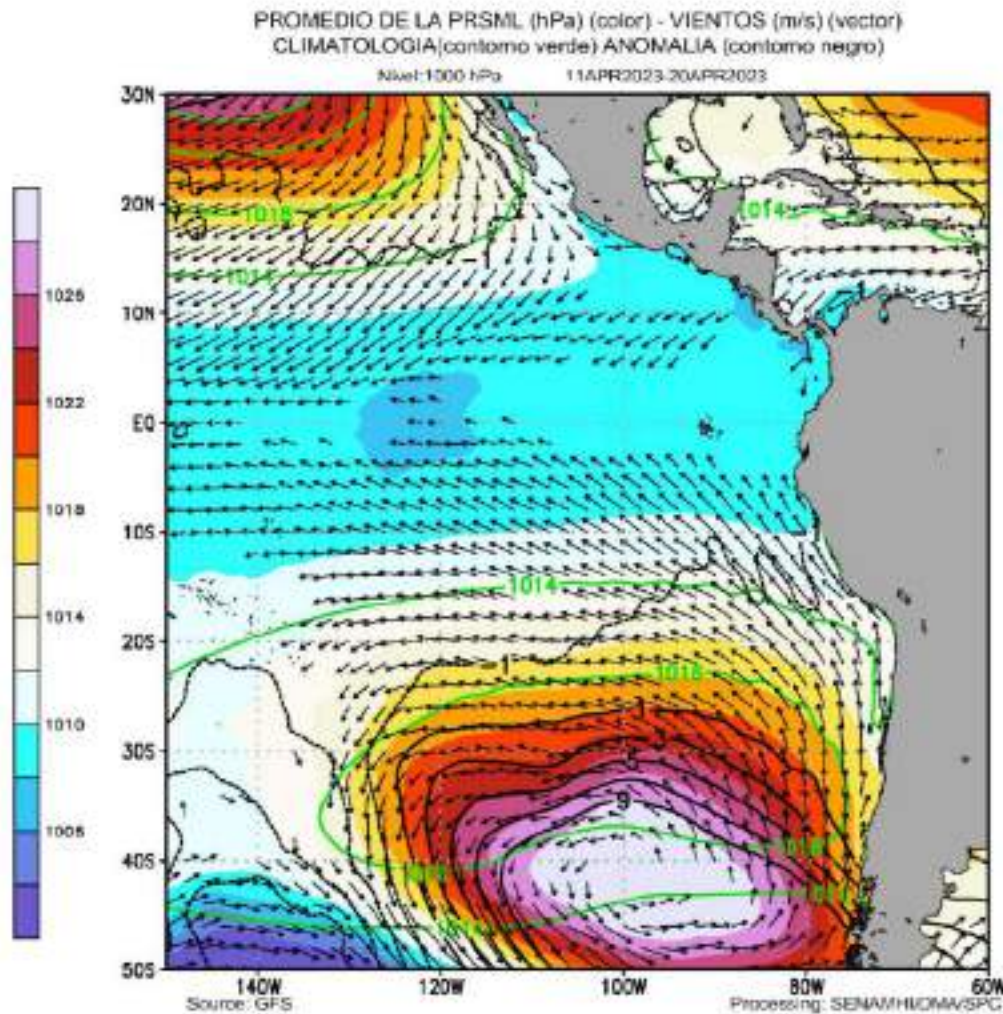


Figura 5. Promedio mensual de la presión reducida a nivel del mar (colores) con su climatología (línea verde), anomalía (línea negra) y vientos (flechas). Periodo: 11 - 20 de abril 2023
Fuente: GFS. Procesamiento: SENAMHI-SPC

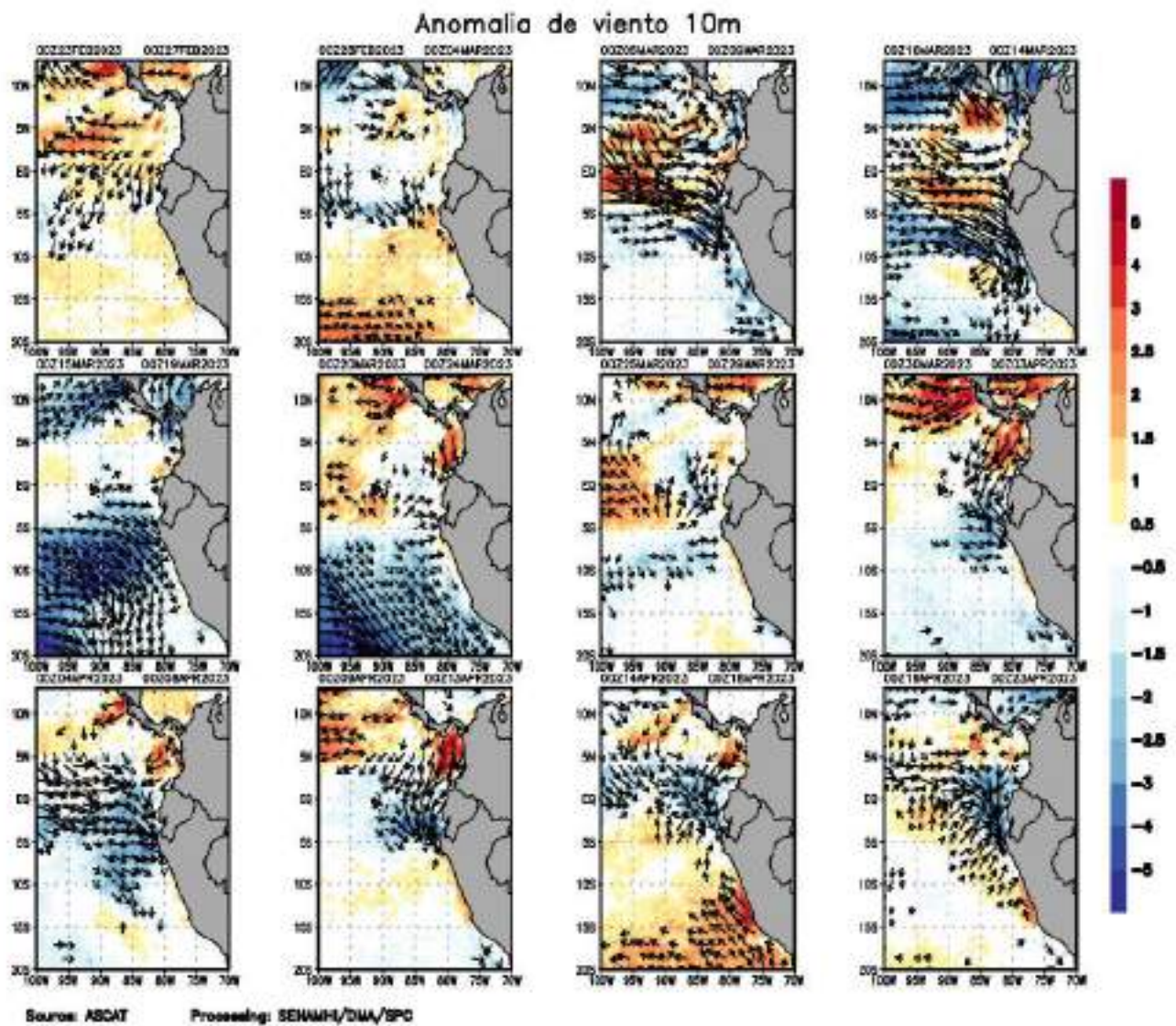


Figura 6. Anomalia pentadal del viento (m/s) a 10 m de altura frente a la costa noroccidental de Sudamérica y Centroamérica. Periodo: 23 de febrero al 23 de abril de 2023. Fuente: ASCAT Procesamiento: SENAMHI.

3.2. Condiciones oceánicas y atmosféricas locales

A lo largo de la franja adyacente a la costa peruana, dentro de los 40 km se presentaron vientos moderados ($VV > 4,1$ m/s) a fuertes ($VV > 6,8$ m/s), registrándose una intensificación de la velocidad del viento (VV), especialmente en la segunda quincena de abril, hasta un valor de $10,0$ m/s entre Pisco y San Juan de Marcona. Al norte de Paita, continuaron presentándose vientos débiles asociados al posicionamiento de la ZCIT. En consecuencia, se registraron anomalías positivas de la VV en la zona entre Sechura (Piura) y San Juan de Marcona (Ica), alcanzando valores superiores a $+3,0$ m/s entre Callao a San Juan de Marcona (Figura 7).

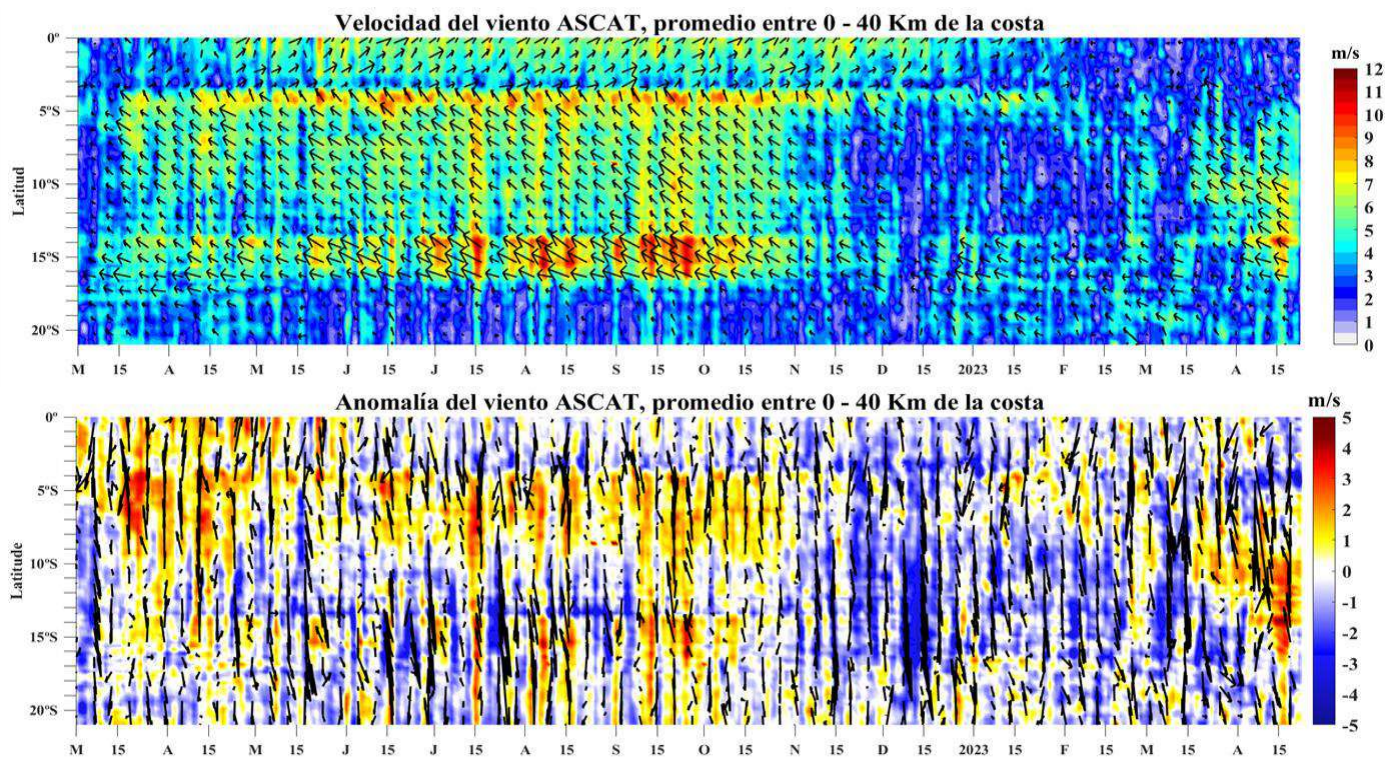


Figura 7. Viento satelital (entre 0 y 40 km frente a la costa del Perú): a) Velocidad del viento ($m s^{-1}$), b) Anomalia de la velocidad del viento ($m s^{-1}$)

Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE.

El índice de afloramiento costero (IAC) al norte de Paita presentó valores menores a $100 m^3/s \times 100$ m, mientras que entre Sechura a San Juan de Marcona se produjo un notable incremento del IAC a partir de la quincena de abril, alcanzando valores mayores a $200 m^3/s \times 100$ m (Figura 8). El bombeo de Ekman presentó anomalías positivas desde la misma fecha, los cuales estarían vinculados al incremento del viento costero y oceánico (Figura 8).

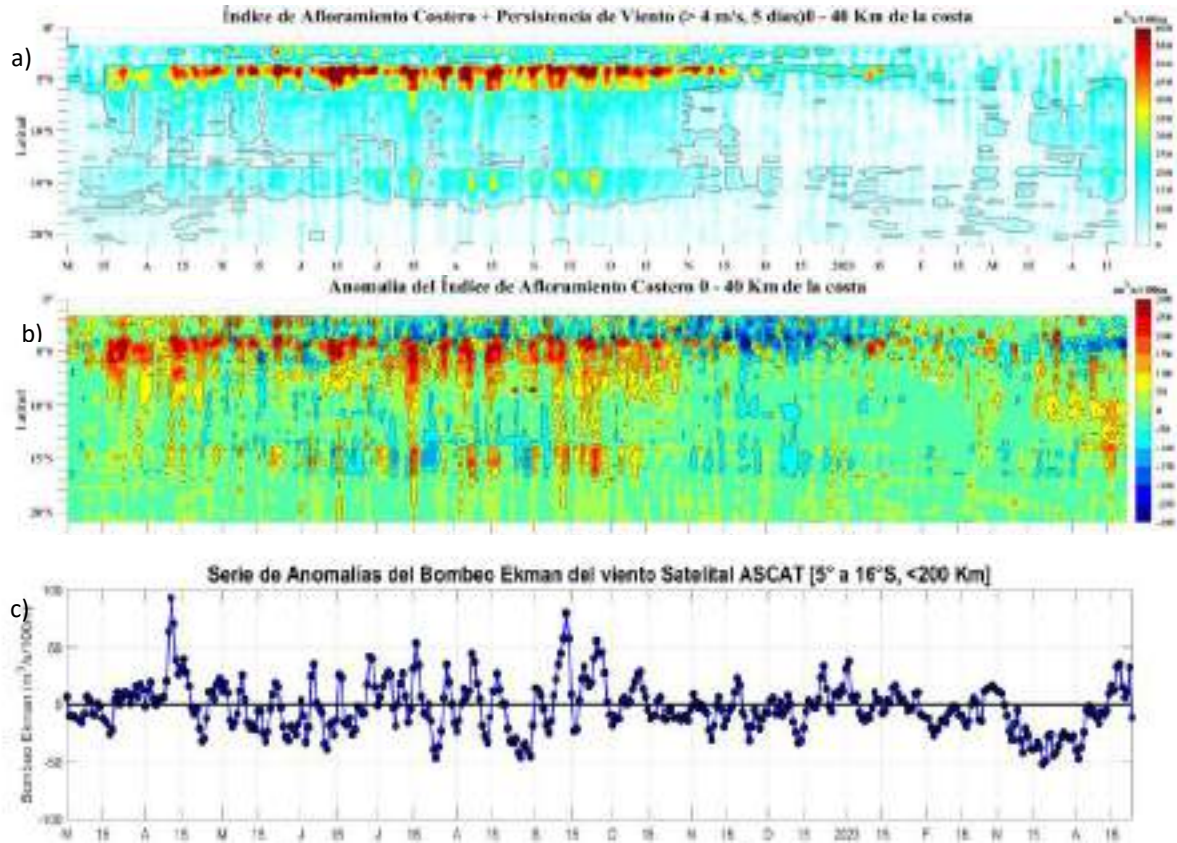


Figura 8. Índice de Afloramiento Costero (IAC), calculado a partir del viento satelital a 40 km frente a la costa del Perú: a) IAC ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$), b) anomalía del IAC ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$); c) anomalía del Bombeo Ekman dentro de la franja de 200 km adyacentes a la costa entre los 5 y 16° S ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100 \text{ m}^{-1}$). Fuente: Satélite ASCAT, Procesamiento: Laboratorio de Hidro-Física Marina y Laboratorio Costero de Santa Rosa, IMARPE.

Del 1 al 24 de abril, la temperatura mínima del aire a lo largo de la costa presentó valores sobre lo normal, alcanzando anomalías positivas, en promedio, de 2,6, 2,9 y 1,7 °C, en la costa norte, centro y sur, respectivamente. Cabe mencionar que en las estaciones en Talla-Guadalupe (Trujillo) y Campo de Marte (Lima), en lo que va de abril, la anomalía alcanza los 3,5 °C y en Trujillo (Trujillo) los 4 °C. Respecto a la temperatura máxima del aire, las anomalías positivas alcanzan los 1,5, 3,1 y 2,9 °C en la zona norte, centro y sur de la costa peruana, respectivamente; las estaciones que alcanzan, a la fecha, las mayores anomalías positivas son Campo de Marte (Lima) con 4° C, Lambayeque (Lambayeque) con 4.1 °C, y Trujillo (Trujillo) con 4.7 °C (Figura 9). Particularmente, en las zonas oeste y centro de Lima metropolitana, se mantiene por más de 40 días, la ola de calor nocturno que inició el 11 de marzo en Lima oeste (estación del aeropuerto internacional Jorge Chávez) y el 12 de marzo en Lima centro (estación Campo de Marte) reportando noches cálidas, muy cálidas y extremadamente cálidas. En Lima este, la ola de calor nocturno se inició el 28 de marzo alcanzando 22 noches consecutivas entre noches cálidas a muy cálidas, siendo brevemente interrumpida por el fortalecimiento de los vientos del sur producto de la intensificación del APS; sin embargo, actualmente se viene registrando ocho noches consecutivas entre cálidas y muy cálidas. Cabe mencionar que,

estas temperaturas vienen superando los valores registrados durante el evento de El Niño Costero 2017. Actualmente se viene registrando ola de calor diurna en Lima oeste y centro.

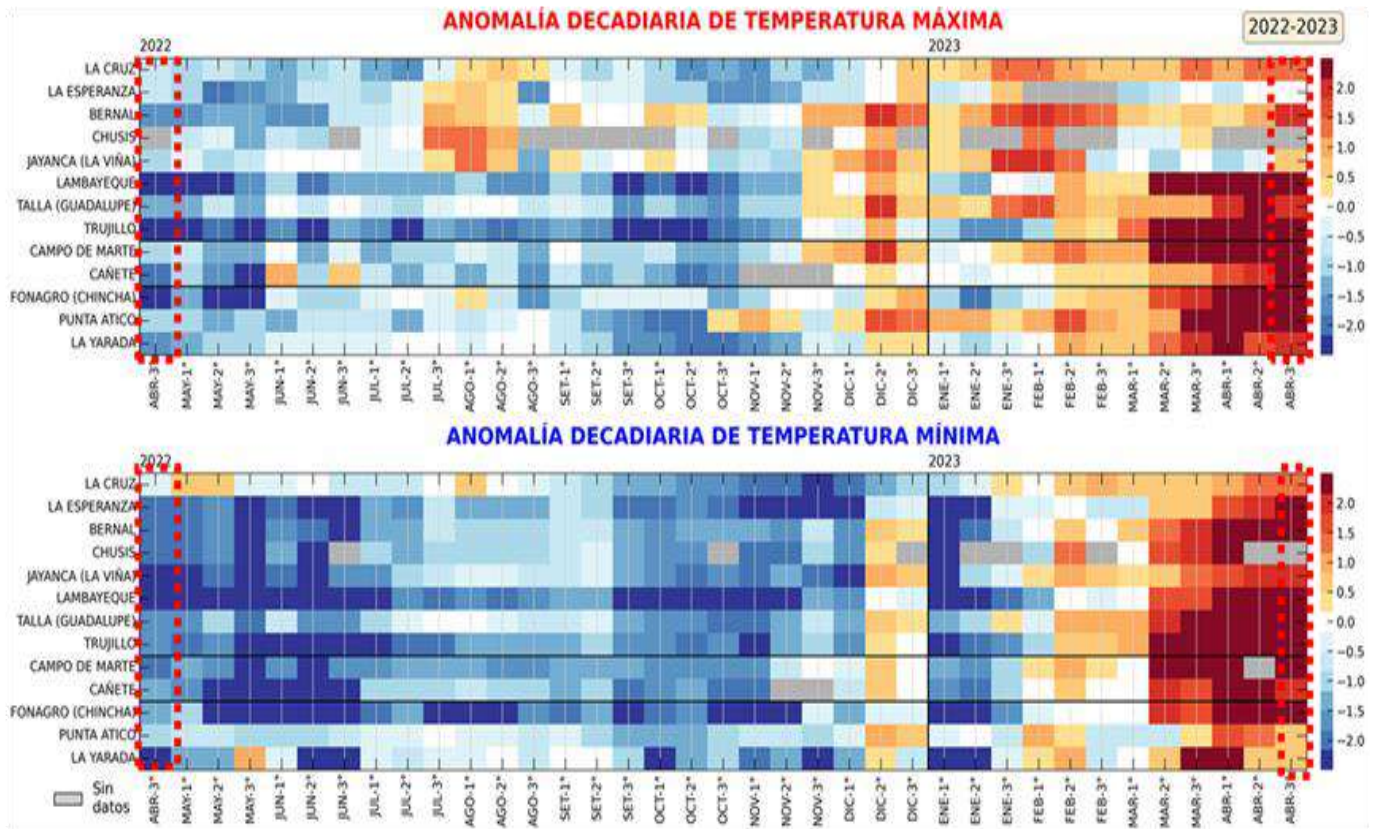


Figura 9. Anomalías decadales (°C) de las temperaturas extremas del aire a lo largo de la costa peruana.

Durante todo abril, se han registrado anomalías positivas de la temperatura superficial del mar (TSM) en el mar de Perú, siendo más significativas en la zona norte y cerca de la costa. Durante la primera quincena de abril, las isotermas de 28 °C y 29 °C se extendieron hacia el sur hasta los 11°S y 06°S, respectivamente. Para la segunda quincena, la isoterma de 28°C se alejó de la costa y con menor dominio espacial hacia la zona oceánica, mientras que la isoterma de 29°C se desplazó hacia el norte de la línea ecuatorial. Esto ha resultado en una distribución de la temperatura que ha creado un escenario menos cálido, disminuyendo la extensión espacial de las anomalías de 6 °C. No obstante, aún se registran anomalías mayores de 4°C en la zona norte y centro dentro de las 100 millas náuticas, mientras que, en el sur, disminuyeron en promedio de +2 °C a + 1 °C. (Figura 10).

En el litoral, las anomalías de TSM también se mantuvieron positivas durante todo el mes de abril, aunque en menor magnitud en comparación con la primera quincena. Se registraron en promedio 4 °C, 3 °C y 1 °C en el norte, centro y sur, respectivamente (Figura 11).

El calentamiento que afecta el mar peruano continúa su desarrollo como una ola de calor marina (OCM, Hobday et al., 2016), que ha alcanzado 56 días al 22 de abril desde su origen frente a la

costa norte y se ha fortalecido frente a la costa central. En la última semana, la anomalía térmica varió de +5,30 a +4,84 °C en la zona norte, de +3,79 a +4,94 °C frente a Chicama y de +5,74 a +5,24 °C frente a Huacho (Figura 12).

La actual OCM tiene un núcleo máximo que cubre una mayor extensión costera que la OCM de ENC 2017 ($3.08 \times 10^5 \text{ km}^2$ vs $1.85 \times 10^5 \text{ km}^2$) pero tiene menor intensidad medida en la integración temporal de la ATSM (212.73 °C días versus 300 °C días), lo último está asociado a una menor duración, teniendo al momento 56 días versus 75 días de la OCM de ENC 2017.

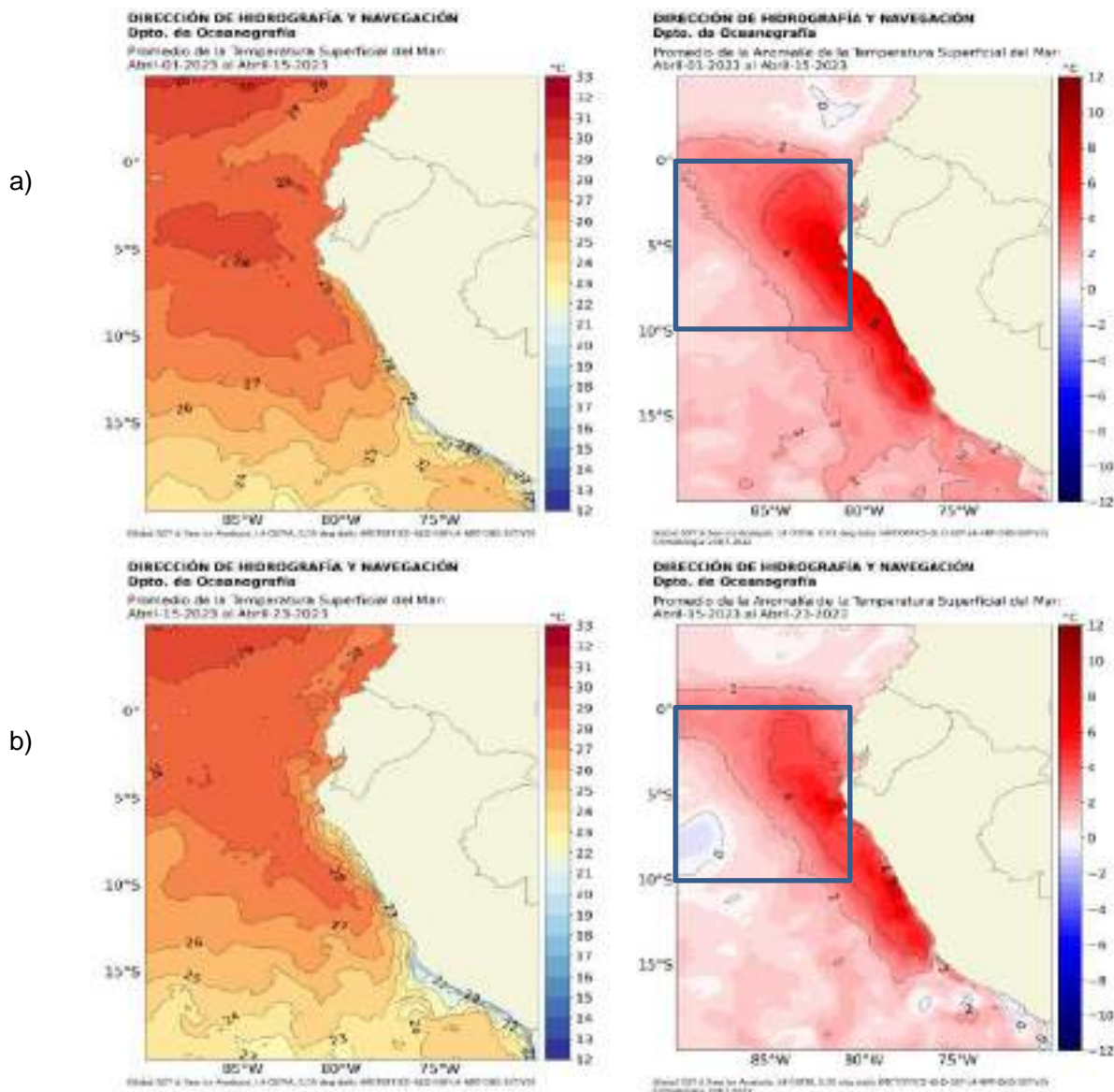


Figura 10. Distribución superficial de la temperatura y su anomalía para el periodo de a) 1-15 abril y b) 15-25 abril 2023

Fuente: OSTIA, Climatología: 2007-2022. Elaboración: DIHIDRONAV.

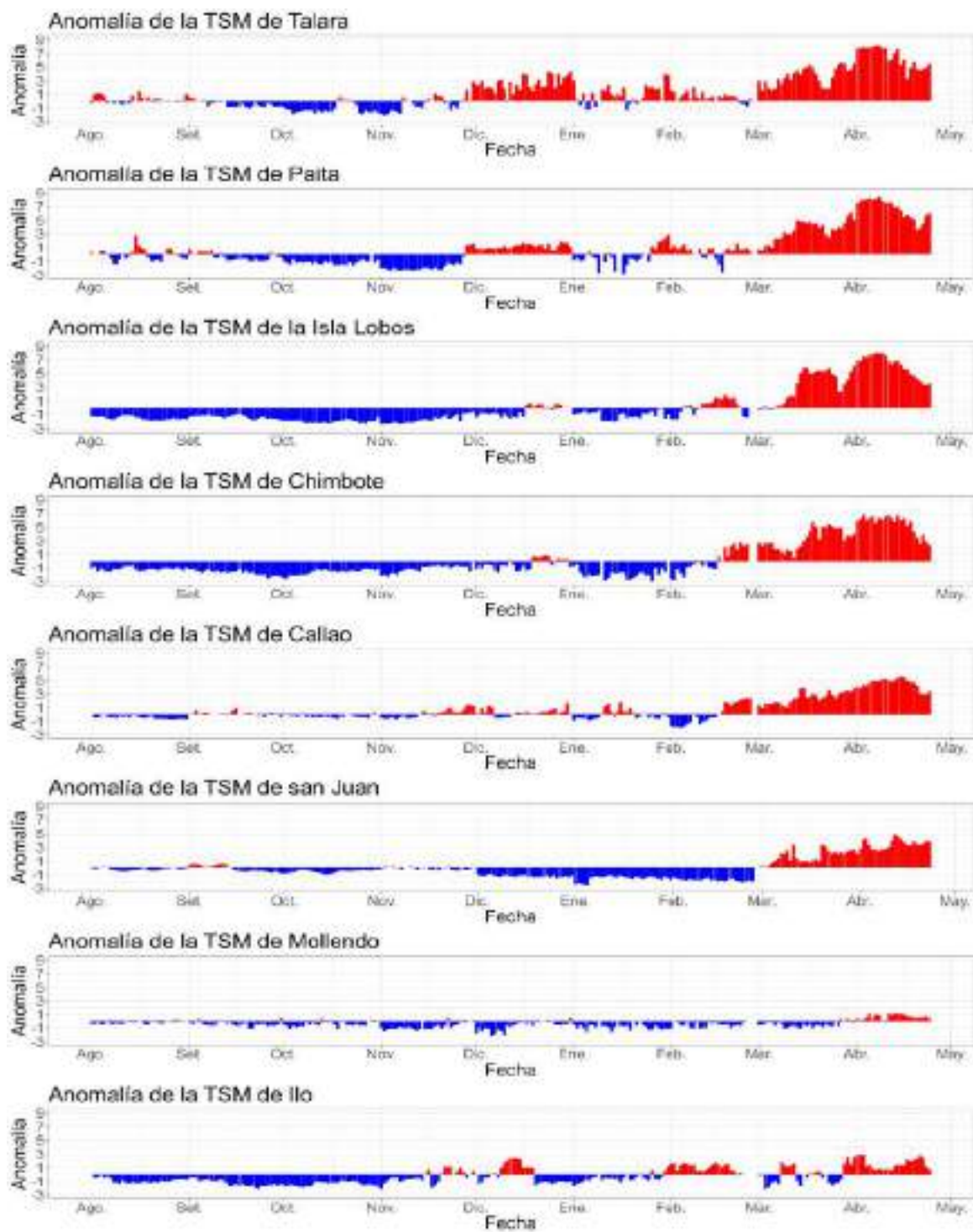


Figura 11. Anomalia de la TSM diaria a lo largo del litoral de Perú de agosto 2022 a abril 2023. Fuente y procesamiento: DHN.

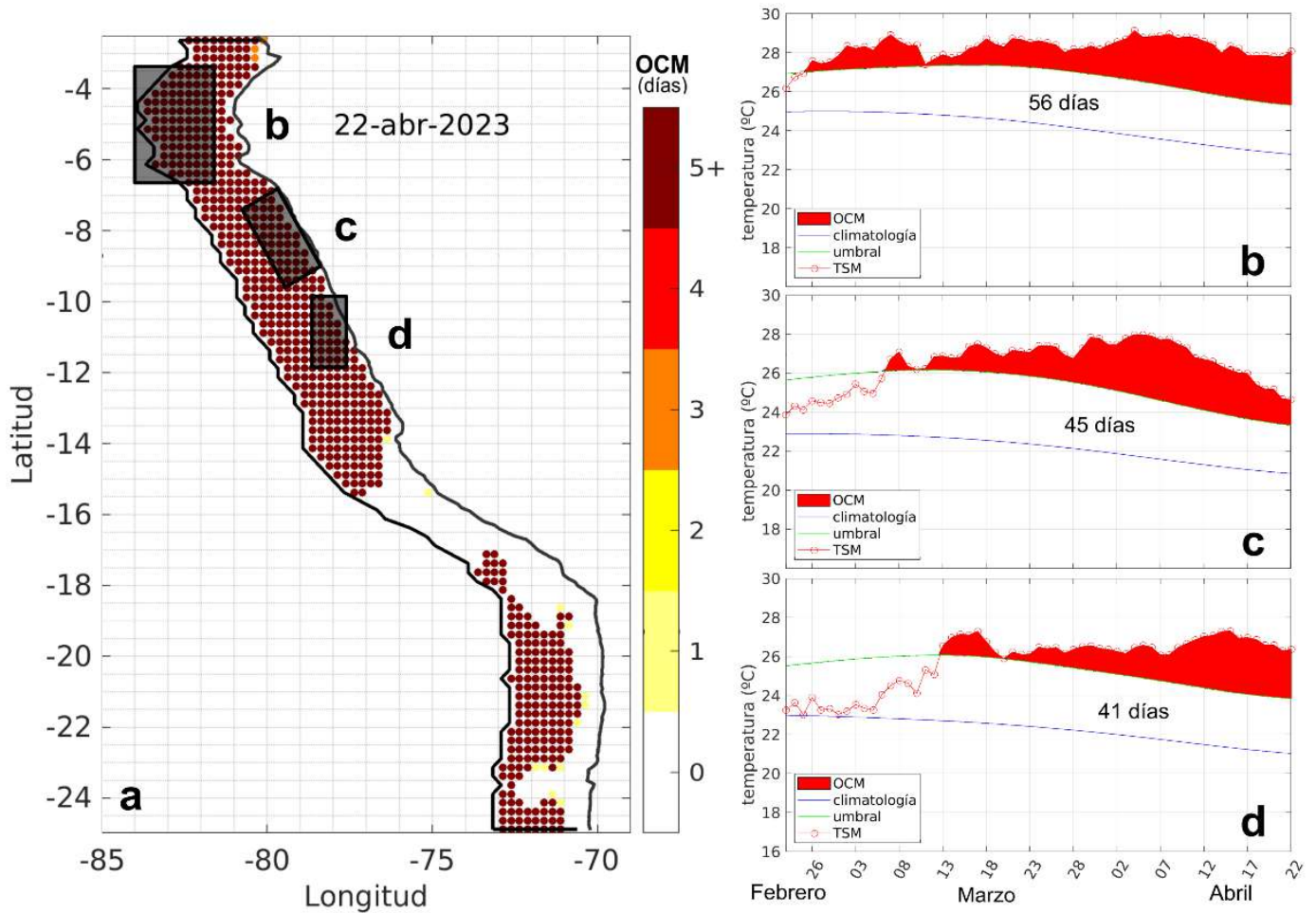


Figura 12. a) Extensión de la ola de calor marina (OCM) dentro de la franja de 150 millas frente a la costa al 22 de abril 2023; la escala de color indica el número de días en los cuales la TSM ya ha superado el percentil 90 de los datos diarios históricos, usando el período 1982-2011 como referencia (Pietri et al., 2021). Serie de tiempo de la TSM relacionada a la climatología y al percentil 90 en las áreas seleccionadas norte (b), Chicama (c) y Huacho (d) de la OCM. Fuente: OISST 2.1; procesamiento: IMARPE

Las anomalías del nivel del mar (ANM) en la franja de las 60 mn adyacentes a la costa peruana durante abril indicaron un incremento sostenido hasta el día 17 entre Paita y Callao, principalmente, alcanzando valores de hasta +28 cm en algunos puntos (Figura 13). Posteriormente, se registró una disminución a +25 cm en promedio desde Chimbote hacia el norte y que se ha mantenido a la fecha, asociada a la intensificación del afloramiento costero (Figura 13a). En el litoral las anomalías del NM disminuyeron ligeramente en algunos lugares, mostrando para la segunda quincena valores de 30 cm y 25 cm en el norte y centro-sur, respectivamente. (Figura 14).

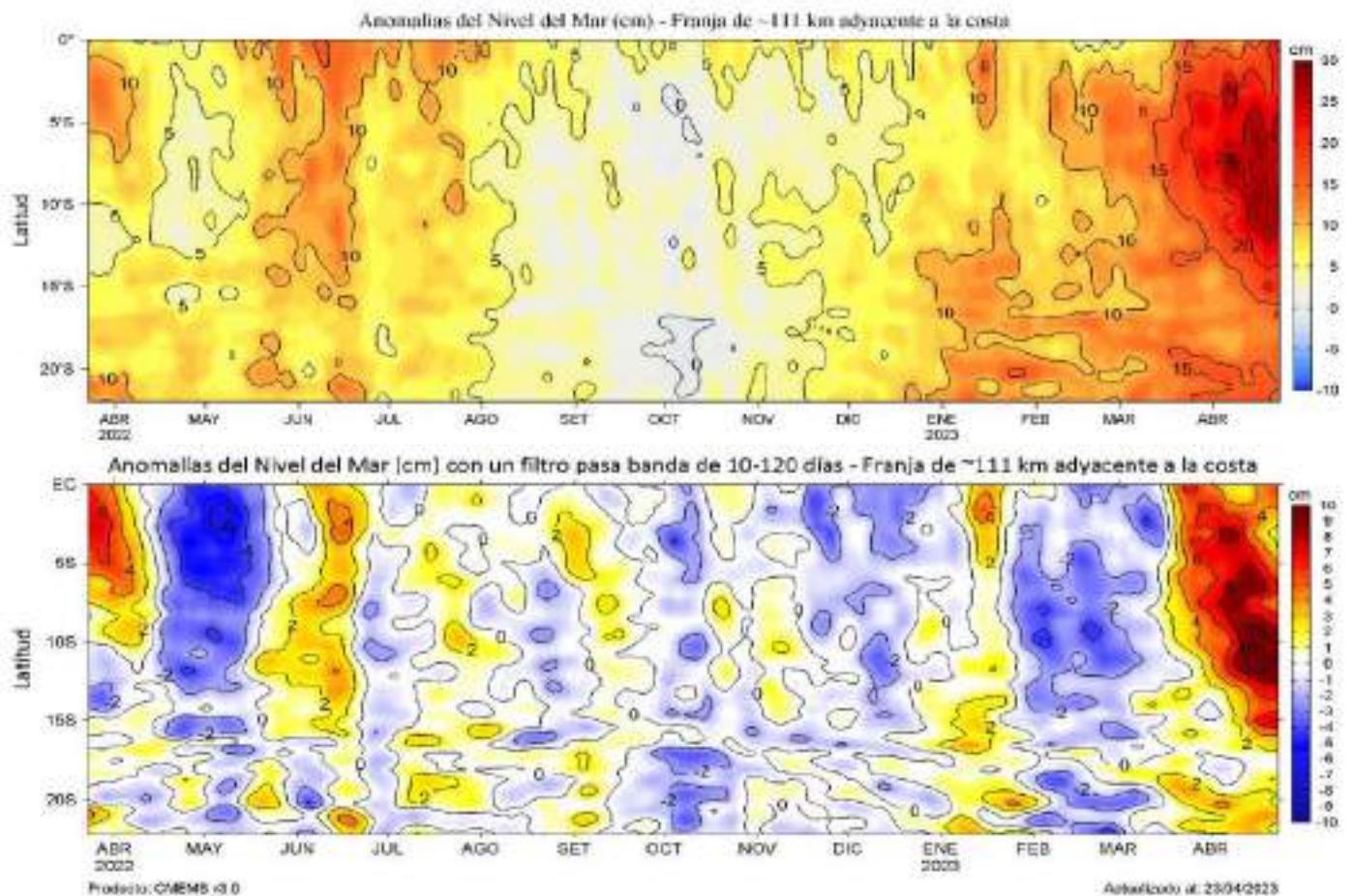


Figura 13. Evolución diaria de las a) anomalías del Nivel del Mar (cm) y b) anomalías del Nivel del Mar (cm) con un filtro pasa banda de 10-120 días, para una franja de 60 mn (~111 km) adyacente al litoral peruano para los últimos doce meses, al 23 de abril 2023.

Fuente: CMEMS v3.0. Climatología: 1993-2012 para (a) y 1993-2010 para (b). Procesamiento: LHF/AFIOF/DGIOCC/IMARPE

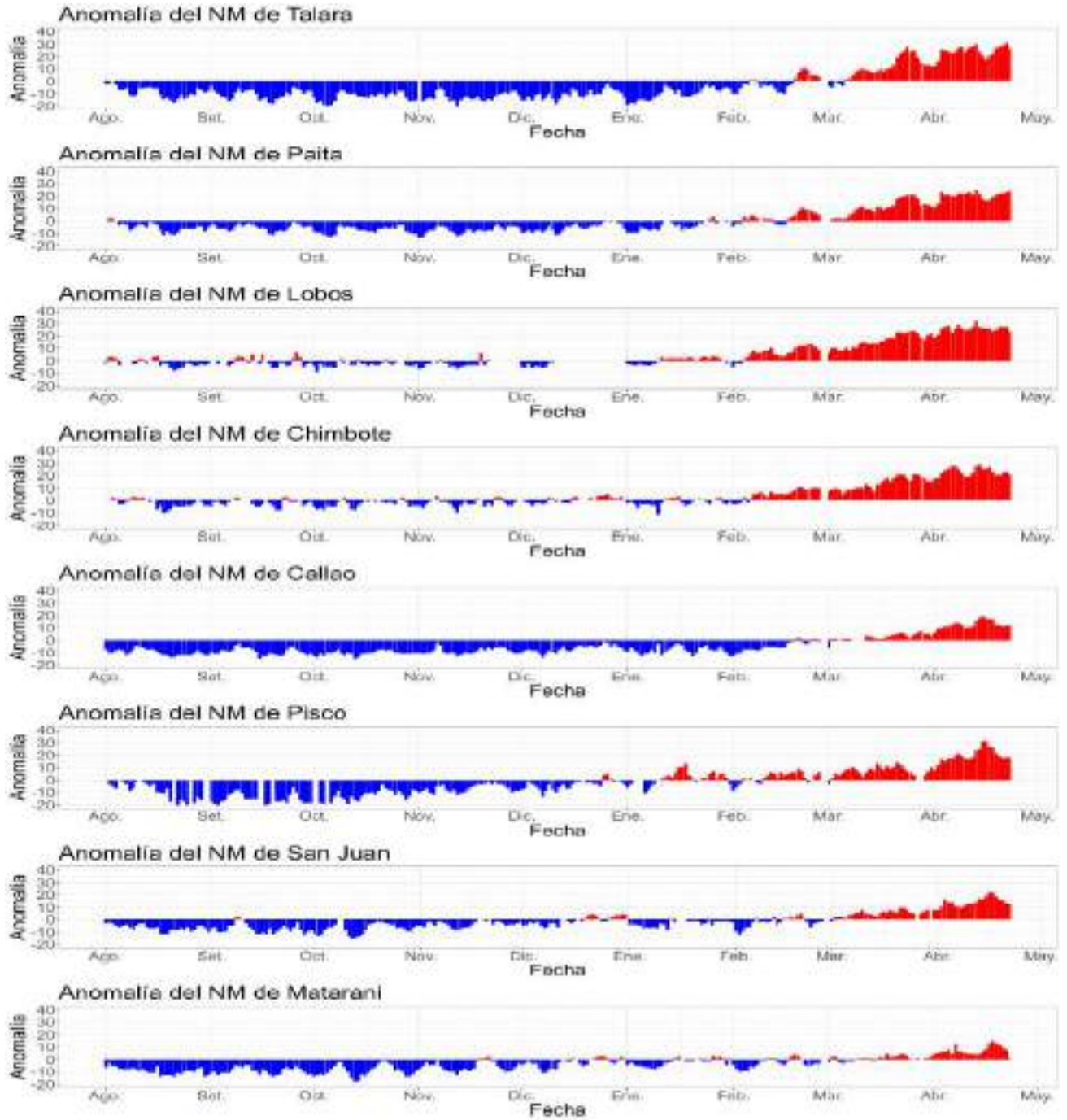


Figura 14. Anomalia del NM diario a lo largo del litoral de Perú. Desde agosto 2022 a abril 2023.
Fuente y procesamiento: DHN.

Respecto a la temperatura subsuperficial, frente a Tumbes y Piura, entre las 80 y 100 mn, se observaron anomalías de hasta +8 °C sobre los 50 m de profundidad. Además, en el transcurso del mes, se observó un incremento de anomalías positivas mayores a +1 °C en la columna de agua, asociado a la profundización de las isotermas. Frente a la costa central (de 80 a 200 mn) se observó que las anomalías positivas se concentraron sobre los 50 m de profundidad, principalmente, y aún se observan anomalías negativas de -1 °C principalmente, entre los 50 y 100 m de profundidad (Figura 17). En la tercera semana de abril, desde Paita hasta Atico y dentro de las 50 mn, se observaron anomalías positivas sobre los 200 m de profundidad, las anomalías más importantes se registraron sobre los 100 m de profundidad (mayores a +2 °C), alcanzando valores de hasta +8 °C sobre los 50 m de profundidad frente a Callao y Pisco (Figura 16).

Por otro lado, si comparamos la anomalía térmica subsuperficial en la zona norte, se observó que el núcleo cálido de anomalías positivas del 2023 mostró valores entre +4 °C y +7 °C, hasta una profundidad de 70 m, mientras que durante El Niño costero del 2017 las anomalías cálidas (de +4 °C a +6 °C) se concentraron entre la superficie y 30 m (Figura 15)

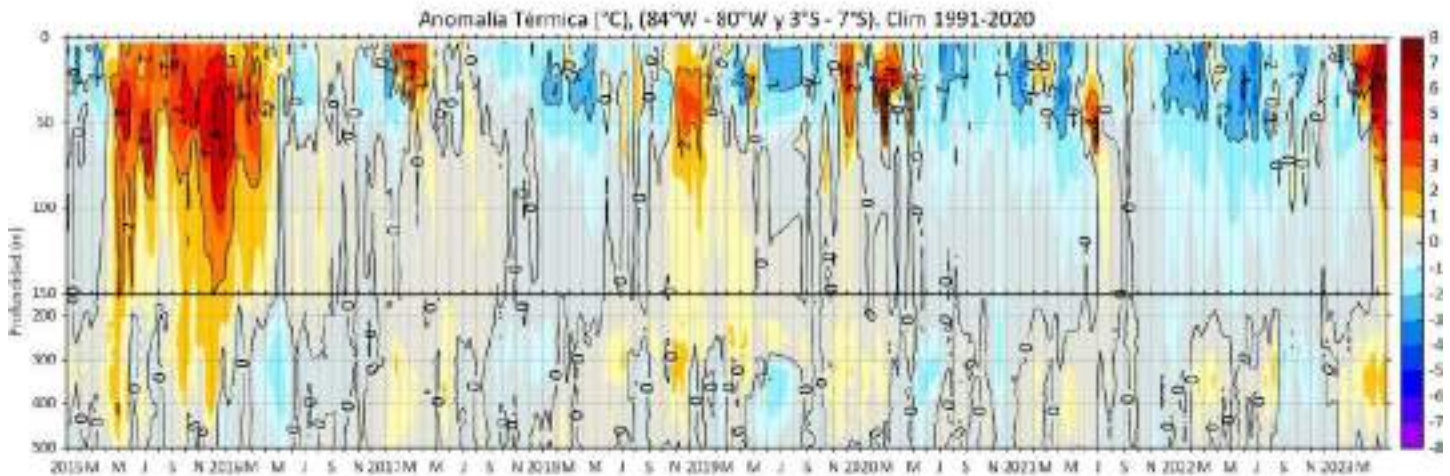


Figura 15. Anomalía térmica en base a los perfiladores ARGO, frente al zona norte, climatología 1991-2020.

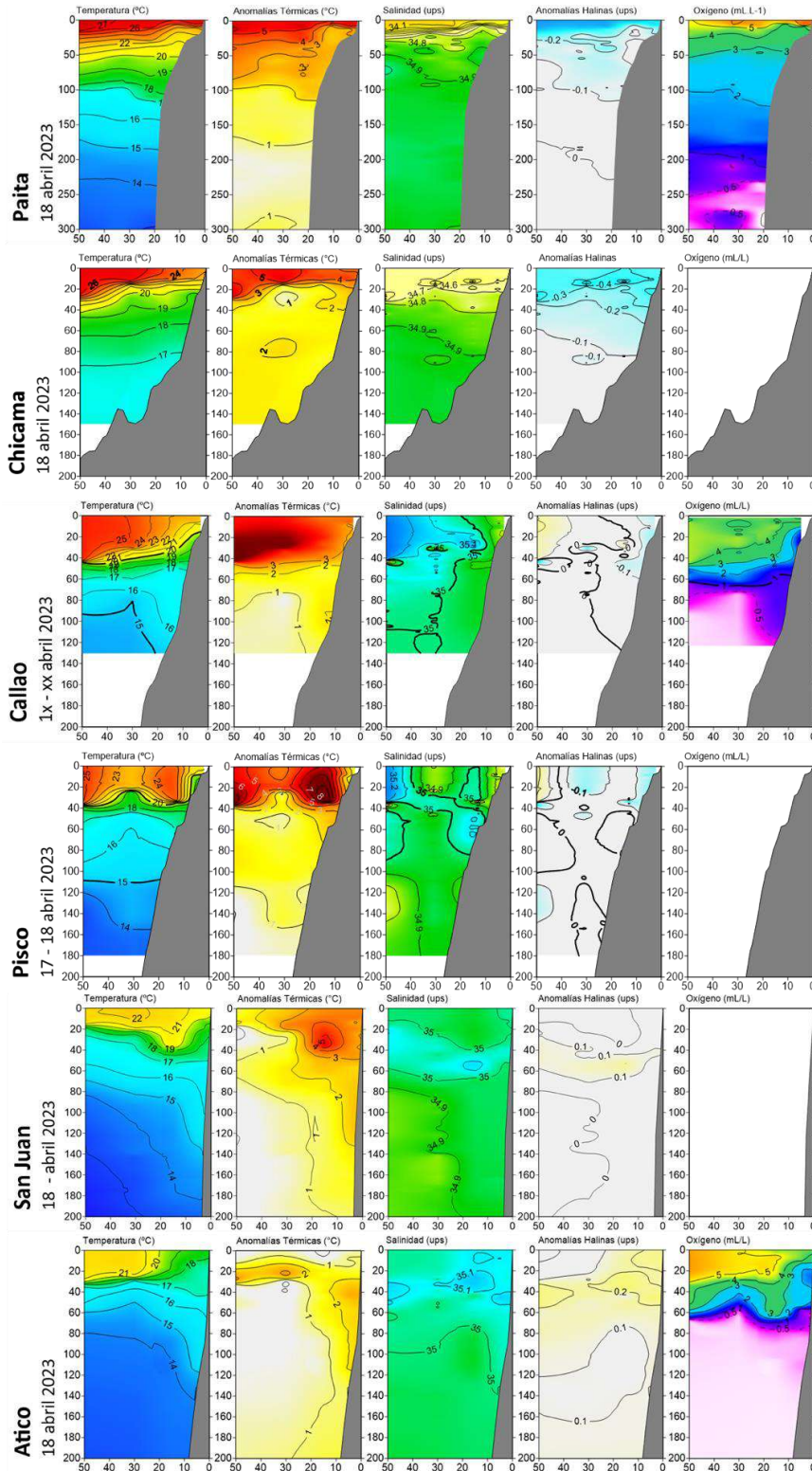


Figura 16. a) Secciones de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), anomalías térmicas ($^{\circ}\text{C}$), salinidad, anomalías halinas y oxígeno disuelto OD (mL L^{-1}) de izquierda a derecha frente a a) Paita (18 abril), b) Chicama (18 abril), c) Callao (18 abril), d) Pisco (18 abril), e) San Juan (18 abril), y f) Atico (18 abril). Registrado durante la Eureka LXXIV.

En la capa sub-superficial, las anomalías disminuyeron respecto a la primera quincena de abril; sin embargo, se profundizaron de 100 a 200 m, entre las 80 y 100 millas frente la zona norte. En tanto que, frente a la costa central, las anomalías positivas se mantienen sobre los 30 m de profundidad, seguida de una masa de agua fría que mantiene hasta cerca de los 100 m (Figura 17 y Figura 18).

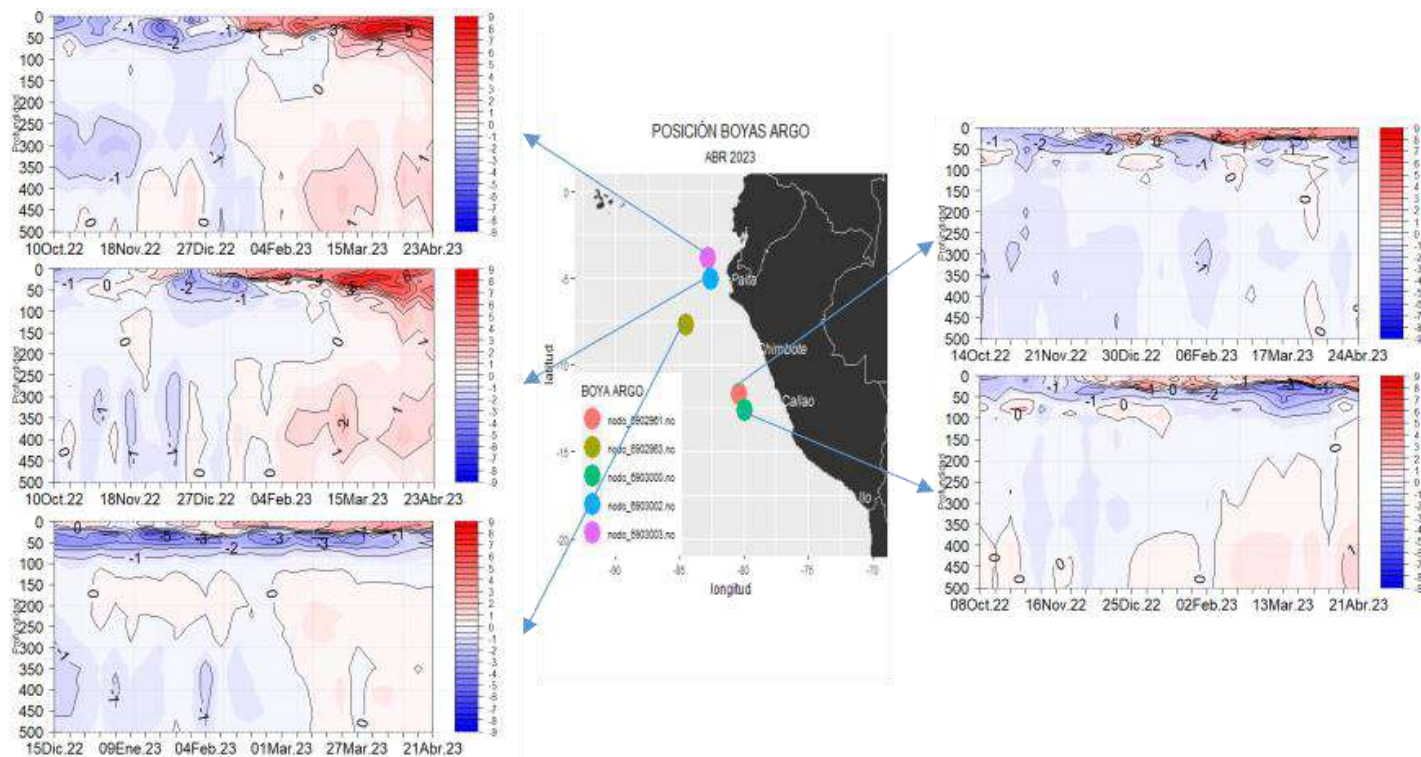


Figura 17. Secciones de anomalías de temperatura del mar de diciembre de 2022 a abril de 2023 hasta los 500 m de profundidad. Fuente: ARGO. Procesamiento: DIHIDRONAV.

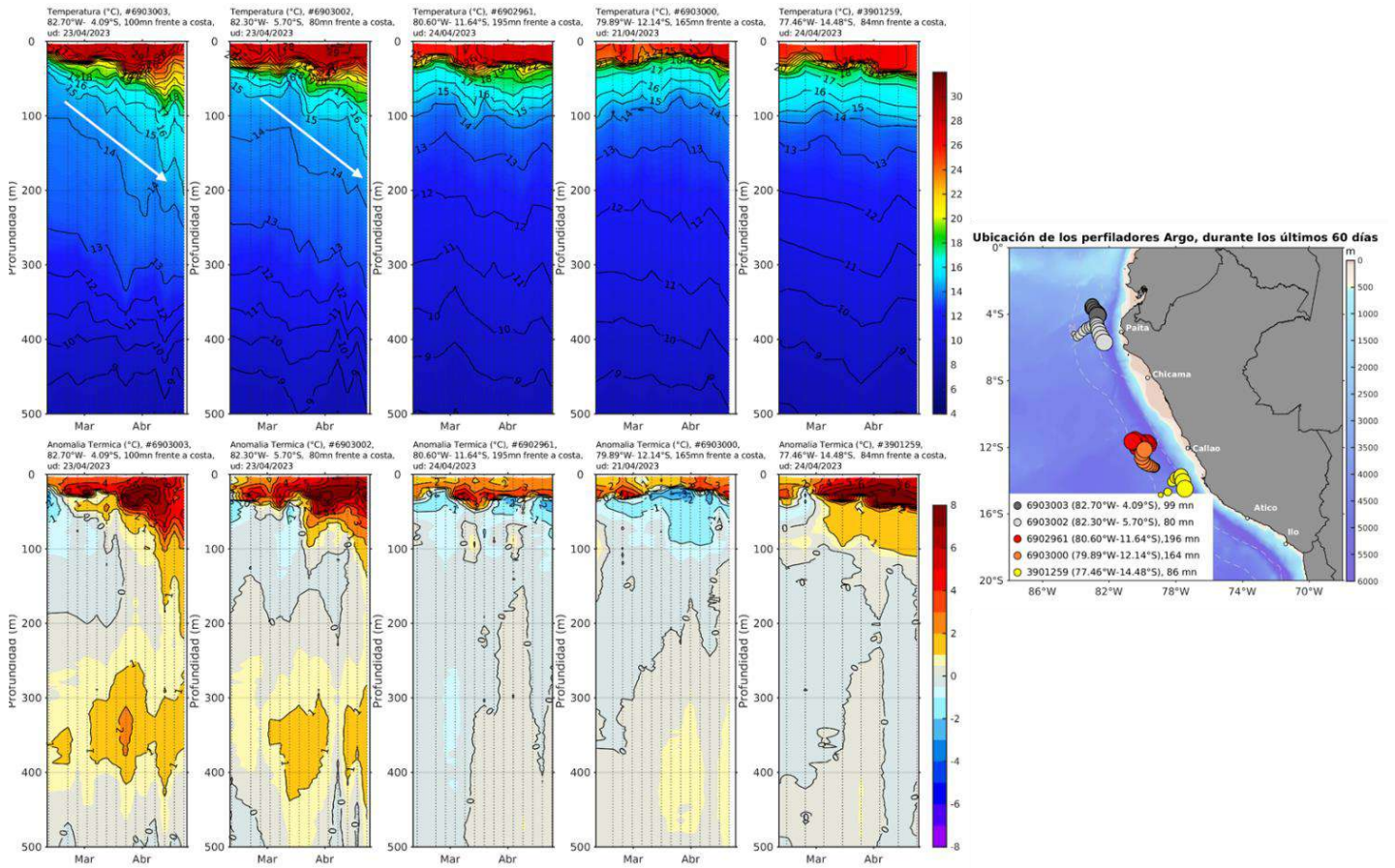


Figura 18. Evolución de la anomalía de la temperatura del agua de mar en flotadores ARGO en la zona costera (dentro de las 150 mn) y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas para el mes de abril 2023 donde brindó información el flotador ARGO.

Fuente: ARGO, climatología: 1981-2010. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE

La salinidad superficial del mar (SSM) mostró la proyección de las Aguas Tropicales Superficiales (ATS) hasta la zona de Paita a inicios de abril para luego replegarse hasta Talara (~40 mn de la costa) hasta la fecha, de acuerdo a la información in situ y al modelo MERCATOR, mientras que las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) se habrían aproximado hasta Chimbote (~50 mn de la costa), manteniéndose durante todo abril, pero alejándose de la costa para la segunda quincena, según MERCATOR. Hacia el sur, predominaron aguas costeras frías (ACF) dentro de las 30 mn de la costa, aunque con una aproximación de las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) hacia la costa entre Callao y Atico durante los últimos 15 días, de acuerdo con MERCATOR y confirmada por la información in situ (Figura 17, Figura 19 y Figura 20).

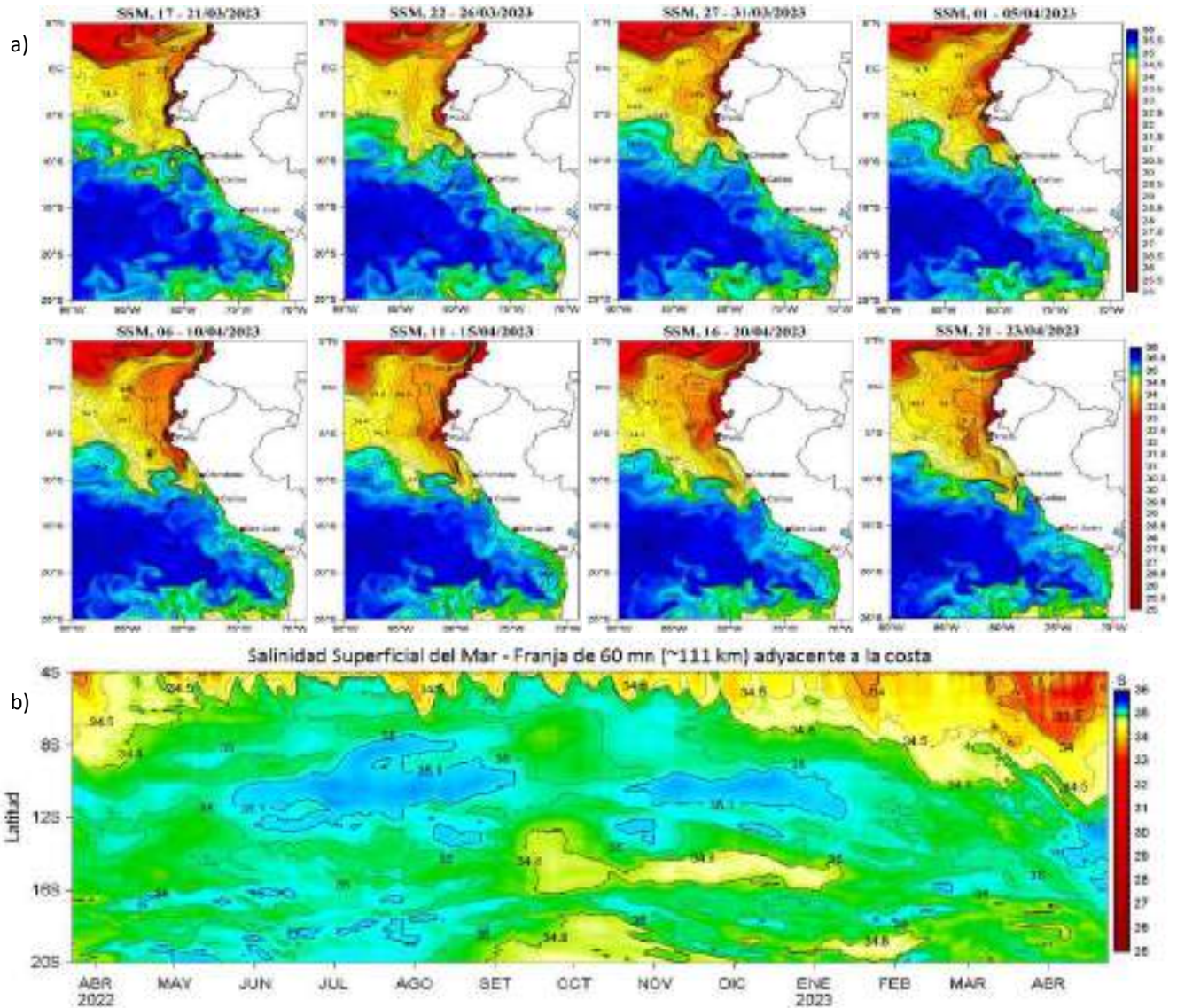


Figura 19. (a) Distribución pentadal de la Salinidad Superficial del Mar (SSM) en el Pacífico Sudeste, durante el mes de febrero y marzo 2023. (b) Diagrama Hovmöller de la SSM en la franja de las 60 millas costeras, al 9 de abril de 2023. Datos: GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024 (Lellouche, J.-M. et al, 2013)

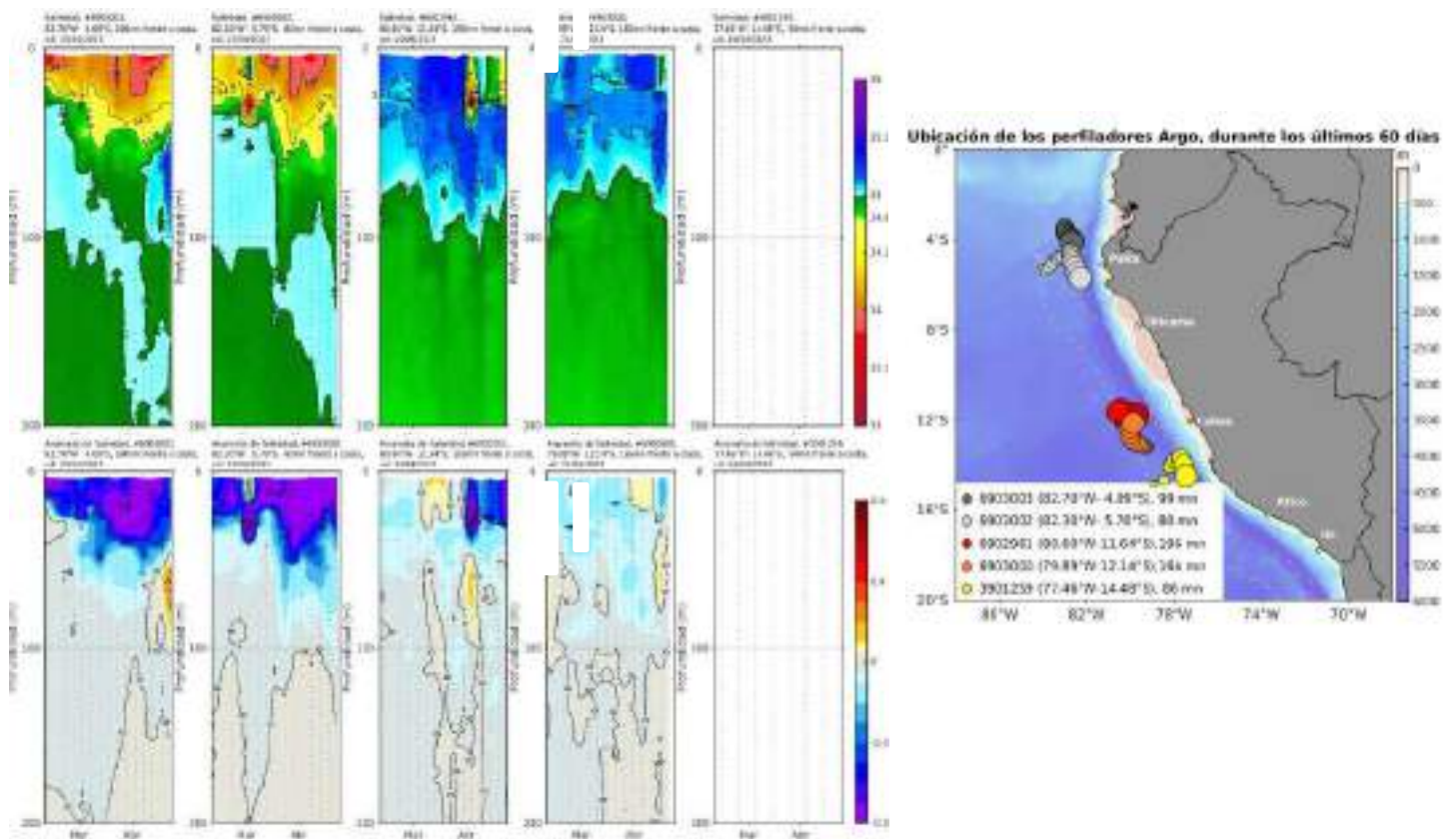


Figura 20. Evolución de la salinidad del agua de mar en flotadores ARGO en la zona costera (dentro de las 100 mn) y ubicación de las últimas posiciones y coordenadas geográficas para el mes de abril 2023, donde brindó información el flotador ARGO.

Fuente: ARGO. Procesamiento: AFIOQ/DGIOCC/IMARPE.

Respecto a las concentraciones de oxígeno disuelto (OD), en los días 17 y 18 de abril 2023, se observaron sobre la capa de los 50 m concentraciones de OD entre 3,0 a 6,0 mL L⁻¹ frente a Paita y entre 2,0 a 5,0 mL L⁻¹ frente a Callao y Atico. En las secciones de Callao y Atico se detectó un afloramiento de aguas con menor contenido de OD dentro de las 25 mn de costa. El límite superior de la Zona de Mínimo de Oxígeno (ZMO, OD < 0,5 mL L⁻¹) se ubicó entre los 230 y 250 m de profundidad frente a Paita, entre los 75 y 120 m de profundidad frente a Callao y entre los 60 y 75 m de profundidad frente a Atico (Figura 17).

3.3. Productividad marina y condiciones biológico-pesqueras

La clorofila-a, indicador de la producción de fitoplancton, de acuerdo con la información satelital, en abril presentó concentraciones alrededor de $1 \mu\text{g L}^{-1}$ dentro de las 10 mn costeras entre Paita a Pisco y menores fuera de esta franja, la cual se extendió hasta las 30 a 60 mn al sur de Pisco. Esta baja productividad ha estado asociada a anomalías negativas menores a $-2 \mu\text{g L}^{-1}$ entre Paita y Huacho, y anomalías menores a $-4 \mu\text{g L}^{-1}$ entre Huacho y Pisco (Figura 21). Cabe indicar que estas condiciones de baja productividad vienen predominando desde setiembre del 2022 a la fecha (Figura 22). La baja productividad en las últimas semanas estaría asociada al paso del paquete de ondas Kelvin cálidas, las que han profundizado la termoclina y oxiclina, por lo que el afloramiento costero solo habría originado el ascenso de aguas cálidas y pobres en nutrientes.

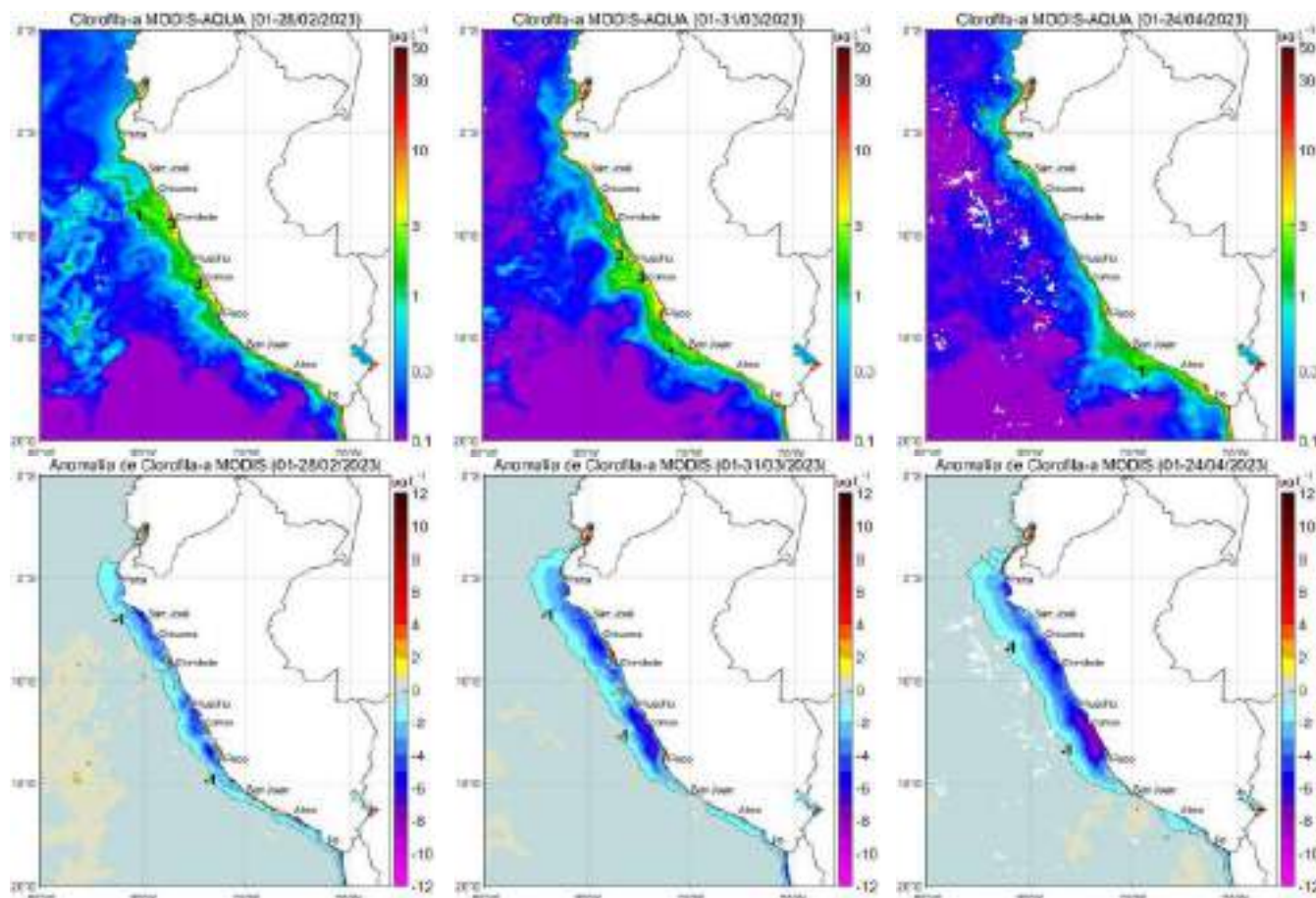


Figura 21. Distribución de la concentración de clorofila-a superficial satelital ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel superior) y su anomalía ($\mu\text{g L}^{-1}$, panel inferior), durante febrero, marzo y lo que va de abril de 2023 (de izquierda a derecha), proveniente de MODIS-AQUA.

Fuente: Satélite MODIS. Procesamiento: LHQ/AFIOQG/DGIOCC/IMARPE

Clorofila-a superficial 24/04/2023

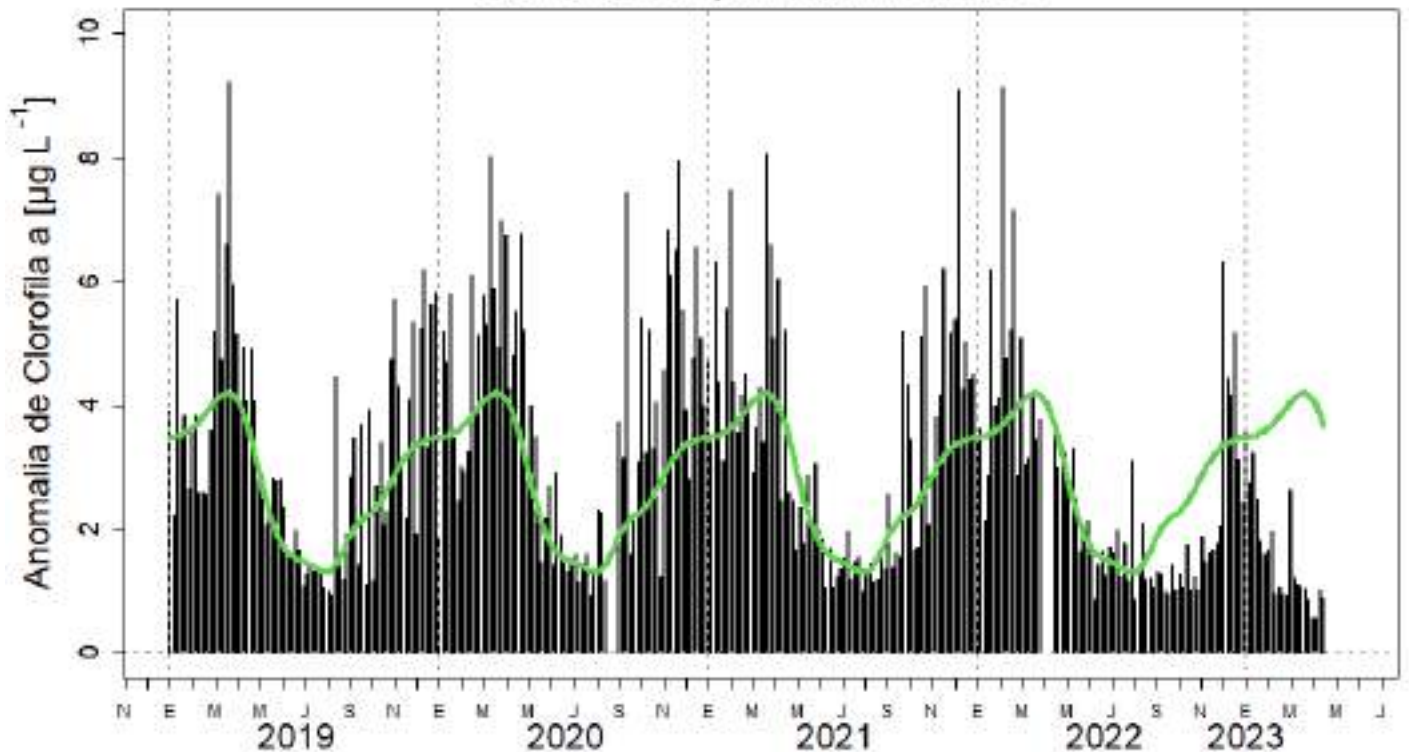


Figura 22. Serie de tiempo de las concentraciones de clorofila-a satelital (barra negra) y su climatología (línea verde) proveniente de SeaWIFS-MODIS ($\mu\text{g L}^{-1}$) entre 4° S - 16° S y dentro de los 100 km de la costa.
Fuente: IMARPE

Durante la primera quincena de abril, continuó la actividad extractiva de especies transzonales, realizado por la flota de cerco artesanal y de menor escala. La disponibilidad de estos recursos se mantuvo similar al mes anterior; en el caso del jurel y caballa se distribuyeron desde San Juan de Marcona hasta Morro Sama, dentro de las 55 mn de la costa, mientras que el bonito presentó una mayor cobertura espacial, desde Punta Sal hasta Morro Sama, principalmente dentro de las 35 mn de la costa, aunque en la zona norte se encontró dentro de las 10 mn náuticas, asociado al ingreso hacia el sur de las Aguas Ecuatoriales Superficiales.

Las tres especies transzonales, presentaron una estructura de tallas de adultos. Por otro lado, especies oceánicas, como el barrilete y atún aleta amarilla, continúan registraron disponibilidad principalmente frente al norte del litoral (Figura 23).

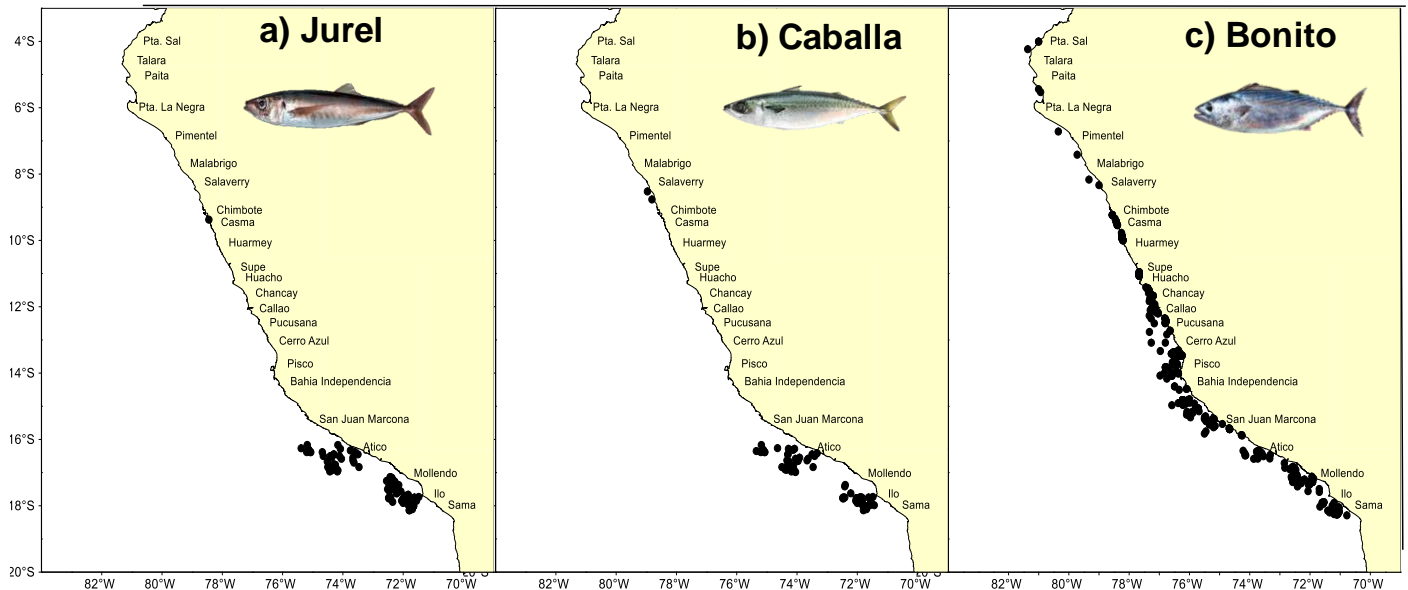


Figura 23. Distribución de lances, realizados por la flota de cerco dirigidas a especies transzonales a) jurel b) caballa y c) bonito. Periodo: primera quincena de abril del 2023

Recursos demersales y litorales

Durante la primera quincena de abril la actividad de la flota industrial arrastrera se distribuyó en el área comprendida desde el extremo norte del litoral peruano hasta los 6° S. Durante ese periodo, la población de merluza presentó un "núcleo" de concentración frente a Puerto Pizarro, en donde se estimaron los mayores valores de Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) (Figura 24).

En escala temporal, la CPUE de merluza correspondiente a la primera quincena de abril presentó un ligero incremento con respecto a marzo (Figura 25); cabe mencionar que la actividad pesquera se mantiene baja con pocas embarcaciones realizando actividades de pesca. Del 01 al 15 de abril del 2023, la estructura de tallas total del recurso presentó un rango entre 13 y 62 cm de longitud total (LT), y moda principal en 30 cm LT. Entre los 5 y 6° S se observó un incremento en la presencia de individuos de tallas menores, entre los 22 y 24 cm (Figura 26).

El calamar gigante, calamar común, pulpo y concha de abanico mostraron disminución de sus desembarques respecto al mes precedente (Figura 27a, b, c, d). El calamar gigante se encontró distribuido entre Punta La Negra y Morro Sama, mostrando las mayores concentraciones en la zona norte y centro (Figura 28).

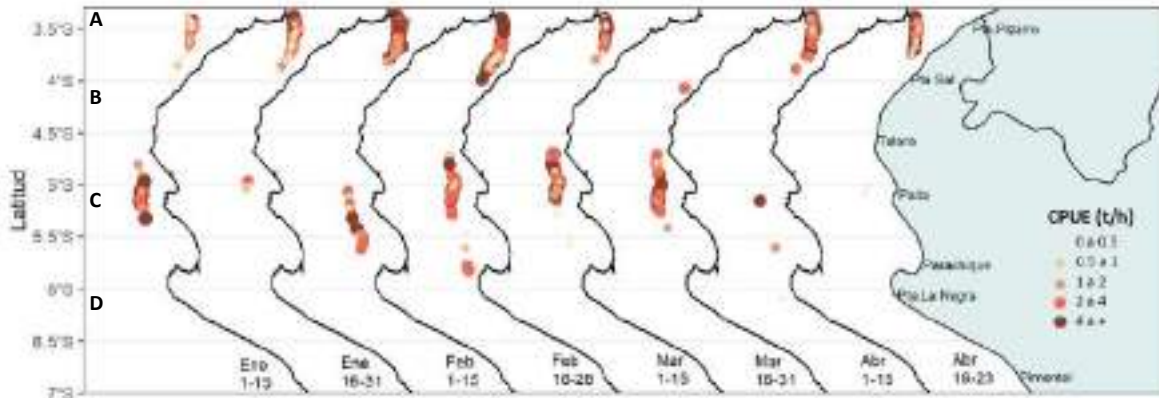


Figura 24. Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE en t/h) por lance de pesca entre los meses de enero y marzo (2023) (de izquierda a derecha por quincena) de la flota industrial de arrastre de merluza.

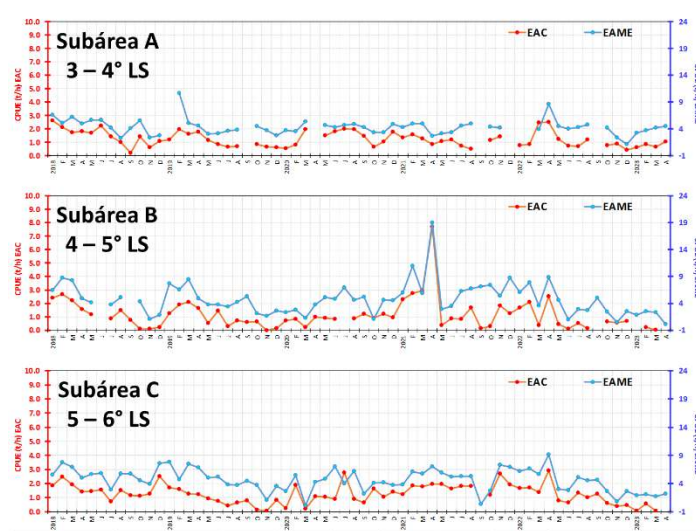


Figura 25. CPUE mensual (t/h) por subárea de pesca y tipo de embarcación de la flota industrial de arrastre de merluza.

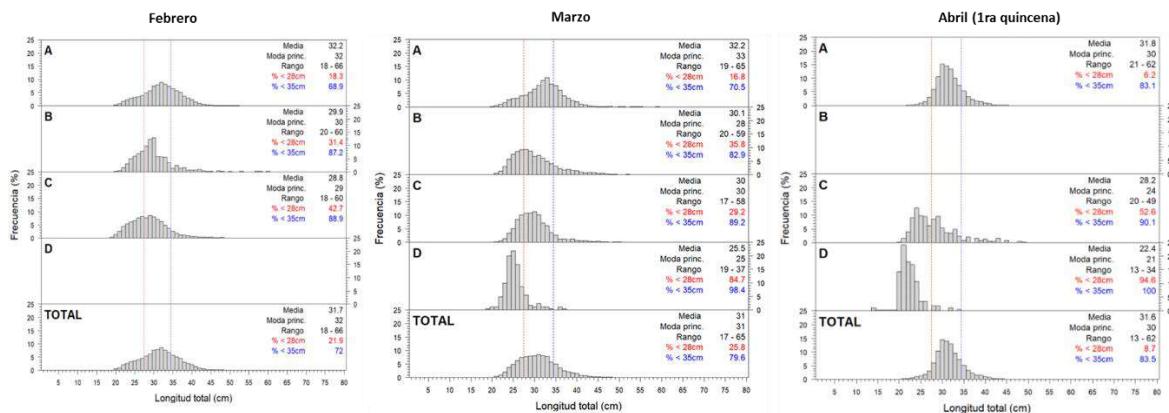


Figura 26. Distribución de tallas de merluza por subárea (latitud) entre los meses de enero y marzo 2023 (de izquierda a derecha), capturada por la flota industrial de arrastre.

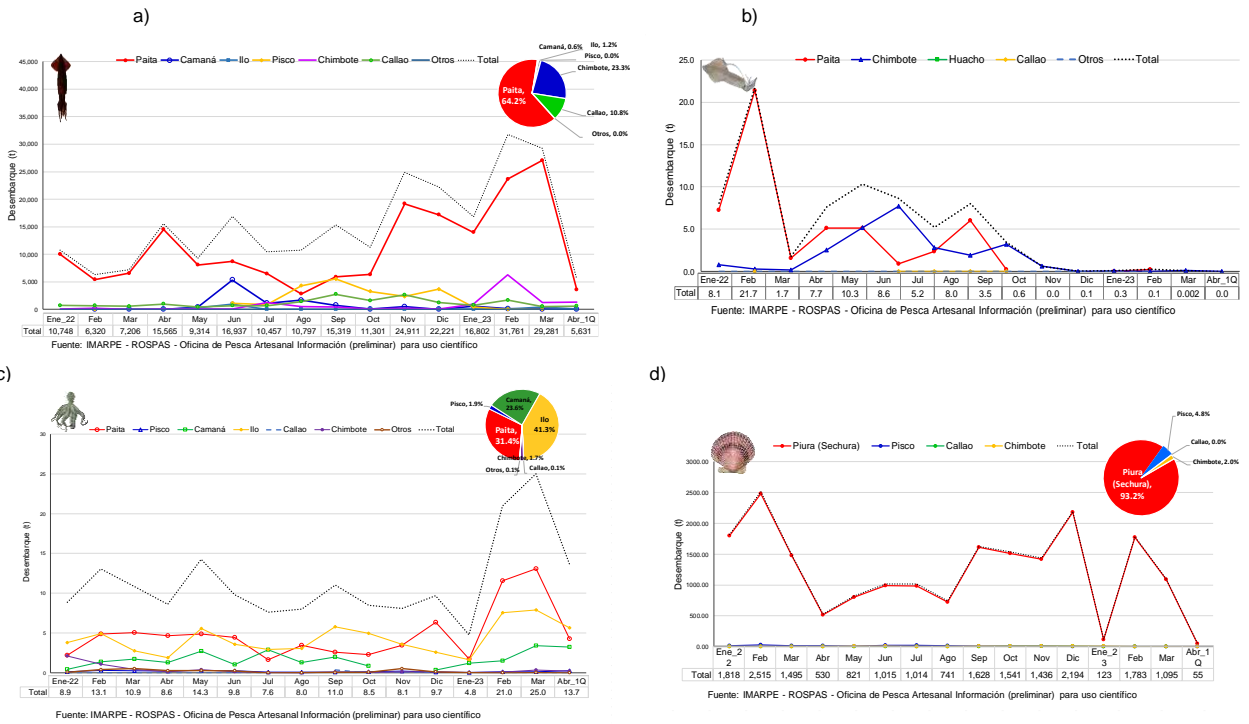


Figura 27. Desembarque (t) de calamar gigante *Dosidicus gigas* (a), calamar común *Doryteuthis gahi* (b), pulpo *Octopus mimus* (c), concha de abanico *Argopecten purpuratus* (d) durante 2022-2023.

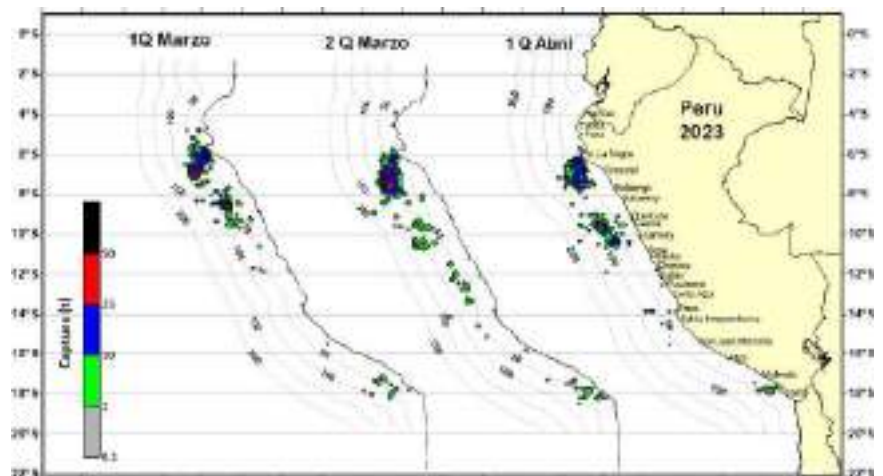


Figura 28. Distribución de la flota artesanal del calamar gigante *Dosidicus gigas*, 1ra. quincena abril 2023

3.4. Condiciones hidrológicas

En los primeros 24 días de abril del 2023 los ríos de la costa norte presentaron caudales sobre lo normal, especialmente los ríos de Tumbes, Chira y Piura. En los ríos del Pacífico centro predominaron caudales con anomalías ligeramente por debajo de lo normal, a excepción de los ríos Mala y Pisco que se mantienen, a la fecha, sobre lo normal. En los ríos del Pacífico sur predominaron caudales normales, salvo el río Sama que registra valores notoriamente sobre lo normal. Finalmente, el caudal los ríos de la vertiente del Titicaca se mantienen por debajo de lo normal (Tabla 3).

Tabla 3. Caudales de los principales ríos del país abril 2023

Zona	Ríos	Pentadiarios (m3/s)					Promedio (m3/s)	Anomalía (%)
		Abr-23						
Pacífico Norte	Tumbes	492.7	529.0	899.8	638.3	783.1	668.6	324.0
	Chira	568.3	836.4	1082.8	1591.7	1209.1	1057.7	558.7
	Motupe	4.2	7.2	4.2	6.4	4.4	5.3	187.8
	La Leche	40.0	52.5	16.5	24.7	15.9	29.9	169.8
	Chancay Lambayeque	114.2	129.9	87.0	106.8	98.0	107.2	67.3
	Zaña	47.8	67.9	34.4	33.3	36.3	43.9	251.8
	Jequetepeque	113.0	121.9	97.3	147.9	114.2	118.8	54.6
	Chicama	75.7	171.9	159.3	189.1	149.3	149.1	84.1
	Santa	396.1	414.5	353.4	503.5	441.6	421.8	77.2
Pacífico Centro	Pativilca	48.9	47.4	46.0	51.5	41.7	47.1	-24.4
	Huaral	20.1	18.9	16.6	14.5	11.5	16.3	-25.7
	Chillón	6.2	5.8	5.6	5.8	4.9	5.7	-21.2
	Rímac	32.5	33.7	29.3	24.9	20.8	28.2	-23.6
	Mala	41.6	35.6	35.8	29.2	21.8	32.8	34.4
	Cañete	90.0	57.4	80.4	41.0	29.3	59.6	-18.8
	Pisco	76.4	44.8	40.1	22.5	17.9	40.3	44.4
Pacífico Sur	Ica	65.5	28.2	21.3	8.0	4.3	25.4	209.5
	Ocoña	319.8	132.7	84.7	65.8	57.1	132.0	-12.6
	Huatiapa	206.0	80.8	65.7	55.8	49.0	91.5	-4.0
	Chili	15.0	8.4	6.0	3.5	4.5	7.5	-5.0
	Locumba	1.9	1.4	1.5	1.5	1.4	1.6	-43.1
	Sama	5.9	4.0	2.5	1.5	1.4	3.0	141.7
	Caplina	0.4	0.4	0.4	0.4	0.7	0.5	-29.2
Titicaca	Huancane	10.4	10.6	10.4	8.3	4.5	8.8	-58.7
	Ramis	160.9	66.9	48.4	19.7	13.9	61.9	-47.5
	Coata	91.4	46.0	32.3	17.6	11.5	39.8	-35.0

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

Los principales embalses del país, al 25/04/2023 se encuentran almacenando agua a un 76,29 % de

la capacidad hidráulica nacional; de ellos, las represas de San Lorenzo, Gallito Ciego y Jarumas continúan al 100 % de su capacidad, mientras que los embalses de Viconga, Choclococha, Ccaracocha, Paucarari, Lago Junín y Sibinicocha aún se encuentra muy por debajo de sus valores mínimos históricos. Cabe mencionar, que el 16 de abril la represa Poechos alcanzó un volumen de almacenamiento de 393,30 hm³, pero debido al exceso de caudales y a la presencia de sedimentos, se realizó un desfogue hasta disminuir el volumen de 255.70 hm³ (Tabla 4).

Tabla 4. Estado situacional de los reservorios al 25 de abril del 2023

Zona	Reservorio	Fecha	Departamento de Influencia	Capacidad Hidráulica (hm ³)		Capacidad Hidráulica Almacenada (%)
				Útil	Almacenada	
Costa - Norte	Poechos	25-Abr	Piura	445.50	255.00	57.24
Costa - Norte	San Lorenzo	25-Abr	Piura	195.60	195.62	100.00
Costa - Norte	Tinajones	25-Abr	Lambayeque	331.55	303.10	91.42
Costa - Norte	Gallito Ciego	25-Abr	La Libertad	366.09	366.09	100.00
Costa - Centro	Viconga	25-Abr	Lima	30.00	20.68	68.93
Costa - Centro	Sistema Rímac	15-Abr	Lima, Junín	282.35	224.41	79.48
Costa - Centro	Choclococha	25-Abr	Ica	131.10	101.10	77.12
Costa - Sur	Ccaracocha	25-Abr	Ica	40.00	26.16	65.40
Costa - Sur	Condorama	25-Abr	Arequipa	259.00	234.64	90.59
Costa - Sur	El Pañe	25-Abr	Arequipa	99.61	89.30	89.65
Costa - Sur	Dique Los Españoles	25-Abr	Arequipa	9.09	3.30	36.30
Costa - Sur	Pillones	25-Abr	Arequipa	78.50	50.50	64.33
Costa - Sur	El Frayle	25-Abr	Arequipa	127.24	99.70	78.36
Costa - Sur	Aguada Blanca	25-Abr	Arequipa	30.43	21.10	69.34
Costa - Sur	Chalhuanca	25-Abr	Arequipa	25.00	20.70	82.80
Costa - Sur	Bamputañe	25-Abr	Arequipa	40.00	22.91	57.28
Costa - Sur	Pasto Grande	25-Abr	Moquegua	200.00	163.60	81.80
Costa - Sur	Paucarani	25-Abr	Tacna	10.50	5.12	48.75
Costa - Sur	Laguna Aricota	25-Abr	Tacna	280.00	198.30	70.82
Sierra - Centro	Jarumas	25-Abr	Tacna	13.00	13.03	100.00
Sierra - Centro	Cuchoquesera	25-Abr	Ayacucho	80.00	75.56	94.44
Sierra - Sur	Lago Junin	25-Abr	Junín	441.00	234.50	53.17
Sierra - Sur	Lagunillas	25-Abr	Puno	585.13	434.00	74.17
Sierra - Sur	Sibinicocha	25-Abr	Cusco	110.00	54.09	49.17
Situación Nacional				4210.69	3212.50	76.29

Fuente: Proyectos Especiales y operadores hidráulicos. Elaborado: ANA

3.5. Condiciones agrometeorológicas

En los valles arroceros de la costa norte, las temperaturas diurnas superiores a su climatología y las lluvias intensas favorecieron el crecimiento vegetativo de las plantaciones de arroz; asimismo, estas condiciones ambientales propiciaron el desarrollo y maduración de los brotes vegetativos del cultivo de mango para la campaña 2023/2024. Sin embargo, se reportó la presencia de enfermedades fitosanitarias asociadas a la alta humedad en los arrozales, así como pérdida de campos de banano, arroz y otros cultivos de panllevar y retrasos de las actividades culturales como la poda, control de malezas, fertilización, entre otras, debido a la inundación. En la costa sur en la localidad de La Yarada (Tacna), las temperaturas cálidas favorecieron la culminación de la cosecha de la aceituna verde. (Figura 29).

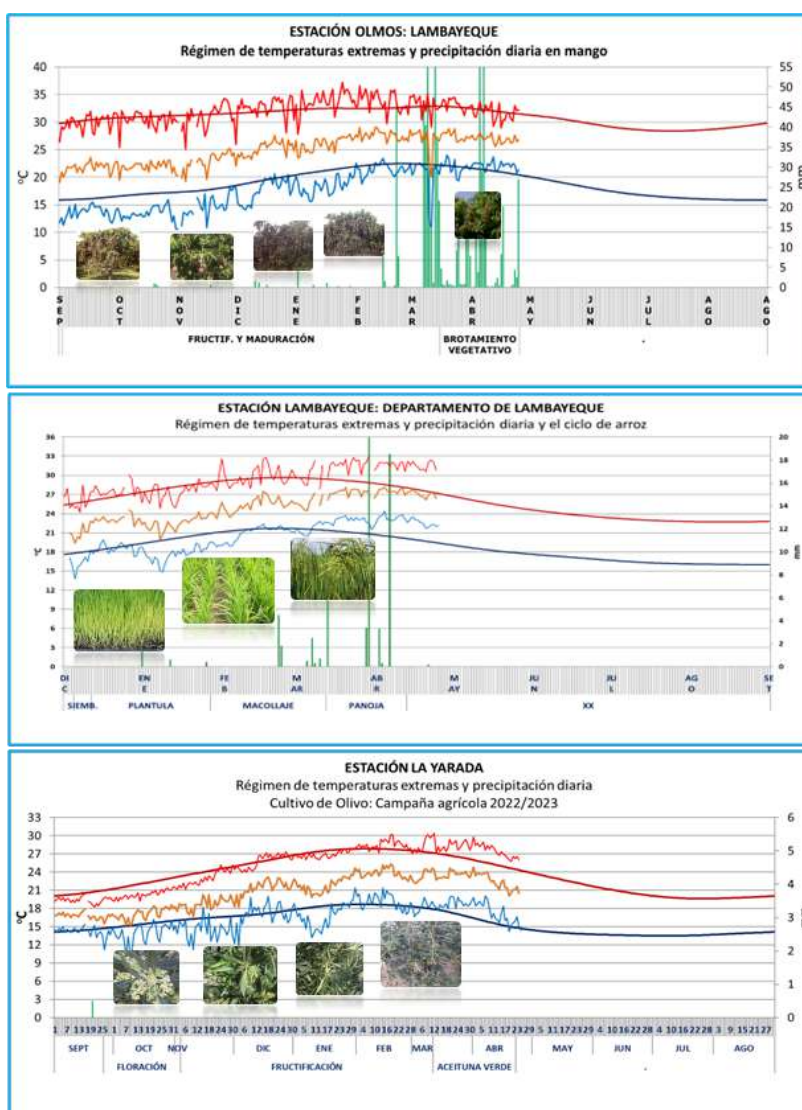


Figura 29. Monitoreo agrometeorológico del mango, arroz y olivo campañas agrícolas 2022/2023
Fuente: SENAMHI

IV. PERSPECTIVAS

Los pronósticos de los modelos climáticos del NMME indican, en promedio, la extensión de la condición neutra en el Pacífico central (Niño 3.4) hasta mayo de 2023; en junio se esperarían condiciones de cálidas débiles, y entre julio y octubre se esperaría condiciones cálidas moderadas; finalmente entre noviembre de 2023 y febrero de 2024 se alcanzaría la categoría cálida fuerte (Tabla 5).

La reciente publicación del modelo CFSv2 (Figura 30) indica condiciones cálidas débiles para junio y julio del presente año, y condiciones de cálidas moderadas a cálidas fuertes de agosto a diciembre.

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

Modelo	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM
CFS2	0.52	0.92	1.24	1.51	1.74	1.96	2.08	2.04	NaN	NAN
CanCM4i	0.35	0.69	1.06	1.32	1.45	1.51	1.63	1.72	1.77	1.74
GEM5_NEMO	0.40	0.69	0.91	1.06	1.16	1.27	1.36	1.43	1.46	1.44
NASA	0.35	0.66	0.90	0.98	0.99	1.06	1.19	NaN	NAN	NaN
GFDL_SPEARE	0.47	0.88	1.22	1.41	1.49	1.59	1.75	1.90	1.95	1.86
COLA	0.29	0.55	0.85	1.06	1.19	1.27	1.38	1.45	1.45	1.38
Promedio										
NMME	0.40	0.73	1.03	1.22	1.34	1.44	1.57	1.71	1.66	1.61

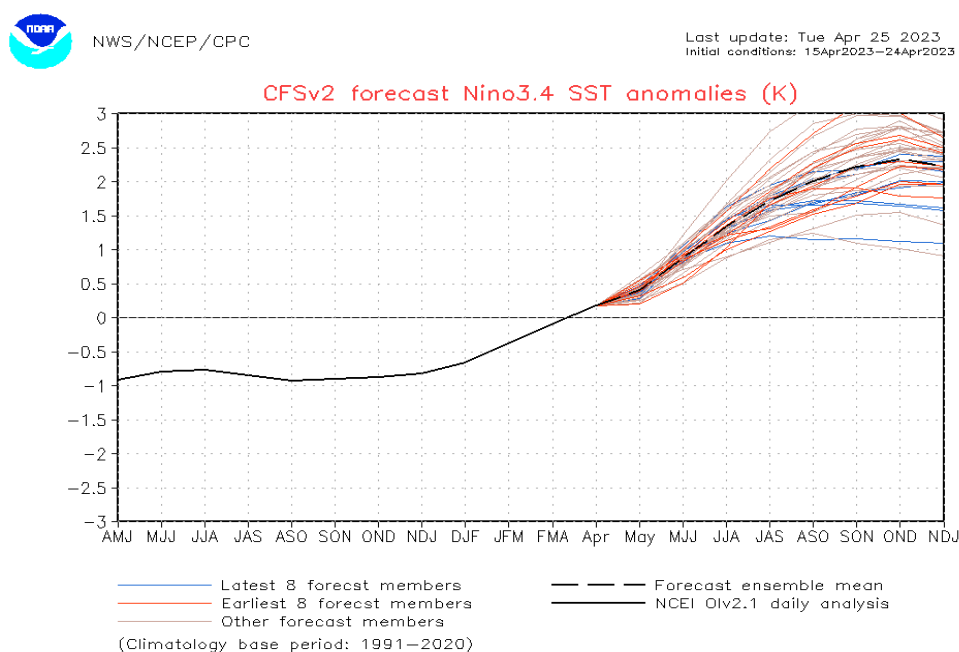


Figura 30. Pronóstico de la media móvil de la anomalía de TSM del modelo CFSV2, para la región Niño 3.4

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), los seis modelos de NMME con condiciones iniciales de abril 2023 indican, en promedio, condiciones cálidas fuertes de abril a setiembre de este año, y cálidas moderadas de octubre de 2023 a febrero de 2024 (Tabla 6).

Los recientes resultados del modelo CFSv2 (Figura 31) indica condiciones cálidas fuertes hasta diciembre de 2023.

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

Modelo	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM
CFS2	2.30	2.42	2.33	2.10	1.91	1.90	2.06	2.20	NaN	NAN
CanCM4i	1.65	1.93	2.12	1.98	1.66	1.34	1.14	1.15	1.20	1.22
GEM5_NEMO	1.81	1.65	1.44	1.36	1.25	1.15	1.09	1.06	0.94	0.80
NASA	2.44	2.73	2.63	2.30	1.78	1.36	1.16	NaN	NaN	NAN
GFDL_SPEARE	2.16	2.31	2.37	2.38	2.28	2.11	1.95	1.78	1.51	1.27
COLA	1.40	1.63	1.77	1.74	1.60	1.46	1.36	1.28	1.23	1.18
Promedio										
NMME	1.96	2.11	2.11	1.98	1.75	1.55	1.46	1.49	1.22	1.12

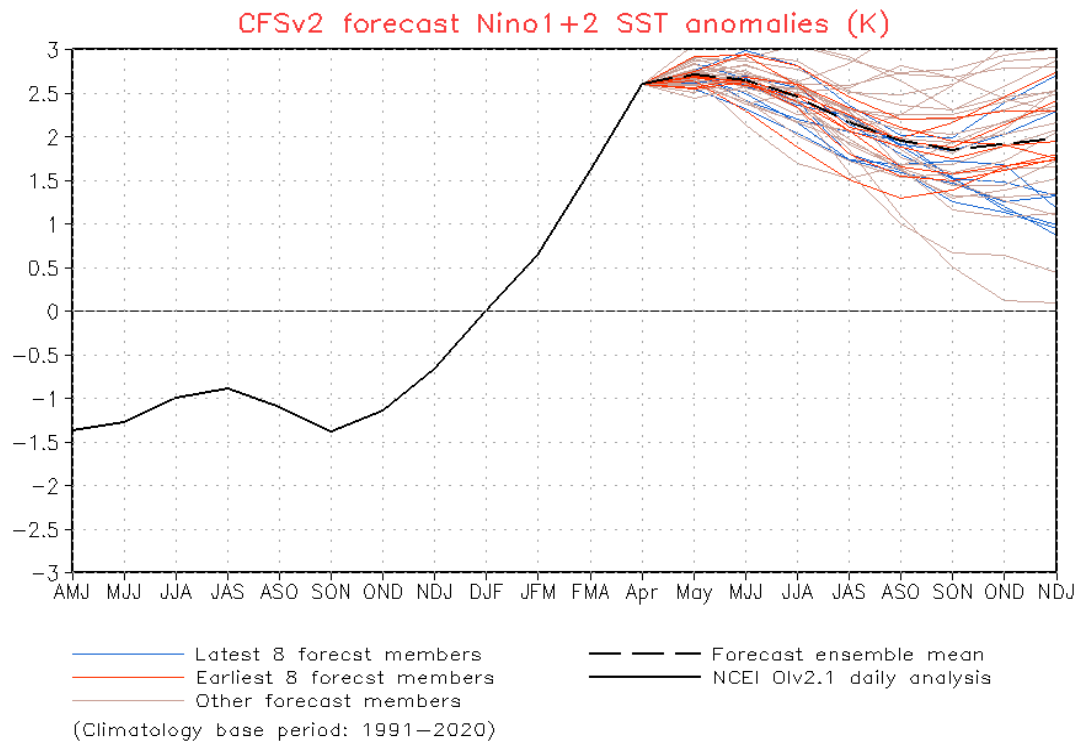


Figura 31. Pronóstico de la media móvil de la anomalía de TSM del modelo CFSV2, para la región Niño 1+2. Analizando las proyecciones basadas en los datos observados y los resultados de los modelos de ondas, se espera aún la influencia de ondas de Kelvin cálidas frente a la costa peruana, por lo pronto, hasta julio, siendo la más intensa la que llegaría entre junio y julio. Al no haber señales importantes de ondas de Rossby en la región occidental del Pacífico, no se esperarían ondas de Kelvin por reflexión, de magnitud considerable, en los siguientes meses (Figura 32 y 33).

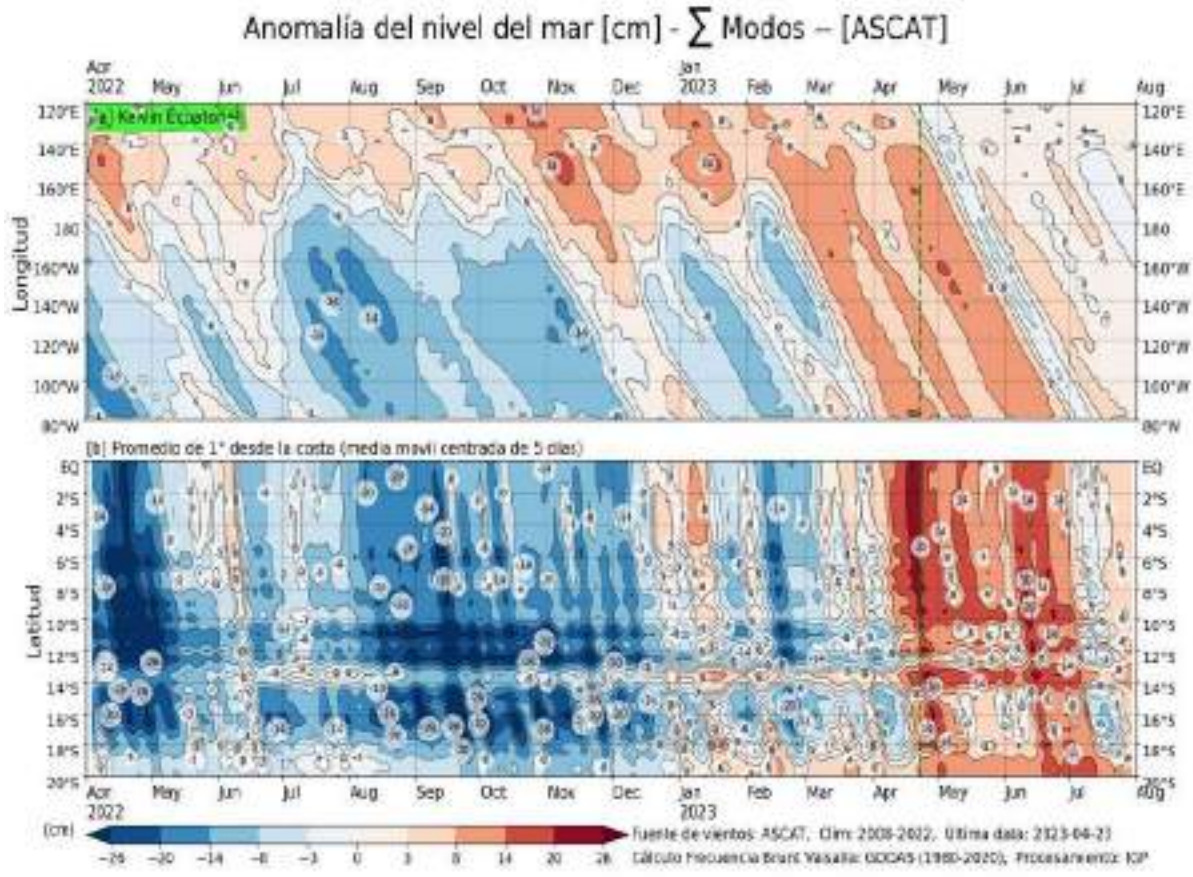


Figura 32. Anomalia del nivel del mar (en cm) para la sumatoria de los modos (modo 1, 2 y 3) simulado a partir del Modelo Oceánico Multimodal (MOMM-IGP; Urbina y Mosquera, 2020) en la franja ecuatorial (superior) y costera (inferior), La línea verde representa el inicio del pronóstico, el modelo fue forzado con la fuente de datos de viento denominada ASCAT.
Fuente: IGP.

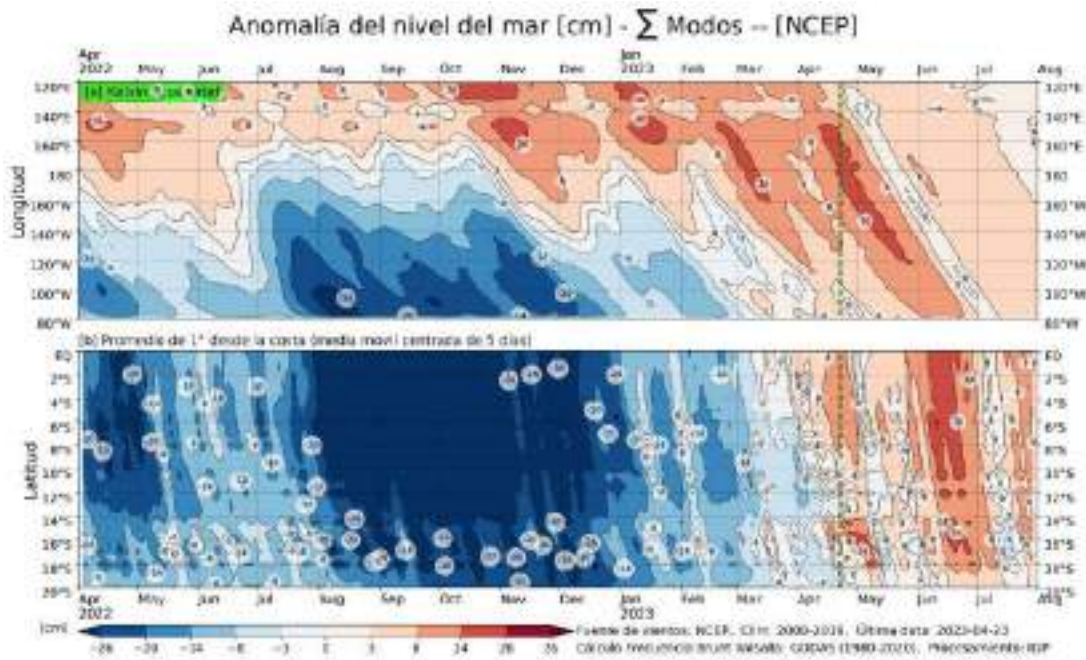


Figura 33. Anomalia del nivel del mar (en cm) para la sumatoria de los modos (modo 1, 2 y 3) simulado a partir del Modelo Oceánico Multimodal (MOMM-IGP; Urbina y Mosquera, 2020) en la franja ecuatorial (superior) y costera (inferior), La línea verde representa el inicio del pronóstico, el modelo fue forzado con la fuente de datos de viento denominada NCEP.

Fuente: IGP

Conforme a lo expuesto, considerando el análisis de los datos observados, los resultados de los modelos de pronóstico y el juicio experto de la Comisión Multisectorial del ENFEN, se estima una mayor probabilidad de que en el Pacífico central se mantengan la condición neutra hasta mayo de 2023, y que posteriormente ocurra la transición hacia condiciones El Niño (Tabla 7 y Figura 34). Para el verano 2023-2024 la magnitud de El Niño sería débil (Tabla 9).

Tabla 7. Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico central (región 3.4) entre mayo y setiembre 2023.

Pacífico central	Mayo (%)	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)	Setiembre (%)
Fría fuerte	0	0	0	0	0
Fría moderada	0	0	0	0	0
Fría débil	0	0	0	0	1
Neutro	55	34	18	11	9
Cálida débil	45	54	56	54	44
Cálida moderado	0	12	26	22	42
Cálida fuerte	0	0	0	2	4
Cálida muy fuerte	0	0	0	0	0

Para la región Niño 1+2, se estima una mayor probabilidad de condiciones cálidas hasta al menos setiembre de 2023 (Tabla 8 y Figura 35). Finalmente, para el verano 2023-2024 la mayor probabilidad corresponde a El Niño de magnitud débil (Tabla 10).

Tabla 8. Probabilidades mensuales estimadas de las condiciones cálidas y frías anómalas en el Pacífico oriental (región Niño 1+2) entre mayo y setiembre 2023.

Pacífico oriental	Mayo (%)	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)	Setiembre (%)
Fría fuerte	0	0	0	0	0
Fría moderada	0	0	0	0	0
Fría débil	0	0	0	0	0
Neutro	0	0	0	2	2
Cálida débil	0	2	10	18	19
Cálida moderado	48	51	54	57	62
Cálida fuerte	52	47	36	23	17
Cálida extraordinario	0	0	0	0	0

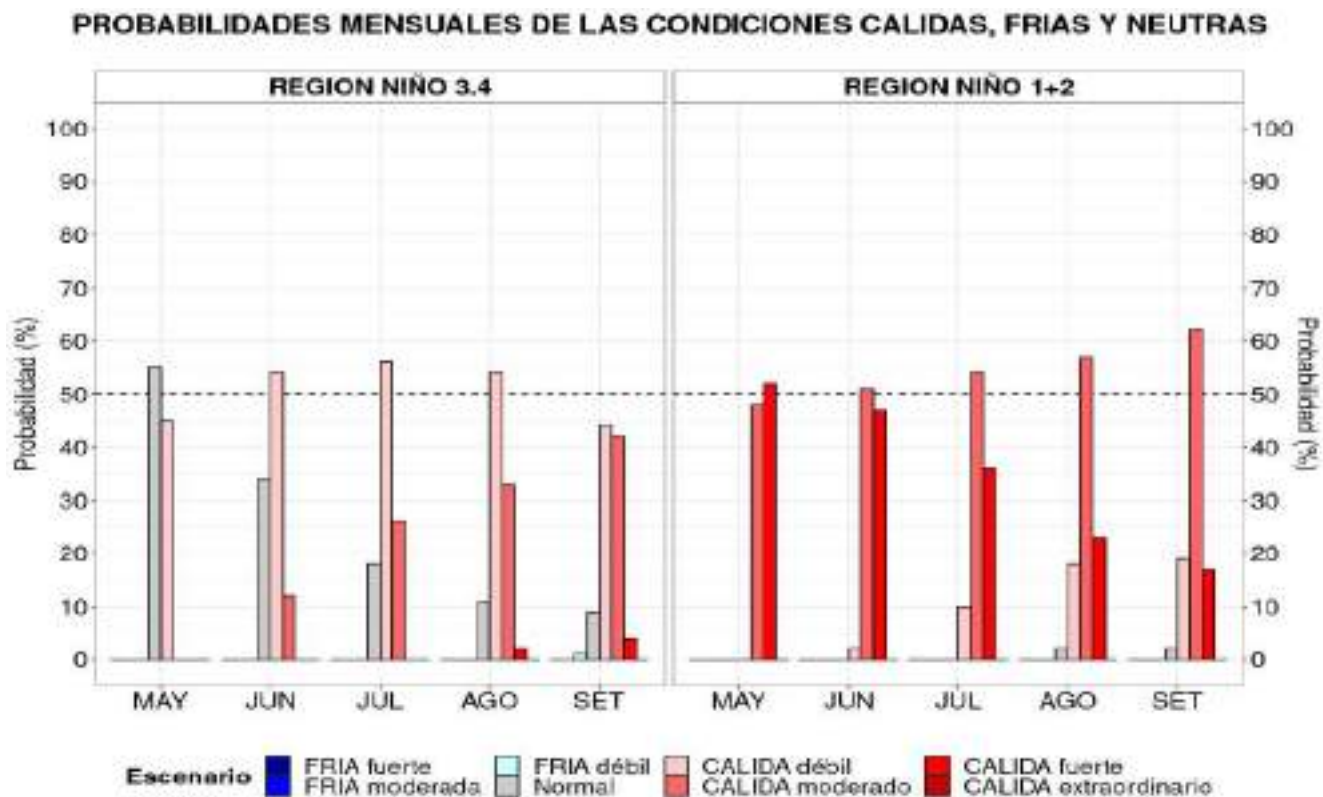


Figura 34. Probabilidades mensuales estimadas para condiciones cálidas, neutras y frías en el Pacífico central (región Niño 3.4, izquierda) y en el extremo del Pacífico oriental (región Niño 1+2, frente a la costa de Perú, derecha) entre abril y setiembre 2023.

Tabla 9. Probabilidades estimadas de las magnitudes de El Niño y La Niña en el Pacífico central (región Niño 3.4) para el verano diciembre 2023-marzo 2024.

Magnitud del evento diciembre 2023-marzo 2024	Probabilidad de ocurrencia (%)
La Niña Fuerte	1
La Niña Moderada	4
La Niña Débil	9
Neutro	21
El Niño Débil	28
El Niño Moderado	23
El Niño Fuerte	13
El Niño Muy fuerte	1

Tabla 10. Probabilidades estimadas de las magnitudes de El Niño y La Niña costeros (región Niño 1+2, frente a la costa norte y centro del Perú) para el verano diciembre 2023-marzo 2024.

Magnitud del evento diciembre 2023-marzo 2024	Probabilidad de ocurrencia (%)
La Niña Fuerte	1
La Niña Moderada	1
La Niña Débil	5
Neutro	26
El Niño Débil	33
El Niño Moderado	24
El Niño Fuerte	9
El Niño Extraordinario	1

El pronóstico estacional de precipitación vigente para el trimestre mayo-julio de 2023³, prevé precipitaciones superiores a lo normal, en la costa norte y centro, así como en la sierra norte occidental y selva norte del país siendo las lluvias en mayo las determinantes para los departamentos de Tumbes y Piura, principalmente. Asimismo, en lo que resta de abril e inicios de mayo se mantienen condiciones para la ocurrencia de lluvias aisladas de moderada a fuerte intensidad en la costa norte. Las temperaturas del aire mantendrán sus valores por encima de lo normal a lo largo de la costa.

En cuanto a los recursos pelágicos se prevé que debería continuar la disponibilidad y accesibilidad

³ Pronóstico estacional para el trimestre mayo-junio-julio de 2023: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-34.pdf>

de especies ecuatoriales (samasa u otras), especies transzonales (caballa y bonito) y oceánicas (barrilete, atún aleta amarilla y otros túnidos) frente al mar peruano. Respecto a los recursos demersales, se espera que la población de merluza mantenga una alta dispersión al sur de Paita.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Comisión Multisectorial ENFEN mantiene el estado de “Alerta de El Niño Costero”, ya que considera que El Niño costero continuará por lo menos hasta invierno del presente año. La magnitud más probable del evento en general sería moderada, aunque se espera que en mayo, al igual que en abril, se tengan condiciones cálidas fuertes. La persistencia de El Niño costero 2023 se debería, principalmente, al arribo de ondas Kelvin cálidas, las cuales mantendrían el calentamiento anómalo.

Para la región del Pacífico central, conforme al juicio experto del ENFEN, basado en los datos observados hasta la fecha, así como de los pronósticos de los modelos climáticos internacionales, existe una mayor probabilidad del desarrollo de El Niño a partir de junio, que por lo pronto, alcanzaría una magnitud débil hasta setiembre, aunque con una tendencia creciente de la magnitud moderada, lo que hace prever que su intensidad más alta sea alcanzada en el último trimestre de 2023.

Dados los principales impactos que El Niño y La Niña producen en el Perú durante el verano, la Comisión Multisectorial del ENFEN proporciona, a pesar del nivel de incertidumbre que esto implica, una estimación de las probabilidades de magnitud de El Niño y La Niña para dicho periodo (ver Tablas N° 1 y 2). Con estas consideraciones, para el próximo verano 2023-2024, la comisión estima que para el Pacífico Central El Niño tiene una probabilidad de 65 % (28 % de magnitud débil, 23 % de magnitud moderada y 13 % entre las magnitudes fuerte y muy fuerte). De la misma forma, El Niño en la región Niño 1+2 —que incluye la zona norte y centro del mar peruano— tiene una probabilidad de 67 % (33 % de magnitud débil, 24 % de magnitud moderada y 10 % entre las magnitudes fuerte y extraordinaria).

Es importante señalar que la Comisión Multisectorial del ENFEN ha realizado este pronóstico probabilístico en forma consensuada sobre la base del análisis del estado reciente de los valores de diversos precursores y del acoplamiento océano-atmósfera en el Pacífico tropical, así como las simulaciones de modelos climáticos globales y otras evaluaciones internacionales, considerando el desempeño pasado de estos, y teniendo en cuenta que existen factores atmosféricos impredecibles que pueden alterar la evolución del sistema climático hasta el verano, lo cual requiere que el pronóstico sea ajustado periódicamente con nueva información.

En ese contexto, siendo probable un escenario El Niño en el verano 2024, tanto en el Pacífico oriental como el Pacífico central, a pesar de existir incertidumbre, se asume que sus efectos en las precipitaciones dependerán del calentamiento del mar en dichas regiones. En particular, en el caso de un calentamiento de débil a moderado asociado a El Niño en el Pacífico oriental, se esperarían eventos de lluvias de moderada a fuerte intensidad principalmente en la costa y sierra norte, así como temperaturas del aire por encima de sus valores normales en la costa.

Se recomienda a los tomadores de decisiones tener en cuenta los posibles escenarios de riesgo de acuerdo con el pronóstico estacional vigente para fines de atención y reducción del riesgo de desastres.

La Comisión Multisectorial del ENFEN continúa monitoreando e informando sobre la evolución de las condiciones oceánicas-atmosféricas y actualizando las perspectivas. El ENFEN emitirá su próximo comunicado oficial el 12 de mayo de 2023.

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)
- 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
- Helrich, K. (1990). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (15a ed., Vol. 1). Association of Official Analytical Chemists, Inc.
- Illig, S., Dewitte, B., Ayoub, N., du Penhoat, Y., Reverdin, G., De Mey, P., Bonjean, F., & Lagerloef, G. S. E. (2004). Interannual long equatorial waves in the tropical Atlantic from a high-resolution ocean general circulation model experiment in 1981–2000. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 109(C2). <https://doi.org/10.1029/2003JC001771>
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowiak, J., Mo, K. C., Ropelewski, C., Wang, J., Leetmaa, A., ... Joseph, D. (1996). The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77(3), 437–472. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1996\)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1996)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2)

- Kirtman, B. P., Min, D., Infanti, J. M., Kinter, J. L., Paolino, D. A., Zhang, Q., Dool, H. van den, Saha, S., Mendez, M. P., Becker, E., Peng, P., Tripp, P., Huang, J., DeWitt, D. G., Tippett, M. K., Barnston, A. G., Li, S., Rosati, A., Schubert, S. D., ... Wood, E. F. (2014). The North American Multimodel Ensemble: Phase-1 Seasonal-to-Interannual Prediction; Phase-2 toward Developing Intraseasonal Prediction. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 95(4), 585–601. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00050.1>
- Mosquera, K. A. (2009). Variabilidad Intra-estacional de la Onda de Kelvin Ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación Numérica y datos observados. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/3594>
- Mosquera, K. A. (2014). *Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico*. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4638>
- Mosquera, K. A., Dewitte, B., & Lagos Enríquez, P. (2010). *Variabilidad intra-estacional de la onda de Kelvin ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación numérica y datos observados*. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/949>
- 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>
- Takahashi, K., Mosquera Vásquez, K. A., & Reupo, J. (2014). *El Índice Costero El Niño (ICEN): Historia y actualización*. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4639>
- Urbina, B., & Mosquera Vásquez, K. A. (2020). *Implementación y validación de un modelo oceánico multimodal para la región ecuatorial del océano Pacífico*. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4855>
- Vazzoler, A. E. A. de M. (1982). *Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes: Reprodução e crescimento*. CNPq.

VII. ANEXO

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

VARIABLE	FUENTE																PROCESAMIENTO	OBSERVACIONES				
	Observaciones <i>in situ</i>								Satélite/Reanálisis						Modelos							
	Estaciones costeras	Secciones verticales	Estaciones fijas	Cruceros	Boyas TAO/TRITON	Programa Bitácoras de Pesca (BBP)	Seguimiento de Pesquerías	Monitoreo de islas, puntas, playas, estuarios, etc.	Alerta de fauna marina varada	Estaciones de observación faunística/Cultivo	ESRL/NOAA	GPM	Reanálisis NCEP/NOAA	QuickScat + ASCAT	Producto OSTIA	Producto CMEMS			TRMM-3B42	SeaWiFS + MODIS	GFS	MERCATOR Ocean
VARIABLES ATMOSFÉRICAS																						
Radiación de Onda Larga											X										IGP	* http://www.met.igp.gob.pe/variabclim/yakifigs/olr170E_140W.gif http://www.met.igp.gob.pe/variabclim/yakifigs/olr170W_100W.gif
Presión Atmosférica													X								SENAMHI	
Vientos													X	X					X		IGP/IMARPE	
Temperatura del Aire	X		X																		SENAMHI	
Precipitación	X											X									SENAMHI	
Precipitación estimada																	X				SENAMHI/IGP	
VARIABLES OCEANOGRÁFICAS																						
Temperatura del Mar	X	X	X	X	X								X		X						DIHIDRONAV/IMARPE	*Información de IMARPE (estaciones costeras, secciones verticales y Cruceros) disponible desde los 60s, Periodo climatológico: 1981-2010, *Anomalías de OSTIA, son calculadas en base a una climatología de 30 años, proveniente de datos de Pathfinder,
Nivel medio del Mar	X															X					DIHIDRONAV/IMARPE	*Disponible desde 1993 a la actualidad, Periodo climatológico: 1993-2012, Frecuencia diaria,
Salinidad		X	X	X																X	DIHIDRONAV/IMARPE	*Información de IMARPE (estaciones costeras, secciones verticales y Cruceros) disponible desde los 60s, Periodo climatológico: 1981-2010,

